



ÉTUDE DE FAISABILITÉ POUR L'AMÉLIORATION DE LA
CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE DE L'OUVRAGE HYDRAULIQUE DU
PK 822+136 SUR LA LIGNE N°830 000
(COMMUNE DE SAINT-CHAMAS)



Fiche de suivi des documents

Nom du fichier : 47169_OHSC_Rapport_D00.docx

Émetteur

DATE	VERSION	LIBELLE	REDACTION	VERIFICATION	APPROBATIO N
26/02/2020	A00	Première diffusion (rapport intermédiaire)	AAG/AGO/AGU/SKO	YLG	SSO
06/03/2020	B00	Ajout des propositions d'aménagement	AAG/AGO/SKO	YLG	SSO
23/09/2020	C00	Détails sur la variante retenue	CDA	YLG	SSO
08/11/2020	D00	Compléments à la suite de la réunion du 29/11/2020	CDA	YLG	SSO

Sommaire

1- CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MISSION	7
1.1- Contexte de la mission	7
1.2- Objet de la mission.....	7
2- METHODOLOGIE	9
2.1- Réalisation de l'état initial du site	9
2.1.1 Recueil de données environnementales	9
2.1.2 Recueil de données topographiques	10
2.1.3 Étude hydraulique et hydrologique	10
2.1.4 Expertise de l'état sanitaire de l'ouvrage	13
2.2- Propositions d'aménagements	13
3- ETAT INITIAL DU SITE.....	14
3.1- Situation administrative et foncière, géométrie générale de l'ouvrage ...	14
3.1.1 Parcelles cadastrales.....	14
3.1.2 Plans locaux d'urbanisme	15
3.1.3 Géométrie des ouvrages hydrauliques	16
3.2- État sanitaire de l'ouvrage	24
3.2.1 Tête amont.....	24
3.2.2 Tête aval.....	24
3.2.3 Structure.....	24
3.2.4 Accès et abords.....	25
3.2.5 Extradoss	25
3.2.6 Reportage photographique des zones les plus pathologiques.....	25
3.3- État des lieux hydraulique et hydrologique	27
3.3.1 Contexte hydraulique du projet	27
3.3.2 Bassin versant naturel	29
3.3.3 Débits dans l'ouvrage hydraulique.....	30
3.4- État des lieux écologique.....	35
3.4.1 Contexte général.....	35
3.4.2 Enjeux détaillés de l'aire d'étude	41
3.4.3 Analyse de la franchissabilité de l'ouvrage et détermination des espèces cibles..	46
3.5- Synthèse des principaux enjeux	50

4- PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS	52
4.1- Étude des différentes possibilités d'aménagement.....	52
4.1.1 Opérations sur le fond du cours d'eau	52
4.1.2 Réaménagement de la longrine en banquettes	55
4.1.3 Rétablissement de la continuité latérale	56
4.1.4 Possibilité d'une amélioration conjointe de la transparence hydraulique et écologique	56
4.1.5 Possibilités d'aménagement de l'ouvrage sous la RD10	57
4.2- Analyse multicritères des différentes pistes d'aménagement.....	57
4.3- Présentation de la solution retenue.....	60
4.3.1 La solution d'aménagement retenue	60
4.3.2 Détail estimatif des aménagements retenus.....	65
4.4- Description des investigations complémentaires nécessaires pour les phases d'étude ultérieures	66
5- BIBLIOGRAPHIE	67

Table des illustrations

Illustration 1 Plan de situation de l'ouvrage à étudier (source : BD Topo, IGN)	7
Illustration 2 Photographies de l'ouvrage étudié	8
Illustration 3 Parcelles cadastrales (source : Géoportail)	14
Illustration 4 Elévation de la tête aval (figure gauche) et de la tête amont (figure droite) de l'ouvrage (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 11 octobre 2017)	16
Illustration 5 Vue en plan de l'ouvrage ferroviaire (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 11 octobre 2017)	17
Illustration 6 Profil en long de l'ouvrage ferroviaire (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 30 juin 2011) (document volontairement représenté à l'envers pour correspondre à la vue en plan)	17
Illustration 7 : vue en plan et diverses coupes de l'entrée amont (source : setec2020)	18
Illustration 8 : vue en plan et diverses coupes de l'entrée amont (source : setec2020)	19
Illustration 9 photos du radier maçonné en 2011 (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 30 juin 2011)	20
Illustration 10 photo du radier en 2017 (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 11 octobre 2017)	20
Illustration 11 photo en 2020 (source : photo setec février 2020)	20
Illustration 12 entrée amont du cours d'eau en 2011 (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 30 juin 2011)	21
Illustration 13 entrée amont du cours d'eau en 2020 avec muret en pierre de 60 cm de haut visible (source : setec février 2020)	21
Illustration 14 vue en 2011 de la sortie du fossé latéral d'assainissement se déversant en rive droite du cours d'eau à l'amont de l'ouvrage (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 30 juin 2011)	21
Illustration 15 en 2020, muret en béton armé sur le fossé latéral d'assainissement se déversant en rive droite à l'amont de l'ouvrage sous voie ferrée (source : setec février 2020)	21
Illustration 16 affouillement relevé en 2011 (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 30 juin 2011)	22
Illustration 17 coffrage noté en 2017 maintenant de l'eau stagnante en été et constituant une rupture pour la faune (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 11 octobre 2017)	22
Illustration 18 sortie aval en février 2020 (source : photo setec)	22
Illustration 19 seuil en aval de la dalle en août 2020 (source : photo setec)	23
Illustration 20 Photo de la sortie aval de l'ouvrage sous la RD10 (Source : relevé setec en 2020)	23
Illustration 21 Dimensions de l'ouvrage en amont situé sous la RD10 (Source : relevé setec en 2020)	23
Illustration 22 Photos relevant l'état sanitaire de l'ouvrage (source : setec 2020)	26
Illustration 23 Extrait de la carte des risques naturels sur la commune de Lançon de Provence (source : PLU de Lançon de Provence)	27
Illustration 24 Extrait de la carte des risques naturels et technologiques sur la commune de Saint-Chamas (source : PLU de Saint-Chamas)	28
Illustration 25 Bassin versant de l'ouvrage sous RD10 / voie SNCF	29
Illustration 26 Dimensions des ouvrages utilisées pour la modélisation hydraulique	30
Illustration 27 Pilier en amont de la banquettes	30
Illustration 28 Zonages réglementaires et d'inventaire (source : Auddicé, 2018)	38
Illustration 29 Schéma régional de cohérence écologique (source : Auddicé, 2018)	39

Illustration 30 Entités paysagères et connectivités écologiques (source : Auddicé, 2018).....	40
Illustration 31 Orthomosaïque de la zone d'étude réalisée en drone (source : setec).....	42
Illustration 32 Photos de l'environnement immédiat de l'ouvrage du PK 822+136 (source : Photo setec février 2020)	43
Illustration 33 Localisation des données de mortalité routière sur la RD10 (source : LPO, 2016).....	44
Illustration 34 Photos de l'environnement éloigné de l'ouvrage du PK 822+136 le long de la voie ferrée (source : Photo setec février 2020).....	45
Illustration 35 Photos de de détail de l'ouvrage hydraulique du PK 822+136 (source : Photo setec février 2020)	47
Illustration 36 Exemple d'aménagement d'un ouvrage avec des enrochements (source : A85).	53

Table des tableaux

Tableau 1 Coefficients de Montana de la station d'Istres.....	11
Tableau 2 Propriétaires des parcelles cadastrales	15
Tableau 3 Principales caractéristiques du bassin versant (source : setec).....	29
Tableau 4 Résultats de la modélisation hydraulique de l'ouvrage sous la RD10	31
Tableau 5 Résultats de la modélisation hydraulique de l'ouvrage sous la voie ferrée	31
Tableau 6 Analyse multicritères des différentes solutions d'aménagement.....	58

1- CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MISSION

1.1- CONTEXTE DE LA MISSION

SNCF Réseau est l'un des principaux gestionnaires d'infrastructures de transport en France. Il a la charge d'un réseau constitué à une époque où les enjeux environnementaux n'étaient pas une priorité.

De ce fait, certains de ses ouvrages constituent aujourd'hui un obstacle à la libre circulation de la faune.

Ce constat conduit SNCF réseau à engager des actions de restauration de la continuité écologique de ses ouvrages, et ce pour deux raisons principales :

- Une application de la politique volontariste RSE de SNCF Réseau : un des objectifs prioritaires de la politique d'exemplarité de SNCF Réseau est de préserver la biodiversité et de rétablir les continuités hydro-écologiques des cours d'eau (objectif de 50% d'ici 2025 et 100% d'ici 2030),
- Une mise en conformité réglementaire des ouvrages.

1.2- OBJET DE LA MISSION

Setec a été missionné par SNCF Réseau afin d'étudier la faisabilité d'améliorer le passage de la faune sur l'ouvrage hydraulique situé au PK 822+136 de la ligne 830 000 de Paris-Lyon à Marseille-Saint-Charles (PLM).

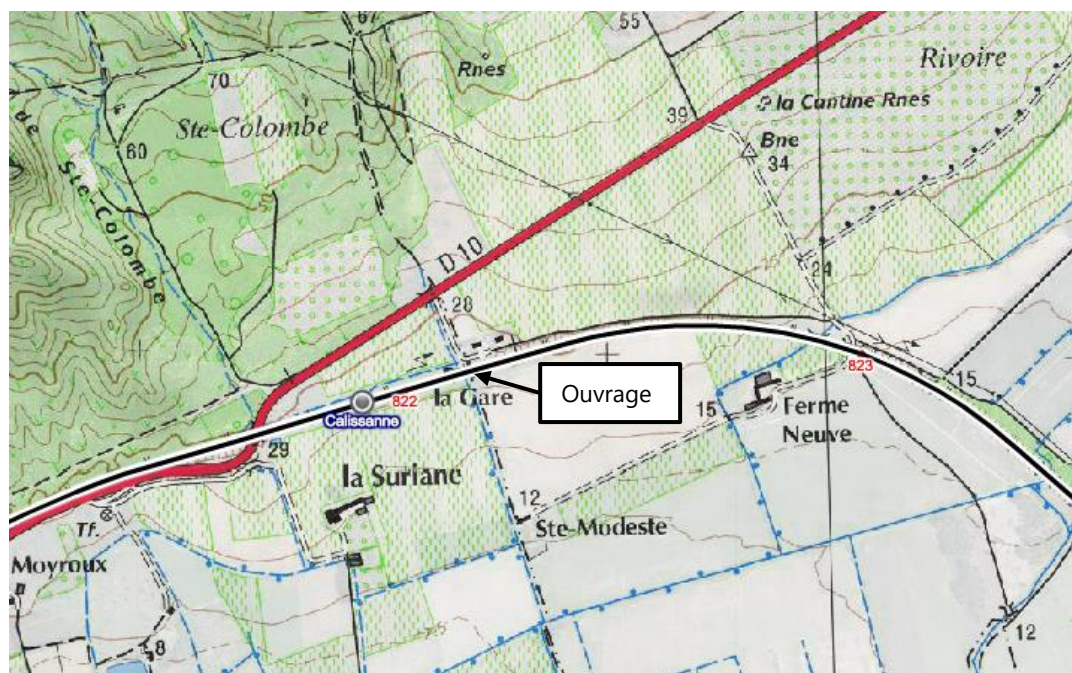


Illustration 1 Plan de situation de l'ouvrage à étudier (source : BD Topo, IGN)

Selon la BD Topo, cet ouvrage hydraulique rétablit un écoulement intermittent.

Les deux entrées de l'ouvrage sont munies de seuils de plus de 60 centimètres de hauteur, infranchissables pour la petite et moyenne faune. Par ailleurs, une longrine en rive droite installée sans doute pour le renforcement mécanique de l'ouvrage mais pouvant s'apparenter à une banquette débouche, en entrée amont (nord) comme en sortie aval (sud), sur une pile en béton ce qui limite totalement son accessibilité et son utilisation par la faune lorsque l'ouvrage est en eau.



Illustration 2 Photographies de l'ouvrage étudié

Certes à cet endroit la voie ferrée est en profil rasant et ne dispose pas clôture. De plus il existe des ouvrages de traversée pour la faune dans un environnement proche (à 800 m à l'est). Par ailleurs la voie ferrée n'est pas fréquentée en continue comme une route. La voie ferrée n'est donc pas vraiment opaque pour la faune (particulièrement les mammifère). Mais la transparence pourrait être améliorée notamment pour les espèces des milieux aquatiques telles que les amphibiens.

Nota : inversement l'ouvrage situé en amont, qui permet le transit des écoulements sous les RD10, mériterait aussi un traitement écologique : en effet, le trafic routier y est régulier et les collisions avec la faune sont fréquentes.

La présente étude a pour objectif de définir les aménagements possibles en amont et en aval de l'ouvrage, ainsi qu'au niveau de l'ouvrage lui-même, afin d'améliorer la transparence écologique de la voie ferrée.

La partie 2 suivante présente la méthodologie mise en place pour la réalisation de l'étude. Un état initial du site est dressé en partie 3 et différentes solutions d'aménagement sont envisagées en partie 4.

2- METHODOLOGIE

2.1- REALISATION DE L'ETAT INITIAL DU SITE

La présente étude nécessite de mener une approche multithématiques en associant quatre spécialités :

- topographie : réalisation de la topographie nécessaire pour l'étude et la modélisation hydraulique ;
- environnement : diagnostic écologique, définition des espèces-cibles pour le projet ;
- hydraulique : diagnostic hydraulique pour prendre en compte la fonction initiale de l'ouvrage ;
- ouvrage d'art : vérification des aménagements proposés et de leur compatibilité avec l'ouvrage de franchissement existant.

La méthode employée pour chacune de ces thématiques est présentée ci-dessous.

2.1.1 *Recueil de données environnementales*

L'état initial environnemental est réalisé à partir de données fournies par SNCF Réseau complétées par un recueil de données accessibles sur Internet et auprès de certains organismes. Les principales données analysées sont les suivantes :

- situation administrative de l'ouvrage et des parcelles voisines (plan local d'urbanisme, cadastre) ;
- atlas des zones inondables, territoires à risque important d'inondation ;
- zonages réglementaires et d'inventaire (arrêtés préfectoraux, sites Natura 2000, etc.) ;
- schéma régional de cohérence écologique (SRCE), référentiel des obstacles à l'écoulement ;
- données faunistiques de la base de données de la Ligue pour la protection des oiseaux (LPO) ;
- rapports d'étude sur les continuités écologiques réalisés par la LPO, Ecosphère ou Auddicé (voir la bibliographie pour plus de détails).

Afin de compléter ces données, les organismes suivants ont été contactés :

- Métropole Aix-Marseille-Provence – Service GEMAPI (données hydrauliques) ;
- Fédération de pêche des Bouches-du-Rhône (données faune aquatique) ;
- Maison régionale de l'eau de Barjols (données faune aquatique) ;
- Ligue pour la protection des oiseaux PACA (enjeux faunistiques) ;
- Auddicé environnement (enjeux faunistiques).

Les données bibliographiques ont été complétées par une visite sur site le 24 janvier 2020.

2.1.2 Recueil de données topographiques

Le recueil des données topographiques a été effectué de la manière suivante :

- Levé drone sur 1 ha (environ 200m en amont et en aval avec une fauche de 50m de large) :
 - Nuage de points dense colorisé géoréférencé de l'ensemble du linéaire ;
 - Orthomosaïque géoréférencée Lambert 93 couleur à 1cm pixel ;
 - Extraction via nuage de points dense des profils en long et travers ;
- Semis de point par cheminement à pied dans le lit pour le profil en long ;
- Semis de points pour les profils en travers.

A partir de ces relevés, les données suivantes ont été restituées :

- un profil en long de l'écoulement ;
- des profils en travers ;
- une Orthophotographie du site.

2.1.3 Étude hydraulique et hydrologique

2.1.3.1 Référentiels et valeurs des paramètres nécessaires aux calculs hydrauliques

- *Référentiels*

La méthodologie hydraulique est basée sur le guide technique édité par le SETRA et le CEREMA, actuellement en vigueur : « *Guide Technique Assainissement Routier, SETRA, 2006* »

■ Données d'entrée : hauteurs de pluies et Coefficients de Montana

Les hauteurs de pluies retenues sont les suivantes (Istres, 1971-2014) :

P₁₀ = 115 mm ; P₃₀ = 156 mm ; P₁₀₀ = 215 mm

Avec P10 qui correspond à la hauteur de la pluie journalière décennale en mm.

Les coefficients de Montana retenus sont les suivants (Station d'Istres). Ils permettent de caractériser l'intensité pluviométrique.

Station		Istres			
Département		Bouches du Rhône			
Zone hydrographique		Rhône – Méditerranée – Corse			
Durée de pluie		6 à 30 min		30 min à 6 hs	
Coefficients de Montana		a	b	a	b
Période de retour	10 ans	243	0.366	635	0.641
	30 ans	297	0.373	600	0.576
	100 ans	356	0.383	509	0.492

Tableau 1 Coefficients de Montana de la station d'Istres

2.1.3.2 Estimations des débits

■ Bassins versants naturels

- *Cas des bassins versants naturels dont la superficie est inférieure à 10 km² en façade méditerranéenne*

La méthode rationnelle simplifiée est utilisée pour les petits bassins versants de surface inférieure à 10 km² en façade méditerranéenne. La formule utilisée est la suivante :

$$Q = 1/36 \times C \times i \times S$$

avec : Q : débit d'apport du BV naturel (m³/s)
C : coefficient pondéré de ruissellement du BV naturel décennal
i : intensité de la pluie (mm/h)
S : surface du bassin versant naturel (km²)

- *Coefficients de ruissellement des bassins versants naturels*

Les coefficients de ruissellement des bassins versants naturels pour la pluie décennale sont issus du GTAR :

- 1 pour les surfaces imperméabilisées ;
- 0.55 pour les zones de cultures ;
- 0.35 pour les zones boisées.

Pour les périodes de retour T supérieures à décennale, le coefficient de ruissellement est évalué de la manière suivante :

- Pour $C_{10} < 0,8$:
 - * $P_0 = (1 - C_{10}/0,8) \times P_{10}$ avec P_{10} = hauteur de la pluie journalière décennale en mm
 - $C_T = 0,8 \times (1 - P_0 / P_T)$ avec P_T = hauteur de la pluie journalière de période de retour T en mm
- Pour $C_{10} > 0,8$
 - * $P_0 = 0$
 - $C_T = C_{10}$

* P_0 correspond à la rétention initiale en mm

- Périodes de retour $T = 2$ ans et $T = 5$ ans

Pour estimer des périodes de retour inférieures à $T = 10$ ans, les coefficients multiplicateurs suivant sont appliqués :

Période de retour	Coefficient multiplicateur	
	$S < \text{à } 1 \text{ km}^2$	$S > \text{à } 1 \text{ km}^2$
2 ans	0.60	0.50
5 ans	0.85	0.80

Le module et le Q_{MNA5} ont été étudiés. Ces deux débits sont issus des données de la banque hydro <http://www.hydro.eaufrance.fr/>.

Le module correspond au débit hydrologique moyen inter-annuel. Il est obtenu en effectuant une moyenne arithmétique et pondérée des débits moyens mensuels.

Le Q_{MNA5} est une valeur du débit mensuel d'étiage atteint pour une année donnée. Il permet d'apprécier statistiquement le plus petit écoulement sur une période donnée. Le Q_{MNA5} est ainsi le débit ayant une probabilité d'être dépassé 4 années sur 5.

La capacité de l'ouvrage hydraulique a donc été testée pour ces principaux débits.

■ Ouvrage hydraulique

Connaissant le débit de dimensionnement, les calculs hydrauliques ont été effectués à l'aide d'un logiciel spécifique de modélisation de la ligne d'eau et des vitesses (calcul par la formule de Bernoulli) en respectant certains critères qui dépendent de la nature de l'ouvrage.

Le dimensionnement des ouvrages a été vérifié par le logiciel HY8.

2.1.4 Expertise de l'état sanitaire de l'ouvrage

L'objectif était d'identifier et de localiser avec précision les anomalies et désordres afin de les mettre en corrélation et permettre de statuer sur l'état global de l'ouvrage.

L'expertise a été établie en deux étapes :

- Préparation et collecte des données initiales sur l'ouvrage : prise de connaissance des divers documents concernant l'ouvrage (archives, plans, photos, rapport d'inspections antérieurs, fichiers informatiques, etc.).
- Visite *in situ* :
 - prise de connaissance de l'environnement de l'ouvrage, ses accès et abords et sa voie portée avec prise de clichés photographiques généraux ;
 - prise de cotes générales de l'ouvrage ;
 - examen détaillé de l'ensemble de la structure, incluant la recherche de pathologies éventuelles liées à sa nature, aux sollicitations particulières dont elle pourrait faire l'objet, à l'influence de son environnement, etc. ;
 - repérage des zones pathologiques, examen minutieux et prise de clichés photographiques rapprochés ;
 - mesure des ouvertures de fissures à l'aide d'un fissuromètre ;
 - mesure de la profondeur des dégradations de la maçonnerie et du béton.

2.2- PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

Différentes options d'aménagements ont été envisagées afin de favoriser le passage de la faune dans l'ouvrage. Elles ont été analysées selon plusieurs critères afin de statuer sur leur faisabilité technique et leur intérêt écologique :

- Franchissabilité de l'aménagement par les différents groupes d'espèces cibles ;
- Acceptabilité vis-à-vis de l'écoulement des eaux (absence de contrainte hydraulique) ;
- Acceptabilité vis-à-vis de l'état sanitaire de l'ouvrage ;
- Consommation d'espace ;
- Coût estimé des aménagements.

A l'issue de cette analyse multicritère, une solution faisable techniquement et qui présente le meilleur rapport coût-efficacité a été retenue.

La solution retenue ensuite fait l'objet d'une présentation détaillée accompagnée de plans et d'une estimation du montant financier nécessaire à sa réalisation.

3- ETAT INITIAL DU SITE

3.1- SITUATION ADMINISTRATIVE ET FONCIERE, GEOMETRIE GENERALE DE L'OUVRAGE

3.1.1 Parcelles cadastrales

L'ouvrage étudié rétablit un écoulement qui constitue la frontière entre les communes de Saint-Chamas et Lançon-de-Provence.

La division cadastrale de la zone d'étude est illustrée dans la figure ci-dessous.

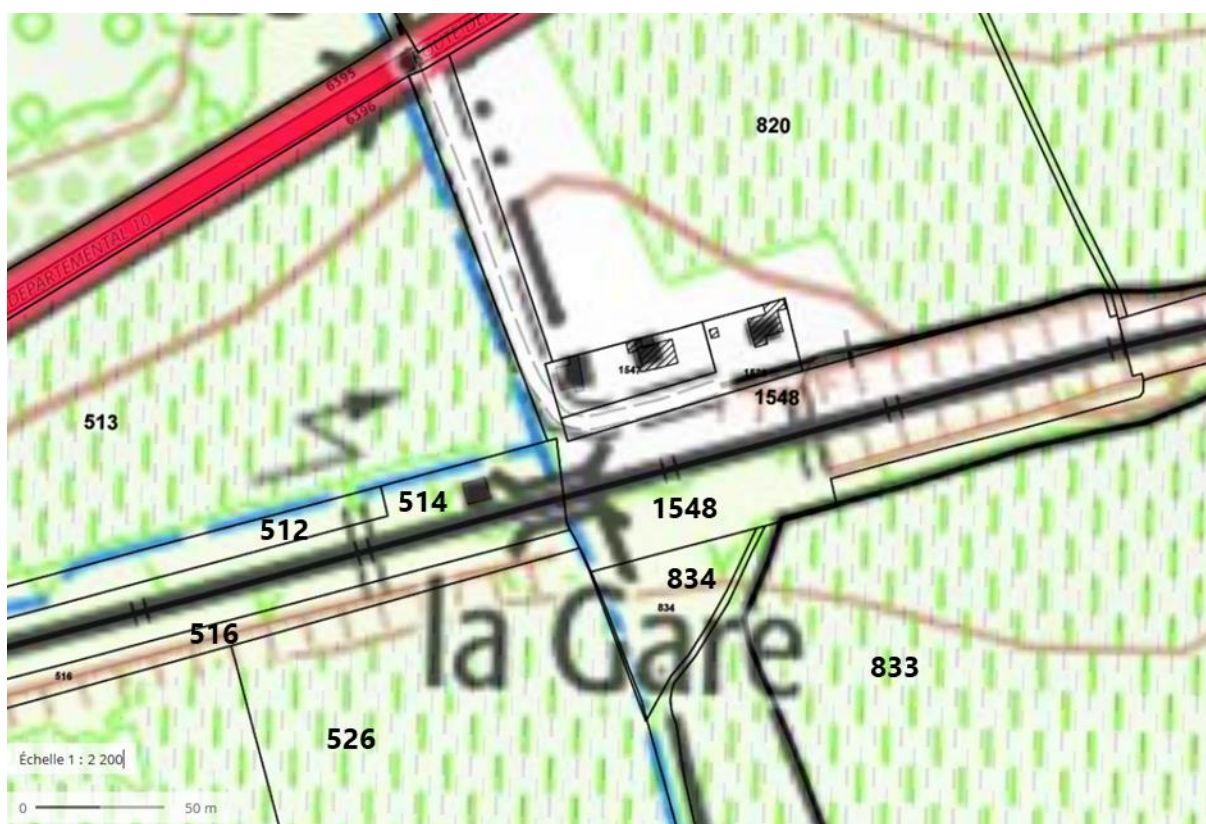


Illustration 3 Parcelles cadastrales (source : Géoportail)

La voie ferrée, ses abords immédiats, l'ouvrage hydraulique et le chemin d'accès depuis la RD10 sont la propriété de la SNCF. Les propriétaires des différentes parcelles cadastrales sont identifiés dans le tableau suivant.

Parcelle cadastrale	Propriétaire	Commentaire
512 ;514 ; 516 ;1548	SNCF	Voie ferrée, ses abords immédiats, ouvrage hydraulique et chemin d'accès depuis la RD10
820	Sociétés Agricole des Grenaches – Domaine de Calissanne	Parcelles exploitées par la Domaine de Calissanne (gestionnaire : M. Boudet)
833 ;834	Société Agricole du domaine de Sainte Modeste – Domaine de Calissanne	
513 ;526	Madame Marguerite MERLIN - Monsieur Henri MERLIN	Parcelles semble-t-il exploitées par le Domaine de la Suriane

Tableau 2 Propriétaires des parcelles cadastrales

Les propriétaires des parcelles incluant l'écoulement en amont et en aval de l'ouvrage hydraulique devront être associés à la réflexion sur le réaménagement de l'ouvrage. En effet, il est possible que les aménagements nécessitent une intervention sur les parcelles voisines.

3.1.2 Plans locaux d'urbanisme

Les plans locaux d'urbanisme (PLU) des communes de Saint-Chamas et Lançon-Provence indiquent que l'ouvrage est situé dans une zone à vocation agricole. Cette zone comprend des terrains sur lesquels les constructions sont limitées afin de conserver la vocation agricole des parcelles.

Selon le PLU de Lançon-Provence, l'ouvrage est situé en zone inondable (voir les cartes présentées dans l'état des lieux hydraulique). Le PLU précise les occupations et utilisation du sol soumises à des conditions particulières :

- les travaux d'entretien, de gestion courante et de mise aux normes des biens ;
- les installations et travaux divers destinés à améliorer l'écoulement et le stockage des crues et à réduire le risque ;
- les constructions et installations techniques liées à la gestion et à l'utilisation des cours d'eau doivent être conçues et réalisées de manière à limiter les dommages structurels en cas de crue (résistance à la pression hydraulique, stabilité des ouvrages, etc.) ;
- les plantations en haies sont interdites hormis pour l'exploitation agricole (viticulture, arboriculture, maraîchage, etc.) ;
- l'emprise des plantations de plus de 0,5 m de haut ne doit pas dépasser 20% de la superficie totale de la partie inondable de la parcelle et ne doit pas constituer un obstacle à l'écoulement des eaux de plus de 20m² de superficie d'un seul tenant ;
- les grillages et clôtures végétales sont interdits afin de ne pas entraver le libre écoulement des eaux.

En conclusion, les travaux et aménagements réalisés en zone inondable ne doivent pas aggraver le risque d'inondation.

3.1.3 Géométrie des ouvrages hydrauliques

Cet ouvrage maçonné construit en 1845 (lors de la construction de la voie ferrée) a fait l'objet de plusieurs travaux de réfection.

Travaux de réparation ou de modification

Date	Entreprise	Nature des travaux
1928		Remplacement de la voûte maçonnée sur la partie C (partie sous voie circulée) par un tablier à rails enrobés.
2007		Rejointoiement de la voûte côté gauche. Réfection de l'enduit en piédroit pour la partie sous voies principales.
2015		Allongement du radier au niveau de l'exutoire ainsi que la pose d'une grille antichute en tête du puit.

Bien que non mentionné dans ce tableau une longrine en béton armé de 30 cm de large et de 35 à 40 cm de haut (hauteur variable le long de l'ouvrage) ainsi qu'une pile (30 cm X 45 cm) à la tête amont l'amont et à la tête l'aval (30 cm X 45 cm) toutes deux en béton armé et en rive droite de l'ouvrage (côté Paris) ont été coulées en béton probablement pour le renforcement mécanique de l'ouvrage. Nous n'avons retrouvé aucune trace de cet aménagement dans les documents fournis par SNCF-Réseau.

Une hypothèse peut être que cet aménagement ait été installé en 1918 en même temps que le remplacement sous la voie ferrée de la voûte maçonnée initiale par un tablier à rails enrobé (pour assurer la stabilité pendant les travaux ?)

Cet ouvrage a aussi fait l'objet récemment de plusieurs inspections détaillées (2001 ; 2006, 2011 et 2017) dont les procès-verbaux nous ont été fournis. Ces PV, en particulier les 2 derniers, fournissent des informations sur la géométrie de l'ouvrage ferroviaire.

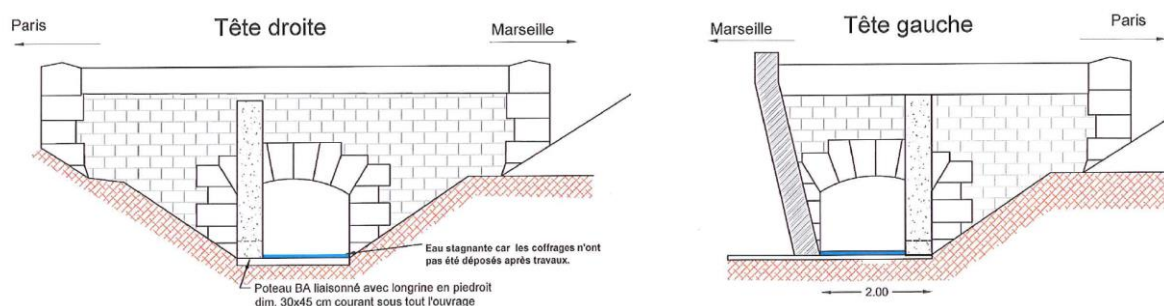


Illustration 4 Élévation de la tête aval (figure gauche) et de la tête amont (figure droite) de l'ouvrage (source : PV d'inspection par l'infirapôle PACA de SNCF du 11 octobre 2017)

La largeur de l'ouvrage original est de 2 m mais les piles aux têtes amont et aval (et la longrine en base) font perdre 30 cm. Concernant la hauteur, la configuration de l'ouvrage est singulière : en effet, de ce point de vue l'ouvrage présente deux sections différentes séparées par un puit (ou trémie) dont la fonction interroge (puits de lumière ?). La hauteur à l'amont présente une section plus réduite (1,20 m¹) que celle à l'aval (1,45 m²). De la hauteur varie dans l'ouvrage : Selon le PV de 2011 elle est de 1,40 m à l'entrée du puit et 1,13 m à la sortie.

¹ 1,22 m selon le relevé setec de 2020 ; 1,16 m selon le PV de 2011

² 1,46 m selon le relevé setec de 2020 ; 1,28 m selon le PV de 2011

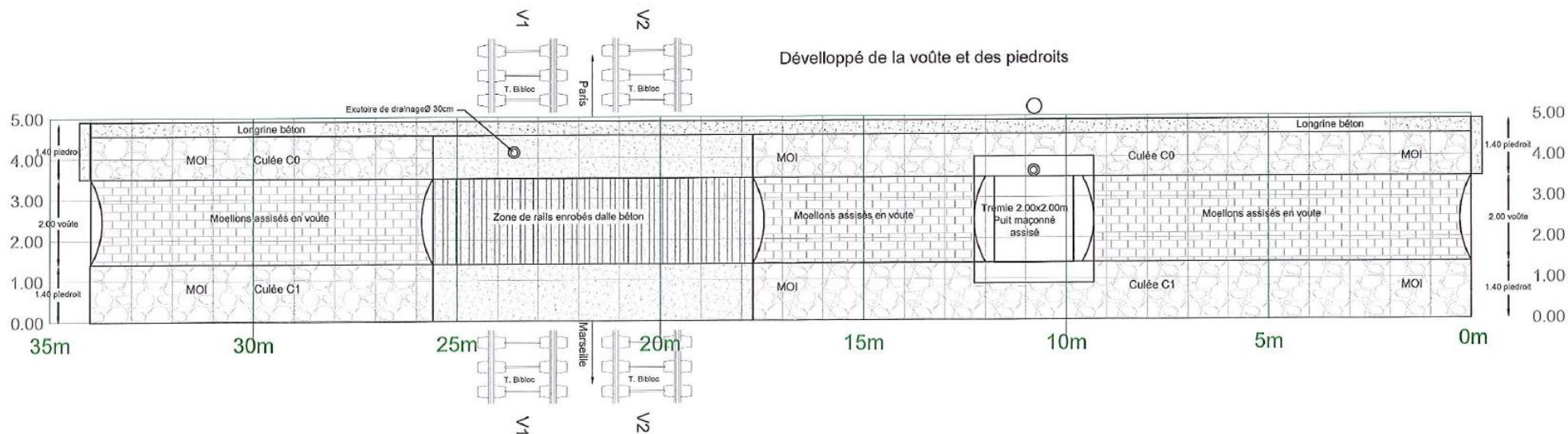


Illustration 5 Vue en plan de l'ouvrage ferroviaire (source : PV d'inspection par l'infrapôle PACA de SNCF du 11 octobre 2017)

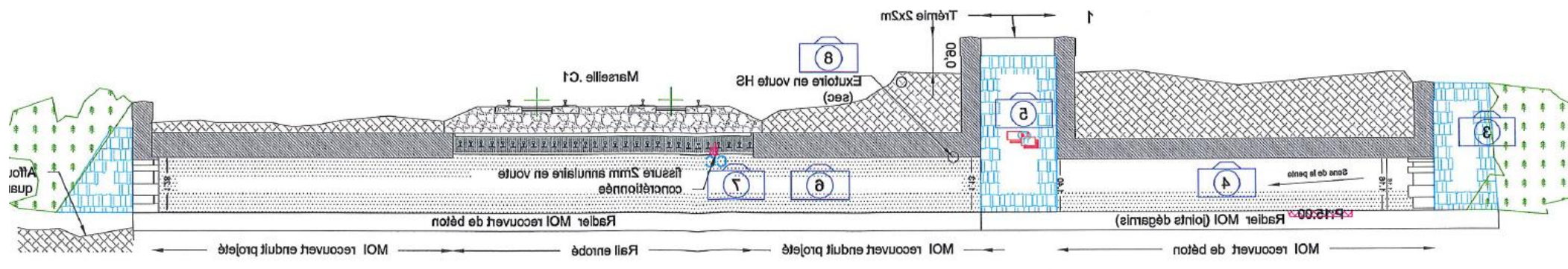
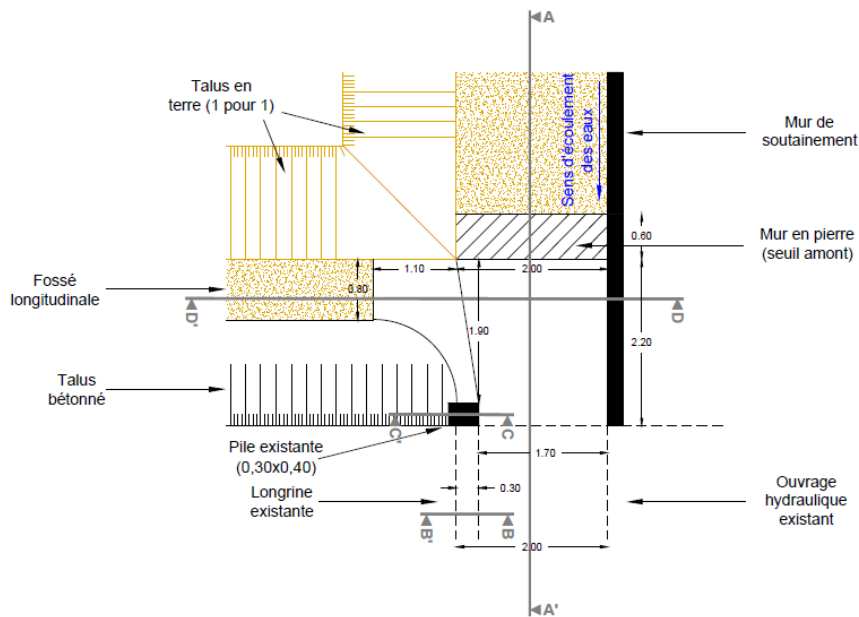


Illustration 6 Profil en long de l'ouvrage ferroviaire (source : PV d'inspection par l'infrapôle PACA de SNCF du 30 juin 2011)
(document volontairement représenté à l'envers pour correspondre à la vue en plan)

Le détail géométrique des entrées amont et aval est donné par les figures suivantes.

ENTREE AMONT

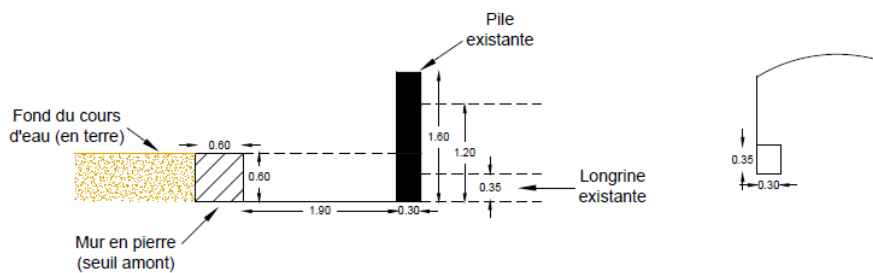
Situation existante



ECH : 1 / 80

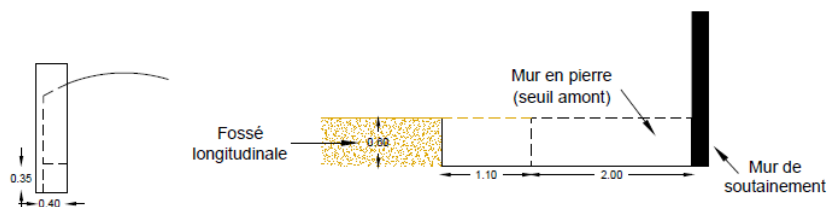
Coupe AA'

Coupe BB'



Coupe CC'

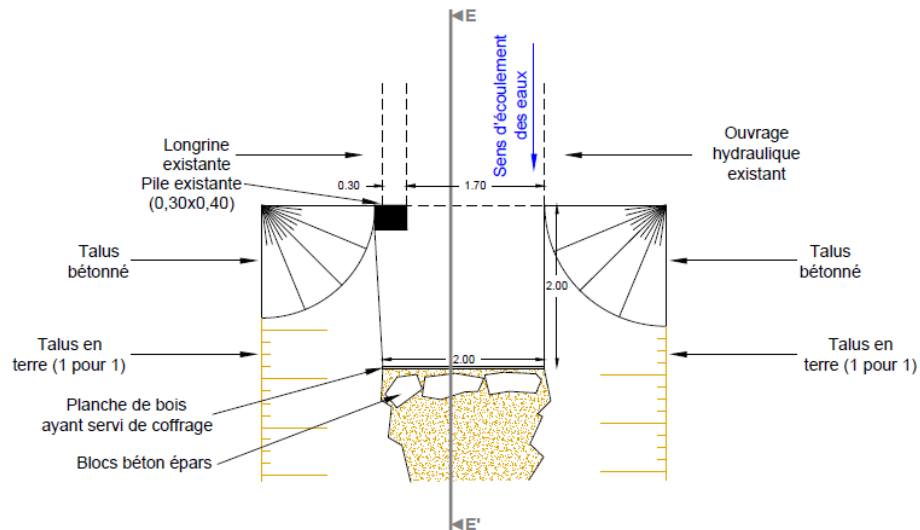
Coupe DD'



ECH : 1 / 80

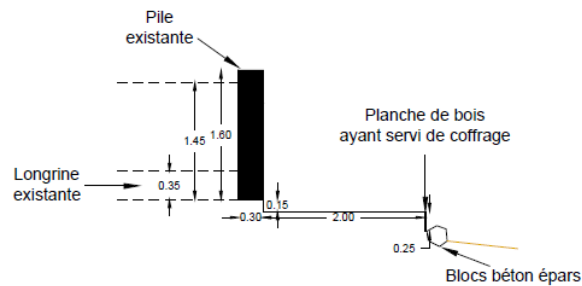
Illustration 7 : vue en plan et diverses coupes de l'entrée amont (source : setec2020)

ENTREE AVAL *Situation existante*



ECH : 1 / 80

Coupe EE'



ECH : 1 / 80

Illustration 8 : vue en plan et diverses coupes de l'entrée amont (source : setec2020)

Il semble que le radier à l'intérieur de l'ouvrage ait été restauré lors de travaux récents (bétonnage lisse favorisant les écoulements).



Illustration 9 photos du radier maçonné en 2011 (source : PV d'inspection par l'infrapôle PACA de SNCF du 30 juin 2011)



Illustration 10 photo du radier en 2017 (source : PV d'inspection par l'infrapôle PACA de SNCF du 11 octobre 2017)



Illustration 11 photo en 2020 (source : photo setec février 2020)

Ces travaux sur le radier dans l'ouvrage ont été accompagnés d'un travail à l'amont et à l'avant.

A l'amont des seuils ont été aménagés ou réaménagés dans le passé :



Illustration 12 entrée amont du cours d'eau en 2011
(source : PV d'inspection par l'infirpôle PACA de SNCF du 30 juin 2011)



Illustration 13 entrée amont du cours d'eau en 2020 avec muret en pierre de 60 cm de haut visible (source : setec février 2020)



Illustration 14 vue en 2011 de la sortie du fossé latéral d'assainissement se déversant en rive droite du cours d'eau à l'amont de l'ouvrage (source : PV d'inspection par l'infirpôle PACA de SNCF du 30 juin 2011)



Illustration 15 en 2020, muret en béton armé sur le fossé latéral d'assainissement se déversant en rive droite à l'amont de l'ouvrage sous voie ferrée (source : setec février 2020)

A l'aval, un traitement de fouille (40 cm) avait été préconisé en 2011 puis « traité » par prolongement du radier bétonné. La présence d'une planche de coffrage juste à la sortie aval de l'ouvrage, resté après les travaux avait d'ailleurs été noté en 2017. Aujourd'hui il n'existe plus mais une autre planche de coffrage reste à 2m environ à l'aval.

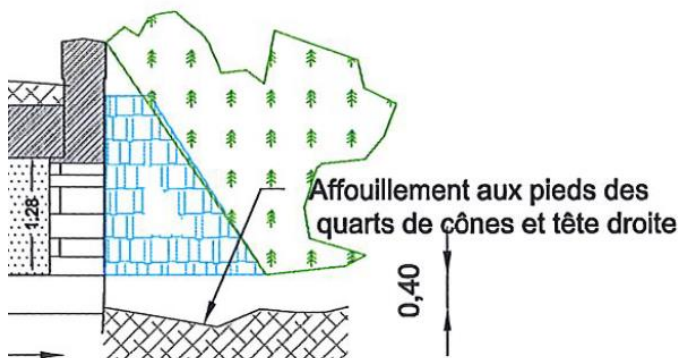


Illustration 16 affouillement relevé en 2011 (source : PV d'inspection par l'infrapôle PACA de SNCF du 30 juin 2011)



Illustration 17 coffrage noté en 2017 maintenant de l'eau stagnante en été et constituant une rupture pour la faune (source : PV d'inspection par l'infrapôle PACA de SNCF du 11 octobre 2017)



Illustration 18 sortie aval en février 2020 (source : photo setec)





Illustration 19 seuil en aval de la dalle en aout 2020 (source : photo setec)

Ces photos montrent que l'affouillement a été traité mais pas le seuil pour la faune. L'affouillement s'est reporté en aval de la dalle car il n'y a pas de transition progressive de rugosité avec le milieu naturel. Une planche de coffrage reste présente à l'aval de la Dalle

Enfin, à 150 m en aval de cet ouvrage ferroviaire se trouve un ouvrage hydraulique qui passe sous la RD10.



Illustration 20 Photo de la sortie aval de l'ouvrage sous la RD10 (Source : relevé setec en 2020)

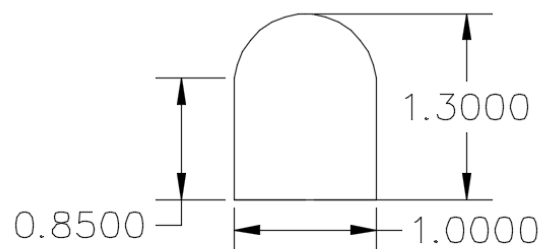


Illustration 21 Dimensions de l'ouvrage en amont situé sous la RD10 (Source : relevé setec en 2020)

3.2- ÉTAT SANITAIRE DE L'OUVRAGE

3.2.1 Tête amont

La tête amont est en **bon état général**.

Les moellons de la voûte et du tympan ne présentent aucun désordre notable en dépit d'une légère présence de mousse verte signe d'humidité importante. Néanmoins, un léger disjointement entre moellons, dont la profondeur ne dépasse pas 1 cm, est tout de même noté.

Le poteau en béton armé est en bon état et ne présente aucun désordre notable.

3.2.2 Tête aval

La tête aval est en **bon état général**.

Quelques éclats de moellons de 2 cm maximum sont présents au niveau de la voûte.

Le poteau en béton armé est en bon état et ne présente aucun désordre notable.

3.2.3 Structure

■ Tube côté Amont

Le piedroit coté Marseille est en **état général moyen**.

La maçonnerie du piedroit côté Marseille présente d'importantes dégradations notamment des éclats de moellons et disjointements allant jusqu'à 10 cm de profondeur. Certaines de ces zones ont été ragréées mais la dégradation reste évolutive avec les phénomènes d'érosion.

Le piedroit côté Paris est en **bon état général de conservation** et ne présente aucun désordre notable.

La voûte du tube amont est en **état général moyen**. En effet, elle présente une cavité d'environ 20 cm de diamètre et 25 cm de profondeur située à quelques mètres de la tête amont coté Marseille. Cette cavité est due à une chute de pierres se trouvant derrière une couche de béton érodée. Cette dernière est dégradée sur d'autres zones de la voûte laissant apparaître des pierres avec un risque de chute sous courants forts.

■ Cheminée intertubes

La cheminée est en **bon état général**. Quelques zones de disjointements ont été relevés mais ne portent aucunement préjudice à la stabilité de l'ouvrage.

■ Tube côté Aval

Les deux piédroits du tube aval sont en **bon état général**. Ils ont été sujets à un rejointoiement général de la maçonnerie.

La voûte du tube aval est en **état général moyen**, présentant ponctuellement quelques aciers apparents corrodés ou éclats béton en formation. Cela est probablement dû à un manque d'enrobage, ce qui expose les aciers aux agents extérieurs provoquant leur corrosion, leur gonflement, ainsi que l'éclatement du béton.

A environ 3 mètres de la tête aval, une fissure transversale d'ouverture 0,4 mm a été relevée, elle s'étale sur les deux piédroits et la voûte. Cette dernière peut probablement être due à un tassement différentiel au droit de la tête aval.

3.2.4 Accès et abords

Le mur en maçonnerie en continuité du piédroit côté Marseille au niveau de la tête amont présente d'importants disjointements allant jusqu'à 8 cm de profondeur. Une dégradation importante des moellons a été relevée en pied du mur.

3.2.5 Extradados

La voie portée de l'ouvrage ne présente aucun désordre notable.

3.2.6 Reportage photographique des zones les plus pathologiques

Les photos ci-dessous illustrent les zones les plus pathologiques observées lors de la visite de site.



Cavité à proximité de la tête amont côté Marseille



Disjointement de 8 cm maxi sur le mur de soutènement côté Marseille de la tête amont



**Dégradations au niveau du piedroit côté
Marseille du tube Amont**



**Eclat de béton et aciers apparents corrodés
sur la voûte du tube Aval**



Fissure transversale d'ouverture 0,4 mm à quelques mètres de la tête aval

Illustration 22 Photos relevant l'état sanitaire de l'ouvrage (source : setec 2020)

3.3- ÉTAT DES LIEUX HYDRAULIQUE ET HYDROLOGIQUE

3.3.1 Contexte hydraulique du projet

La zone d'étude est caractérisée en amont par des écoulements concentrés le long du versant sud du Vallon de Saint Colombe. Il s'agit d'un versant relativement escarpé culminant à 192m pour une altimétrie de 20m au niveau de l'ouvrage étudié.

Des écoulements diffus sont présents sur le versant mais ne sont pas permanents.

Des fossés longent la RD10 sur sa partie exposée au versant. Des ouvrages hydrauliques sont présents sous cette RD et rejoignent l'étang de Berre. L'ouvrage considéré dans ce rapport, l'OH situé au PK 822+128 de la ligne 830 000, est à l'aval d'un ouvrage sous RD10.

Les cartes de risque inondation faites sur ces deux communes pour les PLU montrent les éléments suivants :

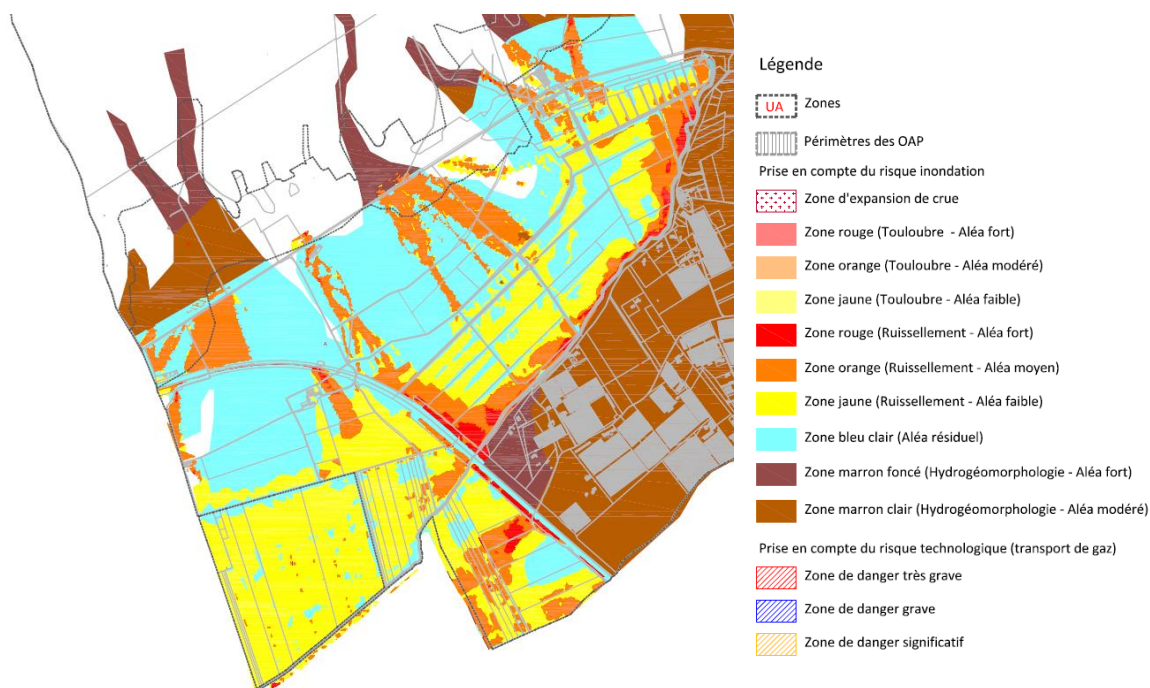


Illustration 23 Extrait de la carte des risques naturels sur la commune de Lançon de Provence
(source : PLU de Lançon de Provence)

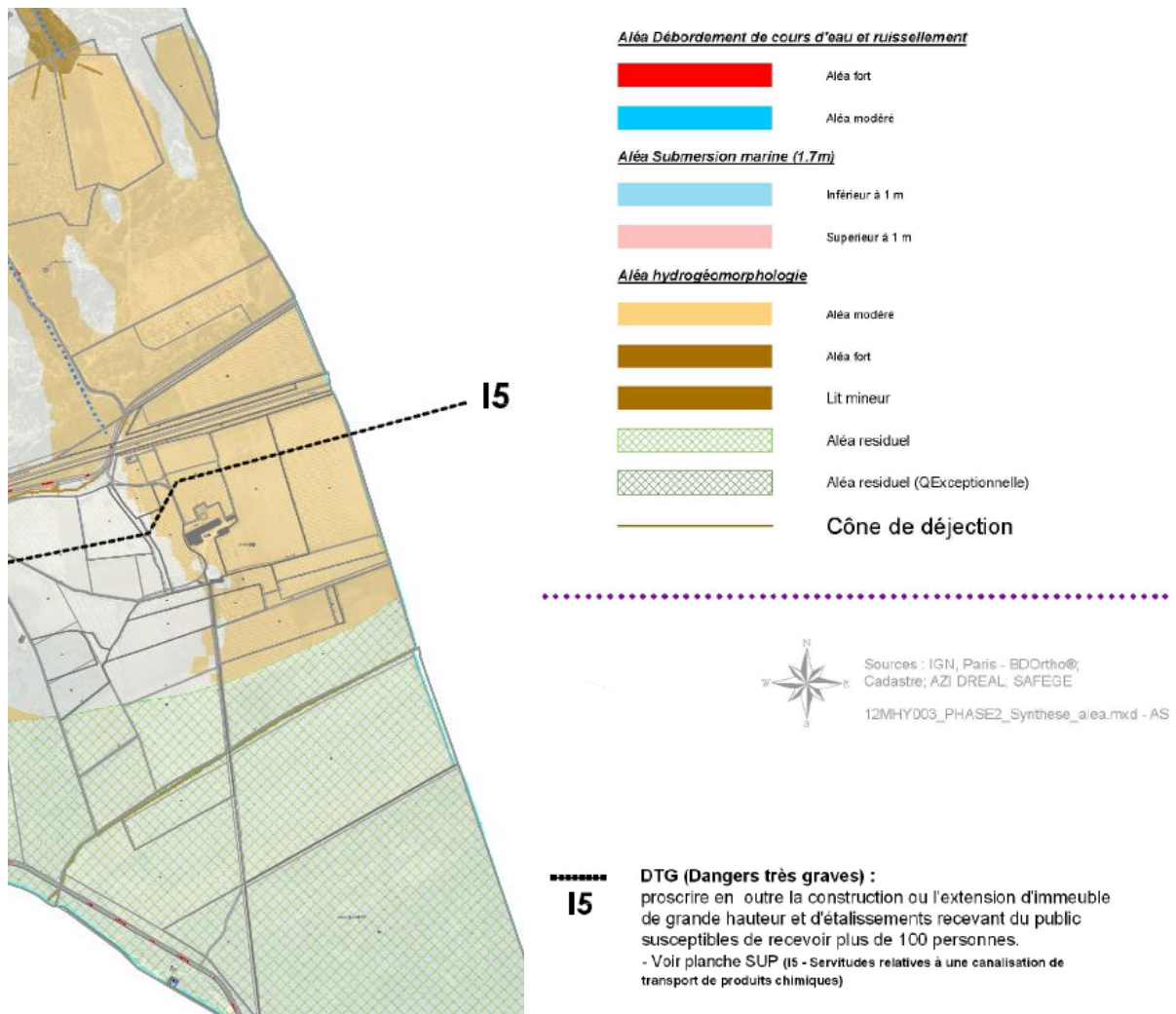


Illustration 24 Extrait de la carte des risques naturels et technologiques sur la commune de Saint-Chamas (source : PLU de Saint-Chamas)

Ces cartes, en particulier celle de Lançon de Provence, montrent que les forts débordements de la Durance peuvent potentiellement concerner l'ouvrage étudié et que le remblai de la RD10 contribue à rehausser la ligne d'eau de l'écoulement étudié.

Ces débordements n'ayant pas lieu dans le même temps que l'arrivée du débit de pointe à l'ouvrage hydraulique, la contrainte aval imposée par ces débordements n'est pas prise en compte dans la vérification du dimensionnement.

3.3.2 Bassin versant naturel

Le bassin versant naturel de l'ouvrage hydraulique est présenté sur la figure ci-dessous :

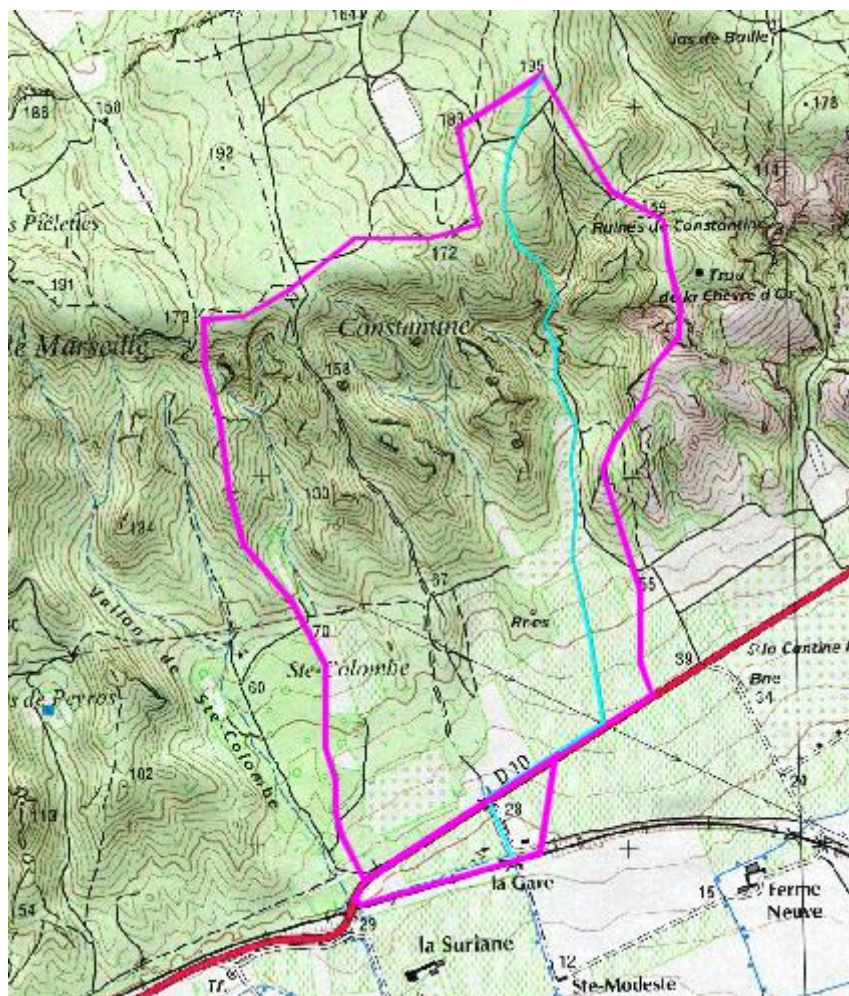


Illustration 25 Bassin versant de l'ouvrage sous RD10 / voie SNCF.

Les caractéristiques principales du bassin versant sont les suivantes :

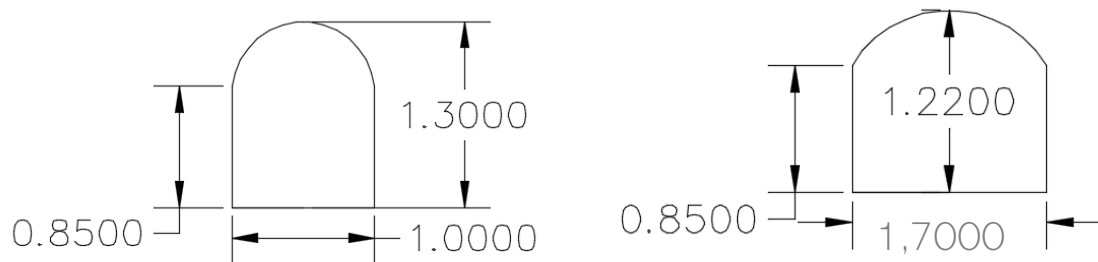
Tableau 3 Principales caractéristiques du bassin versant (source : setec)

OH	Surface (km ²)	Cr (T=10ans)	Cr (T=100ans)	Qmodule (l/s)	QMNA5 (l/s)	Q2 (m3/s)	Q5 (m3/s)	Q10 (m3/s)	Q30 (m3/s)	Q100 (m3/s)
RD10	1.648	0.39	0.58	17	3	3.67	5.87	7.34	12.23	19.55
SNCF	1.724	0.39	0.58	18	3	3.83	6.14	7.67	12.75	20.4

La valeur de 3 l/s pour le QMNA5 indique qu'il est fort probable que l'écoulement ne soit pas intermittent, contrairement à ce que suggèrent les cartographies de l'IGN.

3.3.3 Débits dans l'ouvrage ouvrage hydraulique

L'ouvrage sous la voie ferrée et l'ouvrage sous la RD10 ont été modélisés comme suit sous HY8 :



Ouvrage sous RD10

Ouvrage sous voie SNCF (PK 822+136)

Illustration 26 Dimensions des ouvrages utilisées pour la modélisation hydraulique

Il est important de rappeler que la configuration de l'ouvrage sous voie SNCF est singulière. En effet, cet ouvrage présente deux sections différentes séparées par un puit de lumière. La section à l'amont présente une section légèrement plus réduite (2,00 x 1,20 m) que celle de l'aval (2,00 x 1,45 m en aval). De plus, comme on l'a vu précédemment, l'ouvrage présente une longrine et un pilier en rive droite. Ce pilier constitue un obstacle à l'écoulement et la section modélisée ne prend donc pas en compte l'espace disponible au-dessus de cette banquette. C'est pourquoi la section modélisée a été de 1,70 m x 1,20 m).



Illustration 27 Pilier en amont de la banquette

Les résultats obtenus sont les suivants selon les différents débits :

- Pour l'ouvrage hydraulique sous RD10 :

OH RD10	Z amont (m NGF)	Hauteur d'eau (m)	vitesses (m/s)	Z radier RD10 (mNGF)
Qmodule	25,93	0,01	0,79	27,68
QMNA5	25,9	>0.01	0,51	
Q2	27,74	0,73	4,06	
Q5	27,84	0,75	4,1	
Q10	27,89	0,76	4,13	
Q30	28,03	1,3	2,88	
Q100	28,2	1,3	3,08	

Tableau 4 Résultats de la modélisation hydraulique de l'ouvrage sous la RD10

NB : Dans les 2 tableaux le Z correspond à la cote ou altitude et on entend par « radier » le niveau de la plateforme (chaussée RD10 et voie ferrée SNCF avant surverse).

Bien que cet ouvrage ne soit pas l'objet de l'étude, son fonctionnement et son dimensionnement peuvent avoir un impact sur le fonctionnement de la zone d'étude.

La modélisation faite par setec dans une présente étude (pour le MOA : Conseil départemental) indique une surverse des eaux sur la route pour une période de retour T=2ans.

- Pour l'ouvrage sous voie SNCF :

OH SNCF	Z amont (m NGF)	Hauteur d'eau (m)	vitesses (m/s)	Z radier SNCF (mNGF)
Qmodule	19,82	0,01	0,75	21,94
QMNA5	19,78	>0.01	0,49	
Q2	21,83	0,66	4,69	
Q5	22,07	0,71	4,79	
Q10	22,13	0,72	4,81	
Q30	22,28	1,22	3,3	
Q100	22,46	1,22	3,46	

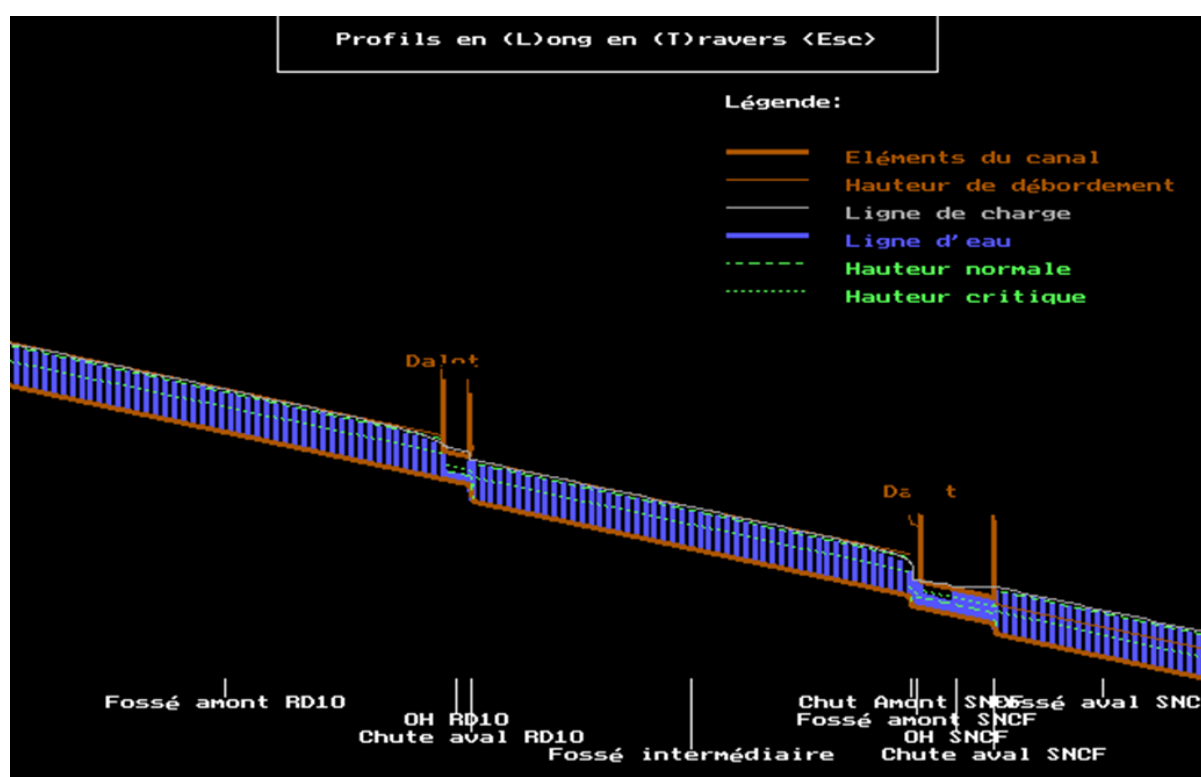
Tableau 5 Résultats de la modélisation hydraulique de l'ouvrage sous la voie ferrée

La modélisation dans la présente étude indique une surverse des eaux sur la voie pour une période de retour T=5ans.

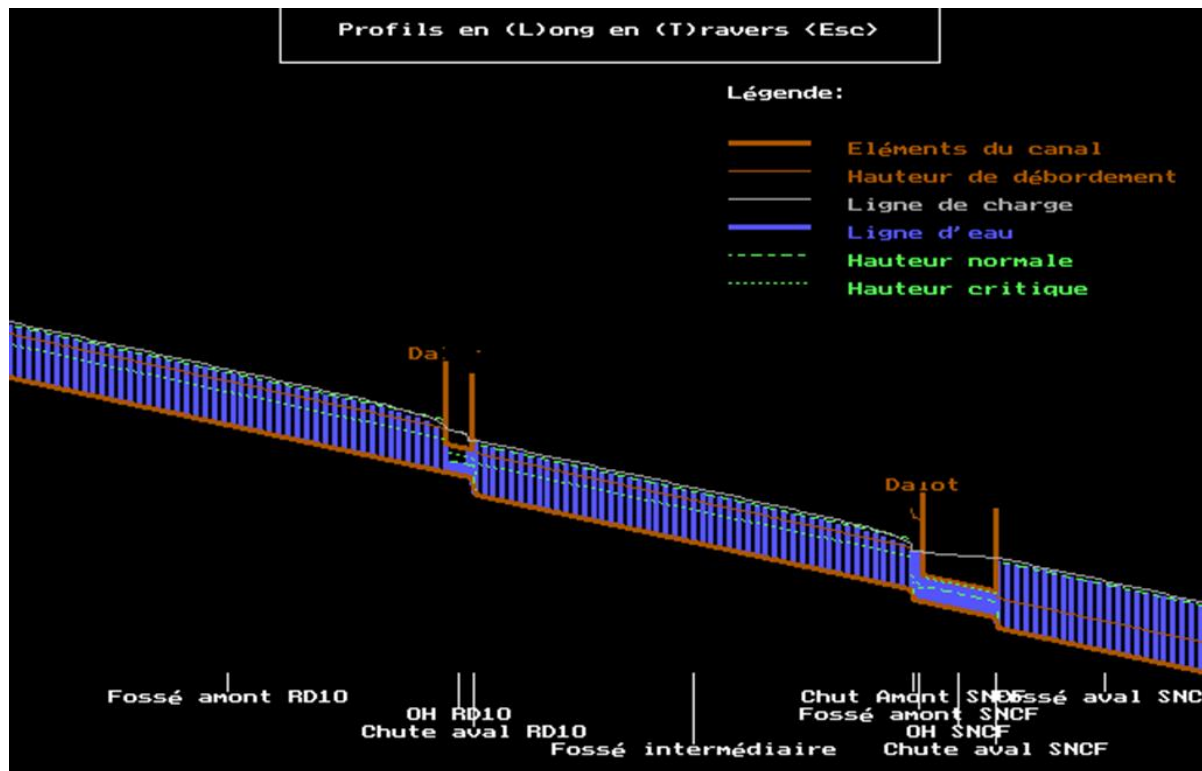
Certes la méthodologie d'estimation des débits utilisée dans cette étude est celle du GTAR. Elle est connue pour être sécuritaire mais reste la règle. En particulier la modélisation ne tient pas compte des champs d'inondation qui peuvent se produire en amont des ouvrages par étalement de la lame d'eau. Elle se base sur l'hypothèse que tous les débits du bassin versant seraient drainés dans un système de canaux débouchant dans l'ouvrage en question, ce qui n'est pas la réalité d'aujourd'hui.

Malgré tout le bassin versant amont est important et des surverses sur la RD10 et sur les voies SNCF sont possibles pour des périodes de retour supérieures à $T=5$ ans, notamment si des changements dans les réseaux de drainage à l'amont avaient lieu dans le futur.

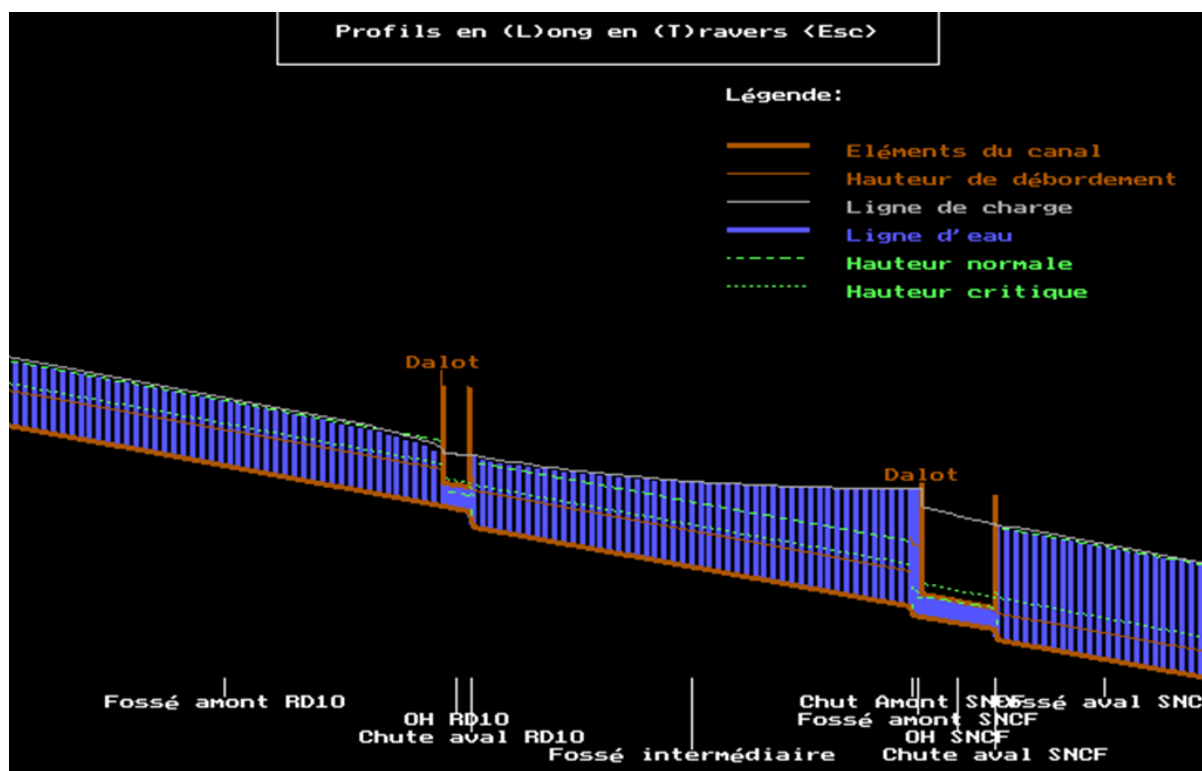
Comportement à Q2 :



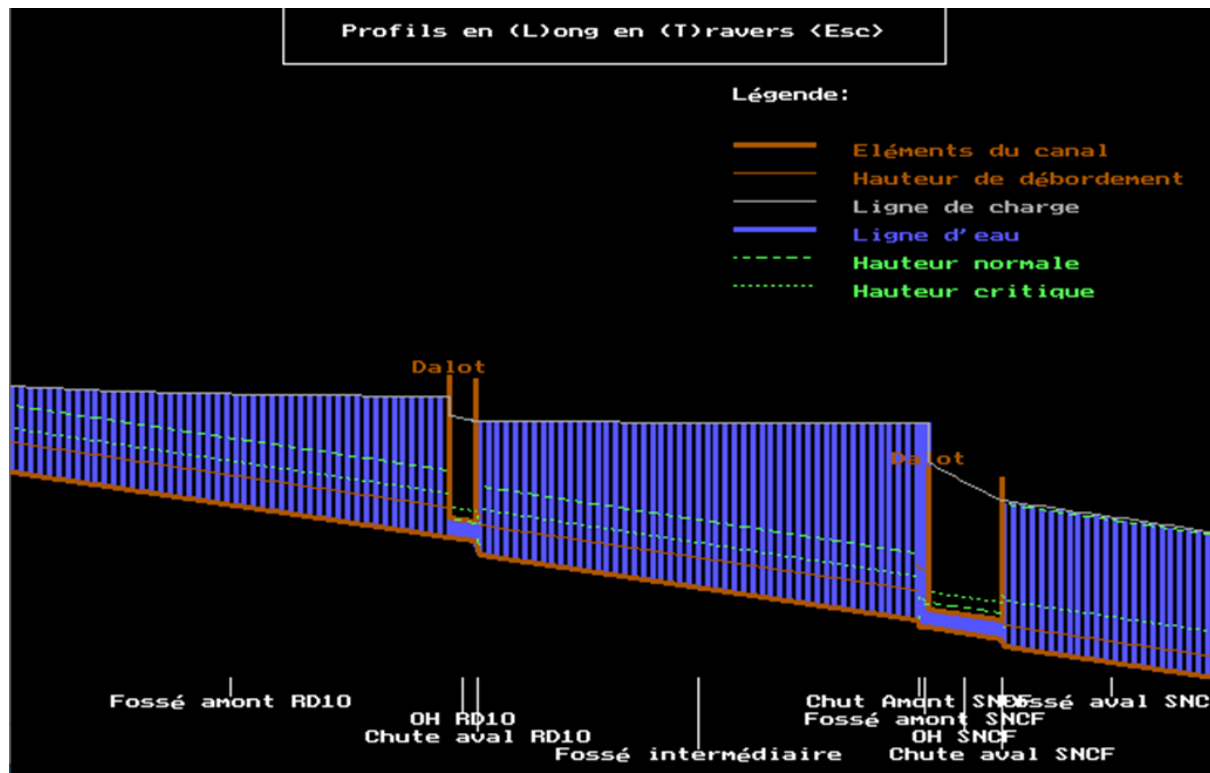
Comportement à Q5 :



Comportement à Q30 :



Comportement à Q100 :



D'autre part les modélisations montrent que :

- les hauteurs d'eau sont importantes et cela dès T=2ans.
- de fait, la longrine est inondée pour des périodes de retour inférieures à T=2ans.

Par ailleurs les vitesses sont importantes. Selon le GTAR, la vitesse maximale dans un ouvrage béton est de 5m/s. Comme les ouvrages sont pentés de façon prononcée (3%), il peut s'avérer qu'un renforcement localisé de l'ouvrage soit nécessaire.

A noter que le seuil en amont de l'ouvrage sous voie SNCF (rappel : 0,60 cm de haut) permet de limiter l'énergie en amont direct. La suppression de ce seuil sans autre aménagement alternatif (blocs rocheux), engendrerait une vitesse plus importante et donc un exhaussement de la ligne d'eau plus important.

Les vitesses dans les fossés amont et aval sont aussi importantes (de l'ordre de 3m/s), ce qui provoque sûrement un charriage des matériaux.

3.4- ÉTAT DES LIEUX ECOLOGIQUE

3.4.1 Contexte général

■ Zonages réglementaires et d'inventaire

L'intérêt écologique du secteur s'illustre dans la diversité des zonages réglementaires et d'inventaires existants. L'ouvrage étudié est situé dans la partie sud de la Zone de protection spéciale (ZPS) « Garrigues de Lançon et Chaînes alentour » (FR9310069) qui fait partie du réseau Natura 2000. Cette ZPS qui s'étend de la vallée de la Durance jusqu'à l'étang de Berre a été désignée afin de conserver ces milieux d'intérêt pour l'avifaune (notamment l'Aigle de Bonelli).

Plusieurs autres zonages sont présents à proximité de l'ouvrage :

- l'Arrêté de protection de biotope « Domaine de Calissane » (FR3800448) au nord de la RD10. Ce site vise la protection des biotopes d'espèces d'oiseau patrimoniales comme l'Aigle de Bonelli, le Hibou Grand-duc, l'Engoulevent d'Europe, etc. ;
- la Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) de type II « Chaîne de La Fare – Massif de Lançon » (930012436) au nord de la RD10. Ce site abrite de nombreuses espèces sensibles à la perte des continuités (Lézard ocellé, Genette commune, Outarde canepetière, Aigle de Bonelli, Murin de Capaccini, etc.) ;
- les ZNIEFF de type II « Embouchures de l'Arc et de la Durançole – Marais du Sagnas – Marais de Berre » (930012437) et « Etang de Berre – Etang de Vaïne » (930020231) au sud ;
- la ZNIEFF de type I « Marais du Sagnas » (930020184) au sud.

■ Milieu naturel et espèces

L'ouvrage hydraulique étudié est situé à la limite entre le massif de Lançon-Provence au nord et la plaine agricole de Berre-l'Etang et l'étang de Berre au sud. Le massif de Lançon-Provence est un massif calcaire recouvert de garrigues qui présente une grande richesse biologique. Il constitue un réservoir de biodiversité pour de nombreuses espèces. L'étang de Berre et ses zones humides constituent un réservoir de biodiversité remarquable pour de nombreuses espèces aquatique et semi-aquatique. La plaine agricole, située à l'interface entre ces deux réservoirs de biodiversité, joue un rôle de corridor écologique. Les éléments linéaires qui la composent (haies, ruisseaux, etc.) peuvent servir au transit de certaines espèces. Cet espace cultivé, principalement composé de vignobles, cultures de céréales et quelques oliveraies n'est pas susceptible d'accueillir durablement une importante diversité spécifique.

Deux rivières majeures s'écoulent dans ce secteur : la Touloubre (à l'ouest du canal EDF) et l'Arc (au sud). L'embouchure de ces rivières est constituée de zones humides, respectivement la Petite Camargue et le Marais de Sagnas, qui présentent un intérêt écologique notable en tant que zone d'alimentation et de refuge pour la faune. De dimensions plus modeste, la rivière Durançole traverse la plaine agricole environ 1,2 km au sud de l'ouvrage avant de se jeter dans l'étang de Berre.

L'écoulement rétabli par l'ouvrage hydraulique étudié provient du massif de Lançon et s'écoule à travers la plaine agricole dans un réseau de fossés qui rejoignent la Durançole ou l'étang de Berre.

Le secteur héberge une grande richesse avifaunistique incluant des espèces patrimoniales et mêlant des espèces liées aux milieux humides ainsi que des espèces de milieux xériques (Circaète Jean-le-Blanc, Pie-Grièche méridionale, etc.). La diversité des milieux est aussi favorable aux mammifères qui sont représentés par un cortège d'espèces communes (Renard roux, Lapin de garenne, Belette, Hérisson d'Europe, etc.). Le secteur est aussi fréquenté par de nombreuses espèces de chiroptères qui peuvent être amenées à se déplacer entre le massif de Lançon et leur territoire de chasse au niveau des zones humides (Minioptère de Schreibers et Murin de Capaccini par exemple). Les milieux xériques et les nombreuses lisières sont aussi favorables à la présence de reptiles, dont le Lézard ocellé qui est une espèce menacée. Des amphibiens sont aussi recensés : au début du printemps, ils migrent du nord au sud, depuis leur habitat terrestre vers leurs zones aquatiques de reproduction.

En termes de faune piscicole, les données existantes concernent la Durançole. La Durançole ne figure pas parmi la liste des cours d'eau abritant des frayères et zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole au sens de l'article L.432-2 du Code de l'environnement (arrêté préfectoral du 28 décembre 2012). Une étude réalisée en 2014 par la Maison régionale de l'eau a identifié la présence de plusieurs espèces dans la Durançole :

- Chevaine, Goujon, Spiralin et Barbeau fluviatile : espèces qui ne présentent pas d'enjeu de conservation particulier. Le Spiralin et le Barbeau fluviatile sont en dehors de leur aire de répartition géographique initiale qui exclut les petits fleuves côtiers, ces espèces préférant les milieux de plus grande taille.
- Anguille européenne : espèce classée « en danger critique d'extinction » sur la liste rouge de l'UICN et qui représente à ce titre une priorité de conservation à l'échelle européenne. Cependant, les densités observées sont particulièrement faibles au regard de la proximité avec la mer. La Durançole est inaccessible à la migration de montaison en raison de l'installation d'une pisciculture à son embouche. Seul de rares individus parviennent chaque année à coloniser le cours d'eau.

Il semblerait qu'il n'y ait pas de crustacés à enjeux dans le secteur (Fédération de pêche et Maison régionale de l'eau, comm. pers., 2020).

■ Continuités écologiques

Le SRCE identifie le massif de Lançon au nord comme un réservoir de biodiversité de la Trame verte à remettre en bon état. Les zones humides situées en sud, en bordure de l'étang de Berre, sont identifiées comme réservoir de biodiversité de la Trame bleue à préserver. Une partie de la plaine agricole, à proximité de la Durançole, est considérée comme un espace de fonctionnalité des cours d'eau.

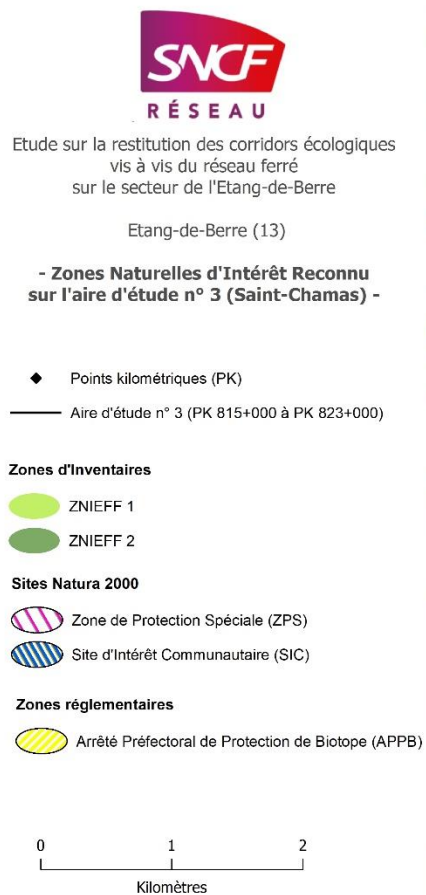
Les deux éléments fragmentant présents dans le secteur sont :

- la voie ferrée de Paris-Lyon à Marseille-Saint-Charles qui suit un axe est-ouest au niveau de l'ouvrage ;
- la route départementale 10 qui longe la voie ferrée.

Du fait de leurs caractéristiques propres (seuils importants et fond de lit plat et lisse) ces deux infrastructures induisent un effet de double obstacle et limitent fortement les connectivités entre le massif de Lançon-Provence et l'étang de Berre.

L'étude réalisée par Auddicé en 2018 qualifie la connectivité écologique de « faible » à proximité de l'ouvrage étudié.

Les cartes fournies en pages suivantes présentent les principaux zonages réglementaires ou d'inventaire, le SRCE et les connectivités écologiques du secteur d'étude.



(Pour une impression en format A4 sans réduction de taille)
Mise à jour : Auddicé 2017
Source de l'outil de cartographie : IGN
Source de données : Auddicé, DREAL, PCA, SNCF Réseau

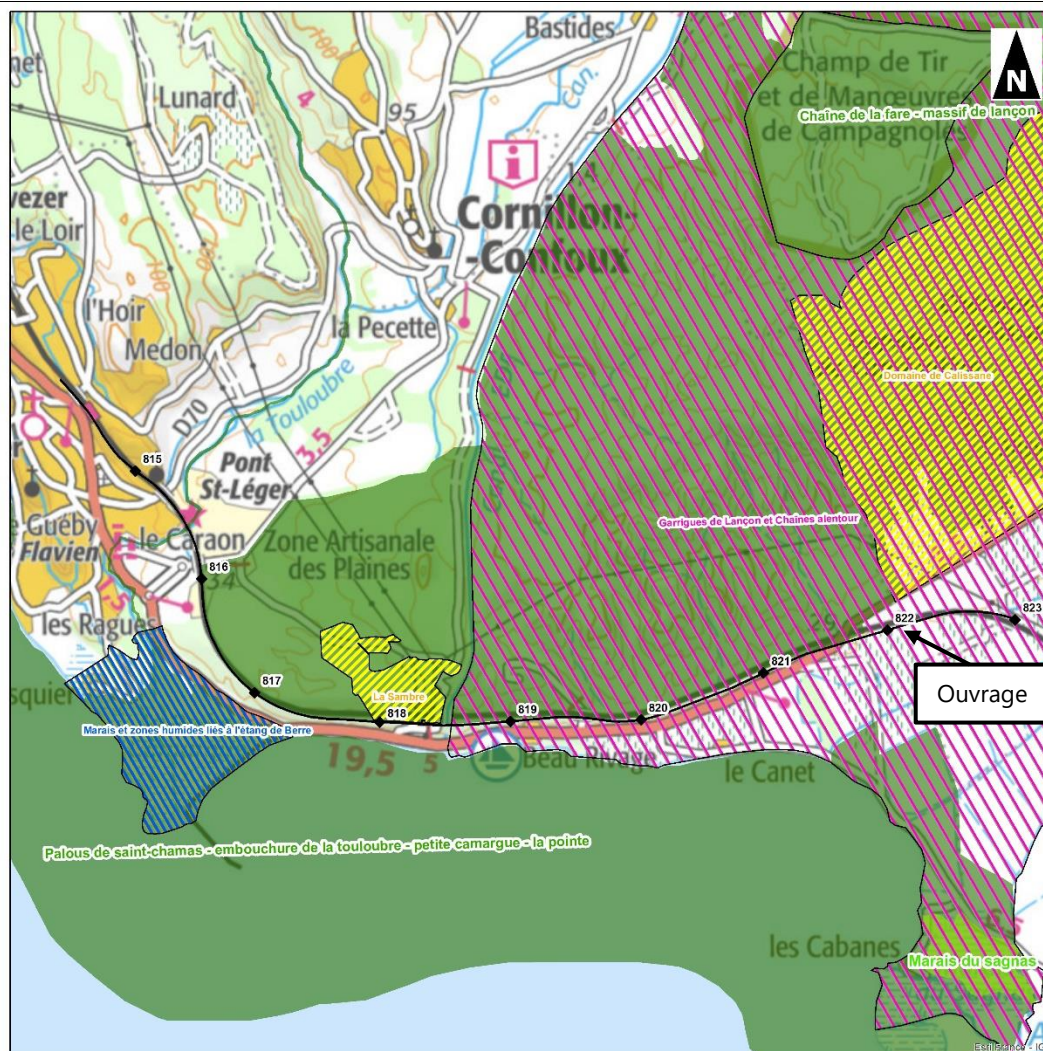


Illustration 28 Zonages réglementaires et d'inventaire (source : Auddicé, 2018)

Etude sur la restitution des corridors écologiques
vis à vis du réseau ferré
sur le secteur de l'Etang-de-Berre

Etang-de-Berre (13)

- SRCE sur l'aire d'étude n° 3 (Saint-Chamas) -

- ◆ Points kilométriques (PK)
- Aire d'étude n°3 : PK 815+000 à PK 823+000
- Cours d'eau SRCE
- ▨ Zones humides et plans d'eau SRCE
- Réservoir de Biodiversité

0 1 2
Kilomètres



(Pour une impression en format A3 sans réduction de taille)
Réalisation : Auddicé 2017
Source de fond de carte : ESRI
Source de données : Auddicé, DREAL PACA SNCF Réseau



Illustration 29 Schéma régional de cohérence écologique (source : Auddicé, 2018)

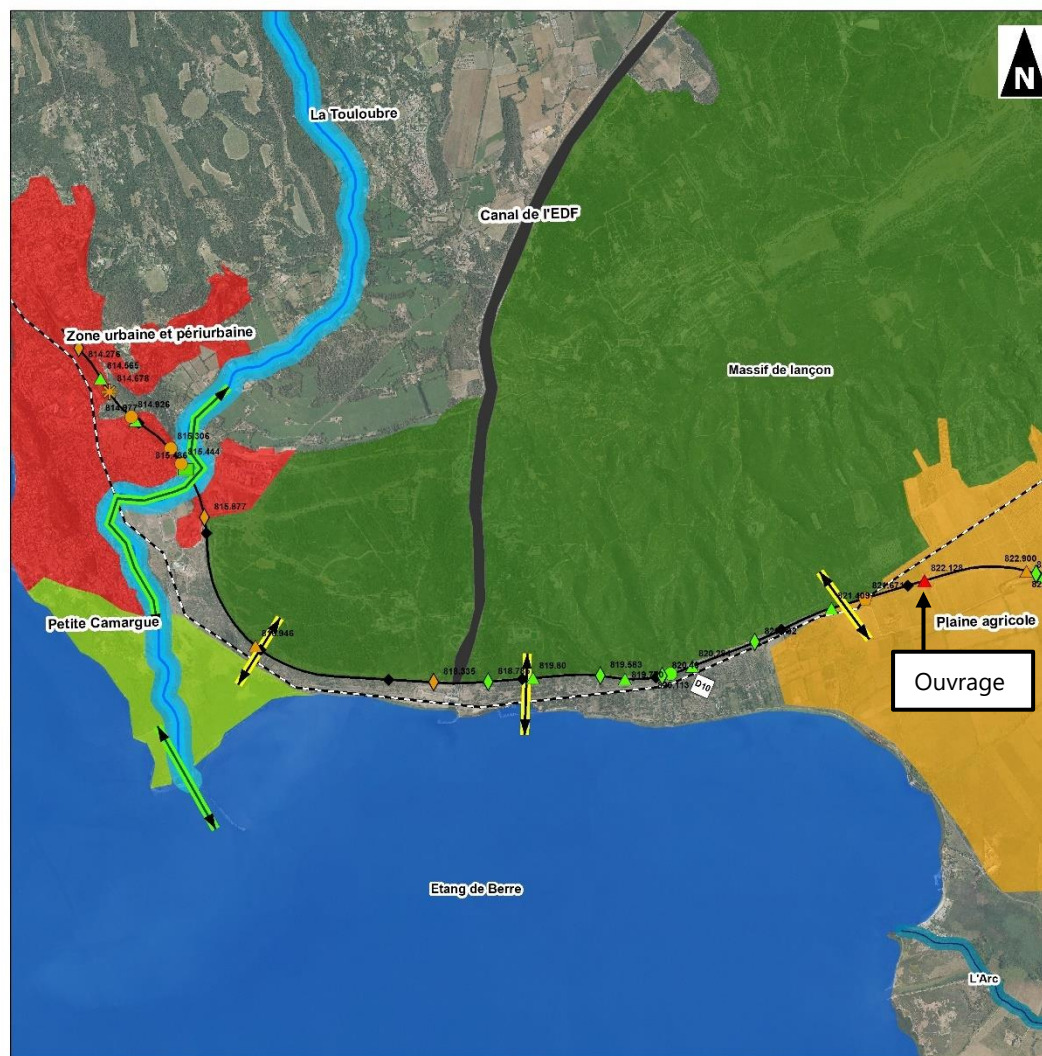
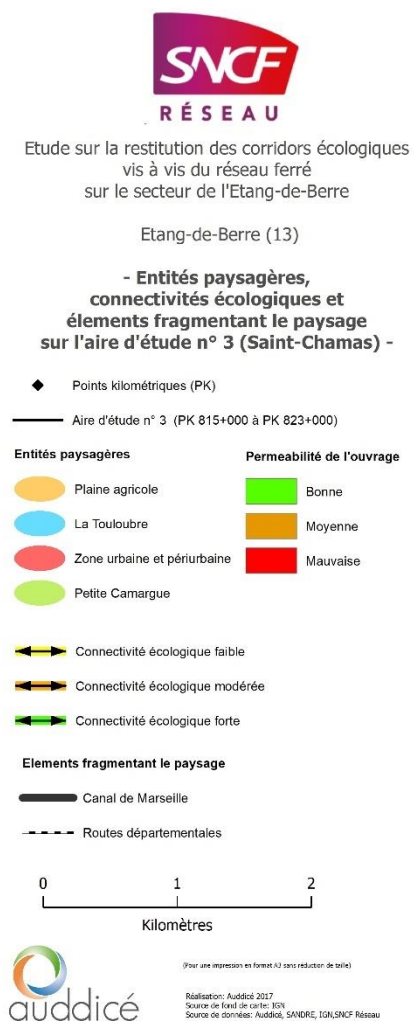


Illustration 30 Entités paysagères et connectivités écologiques (source : Auddicé, 2018)

3.4.2 Enjeux détaillés de l'aire d'étude

■ Description des milieux

L'ouvrage étudié est situé dans un contexte agricole très artificialisé, au milieu de vignobles.

L'écoulement restitué par l'ouvrage est indiqué comme étant intermittent sur les cartes de l'IGN. Pourtant, l'étude hydraulique montre qu'il y a de fortes chances pour qu'il ne soit pas intermittent, même si les volumes d'eau qui transitent sont parfois réduits (voir partie « état des lieux hydraulique »).

Son tracé est totalement rectiligne et son profil en travers trapézoïdal avec de fortes pentes latérales.

Un second écoulement, provenant de l'ouest, longe la voie ferrée côté nord et débouche en rive droite juste en amont de l'ouvrage hydraulique.

Ces deux écoulements ne sont pas considérés comme des cours d'eau au sens de la loi sur l'eau (BD Carthage et site de la DDTM).

Le lit de l'écoulement est principalement colonisé par des ronces et de la Canne de Provence à proximité de l'ouvrage sous la voie ferrée. Quelques arbres et arbustes clairsemés sont présents, sans pour autant constituer une ripisylve continue. Un alignement d'oliviers longe l'écoulement en rive droite environ 100 mètres en aval de l'ouvrage.

La végétation en bordure de voie ferrée est principalement herbacée, complétée par quelques arbres et arbustes plus en retrait du rail. En rive gauche à l'aval de l'ouvrage se trouve un secteur en friche dans lequel un important monticule de pierres est stocké.

En amont de la RD10, une petite zone à caractère humide (présence d'eau et de végétation caractéristique) est bordée à l'ouest par des boisements et à l'est par des parcelles de vigne.

Un chemin gravillonné qui longe l'écoulement en rive gauche permet l'accès à la voie ainsi qu'à deux habitations situées en amont de l'ouvrage.

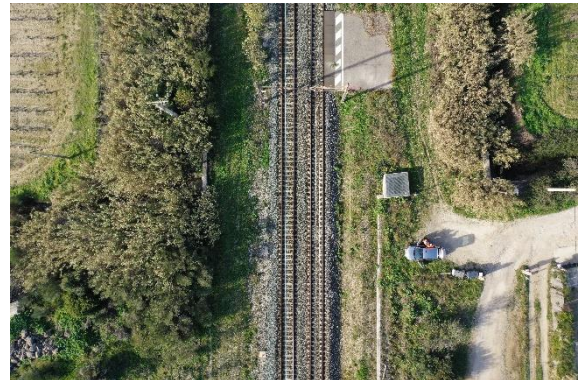
L'Orthomosaïque réalisée en drone permet de visualiser les différents éléments constitutifs de la zone d'étude. Elle est présentée en page suivante. Les photos présentées en suivant ont été prises sur site lors de la visite de terrain.



Illustration 31 Orthomosaïque de la zone d'étude réalisée en drone (source : setec)



Secteur humide en amont de la RD10



Vue aérienne à l'aplomb de l'ouvrage (amont à droite ; aval à gauche)



Vue aérienne de l'entrée amont de l'ouvrage et du mur de soutènement



Friche et monticule de pierre en aval de l'ouvrage sous la voie ferrée



Écoulement en aval de l'ouvrage (vue vers l'amont)



Écoulement en aval de l'ouvrage (vue vers l'aval)

Illustration 32 Photos de l'environnement immédiat de l'ouvrage du PK 822+136 (source : Photo setec février 2020)

■ Effet de coupure induit par la voie ferrée et la RD10

La présence combinée de la route départementale et de la voie ferrée représente un double obstacle au franchissement par la faune terrestre.

Aucune étude de mortalité liée aux collisions avec des trains n'a été menée dans le secteur. Une étude réalisée par la LPO en 2016 sur la restitution des corridors écologiques dans le secteur de l'étang de Berre fourni des données de mortalité en lien avec la RD10. Le tronçon de RD à proximité de l'ouvrage est particulièrement accidentogène pour la faune. Peu de passages inférieurs sont praticables par la faune : l'ouvrage rétablissant l'écoulement présente un seuil important en aval et un passage inférieur plus à l'ouest est encombré par la végétation. La majorité des données de mortalité sur la RD concernent les amphibiens et les mammifères, mais les oiseaux et reptiles sont aussi concernés. Parmi les espèces concernées, certaines sont des espèces prioritaires de la Trame verte et bleue et/ou à fort enjeu local de conservation.

L'impact de la RD et de la voie ferrée sur les chiroptères n'est pas connu, mais il est possible qu'il ne soit pas nul. En effet, les chiroptères sont susceptibles de franchir la voie lors de leurs déplacements entre le massif de Lançon, qui offre des zones de gîte, et les zones humides de la Durançole ou de l'étang de Berre, qui servent de territoire de chasse.

La figure ci-dessous, extraite de l'étude réalisée par la LPO, situe les données de mortalité routière sur la RD10.

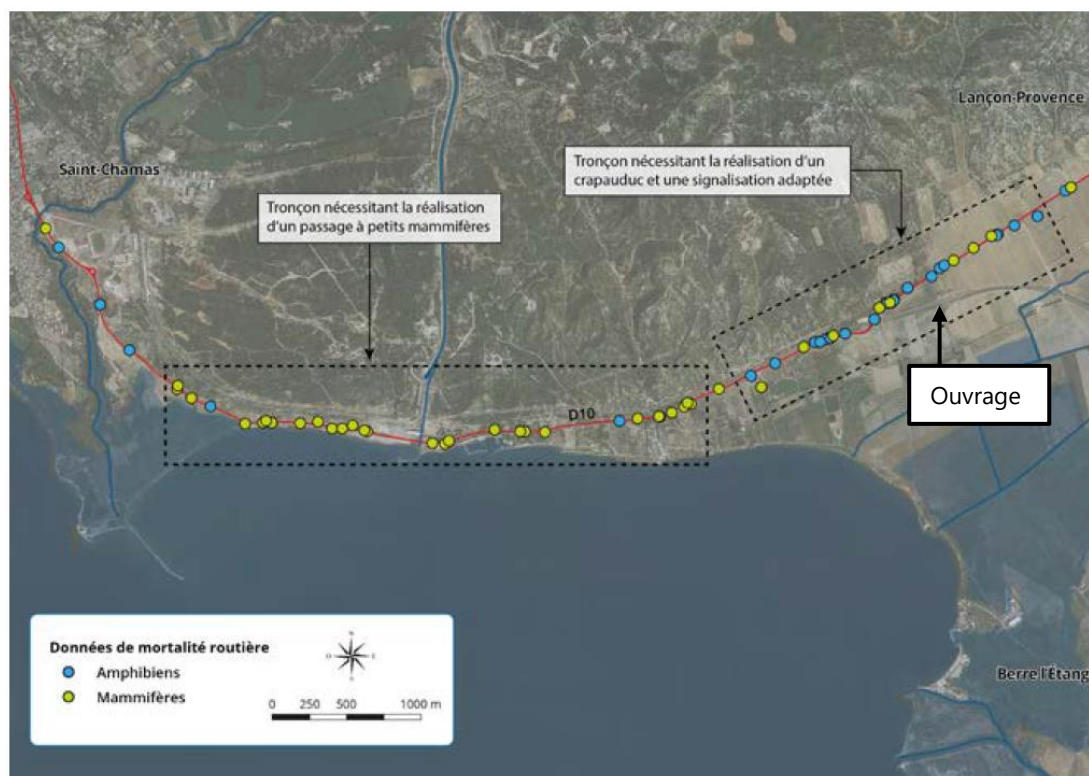


Illustration 33 Localisation des données de mortalité routière sur la RD10 (source : LPO, 2016)

Etant donnée la proximité des deux infrastructures, il est très probable que les espèces qui traversent la RD fassent de même avec la voie ferrée. De plus, le profil rasant de la voie ferrée à proximité de l'ouvrage augmente la probabilité de traversée des voies par la faune. A moins de 200 mètres à l'est de l'ouvrage, la voie passe en fort déblai, plus difficilement franchissable par la petite faune. Ainsi, il est possible que certains individus longent la voie pour traverser préférentiellement aux endroits où la ligne est rasante ou à la faveur de passages inférieurs (deux passages inférieurs sont situés environ 800 mètres à l'est).

Toutefois, la fréquence de passage des trains TER et de marchandise est inférieure à celle des voitures (en moyenne une centaine de trains journaliers), ce qui laisse supposer que la voie ferrée est moins impactante que la RD.



Renard roux victime d'une collision routière sur la RD10



Voie ferrée en profil rasant longée par un caniveau en U (à 200 m à l'ouest de l'ouvrage)



Ouvrage hydraulique sous la voie ferrée à 800m à l'est (au gauche, non visible : passage agricole)



Ouvrage hydraulique sous la RD10 encombré par la végétation (à 700 mètres à l'est)

Illustration 34 Photos de l'environnement éloigné de l'ouvrage du PK 822+136 le long de la voie ferrée (source : Photo setec février 2020)

Localement la présence d'un caniveau en U le long de la voie constitue un facteur de discontinuité et peut représenter un piège mortel pour certains petits mammifères ou amphibiens. Il est possible que des individus tombent dans ces caniveaux et se retrouvent piégés. Les caniveaux de ce type les plus proches de l'ouvrage étudié sont situés :

- à 200 mètres à l'ouest de l'ouvrage, côté nord de la voie : le caniveau rejoint l'écoulement qui longe la voie ferrée.
- à environ 600 m à l'est de l'ouvrage, en pied de déblai.

Il n'y a pas de caniveau en U au niveau de l'ouvrage étudié.

3.4.3 Analyse de la franchissabilité de l'ouvrage et détermination des espèces cible

Etant données ses dimensions (hauteur : 1,2 / largeur utile : 1,70 m), l'ouvrage pourrait permettre le passage de la petite et moyenne faune (jusqu'au sanglier), en particulier lors des étiages.

Cependant, les **4 seuils béton** présents (2 en amont et 2 en aval de l'ouvrage), du fait de leur hauteur (**amont : 60 cm / aval : 15 cm à la sortie de l'OH puis environ 50 cm à la sortie de la dalle béton**) et de leur verticalité, empêchent très fortement le passage de la petite faune et très probablement aussi de la moyenne (sanglier). Seules certaines espèces assez agiles ou capables de franchir d'un bond les seuils sont susceptibles d'utiliser l'ouvrage. Ainsi, des traces de fouine ont été observées dans l'ouvrage (étude Auddicé, 2018). De plus, les abords de l'ouvrage sont difficilement accessibles étant donnée la forte pente des berges du fossé (environ 1 pour 1), ce qui induit une connectivité latérale quasi nulle. Enfin, le lit de l'ouvrage, constitué de béton entièrement lisse, ne constitue pas un revêtement attractif pour la faune.

La longrine à l'intérieur de l'ouvrage mesure 30 cm de large et possède un tirant d'air de 50 à 55 cm environ si l'on considère la hauteur de 85 cm de démarrage de la voute. Elle pourrait éventuellement servir de banquettes pour la petite faune. Toutefois les guides techniques recommandent une largeur de banquettes de 50 à 70 cm environ et un tirant d'air de 70 cm³.

De plus, la connectivité avec les berges n'est pas assurée du fait des piles obstruant chaque extrémité et l'absence de connectivité latérale des berges en amont et en aval de l'ouvrage (du fait des pentes très fortes des talus en sortie : de l'ordre de 1 pour 1).

L'ouvrage représente aussi un obstacle pour la faune aquatique qui ne peut remonter l'écoulement.

³ Aménagements et mesures pour la petite faune, SETRA, 2005



Absence de continuité entre la longrine et la berge en aval rive droite du fait de la pile



Absence de continuité entre la longrine et la berge en amont rive droite du fait de la pile



Longrine en rive droite (côté Paris) dans l'ouvrage (vue vers l'amont)

Illustration 35 Photos de de détail de l'ouvrage hydraulique du PK 822+136 (source : Photo setec février 2020)

L'étude réalisée par Auddicé indique que l'ouvrage présente une mauvaise perméabilité (voir Illustration 30). Elle lui attribue une priorité de restauration forte du fait de son intérêt pour les déplacements faunistiques et de l'absence à proximité d'ouvrage fonctionnel permettant de rétablir les continuités.

En 2019, une étude a été réalisée par le bureau d'études Agir écologique pour setec international et SNCF dans le cadre d'un projet de développement ferroviaire (projet de déploiement de la commande centralisée du réseau entre Arles et Rognac – CCR Rognac, 2019). Cette étude relève aussi l'intérêt fonctionnel fort de l'ouvrage ainsi que la nécessité d'étudier les aménagements possibles pour améliorer sa fonctionnalité.

De plus, l'étude réalisée par la LPO en 2016 relève la forte mortalité routière d'amphibiens dans le secteur et préconise la création de crapauducs sous la RD10 entre les domaines viticoles de La Suriane et de Calissane.

Dans le cadre de la présente étude, la liste des espèces susceptibles d'utiliser le passage est établie en considérant les caractéristiques des milieux avoisinants, les continuités écologiques, les espèces connues du secteur et potentielles. Les données de mortalité, même si elles ne sont disponibles que sur la RD10, sont aussi prises en compte car elles renseignent sur le niveau de sensibilité de certaines espèces à la fragmentation des milieux.

Les espèces pour lesquelles une amélioration de la perméabilité de l'ouvrage est nécessaire sont :

- **Amphibiens** : le Crapaud épineux notamment, qui hiverne dans les collines de Lançon et se reproduit dans les zones humides de la plaine de Berre, de l'autre côté de la voie ferrée et de la RD10, cela occasionnant des mortalités routières en période de migration pré-nuptiale notamment.
- **Petits et moyens mammifères** : Belette d'Europe, Renard roux, Ecureuil roux, Hérisson d'Europe, Lapin de garenne et Fouine (principales victimes de collisions routières sur la RD) (LPO, 2016).
- **Reptiles** : les grandes couleuvres sensibles aux collisions (type Couleuvre à échelons, Couleuvre de Montpellier), le Lézard ocellé ou encore le Psammodrome d'Edwards, sensible à la fragmentation des milieux (Auddicé, 2018).

Il est très peu probable que la Genette commune, présente dans la ZNIEFF au nord de la RD10, fréquente les espaces agricoles et emprunte l'ouvrage (Auddicé, comm. pers., 2020). C'est pourquoi elle n'est pas retenue dans la liste des espèces cibles.

La voie ferrée étant en profil rasant, il semble difficile de capter les espèces volantes (oiseaux et chiroptères) et de les inciter à franchir l'ouvrage. Cependant, il semblerait que certains oiseaux soient victimes de collisions sur la RD10.

L'Anguille européenne, présente dans la Durançole, est susceptible de fréquenter les réseaux de fossés agricoles et l'écoulement étudié. Cependant, il y a de nombreux obstacles (seuil ou martelière par exemple) limitent ses déplacements. Le référentiel des obstacles à l'écoulement, qui ne recense aucun obstacle sur la Durançole ou dans les fossés voisins, semble de ce point de vue incomplet. En effet, il ne répertorie pas la pisciculture en aval de la Durançole (Fédération de pêche, comm. pers., 2020), les seuils de l'ouvrage étudié ou encore la martelière observée sur un écoulement à 800 mètres plus à l'est).

Quoi qu'il en soit, la présence potentielle de l'Anguille européenne ne justifie pas la nécessité de retravailler finement le fil d'eau de l'écoulement. En effet, l'Anguille européenne n'est pas une espèce qui se reproduit en amont des cours d'eau (elle se reproduit en mer), l'accès à l'amont de l'écoulement ne constitue pas un enjeu majeur. De plus, les anguilles sont capables de franchir des obstacles assez importants en les escaladant (déplacement par reptation) ou parfois en les contournant en sortant de l'eau. Enfin, cela ne lui donnerait accès qu'à une partie restreinte d'écoulement supplémentaire (environ 200 mètres).

Les autres espèces piscicoles observées dans la Durançole présentent un niveau d'enjeu limité. Il n'est pas impossible que certaines fréquentent l'écoulement étudié, notamment le Goujon ou le Spirilin qui sont des espèces de petite taille. L'ouvrage est actuellement infranchissable pour ces espèces du fait de la hauteur des seuils en aval et en amont. Il est possible que les zones en amont de l'ouvrage présentent un intérêt pour la reproduction du Goujon qui fraie dans des zones à courant fort dans un substrat pierreux ou dans la végétation aquatique. La forte vitesse d'écoulement semble en revanche moins favorable à la reproduction du Spirilin, du Barbeau fluviatile ou du Chevaine qui fraient plutôt dans les zones de courant faible à modéré (sur graviers ou dans la végétation aquatique).

En l'absence de données précises de présence/absence des espèces et étant donné le fort sous-dimensionnement actuel de l'ouvrage hydraulique, des aménagements pour améliorer la continuité piscicole sont à exclure si l'ouvrage n'est pas redimensionné hydrauliquement.

Ainsi, il est nécessaire d'assurer la franchissabilité de l'ouvrage hydraulique pour les amphibiens, reptiles, petits et moyens mammifères.

La possibilité d'améliorer la continuité écologique pour la faune piscicole est entièrement conditionnée par le choix d'agrandir ou non la section hydraulique de l'ouvrage.

3.5- SYNTHESE DES PRINCIPAUX ENJEUX

■ Enjeux liés à l'état sanitaire de l'ouvrage

L'ouvrage est en état général moyen.

Les poteaux en béton armé situés au niveau des têtes sont en bon état de conservation. Selon le MOA, leur mise en œuvre est probablement liée à un confortement/renforcement de la structure à la suite désordres structurels. Leur enlèvement risque alors de porter préjudice à la stabilité de l'ouvrage.

Le piédroit côté Marseille du tube amont présente des dégradations qui nécessitent une intervention afin de consolider la maçonnerie.

La voûte du tube amont présente une dégradation de la couche de béton en surface, laissant apparaître les pierres sur certaines zones. Ces dernières peuvent chuter créant des cavités notamment celle relevée à l'amont de l'ouvrage. Ces zones doivent faire l'objet d'une réparation.

La voûte du tube aval présente plusieurs zones d'éclats béton/éclats béton en formation accompagnées d'aciers apparents corrodés et nécessite une intervention en termes d'entretien spécialisé qui consistera à la purge, la passivation et le ragréage de ces zones.

La fissure transversale d'ouverture 0,4 mm est probablement due à un tassement différentiel à l'aval de l'ouvrage, celle-ci nécessite une attention particulière avec éventuellement la pose d'une jauge afin de suivre son évolution.

Ainsi, l'ouvrage est sujet à quelques dégradations au niveau de la maçonnerie et du béton de la voûte, qu'il convient de reprendre avant tous travaux pouvant engendrer des vibrations qui accentueront la fragilisation de la structure.

■ Enjeux hydrauliques

L'étude de l'ouvrage existant montre qu'il est dimensionné pour une période de retour inférieure à 2ans selon les critères actuels de dimensionnement pour le taux de remplissage maximal de 75% et/ou tirant d'air de 0.5m et pour le critère de la hauteur amont égale à 1.2DN (Diamètre Nominal) au maximum.

En tenant compte d'une possibilité de mise en charge de l'ouvrage, et en prenant comme limite le bord de la plateforme SNCF, la capacité de l'ouvrage se rapproche plus d'une période de retour 5 ans.

Au vu de ces éléments, il est nécessaire de se poser la question d'un éventuel redimensionnement de l'ouvrage, autrement dit le remplacement de l'ouvrage actuel ou l'ajout d'ouvrages complémentaires.

Les hauteurs d'eau dans les deux ouvrages sont importantes et cela dès T=2 ans. Cela veut dire que l'amélioration de la continuité écologique devra se faire sans entamer la section hydraulique des ouvrages déjà contraints.

Le seuil présent à l'aval de l'ouvrage permet de s'affranchir de la contrainte aval qui serait induite par un fossé sous dimensionné. Une vigilance particulière sera apportée lors de l'étude de suppression de ce seuil.

■ Enjeux écologiques

L'ouvrage devra être réaménagé de façon à améliorer la transparence écologique pour les amphibiens, les petits et moyens mammifères ainsi que les reptiles. La possibilité d'améliorer la continuité écologique pour la faune piscicole est entièrement conditionnée par le choix d'agrandir ou non la section hydraulique de l'ouvrage.

Etant donnée la proximité de la RD10 en amont et la mortalité routière observée sur cet axe, il est recommandé pour plus de cohérence écologique d'envisager en complément le réaménagement de l'ouvrage hydraulique sous la RD. Cela nécessite une concertation avec le Conseil départemental des Bouches-du-Rhône.

4- PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

Dans cette partie, différentes options d'aménagements sont envisagées afin de favoriser le passage de la faune dans l'ouvrage. Elles sont analysées selon plusieurs critères afin de statuer sur leur faisabilité technique et leur intérêt écologique.

4.1- ÉTUDE DES DIFFERENTES POSSIBILITES D'AMENAGEMENT

4.1.1 Opérations sur le fond du cours d'eau

4.1.1.1 Suppression des seuils

Afin de restituer la continuité pour la petite faune benthique en situation en eau, mais aussi la faune terrestre (amphibiens et petits mammifères) en période d'étiage, il est nécessaire de réduire l'impact des seuils présents en amont et en aval de l'ouvrage sous voie SNCF.

Il n'y a pas de données bibliographiques concernant la pente à respecter pour la faune terrestre mais plus l'inclinaison est faible mieux c'est.

A l'aval, de la dalle béton, il y a suffisamment d'espace pour restituer une pente de 4 pour 1. A sortie aval de l'ouvrage, vu la faible hauteur, une pente de 2 pour 1 à 4 pour 1 est à rechercher selon les contraintes techniques (voir ci-après).

A l'amont, il est important de corriger le seuil situé dans le lit du cours d'eau, mais pas forcément celui situé sur le fossé en rive droite. Pour cela, 2 solutions sont possibles :

- Soit en supprimant le mur de pierre de 60 cm et en reprenant le fil d'eau très en amont (avec mise en place d'un enrochement lié et pose de murs de soutènement le long des berges dans les premiers mètres car l'emprise disponible est étroite) ;
- Soit en maçonant une pente en enrochement lié en aval du mur de pierre.

La première solution est idéale d'un point de vue écologique mais assez difficile à faire techniquement car l'accès est étroit. Les opérations seraient donc difficiles (sans doute majoritairement manuelles) et très coûteuses.

La seconde est techniquement nettement plus facile mais la pente à mettre en place ne pourra pas dépasser le 2 pour 1 compte tenu de l'espace très contraint (2,20 m entre la chute et l'entrée de l'ouvrage).

Lorsque c'est possible l'utilisation des **enrochements liés est la solution privilégiée pour les rampes** :

- Cela présente une bonne résistance dans le temps face aux fortes vitesses d'écoulement,
- Cela permet de limiter la vitesse d'écoulement.



Illustration 36 Exemple d'aménagement d'un ouvrage avec des enrochements (source : A85).

A contrario la rampe bétonnée maintien une vitesse d'écoulement des eaux très importante. Toutefois pour corriger le petit seuil (15 cm) juste à l'aval de l'ouvrage, il n'y a pas d'autre alternative.

4.1.1.2 Vérification hydraulique de la faisabilité hydraulique d'une telle opération

Cette vérification a été faite sous Canal 9 car la cohérence des modèles Canal 9 et HY par la similarité des hauteurs d'eau pour des débits inférieurs à Q_2 (avant débordement / mise en charge) a été préalablement vérifiée.

Le modèle Canal9 permet donc d'évaluer l'impact de la mise en place d'enrochement en remplacement des chutes en amont et aval de l'ouvrage.

Une simulation a donc été réalisée sur canal 9 pour représenter l'impact de rampe en enrochement (cas projet : pente à 2 / 1) pour les chutes amont et aval de l'ouvrage hydraulique SNCF.

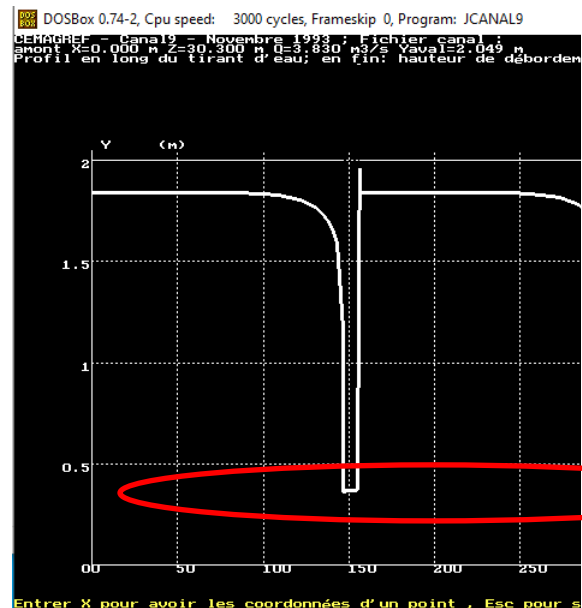
Pour cela, ces chutes ont été modélisées avec une pente à 50 % et un Strickler de 35, correspondant à de l'enrochement avec blocs saillants. Ces aménagements modifient également les longueurs des tronçons de fossé aval de ces chutes.

De même un Strickler est fixé à 35 pour le fossé amont de l'OH (reprise en enrochement du carrefour bétonné à l'amont de l'OH).

Les résultats de la simulation sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Avec perte de charge = 0.6 et Strickler = 60 (béton usé) pour l'EI	Comparaison état initial (Perte de charge) VS état projet : <u>OH SNCF</u>			
	OH SNCF	H amont m (EI)	H amont m (EP)	H d'eau m (EI) H d'eau m (EP)
	Q2	21.29	20.97	0.68 1.14

Résultats		
Etat Projet	X (PT Canal 9)	Q2 (3.83m³/s)
H eau 0 (m)	3.12	1.843
H eau 1 (m)	151	0.368
H eau 2 (m)	155	0.371
H eau 3 (m)	157	1.843
H eau 4 (m)	303	0.272
H eau 5 (m)	304	0.252
H eau 6 (m)	307	0.803
H eau 7 (m)	332	1.958
H eau 8 (m)	333	2.049
H eau Fin (m)	400	2.049



En conclusion, l'aménagement proposé (rampe en enrochement lié) apparaît envisageable. En effet, la vérification hydraulique montre que :

- la vitesse reste inférieure à 5 m/s à débit Q₂ et donc n'engendre pas d'érosion ;
- la hauteur d'eau amont reste inférieure à celle de l'état initial et donc n'engendre pas de débordements supplémentaires à l'amont ;
- la capacité de l'ouvrage reste équivalente.

Cet aménagement ne perturbe donc pas le fonctionnement hydraulique actuel.

4.1.1.3 Aménagements pour rétablir la continuité piscicole

Pour rétablir la continuité piscicole il serait nécessaire d'ajouter des éléments dans l'ouvrage, le radier béton étant peu favorable car entièrement lisse.

Cependant, ce type d'aménagement implique un rehaussement plus ou moins épais du fil d'eau (système de l'ordre 5 cm d'épaisseur pour les anguilles ou système d'une trentaine de centimètres pour les autres espèces) réduisant d'autant la section hydraulique de l'ouvrage.

Etant donné le sous-dimensionnement actuel de l'ouvrage hydraulique, les aménagements pour la continuité piscicole ne sont pas envisageables dans l'ouvrage existant.

4.1.2 Réaménagement de la longrine en banquette

4.1.2.1 Elargissement de la banquette

Le rehaussement de la banquette permettrait d'éviter qu'elle soit en eau pour des périodes de retour inférieures à 2 ans. Cependant cela impliquerait une diminution du tirant d'air, limitant le passage de la moyenne faune. De plus, un rehaussement, comme un élargissement, induirait une diminution de la section hydraulique qui n'est pas acceptable étant donné le sous-dimensionnement actuel de l'ouvrage.

En revanche, la pose d'une banquette (50 cm x 5 cm) en béton ou en bois sur la longrine permettra d'élargir le passage (de 30 cm à 50 cm) sans réduire significativement la section hydraulique de l'ouvrage.

4.1.2.2 Rétablissement de la connexion entre la banquette et les berges

Plusieurs solutions sont possibles pour rétablir la continuité entre la banquette et les berges de l'écoulement :

- Suppression des poteaux amont et aval empêchant l'accès à la banquette : solution non retenue car, selon la SNCF, l'enlèvement des poteaux risque de porter préjudice à la stabilité de l'ouvrage.
- Contournement des poteaux par un enrochement : solution non retenue car elle implique une diminution de la capacité hydraulique de l'ouvrage.
- Prolongement de la banquette par un système suspendu (« encorbellement ») qui contourne les poteaux : solution envisageable à condition de ne pas modifier notablement la section hydraulique de l'ouvrage et de ne pas créer d'obstacle important à l'écoulement (accentuation du risque de formation d'embâcles).

Ainsi, l'encorbellement en bois ou en béton (banquette suspendue) est évidemment l'aménagement. Le béton est jugé abrasif pour les amphibiens et peu présenter une épaisseur plus importante qu'un encorbellement en bois. En revanche, il s'agit d'un aménagement plus pérenne, car même s'il est traité, le bois se dégradera rapidement (20-30 ans) et devra être remplacé.

L'encorbellement doit être en prolongement de l'aménagement sur la longrine : 50 cm.

Il devra aussi se raccorder à la berge de l'écoulement ce qui nécessite aussi des aménagements au niveau du rejet du fossé de drainage latéral qui se rejette à l'amont de l'ouvrage en rive droite. En effet, ce fossé constitue aussi un obstacle pour l'accès à la banquette. La chute entre ce fossé et l'amont de l'ouvrage hydraulique a déjà été décrite plus haut. Pour que l'aménagement de l'encorbellement ait un sens, il faut réaménager le rejet du fossé dans le cours d'eau en le busant sur une longueur plus ou moins importante :

- Soit en busant ce fossé sur 1 mètre ou 2, ce qui permettrait de terrasser au-dessus afin de baisser la pente actuellement du talus du fossé ;
- Soit en installant une buse à travers le muret actuel et en équipant l'amont d'un regard avaloir (une petite rehausse en béton du muret serait nécessaire).

4.1.3 Rétablissement de la continuité latérale

L'objectif est de rétablir la continuité entre le fond de l'écoulement, la banquette (prolongée par l'encorbellement) et les milieux avoisinants. En effet, actuellement la pente prononcée (1 pour 1 environ) des berges de l'écoulement n'est pas favorable aux déplacements de la faune. Des terrassements permettraient de limiter cette inclinaison et faciliter l'accès de la faune au fond du cours d'eau et à l'encorbellement (puis à la banquette).

Dans l'idéal, la pente des berges pourrait être abaissée jusqu'à au moins 3 pour 1. Toutefois cela nécessiterait un terrassement sur un linéaire de 10 mètres en amont et en aval de l'ouvrage sur une largeur d'environ 5 mètres. Et cela impliquerait une consommation de foncier (parcelles agricoles ou en friche) privée (les emprises qui appartiennent actuellement à SNCF Réseau sont très étroites). Et les riverains contactés ne sont pour l'instant pas favorables à ce type de démarche.

4.1.4 Possibilité d'une amélioration conjointe de la transparence hydraulique et écologique

Afin de palier au net sous-dimensionnement hydraulique de l'ouvrage, deux solutions seraient envisageables :

- le remplacement de l'ouvrage existant par un ouvrage cadre dimensionné pour un période de retour centennale :

La création d'un ouvrage permet bien sûr aussi de restaurer largement les continuités écologiques, les aménagements nécessaires pour la faune pouvant être pris en compte lors du dimensionnement de l'ouvrage (banquette de 40-50 cm de large, aménagements piscicoles, etc.). Afin d'être dimensionné pour une période de retour centennale, l'ouvrage cadre devrait mesurer 4m de large par 2m de haut en considérant la pente actuelle. Le recouvrement au-dessus de cet ouvrage serait respecté.

Cependant, cette solution implique une consommation non négligeable de foncier ainsi qu'un coût important. De plus, elle implique des contraintes de réalisation (coupure de voie principalement) naturellement extrêmement contraignant et coûteux.

- l'ajout d'ouvrages hydrauliques supplémentaires à l'ouest de l'ouvrage actuel (sous réserve que les sondages géotechniques valident la faisabilité) :

Cette solution permettrait d'augmenter la capacité hydraulique globale en rajoutant une batterie de buses par fonçage. Les résultats d'une première estimation indiquent que l'ajout d'une buse de diamètre 1000 mm présentant la même pente que l'ouvrage actuel permettrait l'écoulement d'environ 3 m³/s supplémentaires. Ainsi, 5 buses seraient nécessaires pour permettre l'écoulement d'une crue centennale (environ 20 m³/s), sachant que l'ouvrage actuel a une capacité d'environ 4m³/s. Il est nécessaire d'étudier plus précisément le nombre de buses qu'il est possible d'ajouter en fonction de la hauteur disponible sous voie. Selon une première estimation, il semblerait qu'il soit possible d'ajouter à minima 2 buses.

Les buses pourraient être calées au-dessus de la côte Q2 et ainsi servir de passage à faune lorsqu'elles seront hors d'eau.

4.1.5 Possibilités d'aménagement de l'ouvrage sous la RD10

L'ouvrage sous la RD étant lui aussi sous-dimensionné d'un point de vue hydraulique et relativement étroit (1 m), il n'est pas envisageable d'y ajouter une banquette ou un encorbellement.

L'amélioration de la continuité pourrait passer par la suppression du seuil situé en aval selon les mêmes méthodes que celles proposées pour l'ouvrage sous voie ferrée.

Les berges en aval pourraient aussi faire l'objet d'un terrassement afin de limiter la pente et faciliter l'accès de la faune au fond de l'écoulement et à l'ouvrage.

Afin d'améliorer la capacité hydraulique de l'ouvrage, l'ajout de buses sous la RD est également envisageable, au même titre que ce qui est proposé sous la voie ferrée.

4.2- ANALYSE MULTICRITERES DES DIFFERENTES PISTES D'AMENAGEMENT

Au regard des éléments exposés dans les parties précédentes, le tableau suivant expose les différentes possibilités d'aménagement envisageables.

Tableau 6 Analyse multicritères des différentes solutions d'aménagement

Proposition d'aménagement		Analyse multicritères					
Code	Description	Franchissabilité par les espèces cibles	Hydraulique	Etat sanitaire de l'ouvrage	Consommation d'espace (foncier)	Autre thématique	Coût estimé*
A	Suppression des seuils à l'aval par pose de rampes en enrochement liés. Suppression du seuil à l'amont : - soit par pose de rampes en enrochement liés (solution A1) - soit par effacement complet du muret en pierre et reprofilage du cours d'eau vers l'amont (solution A2) Ajout d'un encorbellement en bois ou en béton ; Reprofilage et busage du fossé qui longe la voie ferrée et se jette dans le cours d'eau en rive droite à l'amont	Franchissable par la petite et moyenne faune.	Pas d'impact sur le fonctionnement existant. Vigilance concernant la formation d'embâcles.	Réfection nécessaire des dégradations existantes	Aucun	Travaux réalisables sans impact sur le trafic ferroviaire.	Suppression des seuils : 7000 € Encorbell* : 3000 € Busage + reprofilage du fossé : 5000 € Réfection des dégradations existantes : 45 000 € Total : 60 000 €
B	Remplacement de l'ouvrage existant par un ouvrage cadre dimensionné pour une période de retour centennale ; Création d'une banquette ; Aménagements pour la franchissabilité piscicole ; Reprofilage et busage du fossé qui longe la voie ferrée	Aménagements intégrés dans le nouvel ouvrage : franchissabilité petite, moyenne faune et faune piscicole.	Augmentation de la capacité hydraulique de l'ouvrage permettant le respect des normes actuelles.		Empiètement à minima provisoire (travaux) sur les parcelles agricoles. Besoin d'achat foncier à déterminer.	Il semble possible de caler un ouvrage de dimensions suffisante malgré le profil rasant de la ligne (sous réserve d'une épaisseur de ballast suffisante). Arrêt du trafic ferroviaire pendant les travaux.	Remplacement de l'ouvrage existant (génie civil + terrassement) : 350 000 € Banquette : 5000 € Aménagements piscicoles : 11000 € Busage + reprofilage du fossé : 4000 € Total : 370 000€

Proposition d'aménagement		Analyse multicritères					
Code	Description	Franchissabilité par les espèces cibles	Hydraulique	Etat sanitaire de l'ouvrage	Consommation d'espace (foncier)	Autre thématique	Coût estimé*
C	Ajout de buses en parallèle de l'ouvrage existant ; Suppression des seuils ; Reprofilage et busage du fossé qui longe la voie ferrée	Buses franchissables par la petite et moyenne faune car calée hors d'eau au moins à Q1.	Augmentation de la capacité hydraulique.	Réfection nécessaire des dégradations existantes		Travaux probablement réalisables sans impact sur le trafic ferroviaire : insertion des buses par fonçage (à valider par des études géotechniques).	2 buses Ø1000 : 60 000 € Suppression des seuils : 7000 € Busage + reprofilage du fossé : 5000 € Réfection des dégradations existantes : 45 000 € Total : 117 000 €
D	Terrassement des berges en amont et en aval de l'ouvrage (Aménagement cumulable à chacune des solutions présentées ci-dessus)	Amélioration de la continuité latérale facilitant l'accès des espèces à l'ouvrage.			Rachat de foncier nécessaire pour le terrassement des berges.	Possibilité de stocker ou niveler la terre extraite dans une parcelle voisine : à discuter avec les propriétaires.	Terrassement (évacuation et mise en dépôt définitif des terres comprise) : 3000 €

* Les valeurs indiquées ne prennent pas en compte le coût des études complémentaires nécessaires (sondages géotechniques, repérage des réseaux, etc.), le coût d'acquisition foncière ou le coût d'un arrêt du trafic ferroviaire sur la voie pour SNCF Réseau.

Les coûts indiqués constituent un ordre de grandeur calculé à partir des données disponibles. Ils ne peuvent en aucun cas être considérés comme des valeurs exactes. Des études plus détaillées sont nécessaires pour définir plus précisément les contraintes de travaux (sondages, repérage réseaux, etc.) et les coûts associés.

4.3- PRESENTATION DE LA SOLUTION RETENUE

4.3.1 La solution d'aménagement retenue

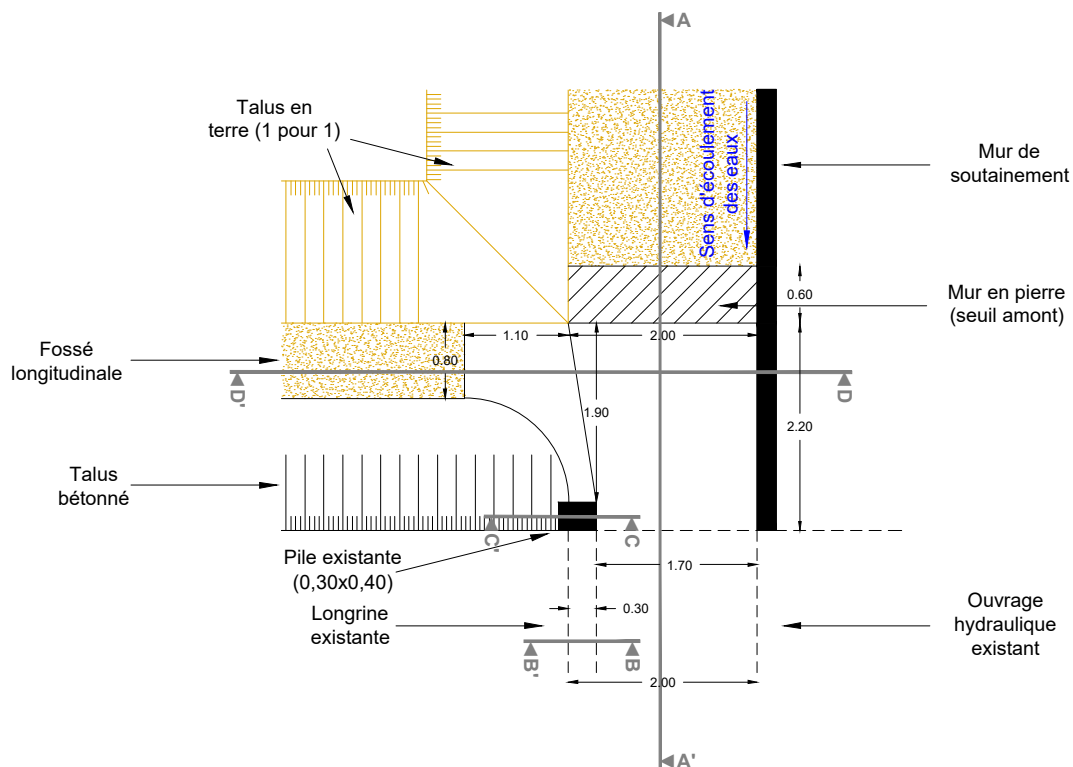
Pour des raisons de simplicité SNCF Réseau a choisi de retenir la solution A2, sans terrassement des berges à l'amont et à l'aval (solution D) qui aurait nécessité des acquisitions foncières.

De manière plus détaillée, les aménagements dans l'ouvrage SNCF du PK 822+136 sont les suivants :

- Dans le lit du cours d'eau à l'amont de l'ouvrage : suppression du seuil de 60 cm et remplacement par une rampe en enrochement lié à 2 pour 1.
- Dans le fossé nord débouchant en rive droite à l'amont de l'ouvrage : suppression du seuil de 60 cm et remplacement par une rampe en enrochement lié (ou en béton) à 2 pour 1.
- Dans l'ouvrage hydraulique :
 - o Pose d'un « encorbellement » en bois de section 0,5m x 0,05 m directement sur la longrine ;
 - o Pose d'un encorbellement perché, de section 0,5m x 0,05 m (largeur à adapter au niveau des raccordements) en bois pour contourner les 2 piliers, et, en amont, traverser le fossé nord rive droite.
- A l'aval de l'ouvrage, pour corriger le premier seuil de 15 cm :
 - o Démontage partiel du radier en béton sur 30 cm à l'aval de l'ouvrage
 - o Pose d'une rampe en béton de pente 3 pour 1 minimum
- - A l'aval du radier, pour corriger le second seuil : pose d'une rampe en enrochement lié de pente 4 pour 1
- Réfection des dégradations existantes dans l'ouvrage

ENTREE AMONT

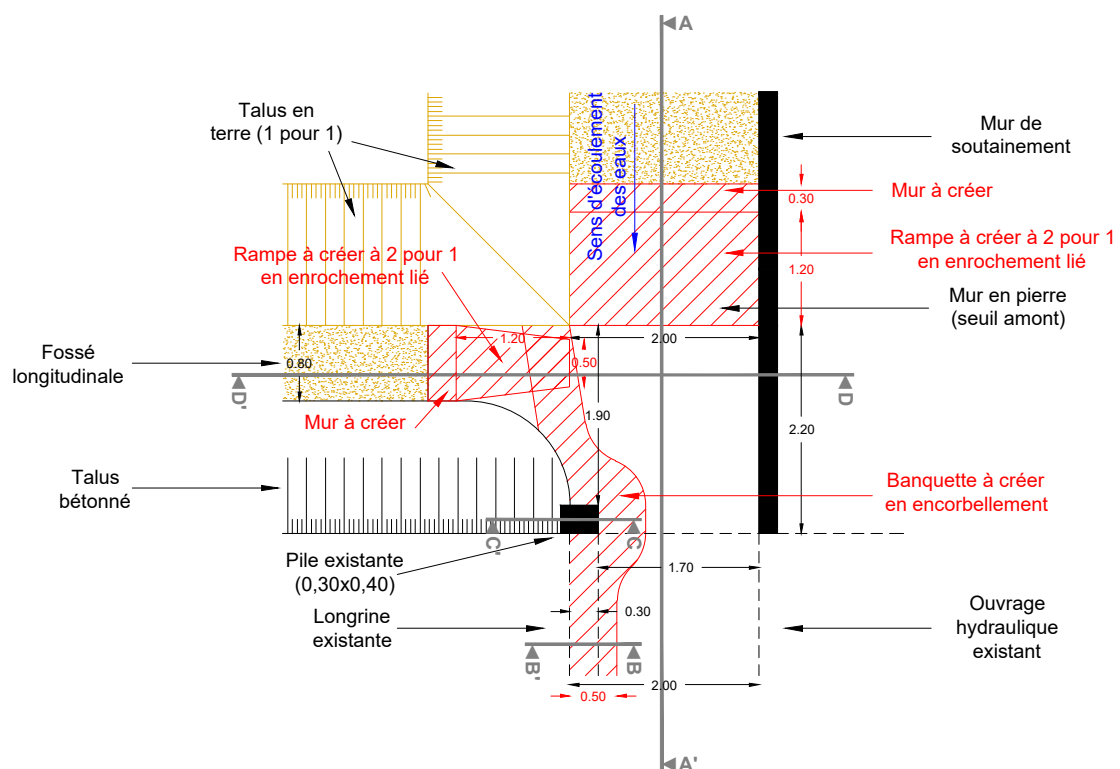
Situation existante



ECH : 1 / 80

ENTREE AMONT

Situation projet



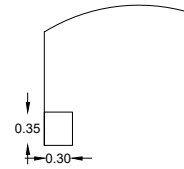
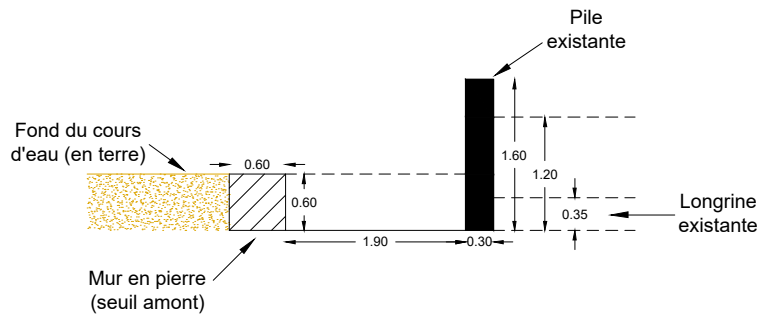
ECH : 1 / 80

ENTREE AMONT

Situation existante

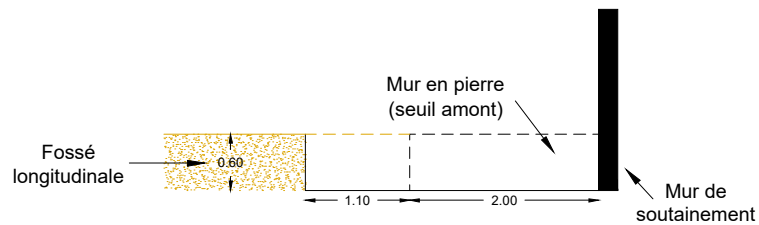
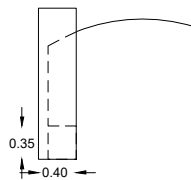
Coupe AA'

Coupe BB'



Coupe CC'

Coupe DD'



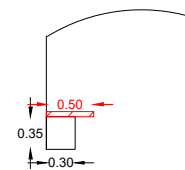
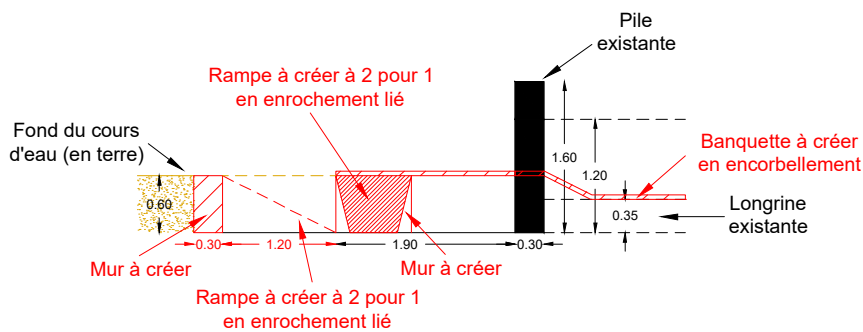
ECH : 1 / 80

ENTREE AMONT

Situation projet

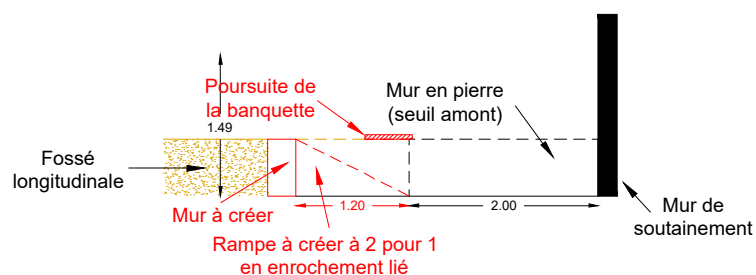
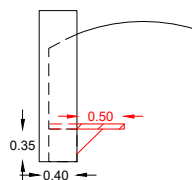
Coupe AA'

Coupe BB'



Coupe CC'

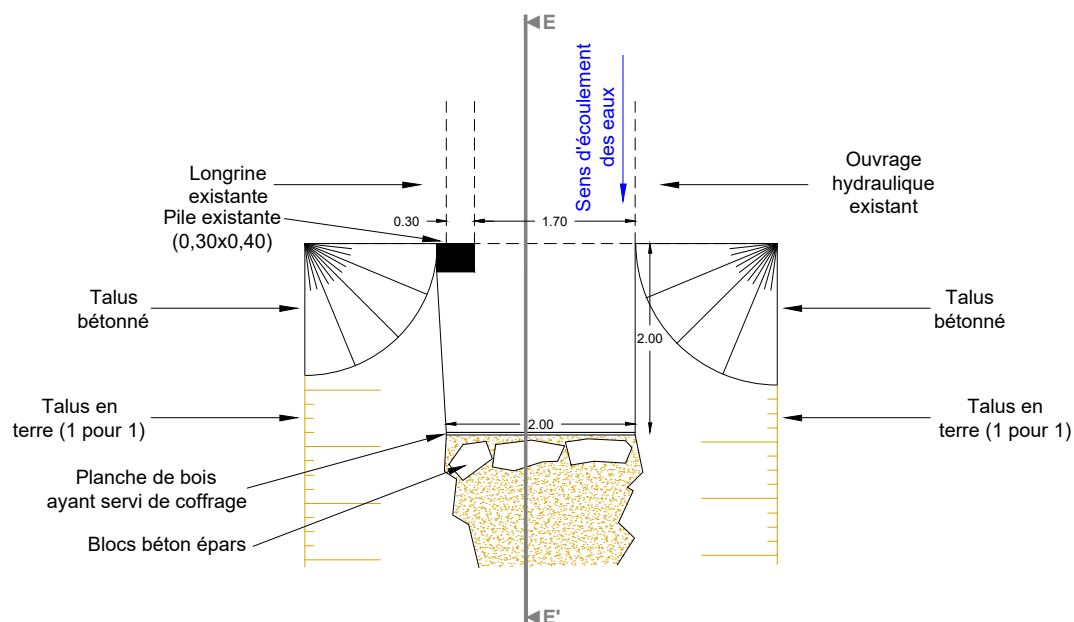
Coupe DD'



ECH : 1 / 80

ENTREE AVAL

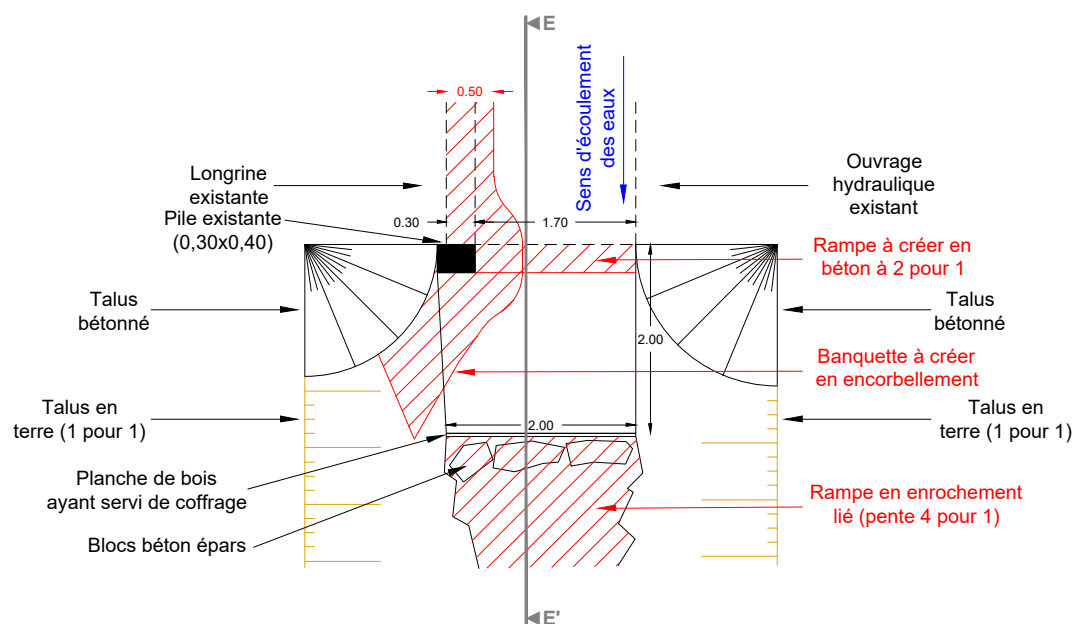
Situation existante



ECH : 1 / 80

ENTREE AVAL

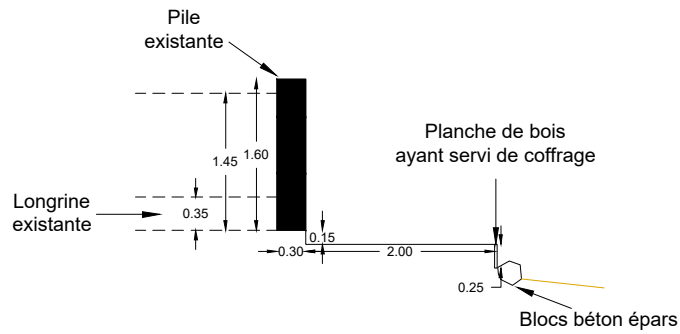
Situation projet



ECH : 1 / 80

ENTREE AVAL

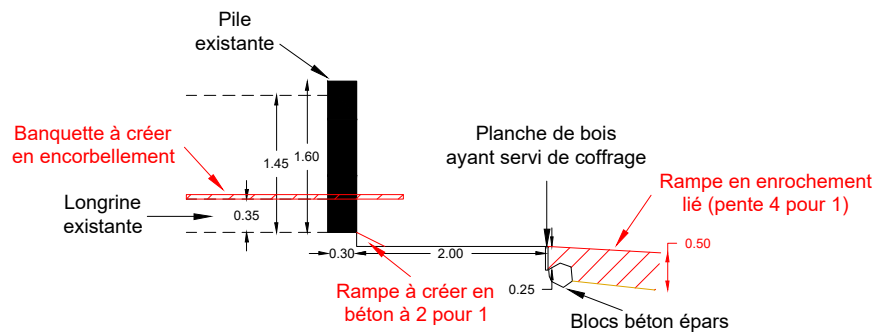
Situation existante
Coupe EE'



ECH : 1 / 80

ENTREE AVAL

Situation projet
Coupe EE'



ECH : 1 / 80

4.3.2 Détail estimatif des aménagements retenus

Interventions	Volumes considérés	Unité	Prix unitaire	Prix forfaitaire
- Dans le lit du cours d'eau à l'amont de l'ouvrage :				
o démontage du muret maçonné	0,72	m3	200,00 €	144,00 €
o déblaiement sur 1,5 m vers l'amont	1,8	m3	400,00 €	720,00 €
o construction en béton d'un muret en L (hauteur : 60 cm ; largeur : 30 cm)	0,63	m3	500,00 €	315,00 €
o pose d'une rampe en enrochement lié à 2 pour 1.	0,72	m3	800,00 €	576,00 €
- Dans le fossé nord débouchant en rive droite à l'amont de l'ouvrage :				- €
o démontage partiel du seuil béton	2	m3	200,00 €	400,00 €
o pose d'une rampe en enrochement lié (ou en béton) à 2 pour 1 sur 50	1	forfait	500,00 €	500,00 €
- Dans l'ouvrage hydraulique :				- €
o Pose d'un « encorbellement » en bois de section 0,5m x 0,05 m directer	1	forfait	3 000,00 €	3 000,00 €
o Pose d'un encorbellement perché, de section 0,5m x 0,05 m (largeur à a	2	forfait		
- A l'aval de l'ouvrage, pour corriger le premier seuil de 15 cm :				- €
o Démontage partiel du radier en béton sur 45 cm à l'aval de l'ouvrage	0,15	m3	200,00 €	30,00 €
o Pose d'une rampe en béton de pente 3 pour 1 minimum	0,045	m3	500,00 €	22,50 €
- A l'aval du radier, pour corriger le second seuil : pose d'une rame en enrochement lié de pente 4 pour 1	1,96	m3	800,00 €	1 568,00 €
- Pose d'enrochement non liés sur 1 m linéaire supplémentaire en aval de l'enrochement lié	0,5	m3	400,00 €	200,00 €
- Réfection des dégradations existantes dans l'ouvrage	1	forfait	4 500,00 €	4 500,00 €
TOTAL				11 975,50 €

4.4- DESCRIPTION DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES NECESSAIRES POUR LES PHASES D'ETUDE ULTERIEURES

Les travaux retenus relèvent de la **déclaration loi sur l'eau**. En effet le projet est concerné par la rubrique suivante :

Rubrique 3.1.2.0

Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau.

1. Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m : **(A) projet soumis à autorisation**
2. Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m : **(D) projet soumis à déclaration**

Le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux à pleins bords avant débordement.

Pour éviter toute pollution liée à l'utilisation du béton, ils devront impérativement être réalisés en étiage (écoulement à sec depuis plusieurs semaines).

Nb : inversement, les travaux permettront de lever la contrainte environnementale actuelle sur l'écoulement qui relève de fait de la rubrique 3.1.1.0. puisque les différences de niveau actuelles, supérieures ou égales à 50 cm (60 cm pour être précis, en amont comme en aval), seront supprimées.

Hormis cela, il est possible que l'accès à l'ouvrage soit nécessaire pour la réalisation des travaux depuis la piste d'entretien. La végétation est très dense mais très majoritairement composée de Canne de Provence qui est une espèce végétale extrêmement commune, pour ne pas dire invasive. Les travaux retenus ne sont que des travaux de maçonnerie. En particulier, a priori, ils nécessitent peu de terrassement. Des coupes de végétation seront donc nécessaires pour permettre l'accès à l'aval, voire à l'amont. Mais elles seront de très faibles superficie autour des ouvrages et ne concerneront que les zones de Canne de Provence. Si tel n'était pas le cas (c'est-à-dire s'il s'avérait que les entreprises avaient besoin d'un accès plus large et confortable), des inventaires faune flore dans un périmètre d'une 20 aine de mètres en amont et en aval de l'ouvrage seraient nécessaires pour s'assurer qu'aucune espèce protégée ne nécessite une demande de dérogation.

Enfin une convention d'occupation temporaire sera aussi nécessaire pour accéder au site pour les travaux.

5- BIBLIOGRAPHIE

Analyse des enjeux de Trame Verte (TV) liés à l'infrastructure ferroviaire en PACA – Ecosphère – 2017

Etude sur la restitution des corridors écologiques vis-à-vis du réseau ferré – Secteurs d'Eguilles-Saint-Cannat, Aix-en-Provence et Saint-Chamas – Lançon de Provence – Auddicé environnement - 2018

Projet de déploiement de la commande centralisée du réseau entre Arles et Rognac – CCR Rognac – Setec – 2019

Propositions d'actions pour la restitution des corridors biologiques – Déclinaison sur le secteur de l'étang de Berre – LPO – 2016