

CONSULTING

Aménagement de la Rivière d'Abords à Bassin Plat

Solutions d'aménagement hydraulique avec
mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

Vérification des documents IMP411

Numéro du projet : 10MRU019

Intitulé du projet : Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

Intitulé du document : 10MRU019_AVP
--

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
0	HOARAU Rémy	CHAUVEINC Rémi DREAN Maella	20/02/2023	Version initiale

Sommaire

1.....	Objet et contexte	1
2.....	Données d'entrées - Hypothèses retenues.....	2
2.1	Documents de références	2
2.2	Topographie et relevés de terrain	2
2.3	Hydraulique	3
2.4	Incidences sur la dynamique hydrosédimentaire	11
2.5	Géologie et géomorphologie de la zone d'étude.....	14
2.6	Géotechnique	18
2.7	Réseaux existants.....	21
3.....	Description des Ouvrages	32
3.1	Diminution du seuil d'alimentation	33
3.2	Seuil déflecteur	36
3.3	Déroctage	39
3.4	Reprise du chemin bassin plat.....	45
3.5	Elévation de la route Gamm Vert	47
3.6	Digue de protection	51
3.7	Reprise de l'ouvrage de franchissement de la ravine la chaîne	59
4.....	Estimation prévisionnelle	69
5.....	Phasage prévisionnel et réalisation	74
6.....	Foncier	78
6.1	Seuil d'alimentation	82
6.2	Seuil déflecteur et réhausse en merlon.....	82
6.3	Déroctage Bras Central.....	82
6.4	Digue de protection	83

6.5	Elévation de la route Gamm Vert	83
6.6	Reprise de l'ouvrage bras droit.....	84
6.7	Déroctage Bras Droit	84
6.8	Impact foncier	85
7.....	Volet règlementaire	87
7.1	Cadrage règlementaire	87
7.2	Contraintes environnementales	97
8.....	Poursuite du projet	98
9.....	Comparaison entre les différents scénarios hydrauliques	100

Table des illustrations

Figure 1 : Données d'entrée MNT	2
Figure 2 : Répartition des débits pour l'état référence (débit de dimensionnement)	5
Figure 3 : Profil en long du lit mineur et de la rive gauche du bras principal, au droit de bassin plat	6
Figure 4 : Détail des écoulements (hauteur d'eau) en crue de référence (débit de dimensionnement)	7
Figure 5 : Impact du scénario « Mise hors d'eau des enjeux avec surcharge BD » sur les hauteurs d'eau	9
Figure 6 : Vue d'ensemble des aménagements nécessaires	10
Figure 7 : Carte géologique de la rivière d'abord	17
Figure 8 : Localisation des essais géotechniques	19
Figure 9 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703344D9C	23
Figure 10 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703347DFB	24
Figure 11 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703349D08	24
Figure 12 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703352D7E	25
Figure 13 : Plan de réseau transmis par EDF – Zone Chemin bassin plat – DT n°2022102703347DFB	25
Figure 14 : Plan de réseau transmis par EDF – Zone OH Bras Droit – DT n°2022102703344D9C	26
Figure 15 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom sur l'OH BRAS DROIT – DT n°2022102703344D9C	27
Figure 16 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom sur le BRAS DROIT – DT n°2022102703344D9C	28
Figure 17 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom sur le BRAS PRINCIPAL – DT n°2022102703347DFB	29
Figure 18 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom l'allée des primevères – DT n°2022102703347DFB	30
Figure 19 : Plan de réseau transmis par Veolia	30
Figure 20 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Droit – DT n°2022102703344D9C	31
Figure 21 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Central – DT n°2022102703347DFB	31
Figure 22 : Vue d'ensemble des aménagements nécessaires	33
Figure 23 : Topographie lidar de la zone seuil amont	34
Figure 24 : Accès possible par le chemin agricole située entre le Bras Central et le Bras Droit	34
Figure 25 : Vue 3D schématique du seuil déflecteur - Rivière d'Abord (source : rapport SAFEGE 2012)	37
Figure 26 : Continuité hydraulique dans le lit mineur du bras Principal	38
Figure 27 : PFE de DE RENZO A. – 2009 – « Le minage, une alternative aux techniques courantes de terrassements rocheux à la Réunion ? » - Extrait du sommaire	42
Figure 28 : Analyse multicritère des techniques de déroctage	44
Figure 29 : Profil en travers du chemin d'accès Gamm Vert	49
Figure 30 : Abaque de détermination de l'épaisseur du revêtement béton – Collection technique Cimbéton	50
Figure 31 : Principe de confortement du talus de remblai routier par maçonnerie	51
Figure 32 : Profil en long de la digue et comparaison avec le scénario sans mobilisation du bras droit	52
Figure 33 : Localisation de la digue de protection et des sections à portail batardable	52
Figure 34 : Enrochements libres dans le bras principal au niveau de la quincaillerie	53
Figure 35 : Murs de clôture riverain en amont direct du radier existant – Bras principal	53
Figure 36 : Murs moellons « neuf » de clôture riverain en amont direct du radier existant – Bras principal	54
Figure 37 : Exemple de porte batardable à fermeture manuelle - Codolet	55
Figure 38 : Exemple de surélévation de la route traversante au niveau de la digue de protection – Codolet	56
Figure 39 : Pont de la RD5 sous la route-digue de Saint-Paul - rainure et platine pour mise en œuvre d'un batardeau, pour protéger le centre-ville des inondations de l'Etang	56
Figure 40 : Zone de traversée à prévoir chemin Bassin Plat	57
Figure 41 : Croisements entre l'allée des primevères et les ouvrages projetés	58
Figure 42 : Localisation de l'ouvrage hydraulique	59
Figure 43 : Vue depuis l'amont sur l'ouvrage hydraulique	59
Figure 44 : Ligne d'eau dans le bras droit au niveau de l'ouvrage routier : Scénario Etat actuel (Q = 300 m³/s)	60
Figure 45 : Ligne d'eau dans le bras droit au niveau de l'ouvrage routier : Scénario AVEC surcharge BD (Q = 430 m³/s)	60
Figure 46 : Scénario d'élargissement retenu	61

Figure 47 : Contraintes d'implantation chemin bassin plat.....	62
Figure 48 : Vue en plan du tracé routier	63
Figure 49 : Exemple de pont dalle béton armé (CEREMA).....	64
Figure 50 - Exemple Dispositif de retenue H2 – Profil BN4	66
Figure 51 – Choix de combinaison de dispositifs de retenue (<i>extrait guide SETRA « Choix d'un dispositif de retenue en bord libre d'un pont »</i>)	66
Figure 52 – Linéaire de barrière à installer (<i>Guide CEREMA : « Dispositifs de retenue routiers CE sur OA »</i>)	67
Figure 53 : Parcelles impactées – Bras Droit	79
Figure 54 : Parcelles impactées – Seuil d'alimentation	80
Figure 55 : Parcelles impactées – Bras Central	81
Figure 56 : Plan Local d'Urbanisme.....	94
Figure 57 : Espaces Boisés Classés	95
Figure 58 : Zonage des captages AEP	97

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des débits entre les différents bras	4
Tableau 2:Caractéristiques des contraintes hydrauliques de l'ouvrage.....	35
Tableau 3: Caractéristiques des contraintes hydrauliques de l'ouvrage.....	38
Tableau 4: Trafic moyen 2012 (données commune de St Pierre).....	47
Tableau 5: Parcelles impactées – Seuil d'alimentation	82
Tableau 6: Parcelles impactées – Seuil déflecteur et réhausse en merlon	82
Tableau 7: Parcelles impactées – Seuil d'alimentation	83
Tableau 8: Parcelles impactées – Digue de protection	83
Tableau 9: Parcelles impactées – Élévation route Gamm vert	83
Tableau 10: Parcelles impactées – Ouvrage hydraulique Bras Droit	84
Tableau 11: Parcelles impactées – Déroctage Bras Droit	84
Tableau 12: Tableau récapitulatif des parcelles privées et des surfaces impactées	86
Tableau 13: Tableau récapitulatif des types de parcelles et des surfaces impactées	86

Table des annexes

Annexe 1 Calcul de l'indice de danger pour l'ouvrage hydraulique bras droit

1. OBJET ET CONTEXTE

Bassin Plat est un quartier d'habitation de la Commune de Saint-Pierre soumis aux inondations de la Rivière d'Abord.

Un radier franchit la rivière et permet la desserte du quartier Bassin Plat. Ce radier coupé, les solutions alternatives sont complexes et congestionnent le réseau viaire. La problématique infrastructure peut être déconnectée de la thématique risque inondation dans la mesure où les solutions hydrauliques ne sont pas contraintes par le choix d'une infrastructure transparente aux écoulements et au transit sédimentaire.

Les présentes études d'avant-projet s'appuient sur l'étude hydraulique qui traite exclusivement de la thématique risque inondation.

Les présentes études d'avant-projet se basent sur l'étude hydraulique de la variante 2012 – solution avec surcharge du bras droit.

Depuis son lancement, le projet a connu les étapes suivantes :

- 2010-2012 : 1^{ière} version du projet, amené au stade AVP-PRO d'une solution où le bras droit est « chargé » hydrauliquement. Cette solution n'a pas été poursuivie pour des questions de montant et le risque lié au déroctage ;
- 2016 : Une alternative requérant moins de déroctage où c'est, cette fois, le bras central qui est « chargé », est envisagée au stade de définition ;
- 2022 : les 2 solutions sont étudiées au stade Avant-Projet (dont la variante 2012 est développée dans le présent rapport)
- 2023 : essai grandeur nature de déroctage et choix de la solution hydraulique

2. DONNEES D'ENTREES - HYPOTHESES RETENUES

2.1 Documents de références

- [1] Etude hydraulique v1_ Suez Consulting (ref)
S10MEN020_Note_Hydraulique_Bras_Droit_v1.pdf

2.2 Topographie et relevés de terrain

Le modèle numérique de terrain a été réalisé à partir des données LiDAR réalisées par Arcad Ingénierie en mars 2022. De résolution 0.5 m, il couvre l'ensemble du secteur d'étude.

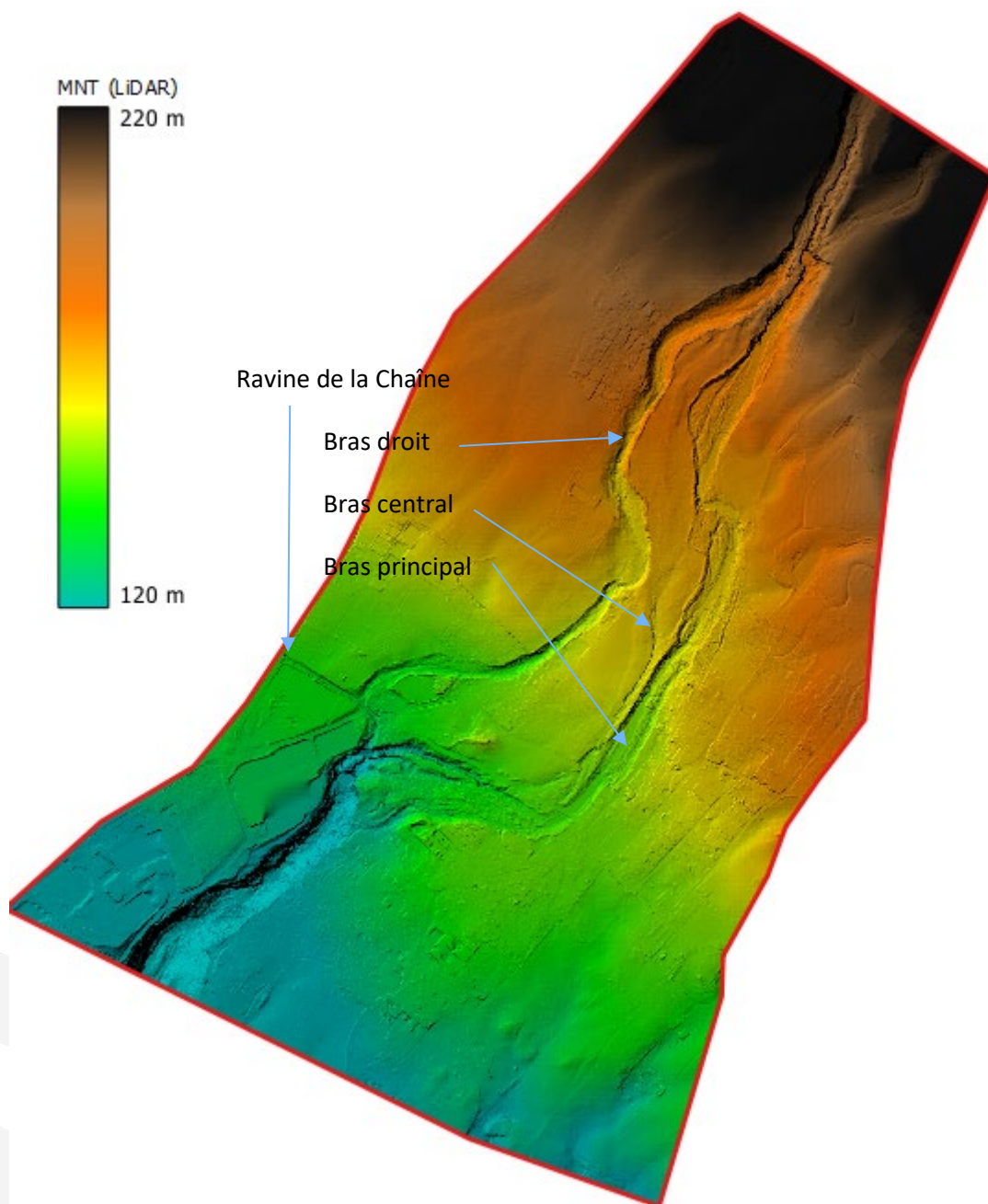


Figure 1 : Données d'entrée MNT

2.3 Hydraulique

2.3.1 Hydrologie de référence

L'hydrologie de référence pour la présente étude est la suivante :

- Rivière d'Abord : $Q_{dim} = 1\,500 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Bras de la Chaîne : $Q_{dim} = Q_{100} = 29 \text{ m}^3/\text{s}$.

Le débit de projet retenu pour la Rivière d'Abord, est le débit de référence utilisé dans le cadre des études Hydretudes de 2003 et SAFEGE de 2012, présente un caractère sécuritaire, car supérieur à la crue centennale de référence estimée dans les études précédentes ($1\,360 \text{ m}^3/\text{s}$ selon BCEOM 1999).

Ce débit de dimensionnement sécuritaire répond à la possibilité d'un apport naturel ou structuré (projet à définir) venant de la Ravine Blanche.

Concernant l'apport de la ravine de la Chaîne, le débit centennal est estimé à $29 \text{ m}^3/\text{s}$ (estimation SAFEGE - PGRI).

2.3.2 Répartition des débits pour la crue de référence

Le tableau ci-après présente la répartition des débits pour la situation de référence à l'état actuel, et le compare avec les résultats du modèle 1D utilisé lors des études précédentes.

La majorité du débit transite à travers le bras principal. L'alimentation du bras droit en amont déleste le bras principal d'environ 15% de son débit total ($240 \text{ m}^3/\text{s}$). Au niveau du double coude du bras principal, une partie des écoulements est réorienté vers le bras principal ($90 \text{ m}^3/\text{s}$, soit 6% du débit total).

La comparaison du modèle TELEM2D avec le modèle 1D des études précédentes montre que le débit transitant dans le bras droit augmente ($240 \text{ m}^3/\text{s}$ contre $150 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le modèle 1D) mais diminue le débit dans le bras central ($90 \text{ m}^3/\text{s}$ contre $165 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le modèle 1D).

Tableau 1 : Répartition des débits entre les différents bras

	Débit	Modèle 1D 2012	Modèle 2022
Rivière d' Abord	Amont	1500 m³/s	1500 m³/s
	Aval défluence BD	1350 m³/s	1260 m³/s (-90m³/s ; -7%)
	Aval défluence 1 (double coude) BC	1180 m³/s	1170 m³/s (-10m³/s ; -1%)
	Aval défluence 2 (amont zone urbaine en RG) BC	-	-
	Aval transparence	1000 m³/s	970 m³/s (-30m³/s ; -3%)
	Aval radier neuf BC	940 m³/s	1120 m³/s (+180m³/s ; +17%)
	Mer	1350 m³/s	1350 m³/s (0m³/s ; 0%)
Bras Droit	Amont	150 m³/s	240 m³/s (+90m³/s ; +46%)
	Confluence Chaîne	180 m³/s	260 m³/s (+80m³/s ; +36%)
Bras Central	Aval défluence 1 (double coude)	165 m³/s	90 m³/s (-75m³/s ; -59%)
	Aval défluence 2 (amont zone urbaine en RG)	165 m³/s	90 m³/s (-75m³/s ; -59%)
	Radier neuf	210 m³/s	330 m³/s (+120m³/s ; +44%)

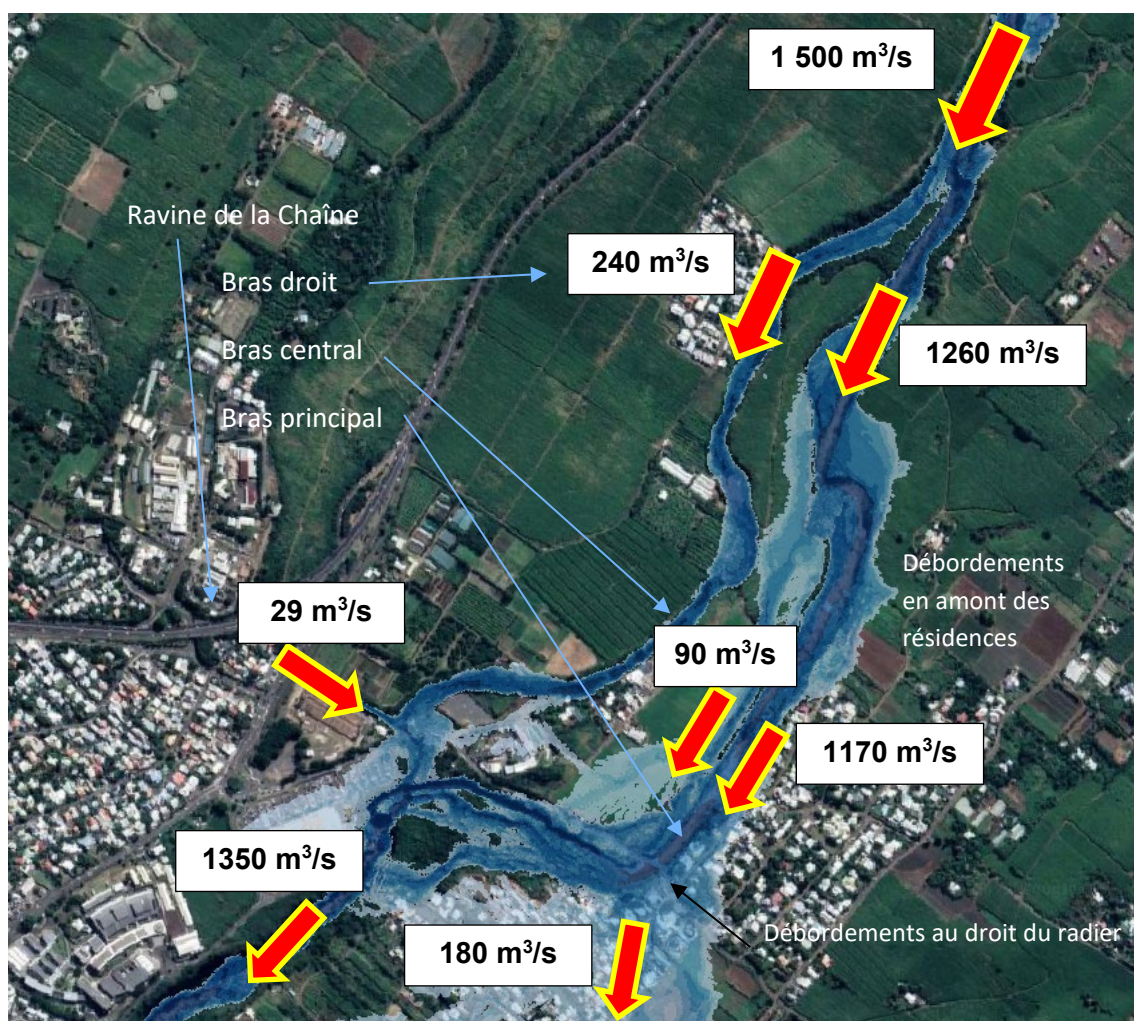


Figure 2 : Répartition des débits pour l'état référence (débit de dimensionnement)

2.3.3 Niveaux d'eau et débordements

Le profil en long ci-après présente la ligne d'eau le long de la rive gauche du bras principal au niveau de Bassin Plat (dit « Digue Rive Gauche »). On constate des surverses en amont, qui n'impactent pas les résidences, mais également au droit du radier du Chemin Bassin Plat, avec des hauteurs dépassant localement les 2 mètres.

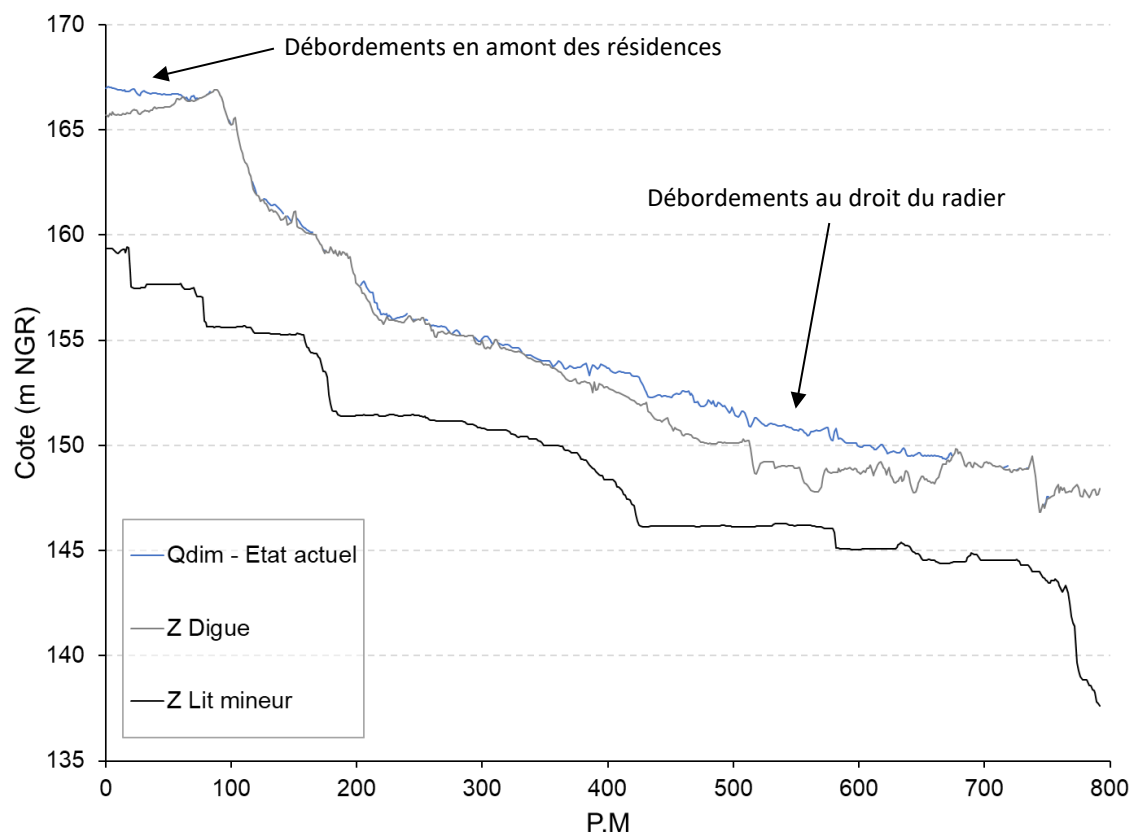


Figure 3 : Profil en long du lit mineur et de la rive gauche du bras principal, au droit de bassin plat

Pour la crue de projet, on constate des débordements en rive gauche du bras principal, au niveau de Bassin Plat, comme pour Firinga, mais également sur le bras droit, vers les deux zones commerciales (magasins Gamm Vert et centre commercial Leclerc).



Figure 4 : Détail des écoulements (hauteur d'eau) en crue de référence (débit de dimensionnement)

2.3.4 Scénario d'aménagement retenu

Le projet hydraulique de Bassin Plat a pour objectif de maîtriser le risque inondation sur les habitations en rive gauche, les enjeux commerciaux (secteur Gamm'Vert) entre le bras central et le bras droit et en rive droite (Centre commercial Leclerc). Cet objectif doit être atteint pour une crue de dimensionnement d'ordre au moins centennal dans la mesure où un surapport de la Ravine Blanche est susceptible de grossir le débit de Rivière d'Abord en crue.

Le scénario d'aménagement de lutte contre les inondations de Bassin Plat par « aménagement du bras droit » constitue une alternative à « l'aménagement par décharge du bras droit ».

Les bases de ces scénarios sont identiques sur le bras principal et l'aménagement du bras central. Ces scénarios diffèrent dans l'alimentation du bras droit et des ouvrages hydrauliques associés. L'ajustement (et le gain de la variante) se mesure sur l'abaissement de la digue rive droite sur le bras principal.

Cinq scénarios représentant chacun une itération du projet ont été étudiés pour cette étude :

- Le scénario « BP Déflecteur », qui consistait en l'aménagement d'un chenal visant à suralimenter le bras central, accompagné d'un seuil déflecteur dans le bras principal,
- Le scénario « BP Déflecteur + Creusement BC », identique au « BP Déflecteur » avec l'ajout d'un creusement du bras central jusqu'à la jonction avec le bras principal plus au sud,

- Le scénario « BP Déflecteur + Creusement BC + Surcharge BD », identique au « BP Déflecteur + Creusement BC » mais avec un creusement seuil d'alimentation du bras droit,
- Le scénario « BP Déflecteur + Creusement BC + Surcharge & Déroctage BD », identique au précédent mais avec un agrandissement du lit mineur du bras droit sur sa partie aval,
- Le scénario « Mise hors d'eau des enjeux avec surcharge bras droit », intégrant l'ensemble des aménagements précédent, mais avec la mise en place d'une digue de protection à Bassin Plat, la surélévation d'un chemin, un creusement plus important du bras central en hauteur et en longueur, et un déroctage plus important du bras secondaire.

Si les quatre premiers scénarios diminuent le niveau d'eau dans le bras principal par rapport à l'état initial, ils provoquent une surinondation d'autres secteurs à enjeux, notamment entre le bras central et le bras droit, et ne permettent pas la mise hors d'eau totale des principaux secteurs inondés à l'état actuel. Cette situation traduit le fait que des aménagements proportionnés de recalibrage en déblai réduisent significativement l'exposition aux risques, reportent le risque sur de nouveaux enjeux, et justifient l'aménagements de protection et remblai (type digue et rehausse).

Seul le scénario « Mise hors d'eau des enjeux avec surcharge bras droit » permet la protection contre l'inondation de l'ensemble des enjeux, mais nécessite la mise en place d'un système d'endiguement de plusieurs centaines de mètres, le déroctage très important du bras secondaire, la reprise de l'OH routier du chemin de Bassin Plat ainsi que la surélévation d'un chemin routier. Les aménagements décrits dans les quatre scénarios permettent de réduire la hauteur des digues à déployer

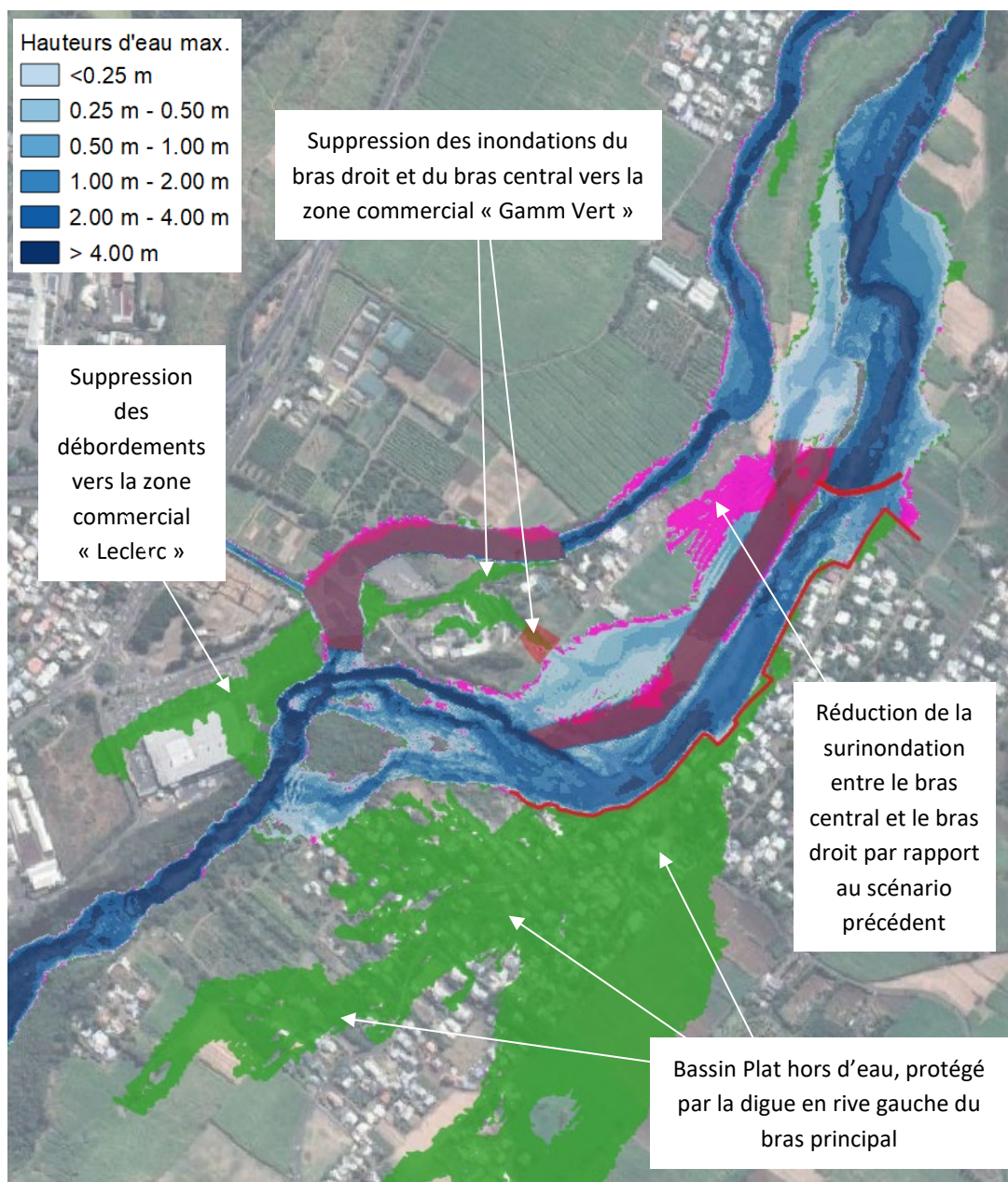


Figure 5 : Impact du scénario « Mise hors d'eau des enjeux avec surcharge BD » sur les hauteurs d'eau

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

Les ouvrages associés sont donc les suivants :

- Seuil d'alimentation,
- Seuil déflecteur,
- Déroctage bras central,
- Déroctage bras droit,
- Digue de protection,
- Reprises de chaussée chemin bassin plat,
- Elévation de la route Gamm Vert,
- Reprise de l'ouvrage de franchissement de la ravine la chaîne et élargissement du chenal.

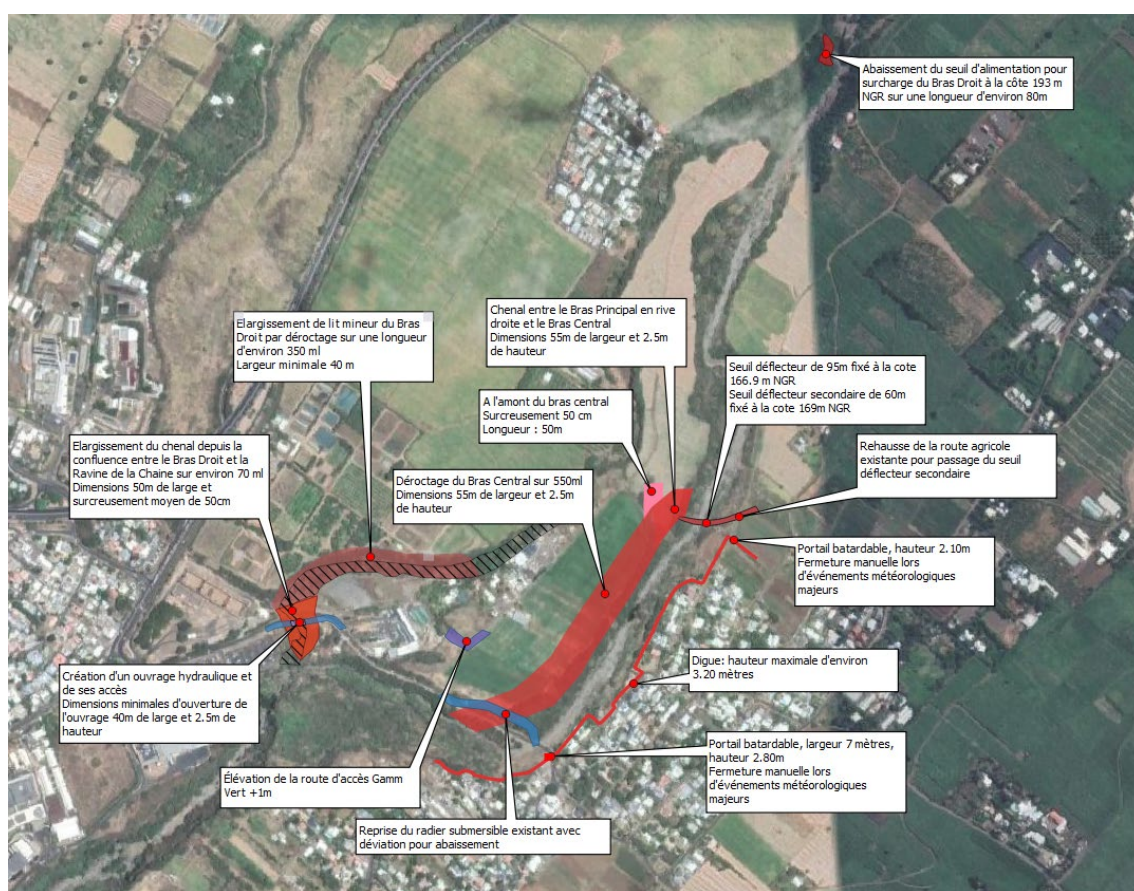


Figure 6 : Vue d'ensemble des aménagements nécessaires

L'ensemble des aménagements étudiés dans l'étude hydraulique seront développés dans le présent rapport.

2.4 Incidences sur la dynamique hydrosédimentaire

La présente analyse se fonde sur les analyses hydro sédimentaires réalisées en 2012 par Safège pour les besoins de l'AVP.

Secteurs	Situation actuelle	Situation aménagée avec seuil d' alimentation du bras droit rehaussé	Situation aménagée avec seuil d' alimentation du bras droit abaissé (arasé)
Bras principal à la Défluence bras droit	Zone de respiration du bras principal avec des dépôts de matériel grossier en crue débordante vers le bras droit (crues fréquentes, mise en eau du bras droit pour un débit de l'ordre de 300m³/s) La position du seuil limite fortement le transit par charriage vers le bras droit. Les seuls apports solides du bras droit proviennent du transport par saltation et suspension	Le transit sédimentaire dans le bras principal est renforcé : la nature des dépôts est plus grossière tandis que la fraction transportée vers l'aval augmente par son volume et sa granulométrie. Les apports solides dans le bras droit (par saltation / suspension) sont réduits en proportion des apports liquides.	Le transit sédimentaire dans le bras principal est réduit : la nature des dépôts intègre une fraction moins grossière tandis que la fraction transportée vers l'aval diminue par son volume et sa granulométrie. L'hydraulicité de crues fréquentes déterminera la mobilisation des dépôts survenant lors de crues mobilisant le bras droit. Les apports solides dans le bras droit (par saltation / suspension) sont augmentés en proportion des apports liquides. Les apports par charriage restent très limités.
		Les variations de débits de pointe dans le bras principal de +/-15% au débit de dimensionnement ne sont pas de nature remettre en cause la mobilisation des dépôts temporaires en aval de la défluence.	
Bras principal en amont du double coude	Le transit sédimentaire est maintenu avec des zones de respiration (dépôts/incisions temporaires) en aval de la défluence et dans le coude. Le caractère concentré de l'écoulement place ce tronçon plutôt dans une dynamique incisive/érosive	L'augmentation des débits dans le tronçon va réduire la propension aux dépôts temporaires et renforcer sa dynamique érosive	La diminution des débits dans le tronçon va augmenter l'amplitude des dépôts temporaires et tendre vers un rééquilibrage de sa dynamique tout en conservant une dynamique érosive
Bras principal en amont du radier	La pente se réduit, les défluences avec le bras central puis en rive droite réduisent le	Les débits de pointe en crue de dimensionnement sont fortement réduits par rapport à l'état actuel	
		-30%	-45%

(amont / aval du déflecteur projeté)	débit liquide en lit mineur sans que les apports solides ne changent de lit, le lit s'élargit. Cet ensemble relié favorise naturellement la déposition progressive d'un matériel grossier en amont, plus fin jusqu'au droit du radier	Le déflecteur assurera un fil d'eau proche de la situation actuelle permettant la transparence hydrosédimentaire en crue fréquente après une période de transition (atterrissements en amont du déflecteur). En crues moyennes à fortes, le déflecteur bascule progressivement les flux liquides vers le bras central tandis que des dépôts solides exhausseront le lit en aval du déflecteur, voire dans la gorge en cas de surverse massive. En post crue forte, un curage de cette gorge pourra être nécessaire afin de libérer la section encombrée par des dépôts non mobilisables en crue fréquente.
Bras principal au droit du radier et en aval	Les débordements actuels rive gauche vers bassin plat en crue moyenne à rare conduisent à des dépôts dans le bras central favorables à un exhaussement. Ces dépôts sont partiellement repris en crue fréquente à moyenne. En aval du radier et du coude, le lit moyen s'élargit, les plages de dépôt naturelles s'inscrivent dans un espace de divagation important. Les chenaux d'écoulements mobilisables limitent les risques d'exhaussement massif	Une fois la zone d'atterrissement en aval du déflecteur franchie, les débits en crue dans le bras central restent confinés et la capacité de transit sédimentaire s'équilibre. La dynamique sédimentaire oscille autour d'un profil d'équilibre autour de la situation actuelle au gré des crues fréquentes. Le processus de tri granulométrique est donc moins marqué qu'en situation actuelle, une fixation des bancs de dépôts actuels par la végétation est attendue
Bras central	Le bras central actuel est couvert par la végétation, notamment sur son linéaire aval. Il n'est mobilisé que rarement (crues fortes) et n'est alimenté par aucun apport solide amont. Lorsqu'il est activé en crue forte, il dispose alors d'une forte capacité érosive (sédiments et flottants). Ce matériel	Le bras central est élargi et mobilisé plus souvent dès les crues moyennes. Son entretien limite la formation d'embâcles. L'élargissement du chenal d'écoulement réduit la capacité d'érosion qui ne disposera pas d'apports solides amont.

	est restitué au bras principal en aval du radier		
Bras droit	Le bras droit actuel est couvert par la végétation. Il est activé en crues moyennes et fortes. Son mode d'alimentation par un seuil latéral naturel réduit drastiquement les apports solides amont. Son activation lui confère une forte capacité érosive. Les sédiments arrachés au lit se retrouvent à la confluence de la ravine de la chaîne où le tronçon de liaison avec le bras principal est de pente plus faible. En cas de prise importante de sédiments sur le parcours amont, le risque de dépôt sur ce tronçon est avéré. Les Flottants emporté constituent un risque d'embâcle sur les ouvrages de franchissement routier	-110m³/s (-40%) en crue de dimensionnement La réduction de la fréquence de mobilisation du bras droit renforce la fixation naturelle par la végétation déjà forte. La réduction importante des apports liquides en crue forte limite la capacité érosive, notamment sur l'arrachage massif de blocs et le risque de rupture de la carapace libérant une grande quantité des sédiments mobilisables. Le risque de dépôts massifs à la confluence de la ravine de la Chaîne est alors fortement réduit. Le risque de formation d'embâcle sans entretien du bras droit ne peut être écarté et dépend de l'hydraulicité du ce bras. (une fixation durable rendra plus difficile l'arrachage, mais en cas de rupture des ancrages, la production en sera d'autant plus importante)	+160m³/s (+60%) en crue de dimensionnement L'augmentation de la fréquence de mobilisation du bras est favorable au renouvellement de la végétation, et donc à limiter la formation d'embâcles importants ainsi qu'à maintenir un chenal d'écoulement capacitaire. Ce point reste cependant soumis à l'hydraulicité (la fréquence d'activation et les durées sans activation), et le risque de fermeture du bras sans entretien n'est pas exclu. L'augmentation importante des débits en crue forte augmente significativement la capacité érosive des écoulements et la libération de stocks sédimentaires massifs et constitués de blocs. Le risque de dépôts massifs à la confluence est donc augmenté. Ces dépôts sont associés à risque de dysfonctionnement du système hydraulique à cette confluence en crue forte (débordements rive droite).

En conclusion :

- L'aménagement du bras central par un déflecteur accentue le processus de déposition progressif en aval du double coude et le concentre autour du déflecteur. **L'entretien et l'exploitation du déflecteur consistera notamment à s'assurer du maintien de la capacité de transit dans la gorge aménagée du déflecteur**
- L'aménagement du bras droit est proposé selon deux variantes et stratégies opposées :

- Chargement du bras droit par abaissement du seuil latéral d'alimentation : cette stratégie présente des risques d'atterrissement importants à la confluence du bras droit et de la ravine de la Chaîne. Ces dépôts potentiellement massifs en crue forte peuvent conduire à des débordements en rive droite
 - Déchargement du bras droit par rehausse du seuil d'alimentation : cette stratégie réduit fortement les risques d'atterrissement à la confluence du bras droit et de la ravine de la Chaîne en crue forte. Cependant le risque de générer de nombreux flottants est probable. Il est donc nécessaire de dimensionner les ouvrages de franchissement pour faciliter leur transit et limiter ainsi le risque de formation d'embâcle.
- Le bras central présente un risque d'érosion en crue moyenne à forte. Le recalibrage de ce chenal privilégiera à section équivalente un élargissement plutôt qu'un approfondissement et la recherche du rocher sans substrat. Ces dispositions limitent la quantité de matériaux mobilisables

L'analyse de l'incidence hydrosédimentaire des aménagements ne remet pas en cause le fonctionnement des ouvrages projetés mais identifie clairement que la variante de décharge du bras droit doit être privilégiée à celle de la charge du bras droit.

La Rivière d' Abord, notamment dans ses ramifications de Bassin Plat, génère potentiellement un grand nombre de flottants, notamment en crues moyennes à fortes. En effet les bras secondaires sont activés à des fréquences telles que la végétation dispose de temps suffisant pour coloniser ces axes d' écoulements. La gestion des embâcles susceptibles de se former aux ouvrages routiers traversant sera anticipée à la conception de la reprise du radier. En supposant des troncs maximums de l'ordre de 6-8m et des houppiers émergents de l'ordre de 1m, les revanches sous tabliers et la portée entre piles devra respectés ces dimensions. Des dispositions pour faciliter le transit des flottants pourront consister à aménager une « casquette » favorisant l'enfoncement des houppiers et des voiles amont en biais (1 :1 minimum, mais 1 :3 serait un objectif) pour limiter le risque d'accumulation de flottants et contraindre leur alignement dans l'axe d'écoulement.

2.5 Géologie et géomorphologie de la zone d'étude

Une étude de géomorphologie de la zone a été réalisé en 2011 pour la commune de Saint-Pierre dans le cadre du projet de réaménagement de la rivière d'abord.

La synthèse de ce rapport ainsi que l'annexe 1 du rapport de géomorphologie sont reprises ci-dessous :

A Bassin Plat, la rivière d'Abord présente plusieurs particularités géomorphologiques. Elle se divise en 3 bras, très peu encaissés et secs la plus grande partie de l'année. La route de Bassin Plat franchit ces axes d'écoulement par 3 radiers submersibles en période de crues. Ces bras sont :

- le bras principal le plus à l'Est qui coulent près des habitations de Bassin Plat ;
- le bras droit éloigné du bras principal de 500 m qui ne coule que lors des crues exceptionnelles de la rivière d'Abord. L'origine du bras droit (point de défluence) se situe à 1,4 km en amont de la route de Bassin Plat ;

- un dernier bras de débordement, peu marqué morphologiquement, situé à 100 m à l'ouest du bras principal, qui ne coule que lors des crues par débordement de la rivière d'Abord. Les points de débordement se situent jusqu' à 600 m en amont de la route.

Les 3 bras se rejoignent en aval de la route, au niveau d'un seuil rocheux qui surplombe un bassin profondément encaissé. En aval de ce bassin, la rivière d'Abord coule à nouveau dans une gorge profondément incisée dans la planèze.

Le soubassement géologique du secteur de Bassin Plat est constitué de coulées d'océanite massive, très riche en olivine, dont l'épaisseur atteint 20 m au niveau du seuil aval. Cette lave, très dure et résistante, affleure sur l'ensemble du site, dans le lit de la rivière d'Abord et dans le bras droit, depuis la défluence jusqu'au bassin aval. Les coulées d'océanite surmontent des coulées de basalte à olivine observées dans le bassin aval. L'épaisseur des océanites massives est inconnue au droit du secteur de Bassin Plat ; aucun sondage n'est répertorié dans la Banque du Sous-Sol.

En rive droite du bras droit, notamment vers la ravine la Chaîne et vers la défluence, les océanites sont surmontées par des coulées de basalte à olivine, d'épaisseur métrique, riche en gratons (semelle scoriacée). Toutes ces coulées de lave anciennes sont altérées en surface. D'après la carte géologique à l'échelle 1/100 000, elles appartiendraient au bouclier ancien du massif de la Fournaise édifié entre – 450 000 ans et – 150 000 ans.

A Bassin Plat, ces laves anciennes sont recouvertes ou sont juxtaposées à une coulée de lave très récente, constituée de basalte à olivine, saine, non altérée. Cette coulée s'est épanchée dans la rivière d'Abord depuis la plaine des Cafres. Son âge serait voisin de 10 000 ans. La coulée a recouvert les alluvions anciennes de la rivière d'Abord. En amont de Bassin Plat où le lit de la rivière d'Abord était moins encaissé et élargi, la coulée s'est étalée sur plus de 180 m de largeur. Vers la route, la coulée s'est épanchée dans une gorge étroite, de 20 m de largeur, observée au niveau du seuil aval.

Le comblement de l'ancien lit de la rivière d'Abord par la coulée de lave récente a perturbé les écoulements. En amont de la défluence, compte tenu du fort encaissement de l'ancienne rivière, la rivière a pu conserver son tracé. En revanche, entre la défluence et le seuil aval, la rivière a divagué sur la coulée récente puis s'est créé 2 axes d'écoulement de part et d'autre de cette dernière, qui forment les 2 bras actuels. L'incision s'est faite au niveau du contact bouclier ancien et lave récente.

La complexité des écoulements actuels est héritée des modifications morphogéologiques liées à la mise en place de cette coulée de lave récente il y a 10 000 ans environ.

Les zones d'érosion actives observées sur les bras sont situées préférentiellement au niveau :

- des berges constituées par la coulée de lave récente. Les eaux érodent les terrains situés à la base de la coulée (paléosols, alluvions anciennes, colluvions, brèche de progression de la coulée) plus tendres et plus facilement affouillables. Un sous-cavage de la coulée récente de près de 8 m de profondeur a été observé au niveau du bassin amont ;
- les coulées de basalte anciennes et altérées d'épaisseur métrique. L'érosion attaque préférentiellement les interlits bréchiques et scoriacés (semelle de coulées, gratons, ...). Ces zones d'érosion actives sont situées dans le bassin aval, notamment en rive droite où la coulée d'océanite massive est en surplomb.

Des traces d'érosion récentes ont également été observées dans la berge en rive droite du tronçon amont du bras droit.

Le lit de la rivière d'Abord et de ses bras, entre la défluence et le bassin aval sont essentiellement constitués par les océanites massives, très peu sensibles à l'érosion.

Des dépôts alluvionnaires grossiers conséquents (estimation de l'ordre de 150 000 m³) occupent le lit de la rivière d'Abord en amont du coude. L'existence de ces dépôts rappelle que la rivière d'Abord charrie des quantités significatives de matériaux. Des atterrissements d'alluvions récentes sont visibles dans le bras droit, dans le bras de débordement en amont de la route du radier, dans les bassins et vasques creusés dans le lit des cours d'eau.

Enfin, les observations conduites sur le terrain ont mis en évidence l'importance des remblais sur le site de Bassin Plat. Ces remblais sont constitués de déchets inertes (terre, blocs, produits de démolition, d'andains, de déchets divers). Tous ces matériaux entreposés sur les berges sont très facilement affouillables et peuvent être entraînés par les crues. Ces remblais concernent principalement le bras droit (rive droite du tronçon amont, rive gauche du tronçon aval), la rivière d'Abord en amont et en aval du radier (rive gauche habitée et aménagée).

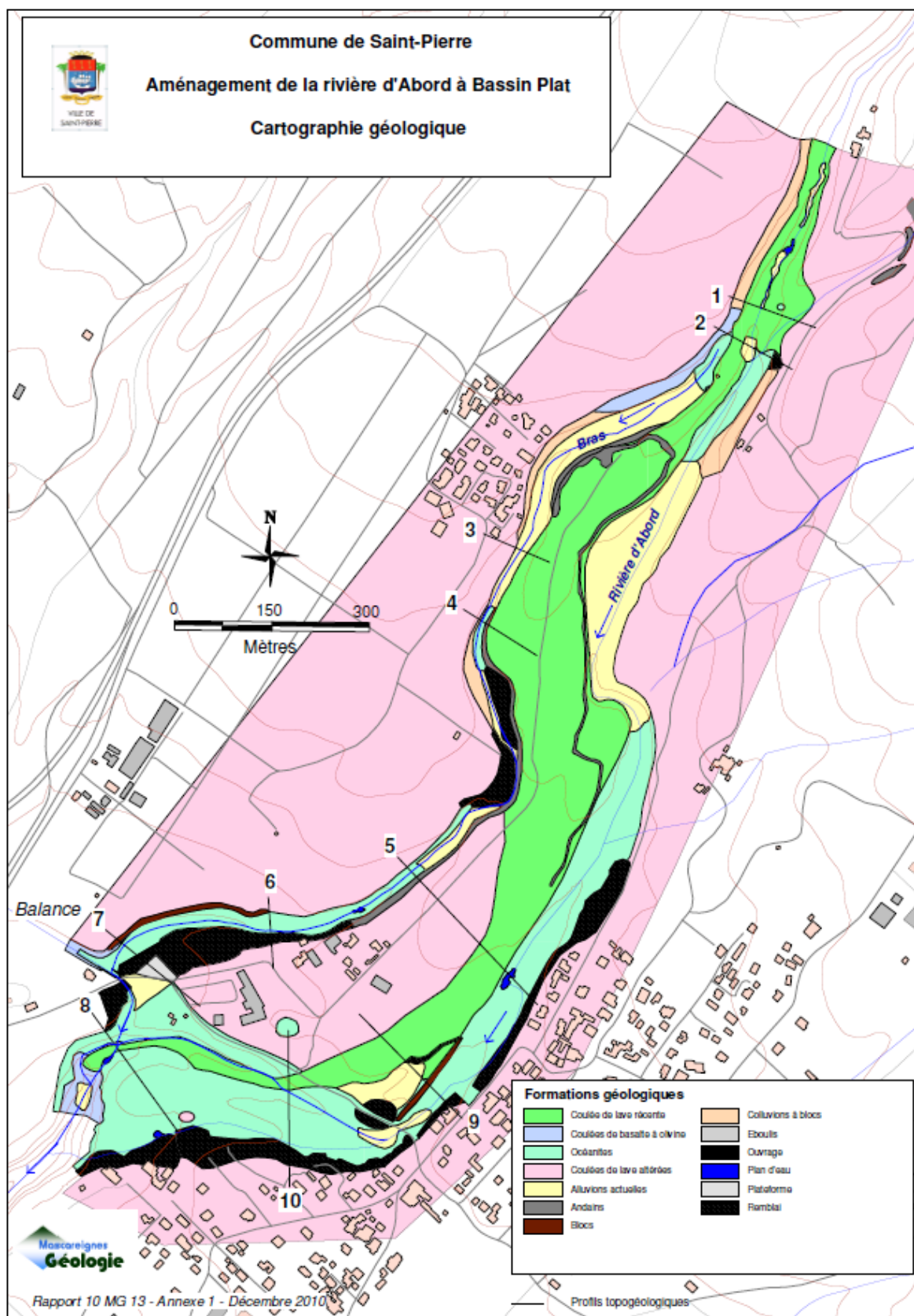


Figure 7 : Carte géologique de la rivière d'abord

2.6 Géotechnique

Ce paragraphe regroupe les éléments concernant les caractéristiques des sols en place afin de définir la conception des ouvrages à réaliser.

2.6.1 Zone Bras central

Il n'y a pas de données géotechniques disponibles à ce jour pour la zone du bras central.

Des investigations géotechniques sont à réaliser dans cette zone afin de conforter la conception et les possibilités de réalisation des ouvrages projetés.

Pour cette étude, les valeurs de résistances retenues forfaitairement, en corrélation avec la géologie de la zone sont :

- Aux états limites ultimes $q'_{refELU} \leq 400$ kPa
- Aux états limites de service $q'_{refELS} \leq 250$ kPa.

2.6.2 Zone Bras principal

Il n'y a pas de données géotechniques disponibles à ce jour pour la zone du bras central.

Des investigations géotechniques sont à réaliser dans cette zone afin de conforter la conception et les possibilités de réalisation des ouvrages projetés.

Pour cette étude, les valeurs de résistances retenues forfaitairement, en corrélation avec la géologie de la zone sont :

- Aux états limites ultimes $q'_{refELU} \leq 400$ kPa
- Aux états limites de service $q'_{refELS} \leq 250$ kPa.

2.6.3 Zone Bras droit

2.6.3.1 Nature des reconnaissances géotechniques

Une étude géotechnique, jointe en annexe, a été réalisée sur le site par FUGRO (Octobre et novembre 2011). Elle a consisté en la réalisation des essais suivants :

- 1 sondage carotté
- 5 sondages destructifs
- 5 profils de sismique réfraction de 40m
- des essais mécaniques.

Ces essais sont localisés uniquement sur le bras droit en amont de la route de Bassin Plat.
Les essais sur les autres sites seront réalisés après la création d'un accès.

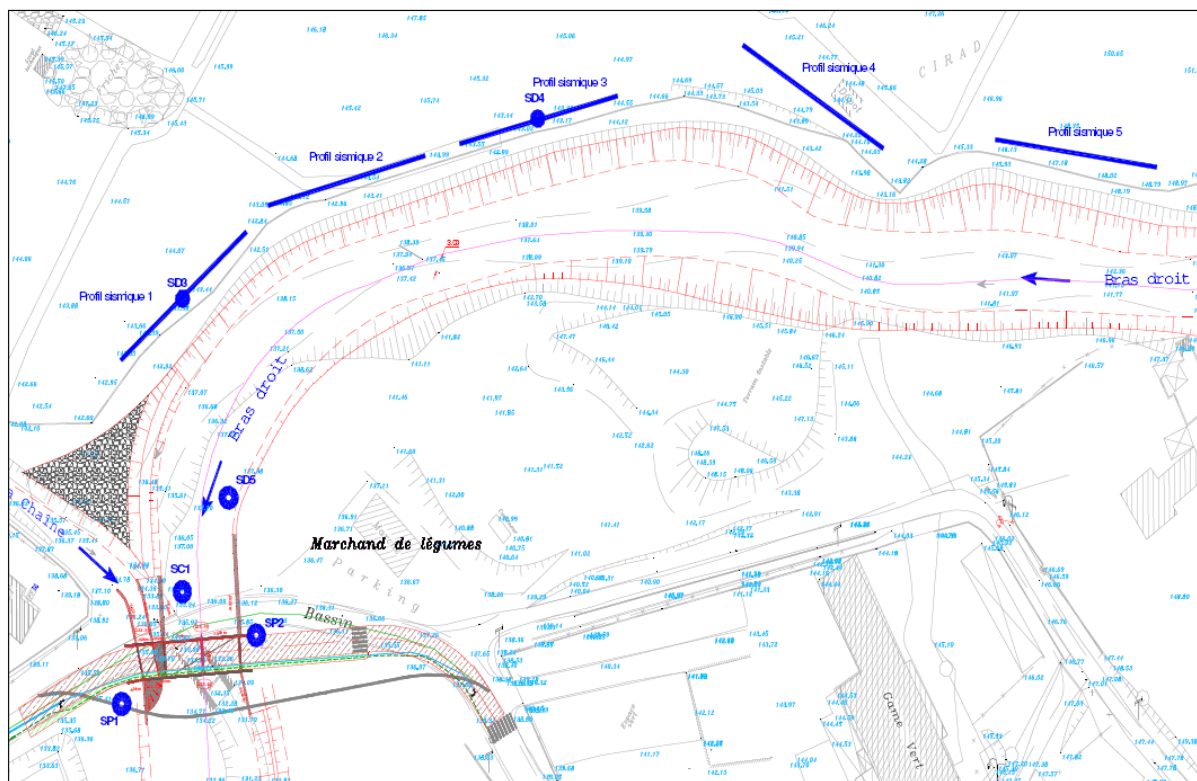


Figure 8 : Localisation des essais géotechniques

2.6.3.2 Contexte géologique

Les formations rencontrées consistent en une succession :

- Au niveau du pont :
 - ☐ de remblais et d'alluvions grossières sur environ 2 mètres
 - ☐ de basalte de type océanite jusqu'à plus de 10 mètres.
- En amont du pont :
 - ☐ des limons sur une épaisseur jusqu'à 0,5 à 0,8 m
 - ☐ des basaltes avec limons jusqu'à 1,2 à 1,6 m
 - ☐ des basaltes légèrement altérés jusqu'à 2,8 à 4,2 m
 - ☐ une alternance de formations limoneuses et de niveaux de blocs de basalte.

Des coupes longitudinales construites à partir des essais de sismique réfraction sont jointes en annexe.

2.6.3.3 Hydrogéologie

Aucune remontée d'eau n'a été identifiée lors des sondages.

2.6.3.4 Caractéristiques des terrains

Les terrains ont les caractéristiques géotechniques suivantes (mesures réalisées au niveau des sondages SP1, SP2 et SC1) :

- pour les alluvions anciennes :
 - ☐ une cohésion à long terme (c) de 0

- ☐ un angle de frottement (φ') de 25° à 35°
- ☐ un module pressiométrique compris entre 1,8 et 4,3 MPa
- ☐ une pression limite comprise entre 0,31 et 0,38 MPa
- ☒ pour les basaltes légèrement altérés à sain :
 - ☐ une cohésion à long terme (c) de 40 à 60 kPa
 - ☐ un angle de frottement (φ'') de 30° à 40°
 - ☐ une résistance à la compression variant de 48 à 67 MPa
 - ☐ un module pressiométrique compris entre 70 et 134 MPa
 - ☐ une pression limite > 2,8 MPa
 - ☐ une vitesse de propagation comprise entre 4124 et 4397 l/s.

2.6.3.5 Extraction de matériaux

Pour l'extraction des alluvions grossières et des formations d'altération du basalte, les moyens d'extraction à utiliser sont la pelle mécanique et le BRH.

Pour l'extraction des basaltes, le BRH peut être utilisé mais avec des cadences qui pourront s'avérer très faibles. L'utilisation de moyens de type explosif pourra s'avérer nécessaire.

2.6.3.6 Réutilisation des matériaux

La terre végétale pourra être utilisée pour la revégétalisation.

Les limons pourront être utilisés en remblais courants ou en revégétalisation.

Les basaltes altérés pourront être utilisés en remblais courants ou en remblais techniques sous réserve d'un traitement adapté.

Les blocs de grande taille pourront être réutilisés pour la réalisation d'enrochement ou de confortement en moellons.

2.6.3.7 Stabilité des berges

Dans les alluvions anciennes, les talus seront abaissés au minimum à 20°.

Dans les limons d'altération, les talus provisoires seront abaissés au minimum à 45°.

Dans les basaltes, les talus pourront être taillés sub-verticalement.

2.6.3.8 Fondations des ouvrages

Le type de fondations à envisager est une culée en semelles superficielles ancrées dans le basalte altéré à sain. Ces formations sont insensibles au risque d'affouillement. L'encastrement sera au minimum de 30 cm en plus de la hauteur des semelles.

Les tassements sont nuls pour les assises rocheuses.

Les contraintes de référence estimées sont les suivantes :

- ☒ Aux états limites ultimes $q_{refELU} \leq 1\,400$ kPa
- ☒ Aux états limites de service $q_{refELS} \leq 930$ kPa

Mais contenu des risques d'anomalie (scories, tunnel de lave), les contraintes de référence préconisées sont :

- ☒ Aux états limites ultimes $q_{refELU} \leq 600$ kPa
- ☒ Aux états limites de service $q_{refELS} \leq 400$ kPa.

Ces données datant de 2011 il est nécessaire de les conforter par le biais d'investigations géotechniques complémentaires récentes dans la zone du bras droit.

2.7 Réseaux existants

Des DT ont été lancées sur toute la zone auprès des concessionnaires afin de cadrer au mieux la contraintes réseaux sur l'ensemble de l'emprise des travaux.

Les numéros de DT concernés sont :

- 2022102703344D9C
- 2022102703347DFB
- 2022102703349D08
- 2022102703352D7E

Les concessionnaires ayant répondu à la DT sont les suivants :

- EDF : **concerné** ;
- RUNEO : **concerné** ;
- ZEOP : **non concerné**
- ORANGE : **concerné**
- SAPHIR : **concerné**.

De façon générale, plusieurs réseaux sont répertoriés sur la zone de l'étude et notamment :

- Présence de réseaux enterrés France TELECOM (4 câbles et de la fibre optique) et AEP sur le chemin des radiers,
- Des conduites de la SAPHIR dont une en diamètre 700 mm sont implantés directement dans l'emprise du projet,
- Présence d'un poste transformateur EDF le long du chemin de Bassin-Plat, à proximité des radiers,
- Présence de poteaux électrique et de lignes aériennes à déplacer au niveau du Bras Central notamment.

2.7.1 Réseau d'irrigation - SAPHIR

Le réseau SAPHIR traverse les différents bras de la Rivière d'Abord en différents points de la zone de l'étude.

Les principaux réseaux concernés sont :

- Des diamètres AC 100 mm et AC 125 mm impactés par le déroctage du Bras Central ;
- Un diamètre AC 600 mm impacté par le déroctage du Bras Central ;
- Un diamètre 700 mm qui traverse le bras droit d'après les plans de la SAPHIR.

Nous rappelons ci-dessous les préconisations de la SAPHIR issues du rapport de l'AVP 2012 concernant leurs réseaux d'irrigation :

- Le Département de la Réunion / Direction de l'Eau est propriétaire des ouvrages

- La SAPHIR ne dispose pas des plans de récolement de ces réseaux ; en revanche, la SAPHIR pourra procéder à un repérage de son réseau sur le site de l'étude (demande de jalonnement à faire par courrier adressé à la SAPHIR) ;
- La conduite « AC 150 » présente sur la zone du projet contiendrait de l'amiante (éternit) ;
- La conduite DN 600 mm est en matériau acier ;
- Les conduites sont équipées d'un revêtement anticorrosion (intérieur et extérieur) ; une radiographie des soudures sera exigée en phase chantier ;
- Les points bas du réseau sont équipés de vidanges et les points hauts de ventouses ; des regards de diamètres 1000 mm avec échelons d'accès devront permettre l'entretien et l'exploitation de ces équipements ;
- Les réseaux sur le site de l'étude ont été mis en œuvre il y a une cinquantaine d'années ;
- Une servitude de passage d'un mètre cinquante (1,50m) minimum de part et d'autre des conduites doit être prévue.

Il est ainsi à retenir que la conduite nommée « AC100 » au niveau du chemin d'accès Gamm vert pourrait aussi contenir de l'amiante. Un diagnostic sera nécessaire avant tout travaux.

Les cartes suivantes transmises par la SAPHIR indiquent le positionnement des conduites leur appartenant sur la zone de l'étude. Ces réseaux ont été reportés sur les plans Autocad de l'Avant-projet.

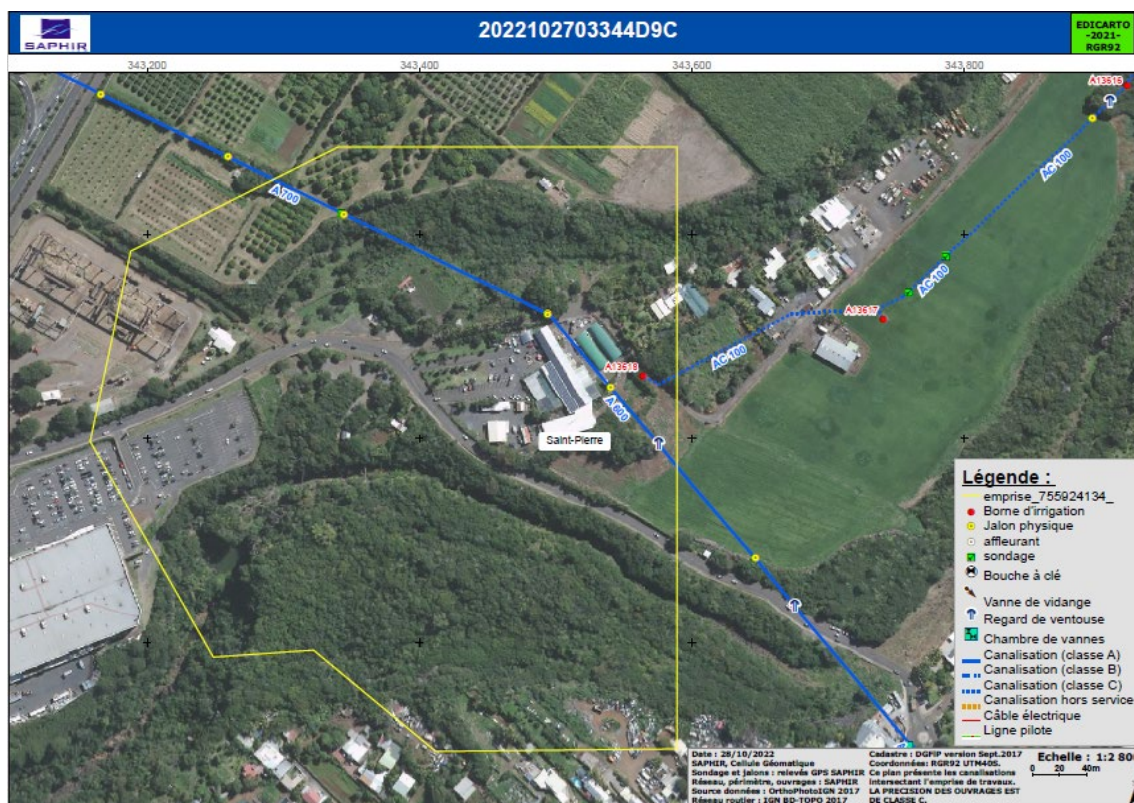


Figure 9 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703344D9C



Figure 10 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703347DFB

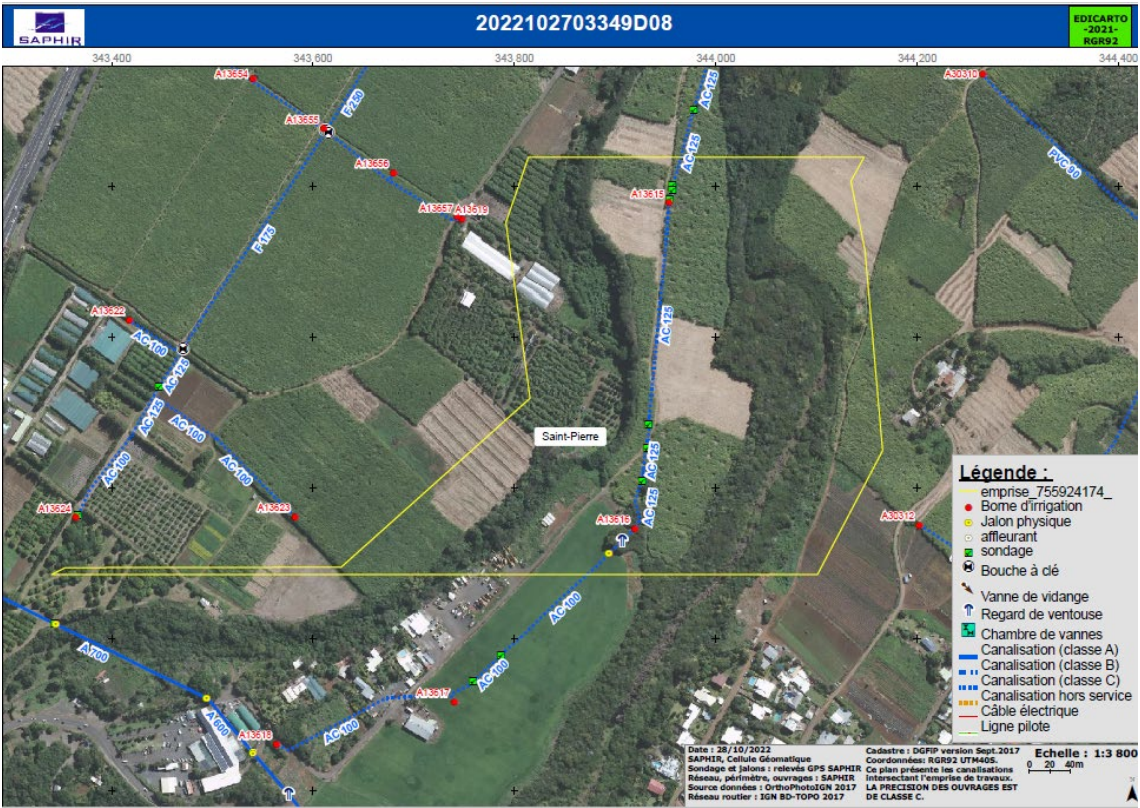


Figure 11 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703349D08

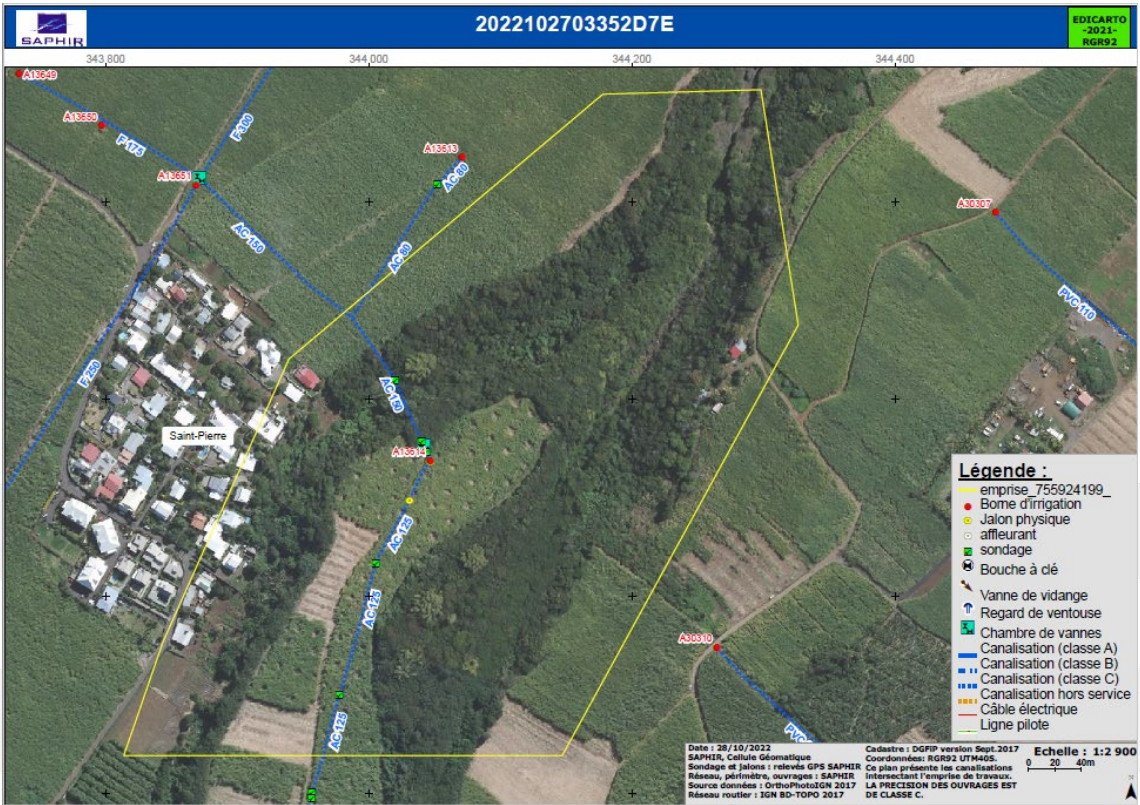


Figure 12 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703352D7E

2.7.2 Réseau électrique - EDF

Des lignes BT et HTA EDF sont posées en aérien et coupent au travers des différents bras de la Rivière d'Abord en plusieurs endroits en amont du chemin des radiers.

La carte EDF page suivante précise la localisation des réseaux.

Au niveau du chemin bassin plat, à proximité du Bras central, un poste électrique est présent. Deux réseaux HTA 240 enterrés relient le poste et Bassin plat en longeant la route des radiers en bordures Nord.

Des réseaux aériens BT et HTA traversent le Bras Principal. Certains poteaux de ces lignes aériennes sont dans la zone de déroctage du Bras Central.

Au niveau de l'ouvrage hydraulique du Bras Droit, il n'y a pas de réseaux déclarés dans la zone de projet.

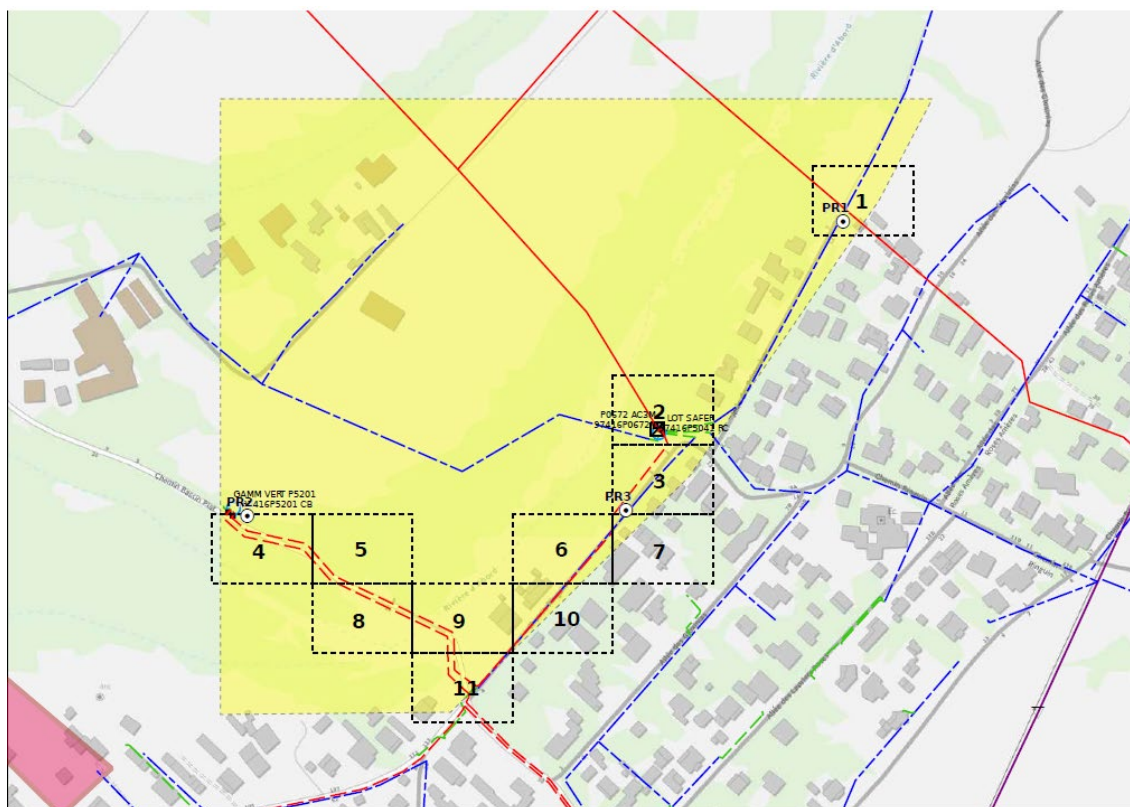


Figure 13 : Plan de réseau transmis par EDF – Zone Chemin bassin plat – DT n°2022102703347DFB

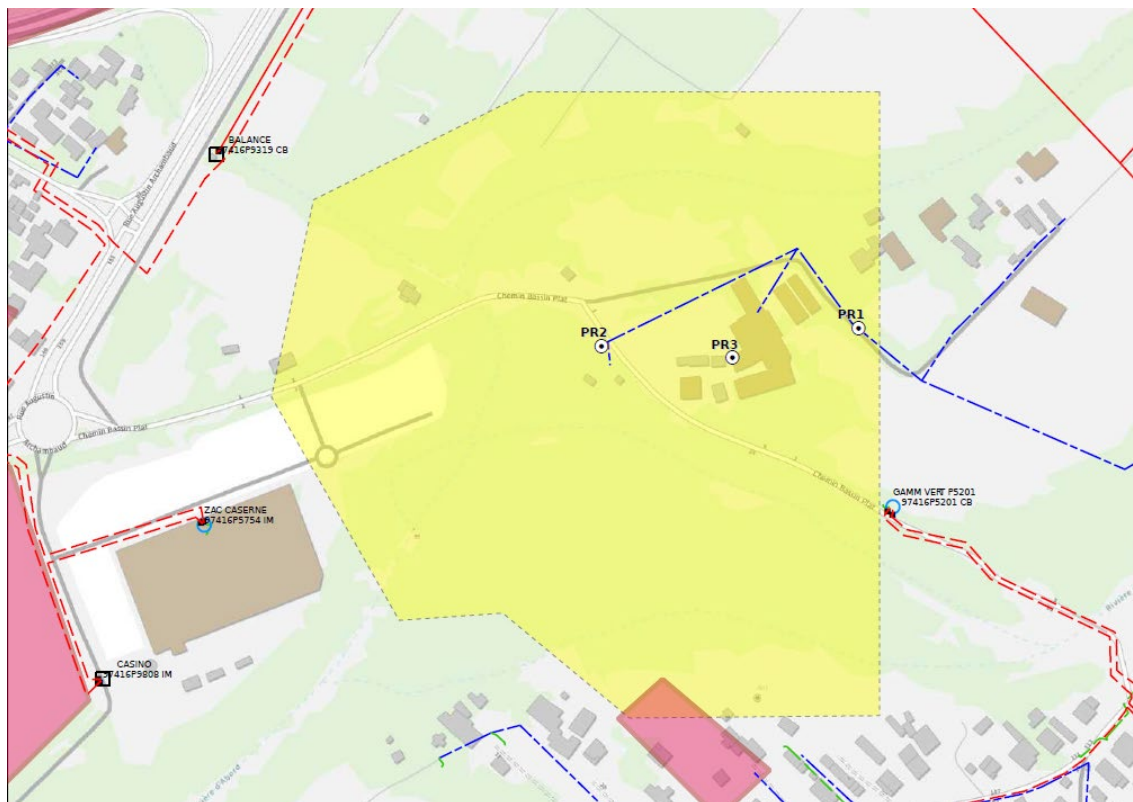


Figure 14 : Plan de réseau transmis par EDF – Zone OH Bras Droit – DT n°2022102703344D9C

2.7.3 Réseau télécom - Orange

Des réseaux Orange sont présents sur le site de l'étude, en aérien et enterré au niveau du chemin de bassin plat.

Les zones de travaux concernés par ces réseaux sont :

- Le radier au niveau du chenal central ;
- L'ouvrage hydraulique bras droit.

La carte orange précise l'implantation des réseaux de la zone. La nature et le nombre de fourreaux restent à préciser.

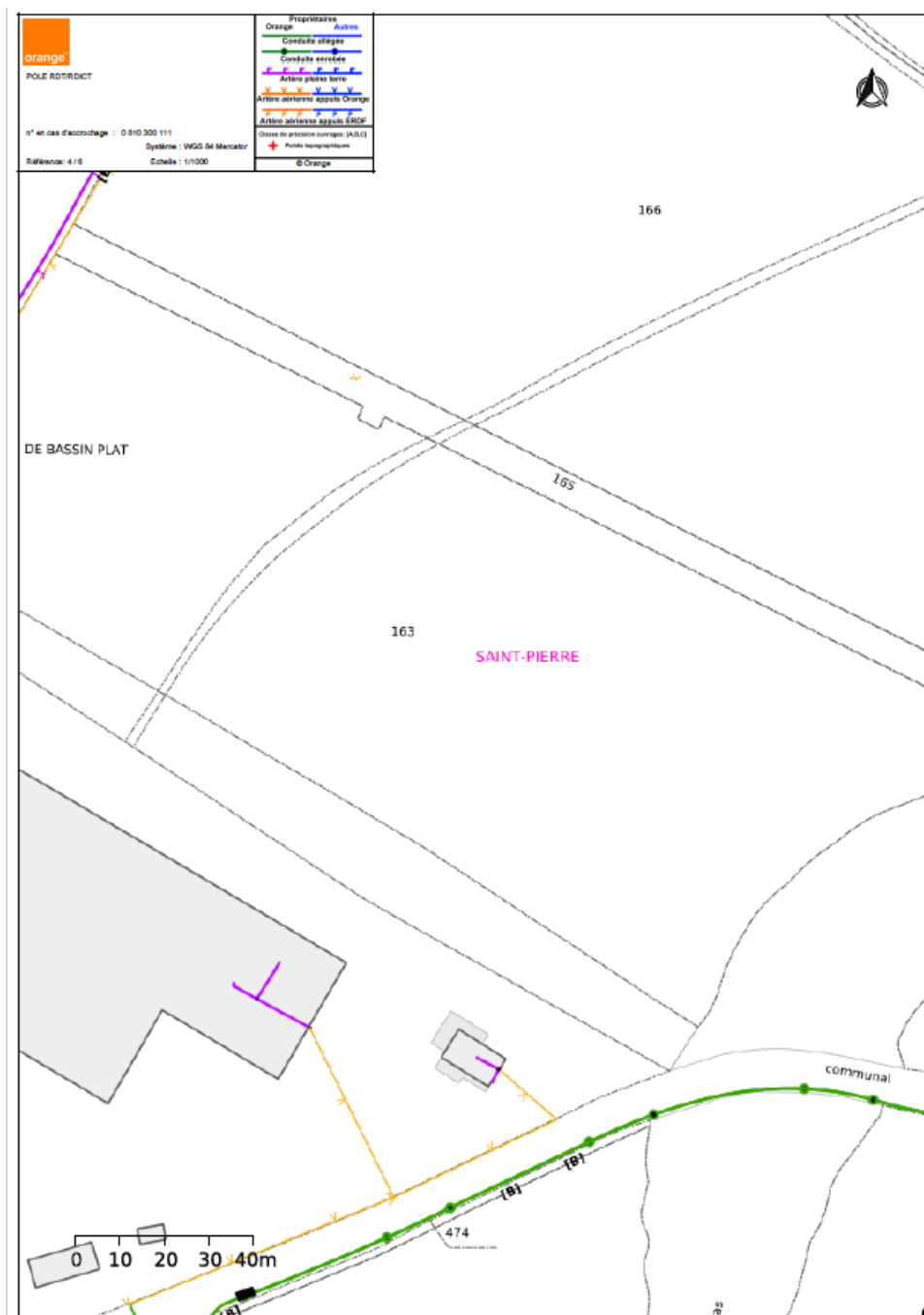


Figure 15 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom sur l'OH BRAS DROIT – DT n°2022102703344D9C

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

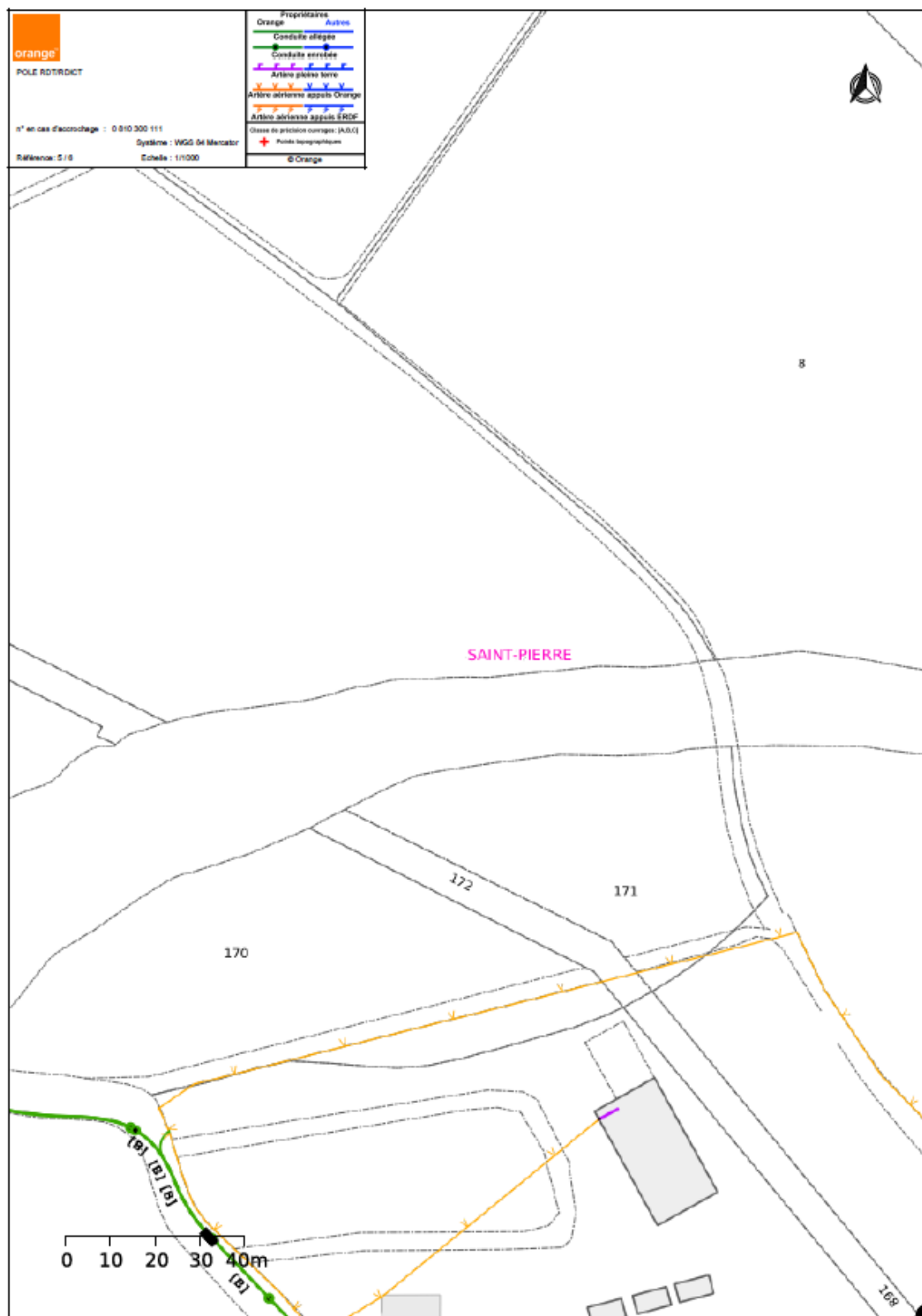


Figure 16 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom sur le BRAS DROIT – DT n°2022102703344D9C

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

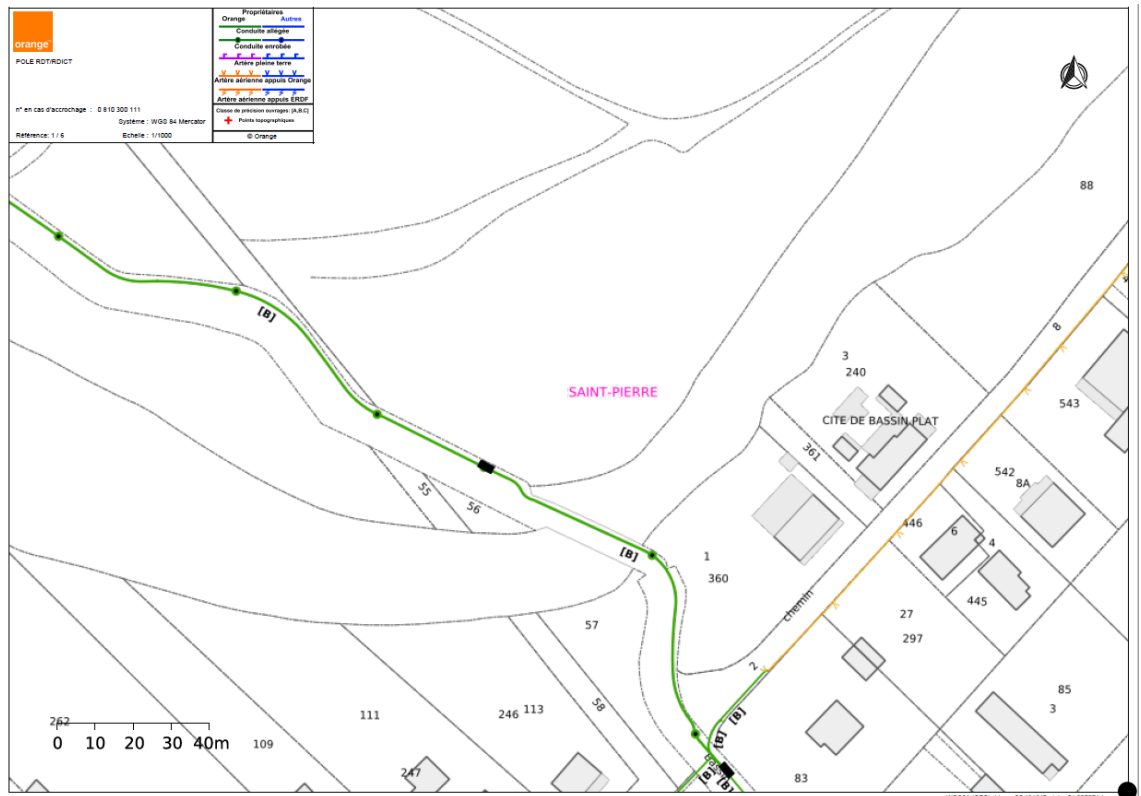


Figure 17 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom sur le BRAS PRINCIPAL – DT n°2022102703347DFB

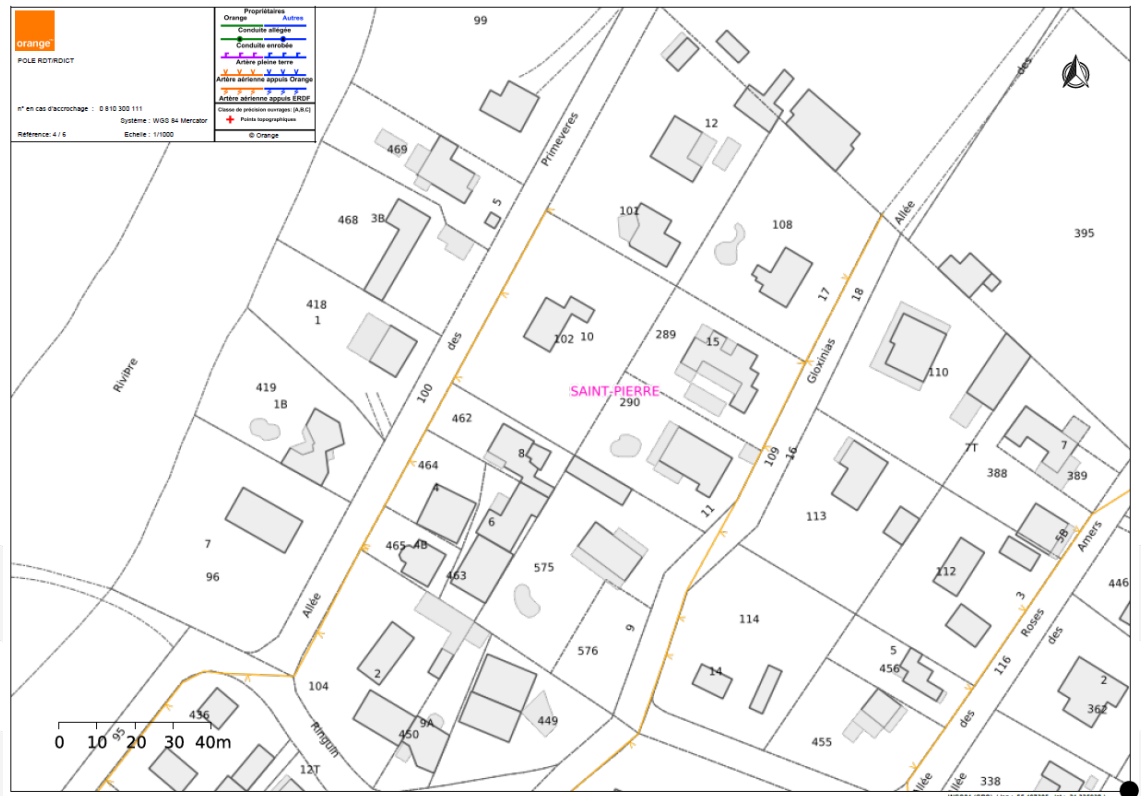


Figure 18 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom l'allée des primevères – DT n°2022102703347DFB

2.7.4 Réseaux eau potable et assainissement - RUNEO

Le réseau AEP existant sur le chemin des radiers est, d'après les plans VEOLIA, une canalisation « AC 125 ». La nature de la conduite et son diamètre restent à confirmer.

Les zones concernées par ces réseaux sont

- Le radier au niveau du chenal central ;
- L'ouvrage hydraulique bras droit.

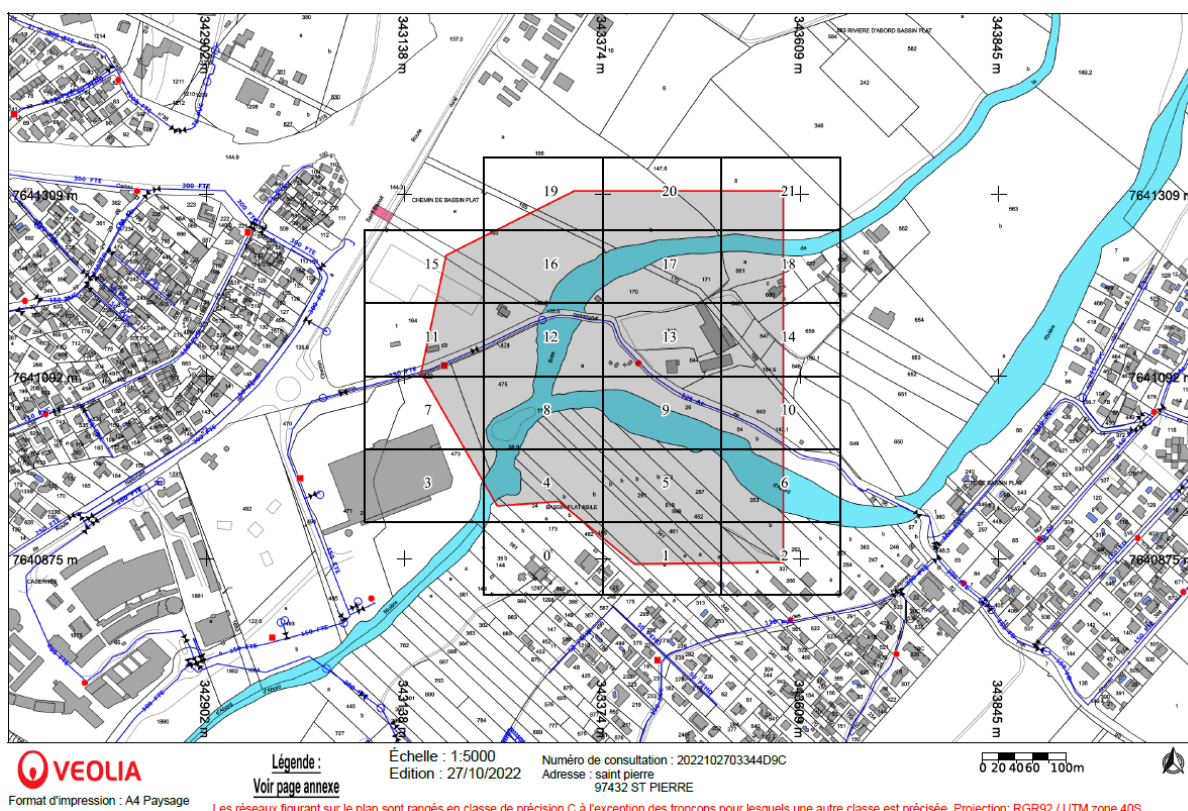


Figure 19 : Plan de réseau transmis par Veolia

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

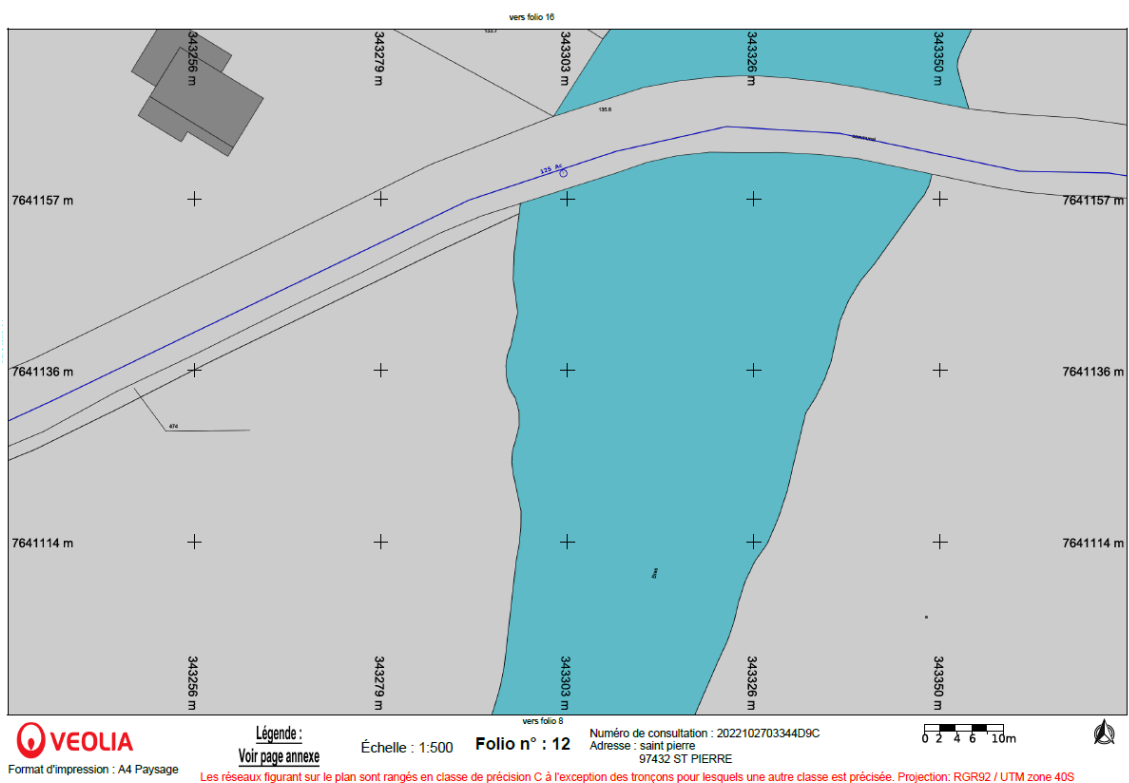


Figure 20 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Droit – DT n°2022102703344D9C

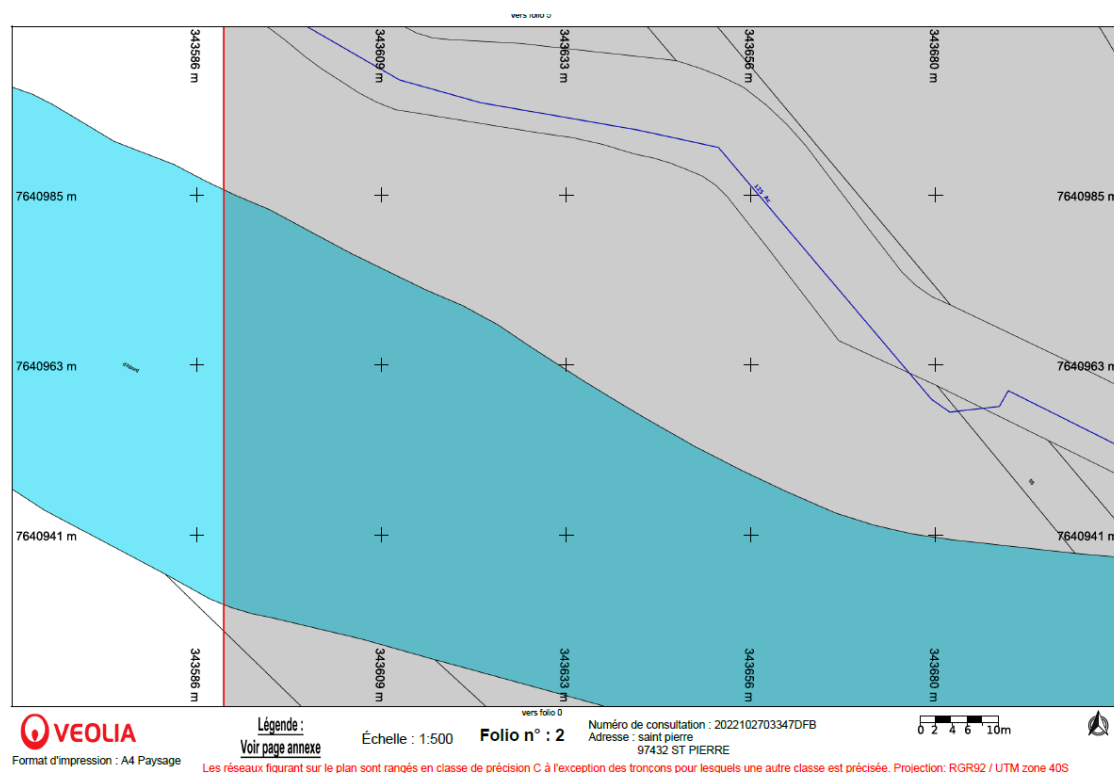


Figure 21 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Central – DT n°2022102703347DFB

3. DESCRIPTION DES OUVRAGES

La solution retenue suggère la mise en œuvre de plusieurs aménagements qui permettent la surcharge du bras droit et de contenir les débordements.

Les aménagements qui permettent d'obtenir la protection maximale issus de la note hydraulique sont :

- Augmentation de la débitance du bras central : Aménagement d'un chenal par déroctage en rive droite du bras principal vers le bras principal en aval du double coude (dimensions 55 m largeur, 2,5 m de hauteur), suivi d'un creusement du bras central dans les mêmes dimensions, sur une longueur de 550 mètres, soit 50 mètres en amont de la jonction avec le chenal jusqu'à la jonction avec le bras principal ;
- Aménagement d'un ouvrage déflecteur dans le bras principal en aval du chenal. Cet ouvrage est constitué d'un seuil déflecteur de 90 ml fixé à la cote 166,9 m NGR. Une ouverture dans le seuil permet la continuité hydraulique du lit mineur du Bras Principal. Une rehausse du seuil déflecteur en merlon fixé à la cote 168 m NGR dans le bras jusqu'à la cote 169 m NGR sur la berge ;
- Diminution du seuil de répartition Bras droit / Bras principal, sur une hauteur d'environ 5 mètres pour une longueur de 80 mètres ;
- Déroctage du lit mineur bras droit sur sa partie aval, sur une largeur d'environ 40 mètres et une longueur d'environ 350 mètres en amont de l'OH routier ;
- Aménagement d'une digue en rive gauche du bras principal protégeant Bassin Plat (longueur ≈ 500 mètres, hauteur variant de 50 cm à 3.20 mètres) ;
- Surélévation d'environ 1,0 mètre du chemin d'accès situé derrière Gamm Vert entre le bras central et le bras droit ;
- Reprofilage de l'ouvrage hydraulique existant du Bras Droit :
 - Elargissement du chenal à 50m de large sur environ 70ml ;
 - Surcreusement du chenal élargi de 50 cm de profondeur moyenne ;
 - Ouvrage hydraulique d'ouverture minimale 40m x 2.5m ht.

Les aménagements retenus sont développés dans le présent document et sont représentés sur le schéma ci-après.

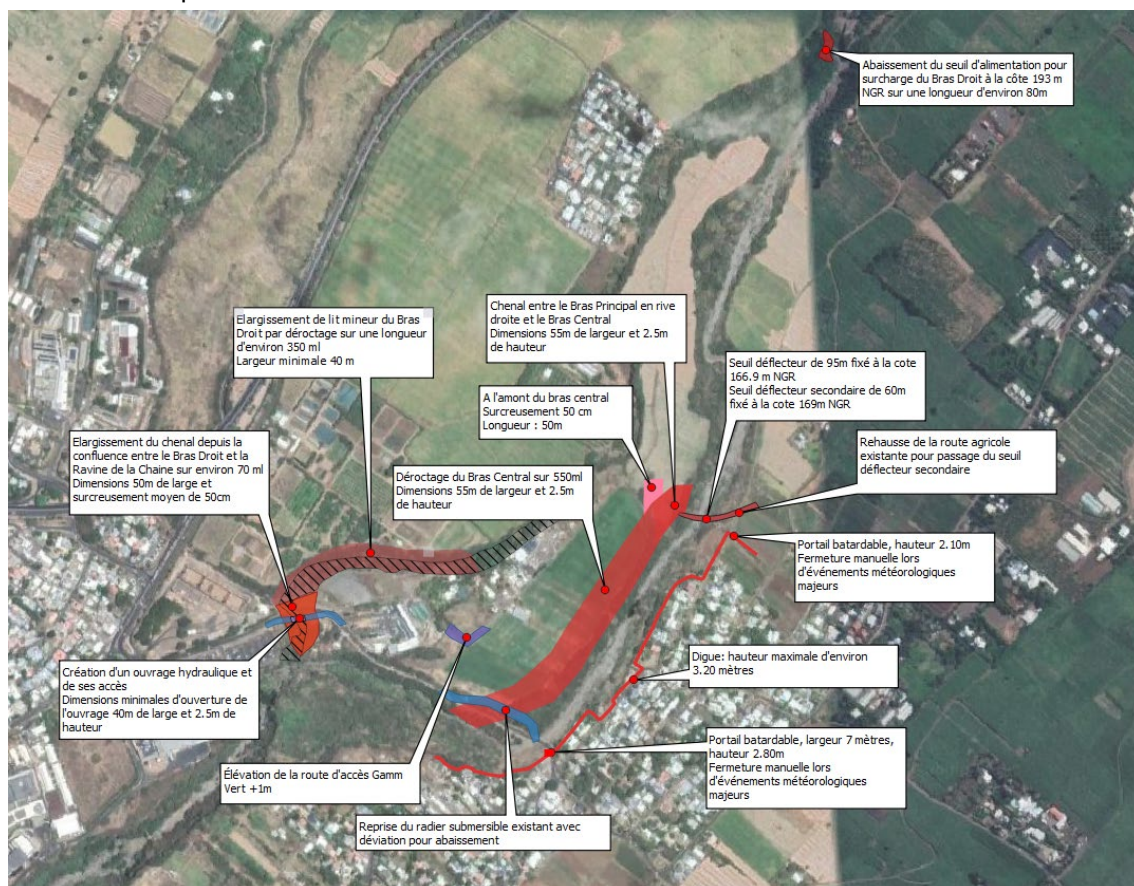


Figure 22 : Vue d'ensemble des aménagements nécessaires

3.1 Diminution du seuil d'alimentation

La formation géologique identifiée comme coulée de lave récente a créé un seuil d'alimentation naturel au niveau de la défluence qui scinde la Rivière d'Abord en Bras Droit et Bras Principal.

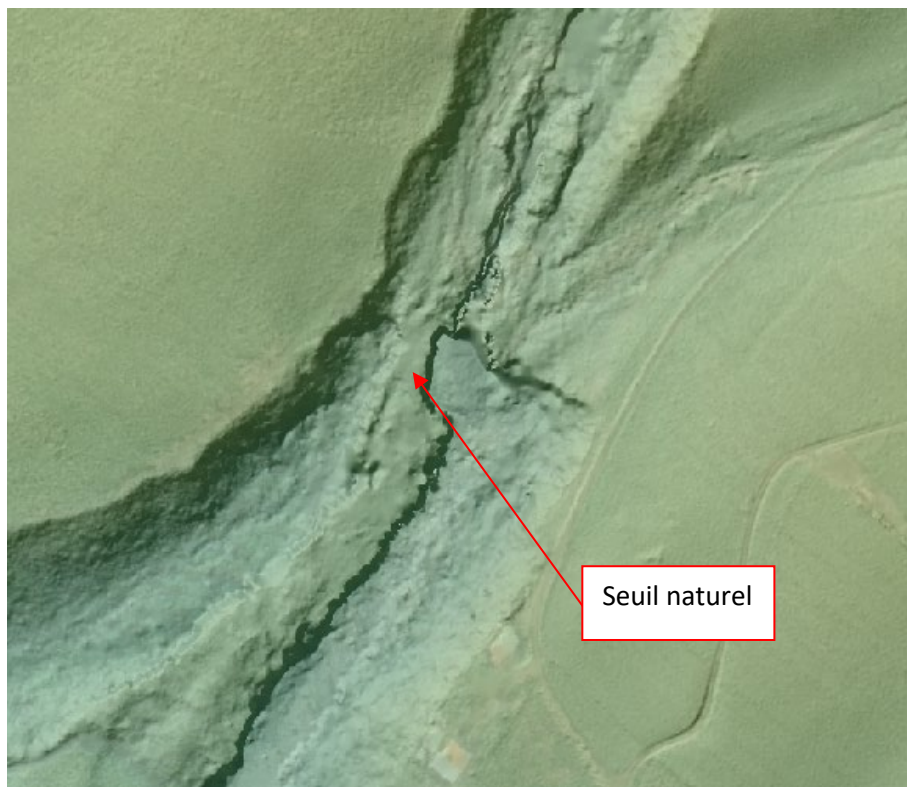


Figure 23 : Topographie lidar de la zone seuil amont

De part et d'autre de la zone de défluence, les terrains sont plantés en cannes. A ce jour, aucun ouvrage n'a été réalisé à ce niveau.

Après débroussaillage et défrichage, l'accès à cette zone peut se faire par la rive gauche du bras droit, via le chemin agricole qui dessert la zone enserrée entre les deux bras.



Figure 24 : Accès possible par le chemin agricole située entre le Bras Central et le Bras Droit

Le but de d'abaisser ce seuil étant diminuer la hauteur d'eau nécessaire avant d'alimenter le Bras Droit afin d'augmenter son alimentation et son débit. Cette diminution peut être réalisée par terrassements/déroctage.

La diminution de hauteur préconisée dans l'étude hydraulique [1] est de 5m, pour une plateforme à la côte finie de 193 m NGR.

Le seuil, à l'état projet, sera soumis aux sollicitations hydrauliques suivantes :

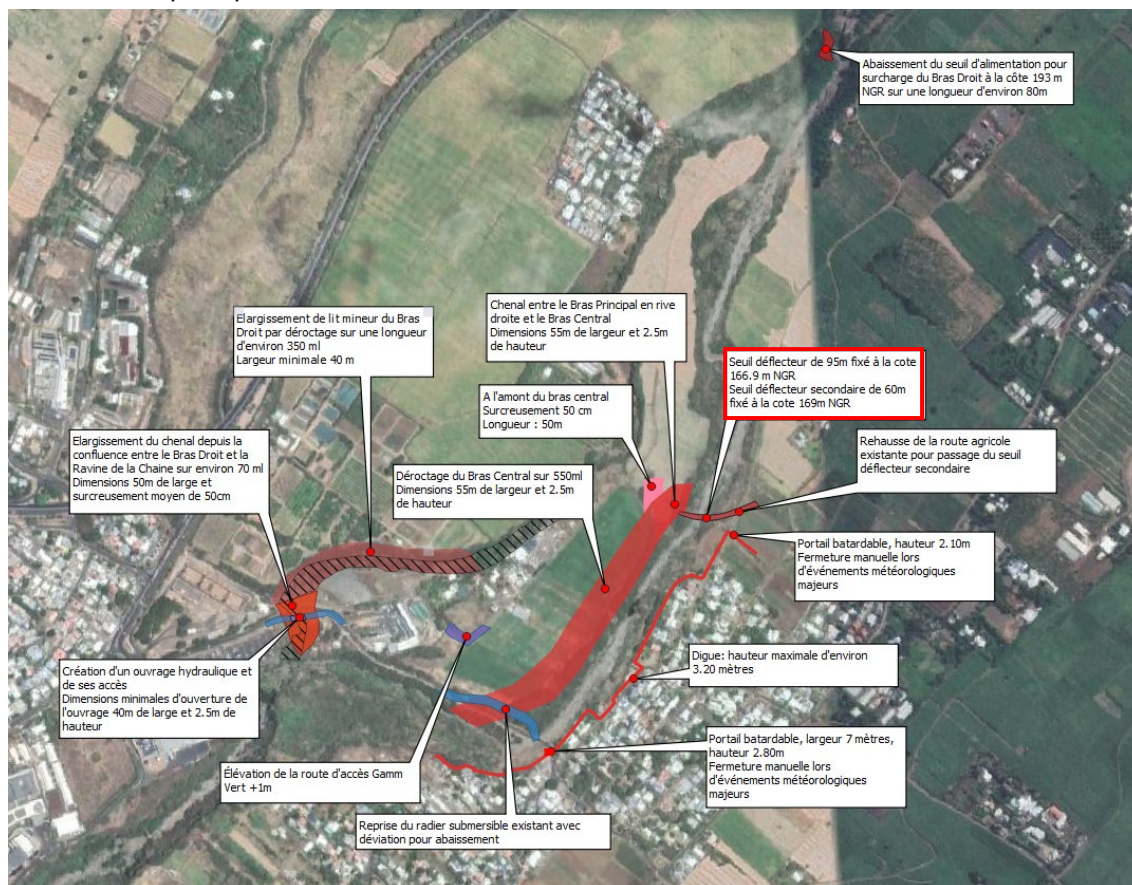
Niveau amont (m NGR)	199.59
Niveau aval (m NGR)	195.34
Ecart de niveau maximal (m)	5.25
Vitesse amont (m/s)	5.5
Vitesse aval (m/s)	6.3

Tableau 2:Caractéristiques des contraintes hydrauliques de l'ouvrage

Dans l'attente de préconisation géotechnique plus précises, les talus respecteront une pente de 3/2 pour rattraper le terrain naturel en place.

3.2 Seuil déflecteur

La création d'un chenal et d'un seuil déflecteur permettra de rediriger une partie importante du débit du bras principal vers le bras central.



La géométrie et le fonctionnement du seuil déflecteur sont présentés sur la figure ci-après extraite de l'étude SAFEGE 2012.

Nota : La localisation du seuil ayant été déplacé vers l'aval, les cotes de l'étude SAFEGE 2012 ne sont plus valables, et ont été adaptées à la nouvelle implantation retenue.

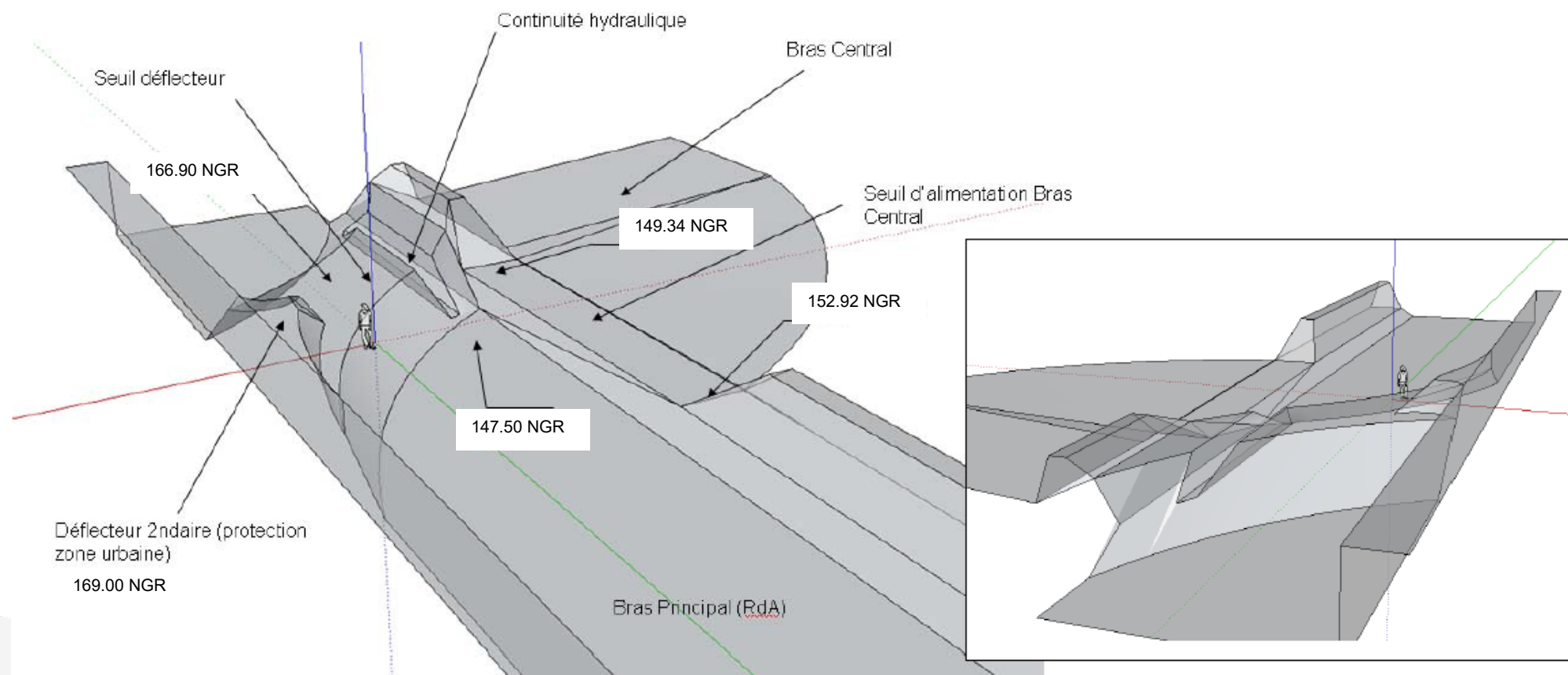


Figure 25 : Vue 3D schématique du seuil déflecteur - Rivière d'Abord (source : rapport SAFEGE 2012)

Le seuil déflecteur aura les caractéristiques suivantes :

- Une surverse à la cote +167.00m NGR ;
- Une continuité hydraulique au niveau du lit mineur du bras principal d'une largeur au sol de 5m ;



Figure 26 : Continuité hydraulique dans le lit mineur du bras Principal

- Les pentes de talus seront de 3H/2V à l'amont et 2H/1V à l'aval ;
- Un ancrage d'au moins 0.5m dans le sol portant (basalte) ;
- Un noyau en gravas issue du déroctage ;
- Une carapace d'épaisseur 2m.

Le seuil, à l'état projet, sera soumis aux sollicitations hydrauliques suivantes :

Niveau amont (m NGR)	168.86
Niveau aval (m NGR)	163.70
Ecart de niveau maximal (m)	5.16
Vitesse amont (m/s)	3.1
Vitesse aval (m/s)	6.9

Tableau 3: Caractéristiques des contraintes hydrauliques de l'ouvrage

La solution technique retenue pour la carapace pourra être affinée à la suite des essais de déroctage. En effet, en fonction de la blocométrie qui peut être extraite à la suite du déroctage, des solutions techniques différentes peuvent être envisagées telle que :

- Blocs libres de 6T à l'aval et de 3-4T à l'amont ;
- Blocs liaisonnés par des chaines de 4T ;
- Enrochements liés : Blocs 2-3T.

Pour le chiffrage, il a été retenu la solution d'enrochements liaisonnées. Ces éléments de conception pourront être mis à jour à la suite :

- Les investigations géotechniques ;
- Les bancs d'essais de déroctage ;
- Les essais de caractérisations pour la réutilisation des déblais issus du déroctage.

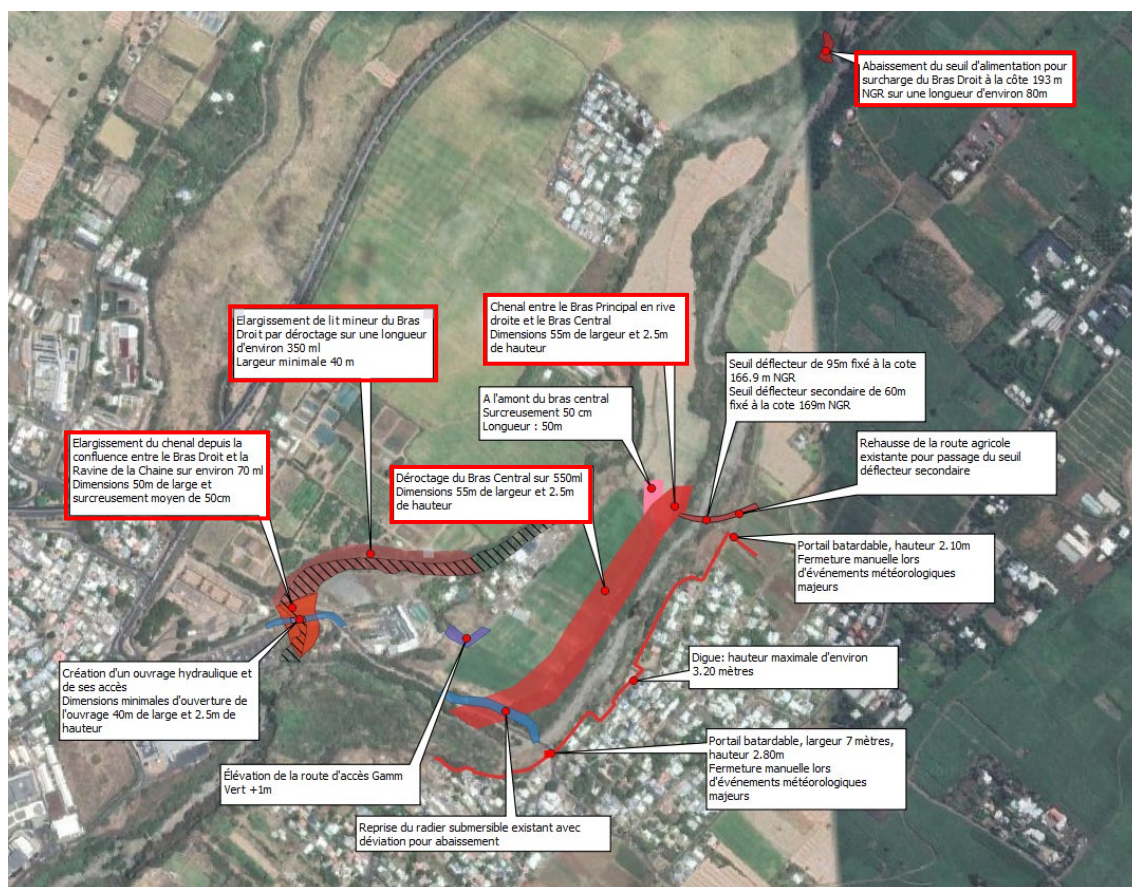
Dans l'attente de préconisation géotechnique plus précises, les ouvrages seront fondés à minima de 50 cm de profondeur dans le basalte en place. Des surprofondeurs (bêches ou rideaux d'ancrage) pourront être nécessaires pour favoriser la tenue au glissement des ouvrages, ainsi que de couper les écoulements interstitiels.

3.3 Déroctage

La modification de la répartition des écoulements au sein de la rivière d'abord est possible par la mise en œuvre d'aménagements et notamment de déroctage conséquent en ravine.

Celle-ci est possible par :

- L'aménagement d'un chenal par déroctage du bras principal vers le bras central dont les dimensions sont : 55m de largeur et 2.5 mètres de hauteur ;
- Le déroctage sur une longueur de 550ml du bras central dont les dimensions sont : 55m de largeur et 2.5 mètres de hauteur ;
- Reprofilage de l'ouvrage hydraulique existant du Bras Droit :
 - Elargissement du chenal à 50m de large sur environ 70ml ;
- Déroctage du lit mineur bras droit sur sa partie aval, sur une largeur d'environ 40 mètres et une longueur d'environ 350 mètres en amont de l'OH routier,
- Diminution du seuil de répartition Bras droit / Bras principal, sur une hauteur d'environ 5 mètres pour une longueur de 80 mètres. Le déroctage sera nécessaire.



3.3.1 Problématique

Les aménagements proposés nécessitent des terrassements importants dans le rocher ou déroctage. La problématique repose sur la faisabilité de techniques d'extraction de ces matériaux compte-tenu notamment des caractéristiques du sol.

En effet, les terrassements se feront en grande partie dans de l'océanite, « *ces laves massives, très riches en olivine, affleurent dans le lit de la rivière d'Abord depuis le seuil aval de Bassin Plat jusqu'à la défluente amont, soit sur un linéaire de 1,8 km ; elles ont été également observées dans le lit et les berges du bras droit sur la totalité de son tracé* » (Extrait du rapport de géomorphologie).

Le seul emploi d'engins de type brises roche hydraulique pourrait engendrer des cadences de travaux très faibles. **Le recours à des techniques de minage doit être envisagé à la vue des volumes de déroctage.**

3.3.2 Technique de déroctage par BRH

C'est la technique de terrassement dans le rocher la plus courante à la Réunion pour des projets où les volumes de terrassements sont relativement faibles. Par exemple, dans les Hauts de Saint-Paul, lors du chantier de l'Antenne 4 – Irrigation du Littoral Ouest – Département de la Réunion, le déroctage pour la pose de conduites a été réalisé à l'aide de BRH.

Les inconvénients du BRH se révèlent dans des roches particulièrement dur et compact, peu fissurées : cadence très ralentie, usure rapide de la dent de déroctage, vibrations importantes, etc.

Les fabricants ont cherché à renforcer les BRH en créant des BRH « améliorés » qu'on pourra appeler « BRH+ » dont la puissance, plus importante, permet de s'attaquer à des roches très dures et compactes.

Un exemple de BRH+ est le « TERMINATOR DX1800 ». Ce matériel de 11 tonnes se monte sur une pelle rétro de 70 à 85 tonnes, en lieu et place du godet. Le fabricant indique que : « *dans les roches éruptives, dures et fissurées, la production d'un DX1800 peut varier de 80 à 120 tonnes/heure. Dans la coulée massive que vous me décrivez, il faudra peut-être créer des zones de faiblesse par foration. La méthode déjà utilisée dans du Gabbro consiste à préparer la zone d'extraction comme un tir de mine, en forant en DN120 mm avec une maille de 0,5m X 0,5m à 1m X 1m, suivant la nature de la roche. Ensuite on utilise le marteau en positionnant sa pointe DN275 mm dans les trous de forage. L'énergie de frappe sera ainsi concentrée dans les 4 axes de la maille de foration.* » Cet exemple n'est pas anodin car un « TERMINATOR » a été utilisé notamment sur le chantier de la route des Tamarins.

3.3.3 Technique de fragmentation par cartouche type P2

Il existe par ailleurs la fragmentation par cartouche pyrotechnique de type P2. Cette technique permet, sur des roches denses et peu fragmentées de dérocter avec l'utilisation d'explosifs à usage civil insérés dans un forage préalable. Leurs utilisation/stockage/approvisionnement est ainsi moins contraignant que les explosifs utilisés pour du minage. Elle permet cependant des cadences de réalisation inférieures et des coûts plus importants que le minage à l'explosif et le déroctage.

Les sujétions de nuisances sonores, de projections, de protections restent les mêmes que concernant le minage classique.

Cette technique permet de dérocter des volumes petits à moyen de manière ponctuelle. Elle est utilisée par exemple pour de la purge ou de la fragmentation de bloc à la suite d'une chute sur la route.

Du fait de son coût, cette technique n'est pas à retenir seule pour des volumes des importants tels que ceux en jeu pour ce projet. Elle ne sera donc pas incluse dans l'analyse multicritères présentée.

Nous retenons par ailleurs cette solution afin de subvenir aux besoins de déroctage ponctuel de roche très dures pouvant être rencontrées (veine de basalte bleu par exemple). Ainsi il sera possible de garder une bonne cadence de déroctage là où elle chuterait fortement avec un déroctage par BRH.

3.3.4 Technique de minage

Le minage, comme toute technique particulière, n'est économiquement intéressant qu'employé judicieusement par exemple en terrassement lorsque les volumes en jeu rendent l'emploi de brise roche ou de rippers inadaptés pour des raisons de coûts et de délai.

Les grands travaux réalisés dans les années 2000 ont largement eu recours à cette technique. En particulier :

- Lors de la réalisation des terrassements rocheux et confortement pour le transfert des eaux de Salazie à la Réunion (plus de 30 000 m³ à proximité d'habitations et la réalisation d'une galerie de 30 m² de section, 5 m sous fondation) ;
- Lors du chantier de la route Tamarins : plus d'un million de mètres cubes (1 000 000 m³) ;
- Lors de la réalisation de la galerie de 7 km sur 2 m² de section à l'île de la Réunion.

Le minage à la Réunion a fait l'objet en 2009 d'un PFE qui s'intitule « Le minage, une alternative aux techniques courantes de terrassements rocheux à la Réunion » - DE RENZO Alban – INSA – GTOI. Ce document est joint en annexe 1 du présent rapport.

Il aborde notamment les thèmes suivants (extrait du sommaire) :

2. LE MINAGE.....	
2.1. Historique du minage à la Réunion	
2.2. Rappel des principes du minage	
2.2.1. La technique	2.7.1. Dispositif de contrôle des vibrations.....
2.2.2. Paramètre du tir	2.7.2. Mesure des vibrations.....
2.2.3. Les explosifs.....	2.8. Utilisations annexes.....
2.2.4. Les détonateurs.....	2.8.1 Essais de sismiques réfractions
2.3. Utilisation à la Réunion	
2.3.1. Technique envisageable à la Réunion	3. ETAT DES LIEUX DES TERRASSEMENTS ROCHEUX
2.3.2. Utilisation de nitrate fuel.....	3.1. Brise Roche Hydraulique
2.3.3. Utilisation du MORSE	3.2. Ciment expansif.....
2.3.4. Chantiers en milieux urbanisés	
2.4. Quels sont les intérêts et inconvénients du minage ? ..	4. CHANTIERS ETUDIES
2.4.1. Intérêts.....	4.1. Chantiers terminés.....
2.4.2. Inconvénients	4.1.1 Chantier autoroutier type (A20 CAHORS – 2000)
2.5. Critères économiques	4.1.2 Route des Tamarins.....
2.5.1. Prix et quantité d'explosif	4.2. Chantiers en cours
2.5.2. Rendement.....	4.2.1 RD 28 ligne des bambous.....
2.5.3. Transport	4.2.2 ZAC St Anne.....
2.5.4. Stockage	4.2.3 STEP St Leu.....
2.6. Réglementation concernant le minage	4.2.4 RD6 Plateau caillou.....
2.6.1. Autorisations administratives	4.2.5 Maison des civilisations et de l'Unité Réunionnaise
2.6.2. Qualification du personnel	4.3. Perspectives ?
2.6.3. Responsabilité de l'entrepreneur	4.3.1 Déviation de St Joseph
2.7. Contrôle des vibrations.....	4.3.2 Etude de prix : Ravine des Cabris.....
	4.3.3 Système M.O.R.S.E.....

Figure 27 : PFE de DE RENZO A. – 2009 – « Le minage, une alternative aux techniques courantes de terrassements rocheux à la Réunion ? » - Extrait du sommaire

Ce document donne un éclairage très opportun sur les techniques de déroctage employées à la Réunion avec une analyse des coûts. Il permet de dresser la synthèse ci-dessous.

Pour les travaux réalisés en aval du bras droit, la géotechnique ne permet pas d'exclure une solution de déroctage. **Le chiffrage du projet sera réalisé en considérant l'utilisation de BRH couplé avec de la fragmentation pour les zones les plus dure à dérocter**, solution la plus probable dans le contexte réunionnais, mais l'appel d'offres pourra rester ouvert sur le minage.

Il est à noter cependant que la mise en œuvre du minage à la Réunion nécessitera la mise en œuvre de tout un contexte permettant de gérer notamment :

- L'approvisionnement suffisante en explosifs ;
- La création d'une zone de stockage habilitée de ces explosifs ;
- La formation ou l'acheminement de personne habilités à la réalisation de tirs ;
- La mise en œuvre de toutes les procédures administratives nécessaires à l'approvisionnement, au stockage et à la réalisation de tirs de minage.

3.3.5 Protections des avoisinants

Le déroctage est une opération induisant de nombreuses nuisances et notamment des vibrations importantes et continues.

La mise en œuvre d'un constat contradictoire avant et après travaux sera nécessaire afin d'assurer le suivi des dégradation accidentelles des avoisinants.

La projection de solide pourra être contenu par l'intermédiaire de l'application d'un certain volume de terre sur la roche à fragmenter par exemple.

Il est ainsi nécessaire de prévoir les protections adéquates tant au niveau de la nuisance sonore que de la protection de la poussière.

3.3.6 Caractéristiques du fond de fouilles

Le sol de la Réunion est principalement composé de couches de laves successives plus ou moins dense et compactes. Du fait de l'hétérogénéité des sols en place, des singularités de type tunnels de laves, veines de basalte bleus sont couramment rencontrés.

Il est de ce fait préférable d'effectuer des sondages de type géophysique afin de cartographier au mieux l'état réel des sols sur la surface impactée par ce déroctage.

A la vue des écoulements possibles importants au niveau de la rivière d'abord, il est préférable d'avoir un fond de fouille non friable et résistant à l'érosion.

Lors des phases de déroctage « lourd » en fond de ravine, il est prévu les deux scénarii suivants :

- Le remplissage des poches de scories/alluvions/terrains meubles en enrochement liés jusqu'à la côte de fond de fouille ;
- Le surfacage simple du fond de fouille lorsqu'un sol de type basalte sain/basalte « Bleu » est rencontré sur une épaisseur suffisante.

3.3.7 Analyse multicritère

Chacune des techniques de déroctage présente ses avantages et inconvénients.

Techniques de déroctage	Avantages	Inconvénients
BRH / BRH+	- Méthode traditionnellement employée (n'exclut aucune entreprise) - Adaptation à tous les matériaux rocheux (roche dure et tendre) - Travail en continu - Possibilité de régler les talus - Accès à toute la fouille - Absence d'autorisation spécifique à son emploi - Possibilité de compenser la faible cadence par la mise en œuvre de plusieurs ateliers en parallèle	- Cadence ralentie en fonction du type de sols rencontrés (bancs d'essais à réaliser) - Vibrations importantes à très importantes fonction de la puissance de l'engin retenu - Vibrations continues - Altération du rocher autour du profil dérocté - Nuisances sonores incompatibles avec l'environnement urbain sur de longues période
Minage	- Cadence de travaux accélérée ; rendement important - Nuisance sonore minimisée (bruit limité à la foration) - Poussières réduites - Dans le cas où le minage est réalisé par des spécialistes en la matière, possibilité d'obtenir des découpages propres dans le rocher (peu d'altérations – nuisances vibratoires minimisées)	- Comportement au minage de l'océanite non éprouvé (bancs d'essais à réaliser) - Propagation des ondes difficiles à maîtriser dans les couches de scories et les éventuels vides - Pendant les tirs : interdiction de circuler sur les routes à proximité, fermeture des parkings et établissements pouvant recevoir du public à proximité - Suppressions et projections à maîtriser - Autorisations administratives nécessaires à la livraison et à l'emploi à obtenir

Figure 28 : Analyse multicritère des techniques de déroctage

3.3.8 Choix de la technique de déroctage et impact sur le chiffrage

Le choix de la technique de déroctage retenue pourra être affinée après la réalisation de **bancs d'essai pour chacune des techniques pressenties.**

Ces essais permettront d'affiner la balance coût/délai de chacune des techniques dans les conditions réelles du site.

Le volume à dérocter estimé pour le chenal et le reprofilage du Bras Central est de **126 000 m3**.

Le volume à dérocter estimé pour le reprofilage du Bras Droit est de **84 090 m3**.

Le volume à dérocter estimé pour l'élargissement du chenal du Bras Droit est de **21 410 m3**.

Le volume à dérocter estimé pour l'abaissement du seuil d'alimentation est de **9 290 m3**.

Le chiffrage du projet est ainsi réalisé en considérant l'utilisation d'un BRH/BRH+ avec 15% du volume considéré en roche très dure et ainsi dérocté par fragmentation à la cartouche P2.

Il est à noter que l'évolution du chiffrage peut être fortement impactée par :

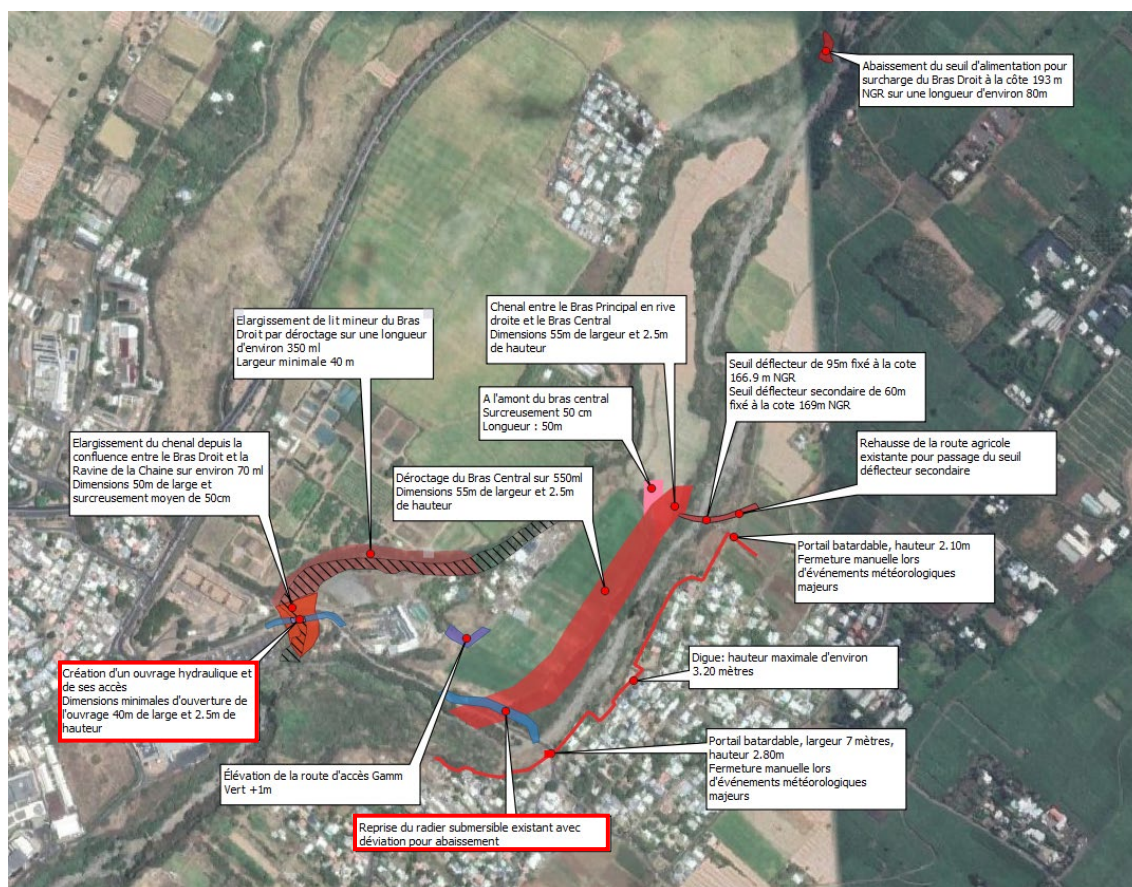
- Le pourcentage de roche très dure présente réellement sur site. Elles augmenteraient significativement les coûts liés au déroctage, car elles nécessiteraient d'être fragmentées ;
- La présence de cavité ou de poche alluvionnaires ou de scories. Ces cavités sont prévues comme remplis en enrochements liés avec un béton cyclopéen alimenté de matériau issue du déroctage. L'hypothèse retenue est la prise en compte d'un remplissage sur une hauteur de 1.5m sur 10% de la surface totale à dérocter. Ceci correspond à 5 % du volume totale dérocter.

Dans tous les cas, les marchés de travaux devront prévoir une rémunération au volume extrait, et selon plusieurs techniques, afin de pouvoir adapter la méthodologie au terrain naturel rencontré. Un contrôle extérieur par un géotechnicien sera indispensable au bon déroulement des travaux.

3.4 Reprise du chemin bassin plat

Sur le linéaire du chemin bassin plat, la chaussée sera reprise en deux points :

- Au niveau de la restructuration de l'ouvrage hydraulique du bras droit → surélévation ;
- Au niveau de l'ouverture du chenal central par la création d'une déviation définitive en radier.



La structure de chaussée sera identique pour ces deux points car elle transite sensiblement le même trafic de poids-lourds.

Le dimensionnement d'une chaussée se fait en fonction du nombre de poids lourds circulant sur la voie la plus chargée cumulé sur la durée de dimensionnement prévue de la chaussée.

3.4.1 Catégorie de la voie et classe de trafic

La catégorie de la voie est de type « artères interurbaines et autres routes », il s'agit donc d'une voie du réseau non structurant (VRNS). La durée de dimensionnement est donc 20 ans.

Le comptage de 2012 pour le chemin bassin plat est récapitulé dans le tableau suivant.

	Vers St Pierre		Vers St Joseph	
	VL	PL	VL	PL
Total Campagne	34 465	1 176	33 930	1 226
Trafic moyen/jour	4 924	168	4 847	175
Vitesse moyenne	48 Km/h	45 Km/h	50 Km/h	47 Km/h
V85	57 Km/h	56 Km/h	59 Km/h	57 Km/h
V15	40 Km/h	35 Km/h	41 Km/h	38 Km/h

Tableau 4: Trafic moyen 2012 (données commune de St Pierre)

Conformément au guide « Manuel de dimensionnement des chaussées neuves à faible trafic » publié par le CEREMA, si le type et le taux de croissance ne sont pas connues, il est retenu une croissance de type arithmétique et un taux de croissance de 2%. C'est cette hypothèse qui est retenue en l'absence de comptage fiable plus récent pour la période de 10 ans entre 2012 et 2022.

La valeur de trafic journalier moyen en PL est de 210 PL/jour pour la voie la plus chargée.

La valeur à retenir pour le dimensionnement de la chaussée définitive est le trafic de poids lourd cumulé.

$$N_{PL} = TMJA_d \times 365 \times C$$

Le facteur de cumul pour une croissance arithmétique s'écrit :

$$C = n \times \left(1 + \frac{(n-1) \times r}{2} \right)$$

$$N_{PL} = 210 \times 365 \times 23.8$$

$$N_{PL} = 1\,824\,270 \text{ PL.}$$

La classe de trafic cumulée retenue est TC4₂₀.

3.4.2 Définition de la structure de chaussée

Pour une plateforme de type PF2 et en l'absence d'étude de sol la structure de chaussée proposée est la suivante :

- 40 cm de GNT 0/31.5
- 16 cm d'EME
- 7 cm de BBSG

Le BBSG pourra être remplacé par de l'EME pour optimiser les épaisseurs d'enrobés, mais avec une exigence plus forte sur la plateforme (PF2qs).

Des formulations intégrant une part importante de recyclages seront favorisées.

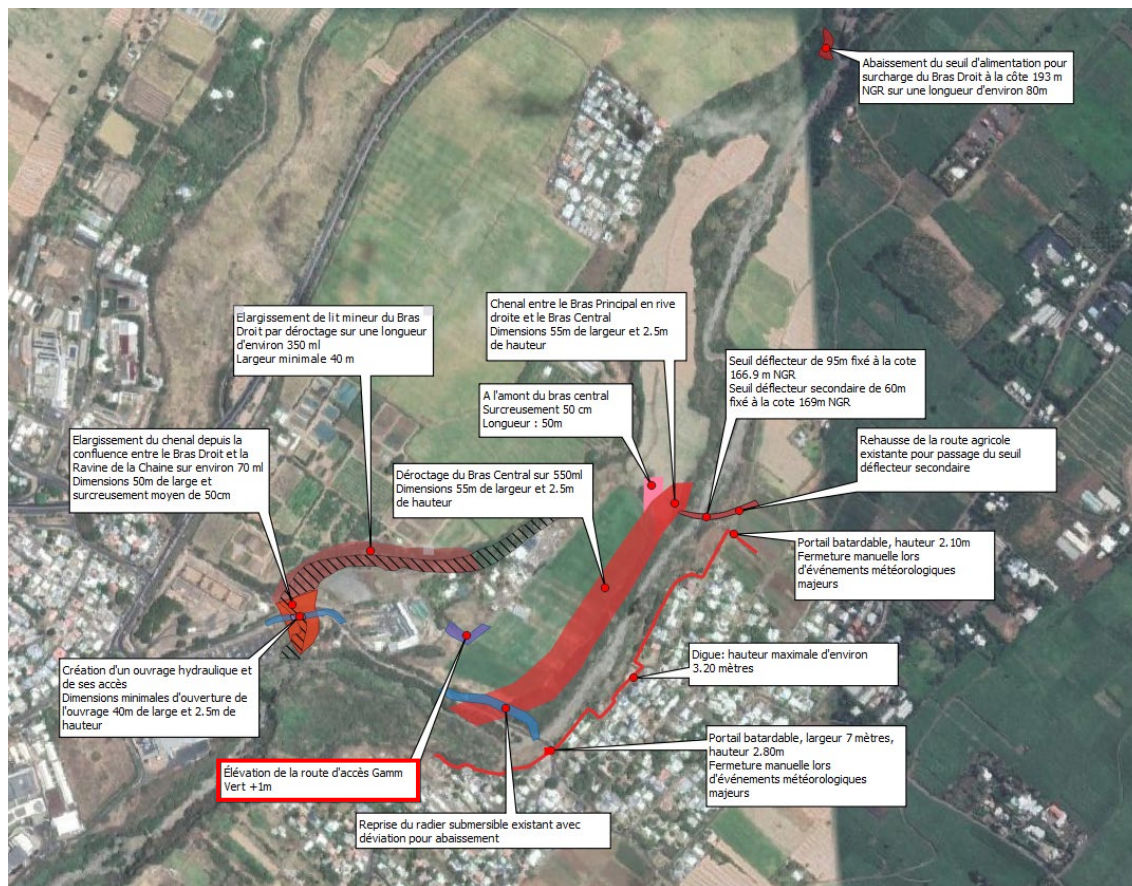
3.5 Elévation de la route Gamm Vert

Concernant **la zone commerciale Gamm Vert et les enjeux associés**, les débordements du bras droit sont annulés par l'élévation du seuil d'alimentation amont du bras droit. En revanche, des débordements se produisent toujours depuis le bras central vers cette zone commerciale.

Sur ce secteur, le chemin d'accès vers le sud-est constitue un point bas, à partir duquel les eaux du bras central inondent la zone commerciale pour ensuite rejoindre le bras droit. En effet, le chemin est situé jusqu'à 1 ou 2 mètres plus bas que le T.N naturel environnant.

C'est pourquoi il est préconisé de rehausser l'altimétrie de la route existante de 1m.

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet



La réhausse sera effective sur 40ml en remontant vers le centre commercial et se raccordera avec une pente douce à l'altimétrie de la route existante.

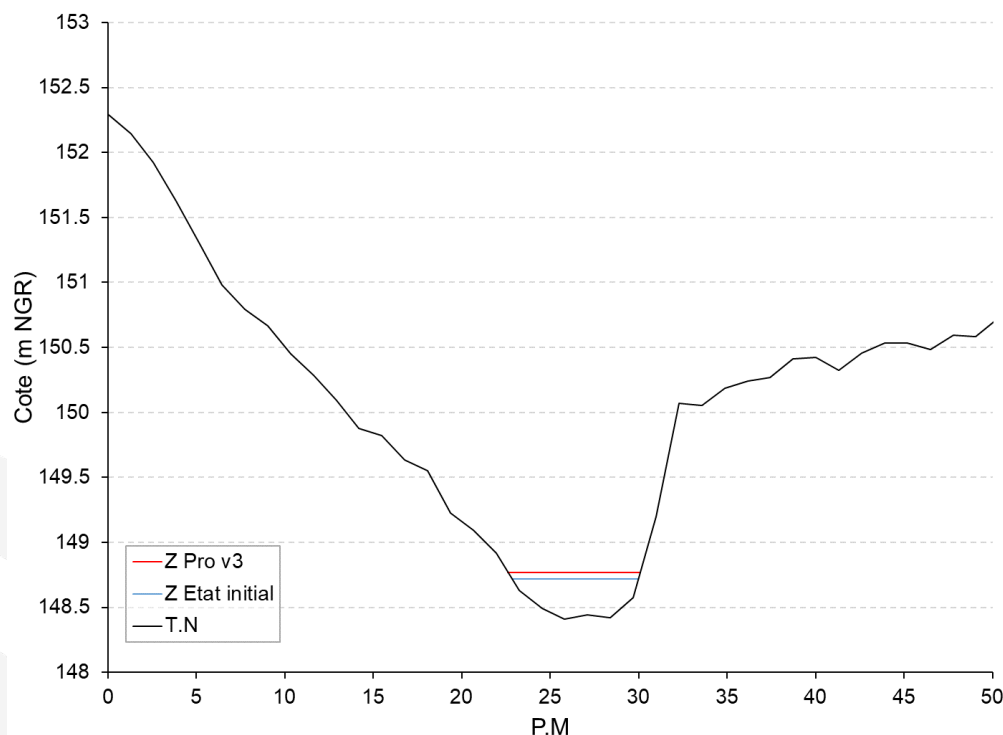


Figure 29 : Profil en travers du chemin d'accès Gamm Vert

Le dimensionnement d'une chaussée se fait en fonction du nombre de poids lourds circulant sur la voie la plus chargée cumulé sur la durée de dimensionnement prévue de la chaussée.

3.5.1 Catégorie de la voie et classe de trafic

La catégorie de la voie est de type « artères interurbaines et autres routes », il s'agit donc d'une voie du réseau non structurant (VRNS). La durée de dimensionnement est donc 20 ans.

La zone desservie étant restreinte, nous prenons l'hypothèse suivante concernant le trafic journalier moyen de ce chemin équivalent à 20 PL par jour en 2022.

Conformément au guide « Manuel de dimensionnement des chaussées neuves à faible trafic » publié par le CEREMA, si le type et le taux de croissance ne sont pas connues, il est retenu une croissance de type arithmétique et un taux de croissance de 2%.

La valeur à retenir pour le dimensionnement de la chaussée définitive est le trafic de poids lourd cumulé.

$$N_{PL} = TMJA_d \times 365 \times C$$

Le facteur de cumul pour une croissance arithmétique s'écrit :

$$C = n \times \left(1 + \frac{(n-1) \times r}{2} \right)$$

$$N_{PL} = 20 \times 365 \times 23.8$$

$$N_{PL} = 173\,740 \text{ PL.}$$

3.5.2 Définition de la structure de chaussée

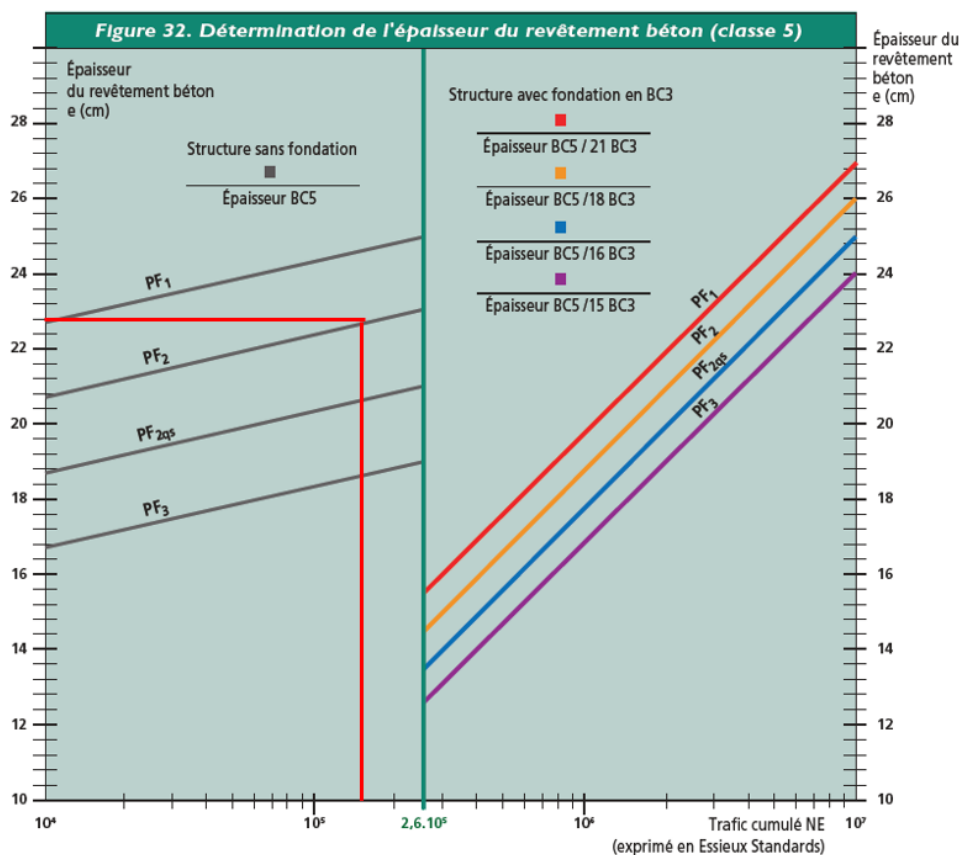


Figure 30 : Abaque de détermination de l'épaisseur du revêtement béton – Collection technique Cimbéton

Pour une plateforme de type PF2 et en l'absence d'étude de sol la structure de chaussée proposée est la suivante :

- 40 cm de GNT 0/31.5
- 23 cm de béton type BC5

Le talus exposé aux écoulements sera maçonné afin de prévenir de tout risque d'érosion partielle du remblai sous chaussée.

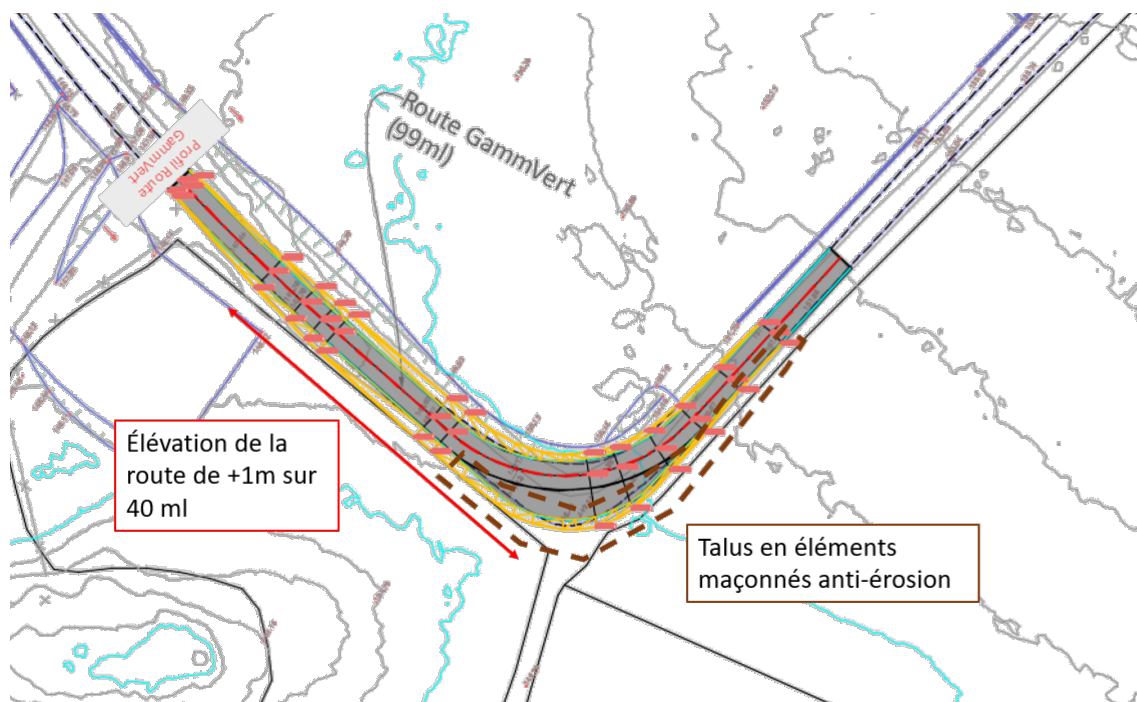


Figure 31 : Principe de confortement du talus de remblai routier par maçonnerie

3.6 Digue de protection

L'étude hydraulique préconise la mise en œuvre d'une digue de protection afin de contenir les écoulements le long du bras principal de la rivière d'Abord et de parer les éventuels débordements au niveau des habitations.

Le graphique suivant permet de juger de la hauteur minimale nécessaire de digue à prévoir le long du bras principal. Cette hauteur est variable et prévoit une revanche de 50 cm par rapport aux hauteurs d'eaux les plus élevées.

Les hauteurs de digue à mettre en œuvre dans ce scénario sont moins importantes que pour le scénario sans mobilisation du bras droit. On obtient un abaissement de la hauteur de digue atteignant 60 cm. Le graphique suivant permet de comparer les hauteurs nécessaires dans les différentes configurations.

De la même manière, l'ensemble des éléments de type portails batardables aura une hauteur moins importante que dans le scénario sans mobilisation du Bras Droit.

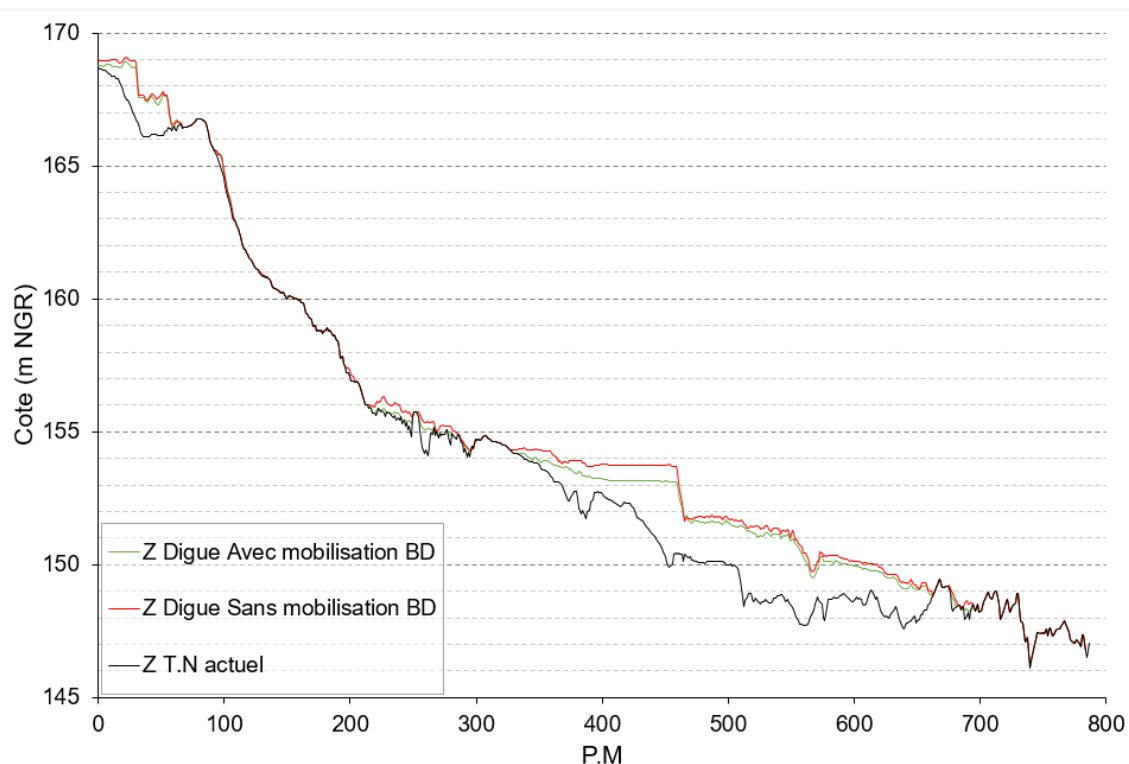


Figure 32 : Profil en long de la digue et comparaison avec le scénario sans mobilisation du bras droit

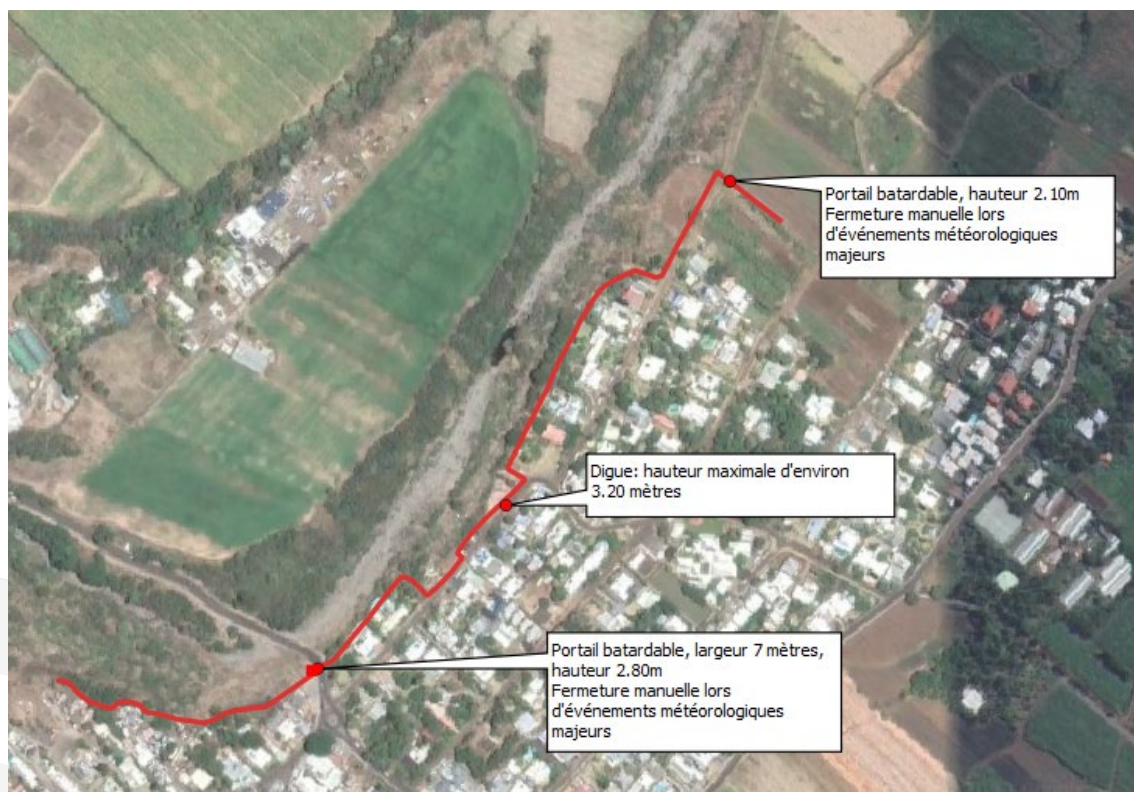


Figure 33 : Localisation de la digue de protection et des sections à portail batardable

Ces ouvrages sont couramment réalisés à la manière d'un mur anti-crue avec des structures de type mur en L béton armé, d'ouvrages de soutènement en moellons ou de type digue en remblai. Sur le terrain, le linéaire de la digue est dessiné par différents ouvrages (enrochements libres en ravine, murs de clôture riverains, murs de soutènement moellons, ...).



Figure 34 : Enrochements libres dans le bras principal au niveau de la quincaillerie



Figure 35 : Murs de clôture riverain en amont direct du radier existant – Bras principal

Par endroit, des murs moellons riverains de hauteur importante ont été construits. Il sera pertinent, si cette solution est retenue, de faire un recensement des murs existant et de leur état afin de déterminer ceux-qui peuvent jouer le rôle de digue en l'état ou avec une simple réhausse.



Figure 36 : Murs moellons « neuf » de clôture riverain en amont direct du radier existant – Bras principal

Afin de comparer les différentes solutions, la coupe avec la hauteur maximale de digue nécessaire est étudiée, pour 3.20m de haut (hors sol).

L'emprise au sol disponible pour la structure projetée est contrainte par endroit, notamment au niveau des habitations à proximité du chemin des radiers.

3.6.1 Principe structurel

3.6.1.1 Solution digue en remblai

Pour la mise en œuvre d'une solution de type digue en remblai, la géométrie de l'ouvrage est la suivante :

- Un replat de 3m permettant la circulation des camions pour création de la digue à l'avancée ;
- Une carapace côté bras principal et replat en enrochements liés ;

L'ouvrage possède des pentes en 3/2V de part et d'autre. L'emprise au sol de la digue est de 13m.

Le coût en matériau structurel pour la réalisation de cet ouvrage est de l'ordre de 2400 €/ml.

Cette solution a une emprise au sol importante. En effet, elle viendrait à perturber l'écoulement du bras principal tel que modélisé. Une réduction de la section hydraulique du bras induirait une augmentation des hauteurs d'eau. Il surviendrait ainsi au niveau des habitations, ou du Bras Central.

3.6.1.2 Solution murs en béton armé

Pour la mise en œuvre d'une solution de type digue en mur béton armé, la géométrie de l'ouvrage est la suivante :

- Une semelle béton armée ancrée dans le sol portant d'au moins 0.5m ;
- Un voile en élévation en béton armé d'épaisseur 50 cm en moyenne ;

Le coût en matériau structurel pour la réalisation de cet ouvrage est de l'ordre de 4700 €/ml.
Cette solution est celle qui a l'emprise au sol la plus faible une fois l'ouvrage construit. Elle est cependant la plus onéreuse.

3.6.1.3 Solution murs moellons

Pour la mise en œuvre d'une solution de type digue en mur moellons la géométrie de l'ouvrage est la suivante :

- Une semelle béton armée ancrée dans le sol portant d'au moins 0.5m ;
- Un voile en élévation en maçonnerie d'épaisseur 50 cm en tête ;

Le coût en matériau structurel pour la réalisation de cet ouvrage est de l'ordre de 2500 €/ml.
Ce coût peut être réduit en fonction des matériaux pouvant être réutilisé à la suite du déroctage.
Cette solution a une emprise finie au sol moyenne, de l'ordre de 2m au maximum, elle n'impacte pas significativement l'écoulement du Bras Principal.

C'est donc cette dernière solution qui est retenue dans l'estimation présentée.

3.6.2 Croisements avec les voiries

La rencontre entre une digue et une voirie est toujours un point important. En effet, simplement scinder la digue pour laisser passer la voirie et la circulation n'est pas envisageable car l'écoulement de l'eau suivrait le même cheminement.

Les débordements du côté de bassin plat ne seraient ainsi pas évités.

Ces croisements peuvent être réalisés par l'intermédiaire :

- d'une surélévation du niveau de la route afin de passer par-dessus le niveau de la digue théorique ;
- de la mise en œuvre d'une porte batardable qui pourrait être fermée lors d'évènements météorologiques importants.



Figure 37 : Exemple de porte batardable à fermeture manuelle - Codolet



Figure 38 : Exemple de surélévation de la route traversante au niveau de la digue de protection – Codolet



Figure 39 : Pont de la RD5 sous la route-digue de Saint-Paul - rainure et platine pour mise en œuvre d'un batardeau, pour protéger le centre-ville des inondations de l'Étang

3.6.2.1 Chemin bassin plat

La voie principale rencontrée est le chemin de bassin plat au niveau du Bras Principal. La voirie existante a une largeur de 7 mètres environ.



Figure 40 : Zone de traversée à prévoir chemin Bassin Plat

Les contraintes géométriques de l'existant sont :

- L'altimétrie du radier actuel qui est à conserver afin de ne pas contenir l'écoulement au niveau du Bras Principal ;
- L'altimétrie du rond-point de Bassin Plat à conserver.

Les hauteurs de protection nécessaire à cette localisation sont de l'ordre de 2.80m.

Ainsi la mise en œuvre d'un endiguement ponctuel de type portail batardable est préférable dans cette configuration car c'elle ci ne nécessite que peu d'emprise au sol par rapport à une solution d'élévation de la route, qui nécessite des raccordements avec pentes à l'existant. Cette dernière est à privilégier dans le cas de la mise en œuvre d'un ouvrage de franchissement insubmersible.

3.6.2.2 Allée des Primevères

Au niveau de l'allée des Primevères, le chemin agricole existant sera impacté en 2 points :

- Au croisement avec le merlon de rehausse au niveau du seuil déflecteur dans le Bras principal ;
- Au croisement avec la digue de protection.

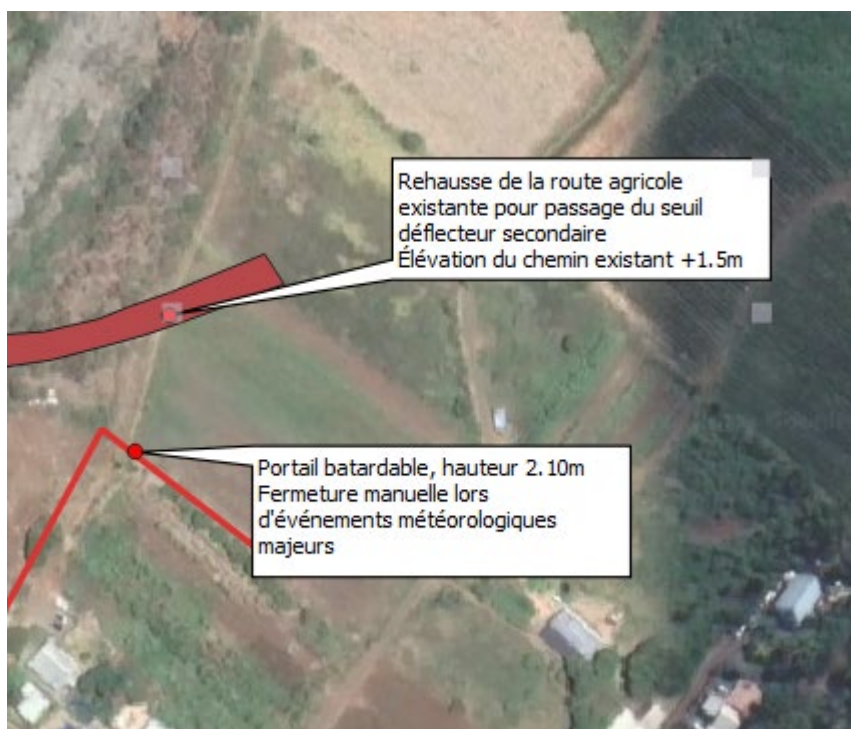


Figure 41 : Croisements entre l'allée des primevères et les ouvrages projetés.

Le premier croisement entre le chemin agricole et la digue secondaire en merlon impose une surélévation du chemin existant de 1.50m. Elle se raccordera sur la route existante avec une pente douce.

En l'absence de comptage sur la zone, nous prenons l'hypothèse suivante concernant le trafic journalier moyen de ce chemin équivalent à 20 PL par jour en 2022.

Ainsi, de la même manière que pour l'élévation de la route de Gamm Vert, nous retenons pour une plateforme de type PF2 et en l'absence d'étude de sol, la structure de chaussée proposée est la suivante :

- 40 cm de GNT 0/31.5
- 23 cm de béton type BC5

Le second croisement à prévoir au niveau de l'allée des Primevères est au niveau de la digue de protection. Afin de garder l'accès au chemin agricole existant, un portail batardable d'une hauteur de 2.10m est ainsi à prévoir afin de protéger les habitations de cette zone.

3.7 Reprise de l'ouvrage de franchissement de la ravine la chaîne

3.7.1 Localisation

La jonction entre le bras de la rivière d'abord et la ravine de la Chaîne se fait au niveau de l'ouvrage routier du chemin de bassin plat.

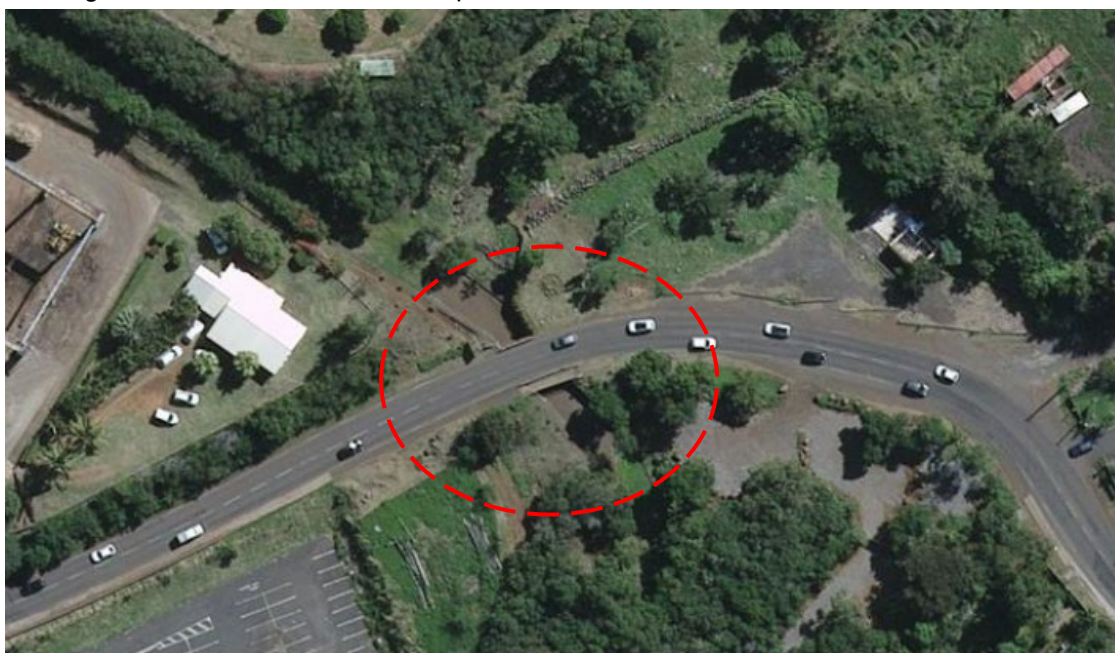


Figure 42 : Localisation de l'ouvrage hydraulique

L'ouvrage d'art actuel de la ravine de la chaîne est un pont dalle avec une ouverture de l'ordre de 4m de largeur par 2m de hauteur.



Figure 43 : Vue depuis l'amont sur l'ouvrage hydraulique

3.7.2 Contrainte hydraulique

A l'état initial, l'ouvrage est en charge dans les deux scénarios ($Q = 190 \text{ m}^3/\text{s}$ et $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$).

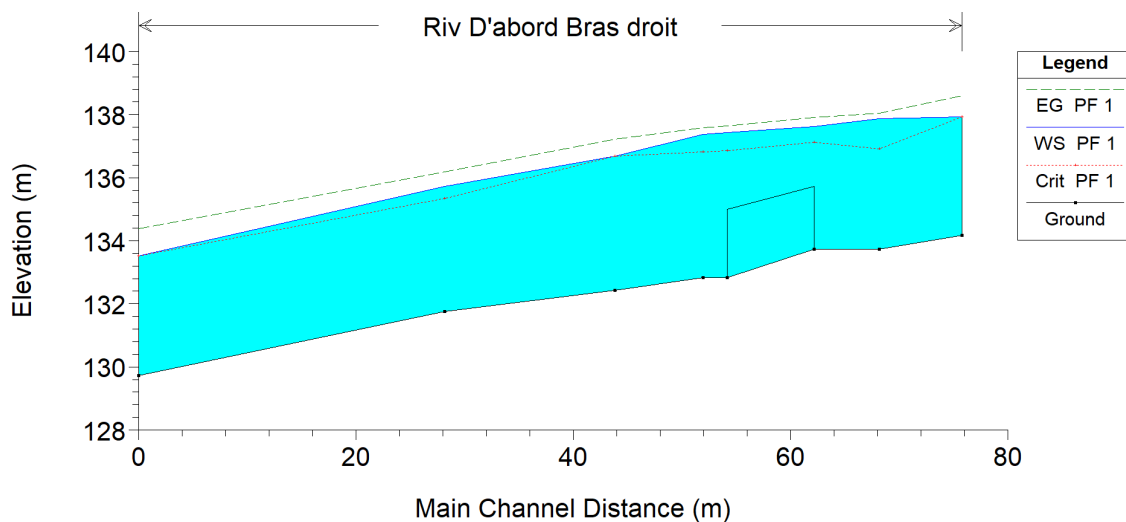


Figure 44 : Ligne d'eau dans le bras droit au niveau de l'ouvrage routier : Scénario Etat actuel ($Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$)

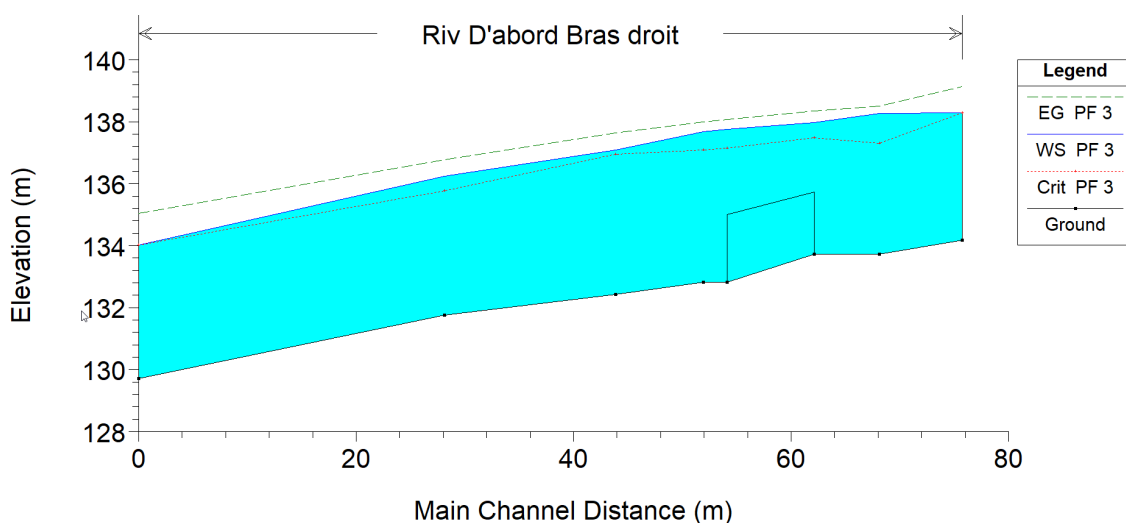


Figure 45 : Ligne d'eau dans le bras droit au niveau de l'ouvrage routier : Scénario AVEC surcharge BD ($Q = 430 \text{ m}^3/\text{s}$)

L'ouvrage ne permet donc pas un écoulement sans débordement sur la route. En effet, les simulations montrent que le lit majeur est inondé en rive droite et en rive gauche, que l'ouvrage entre en charge et que la route est inondée. A l'état actuel, l'ouvrage routier est haut de 2 mètres et large de 4 mètres ($2 \text{ m} \times 4 \text{ m} : H / L$).

Deux scénarios ont été retenus pour le calcul du gabarit hydraulique nécessaire de l'ouvrage :

- Fonctionnement actuel, soit $300 \text{ m}^3/\text{s}$,
- Fonctionnement avec surcharge du bras droit, soit la diminution du seuil à l'amont du bras droit, et donc une augmentation du débit, soit $430 \text{ m}^3/\text{s}$.

Pour le fonctionnement actuel, il est nécessaire d'élargir le gabarit du chenal à 40 mètres (contre 10/15 mètre actuellement). Il faut également un surcreusement du chenal d'environ 50 cm. Le gabarit nécessaire sous l'ouvrage est de 36m de large et 2.5m de hauteur (pour 50 cm de tirant d'air).

Pour le fonctionnement avec surcharge du Bras Droit incluant la mise en œuvre de la diminution du seuil à l'amont, il est nécessaire d'élargir le gabarit du chenal à 50 mètres. Il faut également un surcreusement du chenal d'environ 50 cm. Le gabarit nécessaire sous l'ouvrage est de 40m de large et 2.5m de hauteur (pour 50 cm de tirant d'air). Cette ouverture est possible par la mise en œuvre d'une pente à l'amont de l'ouvrage d'environ 20% sur une longueur de 5 mètres.

Le gabarit retenu pour cette étude est celui défini par le scénario avec surcharge du bras droit afin d'offrir une protection complète des habitations et espaces commerciaux aux alentours et d'optimiser l'ouvrage hydraulique. Nous retiendrons une hauteur minimale de 3m sous ouvrage afin de laisser une revanche d'1m permettant le passade d'embacles importants. De plus, la mise en œuvre de piles intermédiaires est possible à condition de mettre en œuvre des travées minimale de 8 mètres d'ouverture afin de permettre le passage de flottants (tronc d'arbre, etc...).

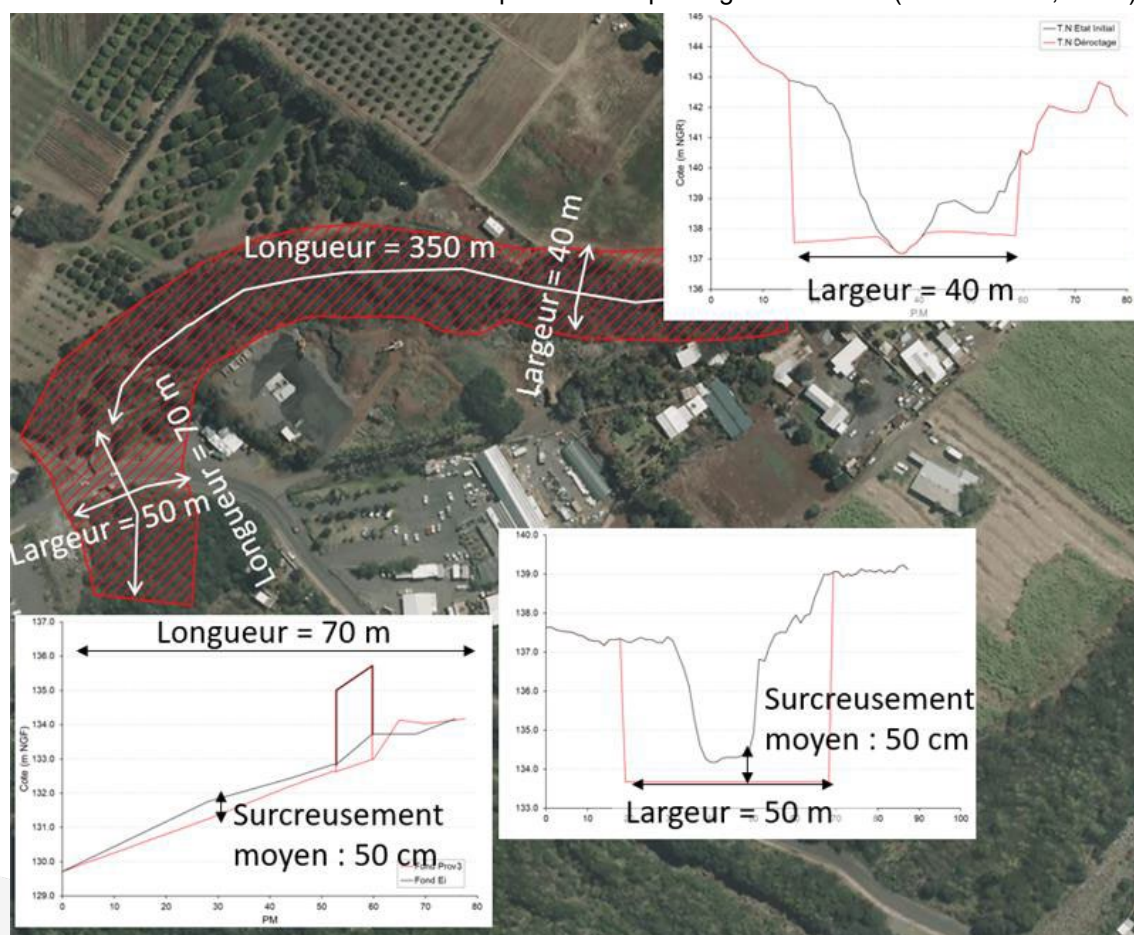


Figure 46 : Scénario d'élargissement retenu

3.7.3 Profil en travers général sur le franchissement

Concernant l'ouvrage projet, il est envisagé une largeur utile d'environ 10,50 m répartie de la façon suivante :

- Largeur de chaussée : 2 x 3,00 m,
- Trottoir : 1 x 1,50m à l'amont et 1 x 1,50 m à l'aval. Le trottoir côté amont permettra d'accueillir ultérieurement une bande ou piste cyclable, dans le sens montant de la voie si nécessaire.
- Surlargeurs pour l'ancrage de dispositifs de retenue de type H2 : 2 x 0,75 m

3.7.4 Analyse des contraintes et impacts sur la conception

3.7.4.1 Implantation en plan

A la vue des contraintes d'emprise à l'amont de l'ouvrage, concernant la balance des casernes et le domaine de la Cirad, la construction de l'ouvrage est pressentie en lieu et place ou à l'aval de l'ouvrage existant.

De plus dans le sens Saint-Pierre vers Bassin Plat, l'accès au chemin agricole desservant l'ensemble des terrains enserrés entre le bras droit et le bras central est à conserver. Le raccordement de la voirie devra prendre en considération cette contrainte.

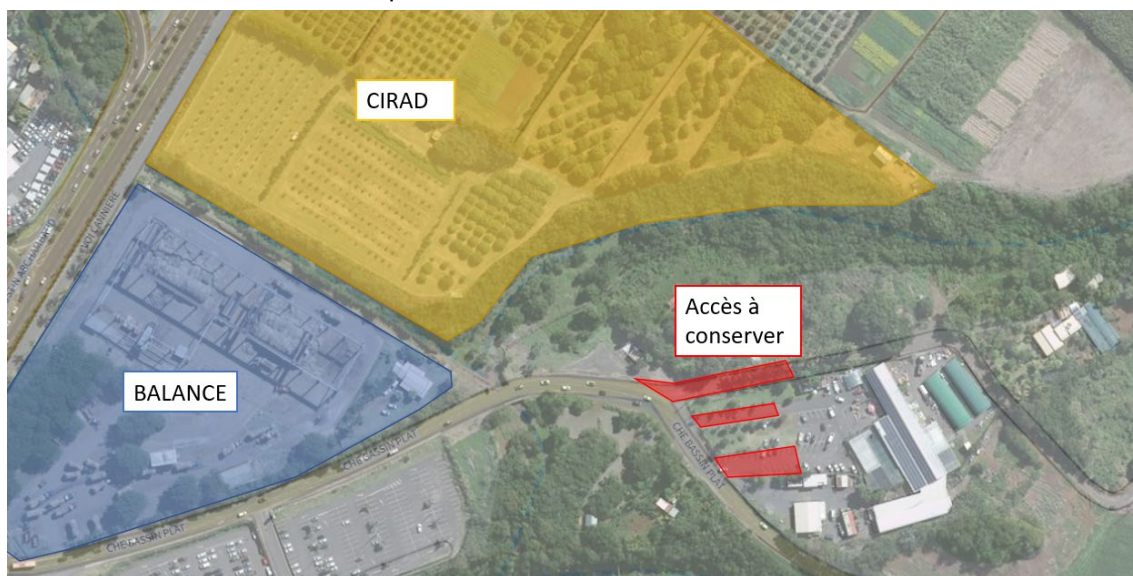


Figure 47 : Contraintes d'implantation chemin bassin plat

Ces contraintes d'implantation amènent à l'élargissement de l'ouvrage en lieu et place de l'existant.

Les axes des lignes d'appuis subissent une rotation afin d'être parallèle à l'écoulement naturel de la ravine. Les appuis n'interfèrent ainsi pas avec l'écoulement hydraulique du site.

L'ouvrage définitif aura un biais de l'ordre de 83 grades. L'ouvrage est donc considéré dans la catégorie des ponts courants. L'ouverture total de l'ouvrage est de 40 m minimum.

Des murs en retours permettront de rattraper les berges naturelles de la ravine. L'ouvrage ne fera ainsi pas obstacle à l'écoulement hydraulique.

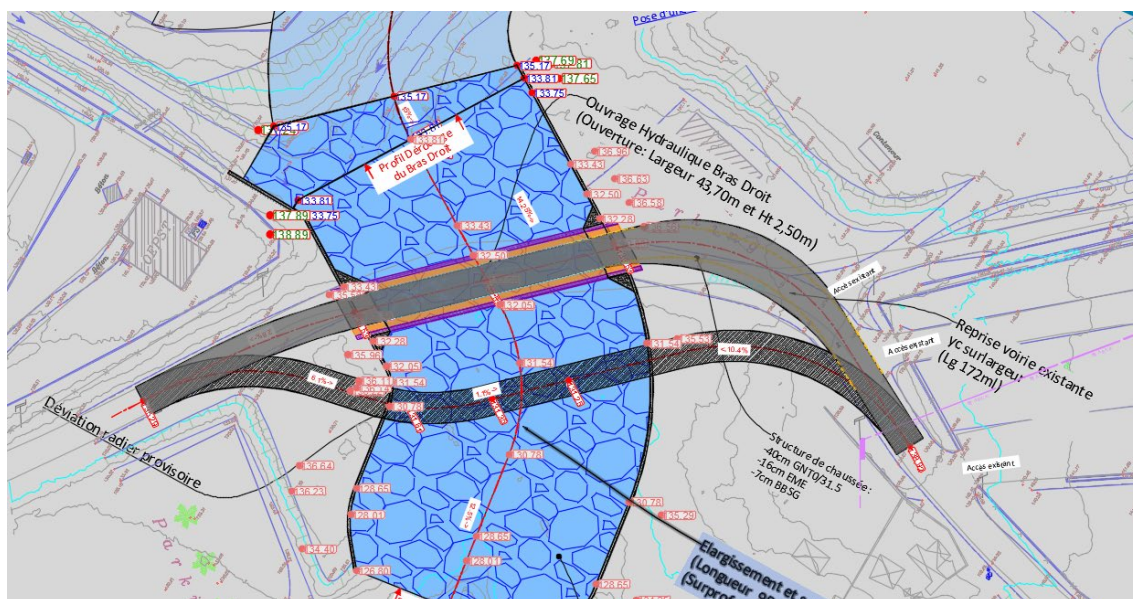


Figure 48 : Vue en plan du tracé routier

L'implantation définitive de l'ouvrage nécessite la mise en œuvre d'une déviation provisoire, à l'aval de l'ouvrage. Cette déviation sera réalisée par le biais d'un radier en remblai passant par le fond du chenal après son surcreusement et son ouverture.

3.7.4.2 Travure de l'ouvrage

L'étude hydraulique annonce un débit important, de plus cette ravine possède un risque de charriage d'embâcles. La portée à franchir est cohérente avec des techniques courantes d'ouvrage d'art à plusieurs travées. C'est pourquoi nous optons ainsi pour **un ouvrage à 3 travées**.

Ainsi, nous réduisons au maximum l'impact de l'ouvrage sur l'écoulement (diminution des pertes de charges, risque inondations, impacts d'embâcles.). De plus, la mise en œuvre d'un tablier continu à 3 travées permet d'optimiser les coûts comparativement à un ouvrage à une seule travée.

3.7.4.3 Profil en long et hauteur de tablier

Le profil en long est conditionné par le raccordement à la voie existante (Chemin Bassin plat. Dans cette configuration, compte tenu du gabarit hydraulique, de la revanche à respecter, de la pente longitudinale minimale et de l'épaisseur du revêtement de chaussée, la hauteur structurelle de tablier est limitée à maximum d'environ 1,00m.

3.7.4.4 Type de structure

L'ouvrage projeté possède une ouverture totale minimale de largeur 40m et de 3m de hauteur.

On considère ainsi une portée principale théorique de l'ordre de 17m. Un balancement moyen de 0,8 est retenu. La travure de l'ouvrage sera ainsi 13,6m – 17m – 13,6m. Dans cette gamme de portée, les types de structures possibles sont les suivantes :

- Pont dalle béton armé (PSIDA) : L'élancement associé à ce type d'ouvrage est de l'ordre de 1/28^{ième} de la portée pour trois travées et un balancement de 0.8. L'épaisseur structurelle du tablier est de 0.65m ;
- Pont dalle précontrainte (PSIDP) : L'élancement associé à ce type d'ouvrage est de l'ordre de 1/33^{ième} de la portée. L'épaisseur structurelle du tablier est de 0.55m ;

- Pont à poutrelles enrobées : L'élanement associé à ce type d'ouvrage est de l'ordre de $1/45^{\text{ème}}$ de la portée. L'épaisseur structurelle du tablier est de 0.40m.

C'est la première solution qui est retenue. En effet, la solution de pont dalle en béton armé propose la mise en œuvre d'une structure robuste et économique tout en proposant une ouverture hydraulique suffisante. Elle nécessite une mise en œuvre limitée d'appareils d'appui. Sa réalisation est par ailleurs plus triviale qu'un ouvrage précontraint. Ceci permet de réduire aussi les coûts d'entretien de l'ouvrage.

Par ailleurs, la finesse du tablier de pont à poutrelles enrobées n'est pas un paramètre nécessaire dans notre configuration.



Figure 49 : Exemple de pont dalle béton armé (CEREMA)

3.7.4.5 Tablier

L'élanement associé à ce type d'ouvrage est de l'ordre de $1/28^{\text{ème}}$ de la portée lorsqu'il s'agit d'un schéma d'équilibre isostatique, ce qui représente environ 0.65m dans notre cas.

Cette épaisseur est augmentée en partie supérieure de 0.10m de couche de roulement (étanchéité et enrobé).

Finalement, l'épaisseur totale du tablier atteint à minima 0.75m et permet de dégager un tirant d'air à minima de 1.00m par rapport à la crue de référence.

3.7.4.6 Appuis

Le chevêtre est muni de 4 bossages d'appui et d'environ 4 bossages de vérinage. Le tablier reposera sur des appareils d'appui de type néoprène fretté.

3.7.4.7 Réalisation

La réalisation du nouveau tablier pourra s'effectuer selon le phasage prévisionnel suivant :

- Mise en œuvre d'un coffrage sur cintre,
- Réalisation du hourdis béton (ferrailage / bétonnage),
- Mise sur appuis provisoires et décoffrage,
- Réalisation des contre-corniches en rive,

- Mise en œuvre de l'étanchéité,
- Réalisation de la couche de roulement,
- Pose des équipements et des superstructures,
- Mise sur appuis définitifs.

Etant donné la nature du sol et les hauteurs en jeu, le cintre sera étayé sur toute la longueur de l'ouvrage pour maintenir le coffrage en place.

Le décintrement s'effectuera sur des appareils d'appui provisoire type boîte à sable.

La structure coulée en place étant relativement épaisse, le temps de « séchage » du hourdis sera d'environ 3 semaines avant la pose de l'étanchéité, de la chaussée et la réouverture à la circulation.

L'ouvrage est ensuite mis sur ses appareils d'appui définitifs lorsque l'ensemble des charges permanentes ont été mises en œuvre.

3.7.4.8 Exploitation et maintenance

La solution proposée emploie un tablier en béton particulièrement robuste qui ne nécessite peu de travaux de maintenance et d'entretien.

Il sera nécessaire de prévoir le remplacement des appareils d'appui et de plusieurs fois les joints de chaussée durant la vie de l'ouvrage, toutefois le nombre d'appareil d'appui est relativement limité en comparaison avec des solutions à poutres. Ces travaux de maintenance ne présentent pas de difficultés particulières.

3.7.5 Equipements & Superstructures

Nous définissons ci-après plusieurs équipements et superstructures.

3.7.5.1 Dispositif de retenue

En conformité avec le dossier pilote GC du SETRA, et avec la méthode de calcul des indices de danger qui y est exposée, les dispositifs de sécurité ont un objectif principal de retenue des piétons, c'est-à-dire de niveau H2. Le détail du calcul est disponible en annexe. Ces calculs reposent sur la base d'hypothèses de trafic. Des données de trafic réel concernant cette voirie permettrait le confortement de ces calculs.

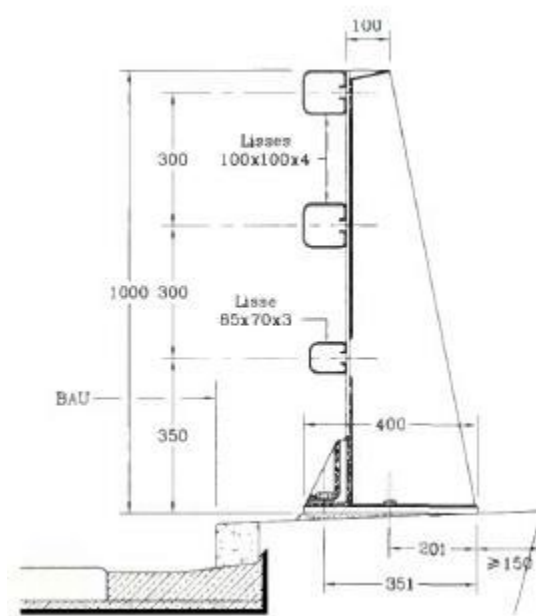


Figure 50 - Exemple Dispositif de retenue H2 – Profil BN4

Etant donnée la fonction de retenue des véhicules, le dispositif de sécurité devra être marqué CE conforme aux exigences de la norme NF EN 1317-2 et satisfaire aux exigences requises pour les garde-corps, notamment les prescriptions du guide H2-H3 du SETRA et de la norme XP 98-409.

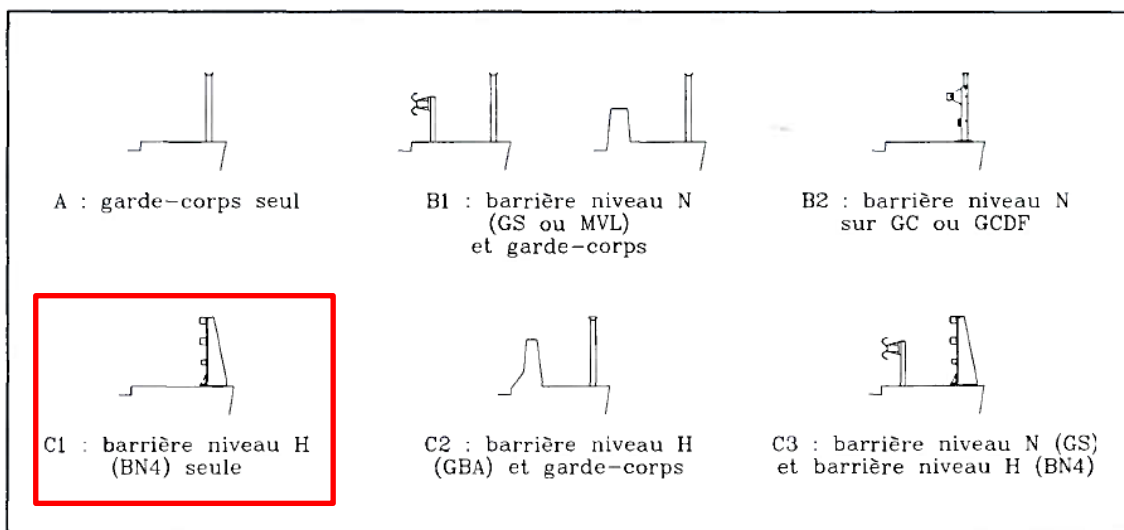


Figure 51 – Choix de combinaison de dispositifs de retenue (extrait guide SETRA « Choix d'un dispositif de retenue en bord libre d'un pont »)

Ces dispositifs de retenue seront prolongés hors ouvrage sur une longueur à déterminer en fonction du modèle retenue.

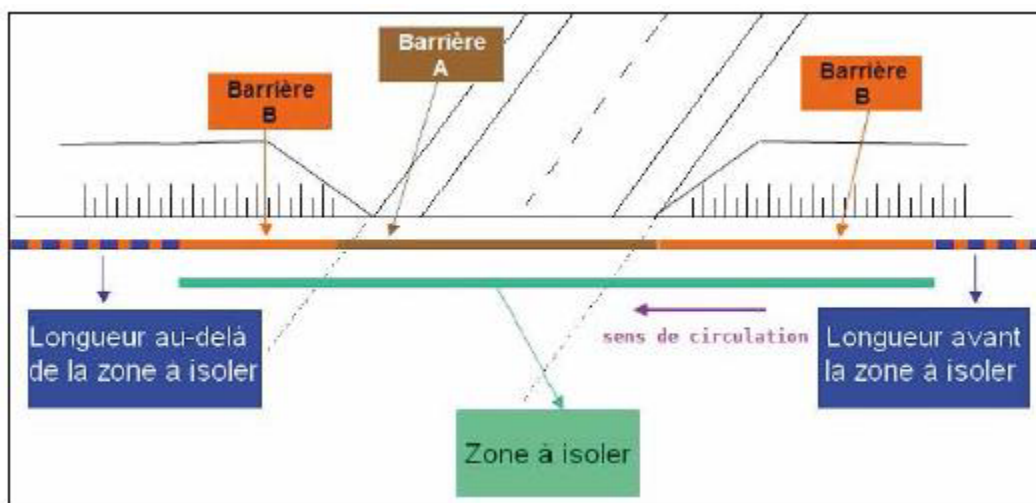


Figure 52 – Linéaire de barrière à installer (Guide CEREMA : « Dispositifs de retenue routiers CE sur OA »)

Ces dispositifs de retenue seront prolongés hors ouvrage sur une longueur à déterminer en fonction du modèle retenu.

3.7.5.2 Dalle de transition

Conformément au guide « Dalles de transition des ponts routes – Technique et réalisation » du SETRA pour une route nationale, une dalle de transition d'une longueur de 3m est retenue.

3.7.5.3 Appareils d'appui

Pour les solutions pont à poutrelles enrobées et pont dalle précontrainte, les appareils d'appui (néoprènes frettés ou autres) devront être dimensionnés selon les prescriptions des guides techniques du SETRA.

Les dispositions nécessaires au vérinage ultérieur du tablier sont à prévoir : emplacement, gabarit pour vérins, etc... Ces emplacements seront matérialisés par des bossages ou des platines métalliques.

3.7.5.4 Etanchéité

Une étanchéité mince de type feuille asphalte est retenue sur ouvrage et conformément au STER 81 du SETRA « étanchéité des tabliers d'ouvrages d'art ».

3.7.5.5 Joints de chaussée

Pour les solutions de type pont dalle, des joints de dilatations seront mis en place aux extrémités du tablier. Ils devront être titulaires d'un avis technique sur les joints de chaussée des ponts routes, délivré par le SETRA. Ils seront dimensionnés conformément au guide du SETRA « Joints de chaussée » de Juillet 1986.

3.7.5.6 Chaussée

Les principes suivants seront confirmés suivant la classe de trafic retenue :

- Sur ouvrage : une couche de roulement constituée d'un béton bitumineux semi grenu 0/10 d'épaisseur 7 cm disposée directement sur l'étanchéité ;
- Hors ouvrage : une structure routière constituée d'une couche de fondation en GNT 0/31.5 pour atteindre une PF2, d'une couche de base en Enrobé à Module

Elevé d'épaisseur 16 cm et d'une couche de roulement en BBSG 0/10 d'épaisseur 7 cm, se raccordant sur la chaussée actuelle.

3.7.5.7 Assainissement

L'ouvrage projeté sera penté en direction des bordures de trottoir afin de mettre en place un système récupération. Le principe d'assainissement sera conforme au guide du SETRA « Assainissement des ponts routes » de Juin 1989.

3.7.5.8 Réseaux

Les réseaux existants devront être reconduit sur l'ouvrage. On prévoira le passage de gaines en attente supplémentaires pour anticiper des besoins futurs. Des supports métalliques galvanisés peints ou en acier inoxydable sont prévus en encorbellement en rive aval de l'ouvrage.

4. ESTIMATION PREVISIONNELLE

L'estimation présentée permet de définir une enveloppe afin de comparer les deux scénarii hydrauliques proposés, qui reprendrons les mêmes hypothèses concernant la nature des sols notamment.

Elle est à conforter, afin de devenir une enveloppe de l'opération, par le biais des investigations complémentaires demandés pour la poursuite des études. Elle permettra cependant un choix éclairé sur les différences financières entre les deux scénarii.

N°	Désignation des travaux	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Montant H.T.
1	PRIX GENERAUX				
1.1	Installation de chantier y compris travaux préparatoires, dossier d'exécution, notes de calcul, PAQ, PPSPS, signalisation chantier, etc.	Ft	3 800 000,00 €	1	3 800 000,00 €
1.2	Sondages géotechnique complémentaires	Ft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
1.3	Dossier de récolement	Ft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
1.4	Epreuves des ouvrages	Ft	8 000,00 €	1	8 000,00 €
	TOTAL PRIX GENERAUX				3 868 000,00 €
2	TRAVAUX PREPARATOIRE				
2.1	Débroussaillage, abattage d'arbres, essouchement	m²	3,00 €	93 800	281 400,00 €
2.2	Réalisation des accès en ravine	Ft	80 000,00 €	1	80 000,00 €
	TOTAL TRAVAUX PREPARATOIRE				361 400,00 €
3	SEUIL D'ALIMENTATION				
3.1	DISPOSITIF DE SURVEILLANCE				
3.1.1	Dispositif des controles des vibrations	Ft	2 500,00 €	1	2 500,00 €
3.2	TERASSEMENTS ET DEROCTAGE				
3.2.1	Deroctage au BRH ou BRH +	m³	30,00 €	7 900	237 000,00 €
3.2.2	Deroctage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m³	300,00 €	1 390	417 000,00 €
3.2.3	Tri et évacuation des déblais	m³	45,00 €	9 290	418 050,00 €
3.2.4	Plus value pour revente des matériaux	m³	2,50 €	9 290	- 23 225,00 €
	TOTAL SEUIL D'ALIMENTATION				1 051 325,00 €
4	REPROFILAGE ET SURCREUSEMENT DU BRAS CENTRAL				
4.1	DISPOSITIF DE SURVEILLANCE				
4.1.1	Dispositif des controles des vibrations	Ft	20 000,00 €	1	20 000,00 €
4.2	TERASSEMENTS ET DEROCTAGE				
4.2.1	Deroctage au BRH ou BRH +	m³	30,00 €	107 000	3 210 000,00 €
4.2.2	Deroctage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m³	300,00 €	19 000	5 700 000,00 €
4.2.3	Deroctage par minage à l'explosif	m³	60,00 €	PM	-
4.2.4	Tri et évacuation des déblais	m³	45,00 €	126 000	5 670 000,00 €
4.2.5	Provision enrochements liés avec du site matériaux réutilisés	m³	150,00 €	6 800	1 020 000,00 €
4.2.6	Plus value pour revente des matériaux	m³	2,50 €	119 200	- 298 000,00 €
4.3	RESEAUX ET DEVOIEMENT				
4.3.1	Dévoisement définitif SAPHIR + Mise en œuvre ventouse sous regard	Ft	110 000,00 €	1	110 000,00 €
4.3.2	Déplacement de poteaux	U	2 500,00 €	3	7 500,00 €
4.3.3	Dévoisement définitif BT aerienne	Ft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
	TOTAL REPROFILAGE ET SURCREUSEMENT DU BRAS CENTRAL				15 449 500,00 €

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

5	SEUIL DEFLECTEUR ET REHAUSSE MERLON				
5.1	DISPOSITIF DE SURVEILLANCE				
5.1.1	Dispositif des controles des vibrations	Ft	5 000,00 €	1	5 000,00 €
5.2	TERASSEMENTS ET DEROCTAGE				
5.2.1	Derocage au BRH ou BRH +	m³	30,00 €	1 680	50 400,00 €
5.2.2	Derocage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m³	300,00 €	300	90 000,00 €
5.2.3	Tri et évacuation des déblais	m³	45,00 €	1 980	89 100,00 €
5.2.4	Provision enrochements liés avec du site matériaux réutilisés	m³	150,00 €	610	91 500,00 €
5.2.5	Plus value pour revente des matériaux	m³	2,50 €	1 370	- 3 425,00 €
5.2.6	Seuil déflecteur courbe dans le bras principal y compris réhausse merlon	m³	250,00 €	3 900	975 000,00 €
	TOTAL SEUIL DEFLECTEUR ET REHAUSSE MERLON				1 297 575,00 €
6	RADIER BRAS CENTRAL - CHEMIN BASSIN PLAT				
6.1	DISPOSITIF DE SURVEILLANCE				
6.1.1	Dispositif des controles des vibrations	Ft	2 500,00 €	1	2 500,00 €
6.2	TERASSEMENTS ET DEROCTAGE				
6.2.1	Démolition de la route existante yc évacuation	Ft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
6.2.2	Derocage au BRH ou BRH +	m³	30,00 €	2 420	72 600,00 €
6.2.3	Derocage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m³	300,00 €	430	129 000,00 €
6.2.4	Tri et évacuation des déblais	m³	45,00 €	2 850	128 250,00 €
6.3	VOIRIE - CHAUSSEE				
6.3.1	Couche de forme GNT 0/31.5 ep 0.40m	m³	85,00 €	750	63 750,00 €
6.3.2	Enrobé à Module Elevé ep 0.16m	m³	250,00 €	300	75 000,00 €
6.3.3	BBSG 0/10 ep 0.07m	T	210,00 €	300	63 000,00 €
6.3.4	Signalisation horizontale et verticale	Ft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
6.3.5	Maçonneries moellon pour protection du radier	m3	250,00 €	90	22 500,00 €
6.3.6	Bêches radier béton C30/37 yc coffrage + ferrailage	ml	350,00 €	160	56 000,00 €
6.4	RESEAUX ET DEVOIEMENT				
6.4.1	Chambre K2C	U	2 000,00 €	3	6 000,00 €
6.4.2	Fourniture regard et tampon fonte pour dévoiement AEP	U	1 500,00 €	1	1 500,00 €
6.4.3	Dévoiement définitif HTA	Ft	15 000,00 €	1	15 000,00 €
6.4.4	Dévoiement définitif AEP	Ft	8 000,00 €	1	8 000,00 €
6.4.5	Dévoiement définitif TELECOM	Ft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
6.4.6	Dévoiement définitif SAPHIR + Mise en œuvre ventouse sous regard	Ft	80 000,00 €	1	80 000,00 €
	TOTAL RADIER BRAS CENTRAL - CHEMIN BASSIN PLAT				793 100,00 €
7	REPROFILAGE DU BRAS DROIT				
7.1	DISPOSITIF DE SURVEILLANCE				
7.1.1	Dispositif des controles des vibrations	Ft	15 000,00 €	1	15 000,00 €
7.2	TERASSEMENTS ET DEROCTAGE				
7.2.1	Derocage au BRH ou BRH +	m³	30,00 €	71 480	2 144 400,00 €
7.2.2	Derocage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m³	300,00 €	12 610	3 783 000,00 €
7.2.3	Dérocage par minage à l'explosif	m³	60,00 €	PM	-
7.2.4	Tri et évacuation des déblais	m³	45,00 €	84 090	3 784 050,00 €
7.2.5	Provision enrochements liés avec du site matériaux réutilisés	m³	150,00 €	2 620	393 000,00 €
7.2.6	Plus value pour revente des matériaux	m³	2,50 €	81 500	- 203 750,00 €
7.3	RESEAUX ET DEVOIEMENT				
7.3.1	Dévoiement définitif SAPHIR + Mise en œuvre ventouse/vidange sous regard	Ft	115 000,00 €	1	115 000,00 €
	TOTAL REPROFILAGE DU BRAS DROIT				10 030 700,00 €

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

8	REPROFILAGE DU CHENAL BRAS DROIT				
8.1	DISPOSITIF DE SURVEILLANCE				
8.1.1	Dispositif des contrôles des vibrations	Ft	4 000,00 €	1	4 000,00 €
8.2	TERRASSEMENTS ET DEROCTAGE				
8.2.1	Derocage au BRH ou BRH +	m³	30,00 €	18 200	546 000,00 €
8.2.2	Derocage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m³	300,00 €	3 210	963 000,00 €
8.2.3	Tri et évacuation des déblais	m³	45,00 €	21 410	963 450,00 €
8.2.4	Provision enrochements liés avec du site matériaux réutilisés	m³	150,00 €	870	130 500,00 €
8.2.5	Plus value pour revente des matériaux	m³	2,50 €	20 500	- 51 250,00 €
8.2.6	Enrochements liés fond de chenal	m³	250,00 €	5 830	1 457 500,00 €
	TOTAL REPROFILAGE DU CHENAL BRAS DROIT				4 013 200,00 €
9	OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT - BRAS DROIT				
9.1	DEMOLITION DE L'OUVRAGE EXISTANT - TERRASSEMENTS				
9.1.1	Démolition de l'ouvrage hydraulique et accès existant yc évacuation	Ft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
9.1.2	Déviations radier provisoire yc dévoiement des réseaux provisoire	Ft	130 000,00 €	1	130 000,00 €
9.1.3	Déblais généraux et fouille	m³	25,00 €	9 840	246 000,00 €
9.1.4	Remblais	m³	35,00 €	8 920	312 200,00 €
9.1.5	Remblais contigus	m³	80,00 €	920	73 600,00 €
9.1.6	Géotextile	m²	4,00 €	3 670	14 680,00 €
9.2	CULEES ET DALLES DE TRANSITION				
9.2.1	Béton de propreté C16/20	m²	30,00 €	220	6 600,00 €
9.2.2	Coffrage pour parements simples	m²	80,00 €	418	33 440,00 €
9.2.3	Béton C35/45	m³	300,00 €	275	82 500,00 €
9.2.4	Armatures de béton armé	kg	2,80 €	41 000	114 800,00 €
9.2.5	Cure du béton	m²	5,00 €	214	1 070,00 €
9.2.6	Réglage et finitions des surfaces non coffrées	m²	15,00 €	214	3 210,00 €
9.2.7	Protection des parois en contact avec les terres	m²	5,00 €	376	1 880,00 €
9.3	PILES				
9.3.1	Béton de propreté C16/20	m²	30,00 €	141	4 230,00 €
9.3.2	Coffrage pour parements simples	m²	80,00 €	327	26 160,00 €
9.3.3	Béton C35/45	m³	300,00 €	228	68 400,00 €
9.3.4	Armatures de béton armé	kg	2,80 €	34 000	95 200,00 €
9.3.5	Cure du béton	m²	5,00 €	158	790,00 €
9.3.6	Réglage et finitions des surfaces non coffrées	m²	15,00 €	158	2 370,00 €
9.4	TABLIER BETON ARME				
9.4.1	Etalement, y/c gabarit hydraulique	Ft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
9.4.2	Mise sur appuis définitifs	Ft	5 000,00 €	1	5 000,00 €
9.4.3	Coffrages	m²	60,00 €	645	38 700,00 €
9.4.4	Béton C35/45	m³	300,00 €	366	109 800,00 €
9.4.5	Armature de béton armé	kg	2,80 €	66 000	184 800,00 €
9.4.6	Cure du béton	m²	5,00 €	603	3 015,00 €
9.4.7	Réglage et finitions des surfaces non coffrées	m²	15,00 €	603	9 045,00 €
9.5	SOUTÈNEMENTS				
9.5.1	Béton de propreté C16/20	m²	30,00 €	760	22 800,00 €
9.5.2	Murs de soutènement en béton armé yc compris semelle	m³	1 400,00 €	1 010	1 414 000,00 €

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

9.6	VOIRIE ET EQUIPEMENTS				
9.6.1	Barrière H2	ml	400,00 €	92	36 800,00 €
9.6.2	Raccordement H2 GBA	U	2 500,00 €	4	10 000,00 €
9.6.3	GBA y/c abaissés	ml	160,00 €	100	16 000,00 €
9.6.4	Appareil d'appuis	U	500,00 €	4	2 000,00 €
9.6.5	Bossage de vélinage	m³	1 500,00 €	4	6 000,00 €
9.6.6	Bordures de trottoir	ml	35,00 €	92	3 220,00 €
9.6.7	Remplissage trottoir béton C16/20	m³	250,00 €	41	10 250,00 €
9.6.8	Traitement de surface des trottoirs en béton balayé ou lavé ou désactivé	m²	10,00 €	137	1 370,00 €
9.6.9	Etanchéité	m²	80,00 €	425	34 000,00 €
9.6.10	BBSG 0/10 ep 0.07m	T	210,00 €	48	10 080,00 €
9.6.11	Corniches métalliques	ml	650,00 €	100	65 000,00 €
9.6.12	Dispositif de recueil des eaux dans les culées	U	5 000,00 €	2	10 000,00 €
9.6.13	Fourreaux dans corniches	ml	30,00 €	560	16 800,00 €
9.7	VOIRIE - ACCES				
9.7.1	Couche de forme GNT 0/31.5 ep 0.40m	m³	85,00 €	460	39 100,00 €
9.7.2	Enrobé à Module Elevé ep 0.16m	m²	55,00 €	1 150	63 250,00 €
9.7.3	BBSG 0/10 ep 0.07m	T	210,00 €	201	42 210,00 €
9.8	RESEAUX ET DEVOIEMENT				
9.8.1	Chambre K2C	U	2 000,00 €	4	8 000,00 €
9.8.2	Fourniture regard et tampon fonte pour dévoiement AEP	U	1 500,00 €	2	3 000,00 €
9.8.3	Dévoiement définitif AEP	Ft	8 000,00 €	1	8 000,00 €
9.8.4	Dévoiement définitif TELECOM	Ft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
	TOTAL OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT - BRAS DROIT				3 499 370,00 €
10	ELEVATION DE LA ROUTE GAMM VERT				
10.1	Rabotage de revêtements yc évacuation	m²	25,00 €	600	15 000,00 €
10.2	Couche de forme GNT 0/31.5 ep 0.40m	m³	85,00 €	160	13 600,00 €
10.3	Béton BC5 ep 0.22m	m³	330,00 €	85	28 050,00 €
10.4	Signalisation horizontale et verticale	Ft	3 000,00 €	1	3 000,00 €
10.5	Maçonnerie radier en moellon	m3	1 400,00 €	11	15 400,00 €
	TOTAL ELEVATION DE LA ROUTE GAMM VERT				75 050,00 €
11	DIGUE DE PROTECTION DES AVOISINANTS				
11.1	TERRASSEMENTS				
11.1.1	Déblais généraux et fouille	m³	25,00 €	3 150	78 750,00 €
11.1.2	Remblais	m³	35,00 €	2 600	91 000,00 €
11.1.3	Géotextile	m²	4,00 €	3 650	14 600,00 €
11.2	DIGUE DE PROTECTION ET BATARDEAU				
11.2.1	Béton de propreté C16/20	m²	30,00 €	80	2 400,00 €
11.2.2	Semelle de fondations en béton armé	m³	1 200,00 €	300	360 000,00 €
11.2.3	Murs de soutènement moellons	m³	270,00 €	1 110	299 700,00 €
11.2.4	Porte batardable h=3,50m yc semelle d'ancrage et mécanisme d'ouverture manuel	Ft	30 000,00 €	1	30 000,00 €
11.2.5	Porte batardable h=2,80m yc semelle d'ancrage et mécanisme d'ouverture manuel	Ft	20 000,00 €	1	20 000,00 €
11.2.6	Enrochements liés	m³	230,00 €	1 146	263 580,00 €
	TOTAL DIGUE DE PROTECTION DES AVOISINANTS				1 160 030,00 €

TOTAL H.T.	41 599 250,00 €
ALEAS 10 %	4 159 925,00 €
TOTAL arrondi H.T.	45 759 000,00 €

TVA 8.5 %	3 889 515,00 €
TOTAL T.T.C.	49 648 515,00 €

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

N° des prix	Désignation des travaux	Montant H.T.
1	PRIX GÉNÉRAUX	3 868 000,00 €
2	TRAVAUX PRÉPARATOIRE	361 400,00 €
3	SEUIL D'ALIMENTATION	1 051 325,00 €
4	REPROFILAGE ET SURCREUSEMENT DU BRAS CENTRAL	15 449 500,00 €
5	SEUIL DEFLECTEUR ET REHAUSSE MERLON	1 297 575,00 €
6	RADIER BRAS CENTRAL - CHEMIN BASSIN PLAT	793 100,00 €
7	REPROFILAGE DU BRAS DROIT	10 030 700,00 €
8	REPROFILAGE DU CHENAL BRAS DROIT	4 013 200,00 €
9	OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT - BRAS DROIT	3 499 370,00 €
10	ELEVATION DE LA ROUTE GAMM VERT	75 050,00 €
11	DIGUE DE PROTECTION DES AVOISINANTS	1 160 030,00 €
Total Général en € H.T. + 10% ALEAS		45 759 000,00 €

5. PHASAGE PREVISIONNEL ET REALISATION

Les travaux peuvent être fait en plusieurs phases et peuvent être scindée entre les deux zones Bras Droit et Bras Principal/Bras Central.

Concernant la zone du Bras Droit, le phasage à respecter de manière chronologique pourra le suivant :

- Réalisation du déroctage du bras droit à l'avancé vers l'amont,
- Réalisation de l'ouverture du chenal et de l'ouvrage hydraulique au niveau du bras droit,
- Réalisation de l'abaissement du seuil d'alimentation à l'amont, afin d'augmenter la débitance du bras droit.

Concernant la zone Bras Principal/Bras Central, le phasage à respecter de manière chronologique pourra le suivant :

- Réalisation du déroctage du bras Central à l'avancé vers l'amont,
- Réalisation du seuil déflecteur, de la réhausse et l'élévation du chemin agricole de l'allée des primevères,
- Réalisation de la déviation définitive en radier du chemin bassin plat
- Réalisation des aménagements permettant de réduire les débordements sur les habitations à proximité : Digue de protection et élévation du chemin d'accès à Gamm vert.

Les travaux comprendront notamment et de manière non exclusive :

- Installation de chantier comprenant (liste non exhaustive) : la délimitation des emprises, la clôture du chantier, l'ouverture d'une piste d'accès à la ravine, les dossiers d'exécution, notes de calculs, PAQ, PPSPS, signalisation de chantier etc.
- Réalisation de sondages topographiques et géotechniques complémentaires nécessaires ;
- Réalisation des pistes d'accès aux différents sites ;
- Nettoyage général du terrain sur une surface totale d'environ **93 800 m²** ;
- Réalisation de l'abaissement du seuil d'alimentation comprenant :
 - Réalisation du terrassement et déroctage de la zone à la côte +193m NGR,
 - Le déroctage au BRH/BRH+ et l'évacuation des déblais. Les déchets pourront être valorisés. Le volume estimé est d'environ **7 900 m³**,
 - Le déroctage par fragmentation provisionné pour palier à la rencontre de formations très dure (veines de basalte bleue, océanite très dense) et l'évacuation des déchets. Le volume estimé est d'environ **1 390 m³**,
 - Le remplissage en béton cyclopéen des cavités rencontrées si nécessaire.

- Déroctage pour reprofilage du Bras Central et le surcreusement de l'amorce du Bras comprenant :
 - Le dévoiement définitif du réseau de la SAPHIR et le déplacement des équipements si nécessaire (ventouses, vidanges, etc),
 - Le déplacement des poteaux EDF impactés par le tracé et le dévoiement définitif des lignes aériennes impactées,
 - Le déroctage au BRH/BRH+ et l'évacuation des déblais. Les déchets pourront être valorisés. Le volume estimé est d'environ **107 000 m3**,
 - Le déroctage par fragmentation provisionné pour palier à la rencontre de formations très dure (veines de basalte bleue, océanite très dense) et l'évacuation des déchets. Le volume estimé est d'environ **19 000 m3**,
Le déroctage pourra se faire à l'avancer depuis le chemin Basin Plat en remontant le long du Bras Central.
 - Le remplissage en béton cyclopéen des cavités rencontrées si nécessaire.
- La réalisation de la déviation définitive en radier au niveau du Bras Central comprenant :
 - Les terrassements nécessaires à la mise en œuvre de l'ouvrage et de ses accès,
 - Le remplissage en béton cyclopéen des cavités rencontrées si nécessaire.
 - La route sera réalisée en remblai avec des talus en maçonnerie si nécessaire,
 - Les dévoiements définitifs des réseaux existants : EDF, SAPHIR, RUNEO et ORANGE pour passage dans le radier de la déviation,
 - Le remblai de la couche de forme en GNT 0.31/5,
 - La réalisation de la structure de chaussée en Enrobés à Module Elevé et en enrobés type BBSG 0/10,
 - La réalisation de la signalisation horizontale et verticale nécessaire,
 - La démolition du radier existant pour mise à la cote du Bras Central dérocté et l'évacuation des délais.
- La réalisation du seuil déflecteur comprenant :
 - Terrassement de la zone pour réalisation de l'ancrage du seuil déflecteur et pour la réhausse en merlon,
 - Le remplissage en béton cyclopéen des cavités rencontrées si nécessaire.
 - La réalisation du noyau en remblai du seuil déflecteur,
 - La réalisation de la carapace conformément à la solution retenue,
 - Terrassement de la réhausse en merlon jusqu'à la cote +168 m NGR sur la berge,
 - Réalisation de l'élévation du chemin agricole existant pour son passage par-dessus la réhausse en merlon. Le rattrapage se fera avec une pente de 7% de part et d'autre de la rehausse.
- La réalisation de l'élévation de la route d'accès Gamm Vert comprenant :
 - La démolition de la structure de chaussée existante,

- Les terrassements pour la mise en œuvre de la couche de forme en GNT 0/31.5,
 - La réalisation de la structure de chaussée en béton type BC5,
 - La réalisation de la signalisation horizontale et verticale nécessaire,
 - Le renforcement des talus exposés en enrochements liés/maçonnés,
- La réalisation de la digue de protection comprenant :
- La démolition des ouvrages existants : murs de clôture en mauvais état, etc
 - Les terrassements nécessaires à la réalisation de l'ouvrage,
 - Le coffrage/ferraillage/bétonnage de la semelle de fondation,
 - La réalisation des murs anti-crue en moellons,
 - Les travaux mise en œuvre des portails batardables (terrassements, coffrage/ferraillage/coulage des éléments béton, pose des portails et de leur système de fermeture)
- Déroctage pour reprofilage du Bras Droit comprenant :
- Le dévoiement définitif du réseau de la SAPHIR et le déplacement des équipements si nécessaire (ventouses, vidanges, etc),
 - Le déroctage au BRH/BRH+ et l'évacuation des déblais. Les déchets pourront être valorisés. Le volume estimé est d'environ **71 480 m3**,
 - Le déroctage par fragmentation provisionné pour palier à la rencontre de formations très dure (veines de basalte bleue, océanite très dense) et l'évacuation des déchets. Le volume estimé est d'environ **12 610 m3**,
Le déroctage pourra se faire à l'avancer depuis la ravine de la Chaîne en remontant le long du Bras Droit.
 - Le remplissage en béton cyclopéen des cavités rencontrées si nécessaire.
- La réalisation de l'élargissement du chenal et de l'ouvrage de franchissement comprenant :
- La réalisation d'une déviation provisoire en radier,
 - La déviation provisoire des réseaux impactée (AEP et Orange)
 - Les terrassements et le déroctage pour l'ouverture du chenal sur largeur de 50 m et pour une sur profondeur moyenne à l'axe de 50 cm,
 - Le déroctage au BRH/BRH+ et l'évacuation des déblais. Les déchets pourront être valorisés. Le volume estimé est d'environ **18 200 m3**,
 - Le déroctage par fragmentation provisionné pour palier à la rencontre de formations très dure (veines de basalte bleue, océanite très dense) et l'évacuation des déchets. Le volume estimé est d'environ **3 210 m3**,
 - La réalisation d'enrochements liés en fond de chenal si nécessaire,
 - Le coffrage/ferraillage/coulage des murs de soutènements le long du chenal,
 - La réalisation des culées et des piles de l'ouvrage de franchissement (coffrage/ferraillage coulage du béton armé) et réalisation des remblais contigus,

- La réalisation de l'ouvrage de 40 m d'ouverture minimale de type pont dalle continue à 3 travées,
- La réalisation des accès en remblais et de la voirie,
- La déviation définitive des réseaux impactés (AEP et Orange).

6. FONCIER

Le projet se situe sur la commune de Saint-Pierre. Les emprises définitives des ouvrages réalisés concernent le domaine public fluvial (la rivière d'Abord), le domaine privé de l'Etat (route) et le domaine privé.

Les propriétaires de ces parcelles seront recherchés par le service foncier de la commune de Saint Pierre. Dans le cadre du projet, des surfaces parcellaires privées seront à acquérir.

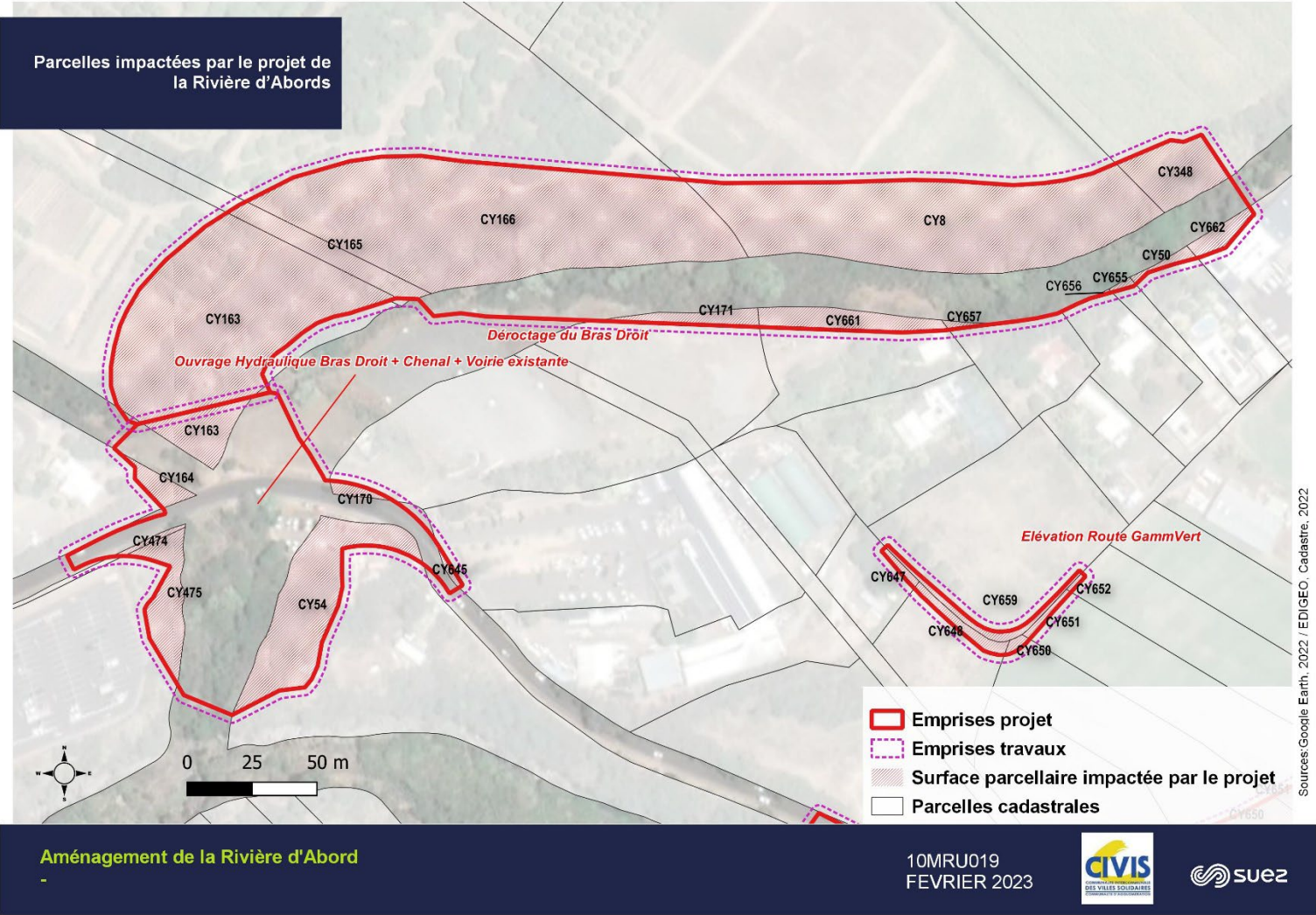


Figure 53 : Parcelles impactées – Bras Droit



Figure 54 : Parcelles impactées – Seuil d'alimentation

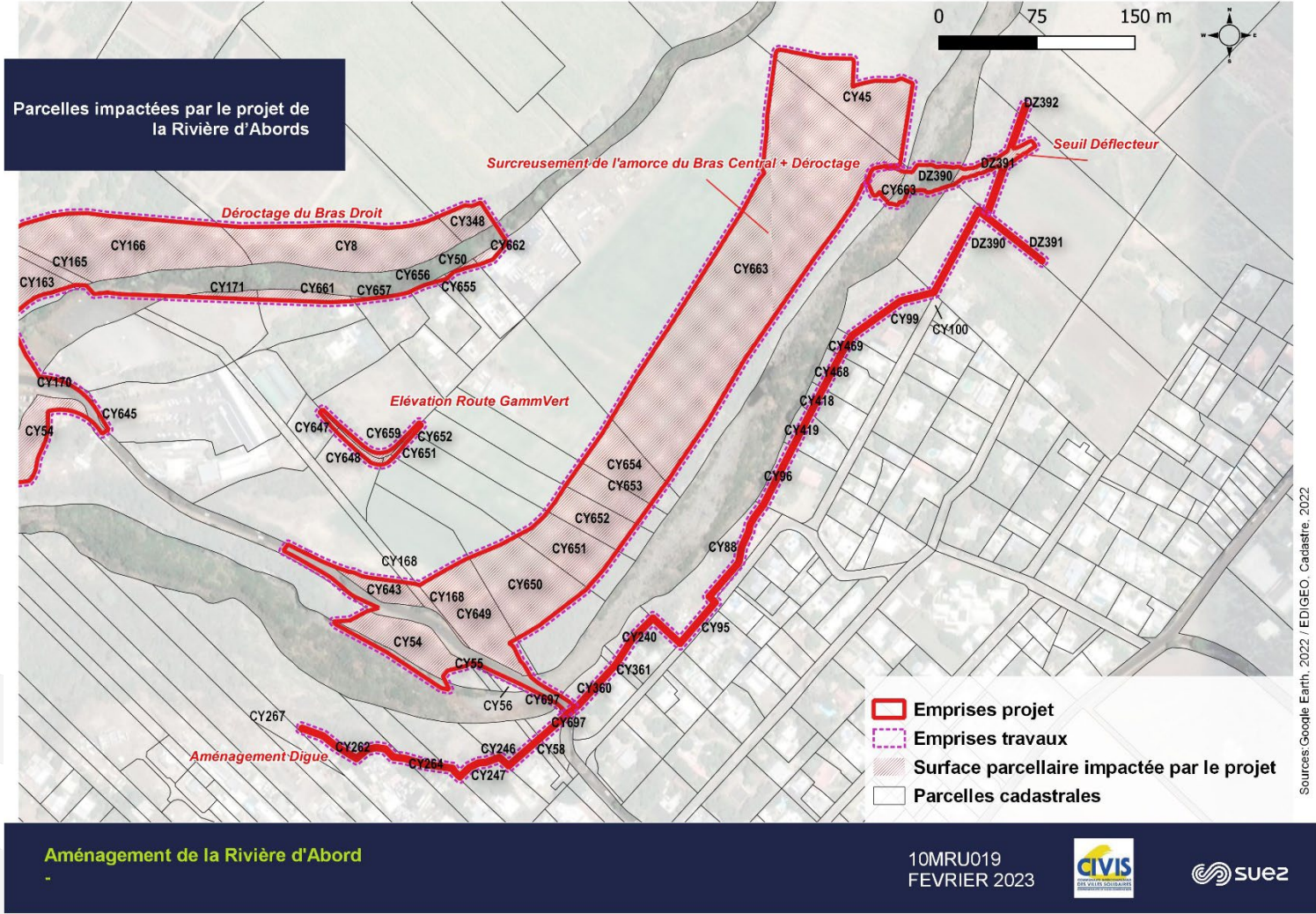


Figure 55 : Parcelles impactées – Bras Central

6.1 Seuil d'alimentation

Cet ouvrage se situe essentiellement sur le domaine public fluvial (rivière d'Abord).
Les parcelles hors domaine public concernées par le projet sont :

Commune	Section	Numéro	Surface Totale de la parcelle (m ²)
97416	CY	45	118 650
97416	CX	132	20 220

Tableau 5: Parcelles impactées – Seuil d'alimentation

6.2 Seuil déflecteur et réhausse en merlon

Cet ouvrage se situe essentiellement sur le domaine public fluvial (rivière d'Abord).
Les parcelles hors domaine public concernées par le projet sont :

Commune	Section	Numéro	Surface Totale de la parcelle (m ²)
97416	DZ	390	8 932
97416	DZ	391	9 436
97416	DZ	392	8 080
97416	CY	663	53 345

Tableau 6: Parcelles impactées – Seuil déflecteur et réhausse en merlon

6.3 Déroctage Bras Central

Cet ouvrage se situe essentiellement sur le domaine public fluvial (rivière d'Abord).
Les parcelles hors domaine public concernées par le projet sont :

Commune	Section	Numéro	Surface Totale de la parcelle (m ²)
97416	CY	649	6 357
97416	CY	650	8 449
97416	CY	651	5 579
97416	CY	652	4 666
97416	CY	653	4 152
97416	CY	654	8 234
97416	CY	663	53 345
97416	CY	168	1 810
97416	CY	643	6 570
97416	CY	54	12 820
97416	CY	55	154
97416	CY	56	130
97416	CY	360	1 925
97416	CY	697	615
97416	CY	45	118 650

Tableau 7: Parcelles impactées – Seuil d'alimentation

6.4 Digue de protection

Cet ouvrage se situe essentiellement sur le domaine public fluvial (rivière d'Abord).

Les parcelles hors domaine public concernées par le projet sont :

Commune	Section	Numéro	Surface Totale de la parcelle (m ²)
97416	CY	262	11 212
97416	CY	264	2 770
97416	CY	267	3 679
97416	CY	246	1 968
97416	CY	247	3 652
97416	CY	697	615
97416	CY	360	1 925
97416	CY	361	275
97416	CY	240	1 660
97416	CY	95	2 660
97416	CY	88	3 420
97416	CY	419	1 245
97416	CY	418	1 205
97416	CY	468	1 368
97416	CY	469	926
97416	CY	99	3 435
97416	DZ	390	8 932
97416	DZ	391	9 436
97416	CY	58	430
97416	CY	96	2 155
97416	CY	100	1 557

Tableau 8: Parcelles impactées – Digue de protection

6.5 Elévation de la route Gamm Vert

Les parcelles hors domaine public concernées par le projet sont :

Commune	Section	Numéro	Surface Totale de la parcelle (m ²)
97416	CY	647	990
97416	CY	648	1 732
97416	CY	650	8 449
97416	CY	651	5 579
97416	CY	652	4 666
97416	CY	659	4 616

Tableau 9: Parcelles impactées – Elévation route Gamm vert

6.6 Reprise de l'ouvrage bras droit

Cet ouvrage se situe essentiellement sur le domaine public fluvial (rivière d'Abord).
Les parcelles hors domaine public concernées par le projet sont :

Commune	Section	Numéro	Surface Totale de la parcelle (m ²)
97416	CY	163	18 000
97416	CY	164	26 645
97416	CY	170	4 607
97416	CY	474	208
97416	CY	475	8 251
97416	CY	645	6 057
97416	CY	54	12 820

Tableau 10: Parcelles impactées – Ouvrage hydraulique Bras Droit

6.7 Déroctage Bras Droit

Cet ouvrage se situe en partie sur le domaine public fluvial (rivière d'Abord).
Les parcelles hors domaine public concernées par le projet sont :

Commune	Section	Numéro	Surface Totale de la parcelle (m ²)
97416	CY	163	18 000
97416	CY	165	1 741
97416	CY	166	35 386
97416	CY	8	23 990
97416	CY	348	1 368
97416	CY	662	3 311
97416	CY	50	1 541
97416	CY	655	951
97416	CY	656	1 412
97416	CY	657	1 466
97416	CY	661	2 568
97416	CY	171	2 666

Tableau 11: Parcelles impactées – Déroctage Bras Droit

6.8 Impact foncier

L'emprise du projet dans le Domaine Public Fluvial est de 11 550 m² et pour l'emprise travaux de 12 772 m².

L'emprise du projet dans le Domaine Privé de l'Etat est de 3 876 m² et pour l'emprise travaux de 4 506 m².

Le tableau suivant récapitule les surfaces, par parcelle, impactées par l'ensemble du projet.

Commune	Section	Numéro	Surface Totale de la parcelle (m ²)	Surface parcellaire impactée par l'emprise projet (m ²)	Surface parcellaire impactée par l'emprise travaux (élargissement du périmètre de l'emprise projet de 3m) (m ²)
97416	CY	8	23990	5043	5550
97416	CY	45	118650	5112	6149
97416	CY	50	1541	79	158
97416	CY	54	12820	3757	4317
97416	CY	55	154	1	17
97417	CY	56	130	0	12
97416	CY	58	430	16	56
97416	CY	88	3420	306	1013
97416	CY	95	2660	71	236
97416	CY	96	2155	124	422
97416	CY	99	3435	181	607
97417	CY	100	1557	0	7
97416	CX	132	20220	40	109
97416	CY	163	18000	5164	5622
97416	CY	164	26645	193	383
97416	CY	165	1741	560	600
97416	CY	166	35386	6496	7011
97416	CY	168	1810	237	268
97416	CY	170	4607	85	175
97416	CY	171	2666	255	463
97416	CY	240	1660	122	437
97416	CY	246	1968	91	279
97416	CY	247	3652	114	385
97416	CY	262	11212	228	790
97416	CY	264	2770	84	310
97417	CY	267	3679	0	10
97416	CY	348	26492	723	896
97416	CY	360	1925	109	398
97416	CY	361	275	17	59

97416	DZ	390	8932	282	940
97416	DZ	391	9436	707	1627
97416	DZ	392	8080	28	107
97416	CY	418	1205	53	179
97416	CY	419	1245	73	248
97416	CY	468	1368	71	241
97416	CY	469	926	41	141
97416	CY	474	208	51	79
97416	CY	475	8251	603	820
97416	CY	643	6570	751	997
97416	CY	645	6057	36	119
97416	CY	647	990	51	123
97416	CY	648	1732	167	301
97416	CY	649	6357	3092	3328
97416	CY	650	8449	3626	3988
97416	CY	651	5579	2095	2368
97416	CY	652	4666	1497	1680
97416	CY	653	4152	1223	1343
97416	CY	654	8234	1867	2050
97416	CY	655	951	26	55
97416	CY	656	1412	8	71
97416	CY	657	1466	36	168
97416	CY	659	4616	210	509
97416	CY	661	2568	512	733
97416	CY	662	3311	181	284
97416	CY	663	53345	21673	23552
97416	CY	697	615	59	203
TOTAL				68 227	82 993

Tableau 12: Tableau récapitulatif des parcelles privées et des surfaces impactées

Par conséquent, les emprises impactées sont les suivantes :

Foncier impacté	Surface parcellaire impactée par l'emprise projet (m ²)	Surface parcellaire impactée par l'emprise travaux (élargissement du périmètre de l'emprise projet de 3m) (m ²)
DPF	11550	12772
DPE	3876	4506
Parcelles privées	68 227	82 993
TOTAL	83653	100271

Tableau 13: Tableau récapitulatif des types de parcelles et des surfaces impactées

7. VOLET REGLEMENTAIRE

7.1 Cadrage réglementaire

Le tableau suivant présente les principales rubriques réglementaires auxquelles le projet est soumis :

Cadrage réglementaire Rivière d'Abord – Scénario 2				
Code	Procédure	Rubriques visées	Caractéristiques du projet	A prévoir
Code de l'environnement	Evaluation environnementale (R122-2)	6. Infrastructures routières (les ponts, tunnels et tranchées couvertes supportant des infrastructures routières doivent être étudiés au titre de cette rubrique). a) Construction de routes classées dans le domaine public routier de l'Etat, des départements, des communes et des établissements publics de coopération intercommunale non mentionnées aux b) et c) de la colonne précédente.	Le projet prévoit la modification du tracé de du chemin bassin plat sur une longueur d'environ 250m.	Demande d'examen au cas par cas
		10. Canalisation et régularisation des cours d'eau. Ouvrages de canalisation, de reprofilage et de régularisation des cours d'eau s'ils entraînent une artificialisation du milieu sous les conditions de respecter les critères et seuils suivants : -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 sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m ; -consolidation ou protection des berges, par des techniques autres que végétales vivantes sur une longueur supérieure ou égale à 200 m ; -installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens, ou dans le lit majeur d'un cours d'eau,	Le projet prévoit la dérivation du cours d'eau sur une longueur d'environ 550m. Il modifie également le lit mineur du cours d'eau en long sur une longueur supérieure à 100m (rivière d'abord et le bras droit).	Demande d'examen au cas par cas

		étant de nature à détruire les frayères de brochet pour la destruction de plus de 200 m ² de frayères ; -installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à la dérivation d'un cours d'eau sur une longueur supérieure ou égale à 100 m.		
		21. Barrages et autres installations destinées à retenir les eaux ou à les stocker. e) Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions tels que les systèmes d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 du code de l'environnement. f) Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions tels que les aménagements hydrauliques au sens de l'article R. 562-18 du code de l'environnement.	Le projet prévoit l'aménagement d'une digue pour prévenir des inondations.	Demande d'examen au cas par cas
		23. Ouvrages servant au transvasement des ressources hydrauliques entre bassins fluviaux au sens de la directive 2000/60/ CE. Dans les deux cas, les transvasements d'eau potable amenée par canalisation sont exclus. b) Dans tous les autres cas, ouvrages servant au transvasement de ressources hydrauliques entre bassins fluviaux lorsque le débit annuel moyen, sur plusieurs années, du bassin de prélèvement dépasse 2 000 millions de m³ et que le volume des eaux transvasées dépasse 5 % de ce débit.	Le projet fait partie du même bassin fluvial.	Non soumis

		39. Travaux, constructions et opérations d'aménagement. 1b) Opérations d'aménagement dont le terrain d'assiette est supérieur ou égal à 10 ha ; 2b) Opérations d'aménagement dont le terrain d'assiette est compris entre 5 et 10 ha, ou dont la surface de plancher au sens de l'article R. 111-22 du code de l'urbanisme ou l'emprise au sol au sens de l'article R. * 420-1 du même code est supérieure ou égale à 10 000 m2.	Le projet ne constitue pas une opération d'aménagement au sens de l'article L.300-1 du code de l'urbanisme.	Non soumis
	Nomenclature Loi sur l'eau (L214-1)	2.1.5.0 Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant : 1° Supérieure ou égale à 20 ha (A) ; 2° Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha (D)	Le bassin versant intercepté est supérieur à 20 ha.	Autorisation Loi sur L'eau
		3.1.1.0. Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant : 1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ;	Le seuil déflecteur dans le lit mineur vient dévier les eaux et donc fait obstacle à l'écoulement des crues.	Autorisation Loi sur L'eau

		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) ; 2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D).	Le projet prévoit la dérivation du cours d'eau sur une longueur d'environ 500m. Il modifie également le lit mineur du cours d'eau en long sur une longueur supérieure à 100m.	Autorisation Loi sur L'eau
		3.1.3.0. Installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité nécessaire au maintien de la vie et de la circulation aquatique dans un cours d'eau sur une longueur : 1° Supérieure ou égale à 100 m (A) ; 2° Supérieure ou égale à 10 m et inférieure à 100 m (D).	A vérifier pour l'ouvrage hydraulique Bras Droit.	Potentiellement Déclaration Loi sur l'Eau
		3.1.4.0. Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes : 1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m (A) ; 2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m (D).	Le projet prévoit l'aménagement d'une digue pour prévenir les inondations sur une longueur d'environ 800m.	Autorisation Loi sur L'eau

		3.2.2.0. Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau : 1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m² (A) ; 2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m² (D).	Les installations seront sur une surface supérieure à 10 000m ² .	Autorisation Loi sur L'eau
		3.2.6.0. Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions : -système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 (A) ; -aménagement hydraulique au sens de l'article R. 562-18 (A) ;	Le projet prévoit l'aménagement d'une digue pour prévenir les inondations sur une longueur d'environ 800m.	Autorisation Loi sur L'eau
	Dérogation Espèces Protégées	Interdiction générale de déranger les espèces protégées	A déterminer selon le diagnostic faune flore.	Potentielle Dérogation espèces protégées
Code Forestier	Autorisation de défrichement	Le principe en matière de défrichement est un principe d'interdiction générale. Par conséquent, pour tout défrichement ou coupe de bois, le pétitionnaire à l'obligation de déposer à la DAAF une demande d'autorisation. Celle-ci sera analysée au cas par cas, et pourra faire l'objet d'une autorisation dérogeant au principe énoncé.	A déterminer selon le projet.	Potentiellement demande d'autorisation de défrichement

Code de l'Expropriation pour Cause d'Utilité Publique	DUP	Déclaration d'Utilité Publique en vue d'expropriation	Une partie du projet est situé dans le domaine public fluvial et dans le domaine privé de l'Etat. Des terrains privés sont également situés dans le périmètre d'étude. Ils peuvent être acquis de différentes manières sur la commune de Saint-Denis : - A l'amiable - Par droit de préemption urbain - Par expropriation	Une déclaration d'utilité publique (DUP) devra être réalisée en cas de nécessité d'expropriation de terrains privés. En cas de DUP, une enquête parcellaire portant sur chaque parcelle privée devra être réalisée. Une COP devra être réalisée pour intervention dans le domaine privé de l'Etat, et une AOT pour intervention dans le Domaine Public Fluvial.
Code de l'urbanisme	Mise en compatibilité du PLU	En ce qui concerne le plan local d'urbanisme de Saint-Pierre, les zonages suivants sont concernés :		Dossier de mise en compatibilité du PLU

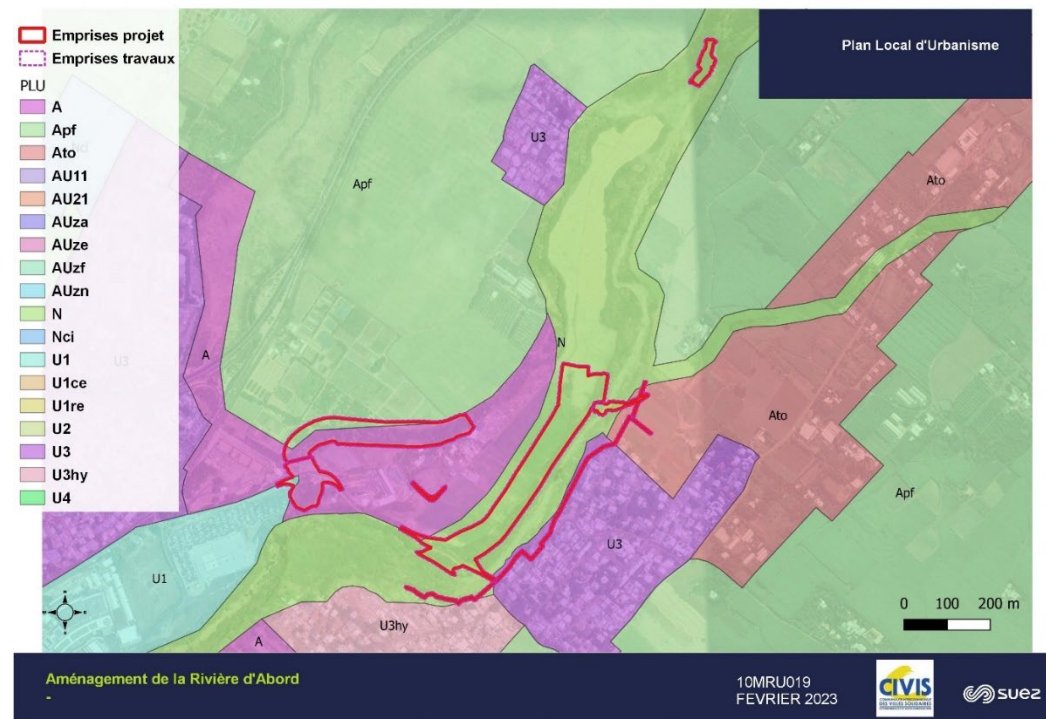


Figure 56 : Plan Local d'Urbanisme

Une partie du projet est située dans un espace boisé classé. Le défrichement y est interdit :

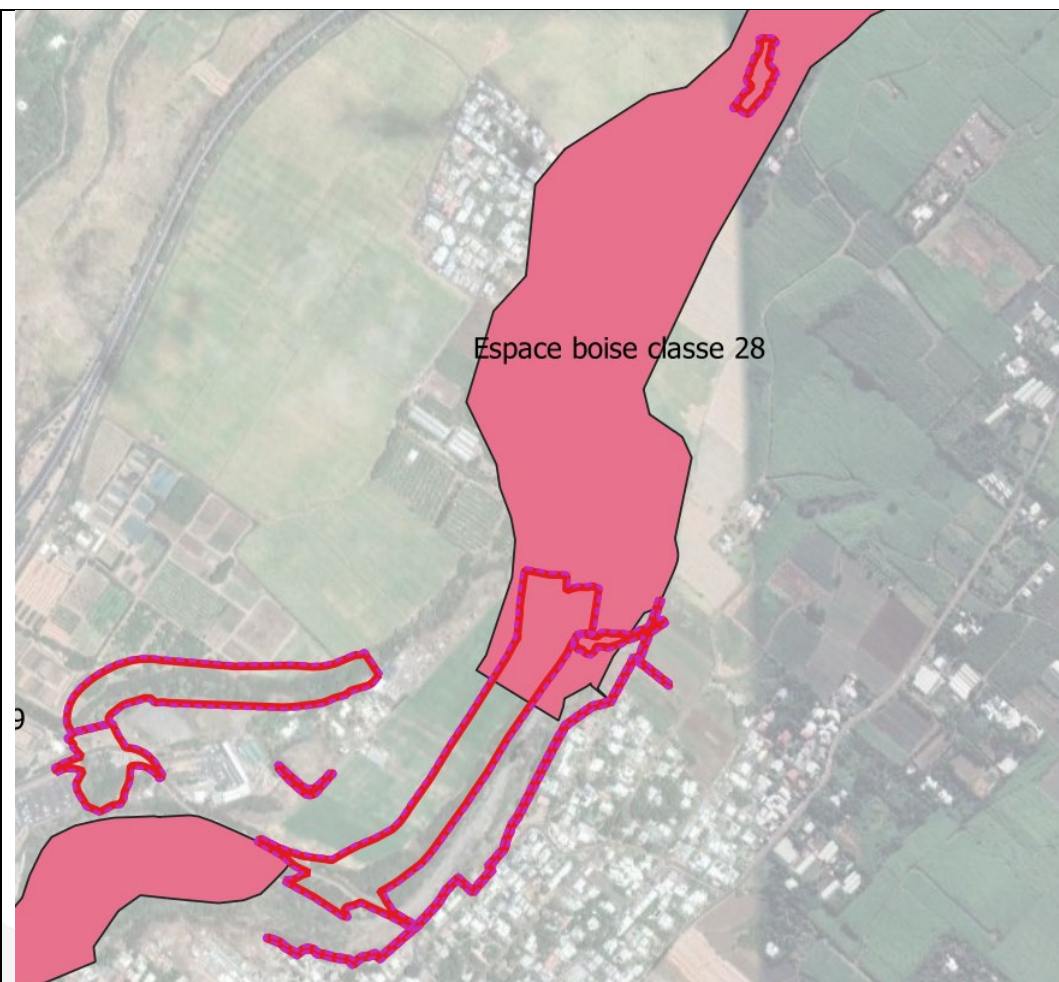


Figure 57 : Espaces Boisés Classés

		<u>Dans l'ensemble des zonages du PLU:</u> 1. Les demandes de défrichements sont irrecevables dans les espaces boisés classés au titre de l'article L.130-1 du code de l'urbanisme et figurant comme tels aux documents graphiques. 2. Dans les secteurs inondables soumis un aléa élevé et délimités aux documents graphique, toute construction nouvelle est interdite. Seuls les ouvrages permettant de réduire les risques naturels, les travaux d'infrastructure nécessaires au fonctionnement des services publics ainsi que les travaux d'aménagement léger et d'entretien des constructions existantes peuvent être admis. 3. En application de l'article L.363-12 du code forestier, il est interdit de défricher et d'exploiter les terrains situés sur les versants des rivières, bras ou ravines et de leurs affluents aux pentes supérieures ou égales à 30 grades (soit 54%). En outre, ne peuvent être défrichés ou pâturés, les bords des rivières, bras ou ravines et leurs affluents sur une largeur de 10 mètres de chaque côté, à partir du niveau atteint par les plus hautes eaux. Enfin les propriétaires riverains des rivières, bras et ravines et leurs affluents sont tenus de laisser libre le long des bords de ces derniers (sommet des berges ou le cas échéant de versants de pente supérieure à 30 grades), un espace de 10 mètres de largeur valant servitude de recul et de passage (voir annexe relative aux servitudes le long des rivières, bras et ravines et leurs affluents). Le projet consiste en des ouvrages permettant de réduire les risques naturels et d'utilité publique. Cependant, ils sont en partie en zone EBC, zone dans laquelle il est interdit de défricher. Le projet n'est donc pas compatible avec le PLU et devra faire une modification de celui-ci pour déclasser la zone EBC.	
--	--	--	--

7.2 Contraintes environnementales

7.2.1 Faune flore

A ce stade, aucune étude ou diagnostic faune/flore n'a été réalisé sur la zone impactée par ces travaux. Ces données complémentaires pourront être mise à jour dans le cadre de l'élaboration des dossiers d'autorisation.

7.2.2 Périmètre de protection AEP

On note aussi qu'une partie du projet se situe dans la zone de surveillance renforcée d'un captage AEP. Des réservoirs d'eau potable sont également situés en aval. Il devra donc respecter les prescriptions associées et prendre en compte cet enjeu en phase travaux et exploitation afin de ne pas avoir d'incidence sur la qualité de l'eau potable en aval.

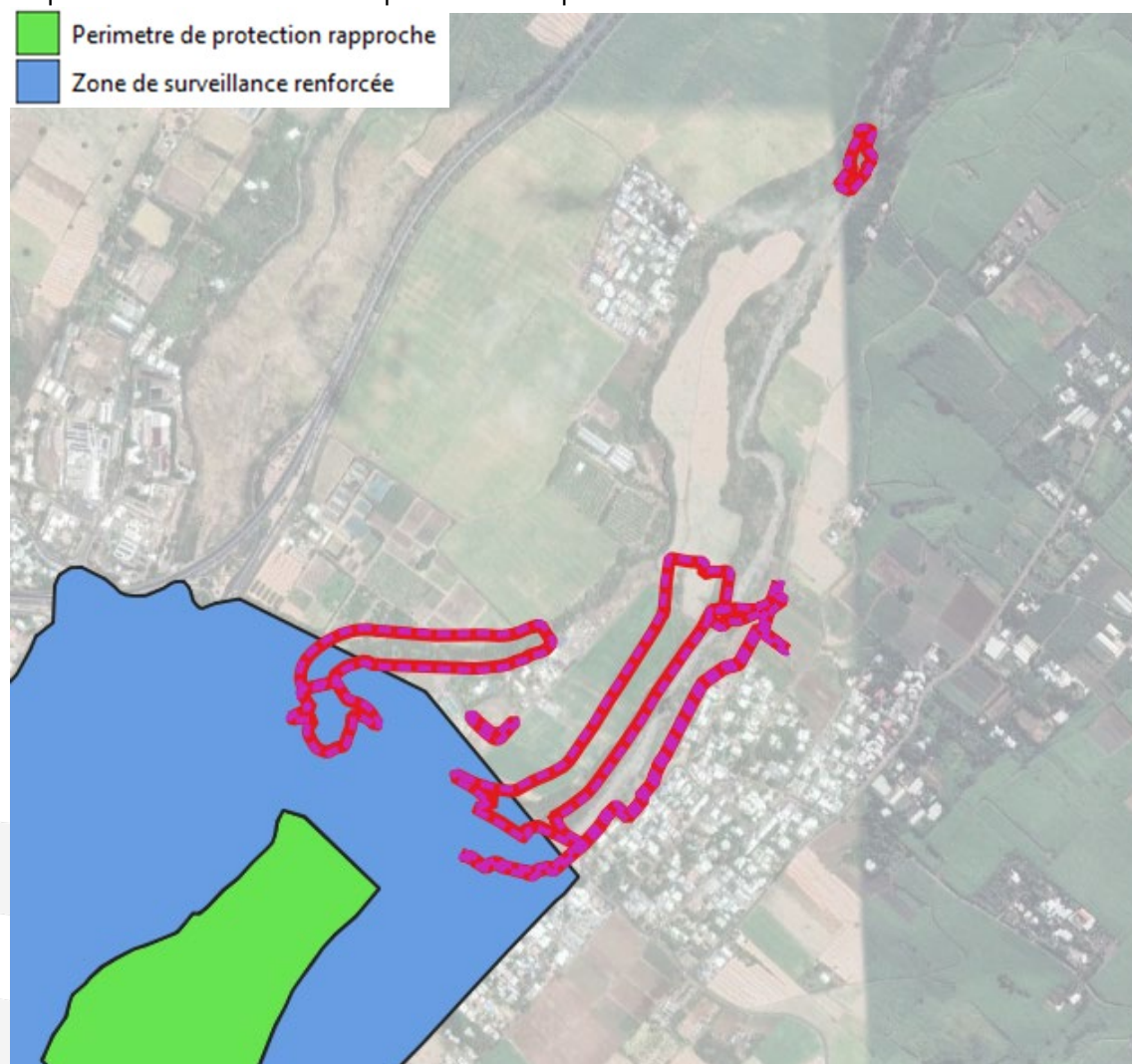


Figure 58 : Zonage des captages AEP

7.2.3 Paysage

Une étude paysagère sera à réaliser afin de travailler sur l'intégration des ouvrages hydrauliques.

8. POURSUITE DU PROJET

Pour la poursuite des études il conviendra d'obtenir les informations suivantes :

- La mise à jour de la topographie sur certains points particulier,
- La réalisation de sondages géotechniques au niveau de tous les ouvrages projetés afin réaliser les études G2 AVP puis G2 PRO,
- Recensement des murs existant et de leur état afin de déterminer ceux qui peuvent jouer le rôle de digue en l'état ou avec une simple réhausse,
- La réalisation d'un diagnostic écologique sur l'ensemble de la zone afin de prendre en compte de manière complète les contraintes écologiques du projet,
- La réalisation de bancs d'essai sur site pour les techniques de déroctages pressenties,
- La validation de la solution retenue, ici avec mobilisation du Bras Droit et notamment les validations de :
 - La validation de la solution retenue pour l'abaissement du seuil d'alimentation,
 - La validation de la solution retenue pour la reprise du radier du Bras Central (tracé, profil en travers type),
 - La validation de la solution retenue pour l'ouvrage hydraulique Bras Droit (tracé, type d'ouvrage pour la voirie d'accès en rive droite, type d'ouvrage d'art),
 - La validation du principe de seuil déflecteur (type d'ouvrage, nature des matériaux),
 - La validation des principes géométrique retenus pour l'élargissement du chenal (section, positionnement),
 - La validation des principes géométrique retenus pour l'élargissement du Bras Droit (section, positionnement),
 - La validation des principes géométrique retenus pour l'élargissement du Bras Central (section, positionnement),
 - La validation de la solution retenue pour la digue de protection (type d'ouvrage position),
 - La validation de l'élévation de la route d'accès Gamm Vert.
- Une prise de contact avec les propriétaires des parcelles dans l'emprise projet et l'acquisition de ces emprises,
- La confirmation de la position des réseaux existants dans la zone par des investigations complémentaires,
- Une concertation sur le projet avec les concessionnaires de réseaux impactés par le projet, ou projets d'extension

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

- Les études réglementaires (cas par cas, dossier loi sur l'eau, dossier de défrichement si espace boisé caractérisé par l'ONF),
- Une prise de contact avec la commune pour confirmer la faisabilité du projet au regard du PLU,
- Les diagnostics préalables à la démolition d'ouvrage (amiante/HAP sur les voiries impactées, amiante/plombs sur le reste de l'ouvrage).

9. COMPARAISON ENTRE LES DIFFERENTS SCENARIOS HYDRAULIQUES

IMPACTS		Scénario 2012 Avec Mobilisation du Bras Droit	Scénario 2016 Sans Mobilisation du Bras Droit
Performance	Inondabilité Bassin Plat	Augmentation du débit vers le bras droit --> le secteur de Bassin Plat transitera un débit moins important qu'aujourd'hui	Répartition des débits entre le bras central et le bras principal --> diminution du débit au niveau du bras principal
	Inondabilité "Gamm Vert"	Augmentation du débit vers le bras droit --> Diminution du risque par débordement du bras central, mais augmentation des risques de surverse au niveau du bras droit	Augmentation du débit au niveau du bras central --> Augmentation du risque au niveau du Gamm Vert
	Inondabilité "Supermarché Leclerc"	Augmentation du débit vers le bras droit --> Augmentation du risque au niveau du Leclerc qui est situé à l'aval	Augmentation du débit au niveau du bras central --> Pas de conséquences sur le Leclerc
Travaux associés	Digue (SE) rive gauche bras principal	Diminution du débit au niveau du bras principal car sur alimentation du bras droit Q sur bras principal = 670 m3/s	Diminution du débit au niveau du bras principal car répartition sur le bras central Q sur bras principal = 810 m3/s
Environnement	Réglementaire	Demande d'examen au cas par cas aboutissant potentiellement sur une étude d'impact Autorisation environnementale unique au titre de la Loi sur l'Eau comprenant potentiellement une dérogation espèces protégées Déclaration d'utilité publique Mise en compatibilité du PLU	Demande d'examen au cas par cas aboutissant potentiellement sur une étude d'impact Autorisation environnementale unique au titre de la Loi sur l'Eau comprenant potentiellement une dérogation espèces protégées Déclaration d'utilité publique Mise en compatibilité du PLU

	Impacts faune flore	Zone a enjeux écologiques est à l'aval du chemin des radiers Recalibrage du bras central, du bras principal et du bras droit	Zone a enjeux écologiques est a l'aval du chemin des radiers Recalibrage du bras central et du bras principal Pas d'impact sur le Bras Droit
Montant des travaux	Investissement	Estimation 2022 : 45,76 M€ HT	Estimation 2022 : 29,31 M€ HT
	Risque financier	Les coûts et cadences liées au déroctage seront réellement bornées lors de la mise en œuvre de banc d'essai pour la/les méthodes envisagées. La caractérisation des sols en place est également nécessaire afin de fiabiliser ces paramètres délais/coûts. Déroctage sur le Bras Central, sur le Bras Principal, pour l'abaissement du seuil déflecteur et sur le Bras Droit	Les coûts et cadences liées au déroctage seront réellement bornées lors de la mise en œuvre de banc d'essai pour la/les méthodes envisagées. La caractérisation des sols en place est également nécessaire afin de fiabiliser ces paramètres délais/coûts. Déroctage sur le Bras Central et sur le Bras Principal.
Sensibilité	Changement climatique et évolution naturelle du lit	Augmentation du débit vers le bras droit alors qu'il semble être de moins en moins alimenté lors d'évènement importants. La fréquence de mise en eau du Bras Droit est aussi plus importante.	Axe d'écoulement naturel initial conservé dans la zone Bras Central - Bras Principal
Transport solide	Transit sédimentaire	Risque d'atterrissement important à la confluence du Bras Droit et de la ravine de la Chaîne.	Les apports solides dans le bras droit (par saltation / suspension) sont réduits en proportion des apports liquides. Cette stratégie réduit fortement les risques d'atterrissement à la confluence du bras droit et de la ravine de la Chaîne en crue forte.

	Entretien nécessaire	L'entretien du Bras Central limitera la formation d'embacles. En post cru forte, le curage de la gorge du seuil déflecteur sera nécessaire. Un entretien sera nécessaire à la confluence de la ravine de la Chaîne et du Bras Droit afin d'éviter d'éventuels débordement en rive droite.	L'entretien du Bras Central limitera la formation d'embacles. En post cru forte, le curage de la gorge du seuil déflecteur sera nécessaire. L'entretien à la confluence de la ravine de la Chaîne et du Bras Droit est moins important/fréquent.
Foncier	Maitrise foncière	D'un point de vue foncier, la surface à acquérir pour la mise en œuvre de l'ensemble des aménagements est de l'ordre de 8.4 hectares au total dont 6.8 ha sur des parcelles privées. Des parcelles aménagées sont impactée telle que des emprises nécessaires sur le domaine de la CIRAD.	D'un point de vue foncier, la surface à acquérir pour la mise en œuvre de l'ensemble des aménagements est de l'ordre de 5.4 hectares au total donc 4.7 ha sur des parcelles privées.
Ouvrages hydraulique/Franchissement routier	Chenal ouvrage hydraulique Bras Droit	Elargissement du chenal existant à 50m.	Elargissement du chenal existant à 30m.
	Ouvrage hydraulique Bras Droit	Ouverture hydraulique nécessaire sous ouvrage 40 x 3,00m ht. Ouvrage à plusieurs travées. Nécessité de mise en œuvre d'appuis en ravine afin de rester économique.	Ouvrage hydraulique nécessaire sous ouvrage 23x3,00m ht. Ouvrage à travée simple.
	Digue de protection	Mise en œuvre d'une digue de protection nécessaire afin de contenir les débordements vers les habitations et commerces côté bassin plat.	Mise en œuvre d'une digue de protection nécessaire afin de contenir les débordements vers les habitations et commerces côté bassin plat. Augmentation de la hauteur nécessaire en moyenne de 40 cm.
	Franchissement du Bras central/Bras Principal Chemin Bassin plat	Ouvrage de type radier. Temps de ressuyage long. Coupure de circulation pour des événements courants. Entretien fréquent mais peu couteux	Ouvrage de type radier. Temps de ressuyage long. Coupure de circulation pour des événements courants. Entretien fréquent mais peu couteux

ANNEXE 1

CALCUL DE L'INDICE DE DANGER POUR L'OUVRAGE HYDRAULIQUE BRAS DROIT

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

CALCUL INDICE DE DANGER ET CHOIX D'UN DISPOSITIF DE RETENUE				
Opération :	Chemin bassin plat			
Ouvrage :				
ID 1	TRAFFIC	Volume par sens de circulation (arrondi)		41358
		Nombre de points affectés		16
	TRAFFIC PL	Voie à grande circulation et AR		
		Cocher x la case correspondante au choix	Faible	
			Normal	
			Elevé	
		Nombre de points affectés		0
		Autres voies	Faible	
			Normal	x
		Nombre de points affectés		1
	NIVEAU DE SERVICE	Cocher x la case correspondante au choix		
		Chemins ruraux, forestiers, VC		
		Autres voiries		x
		Autoroutes et routes principales		
		Nombre de points affectés		0
	TRACE	Cocher x la case correspondante au choix		
		Rayon > 1,5 Rnd		
		Rayon compris entre Rnd et 1,5 Rnd		x
		Rayon compris entre Rm et Rnd		
		Rayon inférieur ou égal à Rm		
		Nombre de points affectés		1
		Nota :	Rnd = rayon normal non déversé Rm = rayon minimal	
	PENTE	Cocher x la case correspondante au choix		
		Pente < 4% sur 300 m		x
		4% < pente < 7% sur 300 m		
		7% < pente < 10% sur 300 m		
		pente > 10 % sur 300m		
		Nombre de points affectés		0
	COURBURE	Cocher x la case correspondante au choix		
		Distance visibilité > à celle requise pour la Vréf de l'itinéraire		x
	Inférieure à celle requise			
	Nombre de points affectés		0	
POINTS DE CONFLIT	Cocher x la case correspondante au choix			
	Existence (sauf carrefour giratoire)			
	Absence		x	
	Carrefour giratoire			
	Nombre de points affectés		0	
LONGUEUR DE BRECHE	Cocher x la case correspondante au choix			
	Lb < 10 m			
	10 m <= Lb < 30 m			
	Lb >= 30 m		x	
	Nombre de points affectés		4	
VALEUR DU SOUS-INDICE ID 1		22,0		

Solutions d'aménagement hydraulique avec mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

ID 2	HAUTEUR DE CHUTE	Cocher x la case correspondante au choix		
		$h < 4 \text{ m}$		x
		$4 \text{ m} \leq h < 8 \text{ m}$		
		$8 \text{ m} \leq h < 10 \text{ m}$		
		$h \geq 10 \text{ m}$		
		Nombre de points affectés		0
	PROFONDEUR DE L'EAU	Cocher x la case correspondante au choix		
		$P < 2 \text{ m}$		x
		$P \geq 2 \text{ m}$		
		Nombre de points affectés		0
VALEUR DU SOUS-INDICE ID 2		0		

ID 3	VOIES FRANCHIES		Cocher x la case correspondante au choix	
			T < 1000 v/j	
			1000 <= T < 10 000 v/j	
			T >= 10 000 v/j	
			Nombre de points affectés	0
	VOIES FERREES		Renseignements à fournir par la SNCF : *	
			* Vitesse maxi des circulations ferroviaires P _A =	
			* Fréquence circulations voyageurs P _B =	
			Importance circulation routière PL - P _C =	
			* Profil en travers plateforme ferroviaire P _D =	
			Nombre de points affectés	0
	PRESENCE HUMAINE		Cocher x la case correspondante au choix	
			Densité < 10 habitants / ha	
			10 <= densité < 1000	x
			densité >= 1000 habitants / ha	
			Nombre de points affectés	5
VALEUR DU SOUS-INDICE ID 3		5		

INDICE DE DANGER ID = 27

ID	Problématique	Dispositif
ID < 14-16	Piétons	Solution A de type Garde-Corps (GC)
14-16 < ID < 19-22	Véhicules légers	Solutions B : Barrière de niveau N
19-22 < ID < 27-28	Poids lourds	Solutions C
ID > 27-28		Barrière de niveau H2 Barrière de niveau H3

CATEGORIE DISPOSITIF : H2