

CONSULTING

# Aménagement de la Rivière d'Abords à Bassin Plat

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

**Numéro du projet : 10MRU019**

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

**Intitulé du document : 10MRU019\_AVP**

<b>Version</b>	<b>Rédacteur</b> NOM / Prénom	<b>Vérificateur</b> NOM / Prénom	<b>Date d'envoi</b> JJ/MM/AA	<b>COMMENTAIRES</b> Documents de référence / Description des modifications essentielles
<b>1</b>	HOARAU Rémy	CHAUVEINC Rémi DREAN Maella	01/12/2022	Version initiale
<b>2</b>	HOARAU Rémy	CHAUVEINC Rémi DREAN Maella	20/02/2023	Intégration du cadrage réglementaire et de l'emprise foncière



# 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 .....	10
2.5	Géologie et géomorphologie de la zone d'étude.....	13
2.6	Géotechnique .....	17
2.7	Réseaux existants.....	20
3.....	Description des Ouvrages .....	30
3.1	Elévation du seuil d'alimentation.....	31
3.2	Seuil déflecteur .....	34
3.3	Déroctage bras central.....	37
3.4	Reprise du chemin bassin plat.....	42
3.5	Elévation de la route Gamm Vert .....	44
3.6	Digue de protection .....	48
3.7	Reprise de l'ouvrage de franchissement de la ravine la chaîne .....	56
4.....	Estimation prévisionnelle.....	66
5.....	Phasage prévisionnel et Réalisation.....	71
6.....	Foncier .....	74
6.1	Seuil d'alimentation .....	78
6.2	Seuil déflecteur et réhausse en merlon.....	78
6.3	Déroctage Bras Central.....	78
6.4	Digue de protection .....	79

---

6.5	Elévation de la route Gamm Vert .....	80
6.6	Reprise de l'ouvrage bras droit.....	81
6.7	Impacts Foncier .....	82
7.....	Volet réglementaire .....	84
7.1	Cadrage règlementaire.....	84
7.2	Contraintes environnementales .....	94
8.....	Poursuite du projet .....	95
9.....	Comparaison entre les différents scénarios hydrauliques .....	96

## 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 « Pro v4 » sur les hauteurs d'eau .....	8
Figure 6 : Vue d'ensemble des aménagements nécessaires.....	9
Figure 7 : Carte géologique de la rivière d'abord.....	16
Figure 8 : Localisation des essais géotechniques.....	18
Figure 9 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703344D9C .....	21
Figure 10 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703347DFB .....	22
Figure 11 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703349D08.....	22
Figure 12 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703352D7E .....	23
Figure 13 : Plan de réseau transmis par EDF – Zone Chemin bassin plat – DT n°2022102703347DFB.....	24
Figure 14 : Plan de réseau transmis par EDF – Zone OH Bras Droit– DT n°2022102703344D9C.....	24
Figure 15 : Extrait de plan de réseau transmis par France TELECOM le 16/02/2011 – Zoom sur le BRAS DROIT .....	25
Figure 16 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom sur le BRAS PRINCIPAL.....	26
Figure 17 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom l'allée des primevères .....	26
Figure 18 : Plan de réseau transmis par Veolia.....	27
Figure 19 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Droit .....	28
Figure 20 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Central .....	28
Figure 21 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Principal .....	29
Figure 22 : Vue d'ensemble des aménagements nécessaires.....	31
Figure 23 : Topographie lidar de la zone seuil amont.....	32
Figure 24 : Accès possible par le chemin agricole située entre le Bras Central et le Bras Droit .....	32
Figure 25 : Vue 3D schématique du seuil déflecteur - Rivière d'Abord (source : rapport SAFEGE 2012) .....	35
Figure 26 : Continuité hydraulique dans le lit mineur du bras Principal.....	36
Figure 27 : PFE de DE RENZO A. – 2009 – « Le minage, une alternative aux techniques courantes de terrassements rocheux à la Réunion ? » - Extrait du sommaire .....	39
Figure 28 : Analyse multicritère des techniques de déroctage.....	41
Figure 29 : Profil en travers du chemin d'accès Gamm Vert.....	45
Figure 30 : Abaque de détermination de l'épaisseur du revêtement béton – Collection technique Cimbéton .....	47
Figure 31 : Principe de confortement du talus de remblai routier par maçonnerie.....	48
Figure 32 : Profil en long de la digue « Pro v4 » et comparaison par rapport aux niveaux à l'état actuel et l'état « Pro v4 » .....	49
Figure 33 : Localisation de la digue de protection et des sections à portail batardable .....	50
Figure 34 : Enrochements libres dans le bras principal au niveau de la quincaillerie .....	50
Figure 35 : Murs de clôture riverain en amont direct du radier existant – Bras principal.....	50
Figure 36 : Murs moellons « neuf » de clôture riverain en amont direct du radier existant – Bras principal.....	51
Figure 37 : Exemple de porte batardable à fermeture manuelle - Codolet .....	52
Figure 38 : Exemple de surélévation de la route traversante au niveau de la digue de protection – Codolet .....	53
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.....	53
Figure 40 : Zone de traversée à prévoir chemin Bassin Plat.....	54
Figure 41 : Croisements entre l'allée des primevères et les ouvrages projetés.....	55
Figure 42 : Localisation de l'ouvrage hydraulique.....	56
Figure 43 : Vue depuis l'amont sur l'ouvrage hydraulique .....	57
Figure 44 : Ligne d'eau dans le bras droit au niveau de l'ouvrage routier : Scénario Etat actuel (Q = 300 m <sup>3</sup> /s).....	57
Figure 45 : Ligne d'eau dans le bras droit au niveau de l'ouvrage routier : Scénario « BP Défecteur + Creusement BC + Seuil BD » (Q = 190 m <sup>3</sup> /s).....	57
Figure 46 : Scénario d'élargissement retenu .....	58
Figure 47 : Contraintes d'implantation chemin bassin plat.....	59
Figure 48 : Vue en plan du tracé routier .....	60

---

Figure 49 : Exemple de pont à poutrelles enrobées (SUEZ Consulting, Ville de Saint-Pierre) .....	61
Figure 50 - Exemple Dispositif de retenue H2 – Profil BN4 .....	63
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> ) .....	63
Figure 52 – Linéaire de barrière à installer ( <i>Guide CEREMA : « Dispositifs de retenue routiers CE sur OA »</i> ) .....	64
Figure 53 : Parcelles impactées – Bras Droit.....	75
Figure 54 : Parcelles impactées – Seuil d'alimentation.....	76
Figure 55 : Parcelles impactées – Bras Central.....	77
Figure 56 : Plan Local d'Urbanisme.....	91
Figure 57 : Espaces Boisés Classés .....	92
Figure 58 : Zonage des captages AEP.....	94

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des débits entre les différents bras .....	4
Tableau 2: Incidences projet sur la dynamique hydrosédimentaire.....	12
Tableau 3:Caractéristiques des contraintes hydrauliques de l'ouvrage.....	33
Tableau 4: Caractéristiques des contraintes hydrauliques de l'ouvrage.....	36
Tableau 5: Trafic moyen 2012 (données commune de St Pierre).....	43
Tableau 6: Parcelles impactées – Seuil d'alimentation .....	78
Tableau 7: Parcelles impactées – Seuil déflecteur et réhausse en merlon .....	78
Tableau 8: Parcelles impactées – Seuil d'alimentation .....	79
Tableau 9: Parcelles impactées – Digue de protection .....	80
Tableau 10: Parcelles impactées – Élévation route Gamm vert.....	81
Tableau 11: Parcelles impactées – Ouvrage hydraulique Bras Droit .....	81
Tableau 12: Tableau récapitulatif des parcelles privées et des surfaces impactées .....	83
<b>Tableau 13: Tableau récapitulatif des types de parcelles et des surfaces impactées.....</b>	<b>83</b>

## 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 2016 – solution sans surcharge du bras droit.

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

- 2010-2012 : 1<sup>ière</sup> 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 2016 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 v2\_ Suez Consulting (ref S10MEN020\_Note\_Hydraulique\_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.

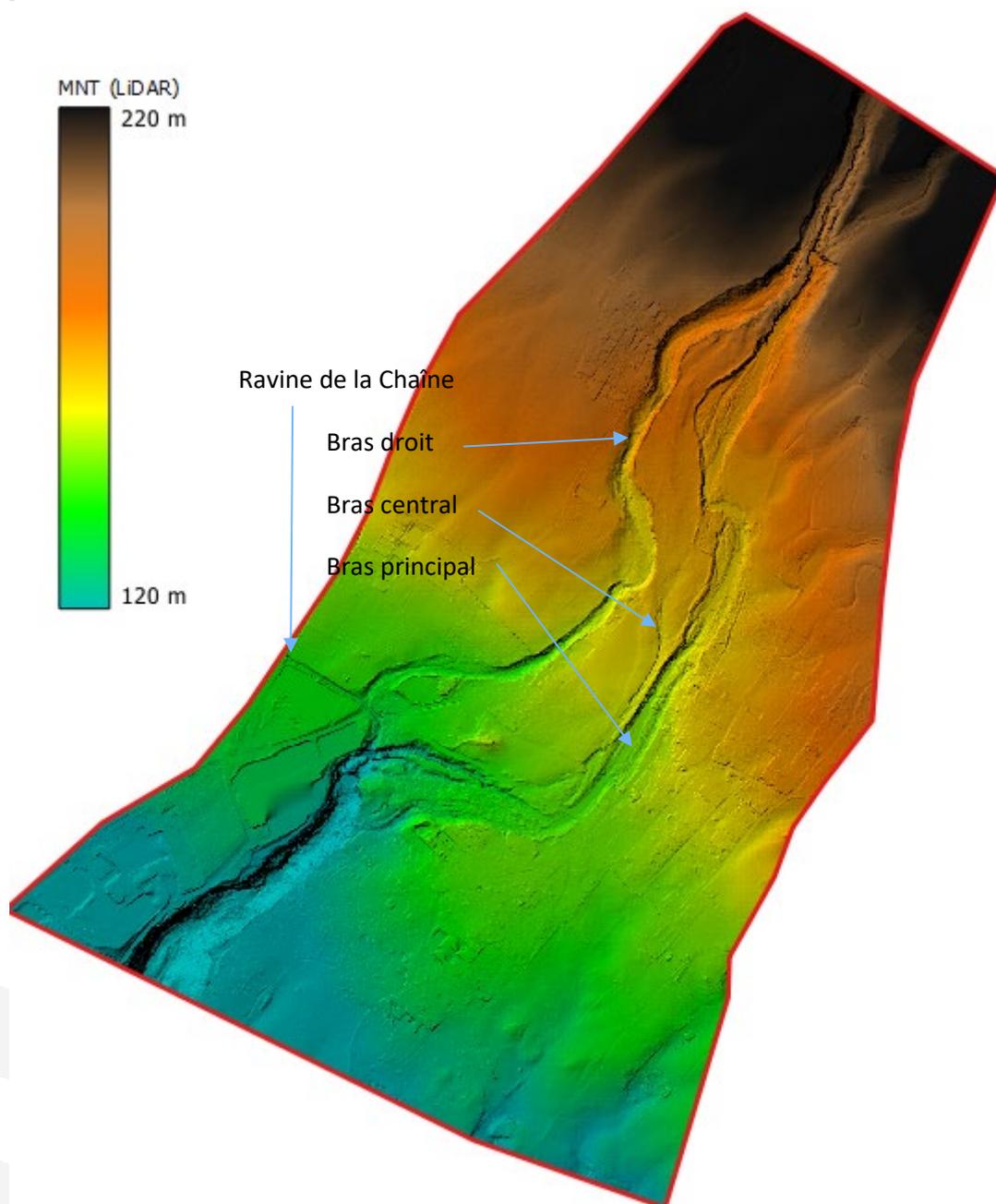


Figure 1 : Données d'entrée MNT

---

## 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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/s). Au niveau du double coude du bras principal, une partie des écoulements est réorienté vers le bras principal (90 m<sup>3</sup>/s, soit 6% du débit total).

La comparaison du modèle TELEMAC2D avec le modèle 1D des études précédentes montre que le débit transitant dans le bras droit augmente (240 m<sup>3</sup>/s contre 150 m<sup>3</sup>/s dans le modèle 1D) mais diminue le débit dans le bras central (90 m<sup>3</sup>/s contre 165 m<sup>3</sup>/s dans le modèle 1D).

Tableau 1 : Répartition des débits entre les différents bras

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

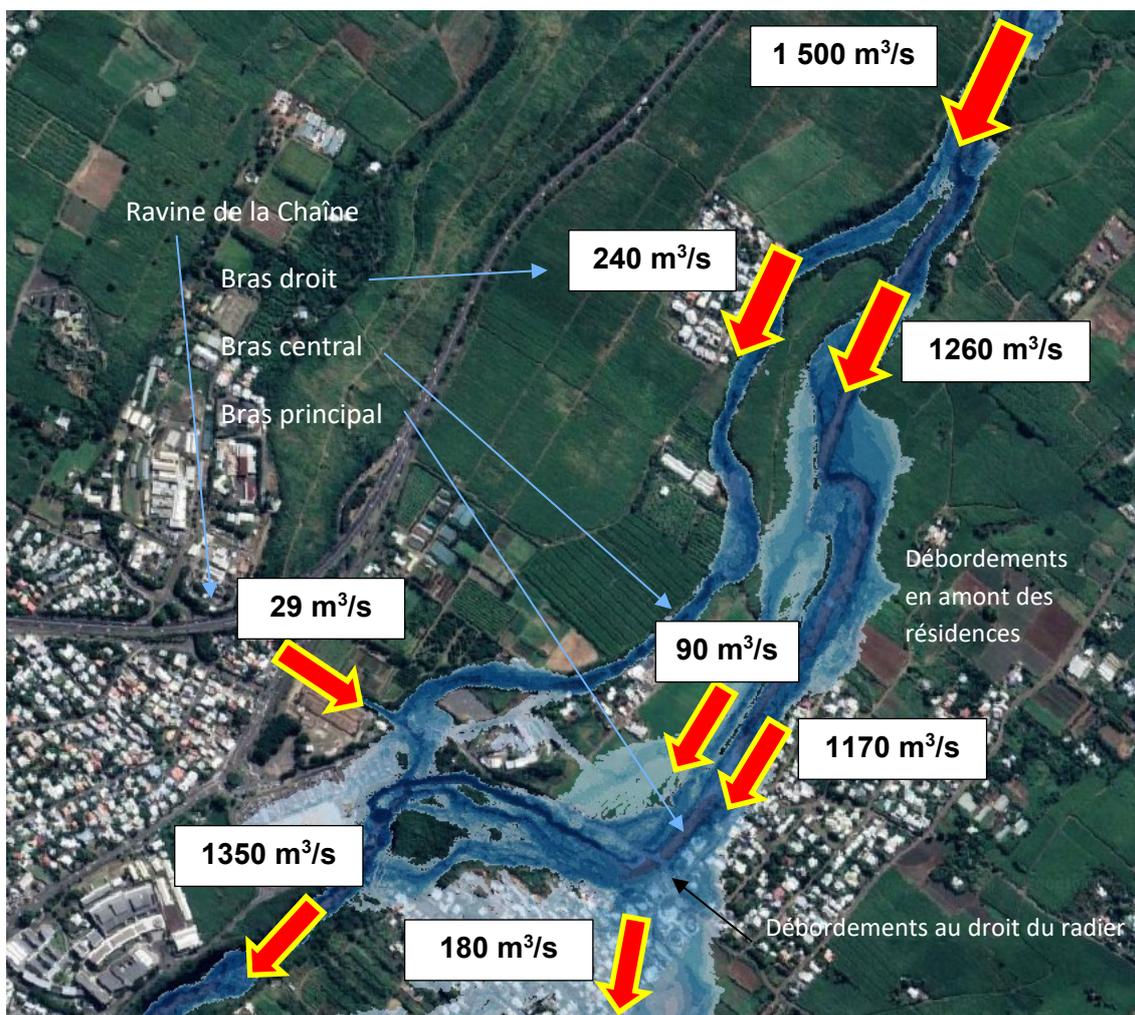


Figure 2 : Répartition des débits pour l'état référence (débit de dimensionnement)

### 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.

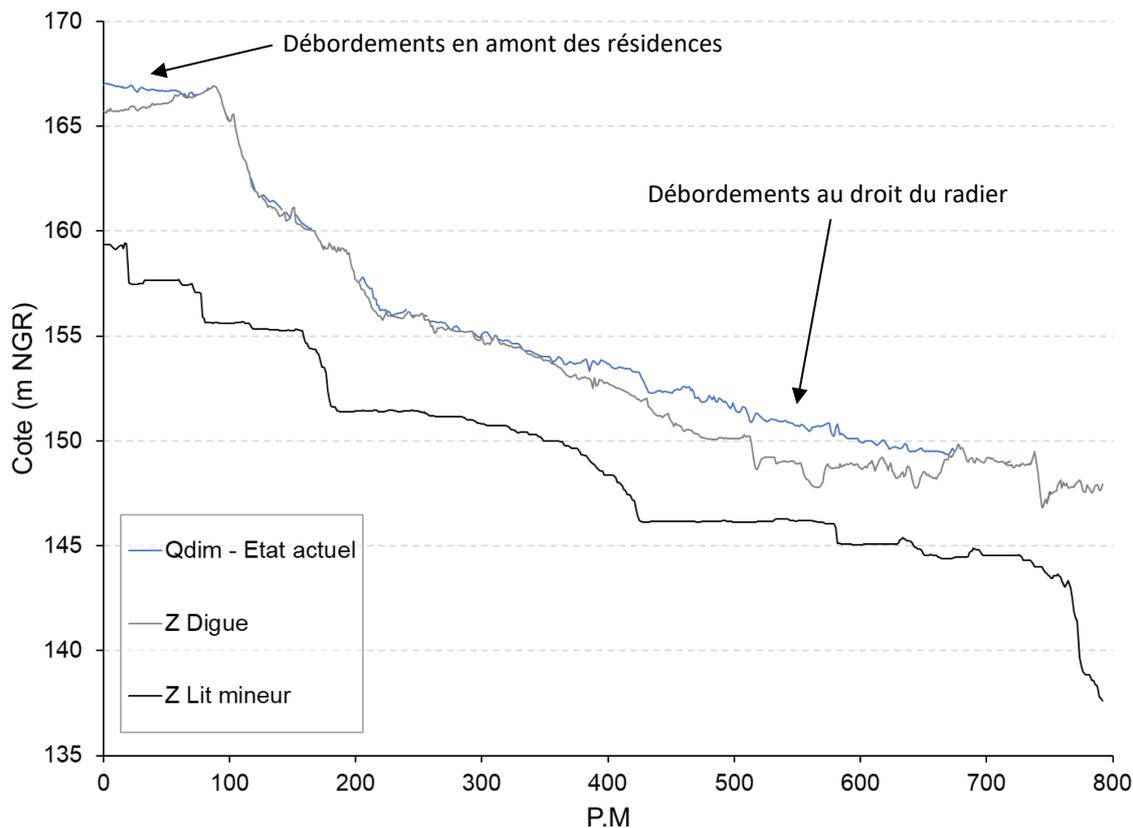


Figure 3 : Profil en long du lit mineur et de la rive gauche du bras principal, au droit de bassin plat

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 projet explore la solution où une part des flux transitant dans le bras principal en premier ordre, dans le bras droit en second ordre, sont délestés vers le bras central.

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

- Le scénario « Pro v1 », qui consistait en l'aménagement d'un chenal visant à suralimenter le bras central, accompagné d'un seuil défecteur dans le bras principal,
- Le scénario « Pro v2 », identique au « Pro v1 » avec l'ajout d'un creusement du bras central jusqu'à la jonction avec le bras principal plus au sud,
- Le scénario « Pro v3 », identique au « Pro v2 » mais avec la surélévation du seuil d'alimentation du bras droit,
- Le scénario « Pro v4 », identique au Pro v3, mais avec la mise en place d'une digue de protection à Bassin Plat, la surélévation de deux chemins, et un creusement plus important du bras central, en hauteur et en longueur.

Si les scénarios « Pro v1 », « Pro v2 » et « Pro v3 » 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 « Pro v4 » 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 ainsi que la surélévation de deux chemins routiers. Les aménagements décrit en Pro v1 à Pro v3 permettent de réduire la hauteur des digues à déployer.

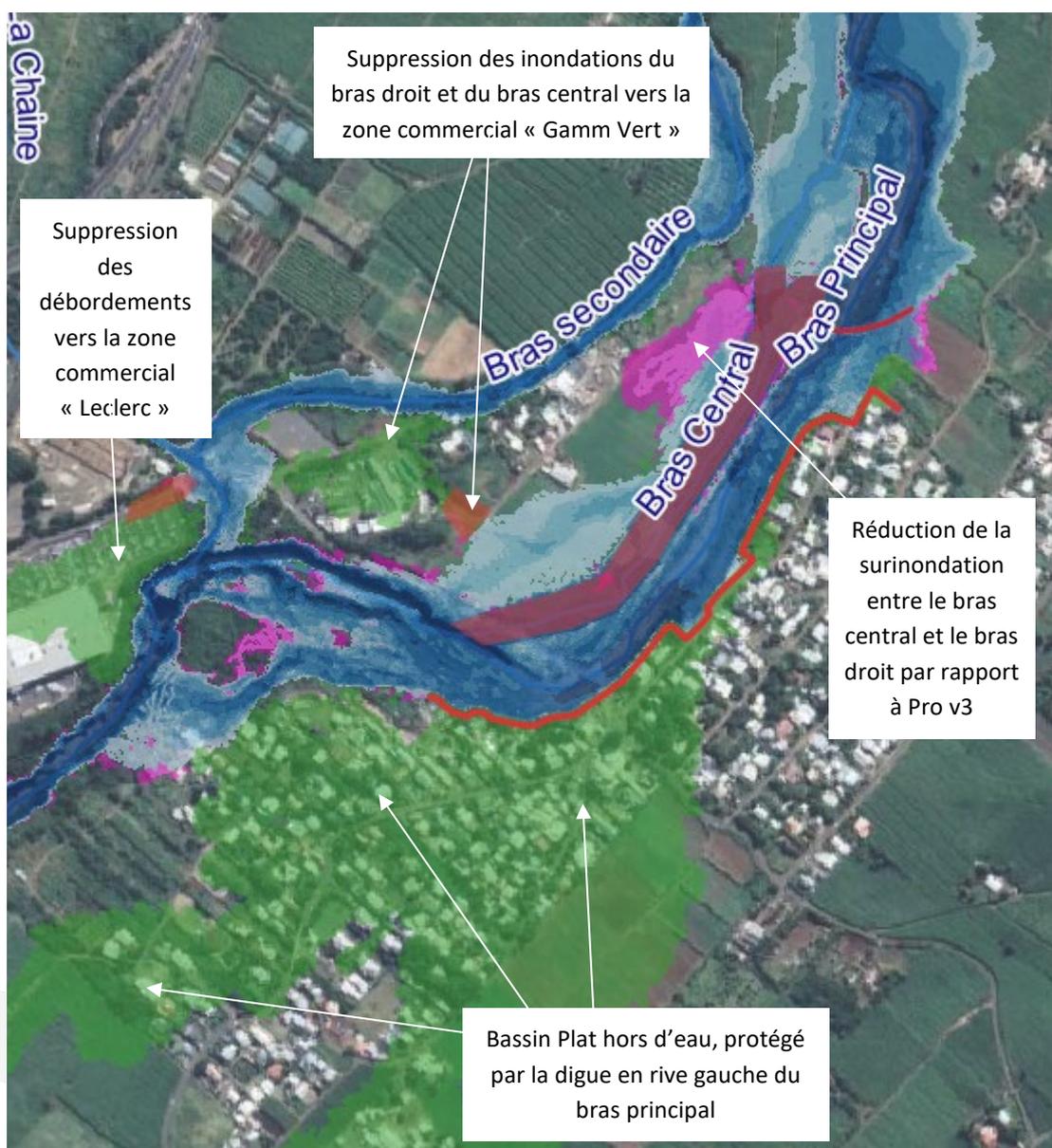


Figure 5 : Impact du scénario « Pro v4 » sur les hauteurs d'eau

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

Les ouvrages associés sont donc les suivants :

- Seuil d'alimentation
- Seuil déflecteur
- Déroctage bras central
- 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

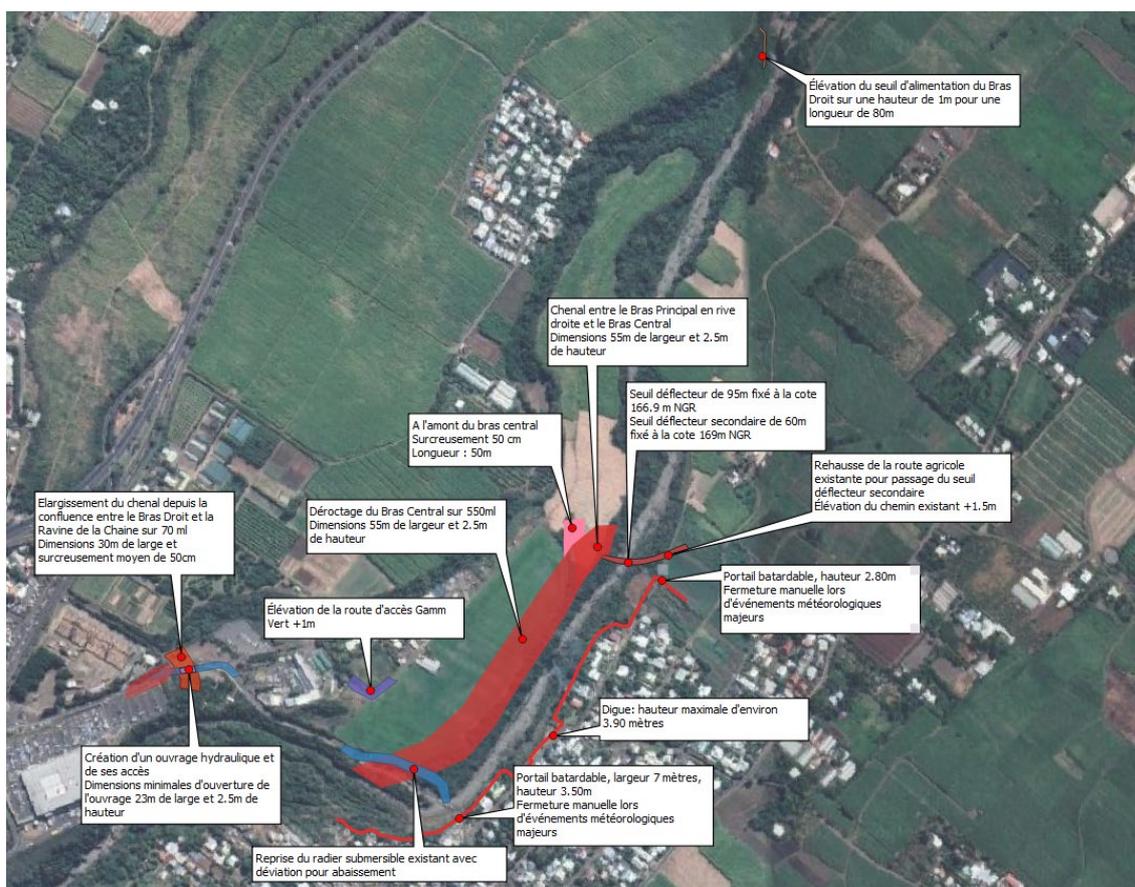


Figure 6 : Vue d'ensemble des aménagements nécessaires

L'ensemble des aménagements étudiés dans la solution « Pro v4 » 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)
<b>Bras principal à la Défluece bras droit</b>	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 300m <sup>3</sup> /s)	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.	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.
	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	Les apports solides dans le bras droit (par saltation / suspension) sont réduits en proportion des apports liquides.	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 défluece.			
<b>Bras principal en amont du double coude</b>	Le transit sédimentaire est maintenu avec des zones de respiration (dépôts/incisions temporaires) en aval de la défluece 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
<b>Bras principal en amont du radier</b>	La pente se réduit, les déflueces 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%

<p><b>(amont / aval du déflecteur projeté)</b></p>	<p>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</p>	<p>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).</p> <p>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.</p>
<p><b>Bras principal au droit du radier et en aval</b></p>	<p>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.</p> <p>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</p>	<p>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.</p> <p>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</p>
<p><b>Bras central</b></p>	<p>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 est restitué au bras</p>	<p>Le bras central est élargi et mobilisé plus souvent dès les crues moyennes.</p> <p>Son entretien limite la formation d'embâcles.</p> <p>L'élargissement du chenal d'écoulement réduit la capacité d'érosion qui ne disposera pas d'apports solides amont.</p>

	principal en aval du radier		
<b>Bras droit</b>	<p>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</p>	<p>-110m<sup>3</sup>/s (-40%) en crue de dimensionnement</p> <p>La réduction de la fréquence de mobilisation du bras droit renforce la fixation naturelle par la végétation déjà forte.</p> <p>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.</p> <p>Le risque de dépôts massifs à la confluence de la ravine de la Chaîne est alors fortement réduit.</p> <p>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)</p>	<p>+160m<sup>3</sup>/s (+60%) en crue de dimensionnement</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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).</p>

Tableau 2: Incidences projet sur la dynamique hydrosédimentaire

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 m<sup>3</sup>) 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).

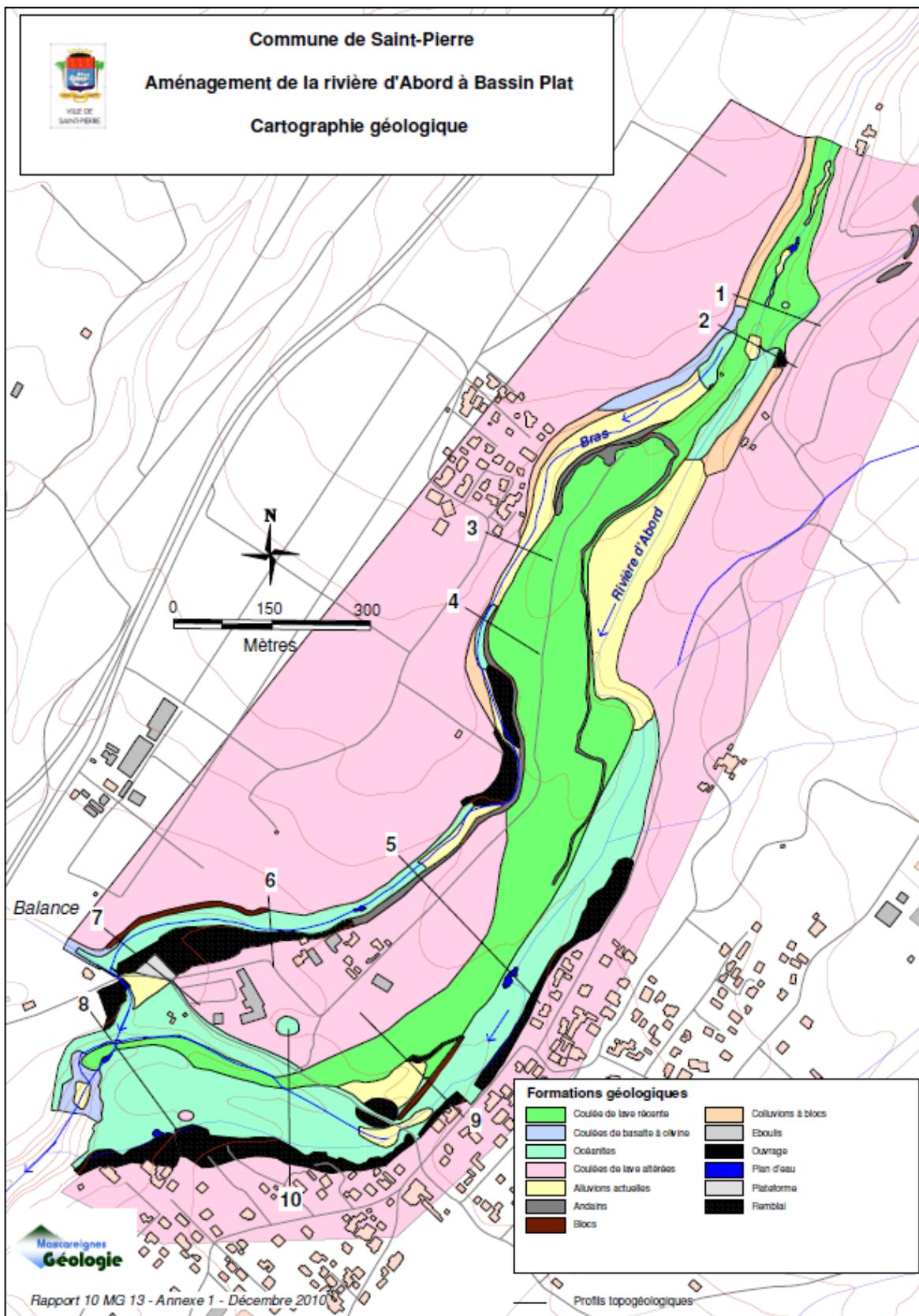


Figure 7 : Carte géologique de la rivière d'abord

## 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 principal.

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.

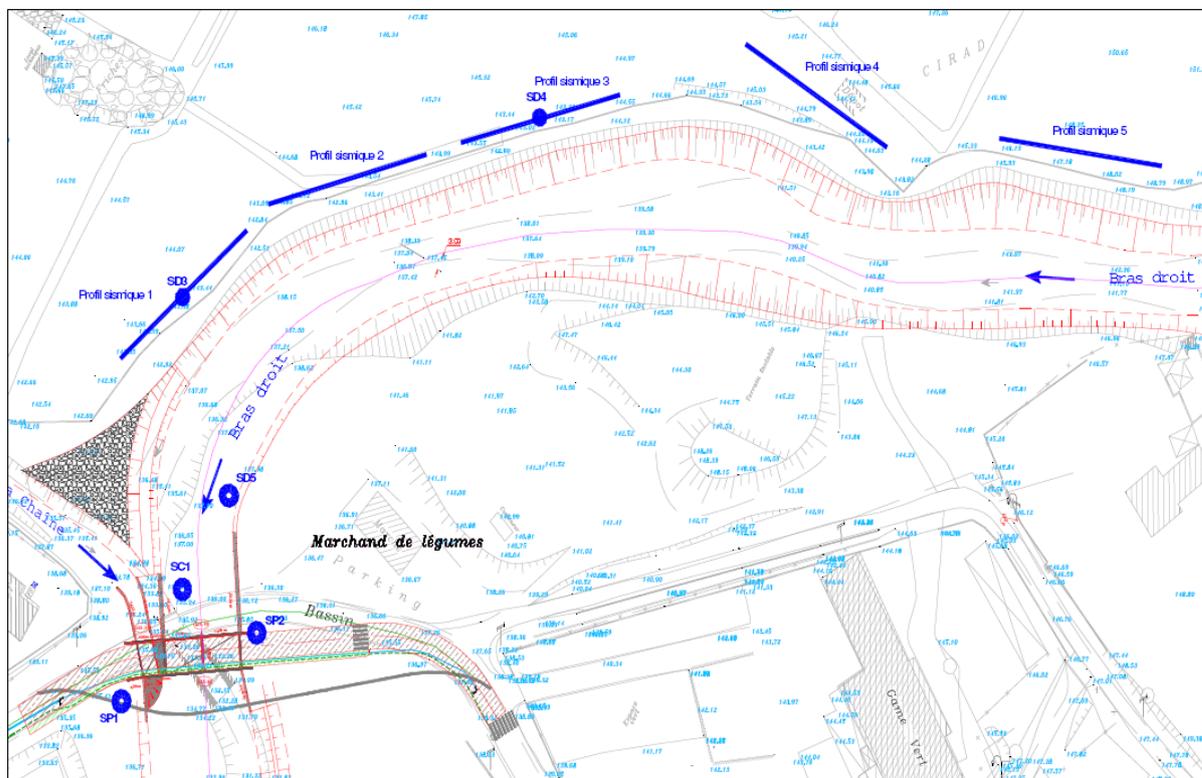


Figure 8 : Localisation des essais géotechniques

### 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 ( $\varphi'$ ) 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 ( $\varphi''$ ) 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,
- Deux conduites SAPHIR dont une en diamètre 600 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 diamètres concernés sont 600 mm et 100 mm 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.

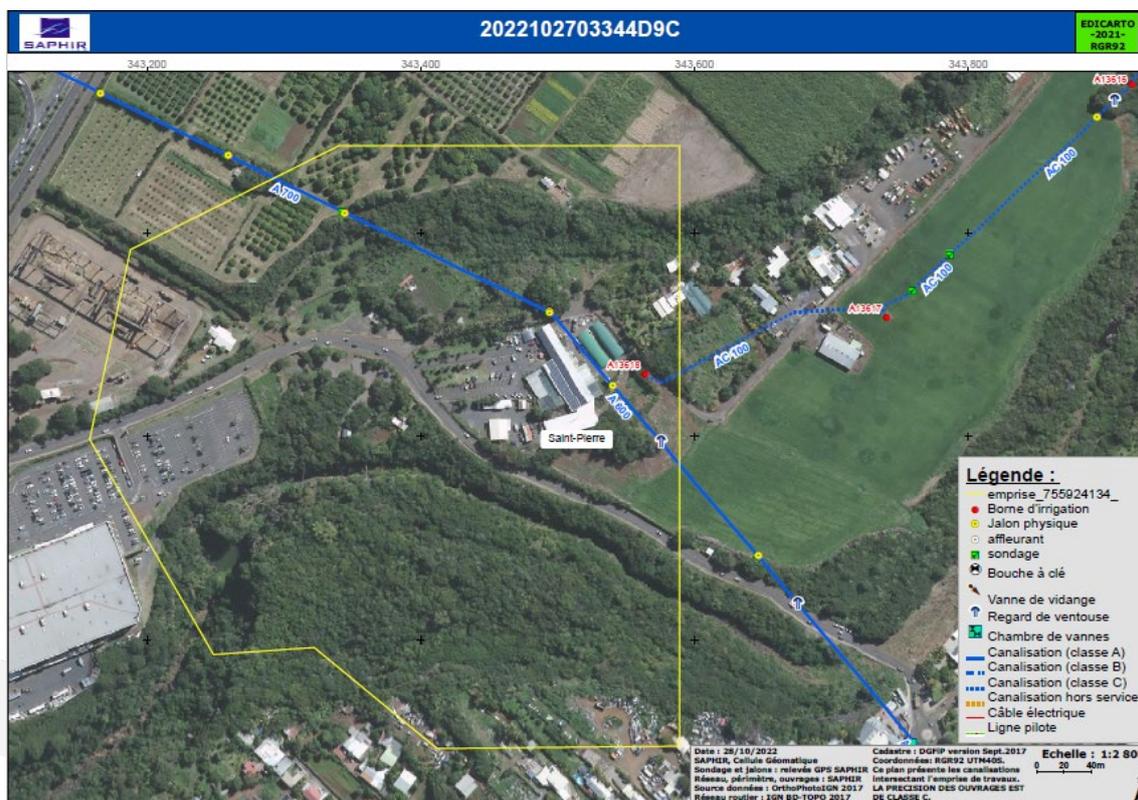


Figure 9 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703344D9C

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



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

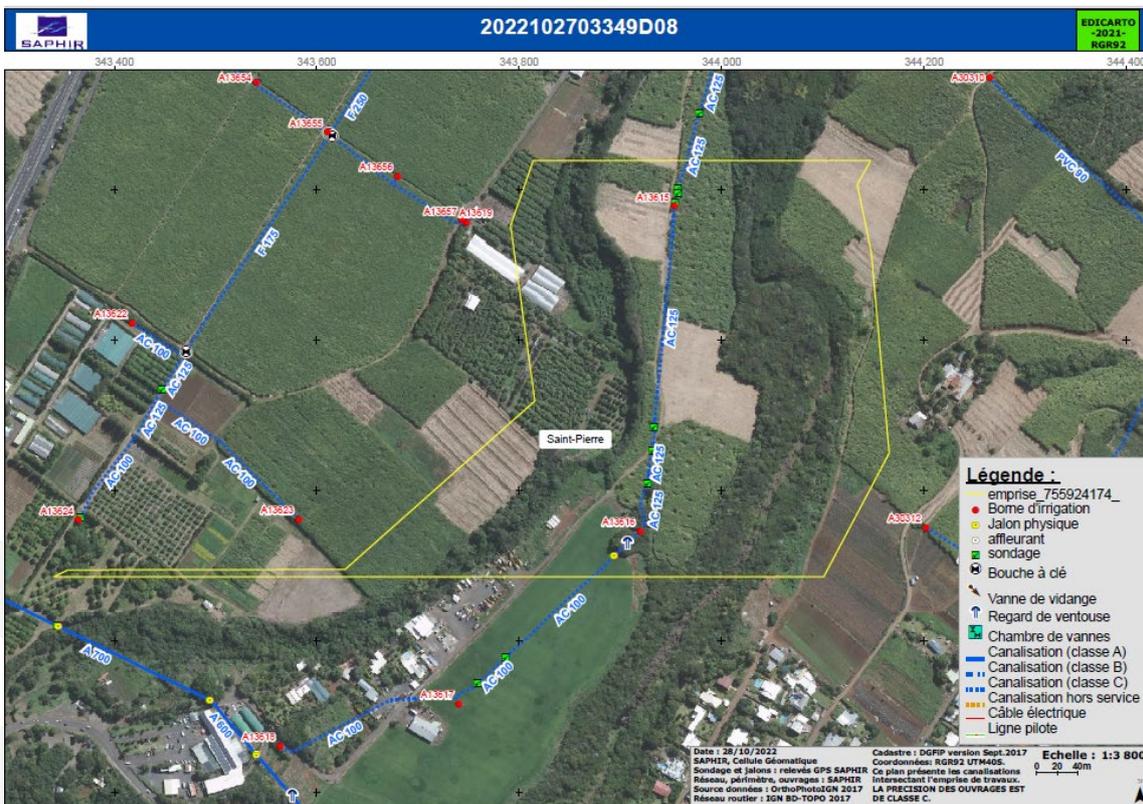
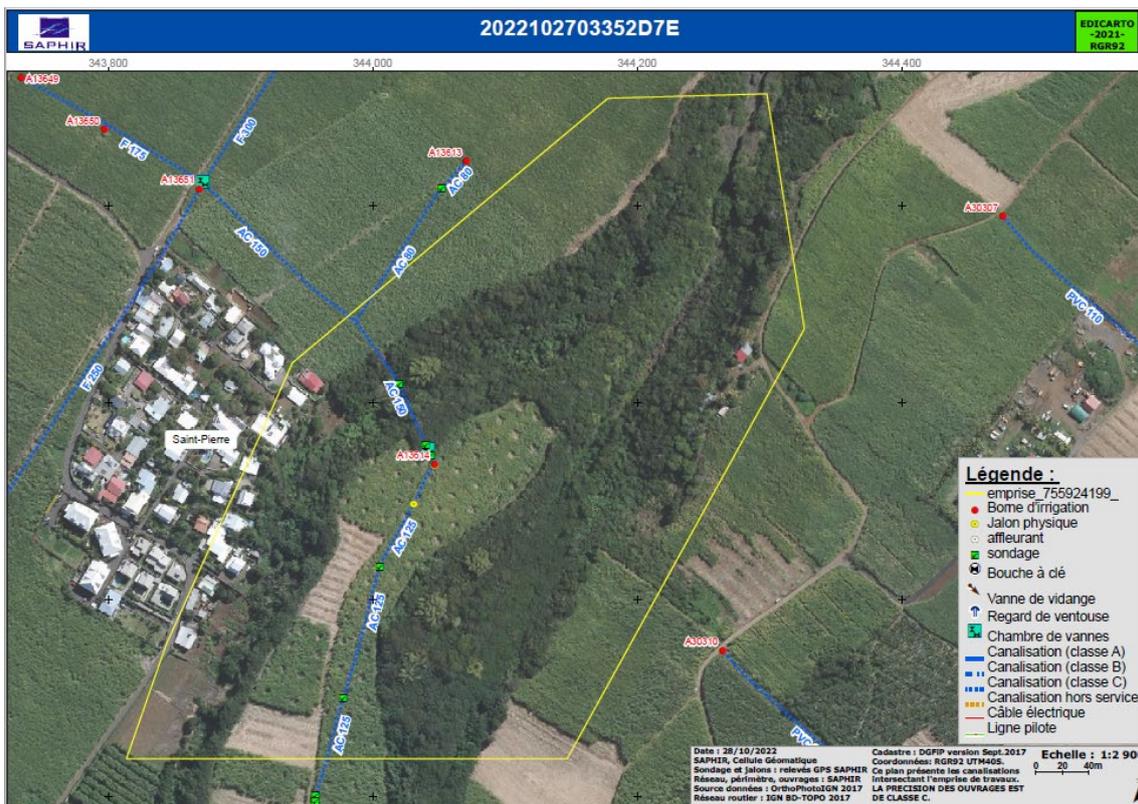


Figure 11 : Plan de réseau transmis par SAPHIR – DT n°2022102703349D08



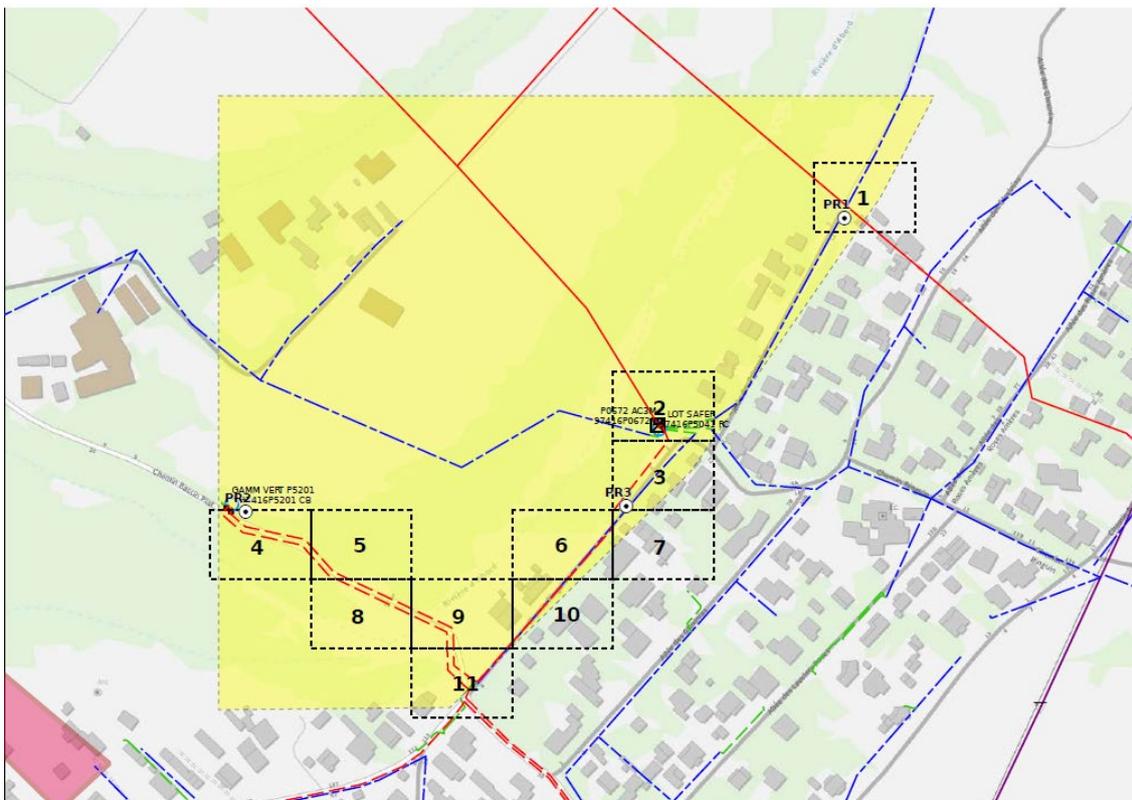


Figure 13 : Plan de réseau transmis par EDF – Zone Chemin bassin plat – DT n°2022102703347DFB

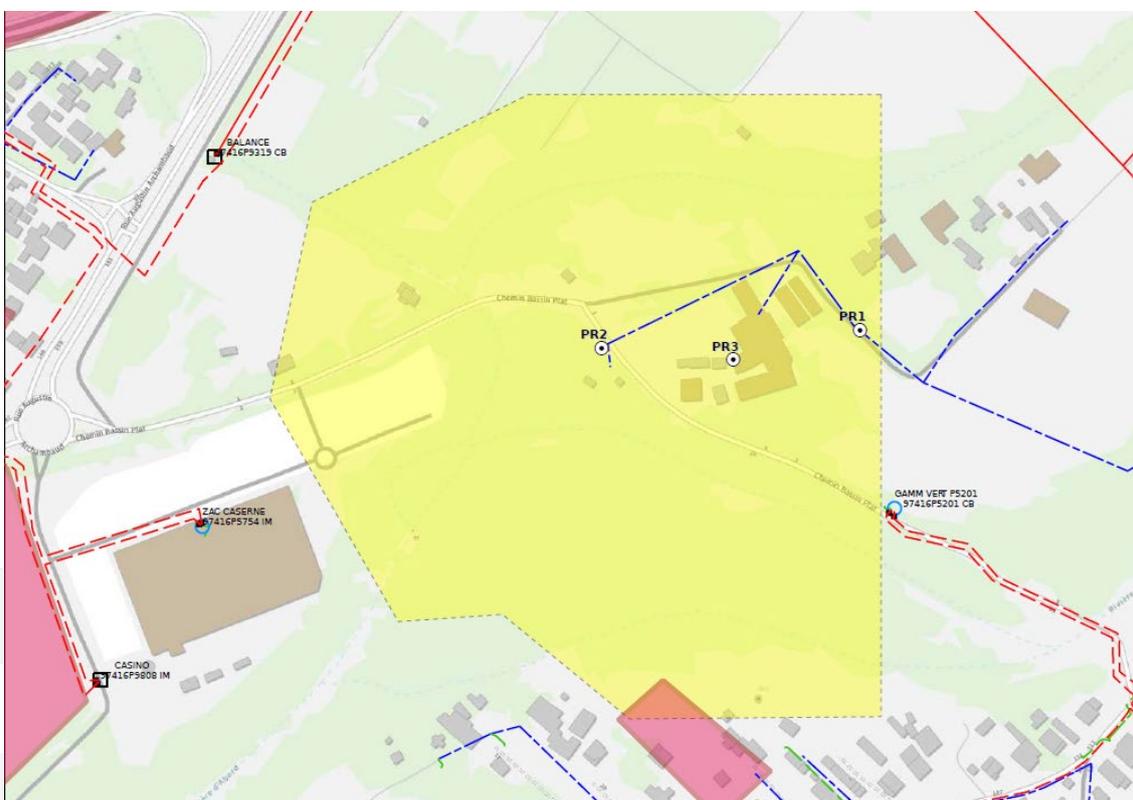


Figure 14 : Plan de réseau transmis par EDF – Zone OH Bras Droit – DT n°2022102703344D9C

### 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.

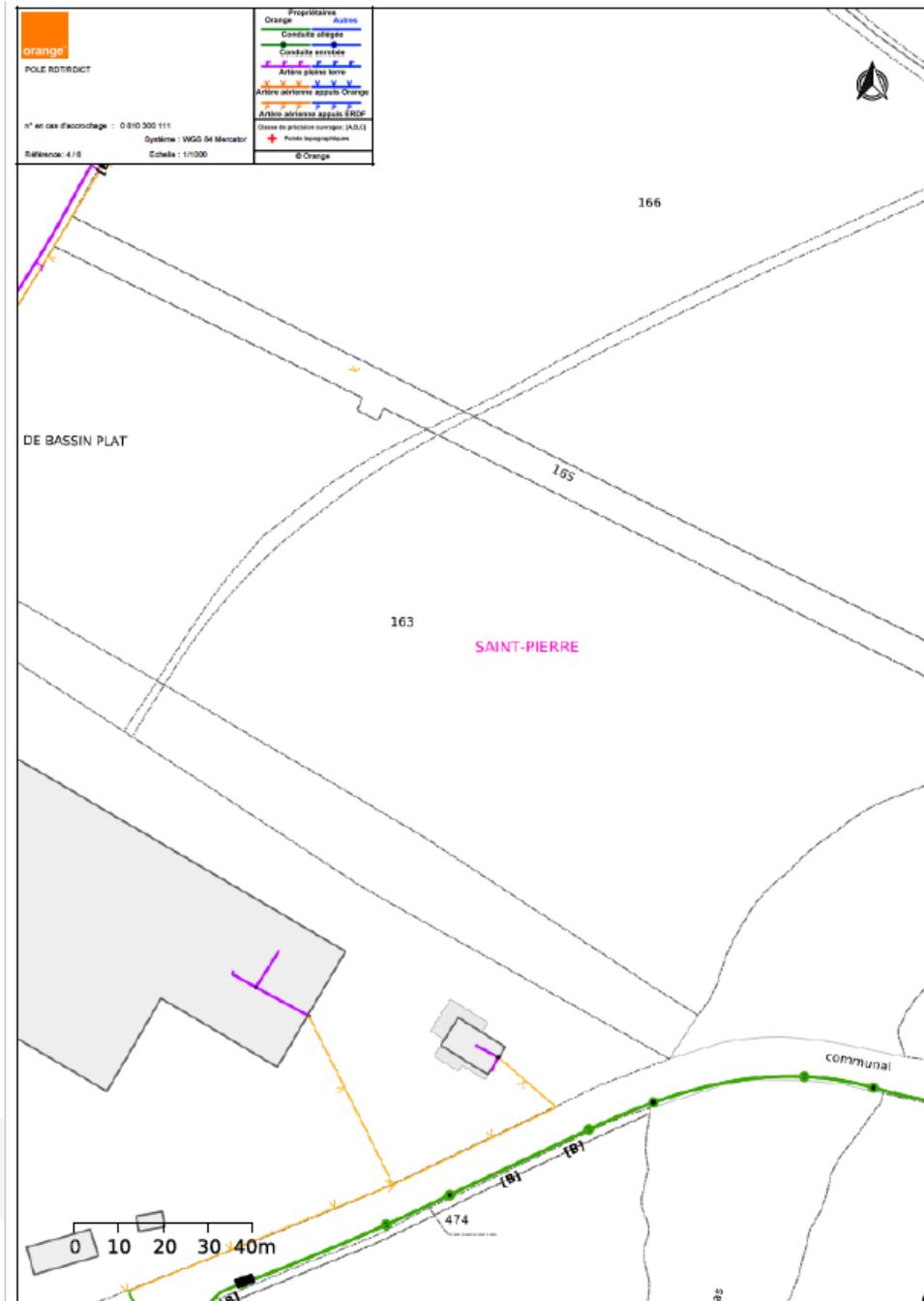


Figure 15 : Extrait de plan de réseau transmis par France TELECOM le 16/02/2011 – Zoom sur le BRAS DROIT

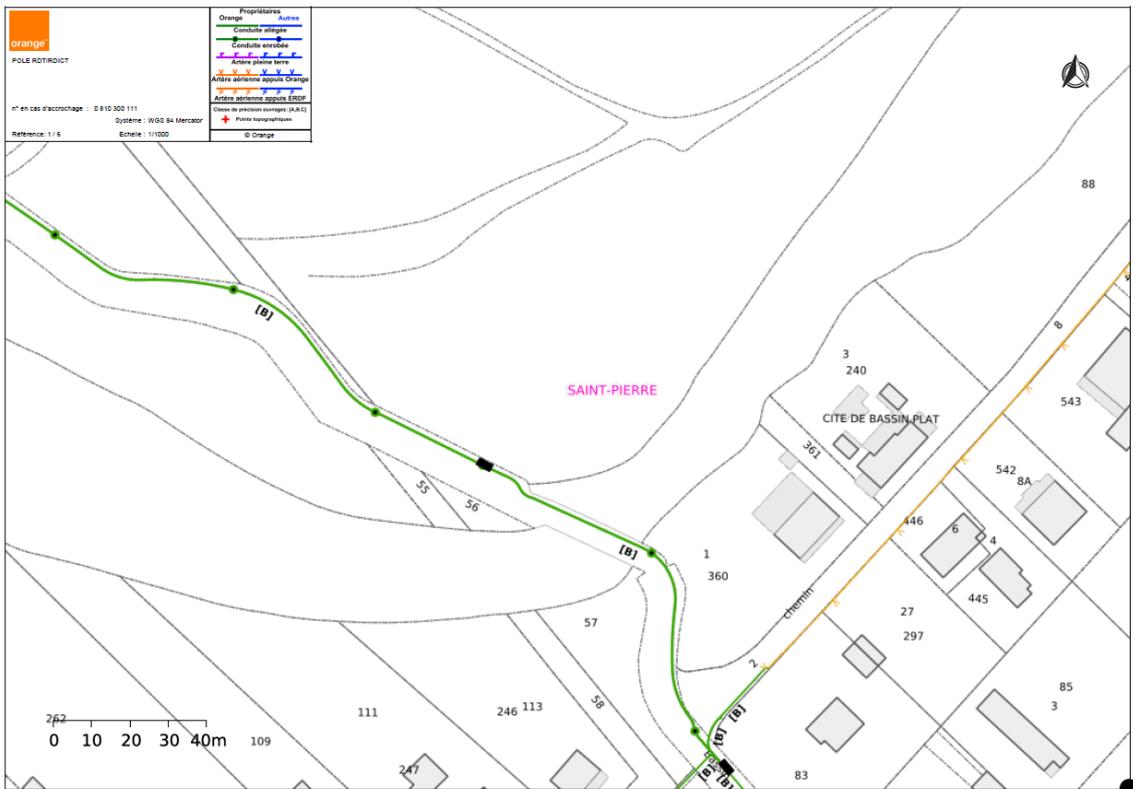


Figure 16 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom sur le BRAS PRINCIPAL

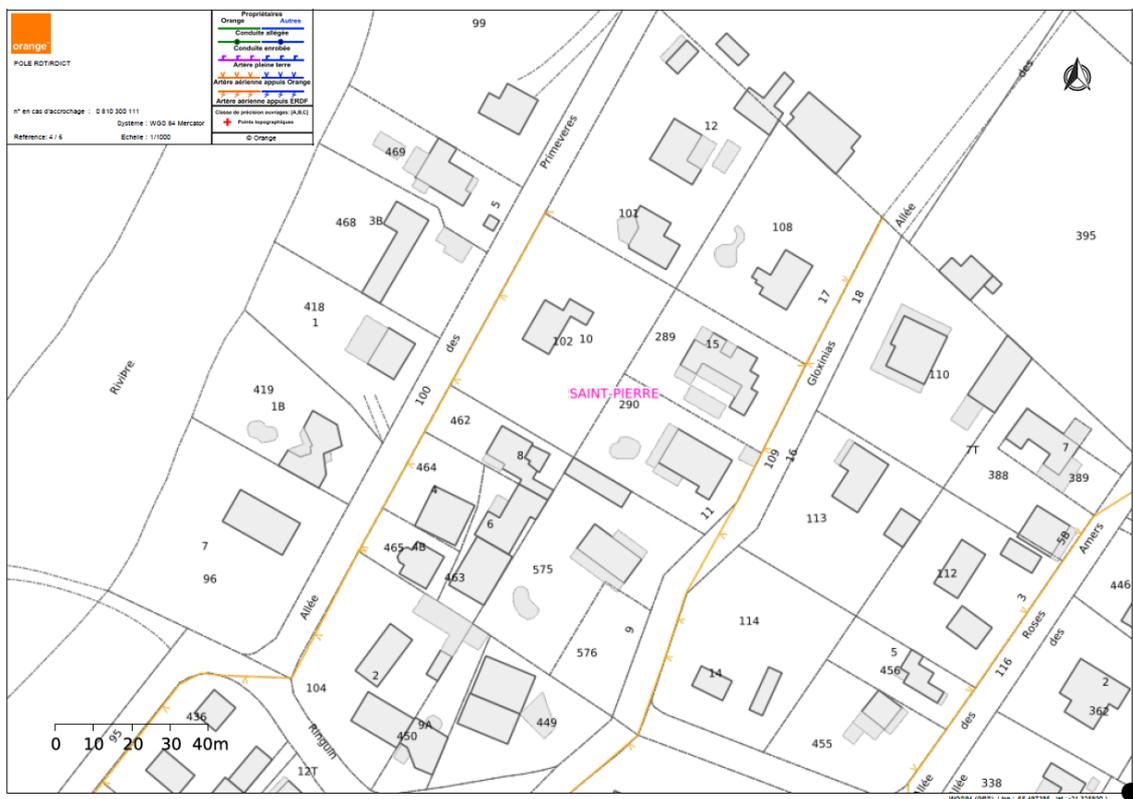


Figure 17 : Extrait de plan de réseau transmis par ORANGE – Zoom l'allée des primevères

## 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.

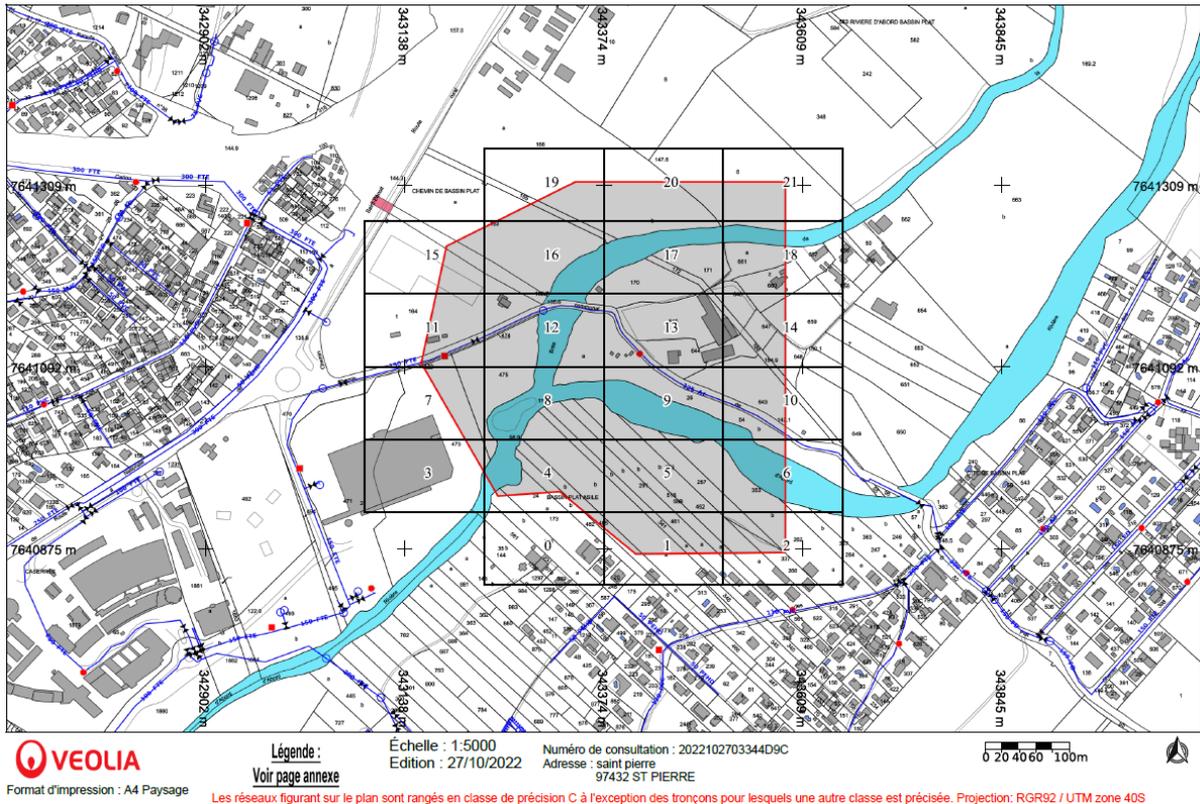


Figure 18 : Plan de réseau transmis par Veolia

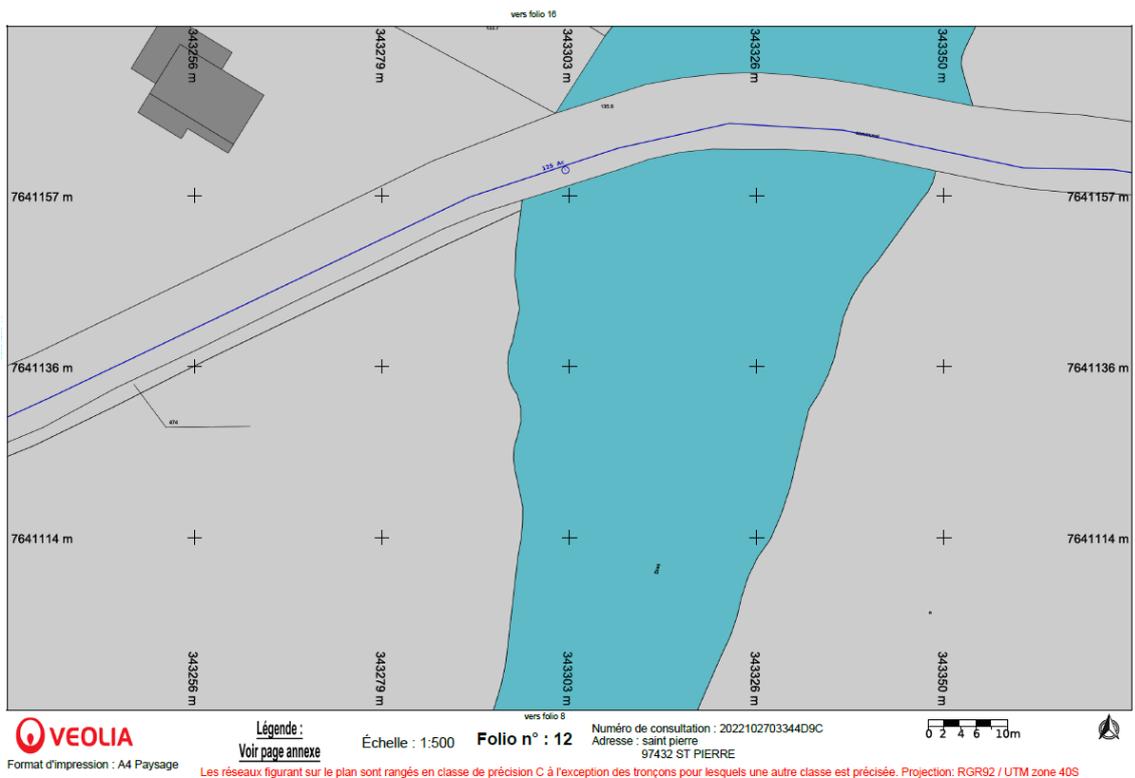


Figure 19 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Droit

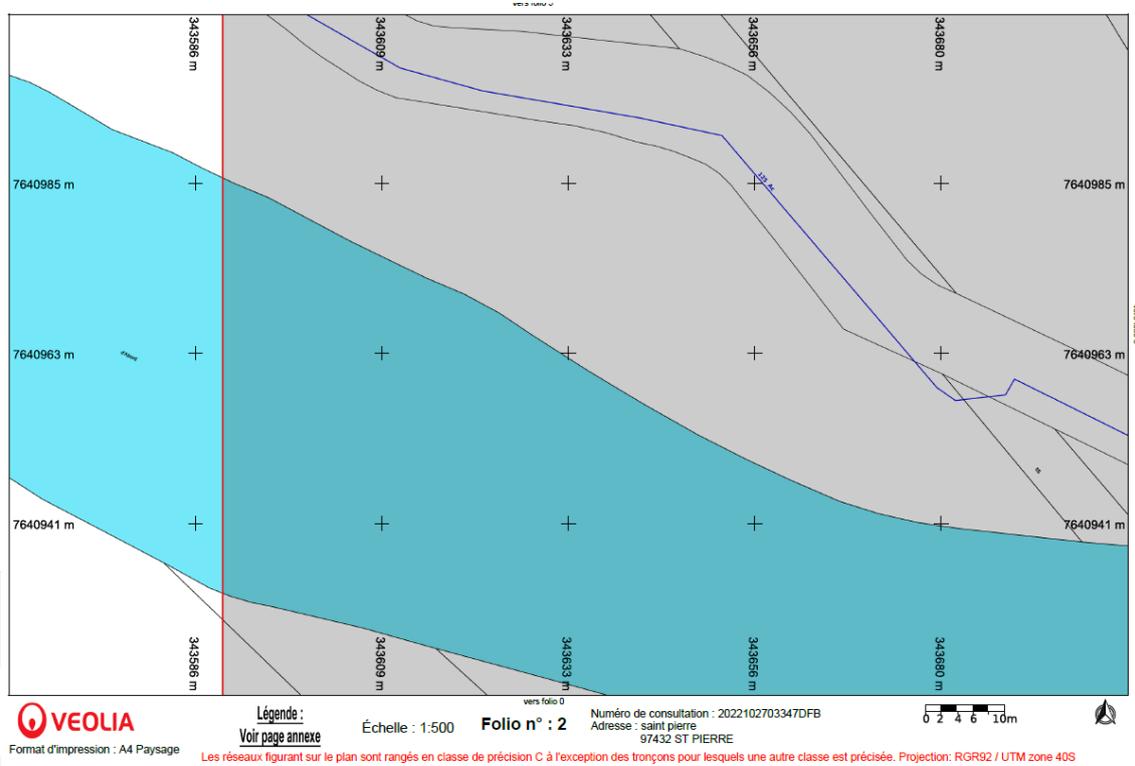


Figure 20 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Central

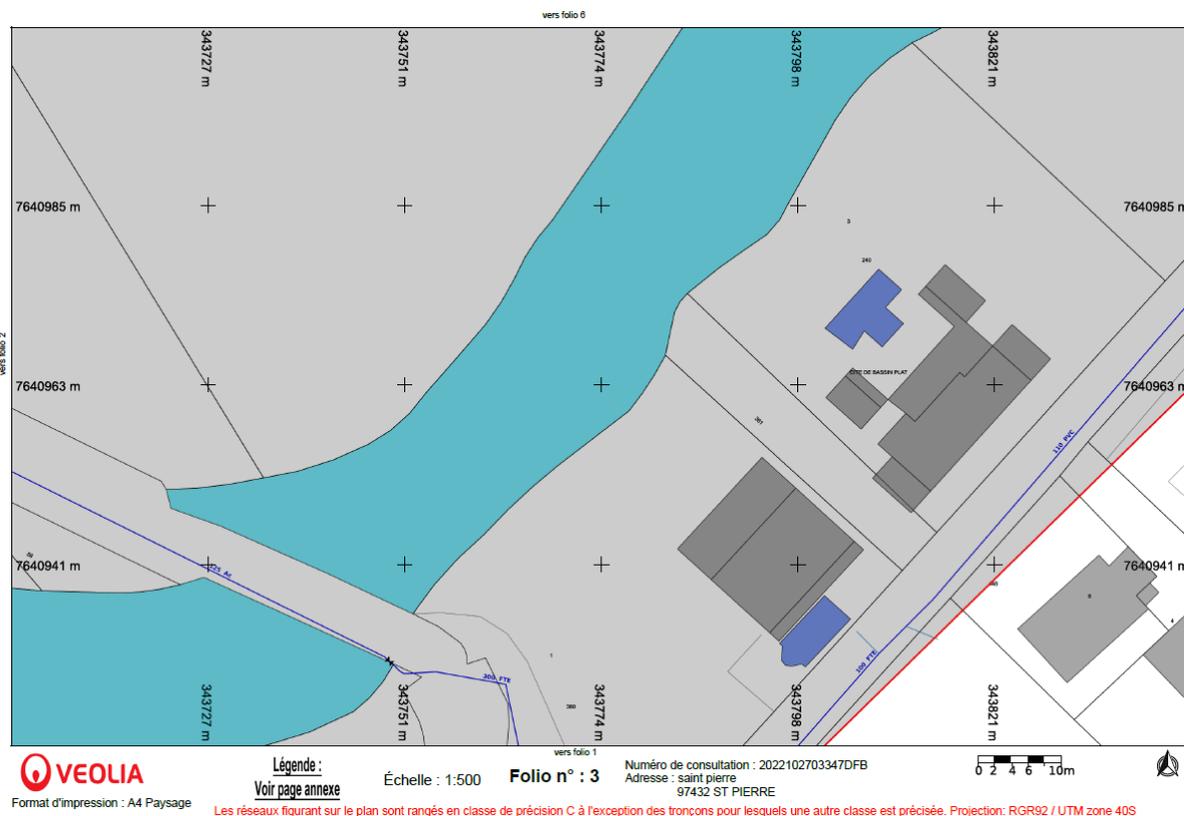


Figure 21 : Plan de réseau transmis par Veolia – Zoom sur la zone Bras Principal

### 3. DESCRIPTION DES OUVRAGES

La solution retenue suggère la mise en œuvre de plusieurs aménagements qui permettent la non-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.
- Elévation du seuil de répartition Bras droit / Bras principal, sur une hauteur de 1 mètre pour une longueur minimale de 80 mètres,
- Aménagement d'une digue en rive gauche du bras principal protégeant Bassin Plat (longueur ≈ 600 mètres, hauteur variant de 50 cm à 3.90 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 30m de large sur environ 70ml ;
  - Surcreusement du chenal élargi de 50 cm de profondeur moyenne ;
  - Ouvrage hydraulique d'ouverture minimale 23m x 2.5m ht ;

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

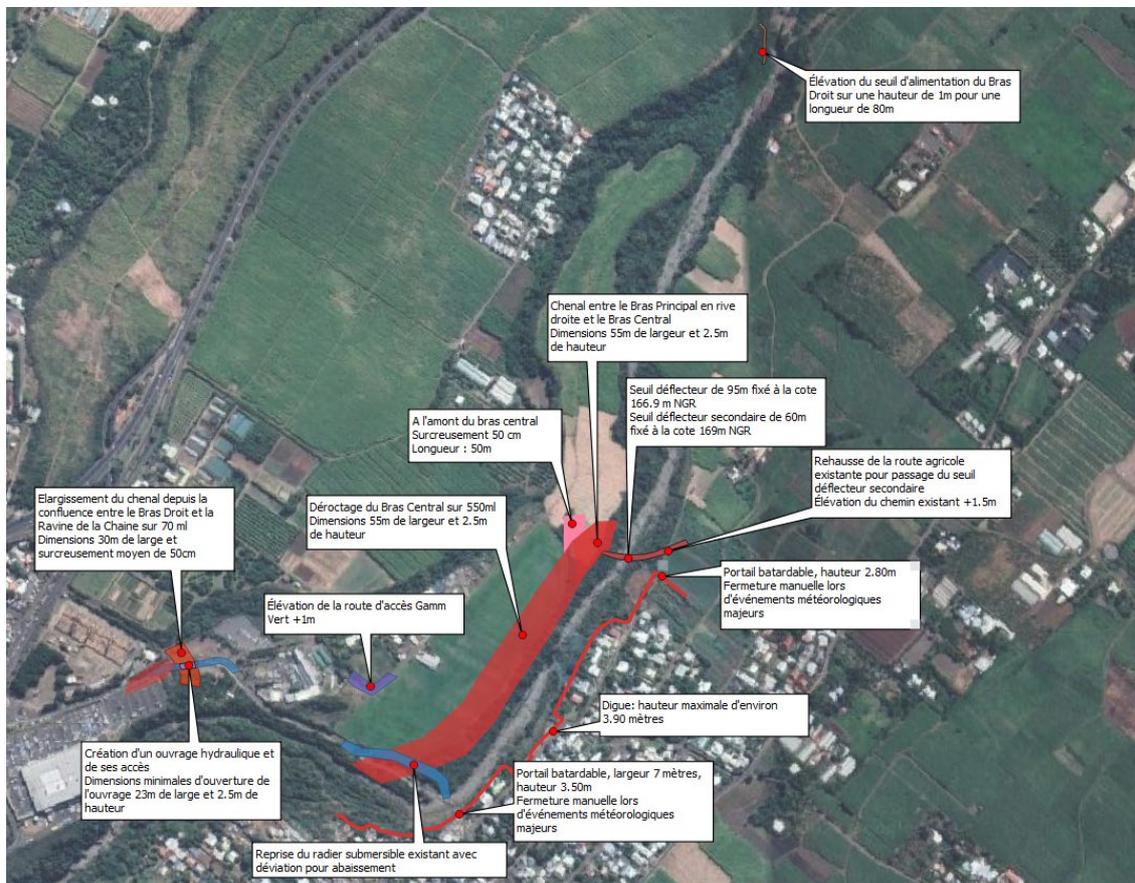


Figure 22 : Vue d'ensemble des aménagements nécessaires

### 3.1 Elévation 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.

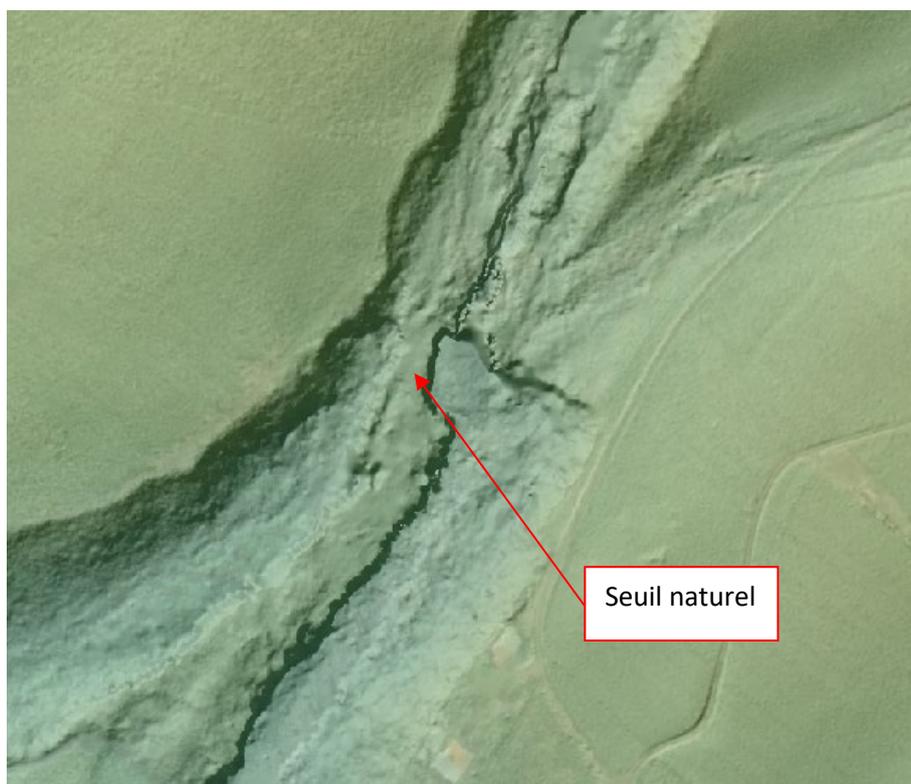


Figure 23 : Topographie lidar de la zone seuil amont

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.

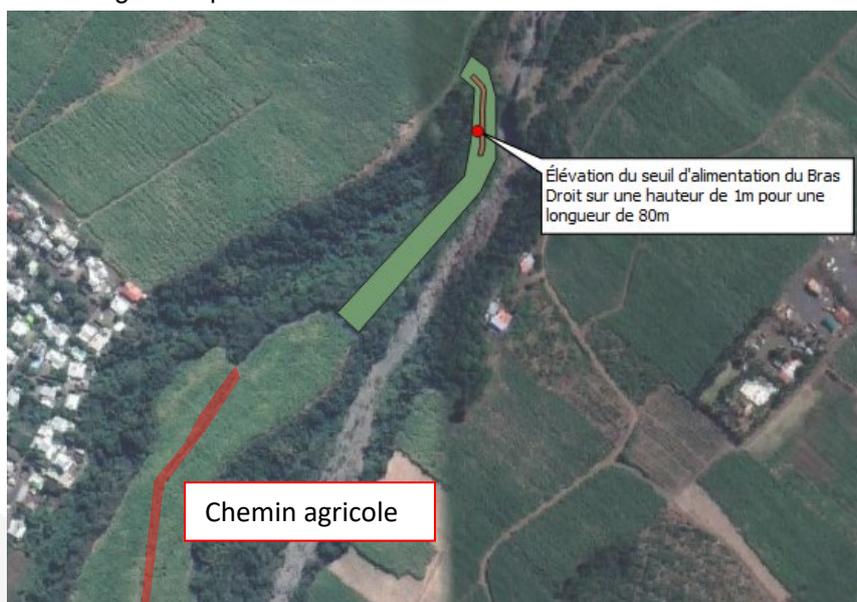


Figure 24 : Accès possible par le chemin agricole située entre le Bras Central et le Bras Droit

Le but d'élever ce seuil étant d'augmenter la hauteur d'eau nécessaire avant d'alimenter le Bras Droit afin de réduire son alimentation et son débit. Cette élévation peut être réalisée par diverses

techniques tels que, notamment, un mur en moellons, une digue en remblai, un ouvrage béton armé etc.

La hauteur d'élévation préconisée dans l'étude hydraulique [1] est de 1m.

La solution pouvant à la fois répondre aux enjeux techniques, ainsi qu'économique et est la solution d'une digue en enrochements liés.

La conception de cette digue est la suivante :

- Ancrage à -0.5m dans le bon sol (basalte) ;
- Replat de 3m en tête ;
- Pente à l'amont de 2H/1V ;
- Pente à l'aval 3H/1V.

L'emprise au sol est en moyenne de 9 mètres de largeur pour rattrapage avec le TN.

Selon le type de sol d'assise, des préconisations pour éviter les écoulements interstitiels entre l'assise et le seuil seront nécessaires (bêche ou rideau d'ancrage, ...).

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

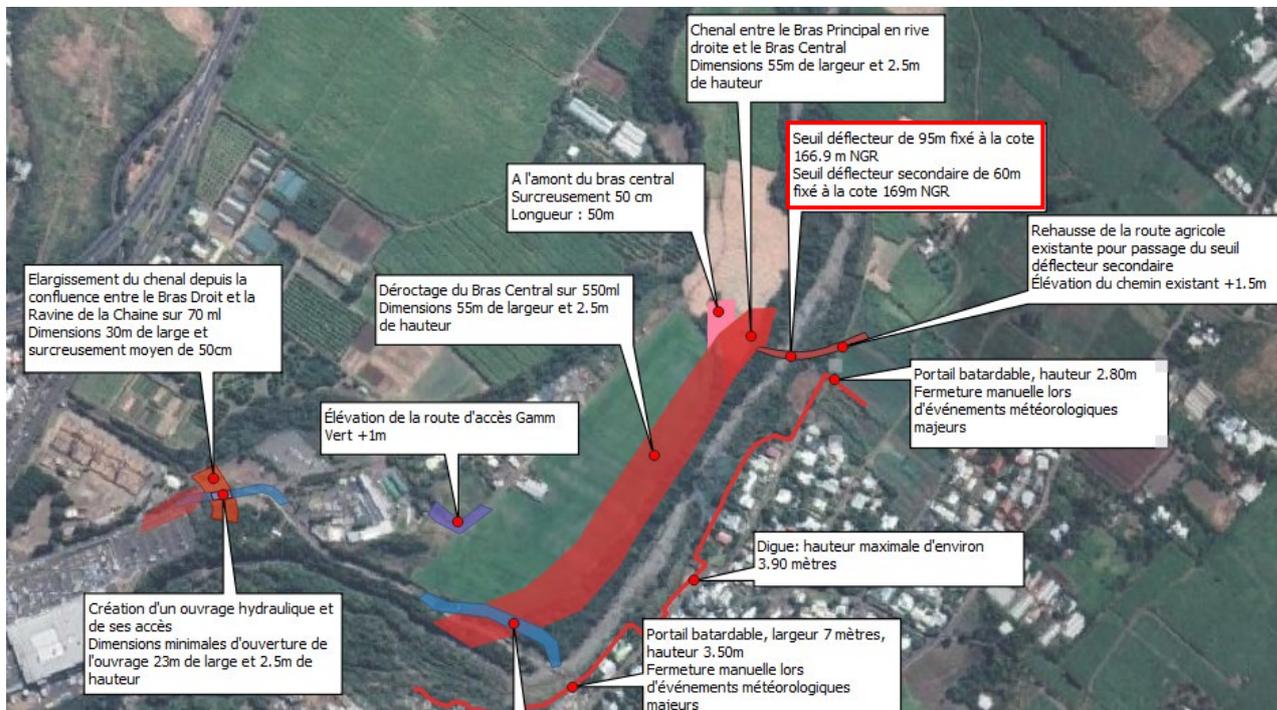
Niveau amont (m NGR)	200.61
Niveau aval (m NGR)	195.41
Ecart de niveau maximal (m)	5.20
Vitesse amont (m/s)	5.7
Vitesse aval (m/s)	3.0

Tableau 3:Caractéristiques des contraintes hydrauliques de l'ouvrage

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.

### 3.2 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.

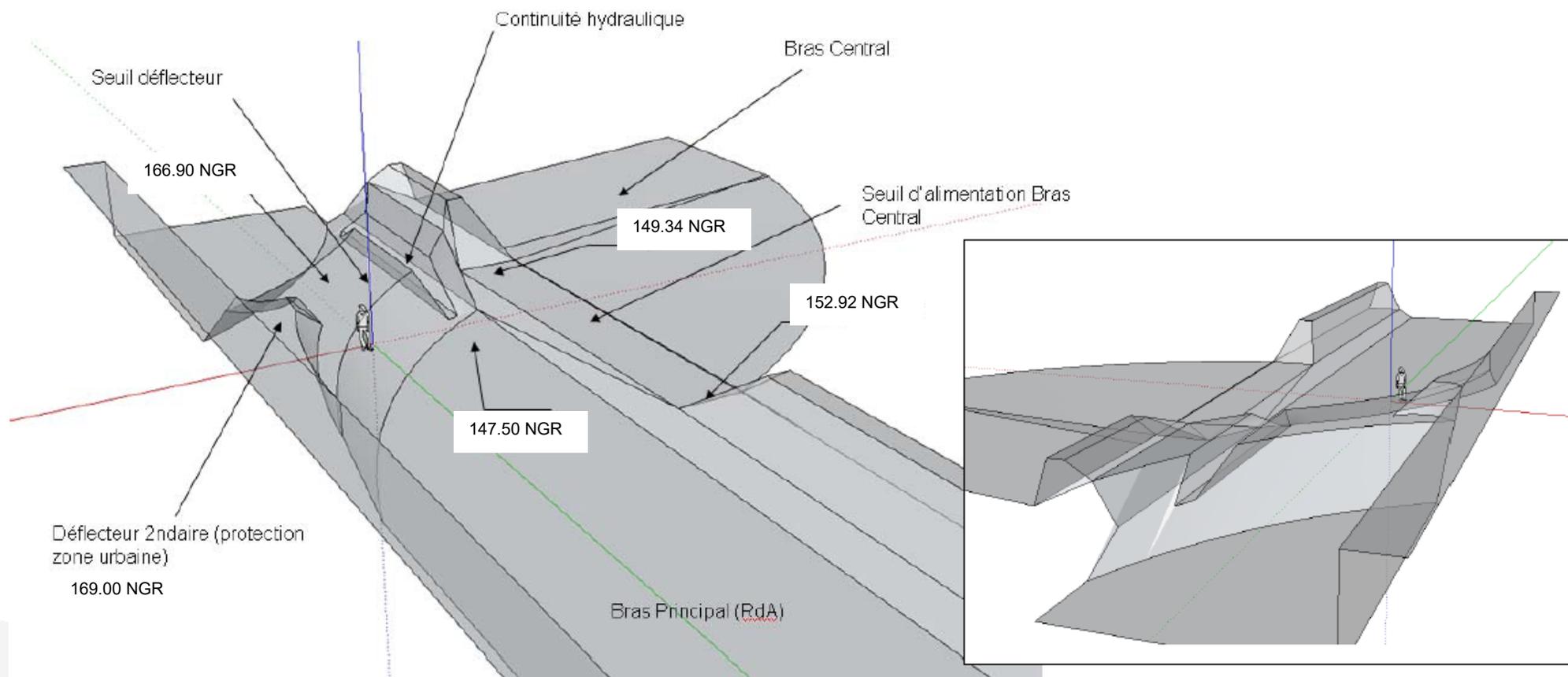


Figure 25 : Vue 3D schématique du seuil déflecteur - Rivière d'Abord (source : rapport SAFEGE 2012)

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 ;

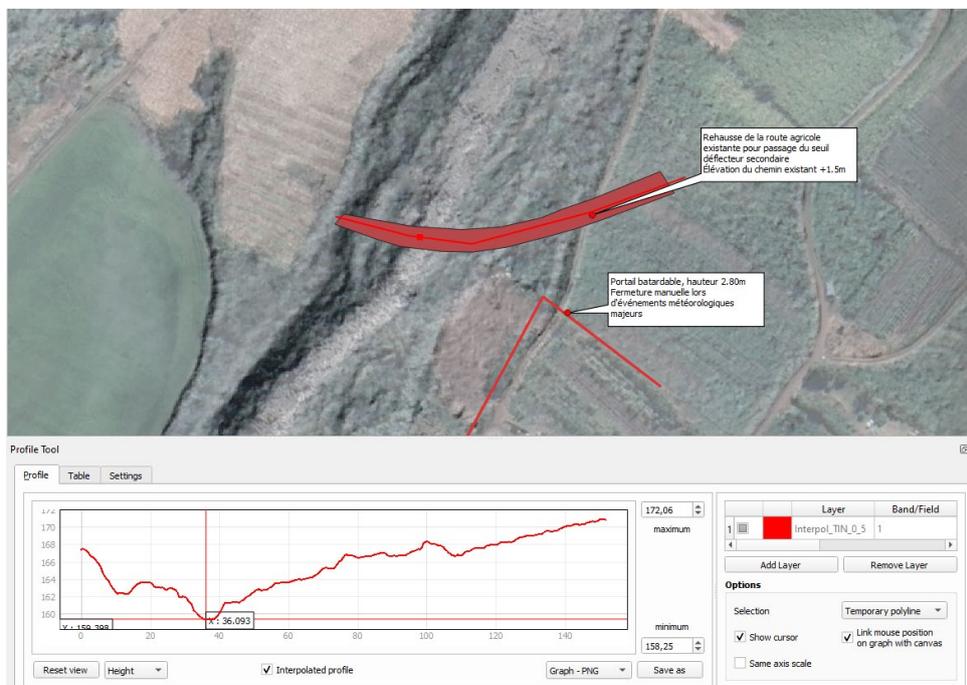


Figure 26 : Continuité hydraulique dans le lit mineur du bras Principal

- 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)	168.91
Niveau aval (m NGR)	163.74
Ecart de niveau maximal (m)	5.17
Vitesse amont (m/s)	3.3
Vitesse aval (m/s)	3.3

Tableau 4: 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 liaisonnés. Ces éléments de conception pourront être mis à jour à la suite :

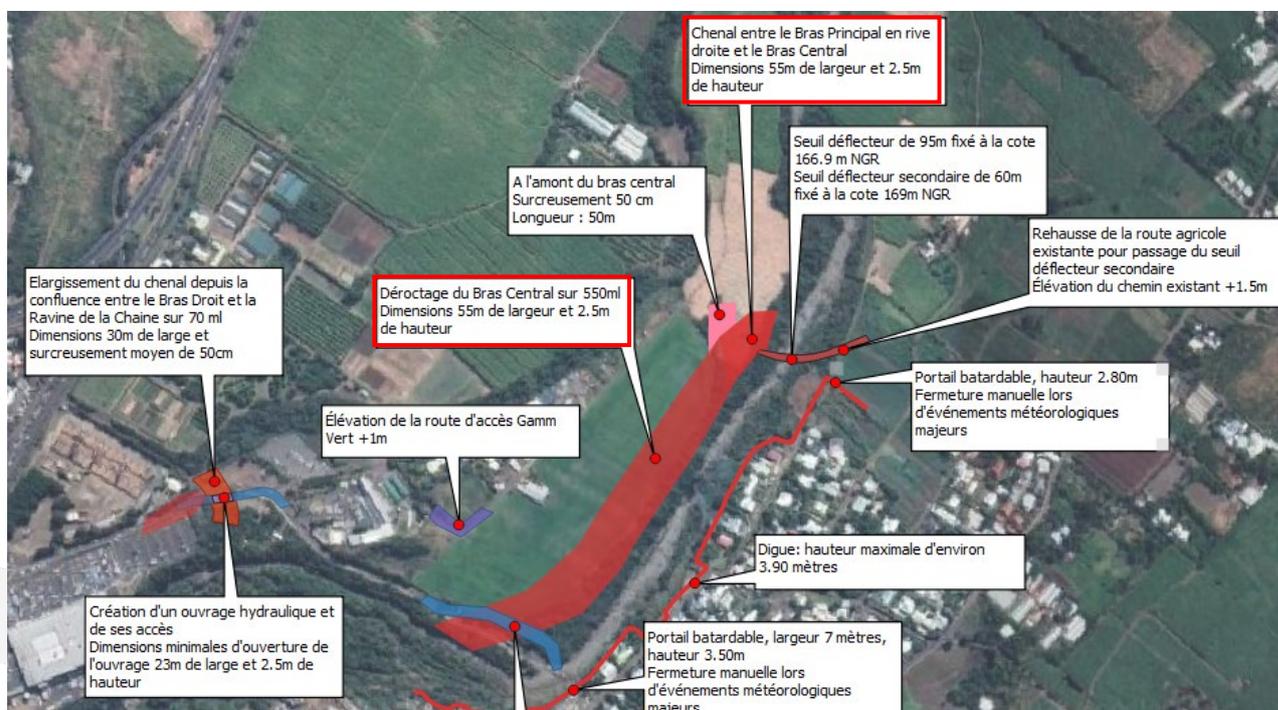
- Les investigations géotechniques ;
- Les bancs d'essais de déroctage ;
- Les essais de caractérisations pour la réutilisation des déblais issus du déroctage.

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 bras central

La répartition plus importante des écoulements du bras principal vers le bras central préconisé dans le rapport hydraulique. 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.



### 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 défluence 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 inadaptes 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 m<sup>3</sup> à proximité d'habitations et la réalisation d'une galerie de 30 m<sup>2</sup> de section, 5 m sous fondation) ;
- Lors du chantier de la route Tamarins : plus d'un million de mètres cubes (1 000 000 m<sup>3</sup>) ;
- Lors de la réalisation de la galerie de 7 km sur 2 m<sup>2</sup> 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) :

<b>2. LE MINAGE.....</b>	
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.....	<b>3. ETAT DES LIEUX DES TERRASSEMENTS ROCHEUX ....</b>
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.....	<b>4. CHANTIERS ETUDIÉS .....</b>
2.4. Quels sont les intérêts et inconvénients du minage ?...	4.1. Chantiers terminés.....
2.4.1. Intérêts.....	4.1.1 Chantier autoroutier type (A20 CAHORS – 2000).....
2.4.2. Inconvénients.....	4.1.2 Route des Tamarins.....
2.5. Critères économiques.....	4.2. Chantiers en cours.....
2.5.1. Prix et quantité d'explosif.....	4.2.1 RD 28 ligne des bambous.....
2.5.2. Rendement.....	4.2.2 ZAC St Anne.....
2.5.3. Transport.....	4.2.3 STEP St Leu.....
2.5.4. Stockage.....	4.2.4 RD6 Plateau caillou.....
2.6. Réglementation concernant le minage.....	4.2.5 Maison des civilisations et de l'Unité Réunionnaise.....
2.6.1. Autorisations administratives.....	4.3. Perspectives ?.....
2.6.2. Qualification du personnel.....	4.3.1 Déviation de St Josph.....
2.6.3. Responsabilité de l'entrepreneur.....	4.3.2 Etude de prix : Ravine des Cabris.....
2.7. Contrôle des vibrations.....	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
<b>BRH / BRH+</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Méthode traditionnellement employée (n'exclut aucune entreprise)</li> <li>- Adaptation à tous les matériaux rocheux (roche dure et tendre)</li> <li>- Travail en continu</li> <li>- Possibilité de régler les talus</li> <li>- Accès à toute la fouille</li> <li>- Absence d'autorisation spécifique à son emploi</li> <li>- Possibilité de compenser la faible cadence par la mise en œuvre de plusieurs ateliers en parallèle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadence ralentie en fonction du type de sols rencontrés (<b>bancs d'essais à réaliser</b>)</li> <li>- Vibrations importantes à très importantes fonction de la puissance de l'engin retenu</li> <li>- Vibrations continues</li> <li>- Altération du rocher autour du profil dérocté</li> <li>- Nuisances sonores incompatibles avec l'environnement urbain sur de longues période</li> </ul>
<b>Minage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cadence de travaux accélérée ; rendement important</li> <li>- Nuisance sonore minimisée (bruit limité à la foration)</li> <li>- Poussières réduites</li> <li>- 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)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportement au minage de l'océanite non éprouvé (<b>bancs d'essais à réaliser</b>)</li> <li>- Propagation des ondes difficiles à maîtriser dans les couches de scories et les éventuels vides</li> <li>- Pendant les tirs : interdiction de circuler sur les routes à proximité, fermeture des parkings et établissements pouvant recevoir du public à proximité</li> <li>- Suppressions et projections à maîtriser</li> <li>- Autorisations administratives nécessaires à la livraison et à l'emploi à obtenir</li> </ul>

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 reprofilage du Bras Central est de **126 000 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 remplies 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 présente étude se base sur la mise en œuvre d'un radier submersible au niveau du bras principal et du bras central en remplacement de l'existant. Cette mesure est suffisante afin d'assurer la mise hors d'eau des enjeux alentours (habitations, commerces, etc). La circulation ne sera cependant pas possible durant les phases de crues.

La résolution de la problématique du désenclavement complet de Bassin Plat en phase de crue passe par la mise en œuvre d'un ou plusieurs ouvrages insubmersibles au niveau du bras principal et du bras central.



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
<b>Total Campagne</b>	34 465	1 176	33 930	1 226
<b>Trafic moyen/jour</b>	4 924	168	4 847	175
<b>Vitesse moyenne</b>	48 Km/h	45 Km/h	50 Km/h	47 Km/h
<b>V85</b>	57 Km/h	56 Km/h	59 Km/h	57 Km/h
<b>V15</b>	40 Km/h	35 Km/h	41 Km/h	38 Km/h

Tableau 5: 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 TC4<sub>20</sub>.

### 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.



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.

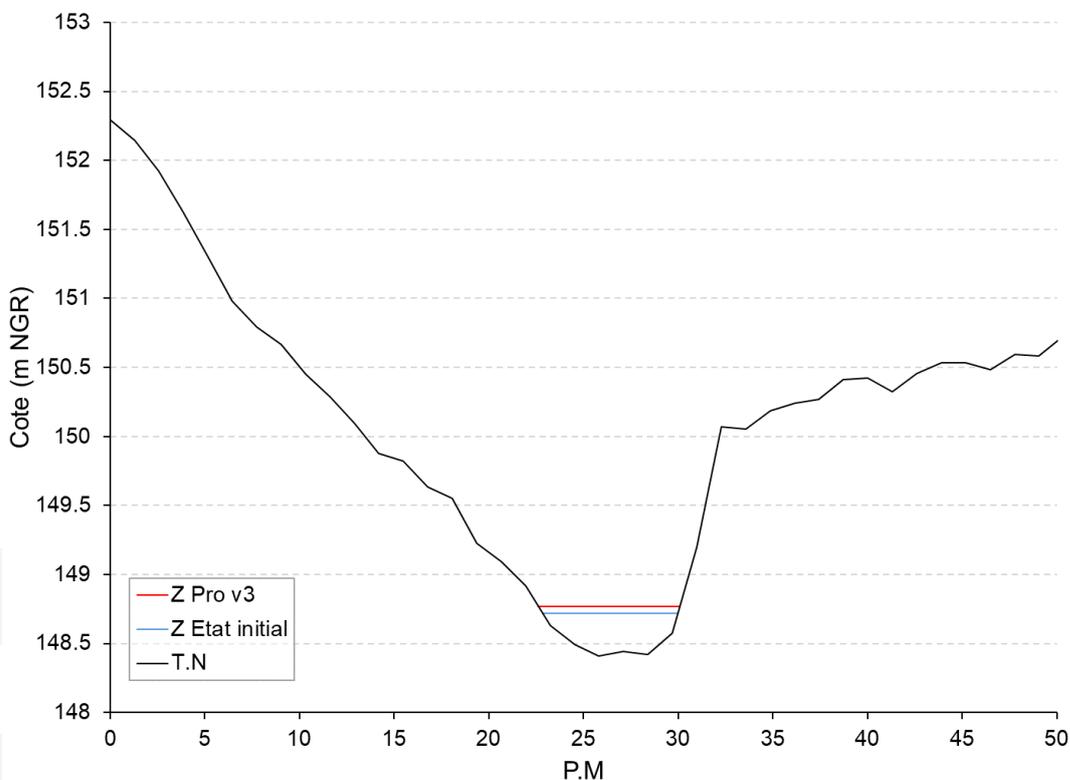


Figure 29 : Profil en travers du chemin d'accès Gamm Vert

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

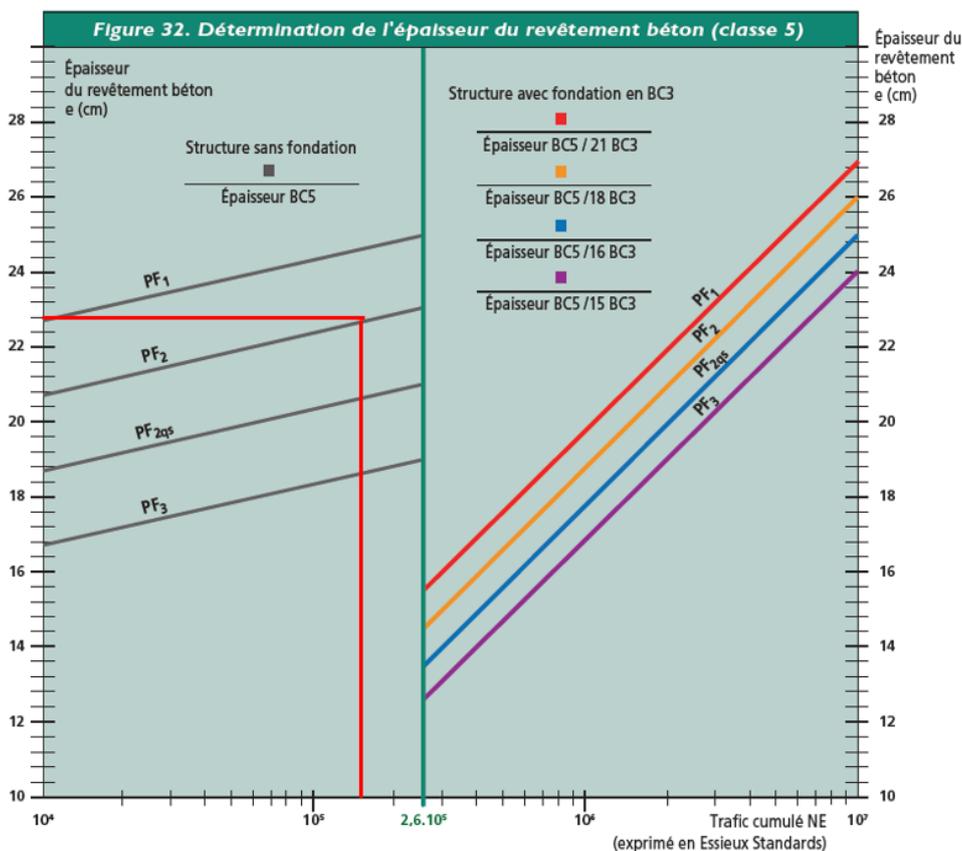


Figure 30 : Abaque de détermination de l'épaisseur du revêtement béton – Collection technique Cimbéton

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.

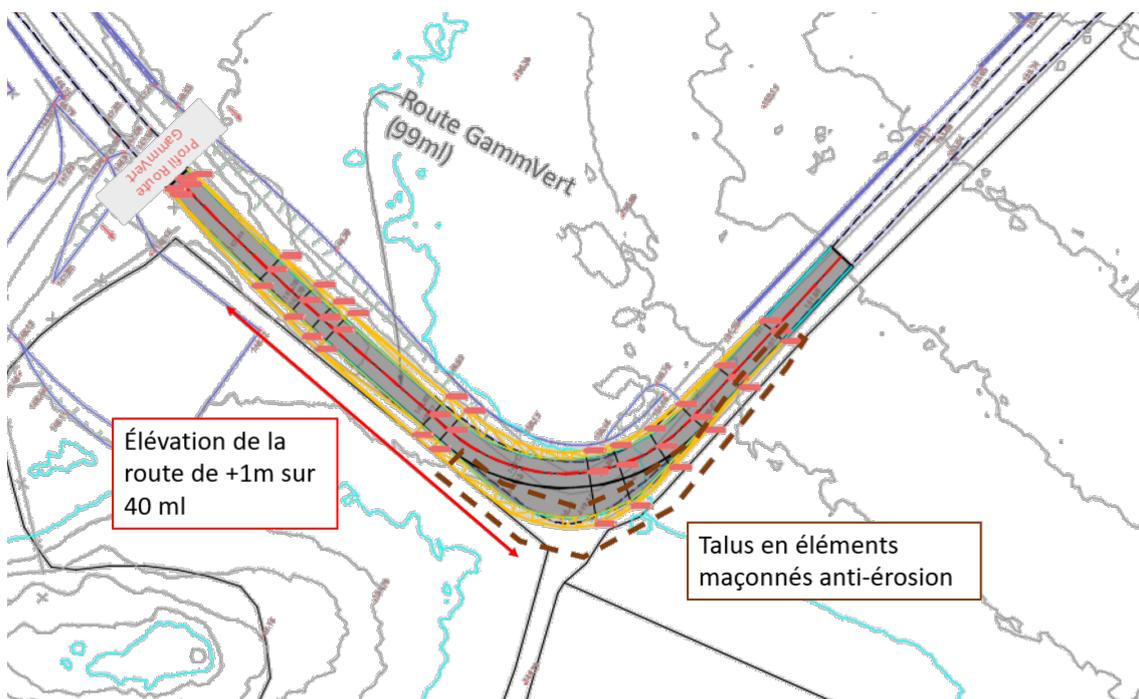


Figure 31 : Principe de confortement du talus de remblai routier par maçonnerie

### 3.6 Digue de protection

L'étude hydraulique préconise en solution « Pro v4 » 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.

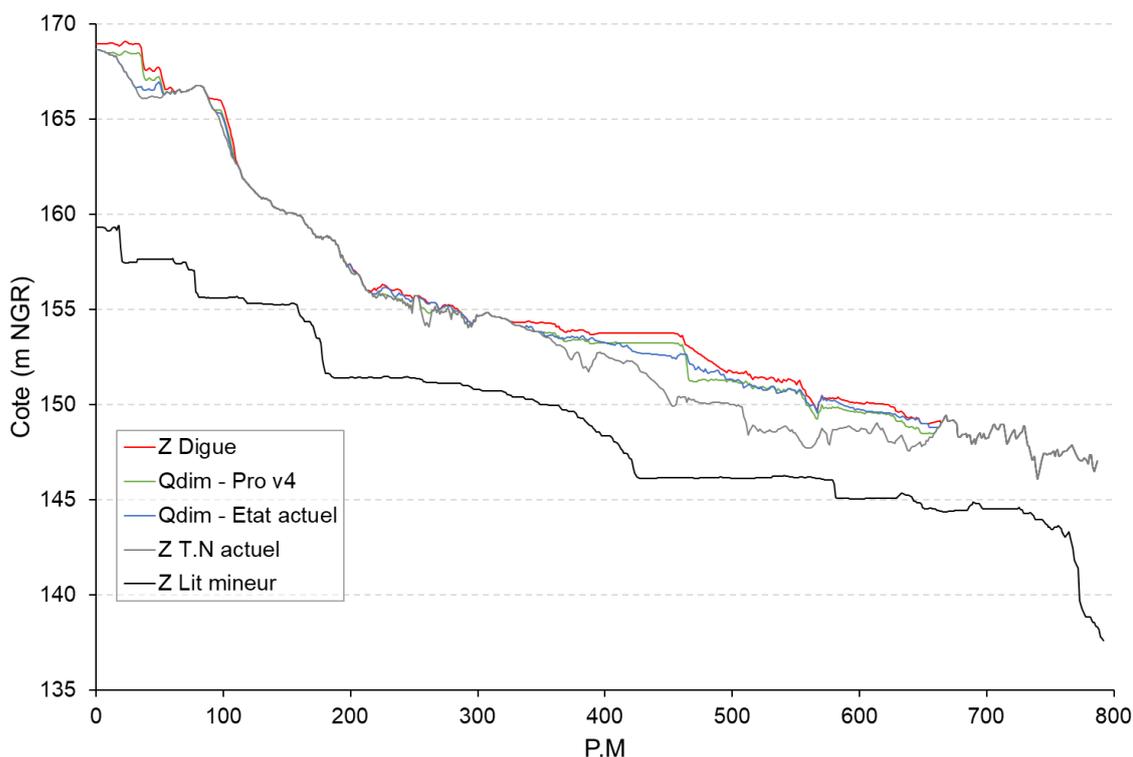


Figure 32 : Profil en long de la digue « Pro v4 » et comparaison par rapport aux niveaux à l'état actuel et l'état « Pro v4 »



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-cruie 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 3.90m 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 15m.

Le coût en matériau structurel pour la réalisation de cet ouvrage est de l'ordre de 3500 €/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 5400 €/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 3350 €/ml. Ce coût peut être réduit en fonction des matériaux pouvant être réutilisés à la suite du déroctage. Cette solution a une emprise au sol moyenne, de l'ordre de 3m 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

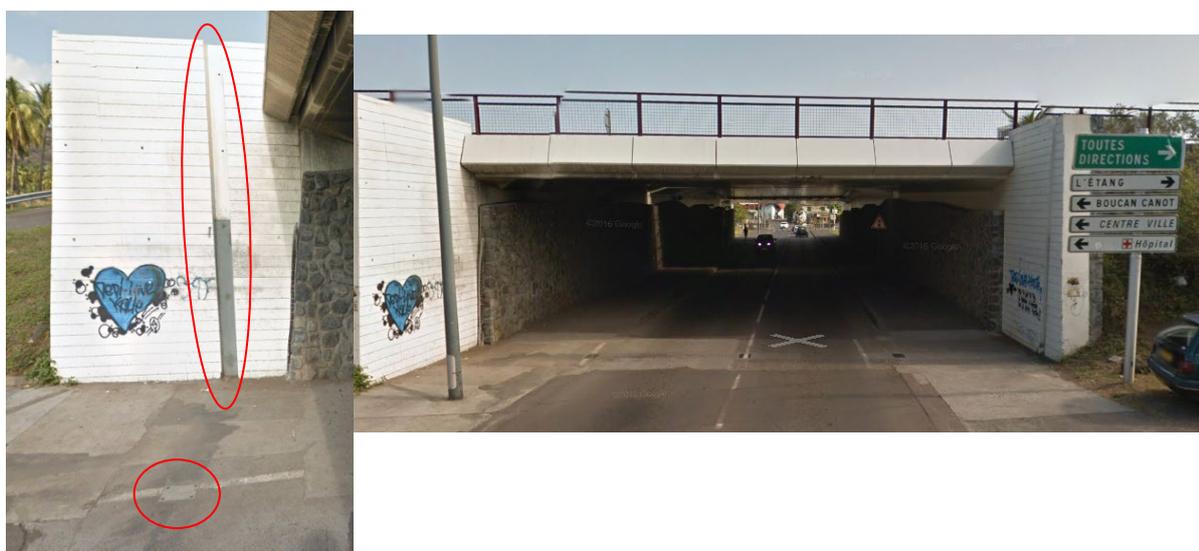


Figure 39 : Pont de la RD5 sous la route-digue de Saint-Paul - rainure et platine pour mise en œuvre d'un batardeau, pour protéger le centre-ville des inondations de l'Étang

### 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 7mètres 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 3.50m.

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 1m. 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 2.80m 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.

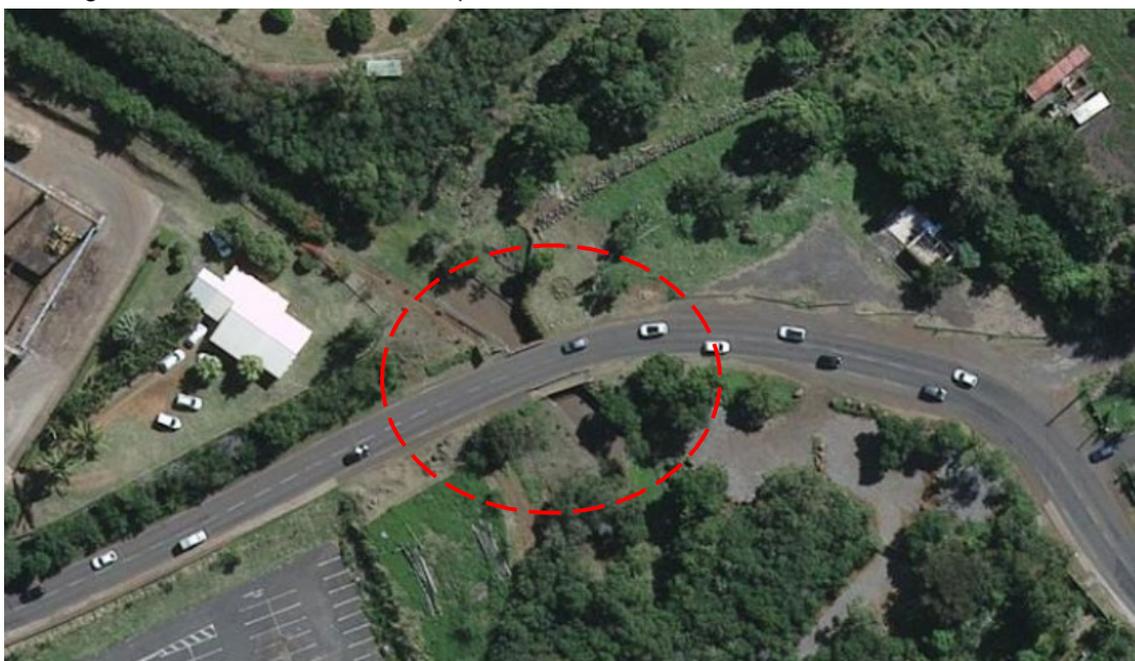


Figure 42 : Localisation de l'ouvrage hydraulique

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  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

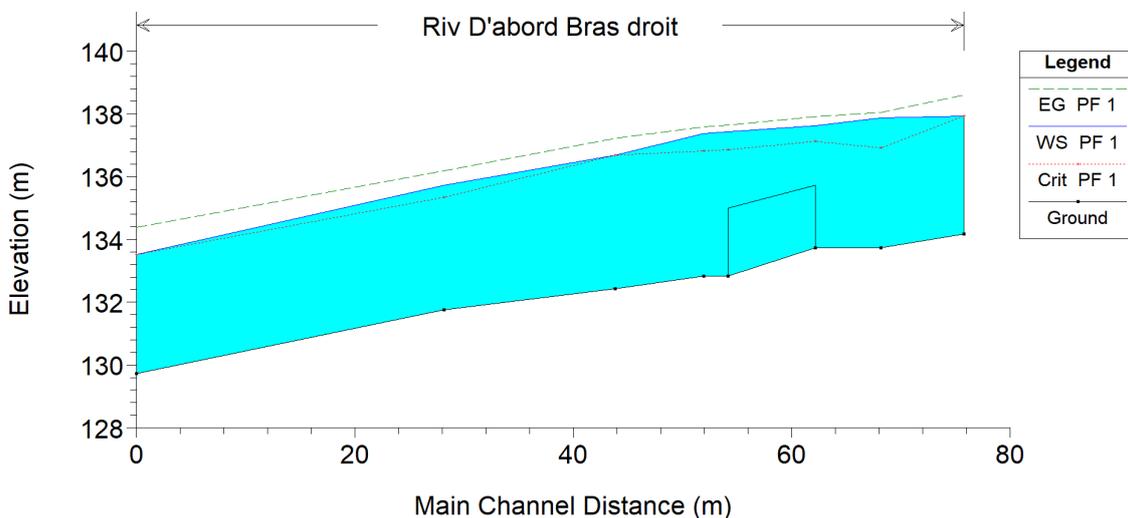


Figure 44 : Ligne d'eau dans le bras droit au niveau de l'ouvrage routier : Scénario Etat actuel ( $Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$ )

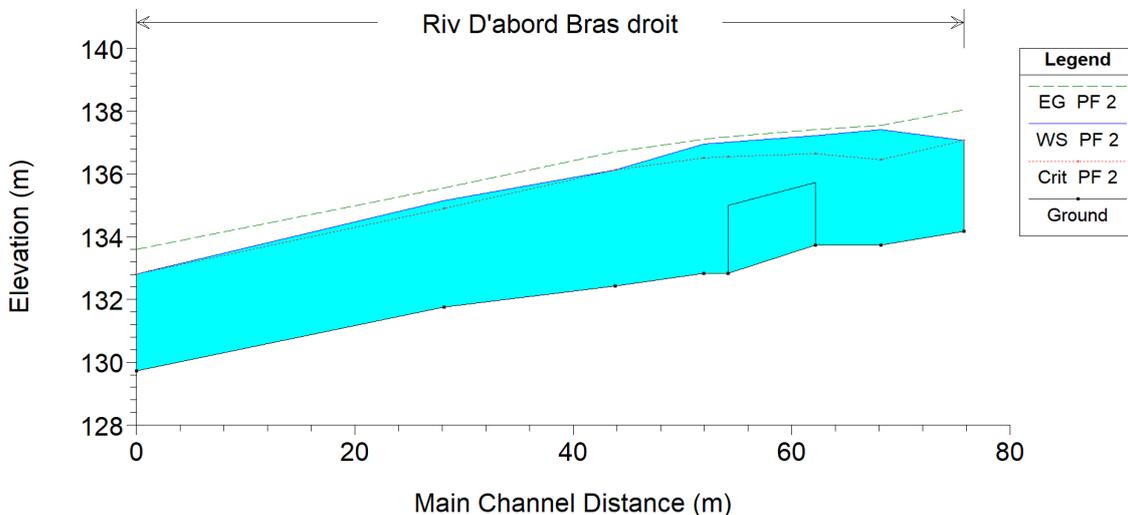


Figure 45 : Ligne d'eau dans le bras droit au niveau de l'ouvrage routier : Scénario « BP Déflecteur + Creusement BC + Seuil BD » ( $Q = 190 \text{ m}^3/\text{s}$ )

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 « Pro v3 », soit la surélévation du seuil à l'amont du bras droit, et donc une diminution du débit dans le bras droit, soit 190 m<sup>3</sup>/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 « Pro v3 » incluant la mise en œuvre de l'élévation du seuil à l'amont, il est nécessaire d'élargir le gabarit du chenal à 30 mètres. Il faut également un surcreusement du chenal d'environ 50 cm. Le gabarit nécessaire sous l'ouvrage est de 23m 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 « Pro v3 » 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 passable d'embarcades importants.

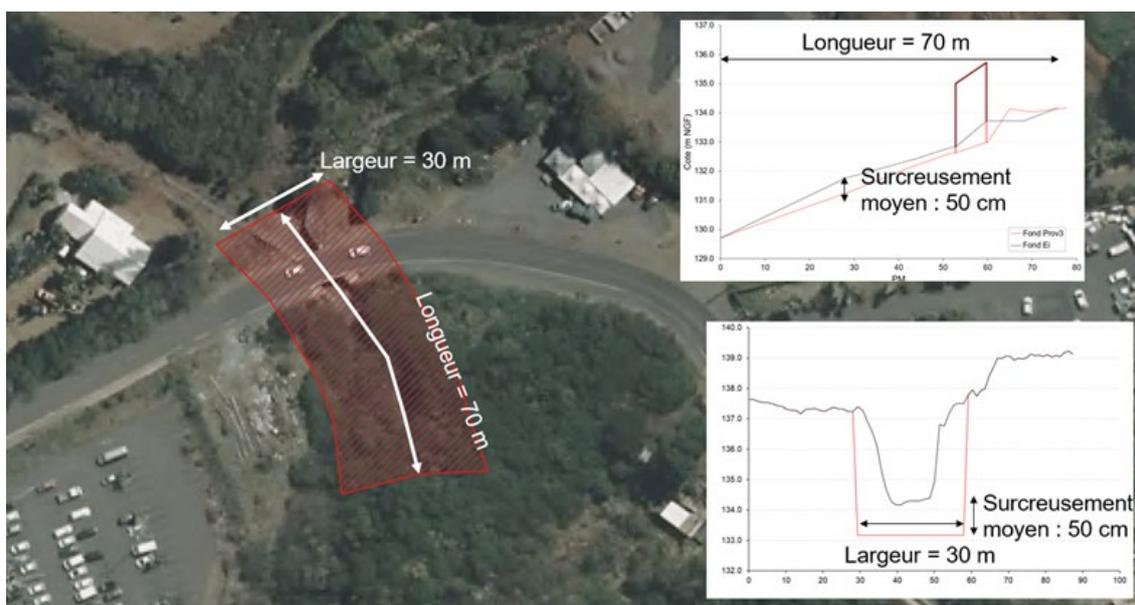


Figure 46 : Scénario d'élargissement retenu

### 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.

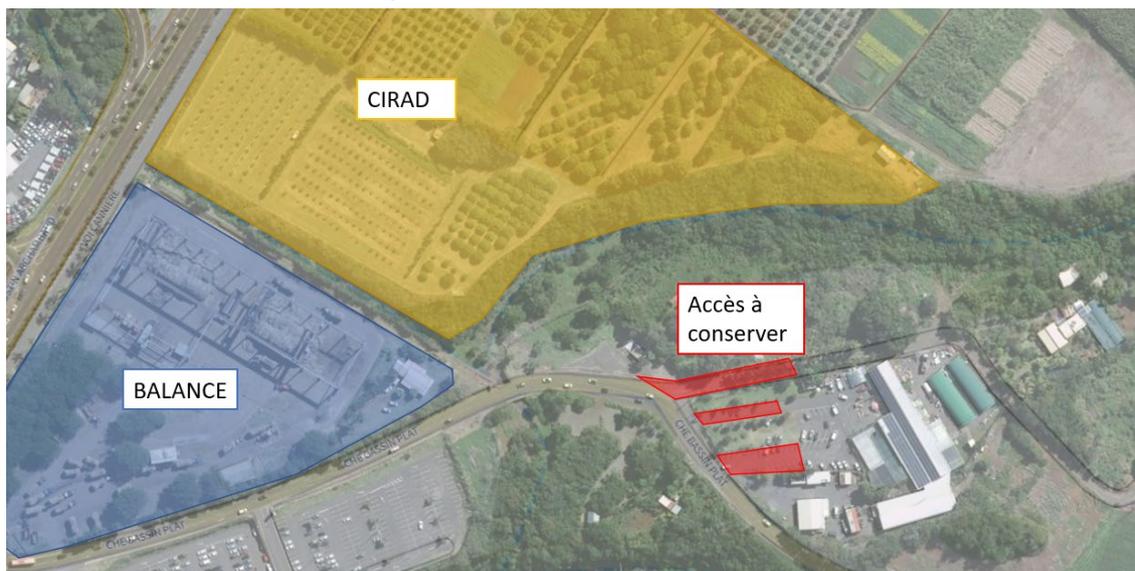


Figure 47 : Contraintes d'implantation chemin bassin plat

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 de l'ouvrage est de 23 m.

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

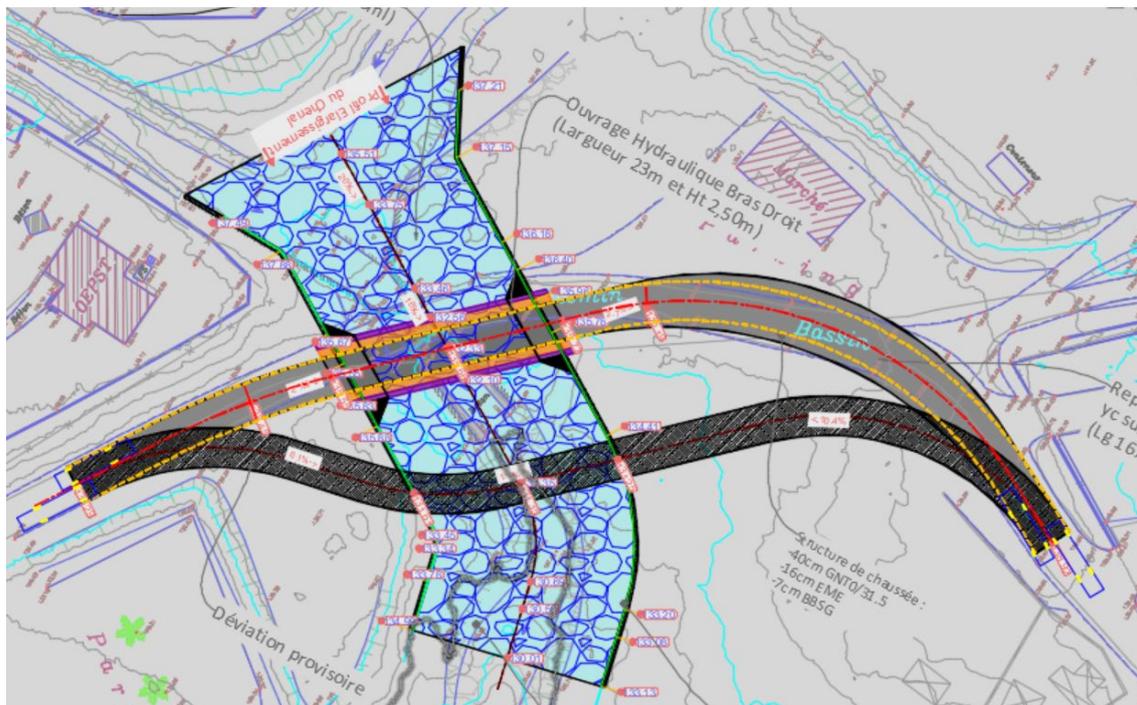


Figure 48 : Vue en plan du tracé routier

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. C'est pourquoi nous optons ainsi pour **un ouvrage à travée unique**.

Ainsi, nous réduisons au maximum l'impact de l'ouvrage sur l'écoulement (diminution des pertes de charges, risque inondations, impacts d'embâcles.)

### 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 minimale de largeur 23m et de 3m de hauteur.

On considère ainsi une portée théorique de 25m. Dans cette gamme de portée, les types de structures possibles sont les suivantes :

- Pont à poutres béton armé : L'élançement associé à ce type d'ouvrage est de l'ordre de 1/15<sup>ième</sup> de la portée. L'épaisseur structurelle du tablier est de 1.70m ;
- PSIDP : L'élançement associé à ce type d'ouvrage est de l'ordre de 1/25<sup>ième</sup> de la portée. L'épaisseur structurelle du tablier est de 1.0m ;

- Pont à poutrelles enrobées : L'élançement associé à ce type d'ouvrage est de l'ordre de  $1/40^{\text{ème}}$  de la portée. L'épaisseur structurelle du tablier est de 0.65m.

C'est cette dernière solution qui est retenue pour la finesse de son tablier, qui permet une ouverture hydraulique suffisante sous ouvrage.

Un tablier de ponts à poutrelles enrobées se compose d'une dalle de béton avec renforcement longitudinal rigide, fait de poutrelles laminées et armatures de barres d'acier. Les poutres en acier peu espacées et le béton agissent en mixte, sans nécessiter une liaison mécanique spécifique au cisaillement.

Ces structures sont réputées pour leurs finesesses de tablier, ce qui est atout lorsque l'on souhaite laisser une hauteur libre maximale sous tablier.

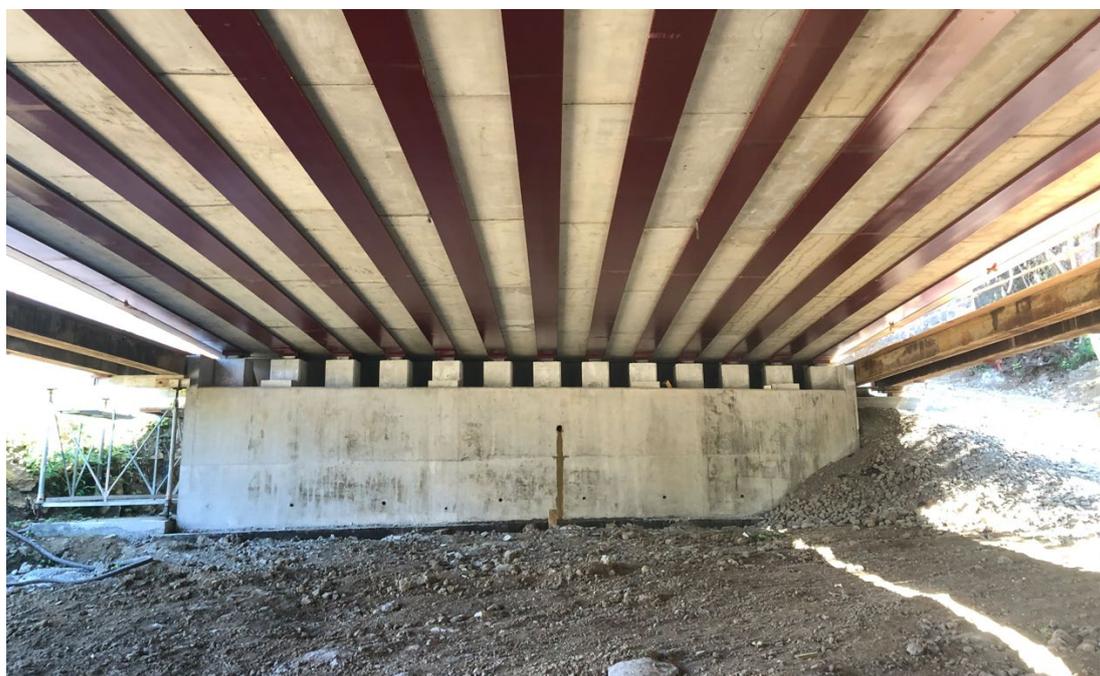


Figure 49 : Exemple de pont à poutrelles enrobées (SUEZ Consulting, Ville de Saint-Pierre)

### 3.7.4.5 Tablier

L'élançement associé à ce type d'ouvrage est de l'ordre de  $1/40^{\text{ème}}$  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 0.50m par rapport à la crue de référence.

Concernant la charpente métallique, on retiendra une structure constituée de 16 poutrelles de type HEB 650 S355 avec contreflèche. Etant donné la longueur de l'ouvrage, elles devront être fabriquées, cintrées et pré-perçées en usine, puis assemblées sur site.

### 3.7.4.6 Appuis

Le chevêtre est muni de 16 bossages d'appui et d'environ 5 bossages de vérinage. Les poutrelles métalliques reposeront 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 :

- Fourniture des poutrelles hors département et acheminement par voie maritime,
- Acheminement et stockage des poutrelles sur site,
- Pose des poutres sur appuis provisoires avec dispositifs de contreventement provisoire,
- Réalisation du hourdis béton (coffrage perdu / ferrailage / bétonnage),
- 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.

A noter que l'humidité ambiante à la Réunion nécessite d'être particulièrement vigilant lors de la réalisation des soudures et de leur contrôle.

Les poutres ainsi reconstituées sur site sont posées classiquement à la grue sur des appareils d'appui provisoire type boîte à sable.

Le hourdis du tablier est quant à lui coulé en place à l'aide de coffrage perdu de type dalle en béton positionnée entre chaque poutre. 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. Par ailleurs, pour éviter le déversement des poutres les unes par rapport aux autres lors du remplissage béton, le bétonnage en plusieurs phases (1/3-1/3-1/3) peut être nécessaire.

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 mixte acier-béton qui engendre des travaux de maintenance et d'entretien supplémentaires par rapport à une configuration tout béton, liés à la corrosion des parties métalliques qui nécessitent de prévoir plusieurs remises en peinture durant la vie de l'ouvrage.

De plus, des travaux de remplacement de joints de dilatation et de remplacement des appareils d'appuis sont à prévoir au cours de la vie de l'ouvrage. 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.

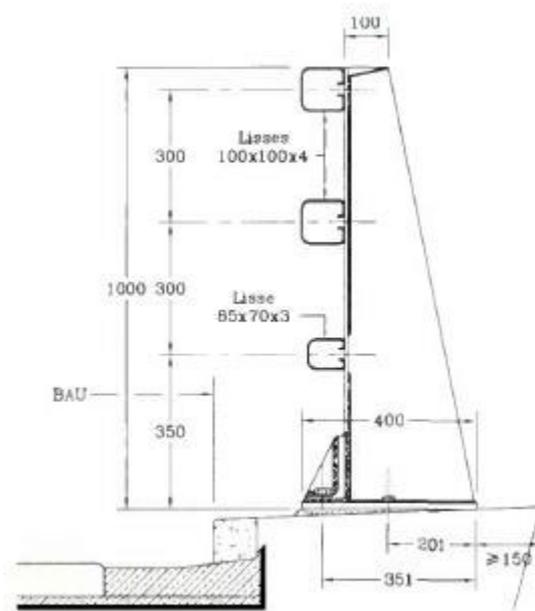


Figure 50 - Exemple Dispositif de retenue H2 – Profil BN4

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.

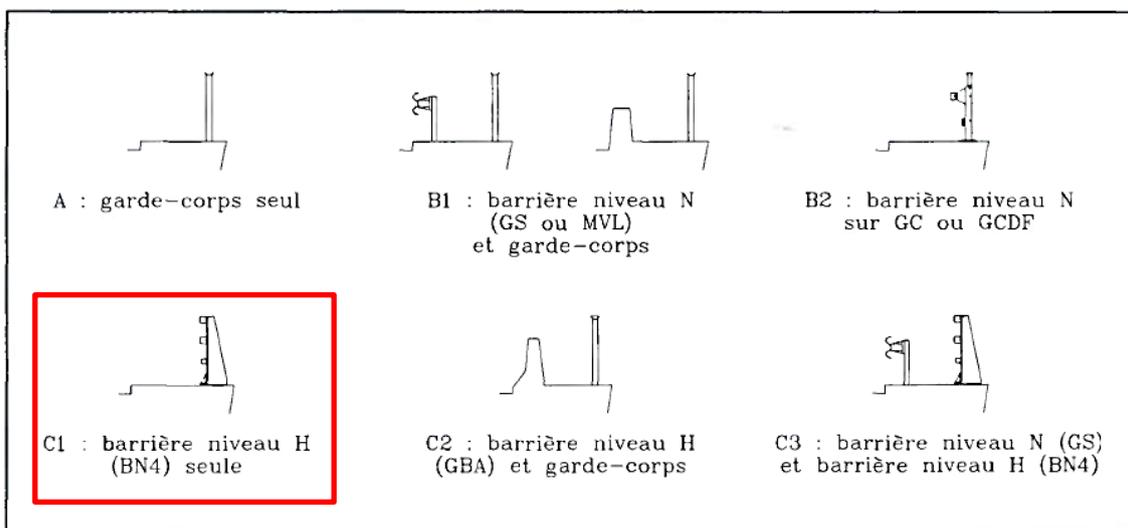


Figure 51 – Choix de combinaison de dispositifs de retenue (extrait guide SETRA « Choix d'un dispositif de retenue en bord libre d'un pont »)

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

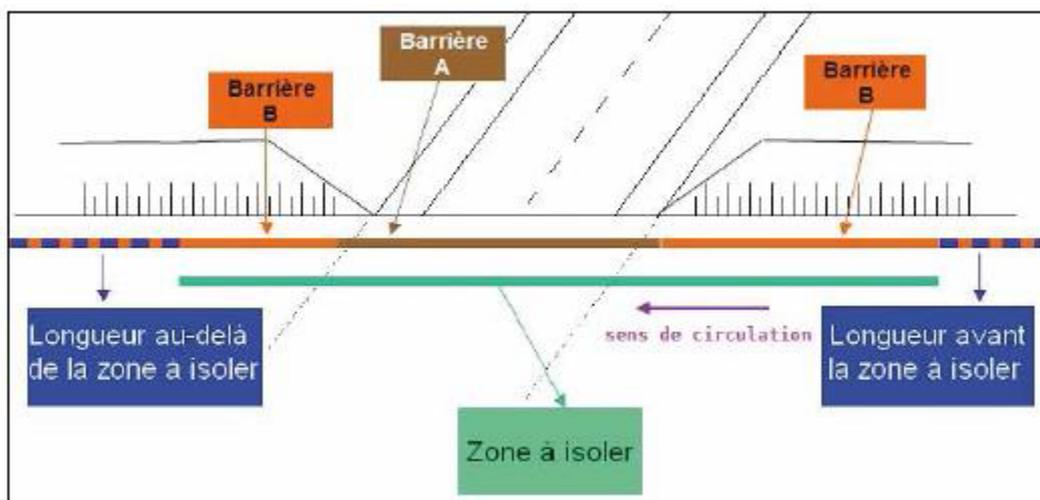


Figure 52 – Linéaire de barrière à installer (Guide CEREMA : « Dispositifs de retenue routiers CE sur OA »)

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

Si le maître d'ouvrage considère le franchissement <10ml comme un simple obstacle, il sera alors possible de reporter les dispositifs de retenue existants sur l'ouvrage (soit des murets moellons maçonnés).

### 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 pont à poutrelles enrobées et pont dalle précontrainte, 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 éclairer sur les différences financières entre les deux scénarii.

N°	Désignation des travaux	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Montant H.T.
<b>1</b>	<b>PRIX GENERAUX</b>				
1.1	Installation de chantier y compris travaux préparatoires, dossier d'exécution, notes de calcul, PAQ, PPSPS, signalisation chantier, etc.	Ft	2 400 000,00 €	1	2 400 000,00 €
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 €
	<b>TOTAL PRIX GENERAUX</b>				<b>2 468 000,00 €</b>
<b>2</b>	<b>TRAVAUX PREPARATOIRE</b>				
2.1	Débroussaillage, abattage d'arbres, essouchement	m²	3,00 €	63 300	189 900,00 €
2.2	Réalisation des accès en ravine	Ft	80 000,00 €	1	80 000,00 €
	<b>TOTAL TRAVAUX PREPARATOIRE</b>				<b>269 900,00 €</b>
<b>3</b>	<b>SEUIL D'ALIMENTATION</b>				
<b>3.1</b>	<b>DISPOSITIF DE SURVEILLANCE</b>				
3.1.1	Dispositif des controles des vibrations	Ft	2 500,00 €	1	2 500,00 €
<b>3.2</b>	<b>TERASSEMENTS ET DEROCTAGE</b>				
3.2.1	Deroctage au BRH ou BRH +	m³	30,00 €	370	11 100,00 €
3.2.2	Deroctage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m³	300,00 €	70	21 000,00 €
3.2.3	Tri et évacuation des déblais	m³	45,00 €	440	19 800,00 €
3.2.4	Provision enrochements liés avec du site matériaux réutilisés	m³	150,00 €	300	45 000,00 €
3.2.5	Plus value pour revente des matériaux	m³	2,50 €	140	- 350,00 €
3.2.6	Elevation du seuil d'alimentation du bras droit	m³	250,00 €	1 100	275 000,00 €
	<b>TOTAL SEUIL D'ALIMENTATION</b>				<b>374 050,00 €</b>
<b>4</b>	<b>REPROFILAGE ET SURCREUSEMENT DU BRAS CENTRAL</b>				
<b>4.1</b>	<b>DISPOSITIF DE SURVEILLANCE</b>				
4.1.1	Dispositif des controles des vibrations	Ft	20 000,00 €	1	20 000,00 €
<b>4.2</b>	<b>TERASSEMENTS ET DEROCTAGE</b>				
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	Déroctage 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 €
<b>4.3</b>	<b>RESEAUX ET DEVOIEMENT</b>				
4.3.1	Dévoisement définitif SAPHIR + Mise en œuvre ventouse sous regard	Ft	110 000,00 €	1	110 000,00 €
4.3.1	Déplacement de poteaux	U	2 500,00 €	3	7 500,00 €
4.3.2	Dévoisement définitif BT aerienne	Ft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
	<b>TOTAL REPROFILAGE ET SURCREUSEMENT DU BRAS CENTRAL</b>				<b>15 449 500,00 €</b>

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

<b>5</b>	<b>SEUILS DEFLECTEUR ET REHAUSSE MERLON</b>				
<b>5.1</b>	<b>DISPOSITIF DE SURVEILLANCE</b>				
5.1.1	Dispositif des controles des vibrations	Ft	5 000,00 €	1	5 000,00 €
<b>5.2</b>	<b>TERASSEMENTS ET DEROCTAGE</b>				
5.2.1	Deroctage au BRH ou BRH +	m²	30,00 €	1 680	50 400,00 €
5.2.2	Deroctage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m²	300,00 €	300	90 000,00 €
5.2.3	Tri et évacuation des déblais	m²	45,00 €	1 980	89 100,00 €
5.2.4	Provision enrochements liés avec du site matériaux réutilisés	m²	150,00 €	610	91 500,00 €
5.2.5	Plus value pour revente des matériaux	m²	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 €
	<b>TOTAL SEUILS DEFLECTEUR ET REHAUSSE MERLON</b>				<b>1 297 575,00 €</b>
<b>6</b>	<b>RADIER BRAS CENTRAL - CHEMIN BASIN PLAT</b>				
<b>6.1</b>	<b>DISPOSITIF DE SURVEILLANCE</b>				
6.1.1	Dispositif des controles des vibrations	Ft	2 500,00 €	1	2 500,00 €
<b>6.2</b>	<b>TERASSEMENTS ET DEROCTAGE</b>				
6.2.1	Démolition de la route existante yc évacuation	Ft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
6.2.2	Deroctage au BRH ou BRH +	m²	30,00 €	2 420	72 600,00 €
6.2.3	Deroctage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m²	300,00 €	430	129 000,00 €
6.2.4	Tri et évacuation des déblais	m²	45,00 €	2 850	128 250,00 €
<b>6.3</b>	<b>VOIRIE - CHAUSSEE</b>				
6.3.1	Couche de forme GNT 0/31.5 ep 0.40m	m²	85,00 €	750	63 750,00 €
6.3.2	Enrobé à Module Elevé ep 0.16m	m²	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	Maconneries 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 €
<b>6.4</b>	<b>RESEAUX ET DEVOIEMENT</b>				
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 €
	<b>TOTAL RADIER BRAS CENTRAL - CHEMIN BASIN PLAT</b>				<b>793 100,00 €</b>

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

<b>7</b>	<b>REPROFILAGE DU CHENAL BRAS DROIT</b>				
<b>7.1</b>	<b>DISPOSITIF DE SURVEILLANCE</b>				
7.1.1	Dispositif des contrôles des vibrations	Ft	4 000,00 €	1	4 000,00 €
<b>7.2</b>	<b>TERRASSEMENTS ET DEROCTAGE</b>				
7.2.1	Derocage au BRH ou BRH +	m³	30,00 €	8 230	246 900,00 €
7.2.2	Derocage par fragmentation (cartouche pyrotechnique P2)	m³	300,00 €	1 450	435 000,00 €
7.2.3	Tri et évacuation des déblais	m³	45,00 €	9 680	435 600,00 €
7.2.4	Provision enrochements liés avec du site matériaux réutilisés	m³	150,00 €	400	60 000,00 €
7.2.5	Plus value pour revente des matériaux	m³	2,50 €	9 300	- 23 250,00 €
7.2.6	Enrochements liés fond de chenal	m³	250,00 €	2 115	528 750,00 €
	<b>TOTAL REPROFILAGE DU CHENAL BRAS DROIT</b>				<b>1 687 000,00 €</b>
<b>8</b>	<b>OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT - BRAS DROIT</b>				
<b>8.1</b>	<b>DEMOLITION DE L'OUVRAGE EXISTANT - TERRASSEMENTS</b>				
8.1.1	Démolition de l'ouvrage hydraulique et accès existant yc évacuation	Ft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
8.1.2	Déviations radier provisoire yc dévoiement des réseaux provisoire	Ft	35 000,00 €	1	35 000,00 €
8.1.3	Déblais généraux et fouille	m³	25,00 €	3 900	97 500,00 €
8.1.4	Remblais	m³	35,00 €	3 026	105 910,00 €
8.1.5	Remblais contigus	m³	80,00 €	880	70 400,00 €
8.1.6	Géotextile	m²	4,00 €	1 380	5 520,00 €
<b>8.2</b>	<b>CULEES ET DALLES DE TRANSITION</b>				
8.2.1	Béton de propreté C16/20	m²	30,00 €	220	6 600,00 €
8.2.2	Coffrage pour parements simples	m²	80,00 €	418	33 440,00 €
8.2.3	Béton C35/45	m³	300,00 €	464	139 200,00 €
8.2.4	Armatures de béton armé	kg	2,80 €	70 000	196 000,00 €
8.2.5	Cure du béton	m²	5,00 €	214	1 070,00 €
8.2.6	Réglage et finitions des surfaces non coffrées	m²	15,00 €	214	3 210,00 €
8.2.7	Protection des parois en contact avec les terres	m²	5,00 €	376	1 880,00 €
<b>8.3</b>	<b>TABLIER</b>				
<b>8.3.1</b>	<b>Charpente métallique</b>				
8.3.1.1	Plateforme d'assemblage de la plateforme métallique	Ft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
8.3.1.2	Matériels de pose de l'ossature métallique	Ft	25 000,00 €	1	25 000,00 €
8.3.1.3	Acier pour ossature métallique	kg	7,00 €	99 000	693 000,00 €
8.3.1.4	Assemblage et montage sur chantier de l'ossature métallique	Ft	50 000,00 €	1	50 000,00 €
8.3.1.5	Protection anticorrosion	m²	55,00 €	511	28 105,00 €
8.3.1.6	Epreuve de convenance de la protection anticorrosion	Ft	1 500,00 €	1	1 500,00 €
8.3.1.7	Mise sur appuis définitifs	Ft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
8.3.1.8	Mise à la terre des ossatures	Ft	5 000,00 €	1	5 000,00 €
<b>8.3.2</b>	<b>Hourdis béton</b>				
8.3.2.1	Coffrages pour parements finis	m²	60,00 €	107	6 420,00 €
8.3.2.2	Dallettes (coffrages perdus)	m²	100,00 €	248	24 800,00 €
8.3.2.3	Béton C35/45	m³	300,00 €	170	51 000,00 €
8.3.2.4	Armature de béton armé	kg	2,80 €	25 000	70 000,00 €
8.3.2.5	Cure du béton	m²	5,00 €	300	1 500,00 €
8.3.2.6	Réglage et finitions des surfaces non coffrées	m²	15,00 €	300	4 500,00 €

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

<b>8.4</b>	<b>SOUTÈNEMENTS</b>				
8.4.1	Béton de propreté C16/20	m <sup>3</sup>	300,00 €	60	18 000,00 €
8.4.2	Murs de soutènement en béton armé yc compris semelle	m <sup>3</sup>	1 400,00 €	452	632 800,00 €
<b>8.5</b>	<b>VOIRIE ET EQUIPEMENTS</b>				
8.5.1	Barrière H2	ml	400,00 €	52	20 800,00 €
8.5.2	Raccordement H2 GBA	U	2 500,00 €	4	10 000,00 €
8.5.3	GBA y/c abaissés	ml	160,00 €	100	16 000,00 €
8.5.4	Appareil d'appuis	U	500,00 €	16	8 000,00 €
8.5.5	Bossage de vérinage	m <sup>2</sup>	1 500,00 €	1	1 500,00 €
8.5.6	Bordures de trottoir	ml	35,00 €	52	1 820,00 €
8.5.7	Remplissage trottoir béton C16/20	m <sup>3</sup>	250,00 €	23	5 750,00 €
8.5.8	Traitement de surface des trottoirs en béton balayé ou lavé ou désactivé	m <sup>2</sup>	10,00 €	78	780,00 €
8.5.9	Etanchéité	m <sup>2</sup>	80,00 €	277	22 160,00 €
8.5.10	BBSG 0/10 ep 0.07m	T	210,00 €	27	5 670,00 €
8.5.11	Corniches métalliques	ml	650,00 €	50	32 500,00 €
8.5.12	Dispositif de recueil des eaux dans les culées	U	5 000,00 €	2	10 000,00 €
8.5.13	Fourreaux dans corniche	ml	30,00 €	200	6 000,00 €
<b>8.6</b>	<b>VOIRIE - ACCES</b>				
8.6.1	Couche de forme GNT 0/31.5 ep 0.40m	m <sup>3</sup>	85,00 €	420	35 700,00 €
8.6.2	Enrobé à Module Elevé ep 0.16m	m <sup>2</sup>	55,00 €	1 050	57 750,00 €
8.6.3	BBSG 0/10 ep 0.07m	T	210,00 €	184	38 640,00 €
<b>8.7</b>	<b>RESEAUX ET DEVOIEMENT</b>				
8.7.1	Chambre K2C	U	2 000,00 €	4	8 000,00 €
8.7.2	Fourniture regard et tampon fonte pour dévoiement AEP	U	1 500,00 €	2	3 000,00 €
8.7.3	Dévoiement définitif AEP	Ft	8 000,00 €	1	8 000,00 €
8.7.4	Dévoiement définitif TELECOM	Ft	10 000,00 €	1	10 000,00 €
	<b>TOTAL OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT - BRAS DROIT</b>				<b>2 679 425,00 €</b>

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

9 ELEVATION DE LA ROUTE GAMM VERT					
9.1	Rabotage de revêtements yc évacuation	m²	25,00 €	600	15 000,00 €
9.2	Couche de forme GNT 0/31.5 ep 0.40m	m²	85,00 €	160	13 600,00 €
9.3	Béton BC5 ep 0.22m	m²	330,00 €	85	28 050,00 €
9.4	Signalisation horizontale et verticale	Ft	3 000,00 €	1	3 000,00 €
9.5	Maconnerie radier en moellon	m³	1 400,00 €	11	15 400,00 €
<b>TOTAL ELEVATION DE LA ROUTE GAMM VERT</b>					<b>75 050,00 €</b>
10 DIGUE DE PROTECTION DES AVOISINANTS					
10.1 TERRASSEMENTS					
10.1.1	Déblais généraux et fouille	m³	25,00 €	3 510	87 750,00 €
10.1.2	Remblais	m³	35,00 €	2 760	96 600,00 €
10.1.3	Géotextile	m²	4,00 €	4 020	16 080,00 €
10.2 DIGUE DE PROTECTION ET BATARDEAU					
10.2.1	Béton de propreté C16/20	m²	30,00 €	100	3 000,00 €
10.2.2	Semelle de fondations en béton armé	m²	1 200,00 €	500	600 000,00 €
10.2.3	Murs de soutènement moellons	m³	270,00 €	1 500	405 000,00 €
10.2.4	Porte batardable h=3,50m yc semelle d'ancrage et mécanisme d'ouverture manuel	Ft	30 000,00 €	1	30 000,00 €
10.2.5	Porte batardable h=2,80m yc semelle d'ancrage et mécanisme d'ouverture manuel	Ft	20 000,00 €	1	20 000,00 €
10.2.6	Enrochements liés	m³	230,00 €	1 276	293 480,00 €
<b>TOTAL DIGUE DE PROTECTION DES AVOISINANTS</b>					<b>1 551 910,00 €</b>

<b>TOTAL H.T.</b>	<b>26 645 510,00 €</b>
<b>ALEAS 10 %</b>	<b>2 664 551,00 €</b>
<b>TOTAL arrondi H.T.</b>	<b>29 310 000,00 €</b>

<b>TVA 8.5 %</b>	<b>2 491 350,00 €</b>
<b>TOTAL T.T.C.</b>	<b>31 801 350,00 €</b>

N° des prix	Désignation des travaux	Montant H.T.
1	PRIX GENERAUX	2 468 000,00 €
2	TRAVAUX PREPARATOIRE	269 900,00 €
3	SEUIL D'ALIMENTATION	374 050,00 €
4	REPROFILAGE ET SURCREUSEMENT DU BRAS CENTRAL	15 449 500,00 €
5	SEUILS DEFLECTEUR ET REHAUSSE MERLON	1 297 575,00 €
6	RADIER BRAS CENTRAL - CHEMIN BASIN PLAT	793 100,00 €
7	REPROFILAGE DU CHENAL BRAS DROIT	1 687 000,00 €
8	OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT - BRAS DROIT	2 679 425,00 €
9	ELEVATION DE LA ROUTE GAMM VERT	75 050,00 €
10	DIGUE DE PROTECTION DES AVOISINANTS	1 551 910,00 €
<b>Total Général en € H.T. + 10% ALEAS</b>		<b>29 310 000,00 €</b>

## 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 seuil d'alimentation à l'amont, afin de réduire la débitance du bras,
- Réalisation de l'ouverture du chenal et de l'ouvrage hydraulique au niveau 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 défecteur, 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 aménagement 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 **63 300 m2** ;
- Réalisation du seuil d'alimentation comprenant :
  - Réalisation du terrassement de la zone pour réalisation de l'ancrage et pour la réalisation de l'ouvrage,
  - Le remplissage en béton cyclopéen des cavités rencontrées si nécessaire.
  - Réalisation de l'élévation du seuil d'alimentation en enrochements libres
- 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 m<sup>3</sup>**,
  - 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 m<sup>3</sup>**,  
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 déblais.
- 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 réhausse.
- 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)
  
- 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 30 m et pour une sur profondeur moyenne à l'axe de 50 cm,
  - 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 de l'ouvrage de franchissement (coffrage/ferraillage coulage du béton armé) et réalisation des remblais contigus,
  - La réalisation de l'ouvrage de 23m ouverture de type pont à poutrelles enrobées,
  - 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.

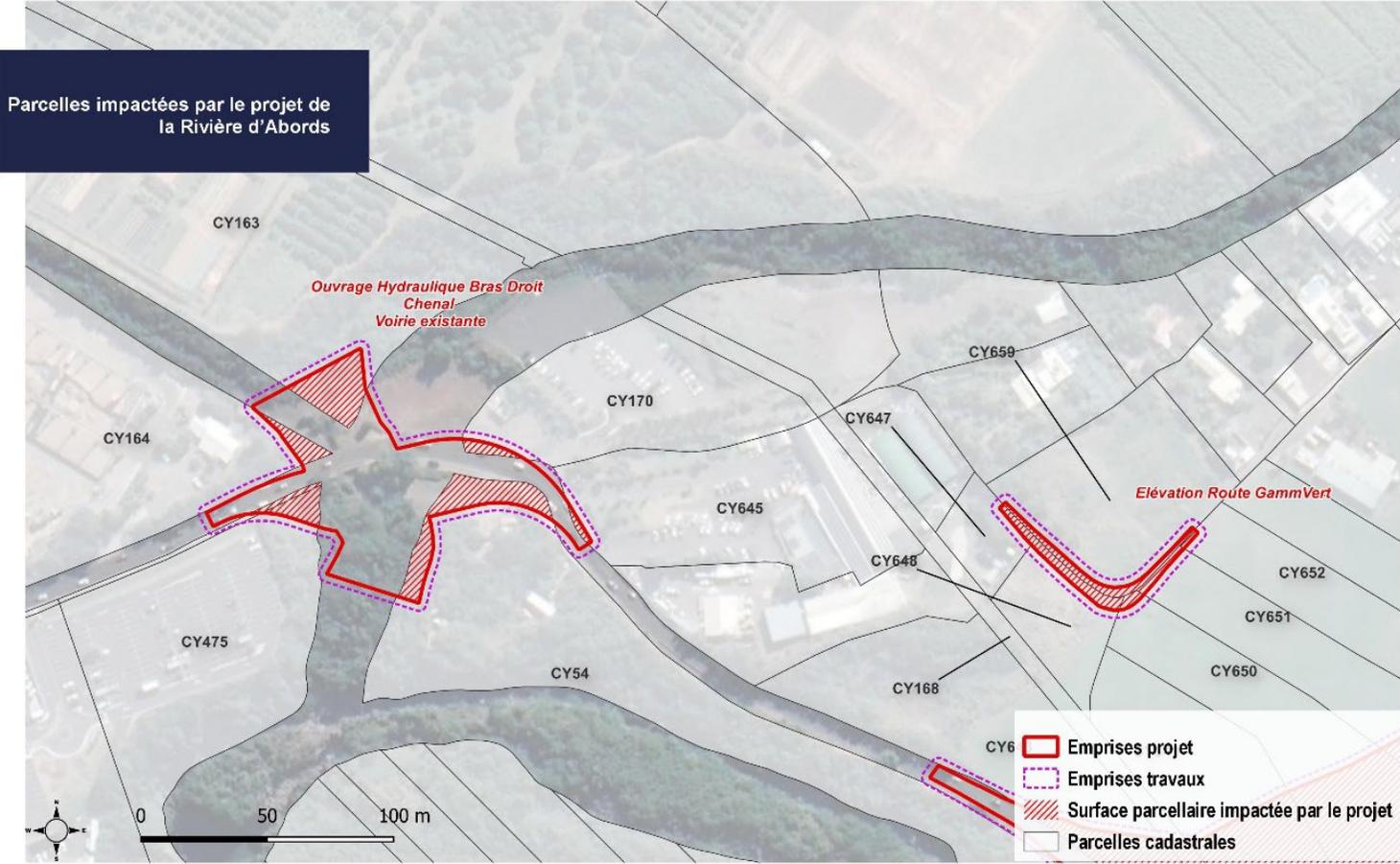
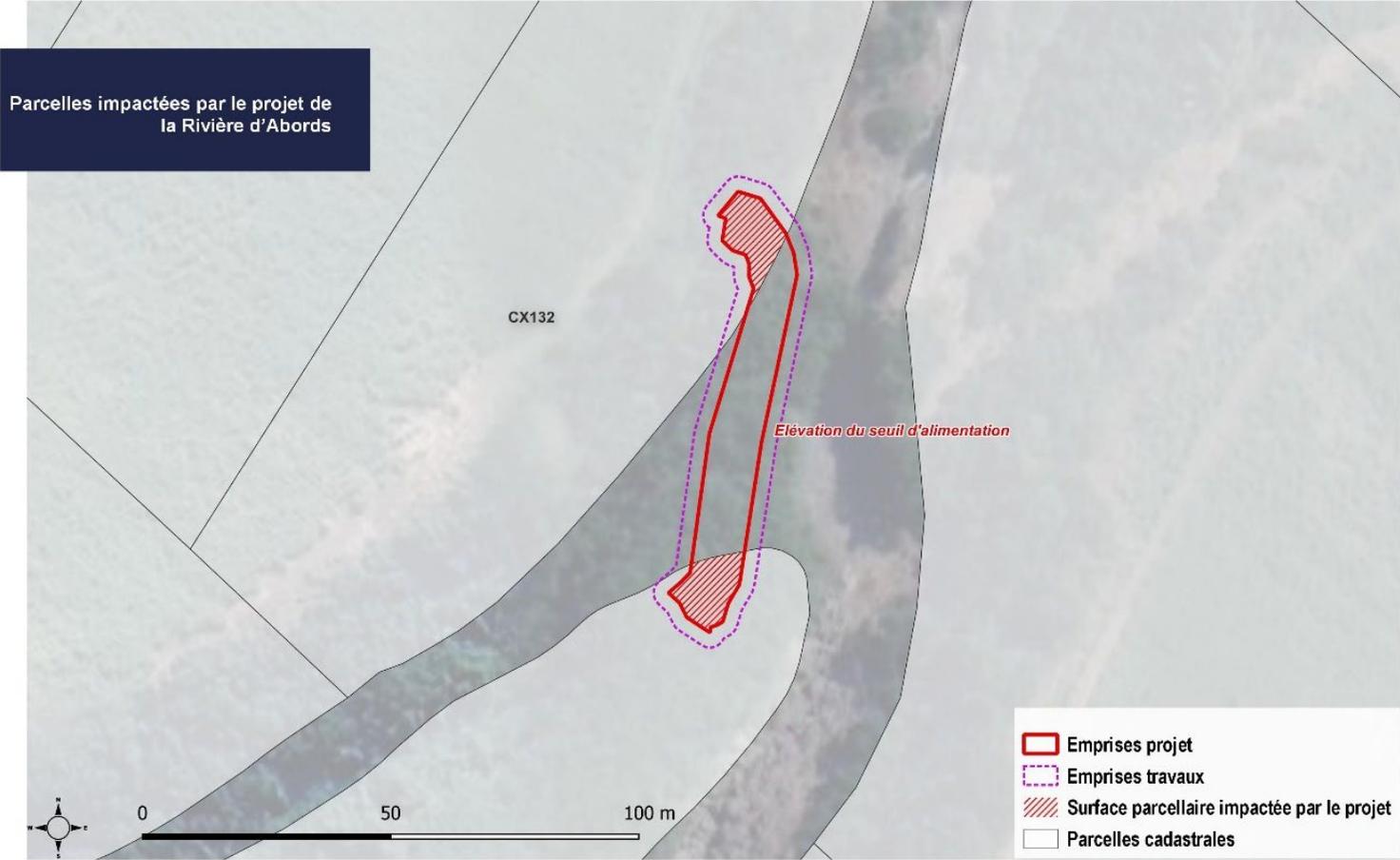


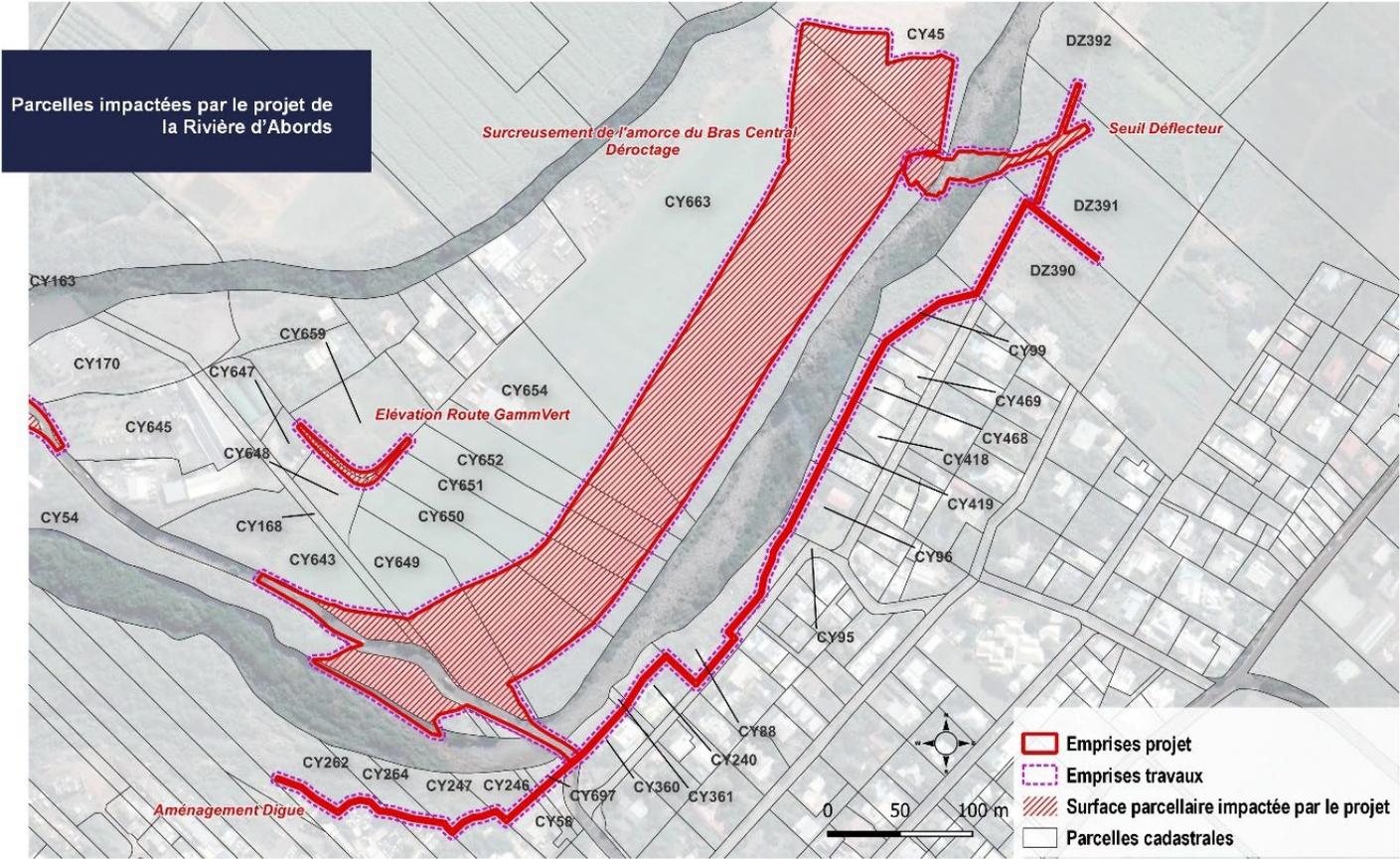
Figure 53 : Parcelles impactées – Bras Droit



Aménagement de la Rivière d'Abord

10MRU019  
DECEMBRE 2022

Figure 54 : Parcelles impactées – Seuil d'alimentation



Sources: Google Earth, 2022 / EDIGEO, Cadastre, 2022

Aménagement de la Rivière d'Abord

10MRU019  
DECEMBRE 2022

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 <sup>2</sup> )
97416	CY	45	118 650
97416	CX	132	20 220

Tableau 6: 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 <sup>2</sup> )
97416	DZ	390	8 932
97416	DZ	391	9 436
97416	DZ	392	8 080
97416	CY	663	53 345

Tableau 7: 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 <sup>2</sup> )
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 8: 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 <sup>2</sup> )
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 9: 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 <sup>2</sup> )
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 10: Parcelles impactées – Élévation 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 <sup>2</sup> )
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 11: Parcelles impactées – Ouvrage hydraulique Bras Droit

## 6.7 Impacts Foncier

L'emprise du projet dans le Domaine Public Fluvial est de 3 727 m<sup>2</sup> et pour l'emprise travaux de 5 042 m<sup>2</sup>.

L'emprise du projet dans le Domaine Privé de l'Etat est de 3 876 m<sup>2</sup> et pour l'emprise travaux de 4 506 m<sup>2</sup>.

L'emprise sur les parcelles privées est présentée dans le tableau suivant :

Commune	Section	Numéro	Surface Totale de la parcelle (m <sup>2</sup> )	Surface parcellaire impactée par l'emprise projet (m <sup>2</sup> )	Surface parcellaire impactée par l'emprise travaux (élargissement du périmètre de l'emprise projet de 3m) (m <sup>2</sup> )
97416	CY	45	118 650	3 682	4 397
97416	CY	54	12 820	2 716	3 203
97416	CY	55	154	1	17
97416	CY	56	130	0	12
97416	CY	58	430	16	56
97416	CY	88	3 420	306	1 013
97416	CY	95	2 660	71	236
97416	CY	96	2 155	124	422
97416	CY	99	3 435	181	607
97416	CX	132	20 220	147	299
97416	CY	163	18 000	503	657
97416	CY	164	26 645	153	342
97416	CY	168	1 810	237	268
97416	CY	170	4 607	85	175
97416	CY	240	1 660	122	437
97416	CY	246	1 968	91	279
97416	CY	247	3 652	114	385
97416	CY	262	11 212	228	790
97416	CY	264	2 770	84	310
97416	CY	267	3 679	0	10
97416	CY	360	1 925	109	398
97416	CY	361	275	17	59
97416	DZ	390	8 932	282	940
97416	DZ	391	9 436	707	1 627

97416	DZ	392	8 080	28	107
97416	CY	418	1 205	53	179
97416	CY	419	1 245	73	248
97416	CY	468	1 368	71	241
97416	CY	469	926	41	141
97416	CY	474	208	51	79
97416	CY	475	8 251	175	256
97416	CY	643	6 570	751	997
97416	CY	645	6 057	36	119
97416	CY	647	990	51	123
97416	CY	648	1 732	167	301
97416	CY	649	6 357	3 092	3 328
97416	CY	650	8 449	3 626	3 988
97416	CY	651	5 579	2 095	2 368
97416	CY	652	4 666	1 497	1 680
97416	CY	653	4 152	1 223	1 343
97416	CY	654	8 234	1 867	2 050
97416	CY	659	4 616	210	509
97416	CY	663	53 345	21 673	23 552
97416	CY	697	615	59	203
<b>TOTAL</b>				<b>46 815</b>	<b>58 751</b>

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 <sup>2</sup> )	Surface parcellaire impactée par l'emprise travaux (élargissement du périmètre de l'emprise projet de 3m) (m <sup>2</sup> )
DPF	3727	5042
DPE	3876	4506
Parcelles privées	46 815	58 751
<b>TOTAL</b>	<b>54418</b>	<b>68299</b>

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

---

## 7. VOLET RÉGLEMENTAIRE

### 7.1 Cadrage réglementaire

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

Cadrage réglementaire Rivière d'Abord – Scénario 1				
Code	Procédure	Rubriques visées	Caractéristiques du projet	A prévoir
Code de l'environnement	Evaluation environnementale (R122-2)	<p>6. Infrastructures routières (les ponts, tunnels et tranchées couvertes supportant des infrastructures routières doivent être étudiés au titre de cette rubrique).</p> <p>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.</p>	Le projet prévoit la modification du tracé de du chemin bassin plat sur une longueur d'environ 250m.	<b>Demande d'examen au cas par cas</b>
		<p>10. Canalisation et régularisation des cours d'eau.</p> <p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-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 ;</li> <li>-consolidation ou protection des berges, par des techniques autres que végétales vivantes sur une longueur supérieure ou égale à 200 m ;</li> <li>-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,</li> </ul>	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.	<b>Demande d'examen au cas par cas</b>

	<p>étant de nature à détruire les frayères de brochet pour la destruction de plus de 200 m<sup>2</sup> 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.</p>		
	<p>21. Barrages et autres installations destinées à retenir les eaux ou à les stocker.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	<p>Le projet prévoit l'aménagement d'une digue pour prévenir des inondations.</p>	<p><b>Demande d'examen au cas par cas</b></p>
	<p>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.</p> <p>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 m<sup>3</sup> et que le volume des eaux transvasées dépasse 5 % de ce débit.</p>	<p>Le projet fait partie du même bassin fluvial.</p>	<p>Non soumis</p>

		<p>39. Travaux, constructions et opérations d'aménagement.</p> <p>1b) Opérations d'aménagement dont le terrain d'assiette est supérieur ou égal à 10 ha ;</p> <p>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 m<sup>2</sup>.</p>	<p>Le projet ne constitue pas une opération d'aménagement au sens de l'article L.300-1 du code de l'urbanisme.</p>	<p>Non soumis</p>
	<p><b>Nomenclature Loi sur l'eau (L214-1)</b></p>	<p>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 :</p> <p>1° Supérieure ou égale à 20 ha (A) ;</p> <p>2° Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha (D)</p>	<p>Le bassin versant intercepté est supérieur à 20 ha.</p>	<p><b>Autorisation Loi sur L'eau</b></p>
		<p>3.1.1.0. Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :</p> <p>1° Un obstacle à l'écoulement des crues (A) ;</p>	<p>Le seuil déflecteur dans le lit mineur vient dévier les eaux et donc fait obstacle à l'écoulement des crues.</p>	<p><b>Autorisation Loi sur L'eau</b></p>

		<p>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 :</p> <p>1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m (A) ;</p> <p>2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D).</p>	<p>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.</p>	<p><b>Autorisation Loi sur L'eau</b></p>
		<p>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 :</p> <p>1° Supérieure ou égale à 100 m (A) ;</p> <p>2° Supérieure ou égale à 10 m et inférieure à 100 m (D).</p>	<p>A vérifier pour l'ouvrage hydraulique Bras Droit.</p>	<p><b>Potentiellement Déclaration Loi sur l'Eau</b></p>
		<p>3.1.4.0. Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :</p> <p>1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m (A) ;</p> <p>2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m (D).</p>	<p>Le projet prévoit l'aménagement d'une digue pour prévenir les inondations sur une longueur d'environ 800m.</p>	<p><b>Autorisation Loi sur L'eau</b></p>

		<p>3.2.2.0. Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :</p> <p>1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m<sup>2</sup> (A) ;</p> <p>2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m<sup>2</sup> et inférieure à 10 000 m<sup>2</sup> (D).</p>	Les installations seront sur une surface supérieure à 10 000m <sup>2</sup> .	<b>Autorisation Loi sur L'eau</b>
		<p>3.2.6.0. Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions :</p> <p>-système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 (A) ;</p> <p>-aménagement hydraulique au sens de l'article R. 562-18 (A) ;</p>	Le projet prévoit l'aménagement d'une digue pour prévenir les inondations sur une longueur d'environ 800m.	<b>Autorisation Loi sur L'eau</b>
	<b>Dérogation Espèces Protégées</b>	Interdiction générale de déranger les espèces protégées	A déterminer selon le diagnostic faune flore.	<b>Potentielle Dérogation espèces protégées</b>
<b>Code Forestier</b>	<b>Autorisation de défrichement</b>	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.	<b>Potentiellement demande d'autorisation de défrichement</b>

<p><b>Code de l'Expropriation pour Cause d'Utilité Publique</b></p>	<p><b>DUP</b></p>	<p>Déclaration d'Utilité Publique en vue d'expropriation</p>	<p>Une partie du projet est situé dans le domaine public fluvial et dans le domaine privé de l'Etat.</p> <p>Des terrains privés sont également situés dans le périmètre d'étude.</p> <p>Ils peuvent être acquis de différentes manières sur la commune de Saint-Denis :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A l'amiable</li> <li>- Par droit de préemption urbain</li> <li>- Par expropriation</li> </ul>	<p><b>Une déclaration d'utilité publique (DUP) devra être réalisée en cas de nécessité d'expropriation de terrains privés.</b></p> <p>En cas de DUP, une enquête parcellaire portant sur chaque parcelle privée devra être réalisée.</p> <p>Une COP devra être réalisée pour intervention dans le domaine privé de l'Etat, et une AOT pour intervention dans le Domaine Public Fluvial.</p>
<p><b>Code de l'urbanisme</b></p>	<p><b>Mise en compatibilité du PLU</b></p>	<p>En ce qui concerne le plan local d'urbanisme de Saint-Pierre, les zonages suivants sont concernés :</p>	<p><b>Dossier de mise en compatibilité du PLU</b></p>	

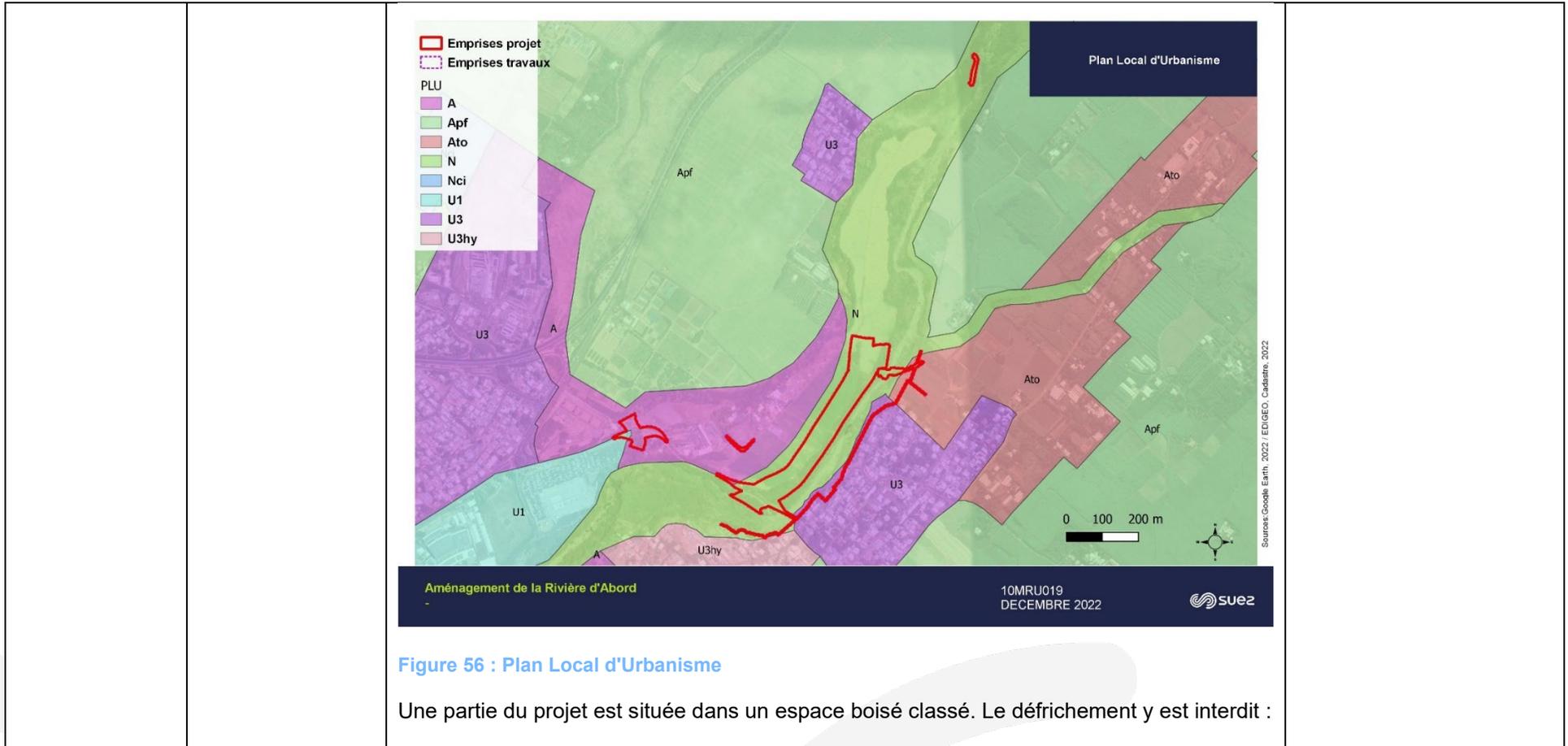
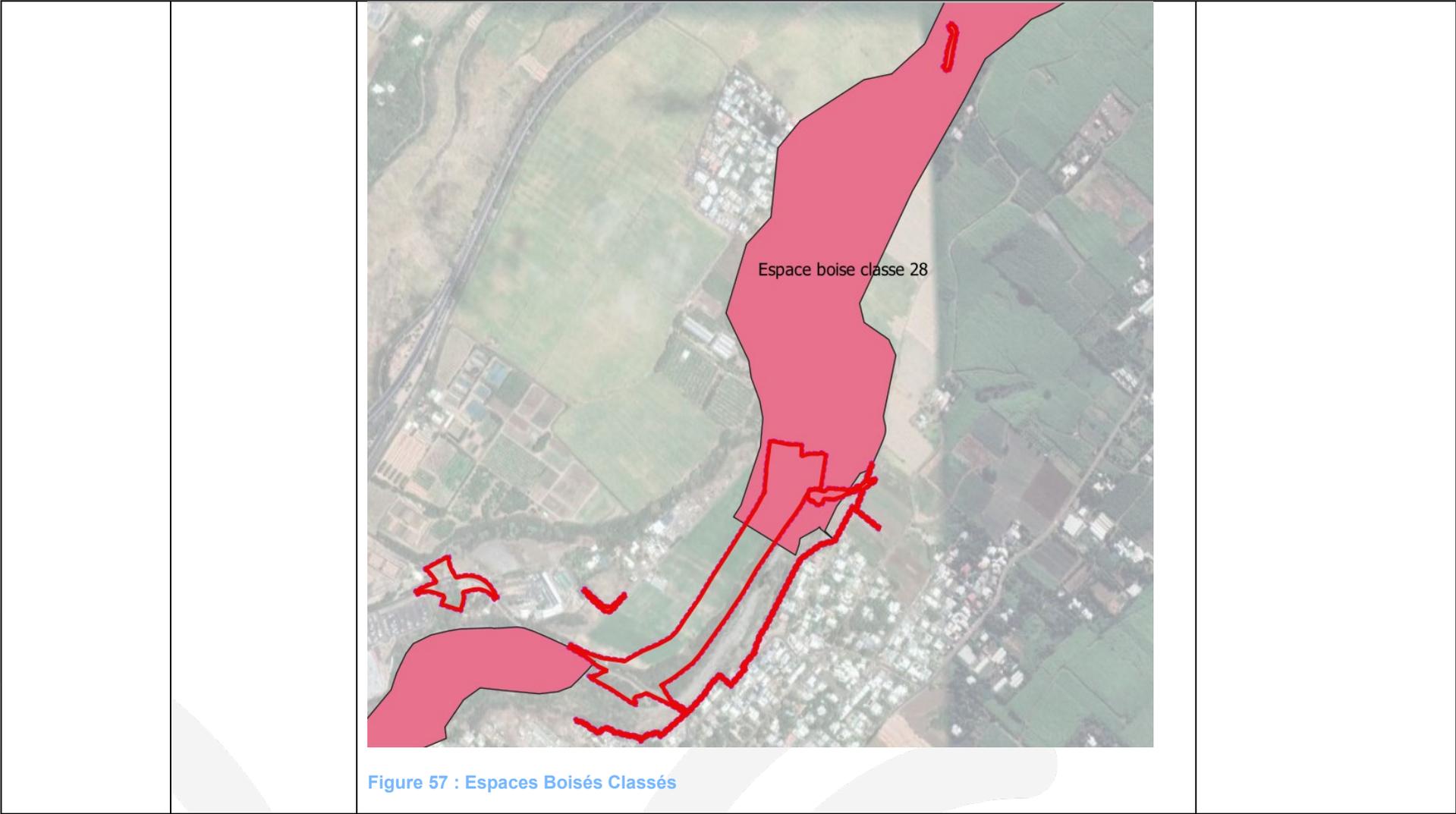


Figure 56 : Plan Local d'Urbanisme

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



		<p><b><u>Dans l'ensemble des zonages du PLU:</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>3. En application de l'article L.363-12 du code forestier, il est interdit de défricher et d'exploiter les terrain 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 rec et de passage (voir annexe relative aux servitudes le long des rivières, bras et ravines et leurs affluents).</li> </ol> <p>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.</p>	
--	--	---	--

## 7.2 Contraintes environnementales

### 7.2.1 Faune flore

A ce stade, aucune étude ou diagnostic faune/flore n'as 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.

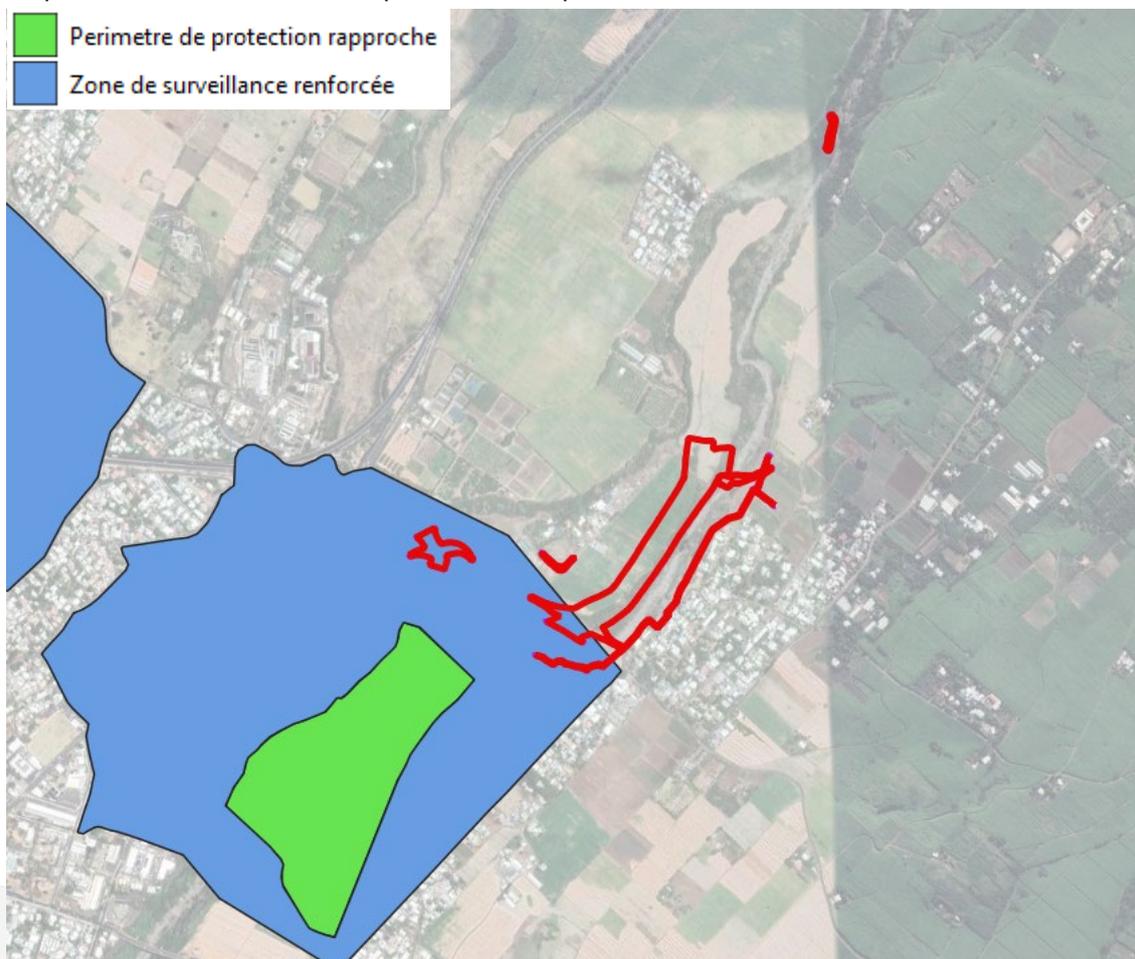


Figure 58 : Zonage des captages AEP

### 7.2.3 Paysage

Une étude paysagère sera a 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 sans mobilisation du Bras Droit et notamment les validations de :
  - La validation de la solution retenue pour l'élévation 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 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
- Les études réglementaires (cas par cas, autorisation environnementale unique, dossier de défrichement si espace boisé caractérisé par l'ONF, demande de dérogation espèces protégées)
- Une prise de contact avec la commune pour confirmer la faisabilité du projet au regard du PLU

## 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 m <sup>3</sup> /s	Diminution du débit au niveau du bras principal car répartition sur le bras central Q sur bras principal = 810 m <sup>3</sup> /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 sans mobilisation du Bras Droit - Avant-projet

CALCUL INDICE DE DANGER ET CHOIX D'UN DISPOSITIF DE RETENUE			
Opération :	Chemin bassin plat		
Ouvrage :			
ID 1	<b>TRAFIC</b>	Volume par sens de circulation (arrondi)	41358
		Nombre de points affectés	16
	<b>TRAFIC PL</b>	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
		Nombre de points affectés	1
	<b>NIVEAU DE SERVICE</b>	Cocher x la case correspondante au choix	
		Chemins ruraux, forestiers, VC	
		Autres voiries	x
		Autoroutes et routes principales	
		Nombre de points affectés	0
	<b>TRACE</b>	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
	<b>PENTE</b>	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	
<b>COURBURE</b>	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	
<b>POINTS DE CONFLIT</b>	Cocher x la case correspondante au choix		
	Existence (sauf carrefour giratoire)		
	Absence	x	
	Carrefour giratoire		
	Nombre de points affectés	0	
<b>LONGUEUR DE BRECHE</b>	Cocher x la case correspondante au choix		
	Lb < 10 m		
	10 m <= Lb < 30 m	x	
	Lb >= 30 m		
	Nombre de points affectés	2	
<b>VALEUR DU SOUS-INDICE ID 1</b>		20,0	

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

ID 2	<b>HAUTEUR DE CHUTE</b>	Cocher x la case correspondante au choix		
			$h < 4 \text{ m}$	
			$4 \text{ m} \leq h < 8 \text{ m}$	x
			$8 \text{ m} \leq h < 10 \text{ m}$	
			$h \geq 10 \text{ m}$	
			Nombre de points affectés	1
	<b>PROFONDEUR DE L'EAU</b>	Cocher x la case correspondante au choix		
			$P < 2 \text{ m}$	x
			$P \geq 2 \text{ m}$	
			Nombre de points affectés	0
	<b>VALEUR DU SOUS-INDICE ID 2</b>		1	

ID 3	<b>VOIES FRANCHIES</b>	Cocher x la case correspondante au choix			
			$T < 1000 \text{ v/j}$		
			$1000 \leq T < 10\,000 \text{ v/j}$		
			$T \geq 10\,000 \text{ v/j}$		
			Nombre de points affectés	0	
		<b>VOIES FERREES</b>	Renseignements à fournir par la SNCF : *		
			* Vitesse maxi des circulations ferroviaires $P_A =$		
			* Fréquence circulations voyageurs $P_B =$		
			Importance circulation routière $P_L - P_C =$		
			* Profil en travers plateforme ferroviaire $P_D =$		
			Nombre de points affectés	0	
		<b>PRESENCE HUMAINE</b>	Cocher x la case correspondante au choix		
				Densité $< 10 \text{ habitants / ha}$	
			$10 \leq \text{densité} < 1000$	x	
			densité $\geq 1000 \text{ habitants / ha}$		
			Nombre de points affectés	5	
	<b>VALEUR DU SOUS-INDICE ID 3</b>		5		

**INDICE DE DANGER ID = 25**

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**