



Centrale Thermique du Gol – Commune de Saint Louis

Etude hydraulique pour la définition des mesures compensatoires à mettre en œuvre au niveau de la zone d'entrée

RAPPORT DE MISSION

ALBIOMA



Centrale Thermique du Gol – Commune de Saint Louis

Etude hydraulique pour la définition des mesures compensatoires à mettre en œuvre au niveau de la zone d'entrée ALBIOMA

Rapport de mission

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	CONTROLÉ(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
3	Version finale	YML	CHE	CHE	Janvier 2021
2	Version corrigée	YML	CHE	CHE	Janvier 2021
1	Version initiale	YML	CHE	CHE	Décembre 2020

Branche Réunion Océan Indien
121 boulevard Jean Jaurès - CS 31005 - 97404 SAINT-DENIS Cedex . TEL : 02 62 90 96 00 . lareunion@arteliagroup.com

ARTELIA SAS - Siège Social : 16 rue Simone Veil - 93400 Saint-Ouen – France

Capital : 4 671 840 Euros - 444 523 526 RCS Bobigny - SIRET 444 523 526 00804 - APE 7112B

N° identification TVA : FR 40 444 523 526 . www.arteliagroup.com

Rapport de mission

CENTRALE THERMIQUE DU GOL – COMMUNE DE SAINT LOUIS

SOMMAIRE

1. CONTEXTE	5
2. OBJECTIFS DE LA MISSION	10
3. MÉTHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE	10
4. TRAVAIL PRÉALABLE	11
4.1. Recueil de données	11
4.1.1. Etudes précédentes.....	11
4.1.2. Plans topographiques.....	11
4.2. Visite de site	12
5. ANALYSE HYDROLOGIQUE	22
5.1. Caractéristiques des bassins versants	22
5.2. Méthode d'estimation des débits de pointe	24
5.3. Cas du site industriel du Gol	25
6. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE	26
6.1. Outils de modélisation	26
6.1.1. Modèles mis en œuvre : principes généraux	26
6.1.2. Logiciel TELEMAC-2D	27
6.1.3. Emprise des modèles.....	27
6.1.4. Maillages réalisés	28
6.1.5. Représentation de la topographie du secteur d'étude.....	28
6.1.6. Ouvrages de transparence hydraulique.....	34
6.1.7. Conditions aux limites et paramètres des simulations.....	36
6.2. Configuration de référence	37
6.2.1. Analyse hydraulique.....	37
6.3. Configuration projet	42
6.3.1. Aide à la conception et présentation du projet	42
6.3.2. Topographie de la configuration projet.....	43
6.3.3. Analyse hydraulique.....	46
7. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS	52
ANNEXE 1 – CONFIGURATION DE RÉFÉRENCE	56
ANNEXE 2 – CONFIGURATION PROJET	57

FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....	5
Figure 2 : Emprise zone inondable autour du site ALBIOMA (source PPRI de Saint-Louis).....	6
Figure 3 : Plan-masse de l'opération – Vue globale (source : ALBIOMA)	8
Figure 3 : Plan-masse de l'opération – Zoom (source : ALBIOMA).....	9
Figure 4:Extrait du plan du projet « 19-GP373-000-ERA-1 0003_B.dwg » (source : ALBIOMA)	12
Figure 5 : Vue de la Ravine Piment en aval de la rue de Paris	13
Figure 6 : Vue de la Ravine Piment en amont de la sucrerie	14
Figure 7 : Mur grillagé avec ouvertures aménagées séparant la Ravine Piment de la sucrerie	14
Figure 8: Aménagements réalisés sur le site de TEREOS en vue de la gestion des inondations – Partie amont - 1/3	15
Figure 9: Aménagements réalisés sur le site de TEREOS en vue de la gestion des inondations – Partie médiane - 2/3.....	16
Figure 10: Aménagements réalisés sur le site de TEREOS en vue de la gestion des inondations – Partie aval - 3/3	17
Figure 11: Configuration avant réaménagement	18
Figure 12 : Configuration actuelle avec aménagement (suppression des obstacles)	18
Figure 13 : Configuration avant réaménagement	19
Figure 14 : Configuration avec prise en compte des aménagements de gestion du risque inondation (suppression du mur sur 29 mètres)	19
Figure 15: Muret de délimitation du site de TEREOS.....	20
Figure 16: Mur au sud de la distillerie	20
Figure 17: Partie ouest du site de la distillerie : muret, ouvrage et canal évacuateur	20
Figure 18: Merlon de ceinture et route d'accès au site	21
Figure 19: Muret aval.....	21
Figure 20 : Bassins versants de la Ravine Piment	23
Figure 21 : Emprise des modèles 2D mis en œuvre	27
Figure 22: Maillage - Configuration de référence.....	29
Figure 23: Maillage - Configuration de référence (zoom)	30
Figure 24: Maillage - Configuration projet (zoom)	31
Figure 25: Topographie modélisée - Configuration actuelle	32
Figure 26: Topographie modélisée - Configuration actuelle (zoom)	33
Figure 27: Ouvertures sous les murs (exemple)	34
Figure 28 : Ouvrages de transparence hydraulique et éléments structurant représentés par les outils de modélisation.....	35
Figure 29 : Hauteurs d'eau maximales – Q2ans – Configuration de référence	37
Figure 30 : Hauteurs d'eau maximales – Q5ans – Configuration de référence	38
Figure 31 : Hauteurs d'eau maximales – Q10ans – Configuration de référence	39
Figure 32 : Hauteurs d'eau maximales – Q50ans – Configuration de référence	40
Figure 33 : Hauteurs d'eau maximales – Q100ans – Configuration de référence	41
Figure 34: Eléments constituant le projet finalement retenu	43
Figure 35: Topographie modélisée - Configuration projet	44
Figure 36: Topographie modélisée - Configuration projet	45
Figure 37:Hauteurs d'eau maximales – Q100ans – Configuration projet.....	46
Figure 38:Hauteurs d'eau maximales – Q5ans – Configuration projet.....	47
Figure 39:Hauteurs d'eau maximales – Q10ans – Configuration projet.....	48
Figure 40:Hauteurs d'eau maximales – Q20ans – Configuration projet.....	49
Figure 41:Hauteurs d'eau maximales – Q50ans – Configuration projet.....	50
Figure 42:Hauteurs d'eau maximales – Q100ans – Configuration projet.....	51
Figure 43: Zonage du PPRI sur le site de projet	52
Figure 44: Hauteurs d'eau maximales pour la crue centennale - Configuration Projet	53

1. CONTEXTE

La société ALBIOMA porte actuellement un projet de refonte de l'entrée de son usine sur la plaine du Gol. Cette usine est située sur la commune de St Louis, dans une zone industrielle partiellement inondée. Ces inondations sont liées à la zone d'expansion des crues de la ravine du Gol, et à l'écoulement de la ravine Piment qui traverse la sucrerie puis la distillerie (toutes deux situées au nord du site d'ALBIOMA) pour rejoindre ensuite les champs inondés en aval en suivant l'ancienne route nationale qui assure désormais l'accès au site d'ALBIOMA.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

A ce jour, la centrale thermique d'ALBIOMA est relativement préservée de ce risque inondation grâce à la présence d'un merlon autour de son site qui limite les intrusions d'eaux en cas de débordement sur les voiries adjacentes. Ceci est parfaitement visible sur la carte du zonage du Plan de Prévention des Risques inondation (PPRI) de la commune présentée ci-après.

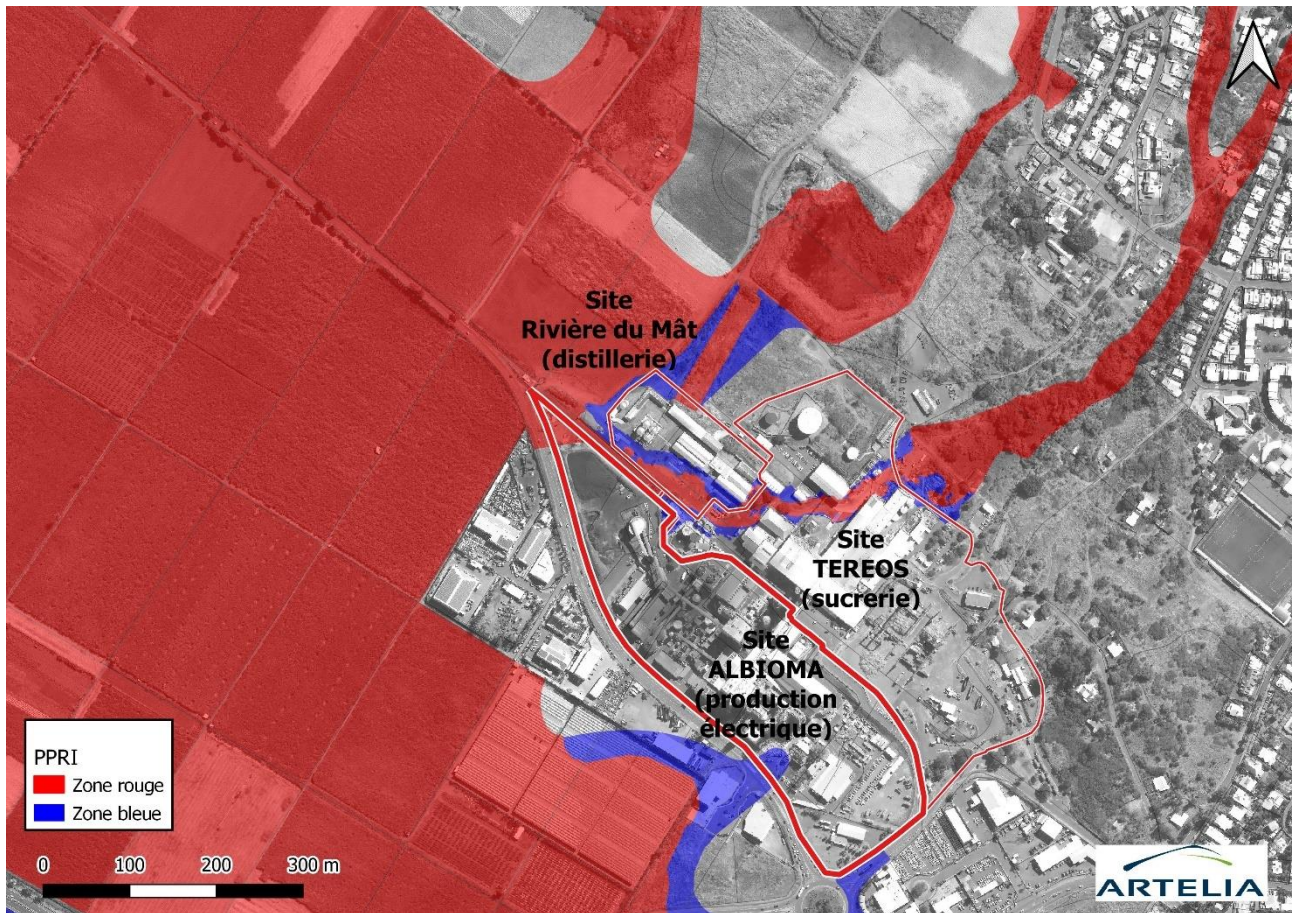


Figure 2 : Emprise zone inondable autour du site ALBIOMA (source PPRI de Saint-Louis)

Le projet porté par ALBIOMA au niveau de l'entrée de son site se compose des éléments suivants :

- Suppression du merlon le long de la voie d'entrée,
- Installation d'une voie d'accès et d'un pont bascule à la place de ce merlon,
- Installation d'un muret de protection entre la voie d'entrée et le pont bascule (environ 60 cm) pour contenir les pluies fortes actuelles (trait rose)
- Installation d'un mur d'environ 2m (hauteur à confirmer) entre le pont bascule et la zone de stockage pour protéger le site d'une pluie centennale (trait noir)

Les figures ci-après présentent le plan de masse de l'opération.

Il est également envisagé la suppression du merlon sud situé le long de la RN1 au sud du site dans le cadre de la mise en œuvre de ce projet.

Dans le cadre de la conception du projet, et du dépôt du dossier réglementaire ICPE, ALBIOMA souhaite démontrer la non-aggravation du risque hydraulique liée à la mise en place de ces futurs aménagements.

ALBIOMA a donc confié une mission à ARTELIA en ce sens, objet du présent rapport.

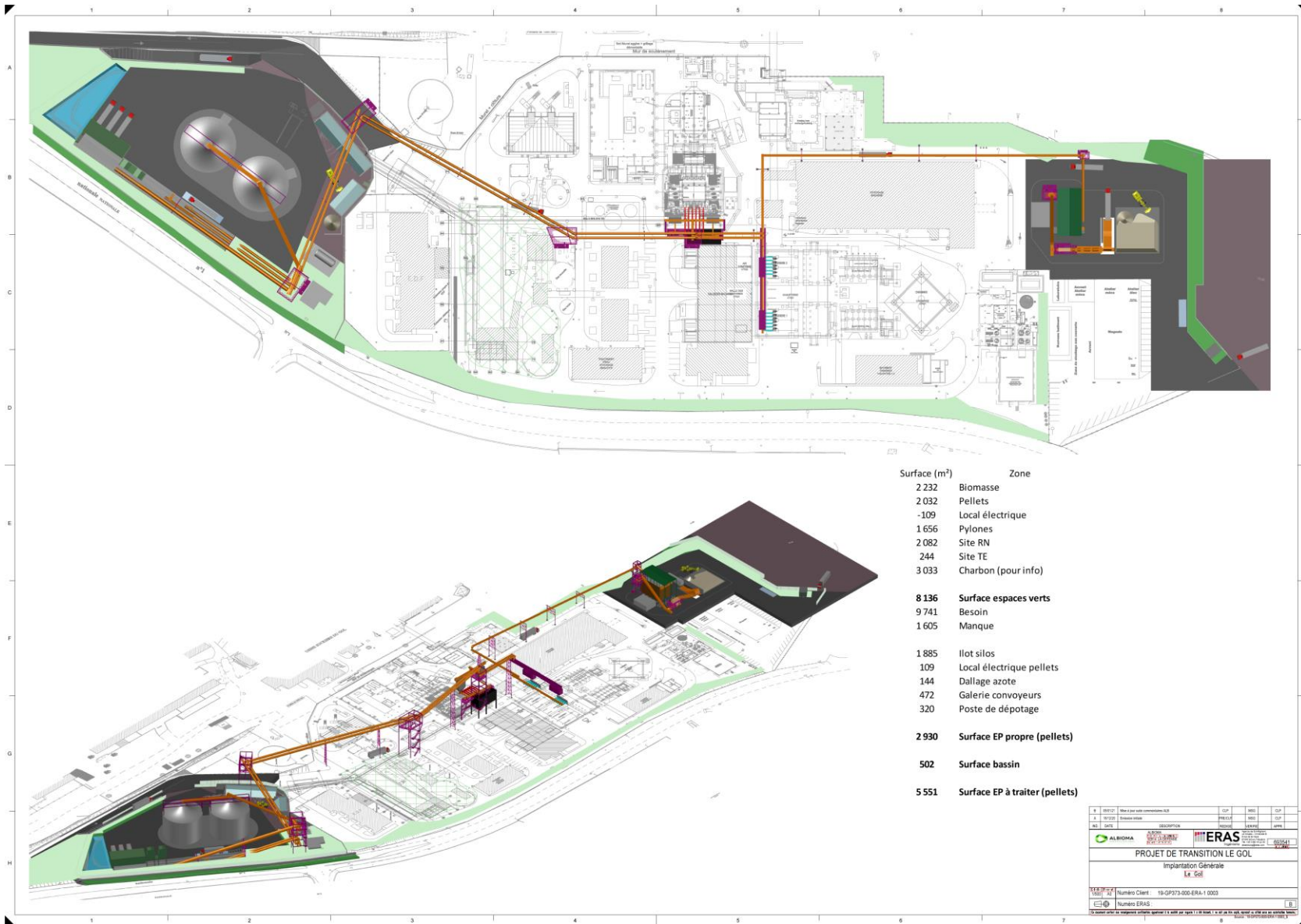


Figure 3 : Plan-masse de l'opération – Vue globale (source : ALBIOMA)

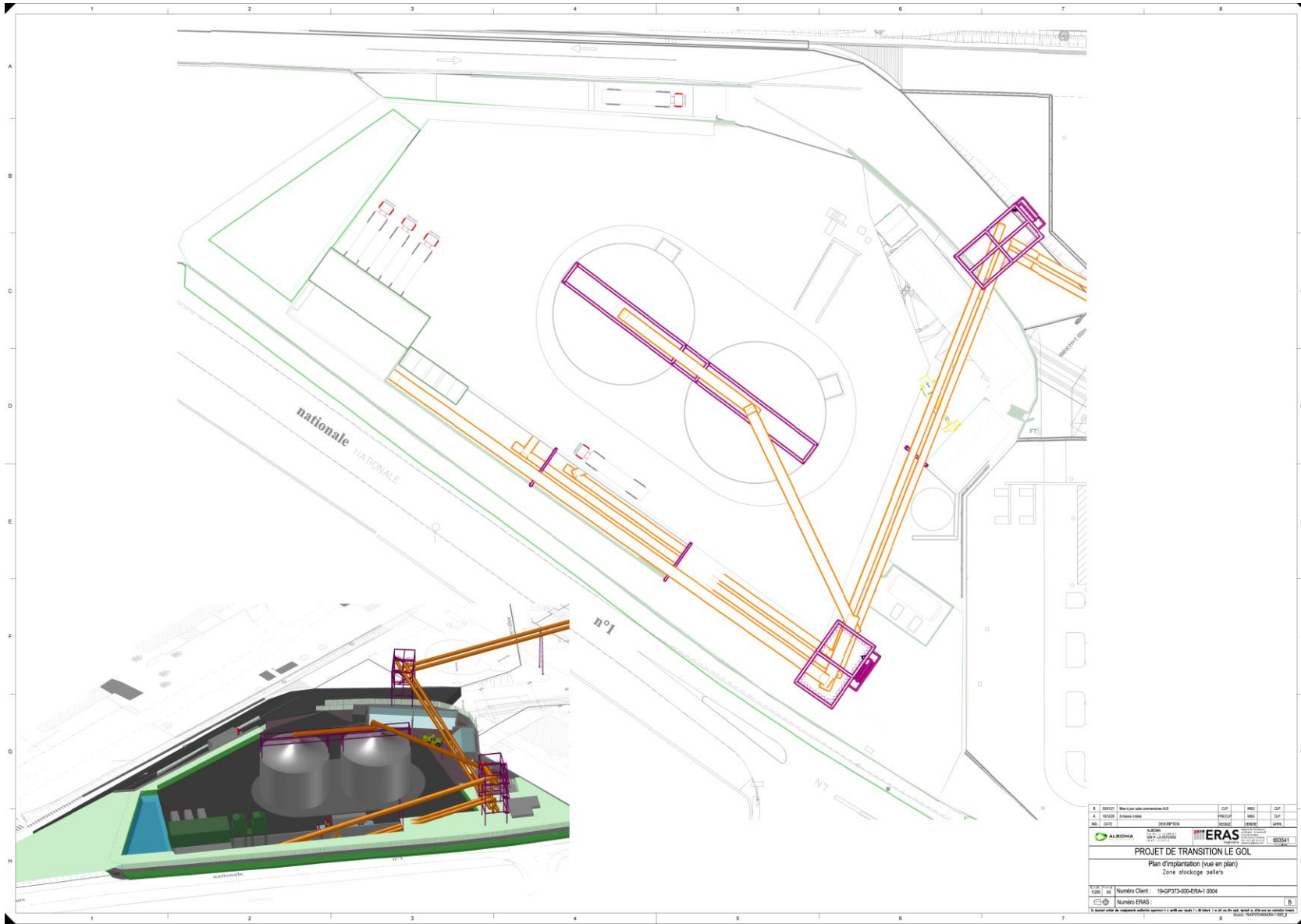


Figure 4 : Plan-masse de l'opération – Zoom (source : ALBIOMA)

2. OBJECTIFS DE LA MISSION

La présente mission a pour objectifs :

- de caractériser le fonctionnement hydraulique observé sur le site de projet et aux abords de celui-ci pour la configuration actuelle prise comme référence,
- d'apporter les éléments d'aide à la conception du projet à ALBIOMA de manière à concilier :
 - les impératifs liés au fonctionnement quotidien du site industriel (accès et circulation poids-lourds notamment, usage du pont-bascule...),
 - les contraintes liées à la problématique inondation sur le fonctionnement de l'usine,
 - le respect des documents et procédures réglementaires en lien avec le risque inondation : PPRI et Loi sur l'Eau
- de mettre en évidence le caractère non-impactant du projet porté et sa compatibilité avec la prise en compte du risque inondation dans les règlements d'urbanisme.

3. METHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE

La mission a suivi les étapes suivantes, qui servent également de structure au présent rapport de rendu des analyses menées :

- Travail préliminaire nécessaire à l'appropriation de la connaissance du site et à la bonne représentation des phénomènes hydrauliques en jeu. Cette phase intègre donc les actions suivantes :
 - collecte des données,
 - visite de site
 - réunion de démarrage et points téléphoniques réguliers avec la maîtrise d'ouvrage.
- Analyse hydrologique : définition des évènements hydro-météorologiques de référence et des débits associés
- Diagnostic hydraulique :
 - à partir de l'élaboration et de l'exploitation d'un outil de modélisation numérique bidimensionnel
 - pour la situation de référence : afin d'apporter les éléments d'aide à la prise en compte du risque inondation dans la conception du projet porté par ALBIOMA
 - pour la situation aménagée : afin de s'assurer de la non-inondabilité du site et de sa compatibilité
 - avec la prise en compte du risque inondation dans les documents d'urbanisme (PPRI)
 - avec le principe de non-aggravation du risque pour les tiers de la Loi sur l'Eau
- Conclusion et synthèse des éléments mis en avant dans le cadre de la mission.

4. TRAVAIL PREALABLE

4.1. RECUEIL DE DONNEES

4.1.1. Etudes précédentes

ARTELIA a réalisé de nombreuses études sur le secteur d'étude, qui ont été recueillies et analysées en préalable à la mise en œuvre des outils de modélisation exploités dans le cadre de la présente mission.

Parmi les études récentes qui ont été exploitées ici, citons :

- Analyse du fonctionnement hydraulique et incidence du projet d'implantation du nouvel aménagement – Distillerie Rivière du Mât - Janvier 2016 – ARTELIA - 4701956
- Analyse hydraulique du site de la sucrerie du GOL – Mise à jour des zones inondables dans le cadre du PPRI de Saint-Louis – TEREOS Océan Indien - Juillet 2016 – ARTELIA – 4701730
- Centrale thermique du Gol - Etude hydraulique – Etude hydraulique et pré-cadrage réglementaire – Sucrière de La Réunion – Avril 2014 – ARTELIA – 4701730

Ces études ont permis de caractériser le fonctionnement hydraulique observé lors des épisodes générant l'inondation du secteur d'étude, spécifiquement sur les sites de la sucrerie et de la distillerie. Ces réflexions ont permis de définir des aménagements permettant de diminuer la vulnérabilité de ces deux sites, sans modifier le comportement observé sur le site d'ALBIOMA (pas d'aggravation du risque pour les tiers). Ces aménagements ont été réalisés à la suite de ces études.

Ces études définissent donc les phénomènes hydrométéorologiques en jeu et la configuration topographique de la zone dans la configuration actuelle. Ces éléments sont repris ici, ce qui permet de proposer **un traitement de la problématique risque inondation homogène et cohérente à l'échelle des trois sites industriels composant la zone d'étude** (ALBIOMA, TEREOS et Rivière du Mât).

4.1.2. Plans topographiques

Dans le cadre de ces études, différents plans et données topographiques ont été réalisés. Ces éléments ont été recueillis et compilés afin de disposer des éléments topographiques permettant de proposer une vision fine et actuelle de la réalité topographique de la zone d'étude.

Parmi ces plans exploités dans le cadre de la présente mission, citons :

- DCE - TEREOS - protection ravine Piment.dwg : plans des aménagements de gestion des inondations sur le site de TEREOS – 2016
- Endiguement Ravine Piment 091014.dwg : plan du canal d'évacuation pluvial mis en œuvre au niveau de la STEP sur le site de TEREOS
- Levé géomètre réalisé en 2014 dans le cadre de l'étude pour la Sucrière de la Réunion, usine du Gol, n°13R27, SARL Projections, Saint LOUIS,
- DISTILLERIE DE SAINT LOUIS - RECOLEMENT.DWG : plan spécifique au site de la distillerie- 2016

Ces données topographiques sont complétées pour les zones non couvertes à l'aide des données issues du levé LIDAR Litto-3D de la DEAL.

Le projet a été représenté à partir des éléments transmis par ALBIOMA dans les fichiers suivants : 693541-Implantation en cours.dwg et 19-GP373-000-ERA-1 0003_B.dwg.

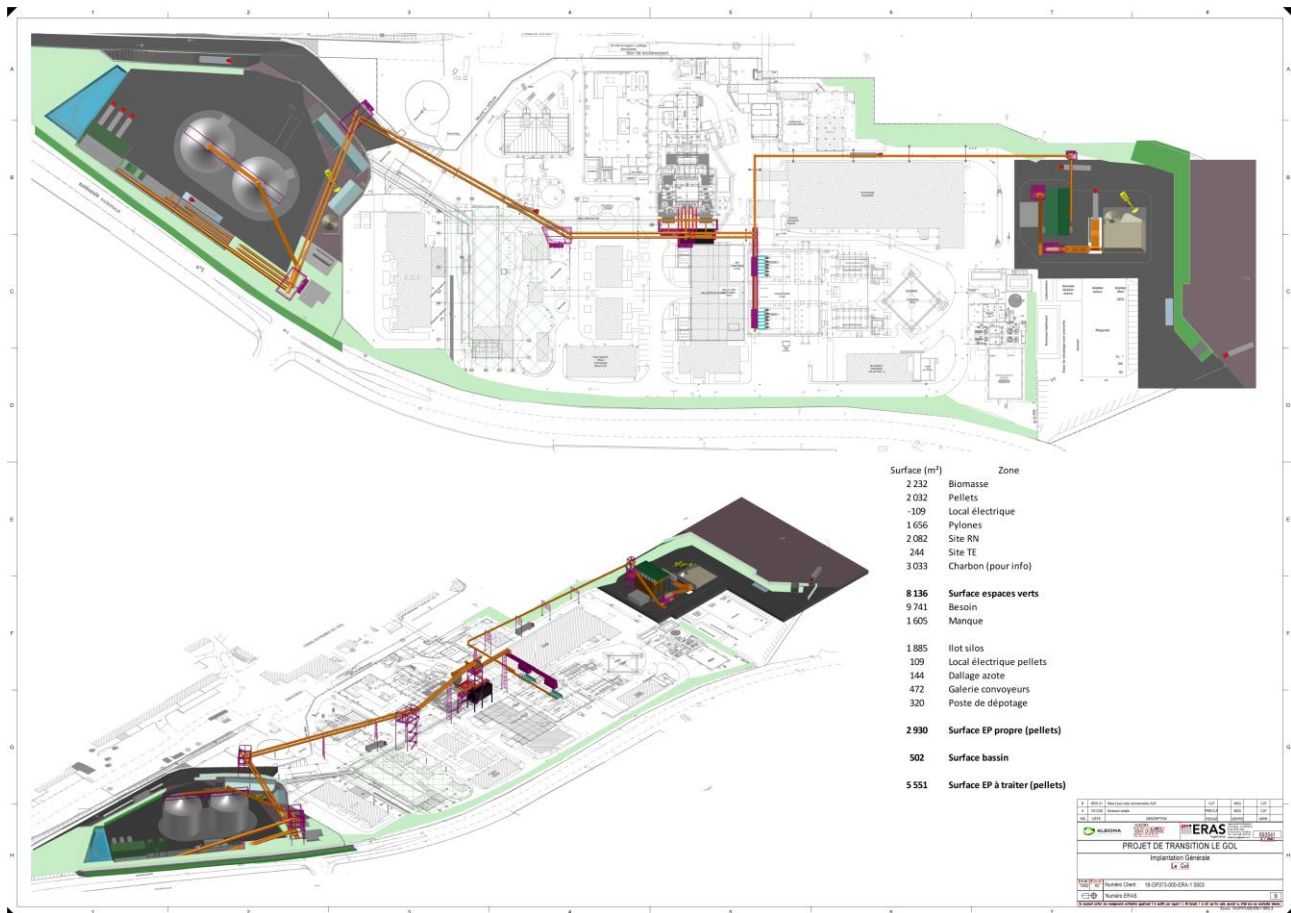


Figure 5: Extrait du plan du projet « 19-GP373-000-ERA-1 0003_B.dwg » (source : ALBIOMA)

4.2. VISITE DE SITE

Au démarrage de l'étude, une première visite sur site a été réalisée. Elle a permis :

- de visualiser le site (implantation des ouvrages existants, topographie générale du site...)
- d'appréhender les contextes hydrologique (délimitation des bassins versants notamment) et hydraulique du site (axes d'écoulement, arrivées d'eau, obstacles ; ...)
- de se faire présenter in-situ le projet envisagé par ALBIOMA ;
- de photographier le site en vue de l'élaboration du rapport.

Lors de cette visite, les données disponibles ont été récupérées auprès du MOA.

Il ressort de cette visite les éléments suivants qui possèdent une incidence sur le fonctionnement hydraulique de la zone et qui ont été pris en compte dans les outils de modélisation mis en œuvre.

A la traversée du site d'étude, la Ravine Piment est bien encaissée et végétalisée dans sa partie amont (depuis l'ouvrage hydraulique de la rue de Paris jusqu'à une cote voisine de 20 m NGR). Le gabarit du thalweg est largement suffisant pour évacuer une crue centennale sans occasionner de débordement.

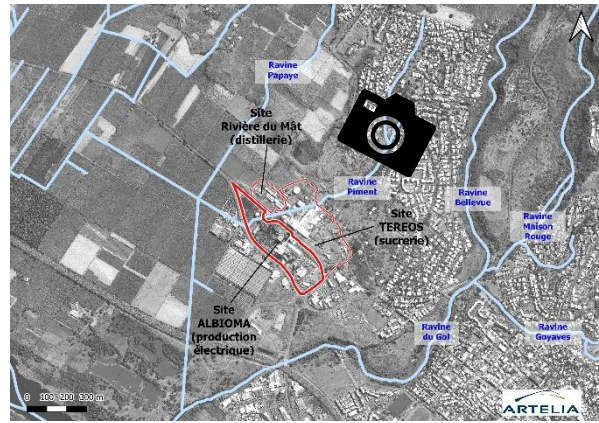


Figure 6 : Vue de la Ravine Piment en aval de la rue de Paris

A partir de la cote 20 m NGR, le thalweg s'évase, et la pente moyenne du lit diminue significativement. Des remblais ont manifestement été réalisés en rive gauche afin de limiter l'expansion des crues. Au droit de la sucrierie, la largeur du thalweg atteint près de 140 m.

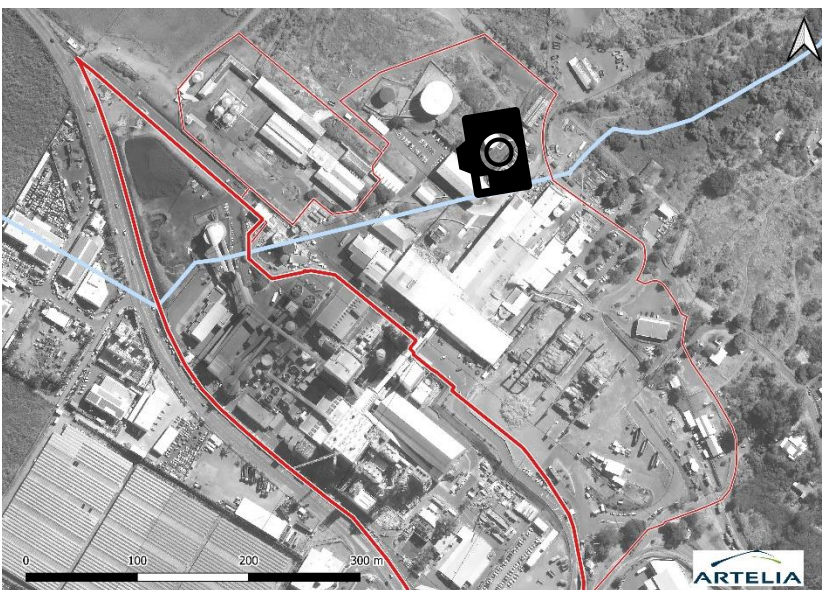


Figure 7 : Vue de la Ravine Piment en amont de la sucrerie

L'entrée des eaux de la Ravine Piment dans la zone d'étude se fait par un mur grillagé avec ouvertures aménagées au Nord de l'usine TEREOS :

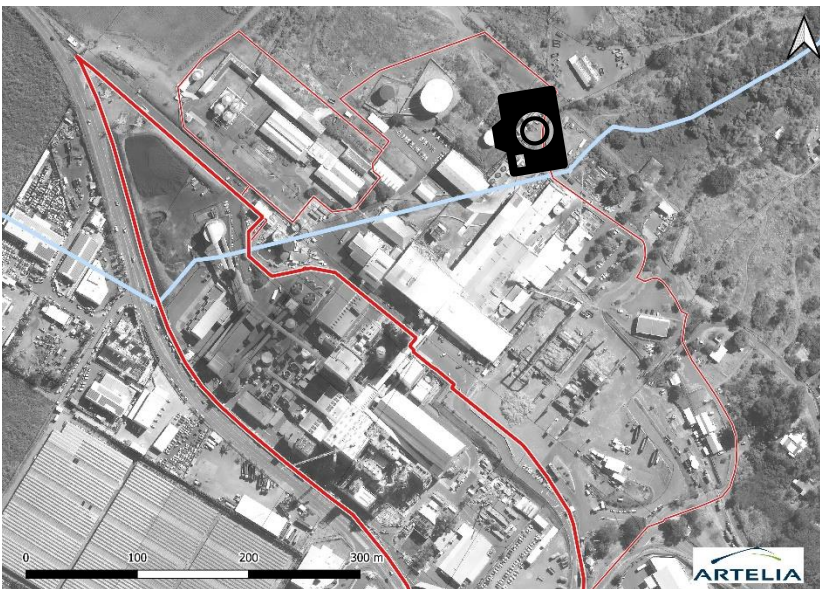


Figure 8 : Mur grillagé avec ouvertures aménagées séparant la Ravine Piment de la sucrerie

Le plan suivant rappelle les aménagements de protection contre les crues définis par ARTELIA en 2016 et mis en œuvre ensuite sur le site de TEREOS.

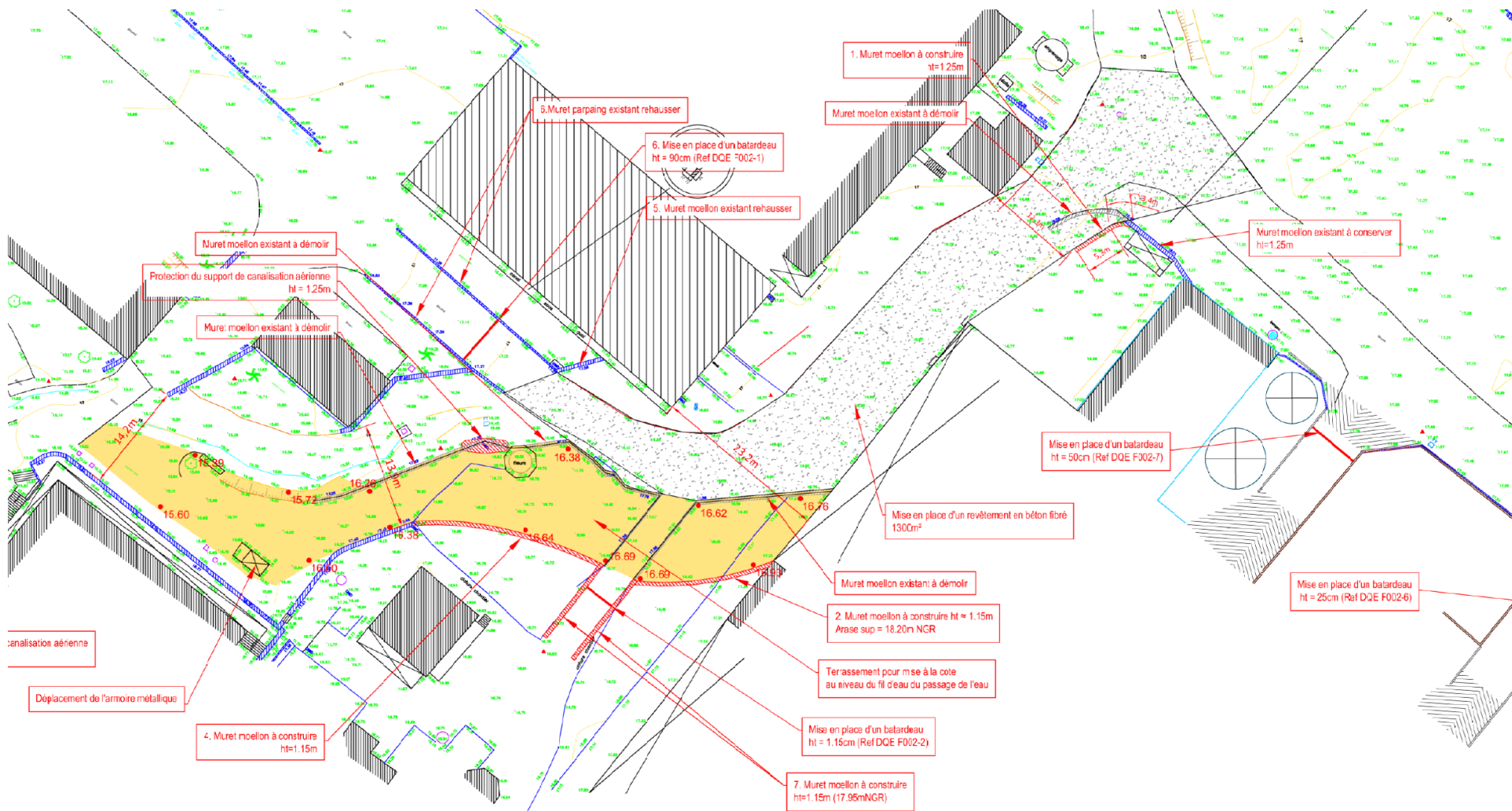


Figure 9: Aménagements réalisés sur le site de TEREOS en vue de la gestion des inondations – Partie amont - 1/3

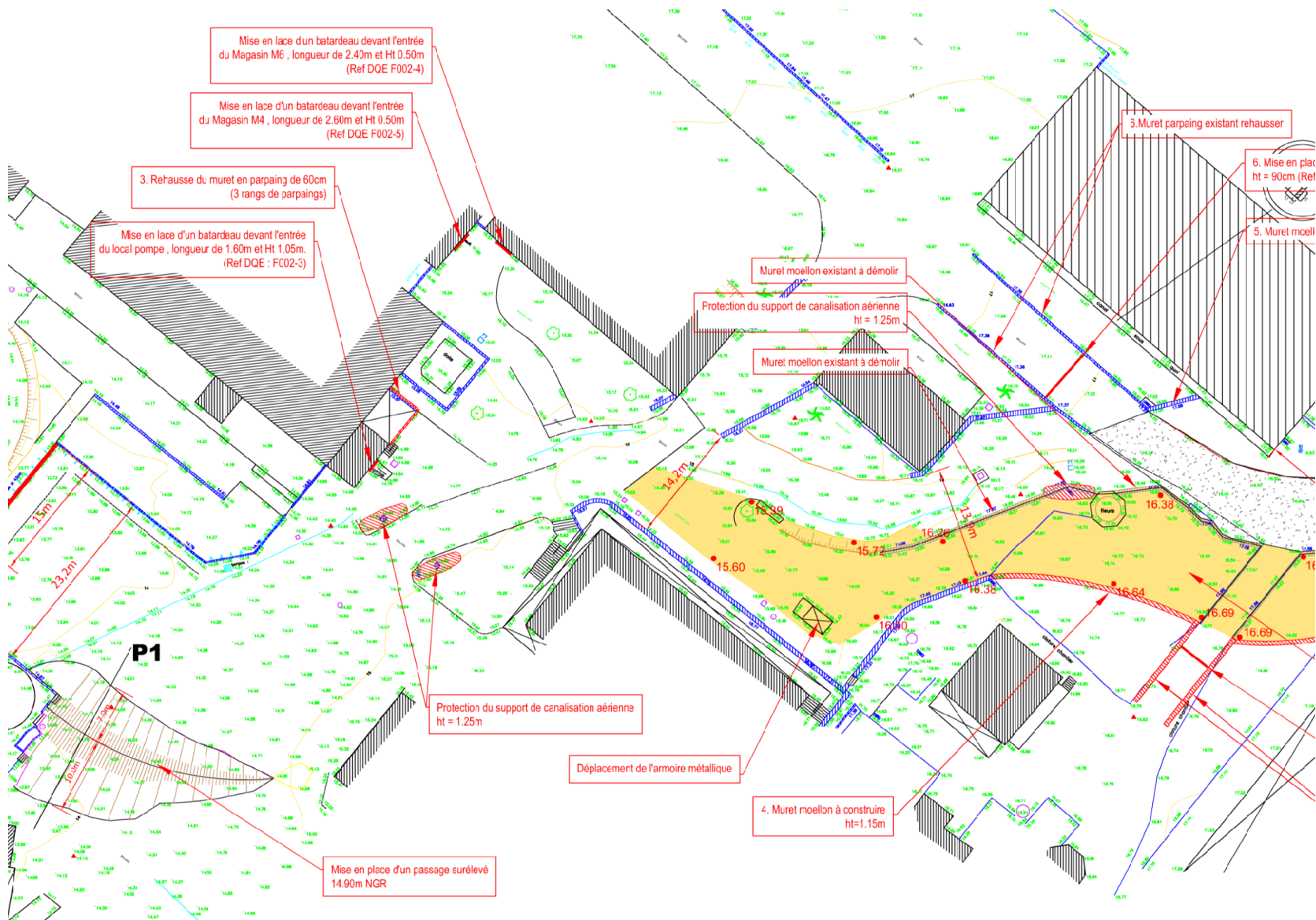


Figure 10: Aménagements réalisés sur le site de TEREOS en vue de la gestion des inondations – Partie médiane - 2/3

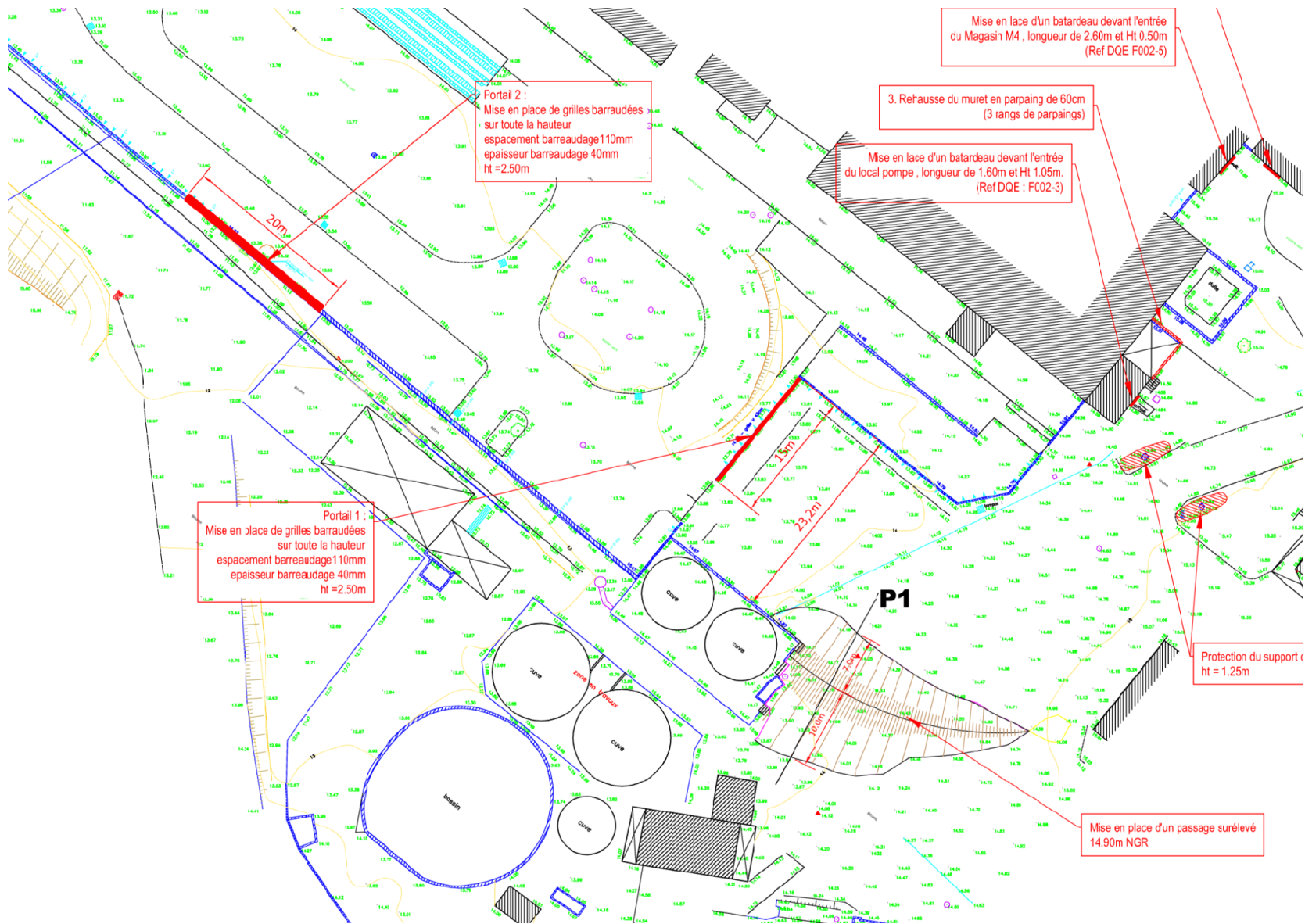


Figure 11: Aménagements réalisés sur le site de TEREOS en vue de la gestion des inondations – Partie aval - 3/3

Ces éléments sont intégrés dans les outils de modélisation mis en œuvre. La plupart de ces aménagements ne possèdent pas une influence sur le comportement hydraulique pour le projet porté par ALBIOMA. Seuls les aménagements situés en aval conditionnent la répartition des flux de part et d'autre de la STEP du site de TEREOS et donc la manière avec laquelle les eaux arrivent au droit du site de projet.

Ces aménagements sont les suivants :

- Passage surélevé à la cote 14,90mNGR qui empêche les eaux de la Ravine Piment de passer par le sud et les oblige à passer par le site de la distillerie,
- Mise en place d'un portail transparent (grille barreaudée sur toute la hauteur) et suppression du muret existant délimitant les parcelles TEREOS et de la distillerie : les écoulements peuvent s'effectuer sur la largeur de 23 mètres ici sans contrainte spécifique,



Figure 12: Configuration avant réaménagement



Figure 13 : Configuration actuelle avec aménagement (suppression des obstacles)

- Suppression du muret (remplacement par une grille transparente) sur une longueur de 29 mètres sur le site de la distillerie.



Figure 14 : Configuration avant réaménagement



Figure 15 : Configuration avec prise en compte des aménagements de gestion du risque inondation (suppression du mur sur 29 mètres)

Les éléments suivants possèdent un rôle non-négligeable sur le fonctionnement hydraulique observé sur la zone d'étude :

- muret de délimitation du site et les ouvertures qui y sont proposées. Ces éléments sont présentés sur les photographies suivantes. Ils jouent un rôle sur la propagation des débordements issus du site de TEREOS arrivant depuis la partie sud de la STEP (apport pluvieux sur le site uniquement), mais pas (peu) sur les débordements de la Ravine Piment qui traversent les sites de la sucrerie et de la distillerie et qui se déversent ensuite dans le canal à l'aval immédiat de cet aménagement ;



Figure 16: Muret de délimitation du site de TEREOS

- interface entre le site de la distillerie et la route d'accès au site d'ALBIOMA (ancienne route nationale). Cette interface présente une rupture de pente très nette, qui nécessite un mur de soutènement de plus de 1,0m de haut. Ce mur arrive au niveau du TN de la partie haute sur une largeur de 29m en amont. Il est surmonté d'un mur de plus de 1,0 m sur le reste de la parcelle. Ce mur présente des ouvrages de transparence hydraulique (0,80mx0,40m) disposés tous les 0,40m environ qui permettent aux eaux de l'amont de se déverser dans le canal en contrebas ;



Figure 17: Mur au sud de la distillerie



Figure 18: Partie ouest du site de la distillerie : muret, ouvrage et canal évacuateur

- La présence de merlons de ceinture qui bordent le secteur du projet et cantonnent les écoulements à l’emprise de la voirie et au canal le long de celle-ci, protégeant ainsi le site du projet ;



Figure 19: Merlon de ceinture et route d'accès au site

- A l’aval, la présence d’un muret bordant la partie sud de la voie d’accès au site, et dont le rôle est d’empêcher les débordements au niveau des pylônes électriques (problèmes d’affouillement observés auparavant). La hauteur de ce muret est de 60 cm environ.

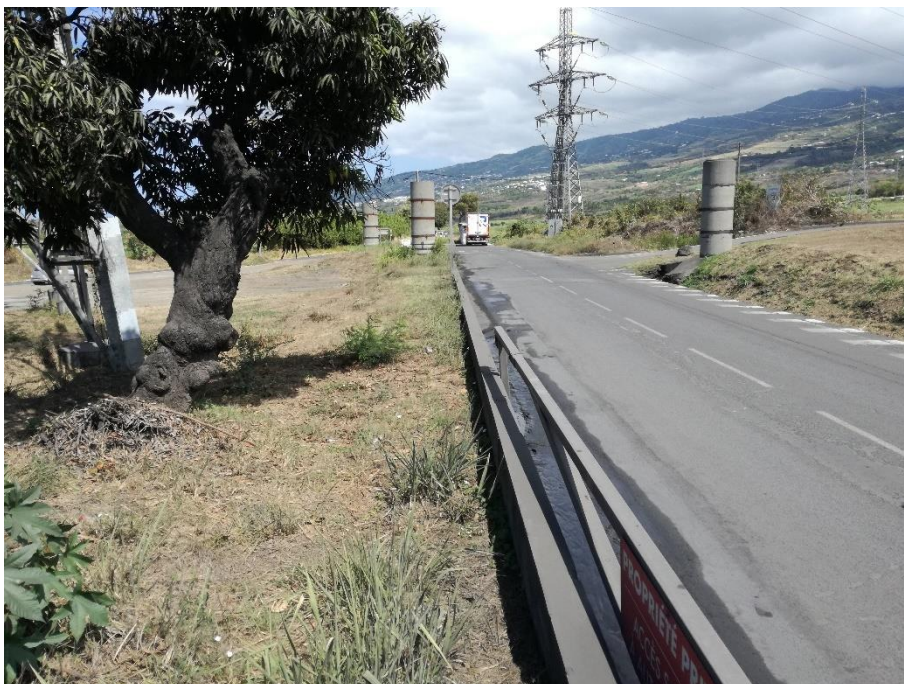


Figure 20: Muret aval

5. ANALYSE HYDROLOGIQUE

Il s'agit ici de définir les événements hydro-météorologiques de référence à considérer dans notre étude et plus précisément les débits associés qui arrivent au niveau du site de projet.

Une étude hydrologique du bassin versant de la Ravine Piment a déjà été réalisée dans le cadre de l'étude hydraulique pour la protection de l'usine sucrière du Gol (N°4700375, ARTELIA). Les principales conclusions de ce rapport sont reportées ci-après.

Ces éléments ont été validés par les services de l'état dans le cadre du PPR Inondation de la commune de St Louis.

5.1. CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS

Le bassin versant de la Ravine Piment est scindé en deux sous-bassins, distincts du fait de leur altitude et leur hydrologie (cf. figure 20 ci-après).

- Sous-bassin amont (cotes 90 à 370 m NGR) : il s'agit d'une zone exclusivement rurale (canne) où les écoulements sont diffus (ou localement canalisés le long des chemins d'exploitation). Le thalweg est, de fait, peu marqué sur ce secteur.
- Sous-bassin aval (cotes 25 à 90 m NGR) : majoritairement urbanisé, l'imperméabilisation de ce sous bassin est nettement plus conséquente. La Ravine Piment est bien marquée à la traversée de cette zone d'agglomération.

Les caractéristiques des bassins versants sont regroupées dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants

Sous-bassin	Surface (ha)	Longueur (m)	Périmètre (m)	Allongement	Altitude médiane (m NGR)	Temps de concentration (min.)(*)
Amont	64,4	2600	5710	3,24	160	36
Aval	41,4	1250	2600	1,94	60	15
Global Ravine Piment	105,8	3850	7970	3,74	120	56

(*) Estimé avec la méthode du rectangle équivalent

Les coefficients de ruissellement estimés pour les deux sous-bassins sont les suivants :

Tableau 2 : Coefficients de ruissellement

Sous-bassin	T = 10 ans	T = 30 ans	T = 100 ans
Amont (rural)	0,50	0,65	0,80
Aval (urbanisé)	0,80	0,85	0,90
Global Rav. Piment	0,62	0,73	0,84

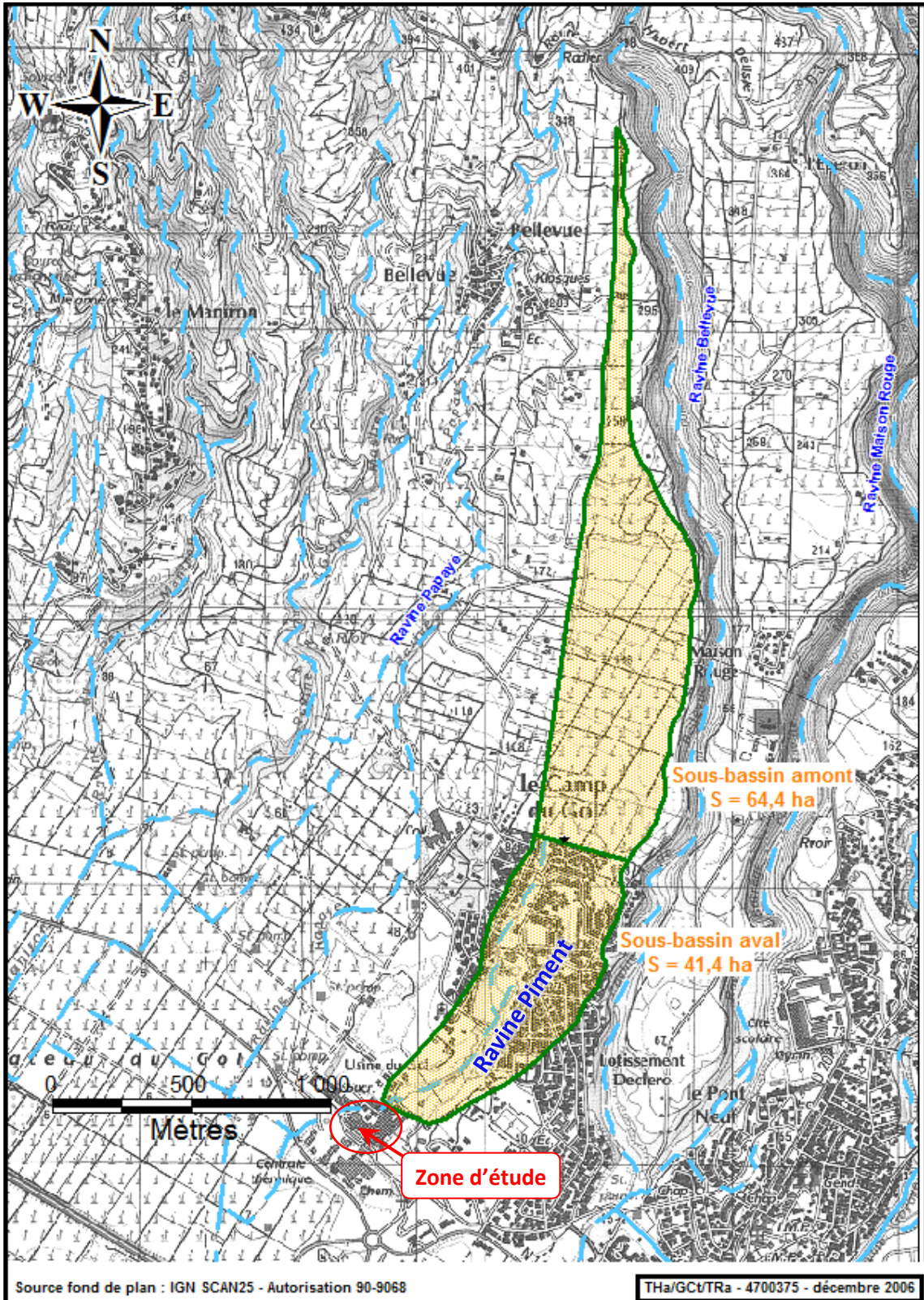


Figure 21 : Bassins versants de la Ravine Piment

5.2. METHODE D'ESTIMATION DES DEBITS DE POINTE

Le calcul des débits de pointe des ravines inondant le site de l'usine est approché par la **méthode SPEED**, développé par ARTELIA. Elle permet, pour une occurrence de retour donnée, de relier le débit de pointe à la pluie journalière moyenne sur le bassin versant considéré.

Ce lien est établi à partir d'une analyse statistique des pluies journalières maximales annuelles et des débits de pointe maximaux annuels mesurés sur le bassin versant.

L'analyse statistique des pluies s'applique aux pluviomètres et pluviographes représentatifs du bassin versant (répartition spatiale adaptée) et aux occurrences considérées (nombre d'années de mesures suffisants). Il en est déduit la pluie journalière applicable à l'échelle du bassin versant en fonction de l'altitude (relation affine de la forme $P_T = a_T z + b_T$ où P_T est la pluie journalière de période de retour T , z l'altitude et a_T et b_T les coefficients permettant de les relier).

L'analyse statistique des débits s'applique aux limnigraphes représentatifs du bassin versant. En général, leur nombre et leur période d'exploitation sont plus faibles que ceux des pluviomètres et pluviographes disponibles. L'exploitation et l'analyse des données doivent donc se faire souvent à l'échelle d'un sous-bassin versant avant d'être extrapolées à celle du bassin versant. L'objectif est de concilier pluie journalière et débit de pointe (a_T) mesurés sur une période commune et classés par équifréquence par une relation affine ($Q_f = a_f P_f + b_f$).

Il en est déduit la relation suivante pour le sous-bassin versant considéré :

$$Q_T = \frac{S^{0,75}}{12} k (P_T - P_0) \text{ si } P_T > P_0$$

Où

- Q_T est le débit de pointe de crue (m^3/s) de période de retour T (ans) ;
- P_T est la pluie journalière (mm) de même période de retour qui est déduite de la relation $P_T - P_T(z)$ pour z correspondant à l'altitude médiane du bassin ou du sous bassin versant, il est défini à l'échelle du bassin versant lors de l'analyse statistique des pluies ;
- S est la superficie du bassin ou du sous-bassin versant (km^2) ;
- P_0 est le seuil probabiliste de ruissellement (P_0) ;
- k est un coefficient déduit de l'analyse statistique sur les débits, dans la loi de base de SPEED. Il est pris égal à 1 ;
- P_0 et k sont définis à l'échelle du bassin versant lors de l'analyse statistique sur les débits et de la corrélation établie entre débit et pluie.

5.3. CAS DU SITE INDUSTRIEL DU GOL

L'analyse hydrologique a été réalisée à l'échelle de l'Etang du Gol lors de l'étude hydraulique menée pour le compte du Conseil Régional de la Réunion et de la FEDAC dans le cadre de leur projet de Centre des Eaux Douces. Nous en reprendrons les principaux éléments pour l'analyse hydrologique à l'échelle du site industriel du Gol, en amont du site de TEREOS, dans la mesure où les bassins versants de l'usine sont inclus dans celui de l'Etang du Gol et que les différentes relations établies antérieurement leurs sont applicables.

Il est à noter que si l'analyse statistique des pluies a pu être correctement menée, l'analyse statistique sur les débits n'a pu l'être par absence de mesures de débits sur le bassin versant.

Pour pallier ce manque de données, les résultats obtenus lors de l'analyse hydrologique menée sur l'Etang Saint-Paul pour le compte du conseil Régional de la Réunion et la SR21 dans le cadre des études sur le Tram-Train ont été extrapolés. Par sécurité, une fourchette de valeur a été retenue.

Il en résulte :

- Pluie journalière centennale P_{100} (mm)

$$P_{100} = 0.393z + 328, z \text{ en mNGR}$$

- Débit de pointe centennial Q_{100} (m^3/s)

$$Q_{100} = \frac{S^{0,75}}{12} k (P_{100} - P_o), P_{100} > P_o \text{ (mm)}$$

Avec $(k ; P_o) = (0,72 ; 77)$ à $(1 ; 120)$

La valeur de débit de pointe centennale obtenue est comprise entre 20 et 23 m^3/s pour la Ravine Piment : **valeur retenue 22 m^3/s .**

Par application d'une méthode similaire pour les différentes occurrences associées aux pluies, les débits de pointe suivants sont obtenus pour la Ravine Piment à l'amont du site industriel du Gol :

Tableau 3: Débits des crues de la Ravine Piment en amont de la zone industrielle

Q 2ans	Q 5ans	Q 10ans	Q 20ans	Q 30ans	Q 50ans	Q 100ans
3.9 m^3/s	6.4 m^3/s	11.4 m^3/s	13.5 m^3/s	16.1 m^3/s	17.9 m^3/s	22.0 m^3/s

6. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE

6.1. OUTILS DE MODELISATION

6.1.1. Modèles mis en œuvre : principes généraux

On appelle modèle la représentation d'une configuration du territoire. Le modèle est une maquette informatique virtuelle du secteur d'étude sur laquelle sont représentés les écoulements en fonction des différents scénarii étudiés.

Chaque scénario se caractérise par les débits (quantité d'eau en fonction du temps) qui sont injectés en amont du modèle.

Chaque modèle mis en œuvre repose sur un maillage triangulaire. Celui-ci représente avec un niveau de détail très fin (de l'ordre du mètre), l'ensemble des éléments structurants le territoire et qui participent à la dynamique des écoulements :

- déblais et remblais,
- zones dépressionnaires,
- obstacles anthropiques : murs, bâtiments,...

Les modèles mis en œuvre dans le cadre de la présente mission permettent de représenter :

- la configuration actuelle du site d'étude,
- la configuration aménagée de la zone, intégrant le projet porté par ALBIOMA.

Ainsi, les comportements hydrauliques obtenus pour ces deux configurations sont déterminés pour l'ensemble des crues susceptibles d'être observées sur le site. La comparaison, à crue équivalente, des comportements modélisés pour les configurations actuelle et projet permet de quantifier et localiser les éventuels impacts associés au projet.

La méthodologie de modélisation mise en œuvre présente les avantages suivants :

- le terrain est représenté par un assemblage de facettes triangulaires de tailles et de formes variables, nommé maillage. Ce maillage épouse avec fidélité les géométries complexes que l'on rencontre dans la nature, l'altimétrie, les chenaux préférentiels des courants, la définition précise des ouvrages du secteur (merlon, digues, ...);
- la possibilité de densifier le maillage et donc d'affiner les résultats fournis par le modèle dans les zones d'intérêt (centre urbain, enjeux...);
- une comparaison directe des résultats fournis par des calculs distincts en soustrayant les valeurs de l'un par rapport à l'autre, permettant ainsi une finesse d'analyse de l'incidence des aménagements.

6.1.2. Logiciel TELEMAC-2D

L'outil de modélisation mis en œuvre est exploité avec le logiciel TELEMAC-2D.

Le système TELEMAC (© EDF), dont fait partie TELEMAC-2D, est développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement, en respect des procédures d'Assurance de la Qualité des Logiciels Scientifiques et Techniques d'EDF. Ce système logiciel est à présent mis à disposition gratuitement par EDF-DRD en open source et il peut être téléchargé sans aucun coût d'acquisition de licence.

C'est un puissant outil intégré de modélisation dans le domaine des écoulements à surface libre. Utilisé dans le cadre de très nombreuses études partout dans le monde (plusieurs centaines à l'heure actuelle), il est devenu l'un des grands standards dans son domaine.

6.1.3. Emprise des modèles

L'emprise intègre le site industriel (ALBIOMA, TEREOS et Distillerie Rivière du Mât) traversé par la Ravine Piment, le site du projet, les remblais bordant le site, la route d'accès au site industriel (ancienne route nationale), la route nationale au sud, les zones plus basses à l'ouest du site et le réseau d'évacuation des apports pluviaux (fossés).

Cette emprise permet d'inclure l'ensemble des zones potentiellement inondables par les apports de la Ravine Piment.

La figure suivante présente l'emprise des modèles mis en œuvre et les secteurs considérés comme des obstacles aux écoulements (zones non modélisées, considérées comme opaques).



Figure 22 : Emprise des modèles 2D mis en œuvre

6.1.4. Maillages réalisés

La force de l'approche bidimensionnelle réside dans une représentation réaliste du terrain naturel et des éléments structurants du point de vue du comportement hydraulique par le modèle numérique de terrain associé au maillage du modèle.

Sur ce maillage, le logiciel TELEMAC résout les équations bidimensionnelles régissant la dynamique des écoulements. Il calcule donc, en chaque instant de la crue et en tout point de la zone d'étude, la hauteur d'eau et la vitesse de l'écoulement. Pour cette dernière variable, le calcul restitue à la fois l'intensité de la vitesse et la direction du courant.

La précision spatiale des résultats obtenus est fixée par la taille des mailles du modèle bidimensionnel. Le maillage peut donc être affiné dans les secteurs d'hydraulique complexe ou au niveau des zones d'intérêt.

Afin de représenter correctement les éléments déterminants pour l'écoulement et déterminer le risque de capture, le maillage, constitué de mailles triangulaires de forme allongée, s'appuie sur des lignes de contrainte. Ces lignes permettent de bien définir les différents éléments structurant du modèle : les talus et remblai, les fossés et les nombreux murets de protection.

En appliquant cette méthodologie, les maillages mis en œuvre pour la représentation des états de référence (configuration actuelle du site) et projet présentent les caractéristiques suivantes :

- Nombre de nœuds : 27 750
- Nombre de mailles : 52 400
- Taille maximale des mailles : 3 m
- Taille minimale des mailles : 80 cm

Les figures ci-après présentent les maillages mis en œuvre dans le cadre de la présente mission.

6.1.5. Représentation de la topographie du secteur d'étude

Chaque modèle, via le maillage associé, permet de proposer une représentation schématisée de la réalité topographique de la zone modélisée.

Ainsi, la figure suivante présente la modélisation de la topographie de la zone d'étude pour la configuration actuelle du site (prise comme configuration de référence dans le cadre de la présente mission). Cette topographie intègre bien les évolutions du territoire apportées récemment, notamment les aménagements réalisés sur le site de TEREOS en vue d'y améliorer la gestion des inondations (cf. paragraphes précédents).

La modélisation de la topographie de la zone pour la configuration projet est présentée dans le paragraphe dédié à cette situation, et placé un peu plus loin dans ce rapport (paragraphe 6.3 – Configuration projet).

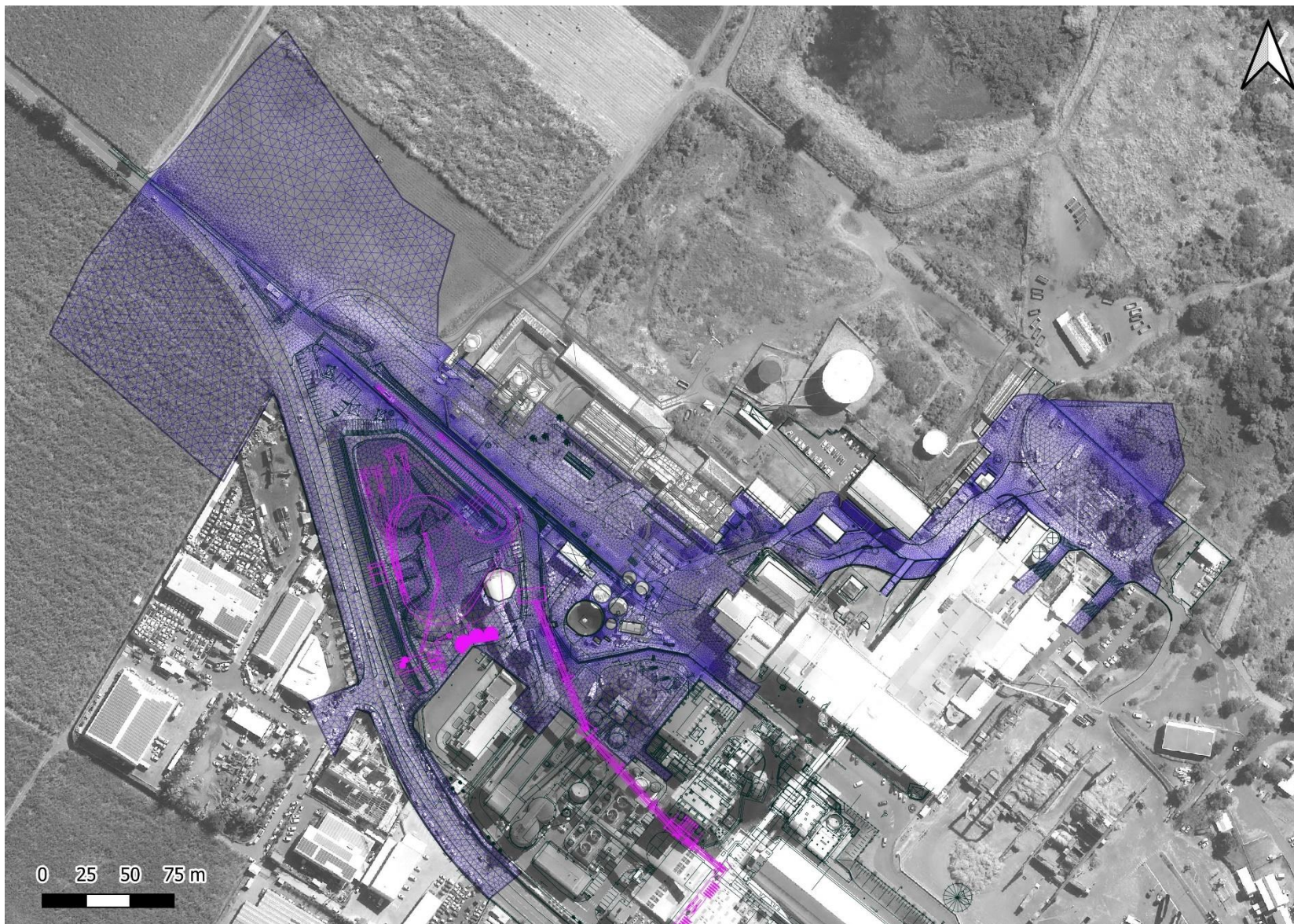


Figure 23: Maillage - Configuration de référence

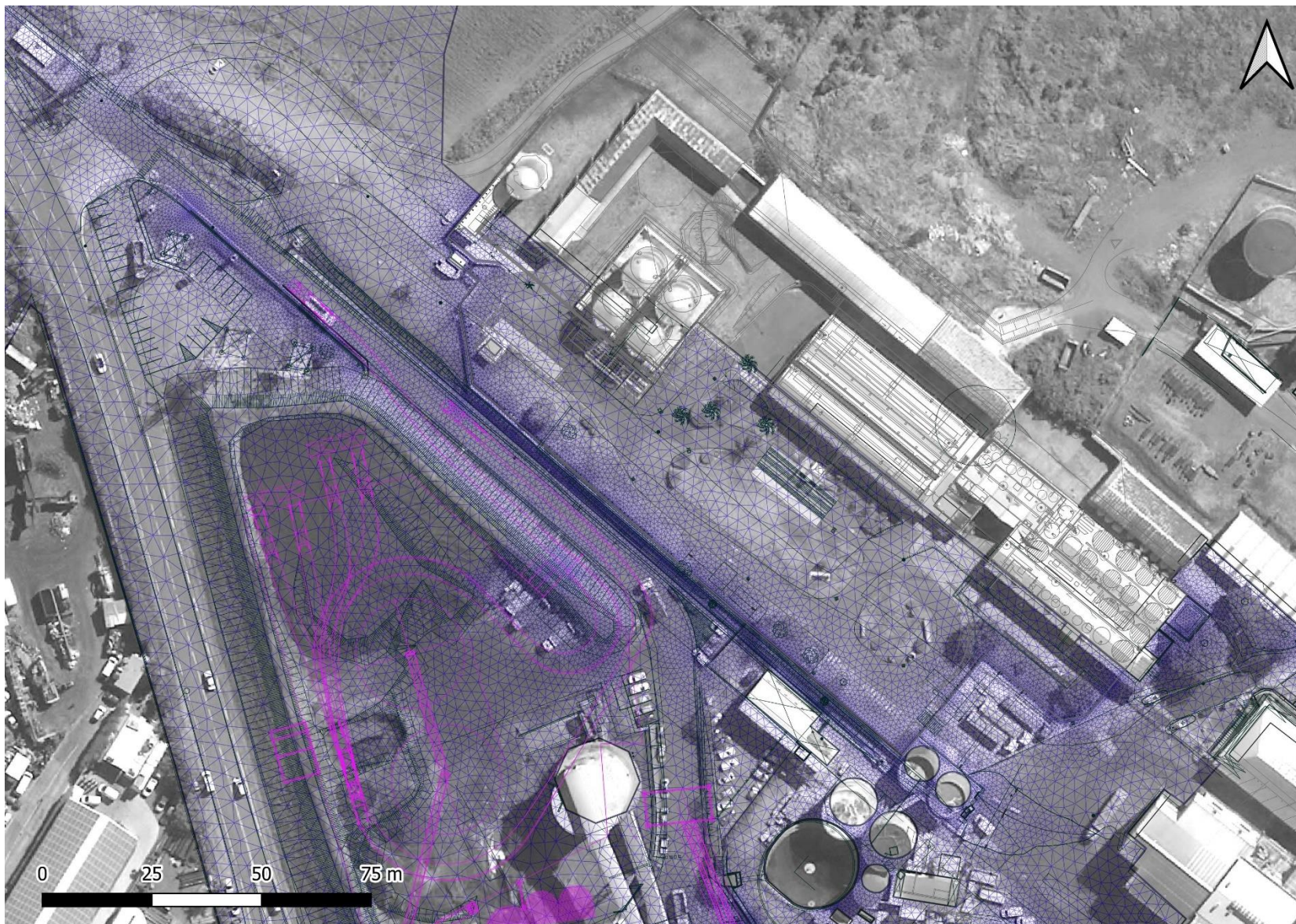


Figure 24: Maillage - Configuration de référence (zoom)

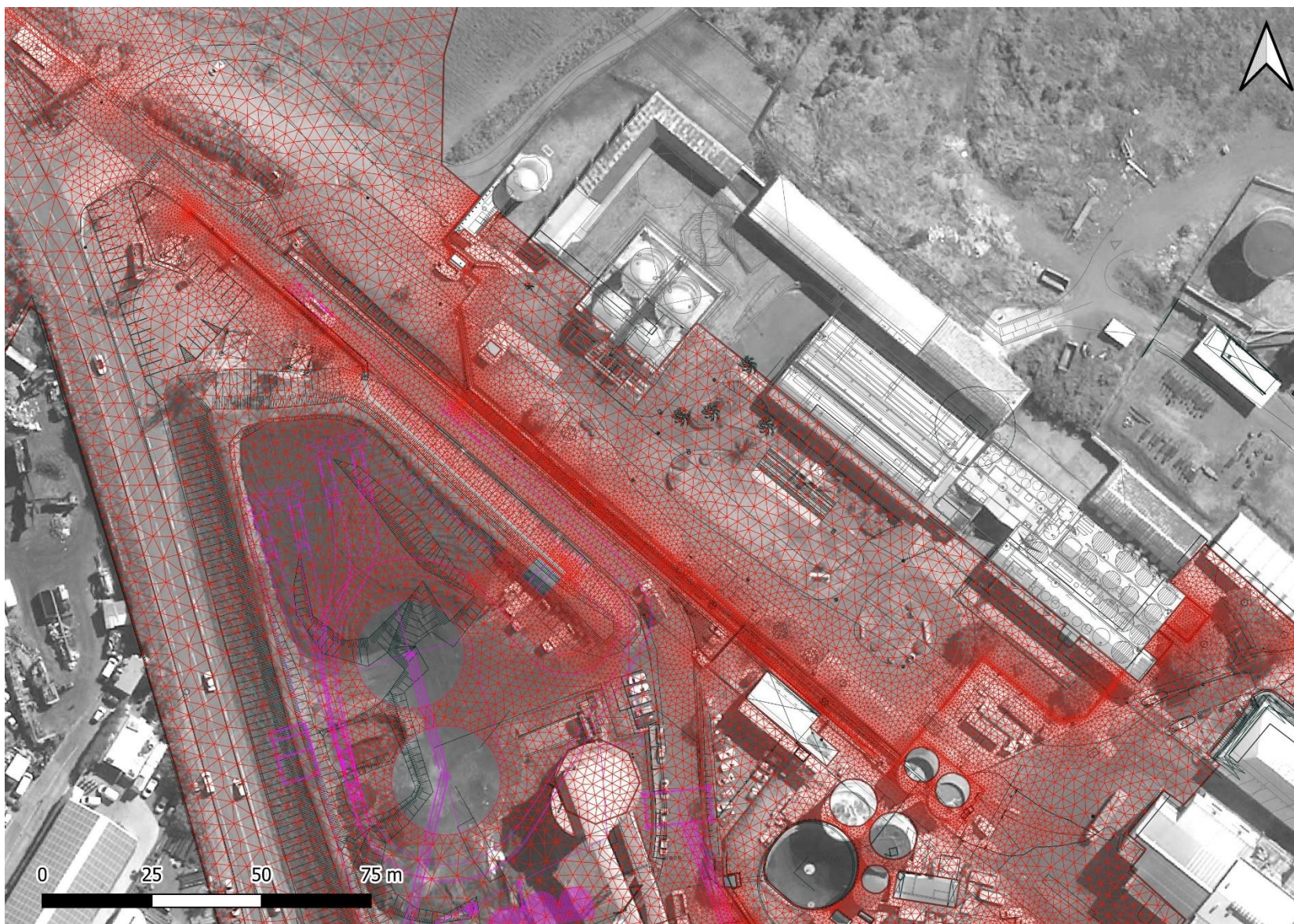


Figure 25: Maillage - Configuration projet (zoom)

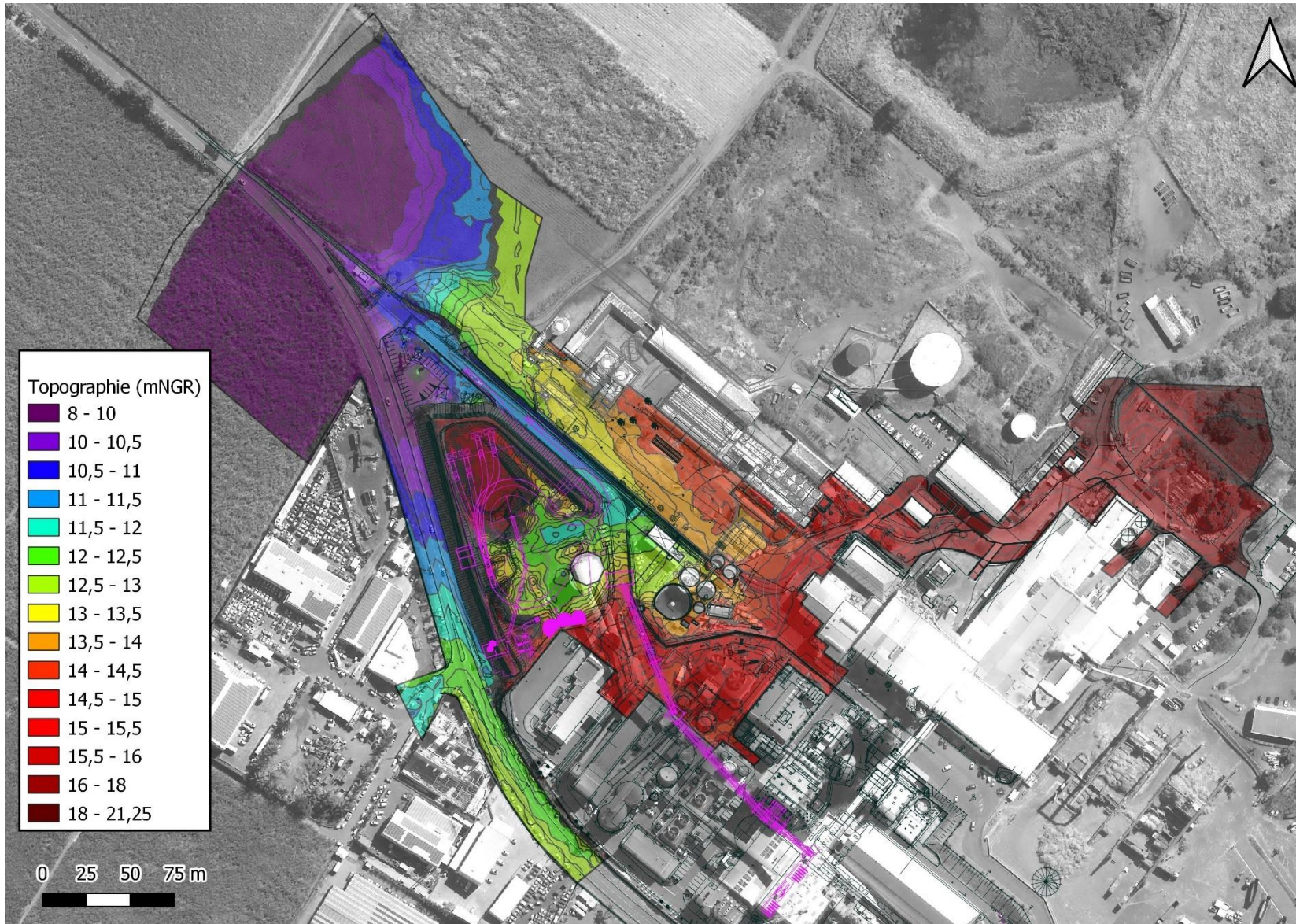


Figure 26: Topographie modélisée - Configuration actuelle

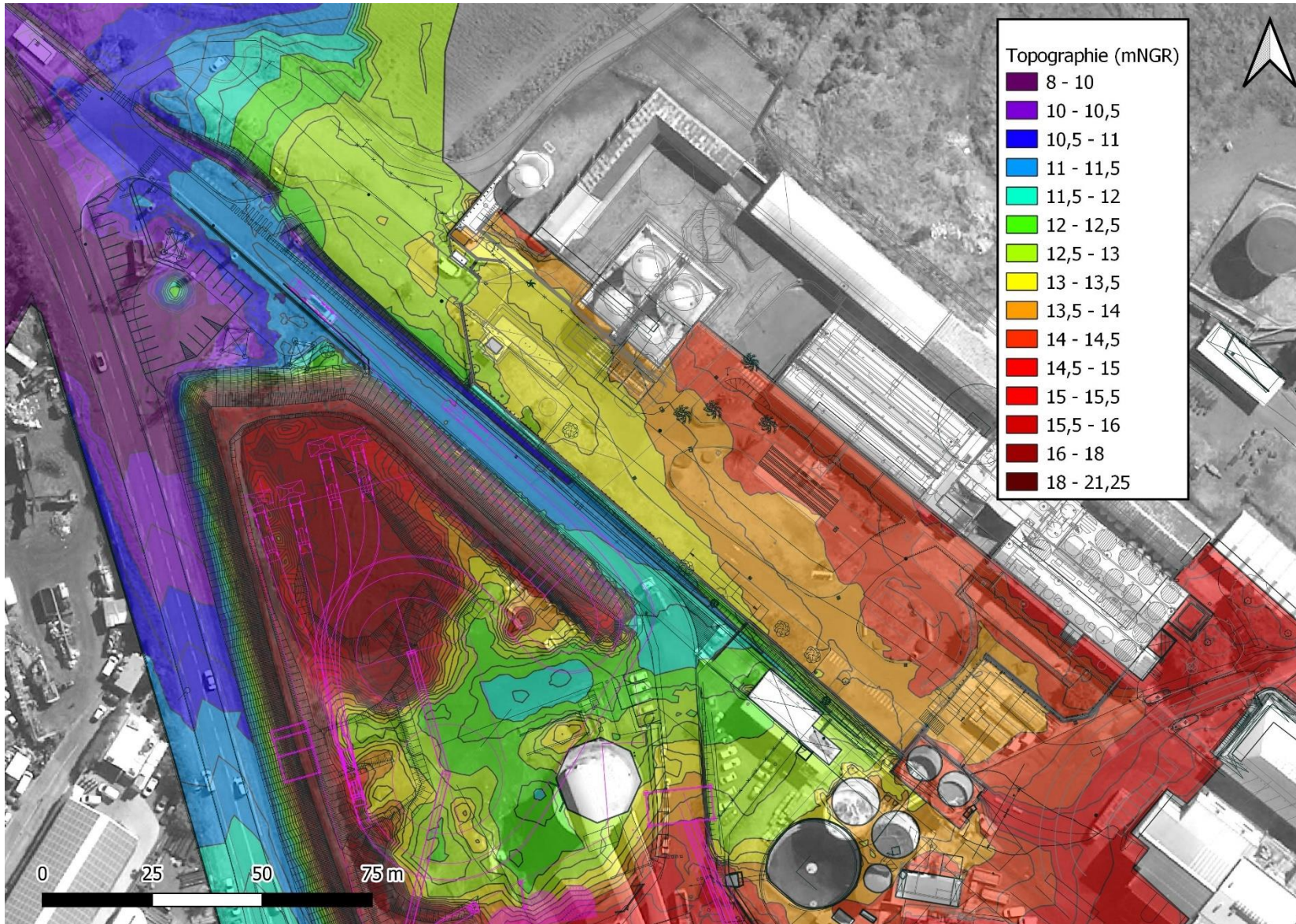


Figure 27: Topographie modélisée - Configuration actuelle (zoom)

6.1.6. Ouvrages de transparence hydraulique

Les murs et murets ceinturant le site sont équipés d'ouvertures permettant une relative transparence hydraulique.

Ces ouvertures se présentent soit sous une forme rectangulaire (cf. photo ci-dessous), soit sous la forme de buses de différents diamètres.

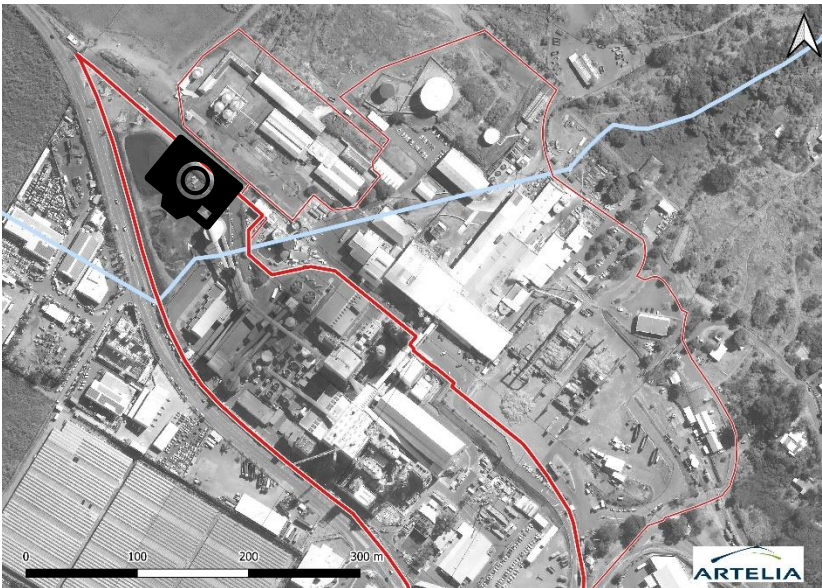
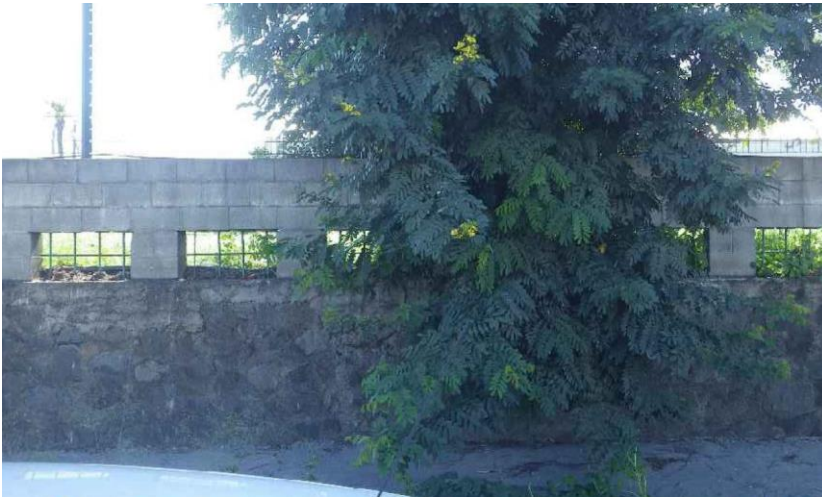


Figure 28: Ouvertures sous les murs (exemple)

La figure ci-après représente et localise ces ouvertures et les éléments structurants associés.

Ces éléments sont intégrés dans les outils mis en œuvre et leur rôle sur le fonctionnement hydraulique (débits évacués, surverse...) est représenté par ces outils.

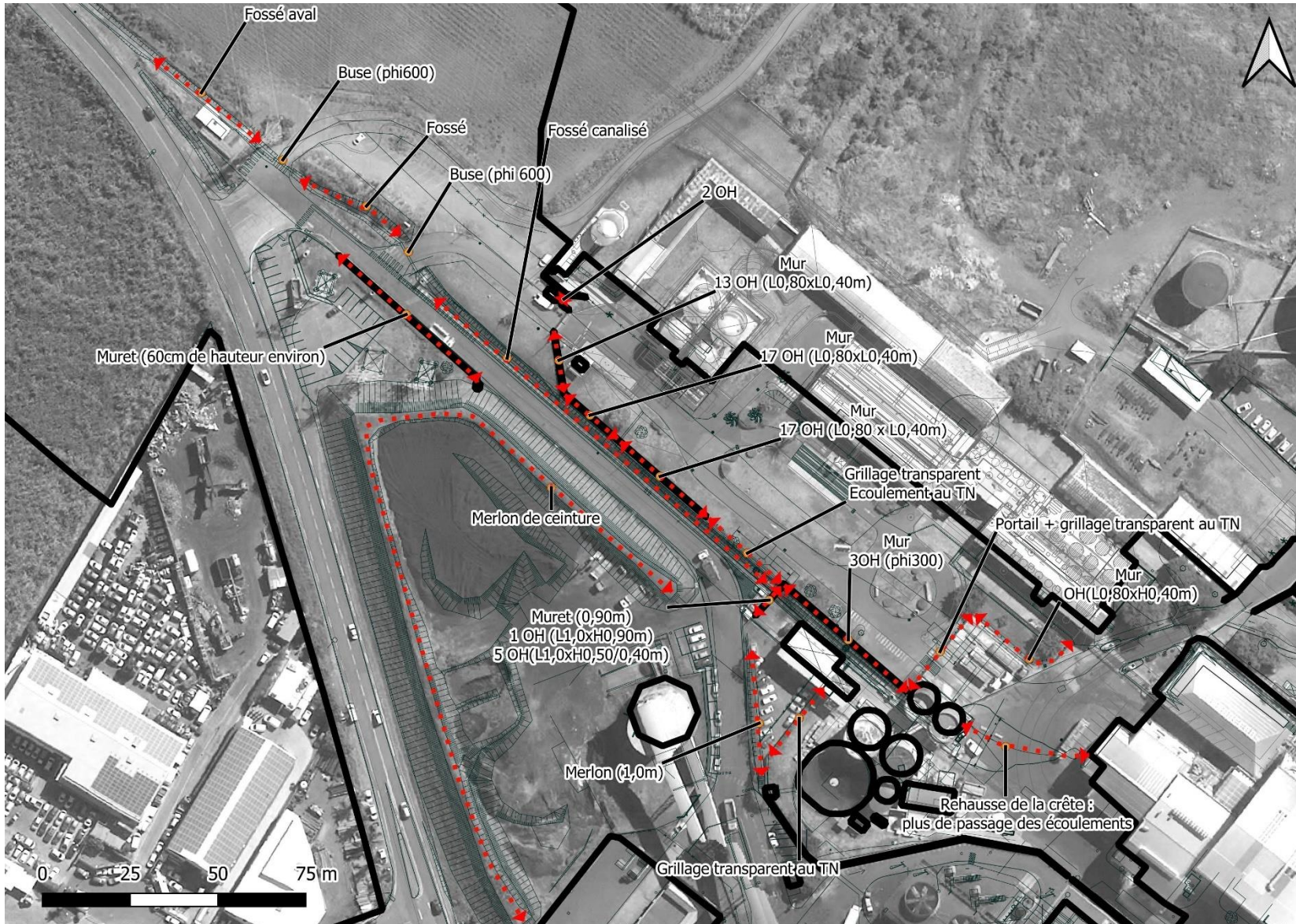


Figure 29 : Ouvrages de transparence hydraulique et éléments structurant représentés par les outils de modélisation

6.1.7. Conditions aux limites et paramètres des simulations

Les paramètres des simulations retenus dans le cadre de la présente étude sont identiques à ceux définis dans le cadre des études précédemment réalisées pour le site de TEREOS et celui de la distillerie :

- un coefficient de rugosité est imposé sur l'ensemble du modèle sous la forme d'un coefficient de Strickler. Celui-ci est fixé à 35 sur l'ensemble du modèle.
- les simulations sont réalisées en régime permanent, le débit amont imposé est variable selon la période de retour étudiée. Les débits suivants ont ainsi été simulés :

Tableau 4: Débits des crues de la Ravine Piment modélisés

Q _{2ans}	Q _{5ans}	Q _{10ans}	Q _{20ans}	Q _{30ans}	Q _{50ans}	Q _{100ans}
3.9 m ³ /s	6.4 m ³ /s	11.4 m ³ /s	13.5 m ³ /s	16.1 m ³ /s	17.9 m ³ /s	22.0 m ³ /s

Un niveau aval constant est imposé à la sortie du modèle à 10,0 m NGR. Il a été vérifié que celui-ci n'avait pas d'incidence sur le comportement hydraulique modélisé sur le site de projet.

6.2. CONFIGURATION DE REFERENCE

6.2.1. Analyse hydraulique

Les cartographies relatives aux résultats des modélisations des différentes crues menées pour la configuration de référence sont présentées en annexe de ce rapport.

Les paragraphes suivants présentent la cartographie des hauteurs d'eau maximales obtenues pour cette configuration et le détail des principaux éléments caractérisant le comportement hydraulique observé.

6.2.1.1. Crue biennale (2 ans)

Pour cette crue, les eaux restent limitées à l'emprise de la voirie d'accès et au canal d'évacuation. Au droit du site d'étude, les niveaux d'eau maximaux sont compris entre 12,10 et 11,60 m NGR.

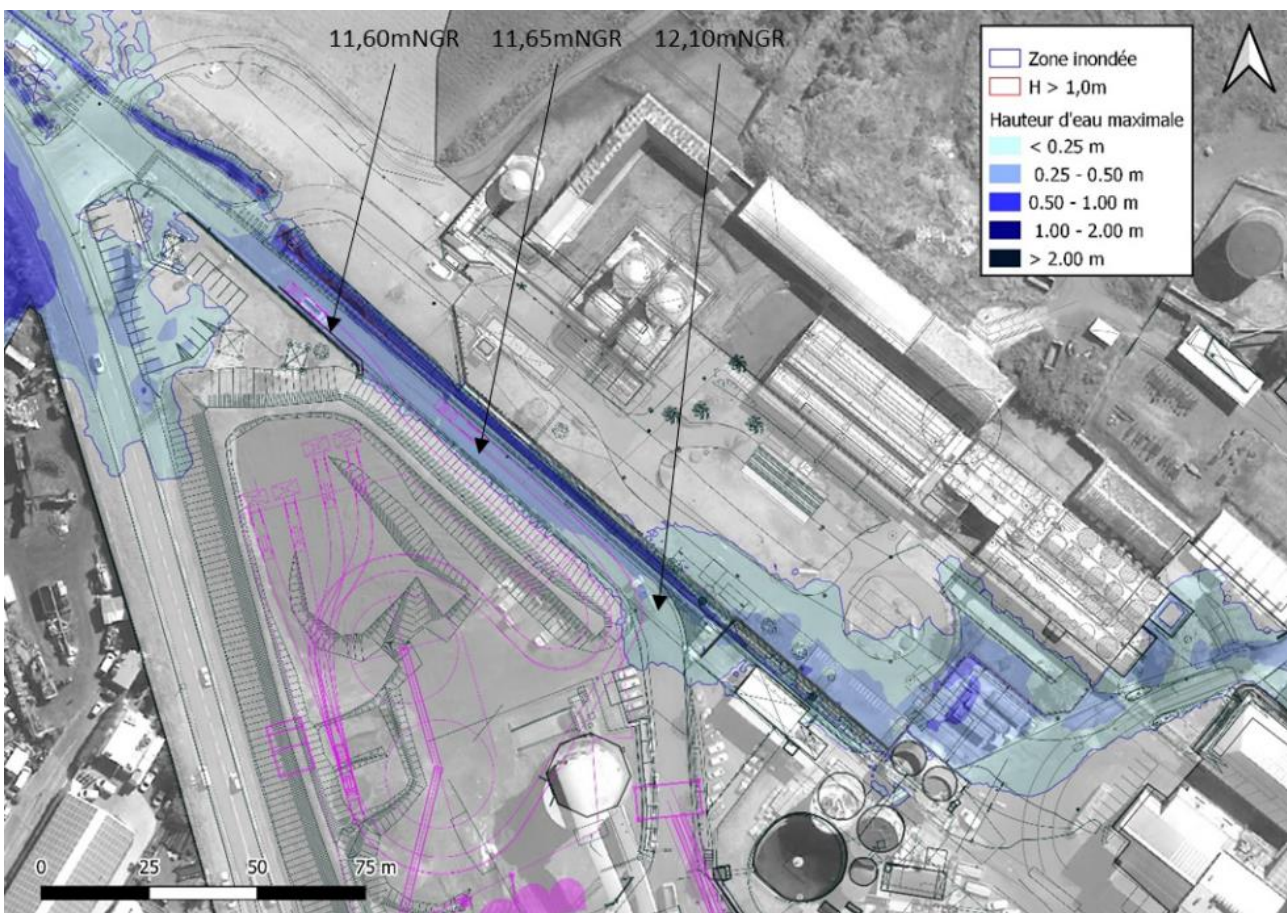


Figure 30 : Hauteurs d'eau maximales – Q2ans – Configuration de référence

6.2.1.2. Crue quinquennale (5 ans)

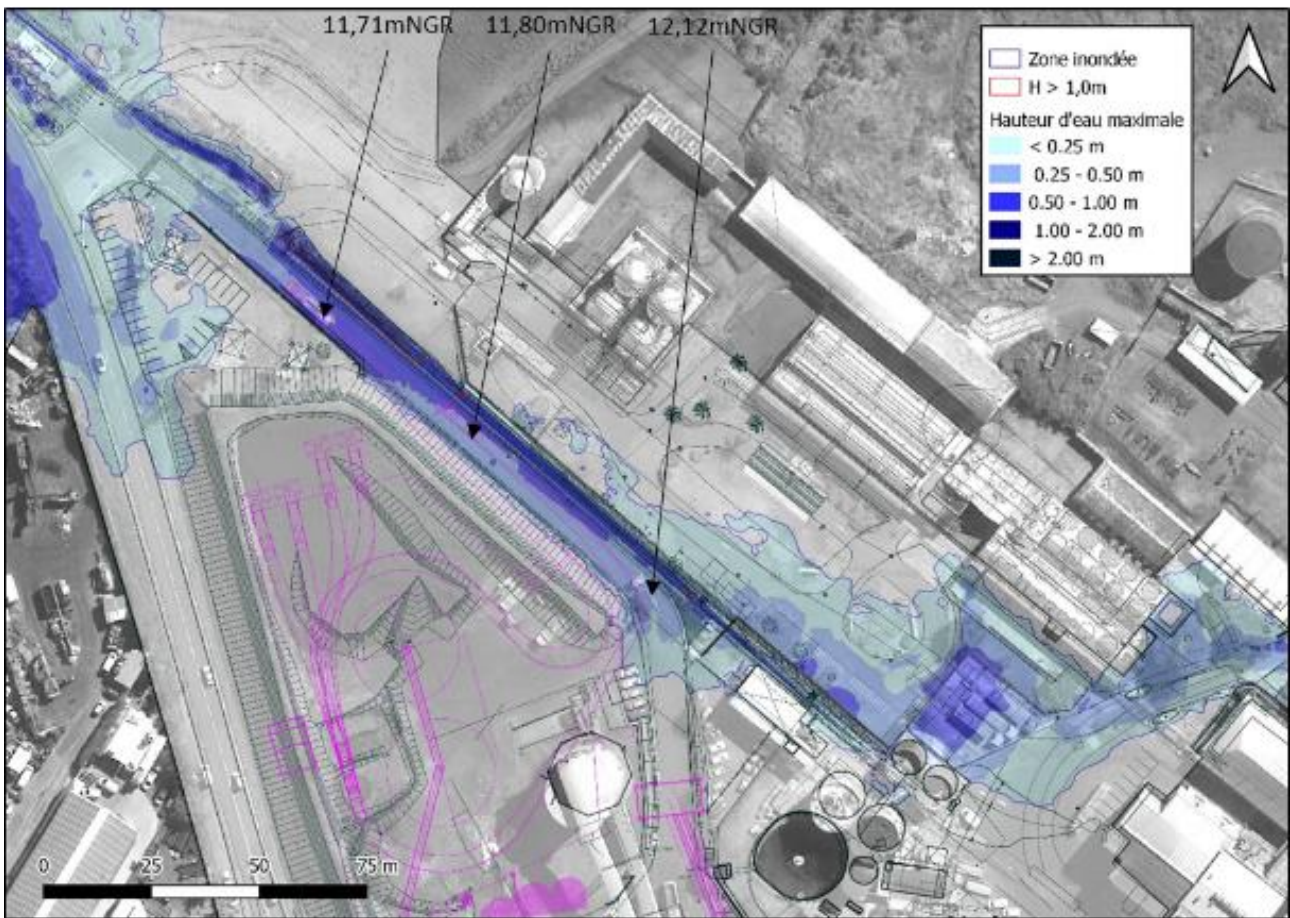


Figure 31 : Hauteurs d'eau maximales – Q5ans – Configuration de référence

6.2.1.3. Crue décennale (10 ans)

A partir de la crue décennale, on observe une entrée d'eau sur le site du projet. Le niveau d'eau s'y stabilise à 12,33 m NGR, niveau de la crue en entrée du site. Les hauteurs d'eau sur la voir d'accès sont supérieures à 50 cm pour cette crue, ce qui rend tout accès impossible par cet axe.

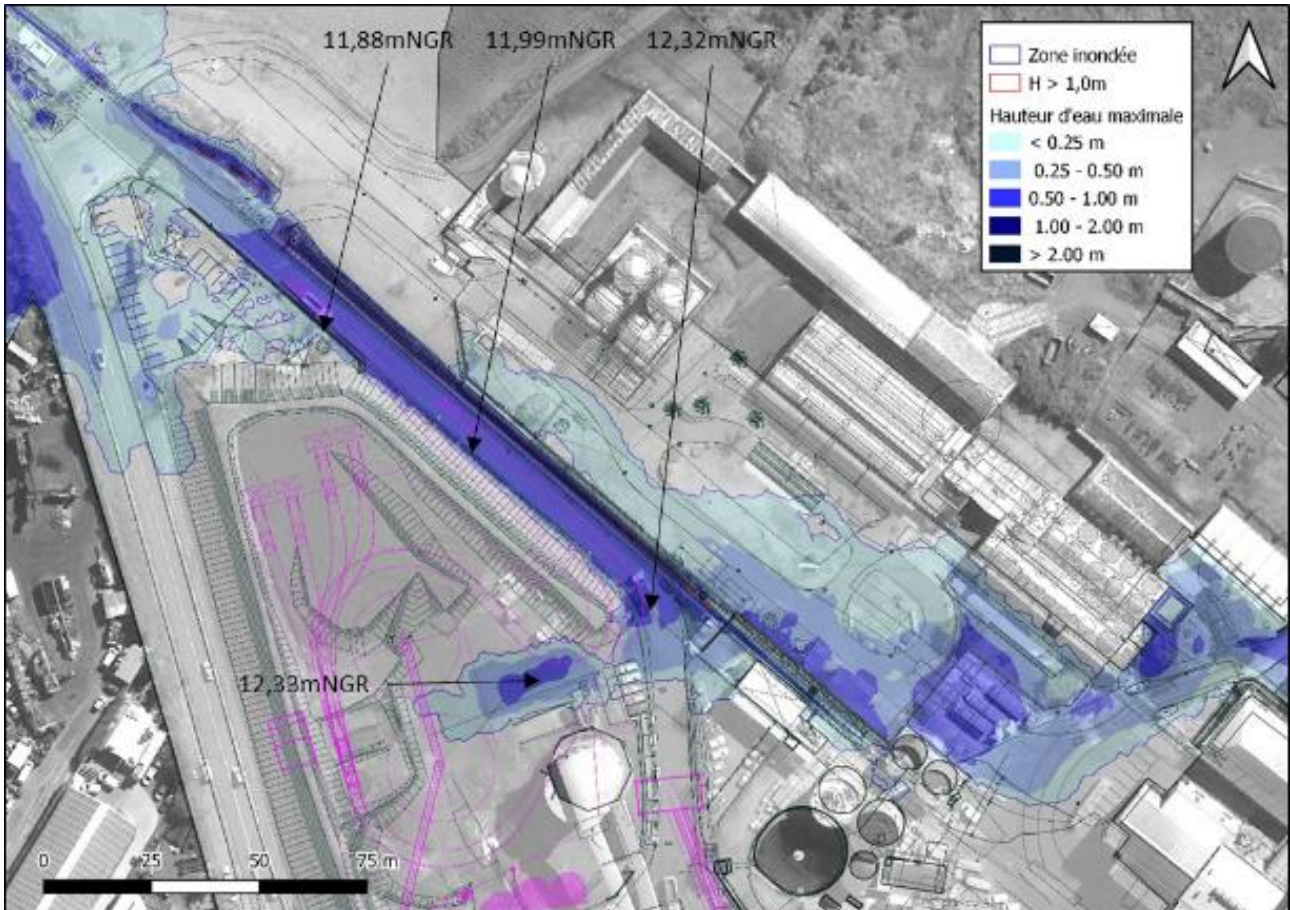


Figure 32 : Hauteurs d'eau maximales – Q10ans – Configuration de référence

6.2.1.4. Crue cinquantennale (50 ans)

Pour cette crue, l'inondation du site se situe à 12,51 m NGR.

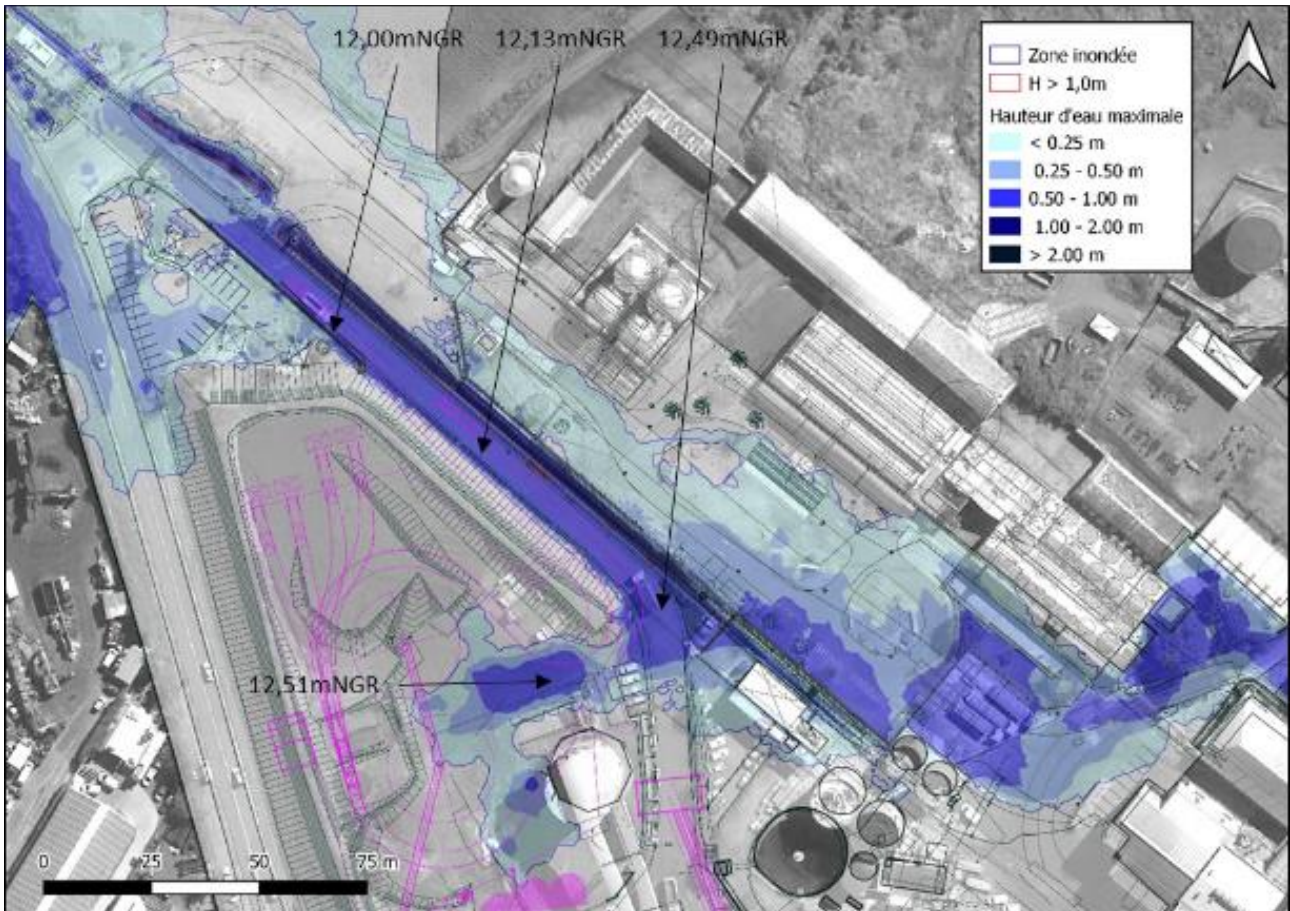


Figure 33 : Hauteurs d'eau maximales – Q50ans – Configuration de référence

6.2.1.5. Crue centennale (100 ans)

Cette crue constitue la crue de référence à partir de laquelle est élaboré le PPRI. Pour celle-ci, on observe l'inondation de la partie centrale du site, avec un niveau d'eau qui se stabilise à 12,61 m NGR, niveau d'eau observé en amont de cette zone.

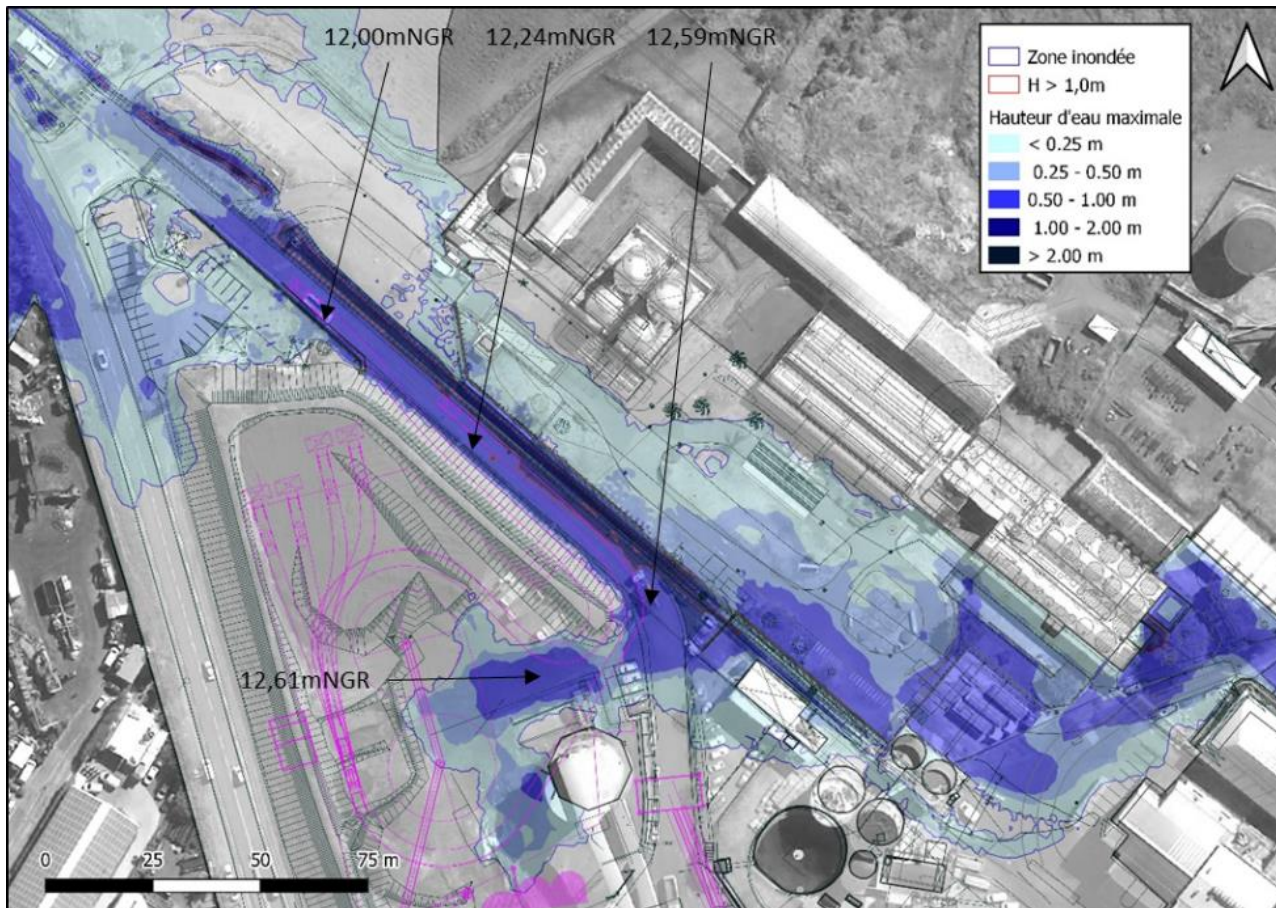


Figure 34 : Hauteurs d'eau maximales – Q100ans – Configuration de référence

6.3. CONFIGURATION PROJET

6.3.1. Aide à la conception et présentation du projet

A partir des analyses et des résultats obtenus pour la configuration actuelle, une concertation a été menée entre ARTELIA et ALBIOMA de manière à faire évoluer les éléments de dimensionnement du projet afin de les adapter aux contraintes spécifiques au risque inondation observé sur le site d'étude.

Les discussions ont donc porté sur la conciliation des éléments suivants :

- les impératifs liés au fonctionnement quotidien du site industriel (accès et circulation poids-lourds notamment, usage du pont-bascule...),
- les contraintes liées à la problématique inondation sur le fonctionnement de l'usine,
- le respect des documents et procédures réglementaire en lien avec le risque inondation : PPRI et Loi sur l'Eau

Il est ressorti de ces discussions les éléments de conception du projet détaillés sur les figures suivantes :

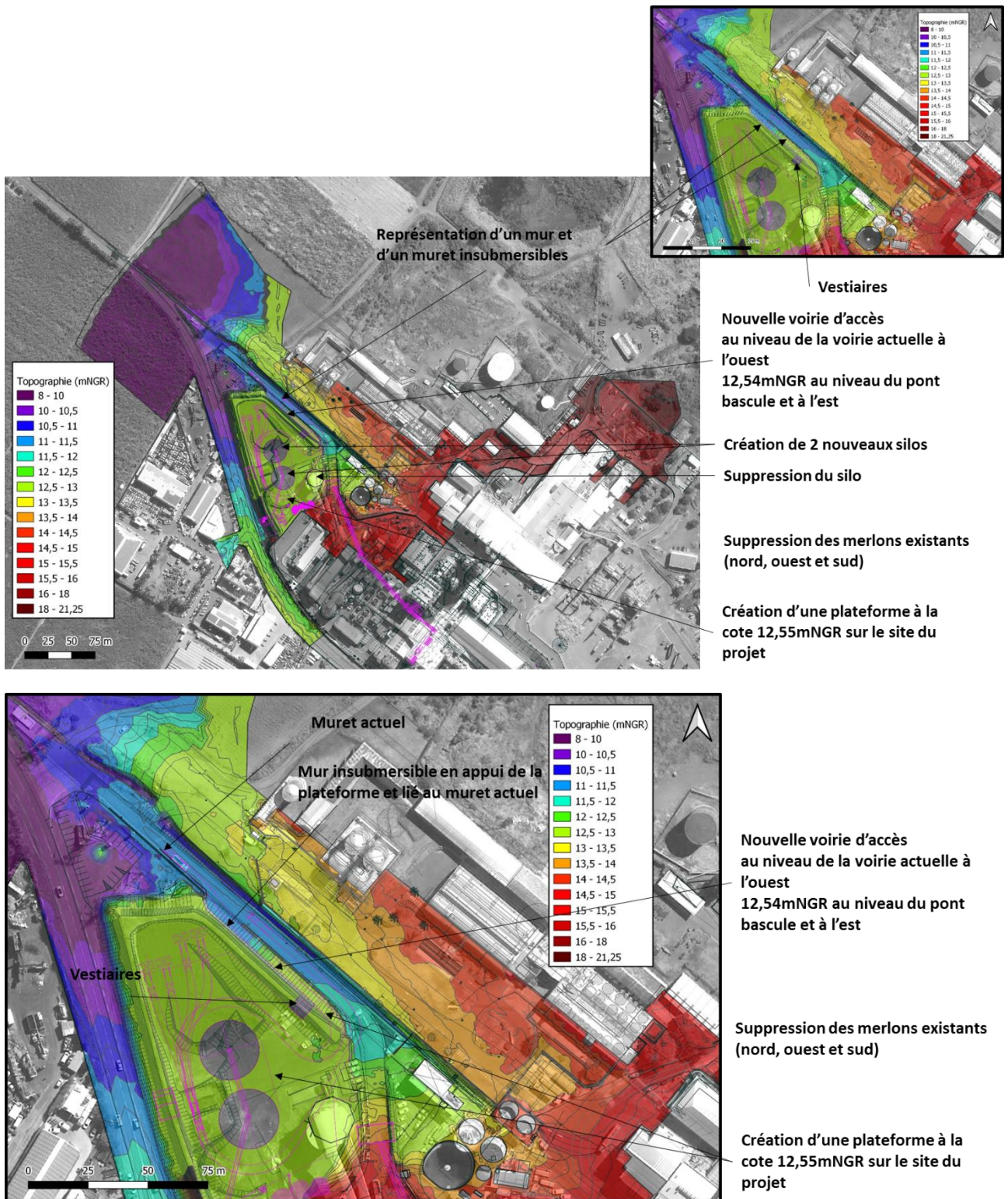


Figure 35: Eléments constituant le projet finalement retenu

6.3.2. Topographie de la configuration projet

La topographie associée au projet retenue a été intégrée dans l'outil de modélisation. Les figures suivantes présentent la topographie de la zone d'étude telle que modélisée pour la configuration projet étudiée.

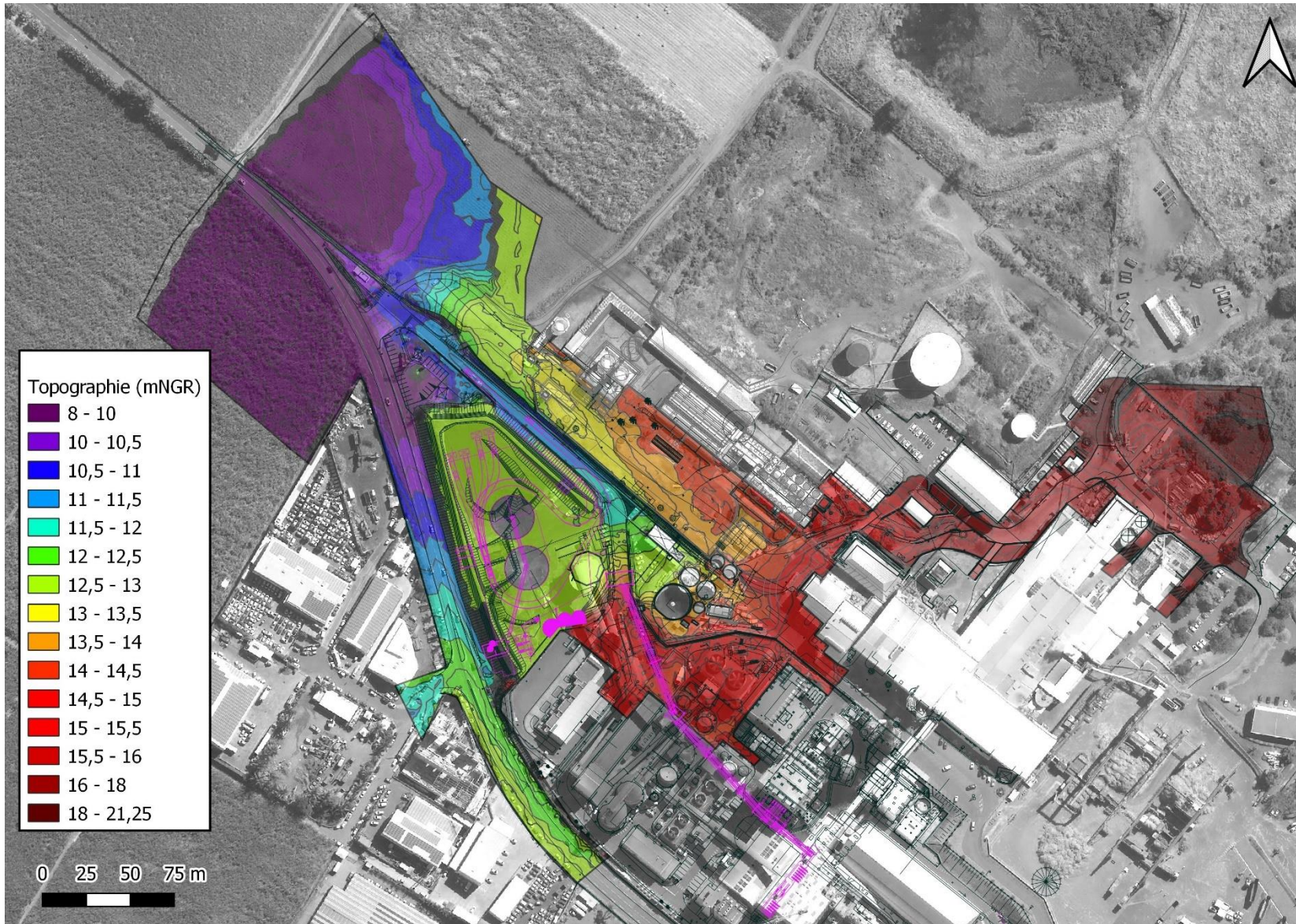


Figure 36: Topographie modélisée - Configuration projet

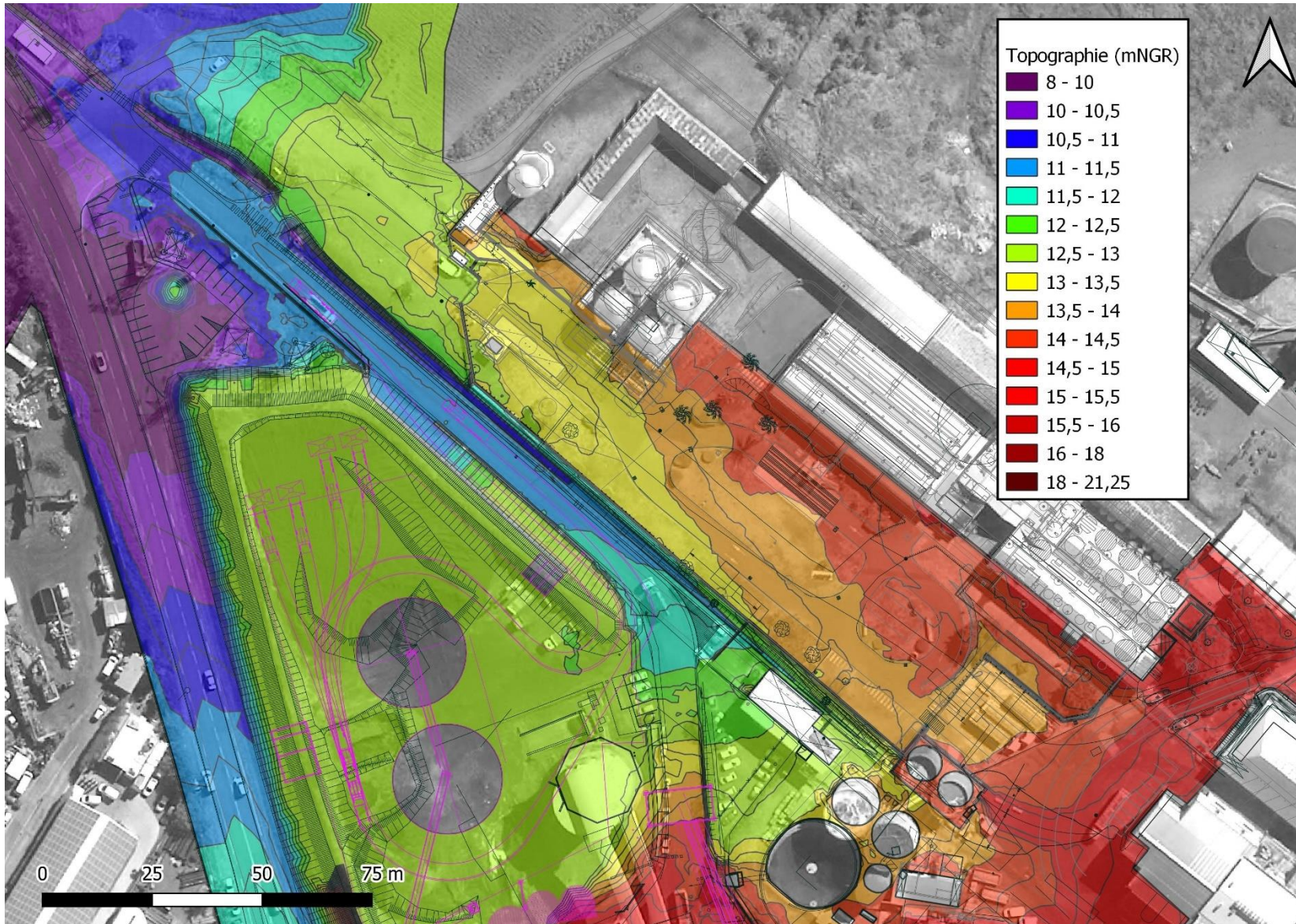


Figure 37: Topographie modélisée - Configuration projet

6.3.3. Analyse hydraulique

Les paragraphes suivants présentent les analyses menées pour les différentes crues étudiées pour la configuration projet définie précédemment.

6.3.3.1. Crue biennale (2 ans)

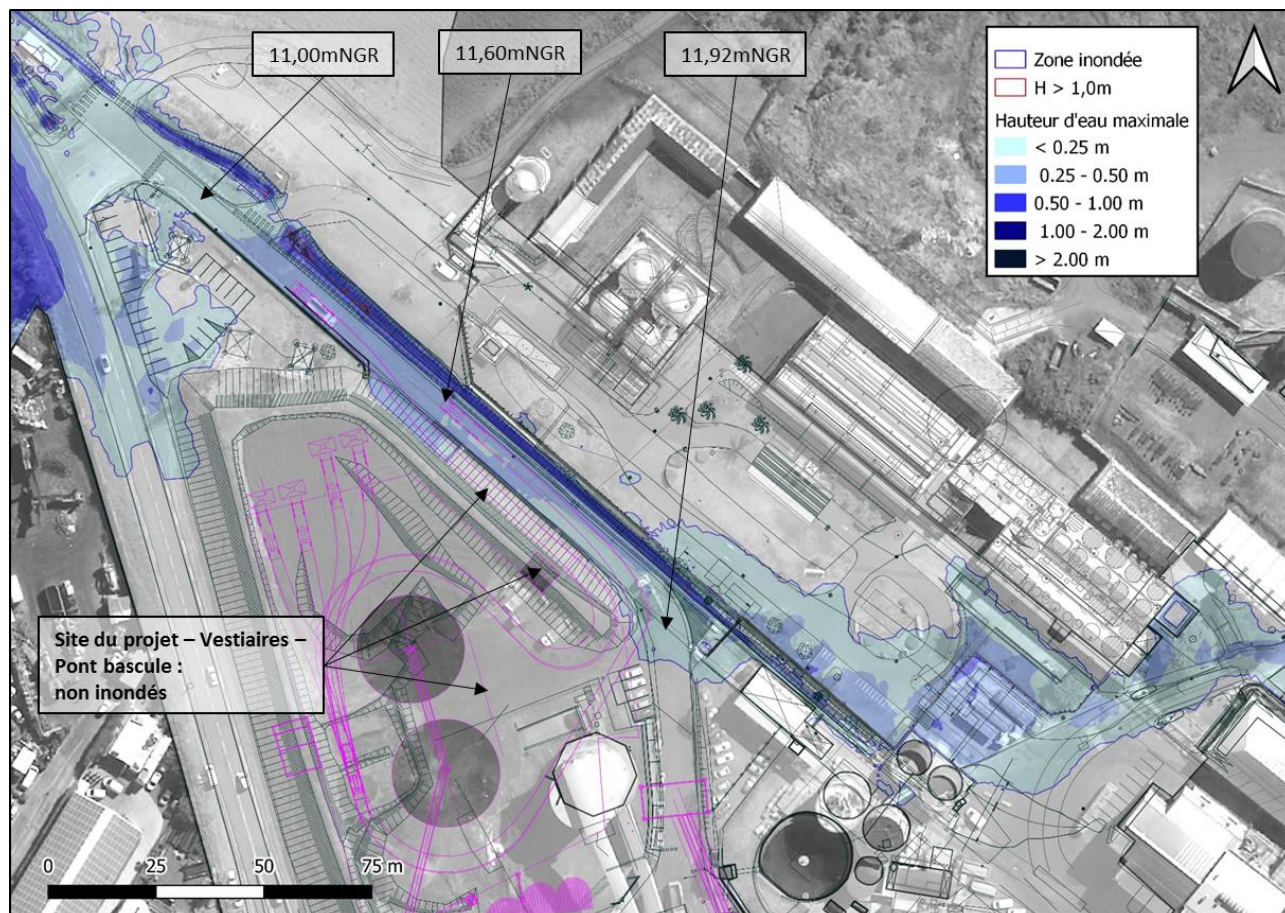


Figure 38: Hauteurs d'eau maximales – Q100ans – Configuration projet

Pour la crue de période de retour 2 ans, le site du projet est situé en dehors de l'emprise de la zone inondée : le nivellement topographique de la plateforme se situe au-dessus du niveau de l'eau.

La nouvelle voirie d'accès est inondée au niveau de sa jonction avec la voirie existante. Les hauteurs d'eau maximales y sont de 30 cm environ.

Le pont-bascule (12,54 m NGR) est situé au-dessus des plus hautes eaux : il n'est pas inondé pour cette crue.

La partie est de la nouvelle voirie n'est pas inondée car elle est située au-dessus des plus hautes eaux. Le muret de séparation placé entre la voirie d'accès actuelle et la nouvelle voirie d'accès au projet ne joue pas de rôle hydraulique ici.

Le projet représenté ne modifie pas les conditions d'écoulements sur les sites industriels en amont (distillerie et sucrerie).

Les conditions d'écoulements observées en aval du projet (aval de la jonction de la nouvelle voirie avec la voie d'accès actuelle) sont identiques à celles observées pour la configuration de référence du site.

Le projet ne génère pas d'impact hydraulique pour cette crue.

6.3.3.2. Crue quinquennale (5 ans)

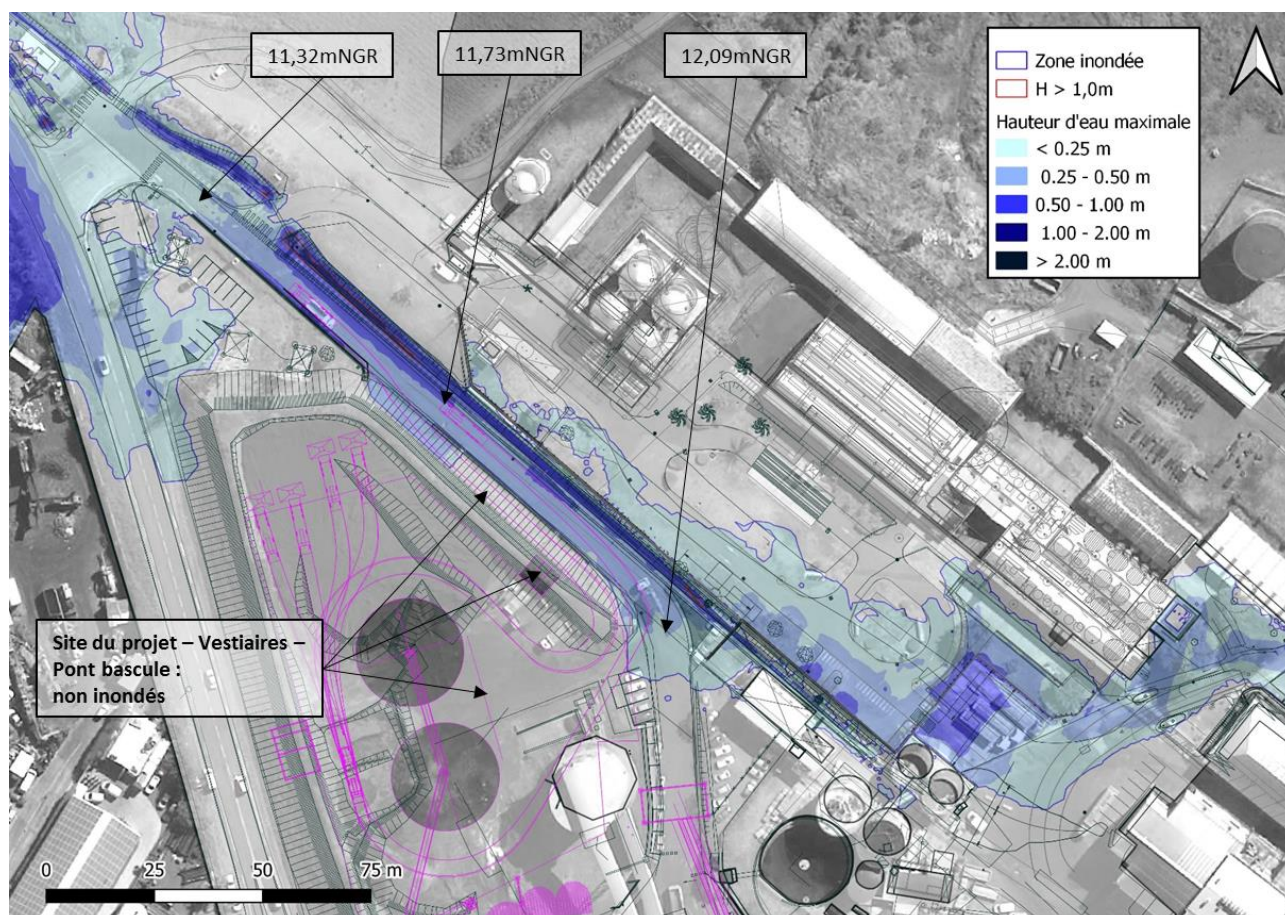


Figure 39: Hauteurs d'eau maximales – Q5ans – Configuration projet

Pour la crue quinquennale (5 ans), le site du projet est situé en dehors de l'emprise de la zone inondée : le nivellement topographique de la plateforme se situe au-dessus du niveau de l'eau.

Le mur de séparation n'a pas de rôle hydraulique pour cette crue.

La nouvelle voirie d'accès est inondée au niveau de sa jonction avec la voirie existante.

Les hauteurs d'eau maximales y sont de 45cm environ.

Le pont-bascule (12,54 m NGR) est situé au-dessus des plus hautes eaux : il n'est pas inondé pour cette crue.

La partie est de la nouvelle voirie n'est pas inondée car elle est située au-dessus des plus hautes eaux.

Le muret de séparation placé entre la voirie d'accès actuelle et la nouvelle voirie d'accès au projet ne joue pas de rôle hydraulique ici.

Le projet représenté ne modifie pas les conditions d'écoulements sur les sites industriels en amont (distillerie et sucrerie).

Les conditions d'écoulements observées en aval du projet (aval de la jonction de la nouvelle voirie avec la voie d'accès actuelle) sont identiques à celles observées pour la configuration de référence du site.

Le projet ne génère pas d'impact hydraulique pour cette crue.

6.3.3.3. Crue décennale (10 ans)

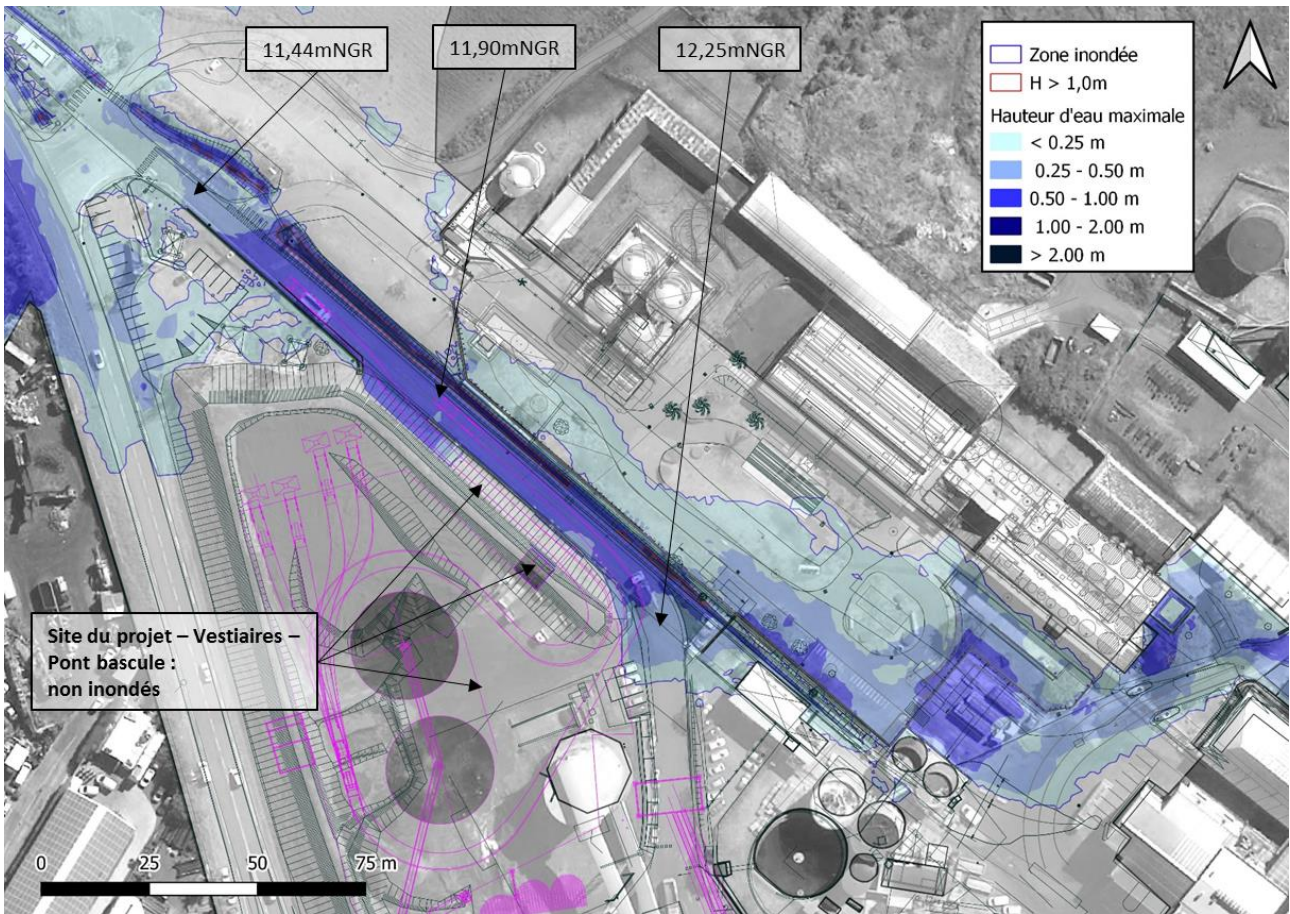


Figure 40:Hauteurs d'eau maximales – Q10ans – Configuration projet

Pour la crue décennale (10 ans), le site du projet est situé en dehors de l'emprise de la zone inondée : le nivellement topographique de la plateforme se situe au-dessus du niveau de l'eau (25 cm en dessous à l'est)

Le mur de séparation n'a pas de rôle hydraulique pour cette crue.

La nouvelle voirie d'accès est inondée au niveau de sa jonction avec la voirie existante.

Les hauteurs d'eau maximales y sont de 60 cm environ.

Le pont-bascule (12,54 m NGR) est situé au-dessus des plus hautes eaux : il n'est pas inondé pour cette crue.

La partie est de la nouvelle voirie n'est pas inondée car elle est située au-dessus des plus hautes eaux.

Le muret de séparation placé entre la voirie d'accès actuelle et la nouvelle voirie d'accès au projet ne joue pas de rôle hydraulique ici.

Le projet représenté ne modifie pas les conditions d'écoulements sur les sites industriels en amont (distillerie et sucrerie).

Les conditions d'écoulements observées en aval du projet (aval de la jonction de la nouvelle voirie avec la voie d'accès actuelle) sont identiques à celles observées pour la configuration de référence du site.

Le projet ne génère pas d'impact hydraulique pour cette crue.

6.3.3.4. Crue vicennale (20 ans)

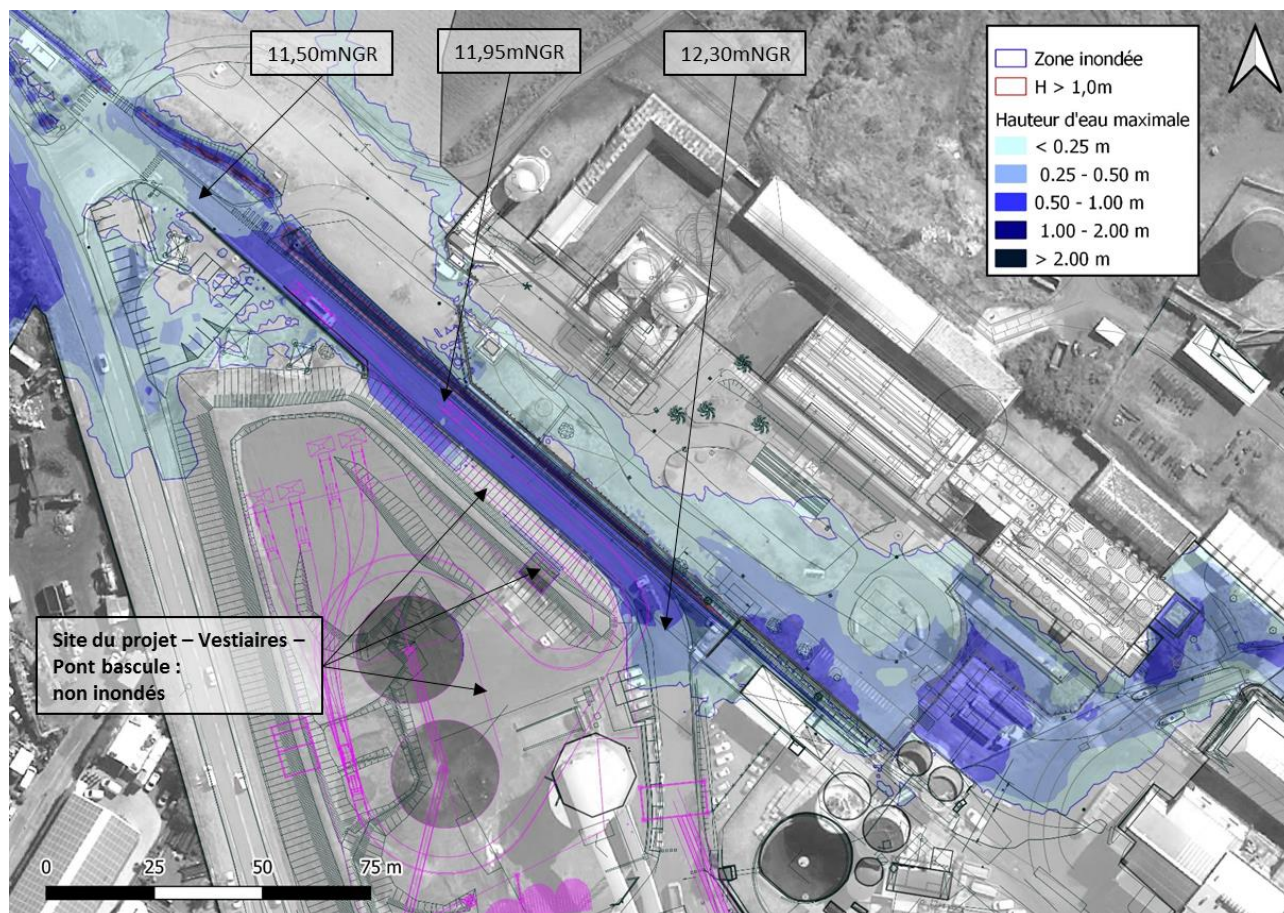


Figure 41:Hauteurs d'eau maximales – Q20ans – Configuration projet

Pour la crue vicennale (20 ans), le site du projet est situé en dehors de l'emprise de la zone inondée : le nivellement topographique de la plateforme se situe au-dessus du niveau de l'eau (20 cm au-dessus à l'est).

Le mur de séparation n'a pas de rôle hydraulique pour cette crue.

La nouvelle voirie d'accès est inondée au niveau de sa jonction avec la voirie existante.

Les hauteurs d'eau maximales y sont de 65 cm environ.

Le pont-bascule (12,54 m NGR) est situé au-dessus des plus hautes eaux : il n'est pas inondé pour cette crue.

La partie est de la nouvelle voirie n'est pas inondée car elle est située au-dessus des plus hautes eaux.

Le muret de séparation placé entre la voirie d'accès actuelle et la nouvelle voirie d'accès au projet ne joue pas de rôle hydraulique ici.

Le projet représenté ne modifie pas les conditions d'écoulements sur les sites industriels en amont (distillerie et sucrerie).

Les conditions d'écoulements observées en aval du projet (aval de la jonction de la nouvelle voirie avec la voie d'accès actuelle) sont identiques à celles observées pour la configuration de référence du site.

Le projet ne génère pas d'impact hydraulique pour cette crue.

6.3.3.5. Crue cinquantennale (50 ans)

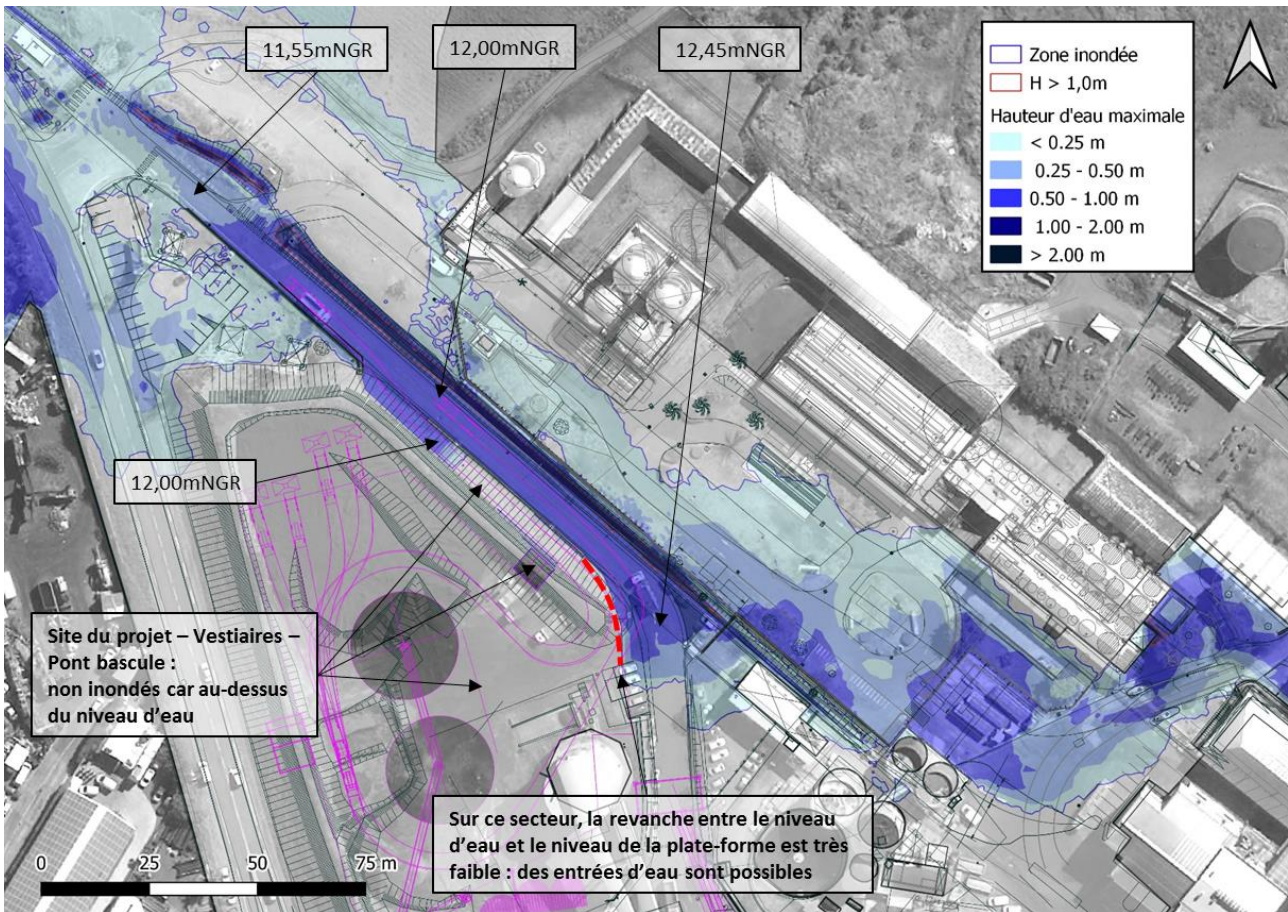


Figure 42: Hauteurs d'eau maximales – Q50ans – Configuration projet

Pour la crue cinquantennale (50 ans), le site du projet est situé en dehors de l'emprise de la zone inondée : le nivellement topographique de la plateforme se situe au-dessus du niveau de l'eau (5 cm au-dessus à l'est).

Le mur de séparation n'a pas de rôle hydraulique pour cette crue.

La nouvelle voirie d'accès est inondée au niveau de sa jonction avec la voirie existante.

Les hauteurs d'eau maximales y sont de 70 cm environ.

Le pont-bascule (12,54 m NGR) est situé au-dessus des plus hautes eaux : il n'est pas inondé pour cette crue.

La partie est de la nouvelle voirie n'est pas inondée car elle est située au-dessus des plus hautes eaux.

Le muret de séparation placé entre la voirie d'accès actuelle et la nouvelle voirie d'accès au projet ne joue pas de rôle hydraulique ici.

Le projet représenté ne modifie pas les conditions d'écoulements sur les sites industriels en amont (distillerie et sucrerie).

Les conditions d'écoulements observées en aval du projet (aval de la jonction de la nouvelle voirie avec la voie d'accès actuelle) sont identiques à celles observées pour la configuration de référence du site.

Le projet ne génère pas d'impact hydraulique pour cette crue.

A noter toutefois que pour cette crue, la revanche de la cote de la plateforme avec les niveaux d'eau au droit de celle-ci est très faible : des entrées d'eau sont possibles. Celles-ci génèreraient une inondation faible de la zone en emprise et en hauteur d'eau observées sur le site.

6.3.3.6. Crue centennale (100 ans)

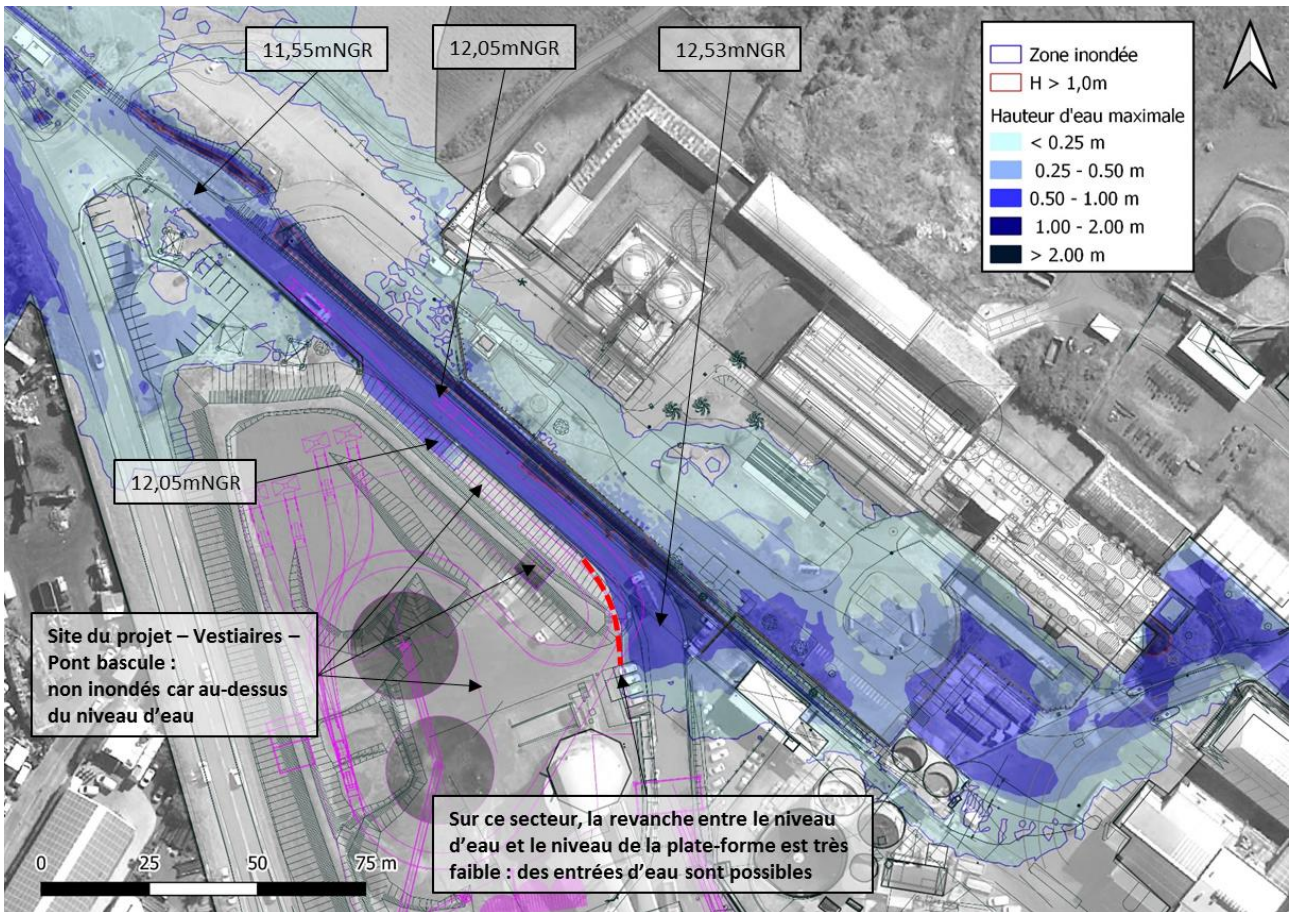


Figure 43: Hauteurs d'eau maximales – Q100ans – Configuration projet

Pour la crue centennale (100 ans), le site du projet est situé en dehors de l'emprise de la zone inondée : le nivellement topographique de la plateforme se situe au-dessus du niveau de l'eau (2 cm au-dessus à l'est).

Le mur de séparation n'a pas de rôle hydraulique pour cette crue.

La nouvelle voirie d'accès est inondée au niveau de sa jonction avec la voirie existante.

Les hauteurs d'eau maximales y sont de 80 cm environ.

Le pont-bascule (12,54 m NGR) est situé au-dessus des plus hautes eaux : il n'est pas inondé pour cette crue.

La partie est de la nouvelle voirie n'est pas inondée car elle est située au-dessus des plus hautes eaux.

Le muret de séparation placé entre la voirie d'accès actuelle et la nouvelle voirie d'accès au projet ne joue pas de rôle hydraulique ici.

Le projet représenté ne modifie pas les conditions d'écoulements sur les sites industriels en amont (distillerie et sucrerie).

Les conditions d'écoulements observées en aval du projet (aval de la jonction de la nouvelle voirie avec la voie d'accès actuelle) sont identiques à celles observées pour la configuration de référence du site.

Le projet ne génère pas d'impact hydraulique pour cette crue. A noter toutefois que pour cette crue, la revanche de la cote de la plateforme avec les niveaux d'eau au droit de celle-ci est très faible : des entrées d'eau sont possibles. Celles-ci génèreraient une inondation faible de la zone en emprise et en hauteur d'eau observées sur le site.