25NHF019

2025

Etude d'impact du projet de création d'un ensemble immobilier « ZAC de l'Arc Sportif, Ilot Colombus, Lot 27 »

Réponse à l'avis de l'Autorité Environnementale – recommandation n°7

CONSULTING

SAFEGE
Parc de L'Ile
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

Direction France

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Ile - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 01

Date : Avril 2025

Nom Prénom : CHEVALIER Anne

Visa :

Sommaire

1 ..... Introduction 2

1.1 Objectif et contexte 2

1.2 Situation du lot 27 au sein de la ZAC de l'Arc Sportif 3

2 ..... Gestion du risque inondation en phase chantier 4

3 ..... Analyse de l'impact du vide sanitaire 6

4 ..... Modélisation hydraulique et etude de la dynamique de crue 8

4.1 Mise à jour du modèle en état aménagé 9

4.2 Impact du projet d'aménagement de la ZAC sur les écoulements et l'enveloppe inondable (crue de 1910) 10

4.3 Dynamique de crue au droit du lot 27 de l'ilot Colombus 13

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI 3
Figure 2 : Plan d'état des lieux altimétrique de l'ilot Colombus (AUIGE, 11/02/2020) 6
Figure 3 : Plan projet – RDC et vide sanitaire (Source : Dossier d'étude d'impact) 7
Figure 4 : Emprise du modèle 1D/2D 8
Figure 5 : Topographie et maillage en état aménagé 9
Figure 6 : Profil en long des cotes dans le lit mineur sur la boucle de Gennevilliers pour la crue centennale 10
Figure 7 : Q100 - Cotes en état initial et en état aménagé 10
Figure 8 : Q100 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé 11
Figure 9 : Q100 – Vitesses en état initial et en état aménagé 12

Tables des annexes

Annexe 1 – Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC – Accompagnement expertise inondation (Mars 2017)

Annexe 2 – Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC – Mise à jour (Mai 2024)

1 INTRODUCTION

1.1 Objectif et contexte

La présente note a pour objet la réponse à l'Avis n° APJIF-2024-084 du 30/10/2024 de l'Autorité Environnementale concernant le projet d'ensemble immobilier sur le lot 27 de l'îlot Colombus à Colombes (92), dont l'étude d'impact a été déposée en juillet 2024.

Seuls les trois premiers points de la recommandation n°7 (thématique inondation), rappelée ci-dessous, sont ici traités.

(7) L'Autorité environnementale recommande de :

- préciser les mesures mises en place pour prendre en compte le risque d'inondation pendant la phase chantier pour l'ensemble du projet ;

- démontrer l'effet attendu du vide sanitaire au regard de l'objectif de transparence hydraulique et de l'amélioration annoncée de la situation existante à cet égard ;

- modéliser le secteur du projet et son environnement selon plusieurs types de crues et préciser les conséquences de chacune d'elles pour les futurs résidents et usagers et pour les populations en amont et en aval du projet, à la crue comme à la décrue ;

- renoncer à un usage d'hébergement qui est de nature à aggraver les enjeux exposés à un risque d'inondation.

Les éléments de réponse sont formulés ci-après dans les paragraphes associés et s'inscrivent en réponse aux éléments de l'avis.

Il convient de rappeler que le projet s'inscrit dans le projet d'aménagement de la ZAC de l'Arc Sportif à Colombes, dont le dossier de demande d'autorisation unique au titre du code de l'environnement a été déposé en décembre 2016.

Dans ce cadre, une étude d'impacts hydrauliques a été réalisée en 2016, modifiée en mars 2017 en réponse aux demandes de complément de la DRIEE, et comprenant :

- Une analyse des Surfaces / Volumes, ayant pour objectif de quantifier les surfaces et les volumes disponibles par tranche altimétrique, pour l'expansion de la crue centennale en état initial et aménagé. Cette analyse a fait l'objet d'une mise à jour en mai 2024 afin de tenir compte des évolutions des projets et de la topographie associée.
- Une étude des écoulements et de l'enveloppe de la zone inondable, ayant pour objectif de quantifier les impacts éventuels du projet sur les vitesses et les directions des écoulements pour les crues de la Seine mais également de comparer l'enveloppe de la zone d'inondation ainsi que les hauteurs d'eau atteintes. Pour ce faire, une modélisation hydraulique couplée 1D-2D via le logiciel MIKE a été réalisée, pour différents niveaux de crue crues – décennale, cinquantennale et PHEC (crue de 1910 assimilée à la crue centennale).

La présente note s'appuie ainsi :

- Sur l'étude d'*Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC – Accompagnement expertise inondation – S16DHF008* (mars 2017) figurant en annexe 1 de la présente note ;
- Sur l'étude de *Mise à jour du bilan volumique et surfacique – S16DHF008* (mai 2024) figurant en annexe 2 de la présente note.

Ces documents présentent les résultats **à l'échelle de l'ensemble de la ZAC de l'Arc Sportif**.

Un focus est réalisé ci-après sur le lot 27 de l'ilot Colombus afin d'approfondir les éléments de réponse apportés aux recommandations de l'Autorité Environnementale. Par ailleurs, et en compléments des documents précédemment mentionnés, une mise à jour de la modélisation de la crue centennale a été réalisée à partir des données topographiques actualisées en 2024.

1.2 Situation du lot 27 au sein de la ZAC de l'Arc Sportif

Le projet d'aménagement de la ZAC de l'Arc Sportif (Colombes) se situe entre 300 et 900 m de la Seine, en rive gauche.

Il est en zone inondable et doit donc être conforme aux prescriptions du PPRI. Le projet se situe majoritairement en zone orange du PPRI de la Seine mais une partie est également située en zone rouge.

La figure ci-dessous permet de localiser les ilots constituant la zone d'aménagement par rapport au zonage règlementaire du PPRI. **Le lot 27 de l'ilot Colombus y est localisé en vert.**

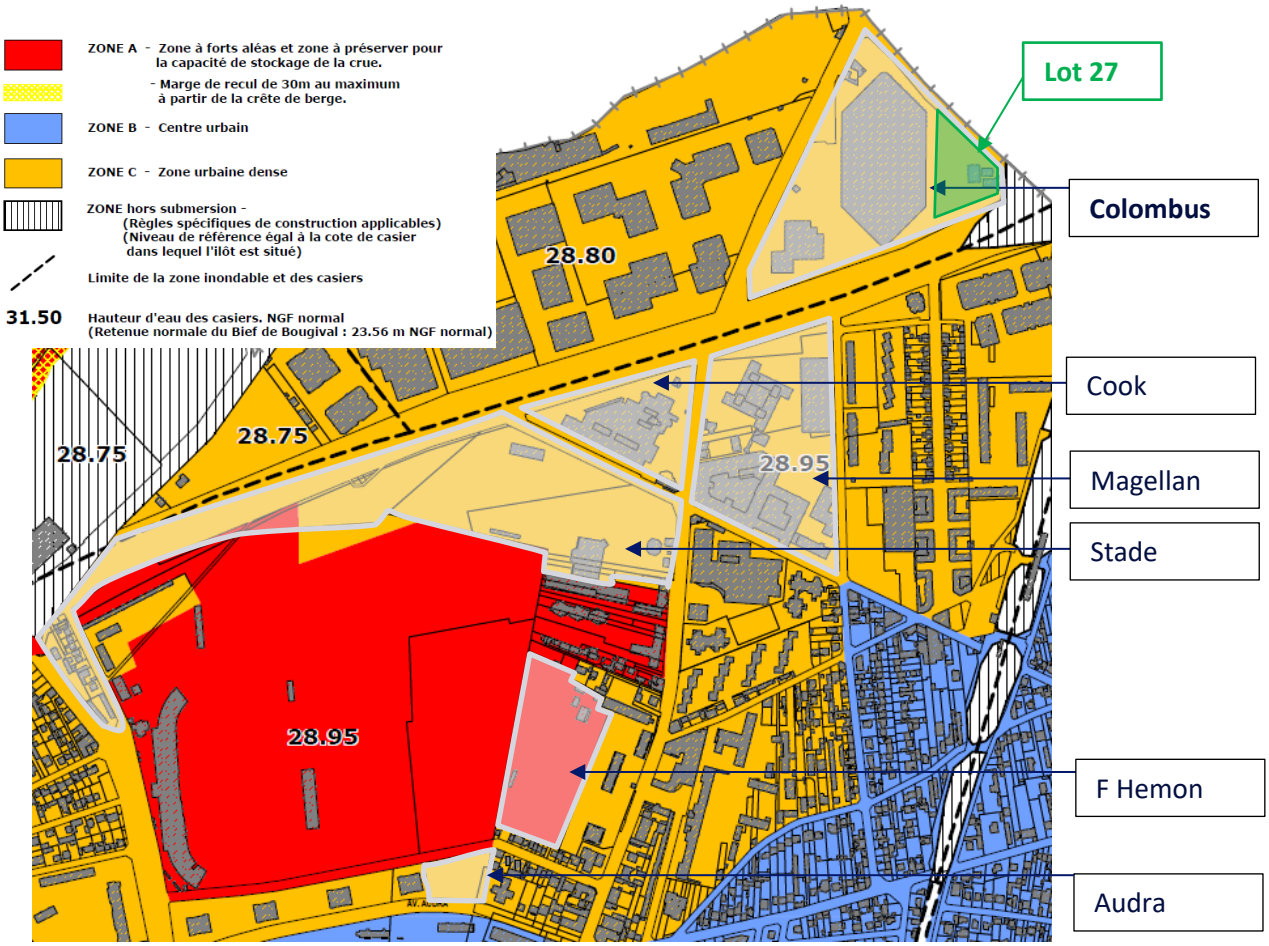


Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI

Le projet comprend ainsi **six îlots** de construction de type ZAC.

L'étude des impacts hydrauliques liés à la réalisation de la ZAC a fait l'objet d'une précédente étude. La présente note porte uniquement sur le lot 27 de l'ilot Colombus et ses abords immédiats et présente les nouveaux résultats de l'analyse hydraulique suite aux modifications du projet.

Pour rappel, l'îlot Colombus se situe sur une zone de PHEC à 28.80 m NGF et présente actuellement une forte urbanisation.

2 GESTION DU RISQUE INONDATION EN PHASE CHANTIER

(7) L'Autorité environnementale recommande de :
- préciser les mesures mises en place pour prendre en compte le risque d'inondation pendant la phase chantier pour l'ensemble du projet […].

REPONSE :

L'organisation du chantier prendra en compte le risque d'inondation, en intégrant notamment le fait que tout matériel susceptible de faire obstacle à l'écoulement des eaux, et dont le maintien n'est pas prévu dans le cadre du projet, devra être démonté et transporté hors d'atteinte de la crue dans un délai de 24 heures lorsque les **stations de Suresnes ou de Chatou** passeront en **vigilance crue orange**.

Une mise en alerte, ainsi que le déclenchement éventuel d'un **fonctionnement en mode dégradé** du chantier, seront mises en œuvre dès l'activation de la **vigilance crue jaune** à Suresnes ou à Chatou.

En amont de la phase travaux, une **procédure de gestion des crues** sera établie. Celle-ci détaillera les **mesures de repli ou de protection** prévues pour sécuriser les installations de chantier, ainsi que les **modalités de reprise des travaux** visant à éviter ou limiter les impacts potentiels.

Un **suivi permanent de la vigilance crue** sera réalisé pendant toute la durée du chantier. Les bulletins d'information et les données en temps réel sont disponibles 24h/24 sur le site : www.vigicrues.gouv.fr.

Les **installations de chantier** (notamment installations fixes type bâtiments modulaires) seront :

- Implantées hors zone inondable,
- Ou pourront être déplacées dans le cadre de la procédure de gestion des crues préalablement définie,
- Ou, à défaut, réalisées sur pilotis.

Les éventuels **réservoirs d'hydrocarbures ou de tout autre produit susceptible de provoquer une pollution** des eaux ou des sols présents sur le site seront stockés hors zone inondable ou sur des aires étanches.

Tout **matériel et véhicule** susceptibles d'être emportés par une crue seront évacués conformément aux dispositions prévues dans la procédure de gestion des crues.

De plus, les **zones de compensation** à la crue seront réalisées **avant** la mise en œuvre des **remblais**. Pendant la **période à risque de crue** (novembre à juin), le chantier respectera un **équilibre déblais/remblais**. Un **tableau de suivi** actualisé sera mis à jour régulièrement et notamment avant chaque période de crue.

Durant la phase travaux, les obligations suivantes seront strictement respectées :

- Respect des dispositions du Dossier d'Autorisation Environnementale et des fiches de lots,
- Obligation pour les entreprises de construction de proposer un **phasage des travaux** privilégiant la mise en place des mesures compensatoires (déblais) en priorité,

- Mise en place d'un **plan de prévention et d'intervention en cas d'alerte crue**, avec des niveaux d'évacuation du site en fonction des hauteurs d'eau. Ce plan précisera les consignes à suivre pour les entreprises et les ouvriers, lors de crue, en fonction de leur situation sur l'emprise du projet.

Enfin, les équipes de chantier seront sensibilisées aux réflexes à adopter en cas d'inondation.

3 ANALYSE DE L'IMPACT DU VIDE SANITAIRE

(7) L'Autorité environnementale recommande de :
- […] démontrer l'effet attendu du vide sanitaire au regard de l'objectif de transparence hydraulique et de l'amélioration annoncée de la situation existante à cet égard […].

REPONSE :

L'étude de *Mise à jour du bilan volumique et surfacique – S16DHF008* (mai 2024) annexée à la présente note présente les résultats de l'analyse des Surfaces / Volumes, ayant pour objectif de quantifier les surfaces et les volumes disponibles par tranche altimétrique, pour l'expansion de la crue centennale en état initial et aménagé. Cette analyse est réalisée à l'échelle de la ZAC de l'Arc Sportif. Sa conclusion est la suivante :

A l'échelle de la ZAC, le volume de stockage pour une crue centennale est plus important en état aménagé qu'en état initial sur l'ensemble de la zone du projet. Bien que l'ilot Colombus apparaisse déficitaire (de même que les ilots Cook et Magellan), la compensation est atteinte à l'échelle de la ZAC. Aucune mesure compensatoire autre que les parkings et vides sanitaires prévus n'est nécessaire.

A l'échelle du lot 27 :

- En **état initial**, le lot 27 présente une topographie relativement plane, pour une cote moyenne de 28mNGF, variant entre 27.9mNGF et 28.4mNGF (Source : relevés altimétriques du 11/02/2020).

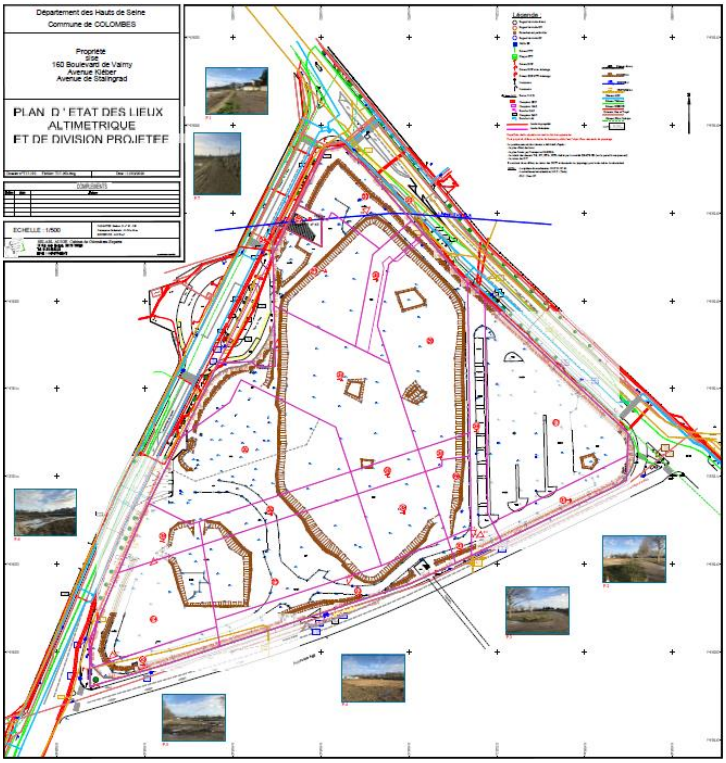


Figure 2 : Plan d'état des lieux altimétrique de l'ilot Colombus (AUIGE, 11/02/2020)

- En **état aménagé**, d'après les plans et coupe projet transmis par le maître d'ouvrage, ainsi que l'étude de conformité au PPRI réalisée par Stratégéo (décembre 2024), le projet du lot 27 présente les caractéristiques suivantes :

- Rez-de-chaussée constitué d'espaces commerciaux – cote du rez-de-chaussée à 28.82mNGF ;
- Vide sanitaire présentant les dimension suivantes :
  - Surface de 4440 m² ;
  - Cote de plancher haut générale à 28.40mNGF ;
  - Cote de plancher haut sous la rampe d'accès à 27.81mNGF ;
  - Cote de plancher bas à 27.35mNGF.

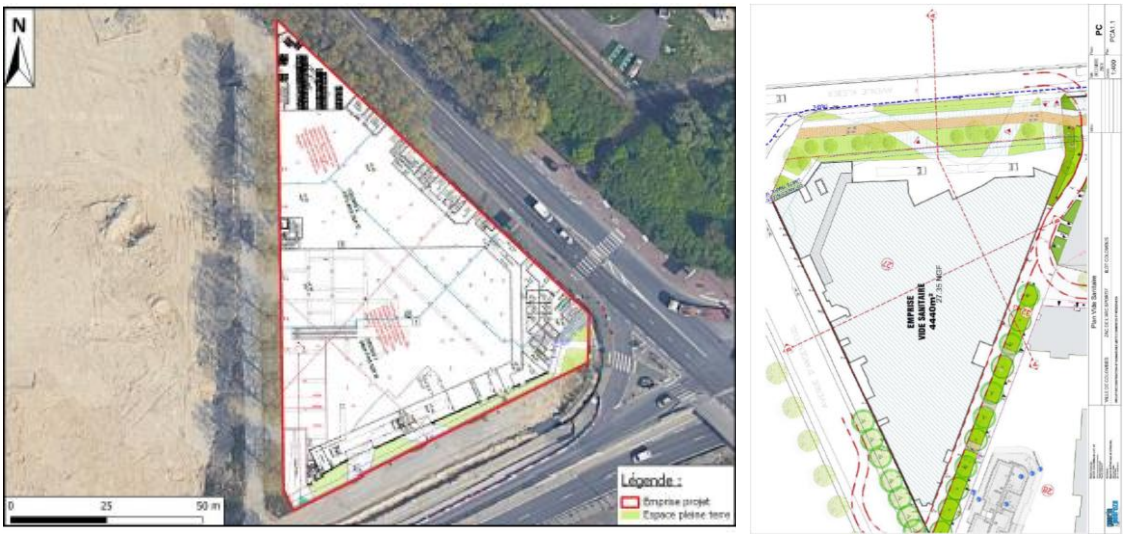


Figure 3 : Plan projet – RDC et vide sanitaire (Source : Dossier d'étude d'impact)

Après soustraction du volume soustrait à la crue par la mise en place des bâtiments et jardins (volume de remblais d'environ 4527m³ sous la cote casier de 28.80mNGF), **la création du vide sanitaire (4579m³) représente un volume décaissé de 52 m3 supplémentaire disponible à la crue.**

Ce qu'il faut retenir…

La mise en place du vide sanitaire permet ainsi de compenser les volumes de remblais associé au projet avec un léger accroissement du volume de stockage de l'eau à l'échelle du lot 27 de l'ilot Colombus, et contribue à l'atteinte de la compensation en volume à l'échelle de la ZAC.

4 MODELISATION HYDRAULIQUE ET ETUDE DE LA DYNAMIQUE DE CRUE

(7) L'Autorité environnementale recommande de :

- […] modéliser le secteur du projet et son environnement selon plusieurs types de crues et préciser les conséquences de chacune d'elles pour les futurs résidents et usagers et pour les populations en amont et en aval du projet, à la crue comme à la décrue […].

REPONSE :

Une étude des écoulements et de l'enveloppe de la zone inondable a été réalisée en 2026-2017 à l'échelle de la ZAC dans le cadre du dossier de demande d'autorisation unique au titre du code de l'environnement du projet d'aménagement de la ZAC de l'Arc Sportif à Colombes. L'étude d'*Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC – Accompagnement expertise inondation – S16DHF008* (mars 2017) est annexée à la présente note.

Dans ce cadre, **une modélisation hydraulique couplée 1D-2D** via le logiciel MIKE a été réalisée, pour différents niveaux de crues – **décennale, cinquantennale et PHEC (crue de 1910 assimilée à la crue centennale)**.

Cette étude conclue à la transparence hydraulique du projet d'aménagement de la ZAC de l'Arc Sportif tel que défini à cette date (mars 2017).

Afin de préciser la dynamique de crue à l'échelle du lot 27, une **mise à jour de la modélisation de la crue centennale (PHEC 1910)** a été réalisée en considérant la topographie actualisée à l'échelle de la ZAC d'après les éléments transmis par les porteurs de lots (avril-mai 2024), telle que présentée au sein de l'annexe2 (la topographie associée à la version 2 du calcul a été utilisée).

La méthodologie, les hypothèses prises ainsi que le modèle hydraulique calé et validé dans la première étude *(Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC – Accompagnement expertise inondation – S16DHF008 – datant de mars 2017)* **ont été repris sans modification.** L'emprise du modèle est rappelée sur la figure ci-dessous

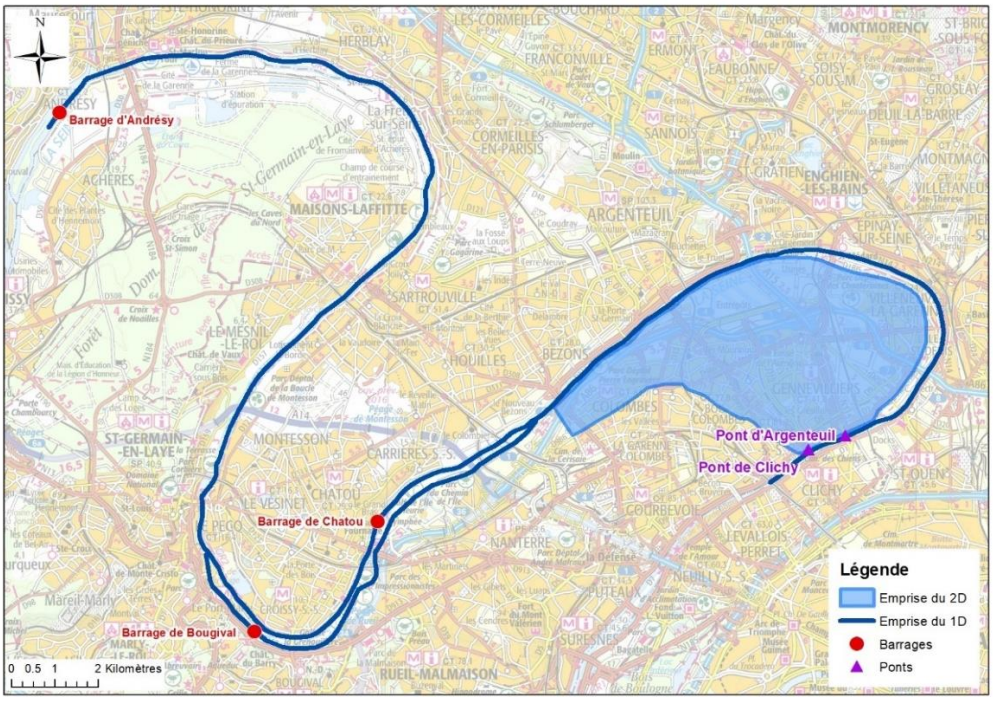


Figure 4 : Emprise du modèle 1D/2D

Sont présentés ci-après :

- La mise à jour du modèle (topographie en état aménagé) – focus sur l'ilot Colombus ;
- L'analyse de l'impact du projet de la ZAC sur les écoulements et enveloppes inondables pour la crue centennale ;
- L'analyse de la dynamique de crue pour la crue centennale au droit de l'ilot Colombus.

4.1 Mise à jour du modèle en état aménagé

La mise à jour du modèle en état aménagé implique la reprise du maillage, d'après le modèle numérique de terrain actualisé en avril-mai 2024.

Le maillage ainsi obtenu est présenté sur la figure ci-après

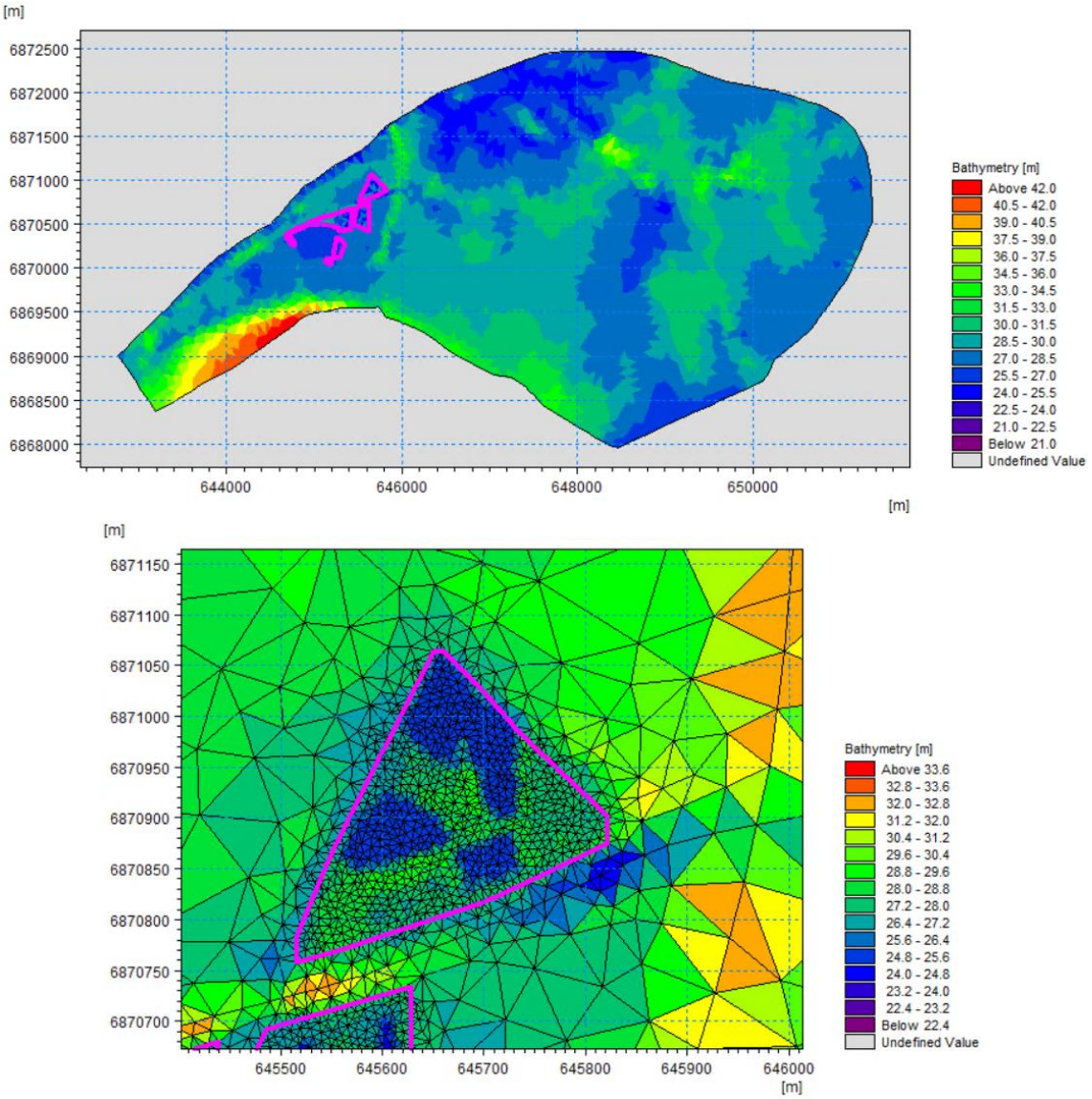


Figure 5 : Topographie et maillage en état aménagé

4.2 Impact du projet d'aménagement de la ZAC sur les écoulements et l'enveloppe inondable (crue de 1910)

COMPARAISON DES COTES

Les cotes obtenues en état initial et état aménagé sont présentées ci-dessous.

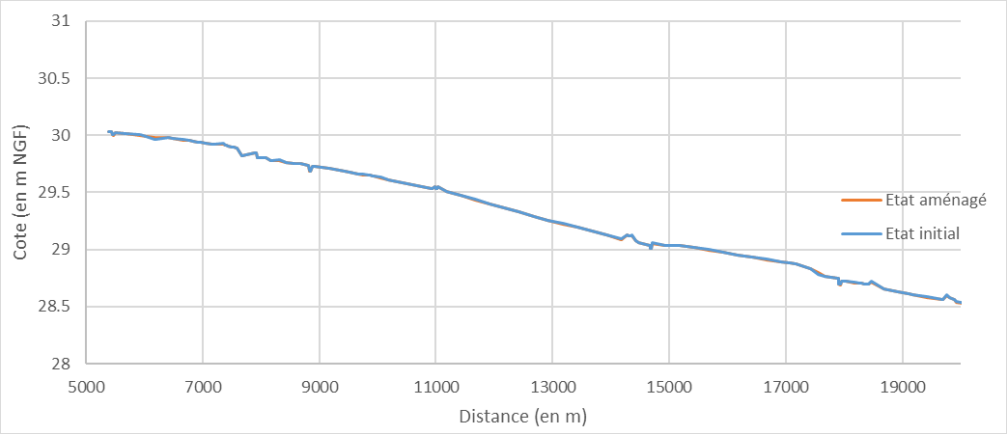


Figure 6 : Profil en long des cotes dans le lit mineur sur la boucle de Gennevilliers pour la crue centennale

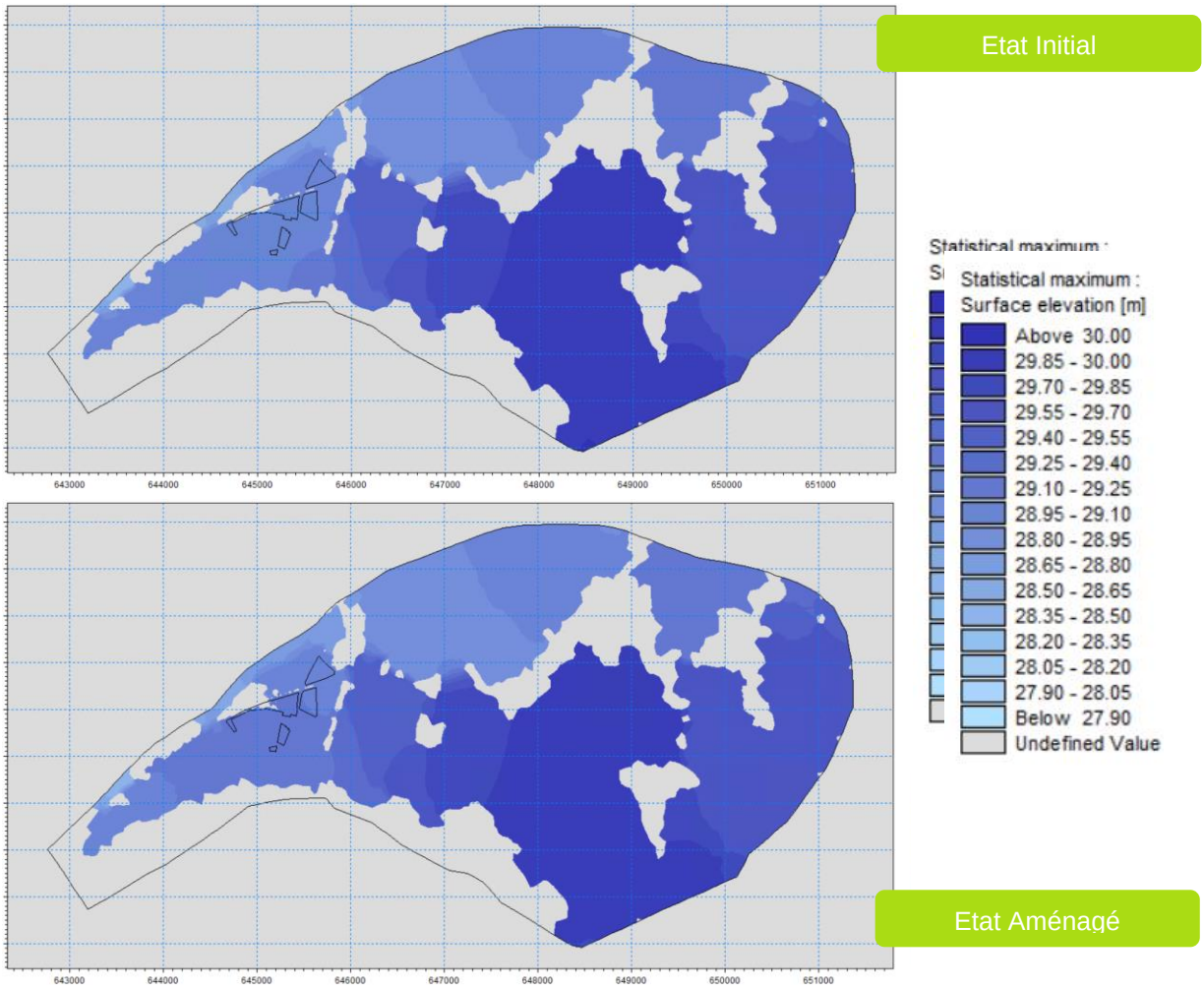


Figure 7 : Q100 - Cotes en état initial et en état aménagé

Remarque : Comme indiqué dans le rapport de mars 2017, le calage du modèle a permis de retrouver les cotes mentionnées dans le PPRI des Hauts de Seine dans le lit mineur, ainsi que l'étendue de la zone inondée en comparaison à la cartographie du PPRI. Ce faisant, des différences de hauteurs d'eau ont été observées dans le modèle 2D par rapport aux cartes du PPRI (29.06 m NGF pour l'ilot Colombus et 29.09 m NGF pour les autres ilots soit environ une quinzaine de centimètres au-dessus de la cote PPRi), s'expliquant par la construction de l'autoroute A86 et la mise en place de remblais entre l'A86 et la Seine qui n'existaient pas lors de la crue de 1910. Ces aménagements occasionnent un stockage de l'eau plus important au niveau de la zone projet.

Les différences de cotes observées sont localisées au droit de la zone projet.

Les mailles en rouge correspondent à des mailles inondées en état aménagé alors qu'elles ne l'étaient pas (ou de façon moindre) en état initial. Elles correspondent donc soit à des zones de déblaiement soit à des modifications de la ligne d'eau du fait de la modification des écoulements sur les mailles voisines.

Les mailles en vert clair correspondent à des mailles inondées en état initial mais pas en état aménagé. Ces zones sont des zones de remblais dans la zone projet, ou des zones pour lesquelles la ligne d'eau a été modifiée de manière positive.

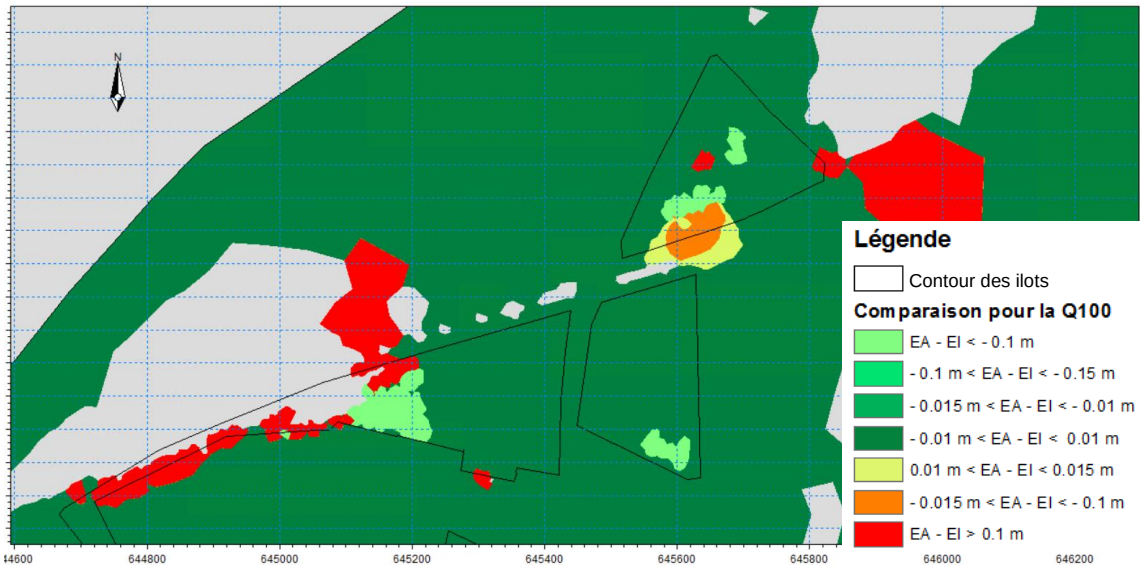


Figure 8 : Q100 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé

Les seules différences de cotes constatées entre l'état aménagé et l'état initial sur la zone projet s'explique par des mouvements de terrain. On ne constate aucune modification significative sur le reste du maillage.

COMPARAISON DES VITESSES

Les vitesses obtenues en état initial et état aménagé sont présentées ci-dessous.

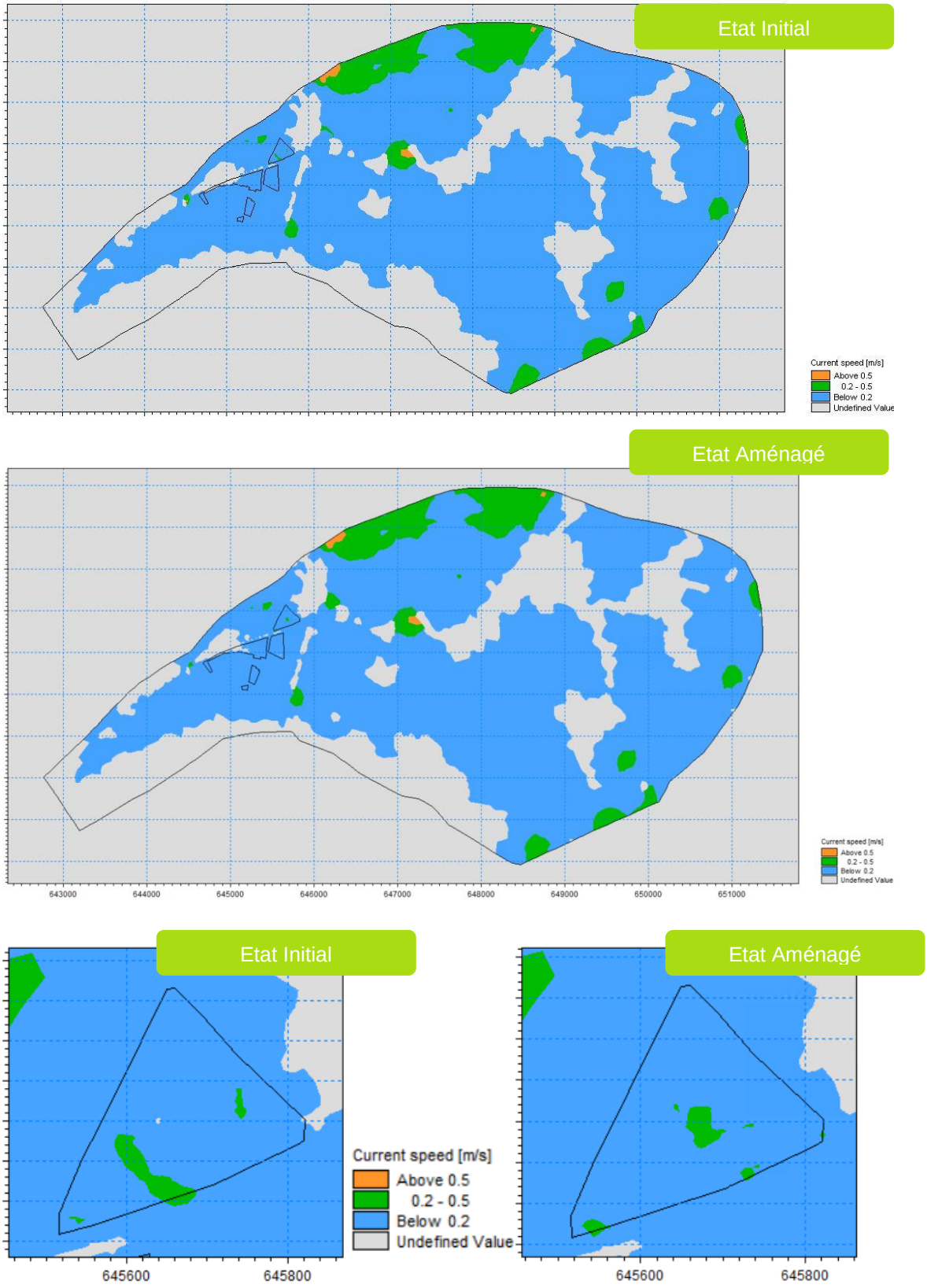


Figure 9 : Q100 – Vitesses en état initial et en état aménagé

En dehors de certaines zones ponctuelles au sein du projet, on n'observe aucune différence significative en termes de vitesse sur l'ensemble du maillage pour les deux simulations.

Ce qu'il faut retenir…

Le projet d'aménagement de la ZAC de l'Arc Sportif (dont l'ilot Colombus), tel que défini actuellement, est transparent et n'engendre aucun impact hydraulique significatif pour la crue centennale.

4.3 Dynamique de crue au droit du lot 27 de l'ilot Colombus

CRUE

Le suivi temporel de la crue au droit de l'ilot Colombus est présentée dans le Tableau 1. Le Δt affiché correspond au délai après l'atteinte du pic de crue au niveau du pont de Clichy (localisé sur la Figure 4), correspondant à l'entrée du modèle 2D mais également au début de la zone de déversement des eaux de la Seine à l'origine de l'inondation du secteur de la ZAC.

En état initial comme aménagé, le secteur de la ZAC de l'Arc Sportif est inondé par le Sud **(1)**, l'eau atteignant l'ilot Audra 10 heures après l'atteinte du pic de crue au niveau du pont de Clichy).

L'eau s'étend ensuite vers le nord et l'ouest, et recouvre les ilots Cook et Magellan en bordure sud de l'A86 19h après le pic de crue en état initial, 20h après le pic de crue en état aménagé **(2)** – soit avec un delta d'une heure par rapport à l'état initial : les modifications topographiques associées au projet (déblais/remblai) ralentissent le franchissement de ces secteurs par les eaux.

Elle franchit ensuite l'A86 via la RD13 et atteint l'ilot Colombus via l'avenue Kléber, qui longe le sud de l'Ilot, inondant en premiers les abords des lots 25 et 26 **(3)**.

L'eau atteint le lot 27 consécutivement en état aménagé, ce dernier constitue ainsi l'un des premiers secteurs inondés de l'ilot Colombus avec les lots 25 et 26 (+21 heures et 18 minutes après le pic de crue, +3min après le début de l'inondation de l'ilot Colombus) **(4)**. L'inondation se fait via l'avenue Kleber, avec un stockage de l'eau dans le vide sanitaire. En état initial, le lot 27 est inondé selon la même temporalité (+21 heures et 18 minutes après le pic de crue, +25min après le début de l'inondation de l'ilot Colombus), avec néanmoins une inondation préalable de la partie Est de l'Ilot Colombus et un écoulement de l'eau jusqu'au Boulevard de Valmy.

L'eau se propage ensuite sur l'ensemble de l'ilot ainsi que sur les rues adjacentes **(5 à 9)**. Le stockage de l'eau dans les parkings en état aménagé freine l'avancée des eaux : ainsi l'eau atteint le boulevard de Valmy 21 heures et 45 minutes après le pic de crue (21 heures et 2 minutes en état initial), et l'avenue d'Argenteuil (RD909) au bout de de 21 heures et 38 minutes (21 heures et 27 minutes en état initial, via le boulevard de Valmy).

La cote maximale est atteinte 40 heures après le pic de crue **(10)**, à hauteur de 29.06mNGF sur le lot 27 de l'ilot Colombus, en état aménagé comme en état initial.

DECRUE

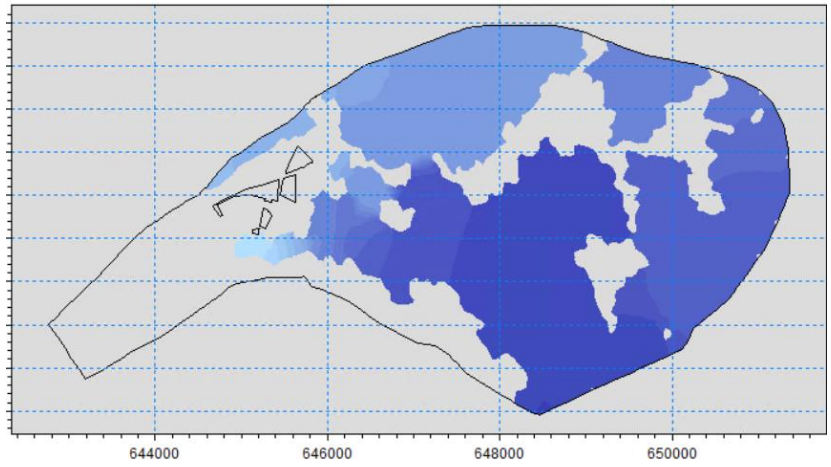
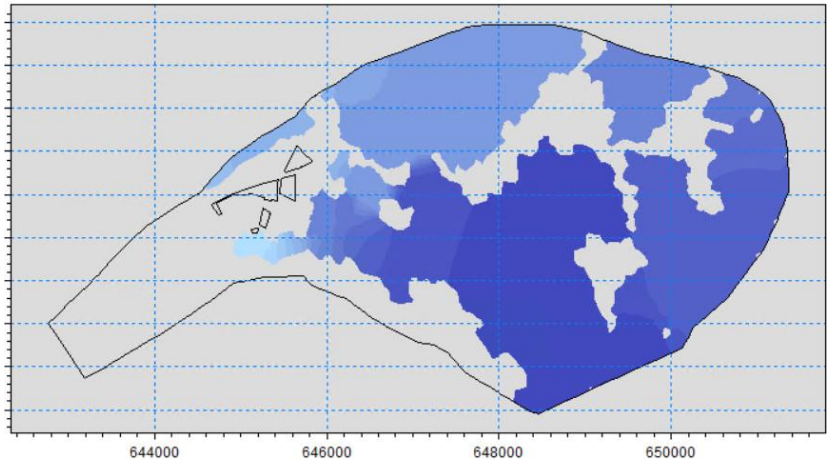
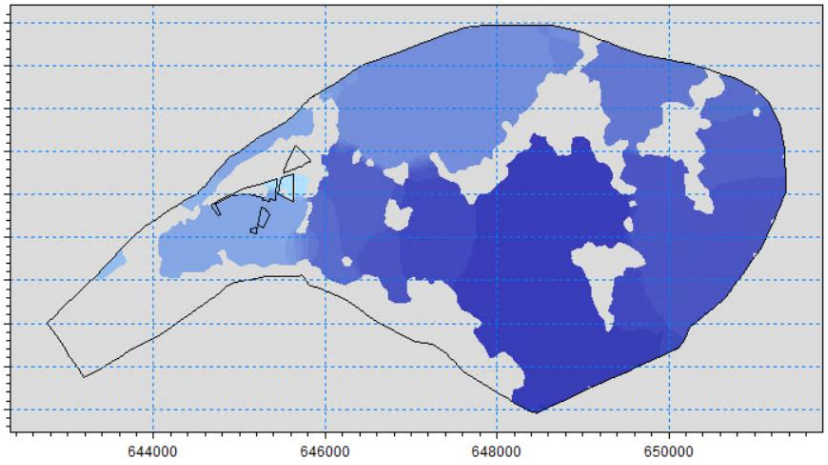
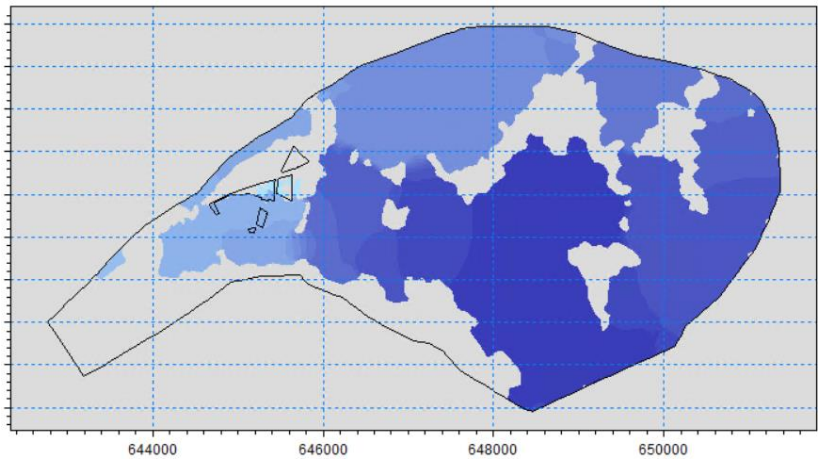
Comme montré sur la Figure 5, le secteur de la ZAC correspond à une dépression topographique, entourée de routes (A86, RD106) empêchant une évacuation complète des eaux lors de la décrue. Ainsi en décrue l'eau reste à la cote 28.83mNGF sur l'ensemble de la ZAC. Un pompage de l'eau vers la Seine est nécessaire pour évacuer l'eau résiduelle.

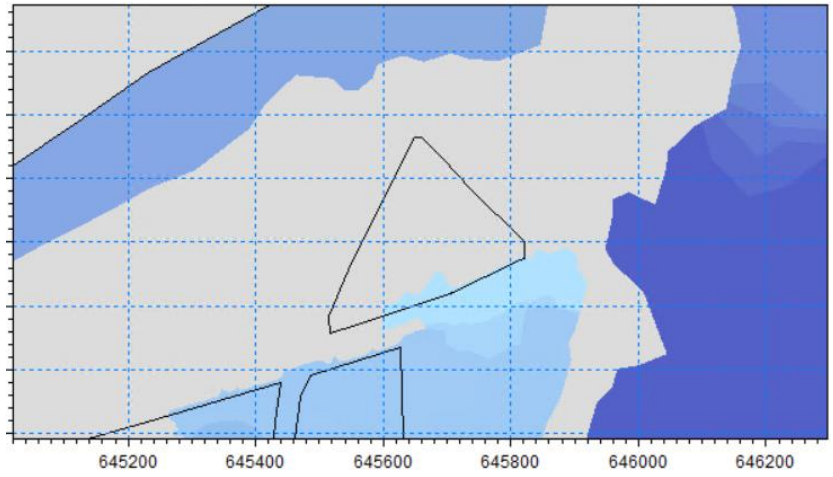
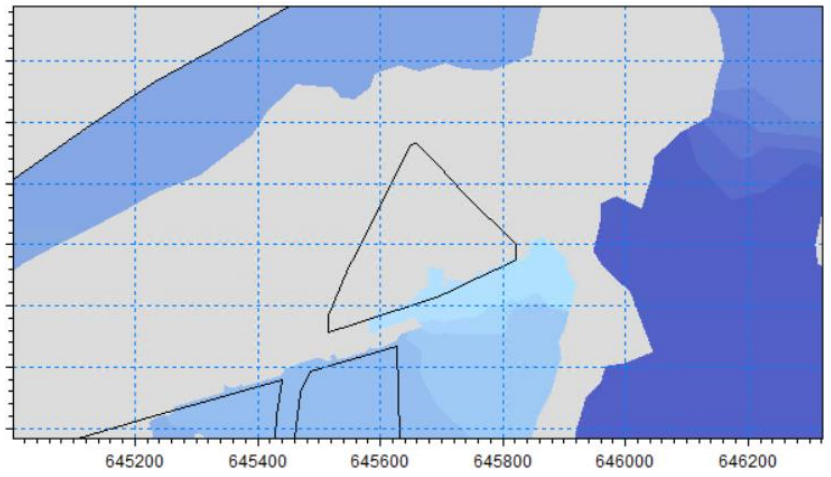
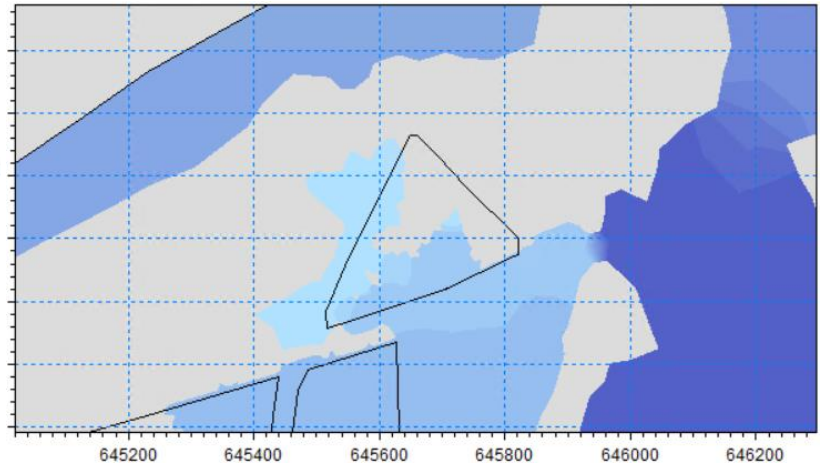
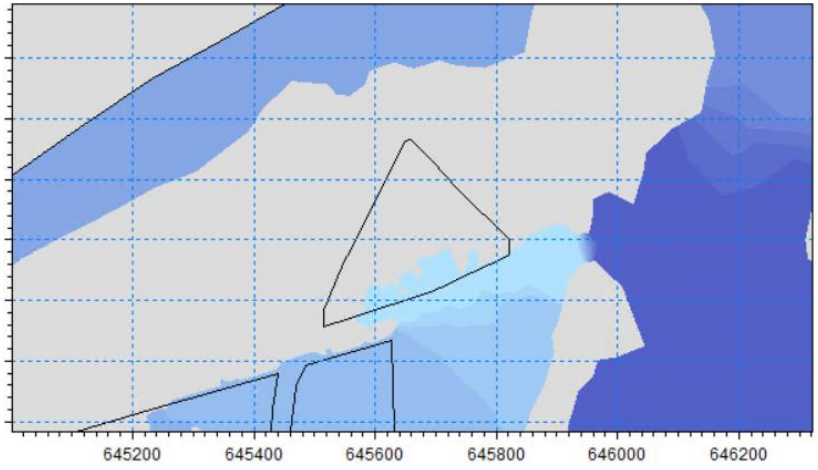
Ce qu'il faut retenir…

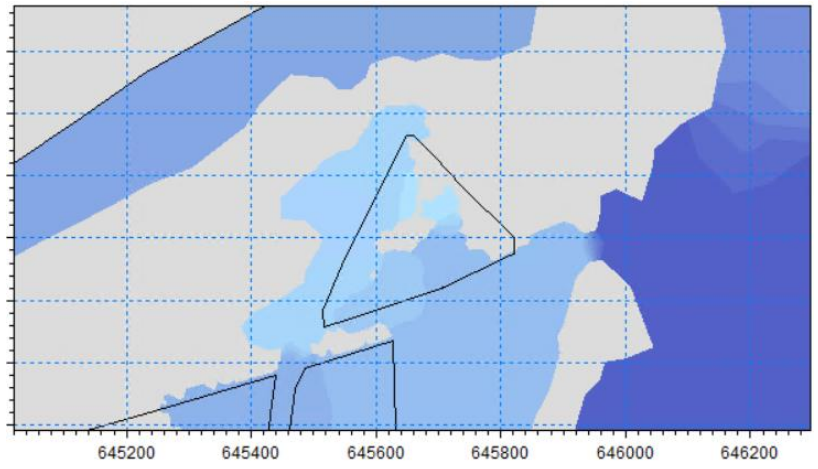
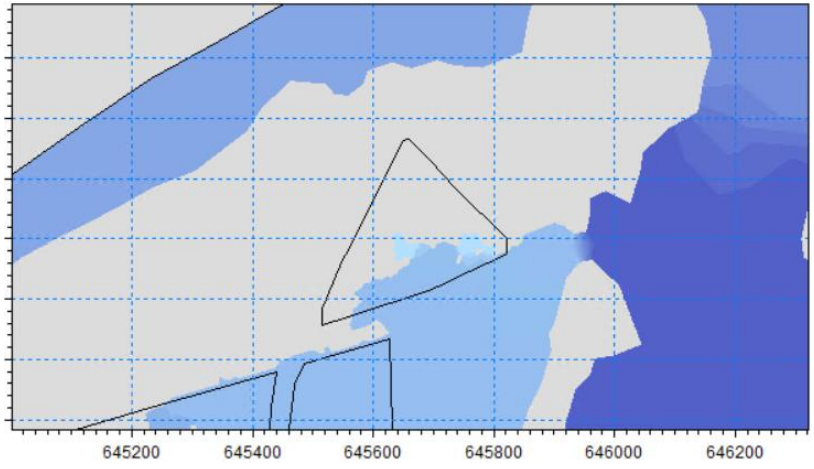
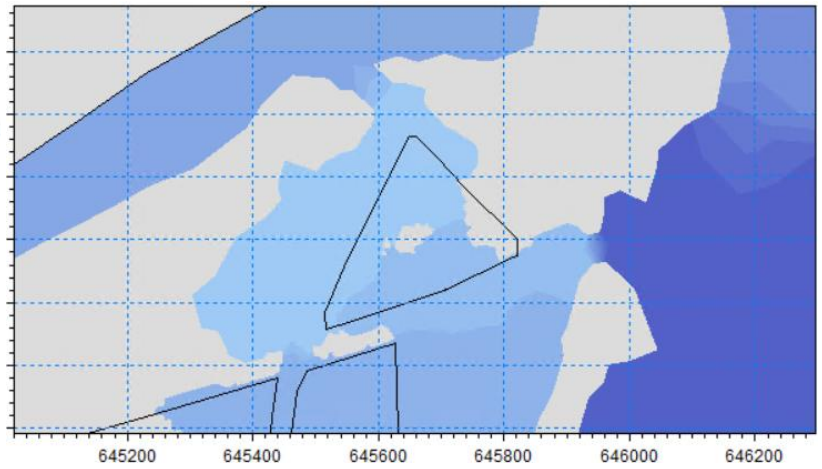
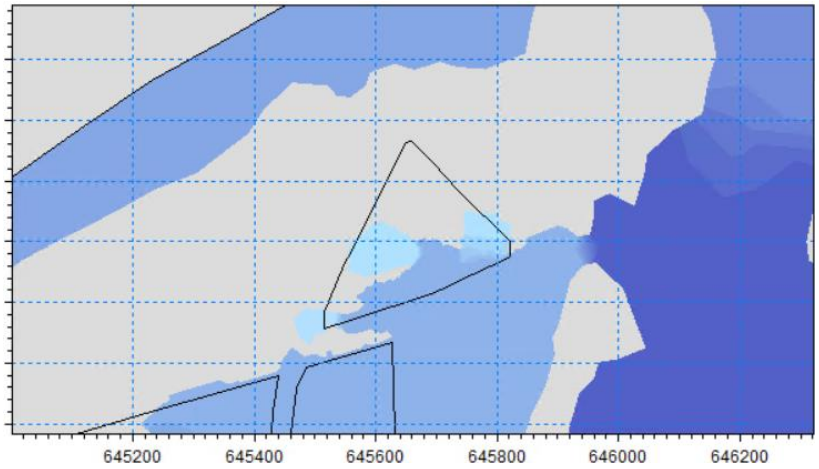
Le projet d'aménagement de la ZAC de l'Arc Sportif ne modifie que peu la dynamique de crue du secteur. Le stockage de l'eau dans les sous-sols (parking et vide sanitaire) permet un léger retard de l'inondation du Boulevard de Valmy et de l'Avenue d'Argenteuil (qui rejoint l'A86), axes à privilégier pour l'évacuation du secteur.

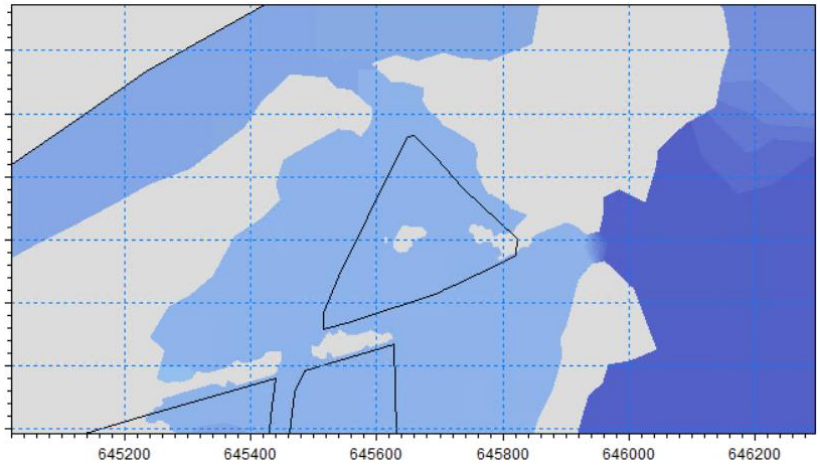
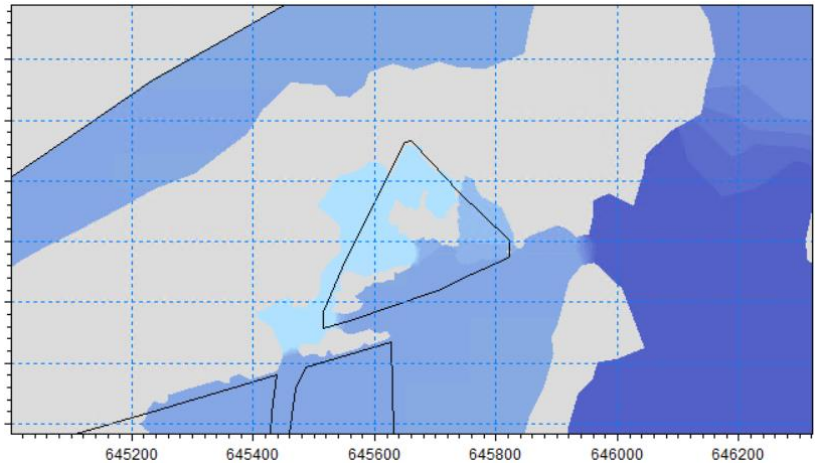
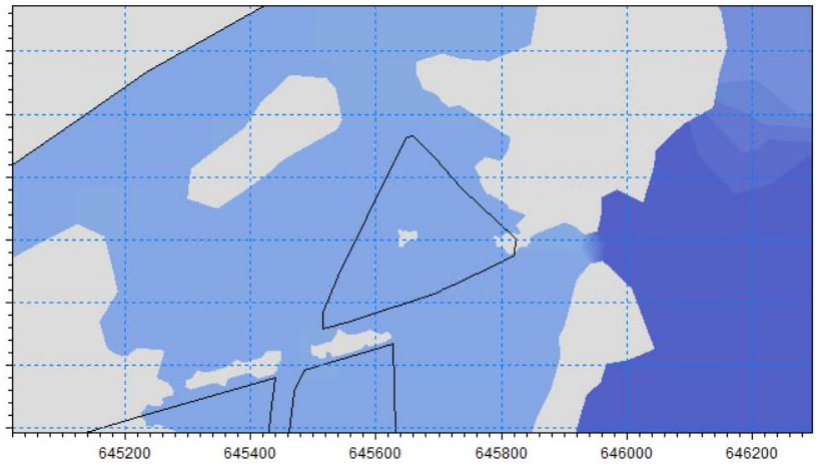
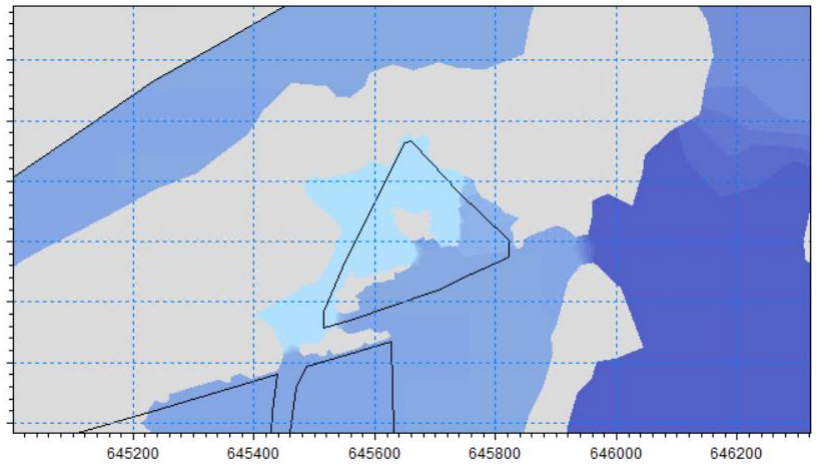
Remarque : Il convient néanmoins de rappeler que la temporalité relativement lente de la crue de la Seine devrait permettre d'alerter et évacuer la population avant l'inondation de l'ilot Colombus, secteur atteint en dernier lieu par la crue à l'échelle de l'emprise modélisée.

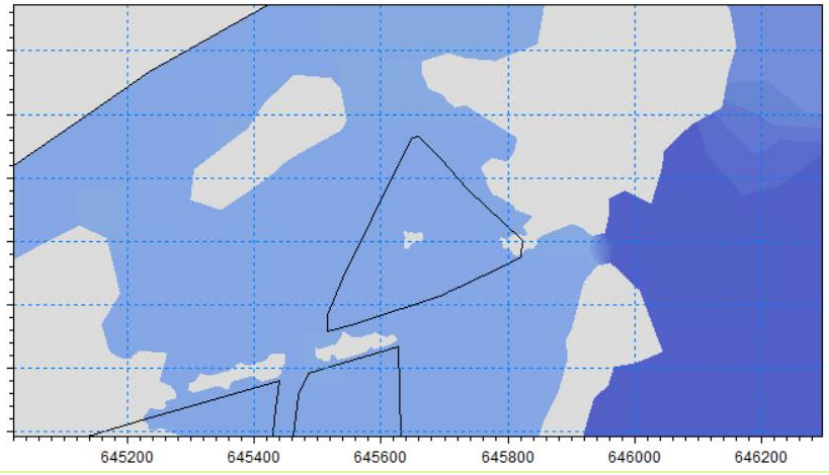
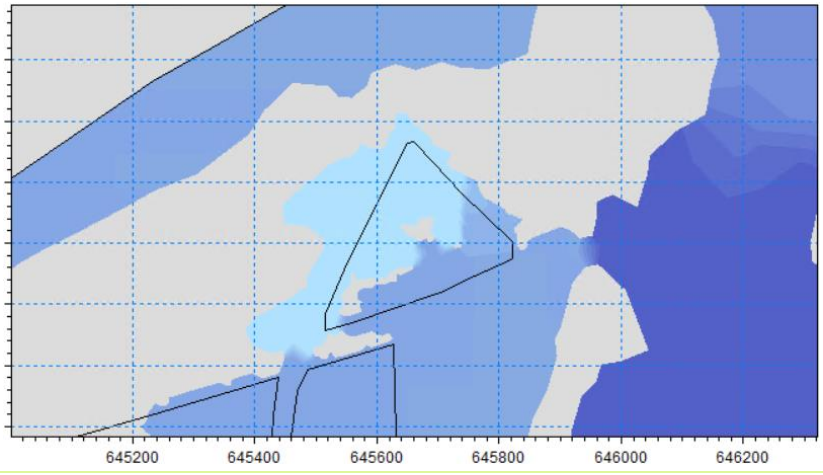
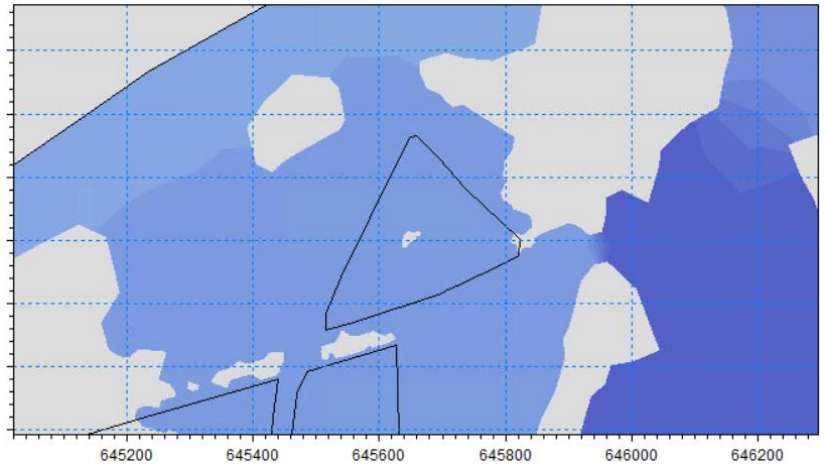
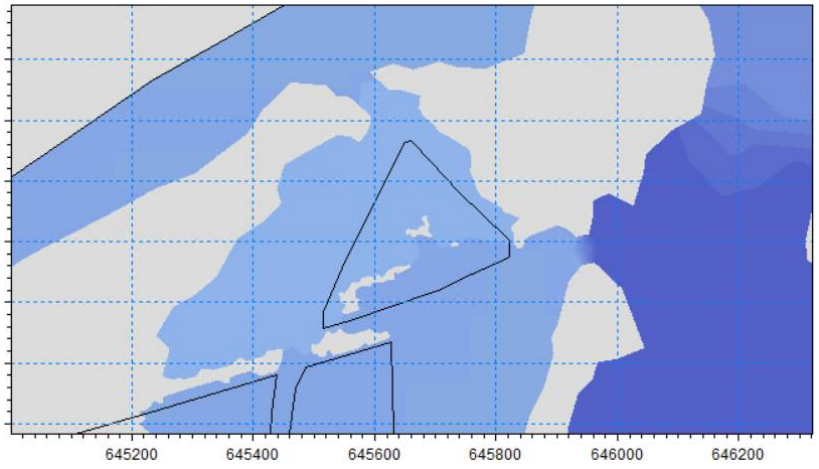
Tableau 1 : Suivi temporel de la crue – enveloppe inondée et cote

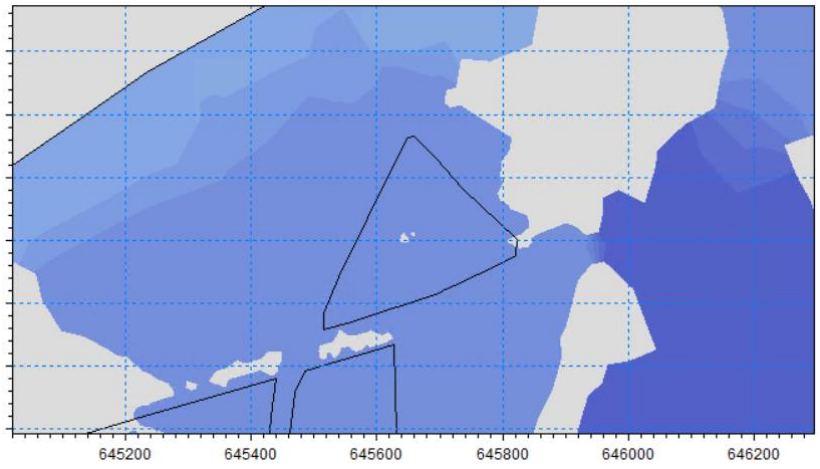
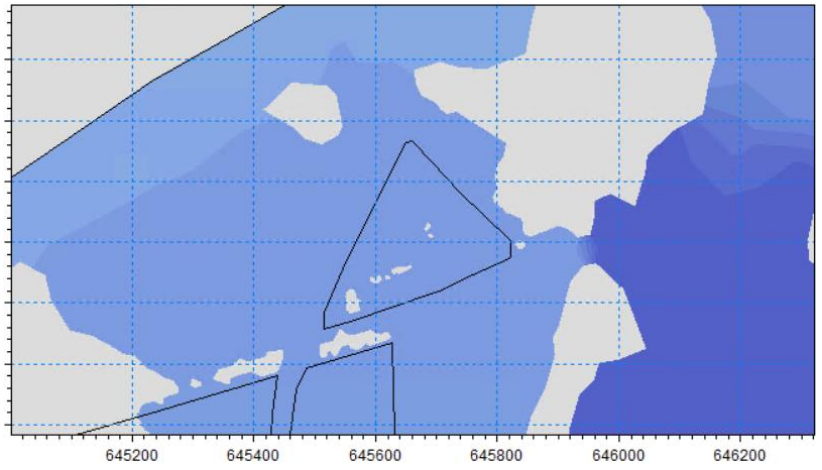
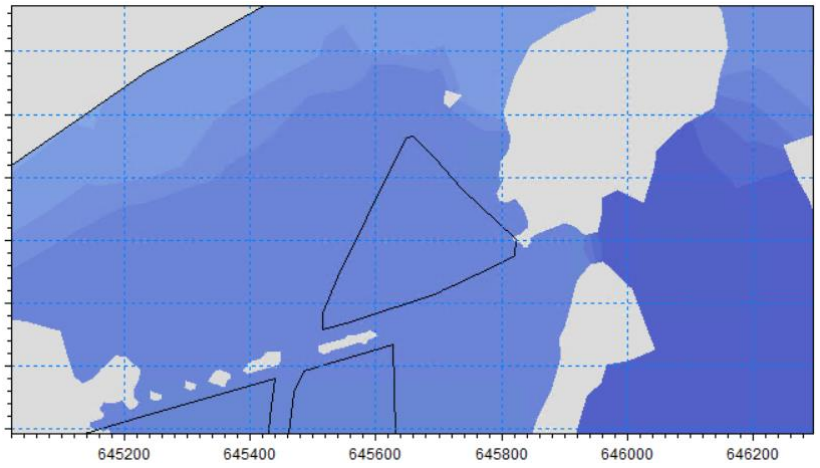
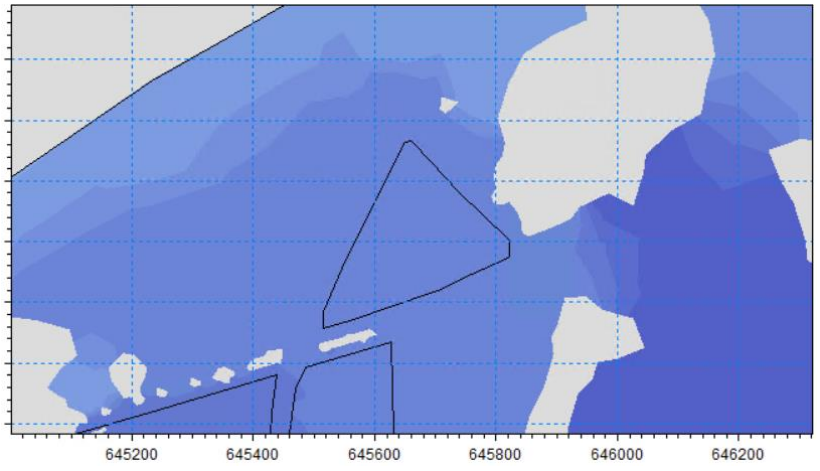
	Δt	Etat Initial	Etat Aménagé
1	+10h		
2	+19h (EI) - +20h (EA)		

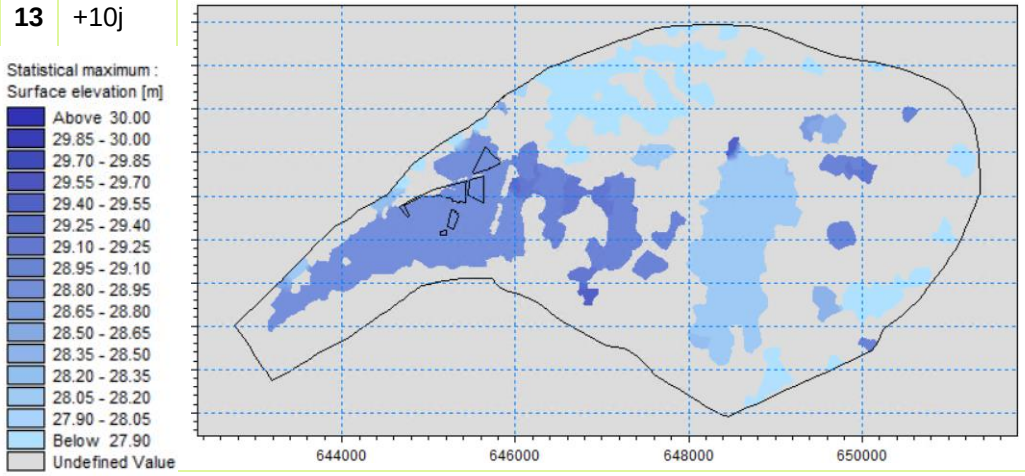
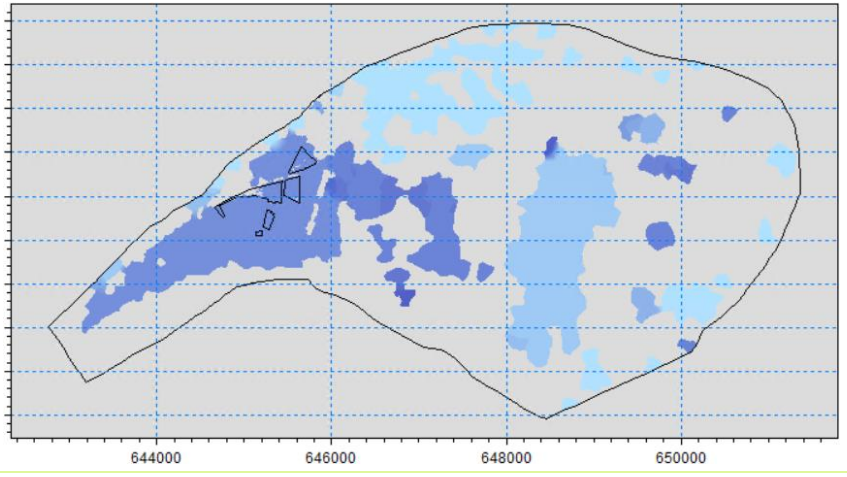
	Δt	Etat Initial	Etat Aménagé
3	+20h53 (EI) - +21h15 (EA)		
4	+21h18		

	Δt	Etat Initial	Etat Aménagé
5	+21h30		
6	+21h45		

	Δt	Etat Initial	Etat Aménagé
7	+22h		
8	+22h15		

	Δt	Etat Initial	Etat Aménagé
9	+22h30		
10	+23h		

	Δt	Etat Initial	Etat Aménagé
11	+24h		
12	+40h		

	Δt	Etat Initial	Etat Aménagé
13	+10j		

ANNEXE 1

ANALYSE DES IMPACTS HYDRAULIQUES DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA ZAC – Accompagnement expertise inondation

(S16DHF008, Mars 2017)

S16DHF008

2017

Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC

Accompagnement expertise inondation

CONSULTING

SAFEGE
Parc de L'Ile
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

Direction France

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Ile - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 04

Date : Mars 2017

Nom Prénom : LEGRAND Claire

Visa :

Vérification des documents IMP411

Numéro du projet : S16DHF008

Intitulé du projet : Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC

Intitulé du document : Accompagnement expertise inondation

Version	**Rédacteur** NOM / Prénom	**Vérificateur** NOM / Prénom	**Date d'envoi** JJ/MM/AA	**COMMENTAIRES** Documents de référence / Description des modifications essentielles
01	BERCHE / Marion	DAGORNE / Didier		Version initiale
02	LEGRAND / Claire	RIGAUDIERE / Pierre		Version finale
03	LEGRAND / Claire	RIGAUDIERE / Pierre		Modification des projets sur l'ilot Cook et Audra Mise à jour du bilan
04	LEGRAND / Claire	RIGAUDIERE / Pierre		Modifications suite aux retours de la Police de l'Eau

Sommaire

1 Introduction 5

1.1 Contexte et objectifs 5

1.2 Méthodologie 6

2 Fonctionnement hydraulique actuel 7

2.1 Volume et surface disponibles pour la crue centennale 7

2.1.1 Données et hypothèses prises 7
2.1.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises 8

2.2 Ecoulement et emprise de la zone inondable 12

2.2.1 Construction du modèle hydraulique 12
2.2.2 Calage du modèle hydraulique 21
2.2.3 Exploitation des résultats 25

3 Impacts volumétriques et hydrauliques du projet 28

3.1 Impacts volumétriques 28

3.1.1 Construction de l'état aménagé 28
3.1.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises 29
3.1.3 Comparaison des lois H/V et H/S Etat Initial / Etat Aménagé 33
3.1.4 Bilan 35

3.2 Impacts hydrauliques 35

3.2.1 Construction du modèle en état aménagé 35
3.2.2 Exploitation des résultats et comparaison avec l'état initial 35
3.2.3 Bilan sur les impacts hydrauliques 43

4 Mesures compensatoires 44

5 Conclusion 45

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI 5
Figure 2 : Topographie actuelle sur le périmètre de la future ZAC 8
Figure 3 : Lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface en état initial pour l'ilot Colombus 9
Figure 4 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour les autres ilots 10
Figure 5 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Audra 10
Figure 6 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Cook 11
Figure 7 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Magellan 11
Figure 8 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Stade 12
Figure 9 : Limites du modèle hydraulique 13
Figure 10 : Illustration du modèle 1D 14
Figure 11 : Insertion des ponts dans le modèle 1D 14
Figure 12 : Maillage 2D – Etat initial 16
Figure 13 : Illustration du principe de couplage 1D/2D 17
Figure 14 : Localisation des stations de la Banque Hydro 17
Figure 15 : Occupation du sol – Source : base de données Corine and Land Cover 2012 19
Figure 16 : Coefficients de Strickler après calage 20
Figure 17 : Carte des hauteurs d'eau du PPRi de la Seine dans les Hauts de Seine 21
Figure 18 : Profil en long de la crue centennale 22
Figure 19 : Cotes obtenues par la modélisation 24
Figure 20 : Zoom sur les remblais en état initial 25
Figure 21 : Vitesses sur le site (crue de 1910) 26
Figure 22 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul des lois H/V et H/S 28
Figure 23 : Lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface en état aménagé pour l'ilot Colombus 29
Figure 24 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour les autres ilots 30
Figure 25 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Audra 30
Figure 26 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Cook 31
Figure 27 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Magellan 31
Figure 28 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Stade 32
Figure 29 : Maillage en état aménagé 35
Figure 30 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue centennale 36
Figure 31 : Q100 - Cotes en état initial et en état aménagé 37
Figure 32 : Q100 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé 38
Figure 33 : Q100 – Vitesses en état initial et en état aménagé 39
Figure 34 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue cinquantennale 40
Figure 35 : Q50 – Cotes en état initial et en état aménagé 40
Figure 36 : Q50 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé 41
Figure 37 : Q50 – Vitesses en état initial et en état aménagé 42
Figure 38 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue décennale 42
Figure 39 : Q10 – Cotes en état initial et en état aménagé 43
Figure 40 : Q10 – Vitesses en état initial et en état aménagé 43

Table des tableaux

Tableau 1 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat initial pour l'ilot Colombus 9
Tableau 2 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat initial pour les autres ilots 10
Tableau 3 : Débit d'entrée – Crue de référence PPRI 18
Tableau 4 : Débits d'entrée – Crues intermédiaires (Q10 et Q50) 18
Tableau 5 : Comparaison des cotes PPRi et des cotes du modèle hydraulique 23
Tableau 6 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat aménagé pour l'ilot Colombus 29

Tableau 7 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat aménagé pour les autres ilots 30
Tableau 8 : Comparaison des lois H/V et H/S pour les EI / EA pour l'ilot Colombus 33
Tableau 9 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour les autres ilots 33
Tableau 10 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Audra 33
Tableau 11 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Cook 34
Tableau 12 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Magellan 34
Tableau 13 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Stade 34

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte et objectifs

Le projet d'aménagement se situe entre 300 et 900 m de la Seine, en rive gauche.

Il est en zone inondable et doit donc être conforme aux prescriptions du PPRI. Le projet se situe majoritairement en zone orange du PPRI de la Seine mais une partie est également située en zone rouge.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Caractériser l'état hydraulique de l'environnement initial ;
- Evaluer les impacts hydrauliques du projet au regard des contraintes du PPRI et de la doctrine de la DRIEE « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux » ;
- Proposer éventuellement des mesures permettant d'éviter ou de compenser les impacts hydrauliques en respectant les préconisations du PPRI.

La figure ci-dessous permet de localiser les ilots constituant la zone d'aménagement par rapport au zonage règlementaire du PPRI.

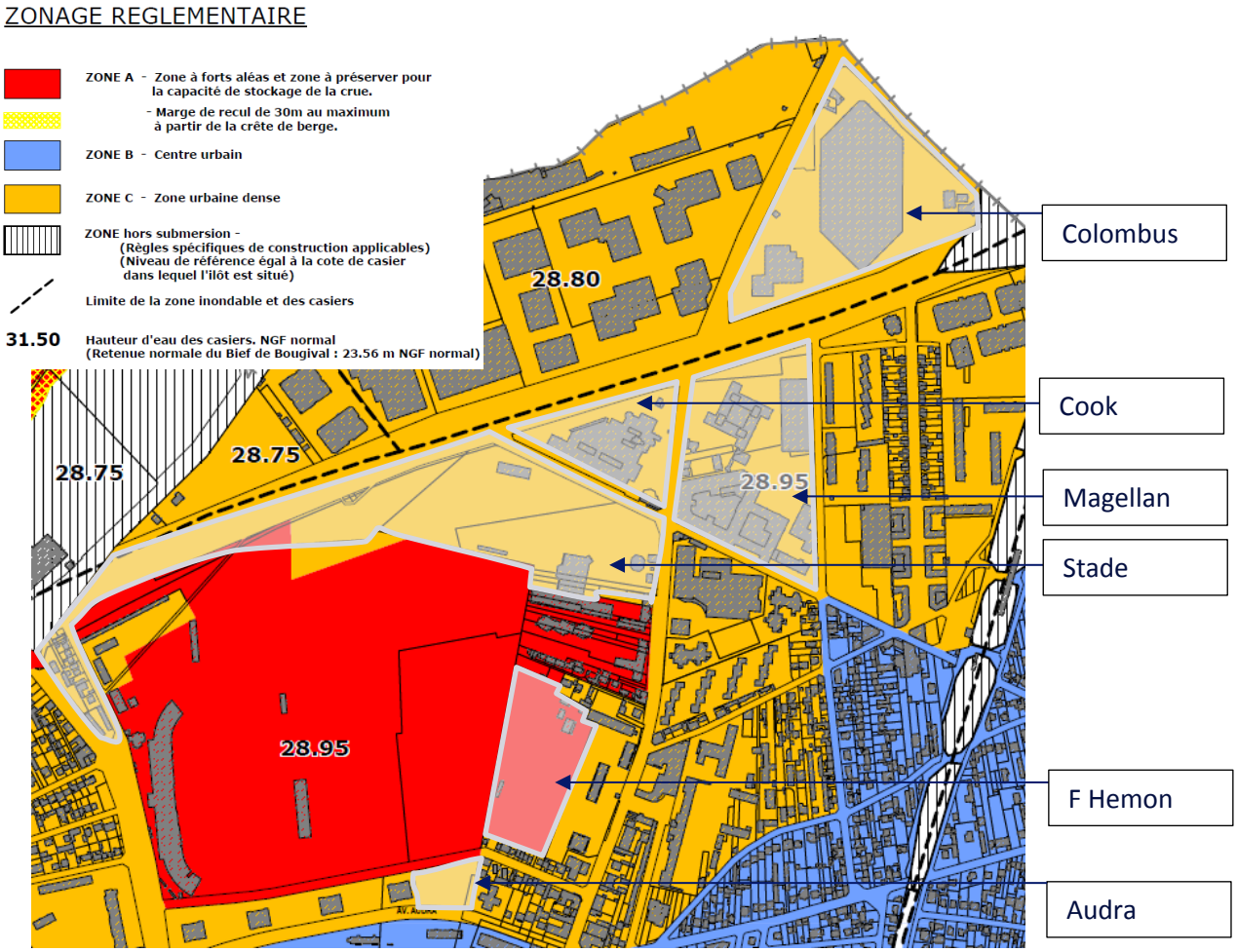


Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI

Le projet comprend ainsi **six îlots** de construction de type ZAC. L'îlot Colombus se situe sur une zone de PHEC à 28.8 m NGF et l'ensemble des autres îlots sur une zone de PHEC à 28.95 m NGF.

Les îlots Colombus, Cook et Magellan présentent actuellement une très forte urbanisation avec de nombreux bâtiments, contrairement aux autres îlots essentiellement composés d'espaces verts.

1.2 Méthodologie

L'étude des impacts hydrauliques du fait de la réalisation de la ZAC s'articule en trois temps :

- **Analyse Surfaces / Volumes :** cette phase a pour objectif de quantifier les surfaces et les volumes disponibles par tranche altimétrique, pour l'expansion de la crue centennale en état initial et aménagé.
- **Étude des écoulements et de l'enveloppe de la zone inondable :** cette phase a pour objectif de quantifier les impacts éventuels du projet sur les vitesses et les directions des écoulements pour les crues de la Seine mais également de comparer l'enveloppe de la zone d'inondation ainsi que les hauteurs d'eau atteintes. Pour ce faire, une modélisation hydraulique couplée 1D-2D est utilisée.
- **Propositions de mesures compensatoires :** cette phase a pour objectif de définir des mesures compensatoires permettant la transparence du projet.

2 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ACTUEL

Pour évaluer les impacts du projet, il est nécessaire, dans un premier temps, de préciser les connaissances de l'état actuel.

En adéquation avec les obligations définies par le PPRI et la doctrine DRIEE, il convient d'établir :

- La loi Hauteur/ Volume qui régit l'emmagasinement des crues sur le site
- La vitesse d'écoulement moyenne
- L'emprise au sol inondable

sur l'emprise du projet en état initial.

Les paragraphes suivants présentent ainsi le fonctionnement hydraulique actuel de la zone.

2.1 Volume et surface disponibles pour la crue centennale

2.1.1 Données et hypothèses prises

Le calcul de la loi Hauteur / Volume se base sur la reconstitution numérique du Terrain Naturel (TN). Pour cette étude, le Modèle Numérique de Terrain (MNT) a été réalisé à partir :

- Des levés topographiques RGE BD Alti de l'IGN (raster à la précision de 1 m dans le plan et de 20 cm en élévation),
- De plans fournis par Urban et Sens et d'une visite de site réalisée par SAFEGE pour identifier les parkings existants sur la zone.

Les bâtiments étant tous considérés comme inondables, aucune modification du TN n'a été apportée au MNT. Cette hypothèse est justifiée par le fait qu'aucun bâtiment ne semble avoir été construit de manière à être étanche. De plus, c'est l'hypothèse la plus défavorable dans le cadre des calculs à suivre. Ainsi le risque est maximisé.

Les parkings sont actuellement modélisables en tant qu'espaces de stockage des crues. Du fait de la cote de la nappe et de leur non étanchéité, seul le volume compris entre la cote casier du règlement PPRi moins 2.5 m et la cote casier est pris en compte dans les calculs de volume de stockage qui vont suivre conformément au PPRi. Ces zones de stockage ont été insérées dans le MNT.

Les lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface initiales permettent de déterminer, par tranche altimétrique de 50 cm du point le plus bas jusqu'au niveau des PHEC, les volumes et surfaces à garantir sous la cote casier du PPRi. L'emprise du projet se trouvant sur deux cotes casiers différentes, deux calculs distincts ont été menés. La carte ci-dessous présente les emprises des calculs.

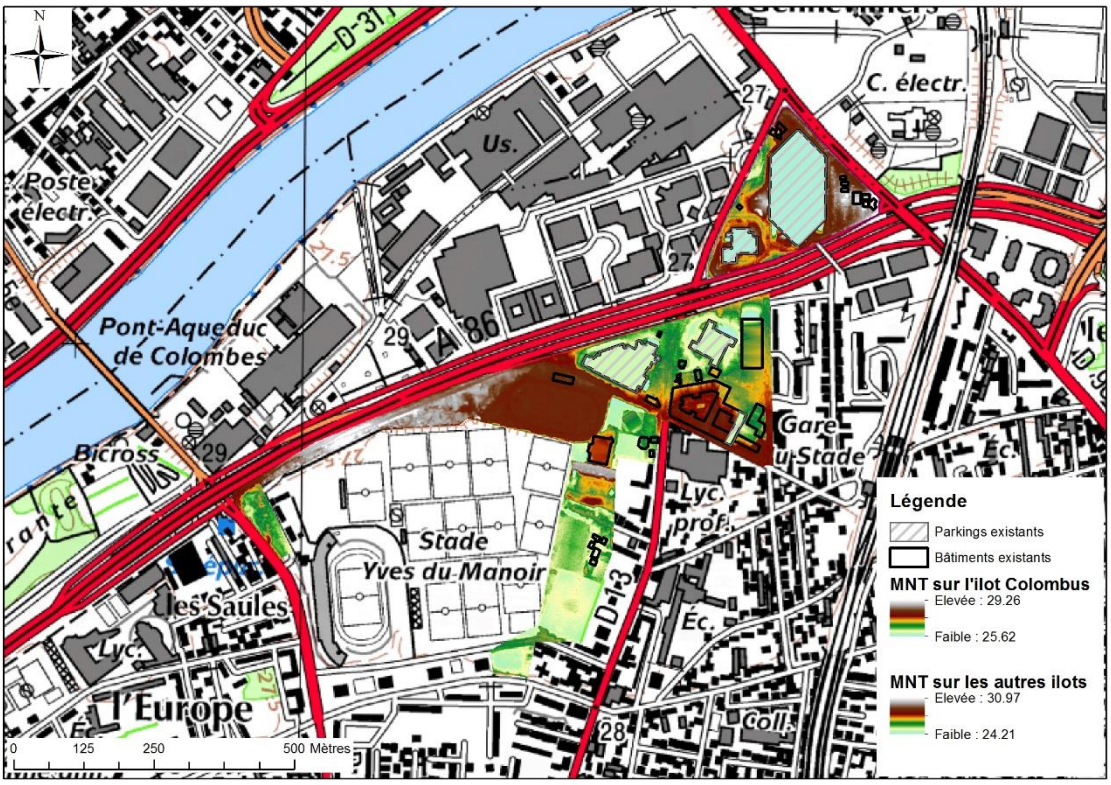


Figure 2 : Topographie actuelle sur le périmètre de la future ZAC

2.1.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises

2.1.2.1 Préambule

Nous présentons dans ce chapitre les éléments de surfaces et de volumes pour l'état initial, en distinguant l'îlot Colombus (cote casier 28.80 NGF) et les « autres îlots » (cote casier 29.95 NGF). La partie « autres îlots » est présentée globalement puis en détaillant chaque îlot.

D'autre part, nous faisons une distinction entre :

- **L'îlot Colombus :** cet îlot est situé dans un secteur sur lequel les vitesses peuvent dépasser 0.2 m/s (Cf. partie « modélisation »). La doctrine de la DRIEE impose donc de considérer ce secteur comme une « zone d'expansion », sur laquelle les surfaces et les volumes inondables sont à compenser par tranche altimétrique de 50 cm.
- **Les autres îlots** sont situés dans une « zone de stockage ». La doctrine de la DRIEE nous impose ici de compenser uniquement les volumes d'inondation, qui seuls sont présentés dans la suite.

2.1.2.2 Ilot Colombus

Les lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface pour l'ilot Colombus sont présentées sur le graphique ci-dessous.

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 74 212 m³, ce qui correspond à une surface de 45 004 m².

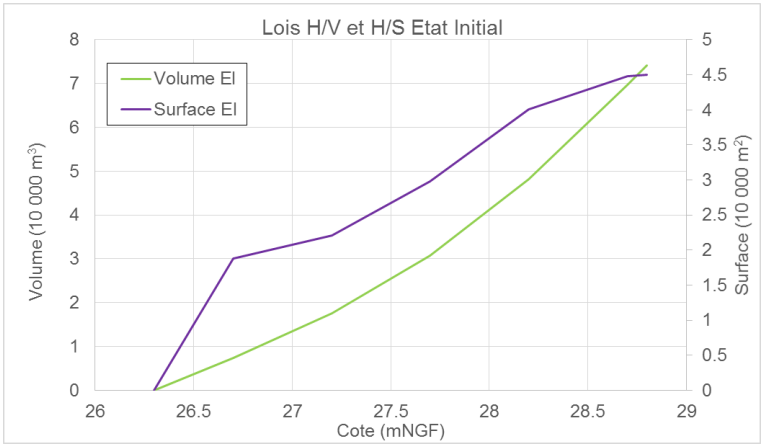


Figure 3 : Lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface en état initial pour l'ilot Colombus

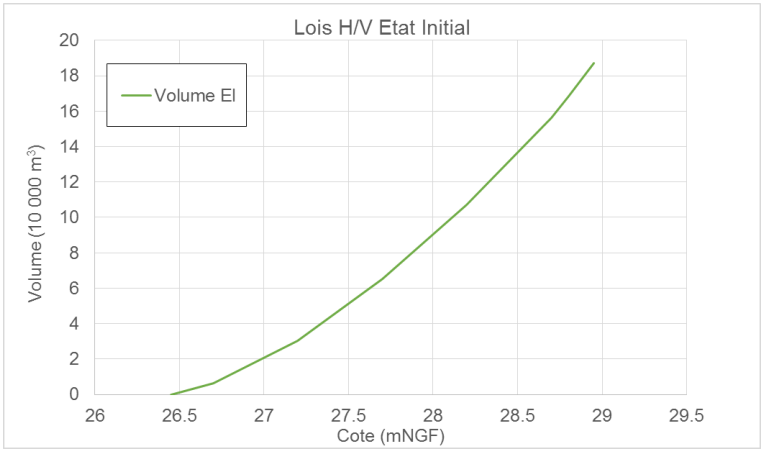
Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Surface m²	Volume m³
26.3	0	0
26.7	18845	7414
27.2	22083	17565
27.7	29802	30733
28.2	40074	48097
28.7	44759	69697
28.8	**45004**	**74212**

Tableau 1 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat initial pour l'ilot Colombus[1]

2.1.2.3 Autres ilots

La loi Hauteur / Volume sur les autres ilots est présentée sur la graphique ci-dessous. Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 187 038 m³.



[1] Pour une plus grande précision au début des lois H/V et H/S, une ligne a été ajoutée à moins de 50cm de la cote casier – 2.5 m.

Figure 4 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour les autres ilots

Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

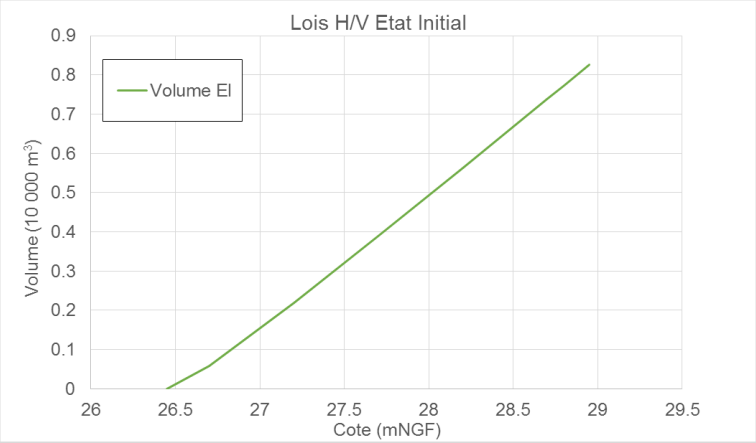
Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	6426
27.2	30104
27.7	65288
28.2	107276
28.7	156334
28.8	168437
28.95	**187038**

Tableau 2 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat initial pour les autres ilots

Afin de prendre en compte la phase de chantier, des calculs ont également été réalisés ilot par ilot. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 8 258 m³.

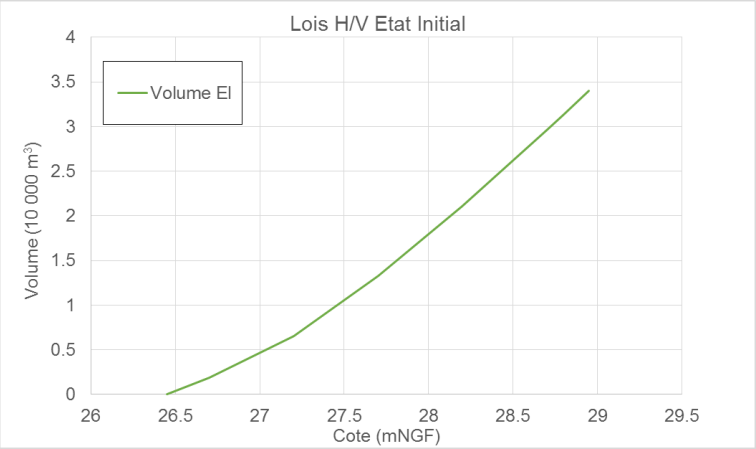


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	587
27.2	2189
27.7	3886
28.2	5629
28.7	7382
28.8	7731
28.95	**8258**

Figure 5 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 33 995 m³.

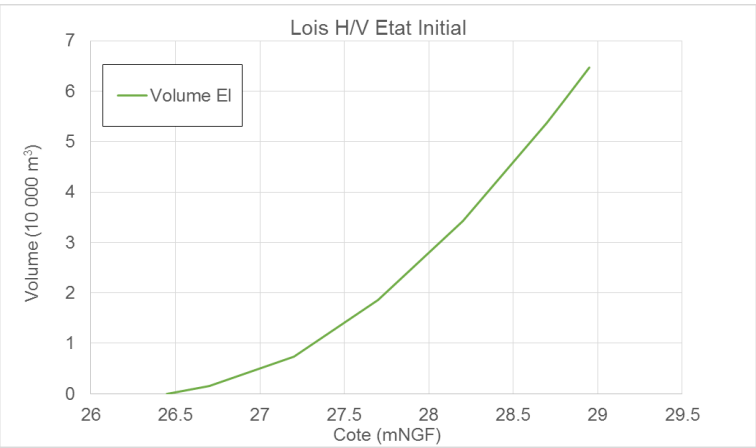


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1870
27.2	6569
27.7	13319
28.2	21045
28.7	29589
28.8	31351
28.95	**33995**

Figure 6 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 64 719 m³.

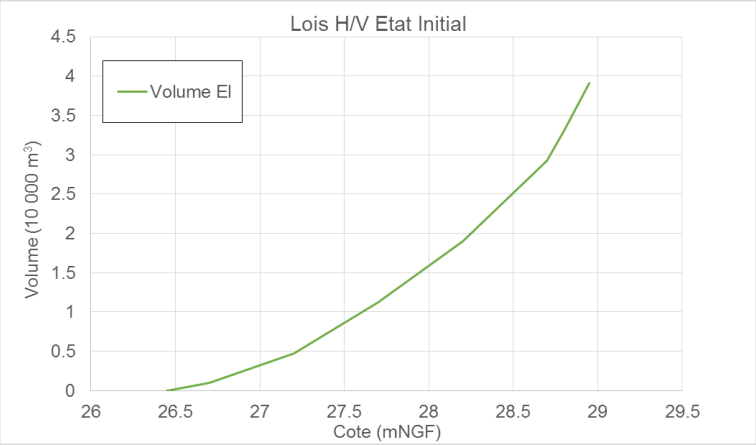


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1581
27.2	7373
27.7	18579
28.2	34294
28.7	53716
28.8	58115
28.95	**64719**

Figure 7 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 39 150 m³.



Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	969
27.2	4725
27.7	11235
28.2	18982
28.7	29261
28.8	33042
28.95	**39150**

Figure 8 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Stade

2.1.2.4 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 74 212 m³ et de 187 038 m³ sur les autres ilots.

Afin de prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 66 791 m³** et de **168 334 m³ sur les autres ilots**.

2.2 Ecoulement et emprise de la zone inondable

2.2.1 Construction du modèle hydraulique

La modélisation hydraulique mise en œuvre est un modèle couplé 1D – 2D qui permet d'une part de bien prendre en compte les différents ouvrages du lit mineur de la Seine pour avoir une représentation fiable de la réalité et d'avoir d'autre part une bonne représentation des écoulements dans le lit majeur et notamment des cotes et des vitesses au droit du site de projet.

Après le calage du modèle sur la crue de 1910, les simulations hydrauliques sont lancées pour les trois débits suivants :

- Q10 ;
- Q50 ;
- Q100 que nous assimilons à la crue de 1910.

Les simulations sont effectuées en régime transitoire.

2.2.1.1 Construction géométrique

Limites du modèle

La partie 1D du modèle s'étend du pont de la D909 au barrage d'Andrésy (à l'aval de la confluence avec l'Oise). Il couvre ainsi un linéaire important de Seine de manière à avoir une condition limite aval suffisamment éloignée du site et fiable.

Le projet étant localisé au niveau de la boucle de Gennevilliers, boucle serrée de la Seine comprenant de nombreux remblais, les écoulements hydrauliques sont complexes et une partie du flux ayant débordé en lit majeur court-circuite ce méandre. Ainsi la modélisation hydraulique 2D doit s'étendre sur l'ensemble de l'intérieur de la boucle de Gennevilliers.

La partie 2D du modèle correspond donc au champ d'expansion de la crue centennale en rive gauche, délimité par la cartographie d'aléa du PPRi. L'emprise est délimitée au Nord Est par le remblai de la voie SNCF et au sud et à l'Ouest par la fin de la zone inondable.

La carte ci-dessous présente les limites du modèle.

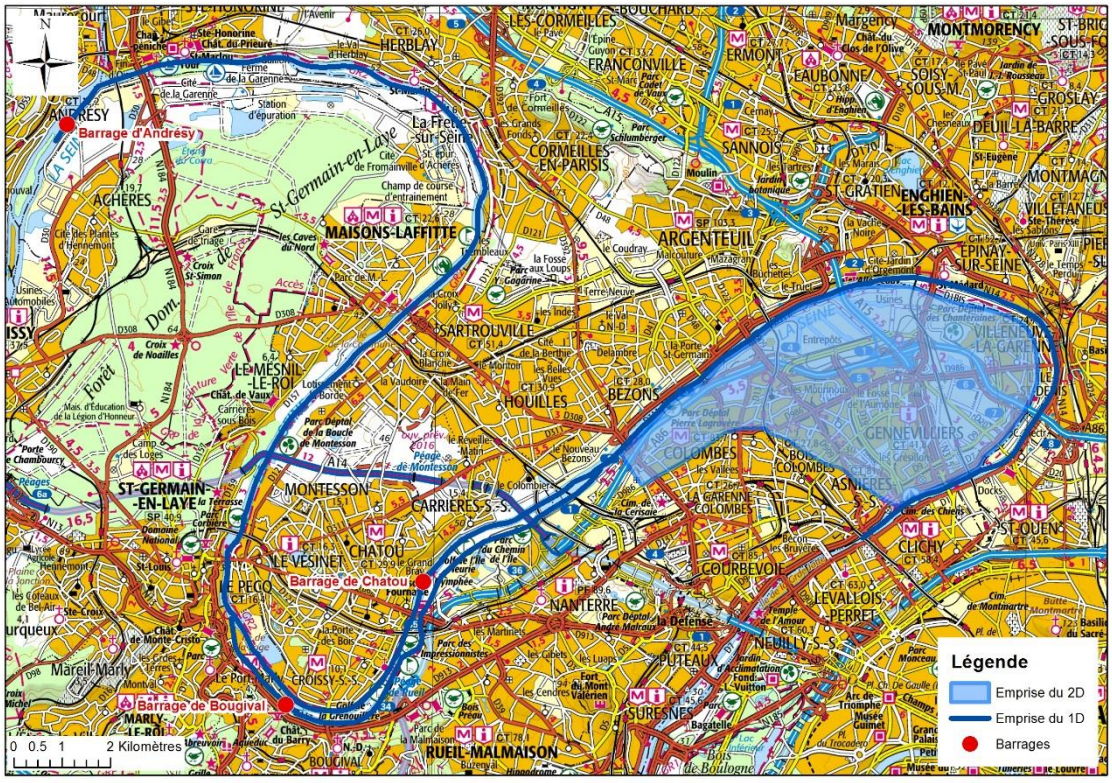


Figure 9 : Limites du modèle hydraulique

Topographie et bathymétrie

Modélisation de la partie 1D : Modèle Mike 11

MIKE 11 est un logiciel d'hydraulique capable de modéliser la propagation d'onde de crue en régime transitoire et permanent, quel que soit le régime d'écoulement (fluvial ou torrentiel). La résolution des équations de Barré Saint Venant est réalisée à l'aide d'un schéma implicite en différence finie. MIKE 11 permet de décrire l'ensemble des ouvrages aménagés le long du linéaire d'un cours d'eau.

Les points forts de ce logiciel sont :

- La robustesse de son noyau de calcul qui permet d'étudier des écoulements torrentiels ou fluviaux en régime permanent ou transitoire ;
- La puissance et la souplesse des moyens de description du relief des zones à étudier (lits mineurs, ouvrages, digues...) ;
- Les interfaces de présentation de la topologie du modèle hydraulique mis au point et d'édition des résultats (courbes d'évolution temporelle des hauteurs d'eau ou des débits, profils en travers en long).

Les figures ci-dessous illustrent les éléments de la modélisation :

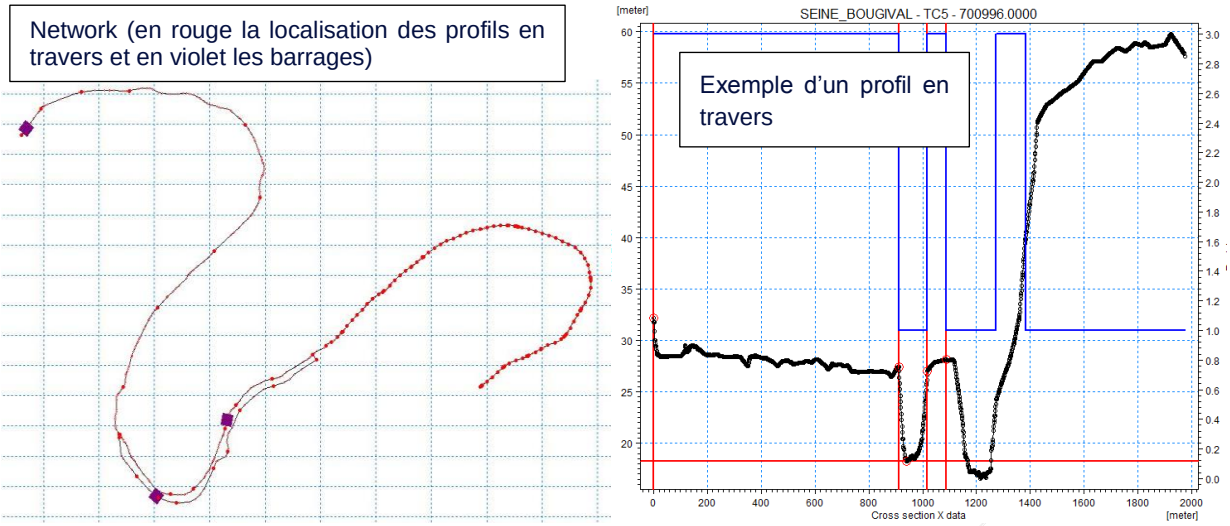


Figure 10 : Illustration du modèle 1D

Les profils en travers sont extraits de la bathymétrie de VNF datant de 2013.

Les ouvrages tels que les seuils, barrages et déversoirs sont décrits par des lois correspondantes, dont les coefficients peuvent être ajustés en période de calage. Les ouvrages complexes peuvent être décrits avec autant de « compartiments » que nécessaire.

Les ouvrages de franchissement ont été introduits dans le modèle par l'intermédiaire de sections en travers décrivant leur géométrie comme le montre la figure ci-dessous.

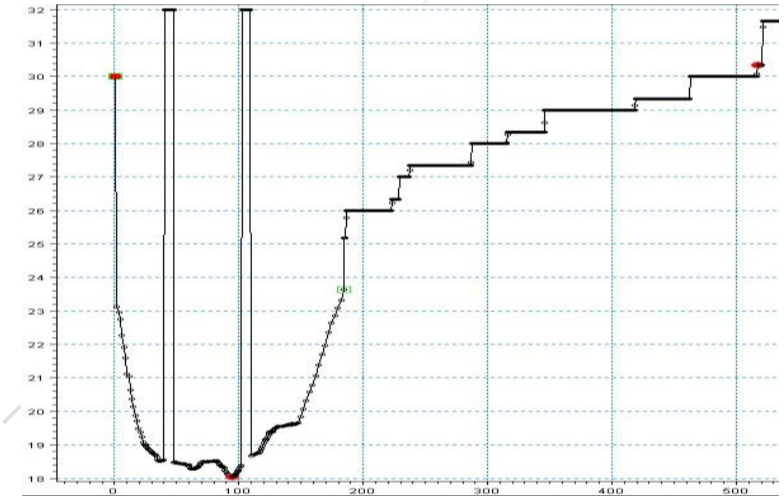
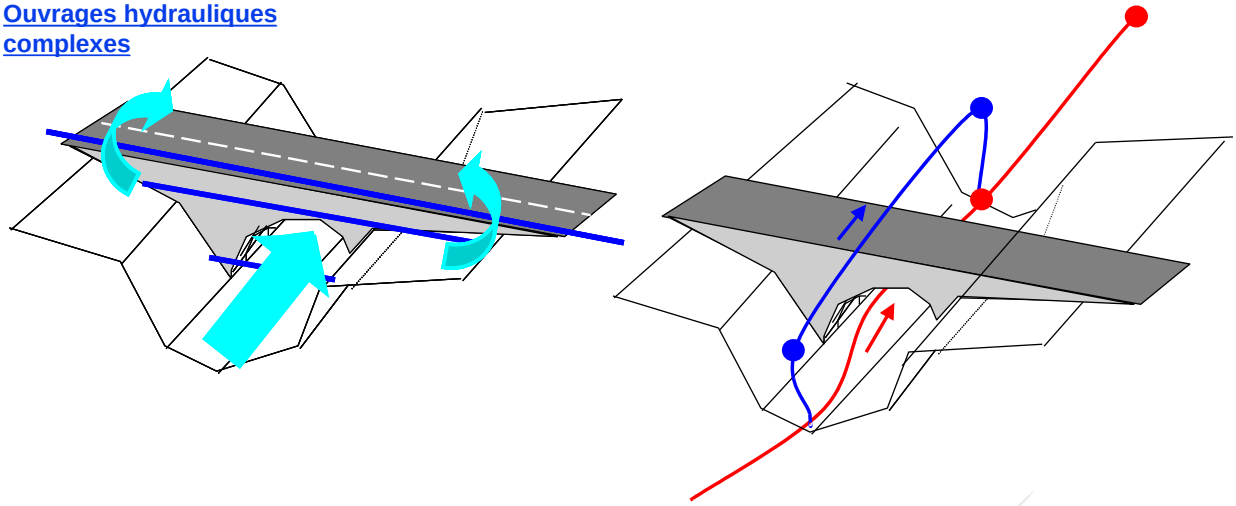


Figure 11 : Insertion des ponts dans le modèle 1D

La perte de charge induite par ces ouvrages est automatiquement calculée par le modèle et prise en compte dans le calcul de la ligne d'eau. Les franchissements sont décrits par le schéma ci-dessous, en distinguant (1) le passage de l'eau sous la voûte de l'ouvrage, (2) le passage dans les ouvrages de décharge, (3) la surverse éventuelle par-dessus le remblai d'accès à l'ouvrage ou le tablier du pont.

Ouvrages hydrauliques complexes



Les barrages de Chatou, Bougival et Andrésy ainsi que l'ensemble des ponts jusqu'au barrage de Chatou ont été intégrés au modèle.

Modélisation de la partie 2D : Modèle Mike 21

Le modèle 2D est bâti avec un maillage flexible triangulaire, qui permet de raffiner l'échelle de description au niveau des singularités hydrauliques et autres sites d'intérêts tels que les zones de remblais et points hauts et les zones directement situées sur le site du projet.

Sur l'emprise de la zone à modéliser en 2D, les données LiDAR du RGE Alti de l'IGN ont été collectées. Ces données cartographiques correspondent à des dalles raster au format ASCII projetées en Lambert 93 et avec une résolution de 1 m dans le plan et 20 cm en élévation.

Les dalles sont assemblées, redécoupées sur l'emprise du secteur modélisé et portées à une résolution de 5m pour pouvoir manipuler plus facilement les données tout en conservant une résolution suffisante pour une bonne représentation topographique.

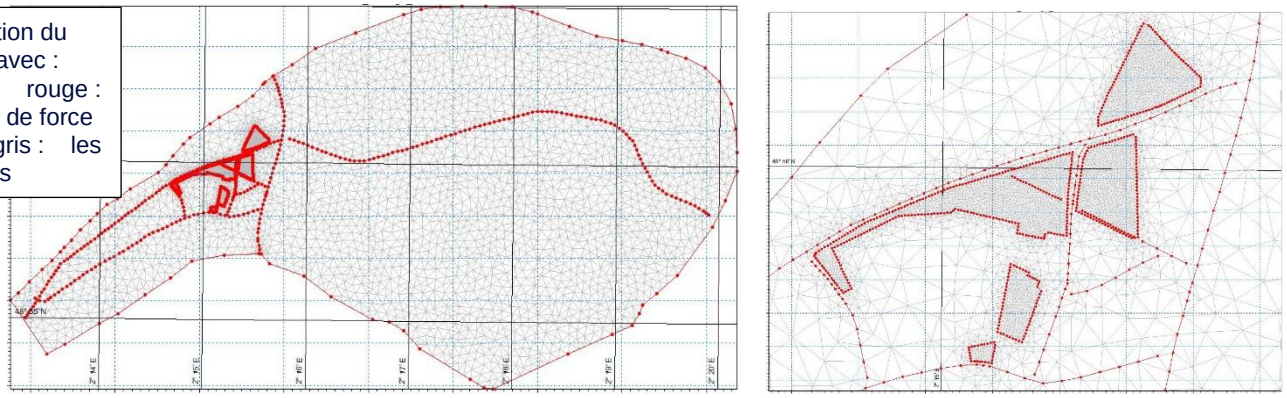
Le raster ainsi créé est utilisé pour générer un semi de point au format .xyz sur lequel sont interpolés les points du maillage de modélisation hydraulique.

Le maillage est :

- **Triangulaire sur l'ensemble de la zone d'étude**. Ce type de maillage convient bien pour la modélisation d'écoulements multidirectionnels et au voisinage des singularités hydrauliques.
- **Constitué de 2 grandes zones** : l'emprise de la boucle en amont et en aval de la zone de projet représenté avec des mailles de taille importante (1000 m² au maximum) et la zone au droit du site représentée avec un maillage fin (20 m² au maximum).

La figure ci-dessous illustre le maillage généré dans la modélisation hydraulique.

Construction du maillage avec :
- En rouge : lignes de force
- En gris : les mailles



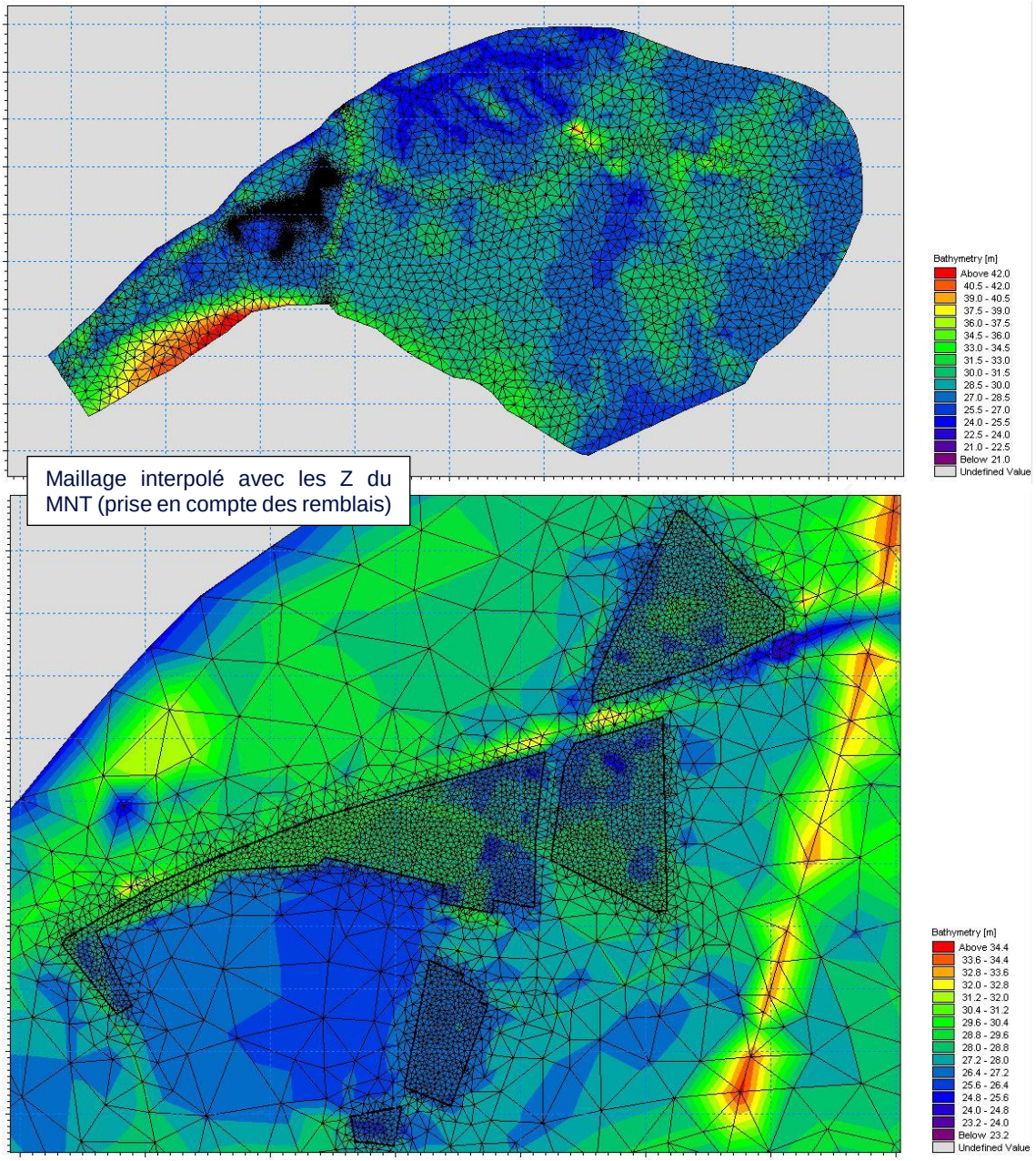


Figure 12 : Maillage 2D – Etat initial

Couplage des modèles par l'interface MIKE FLOOD

Le couplage des modèles 1D et 2D est réalisé à partir de l'interface MIKE FLOOD. Le couplage des deux représentations mathématiques de l'écoulement est réalisé grâce à des liens standards latéraux sur la berge rive gauche du bras gauche qui permettent le transfert des flux en provenance du modèle 1D vers le modèle 2D et inversement.

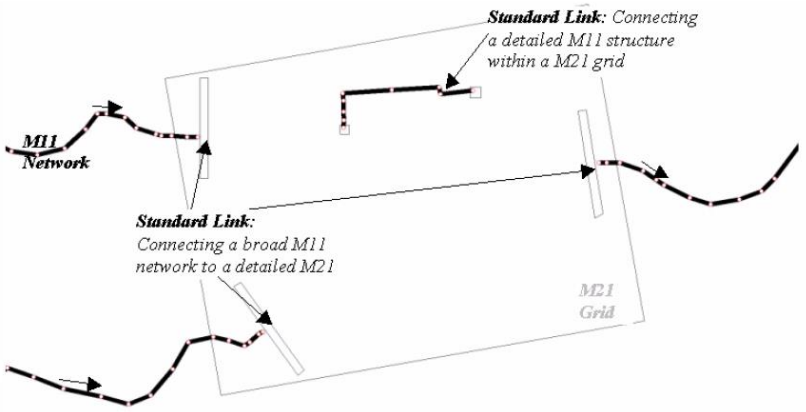


Figure 13 : Illustration du principe de couplage 1D/2D

2.2.1.2 Hydrologie, conditions limites et paramétrage

Les données disponibles dans la Banque Hydro pour la crue de 1910 sont celles de la Seine au Droit du pont d'Austerlitz, située à 45.4km curviligne de la zone de projet (en suivant le linéaire de la Seine).

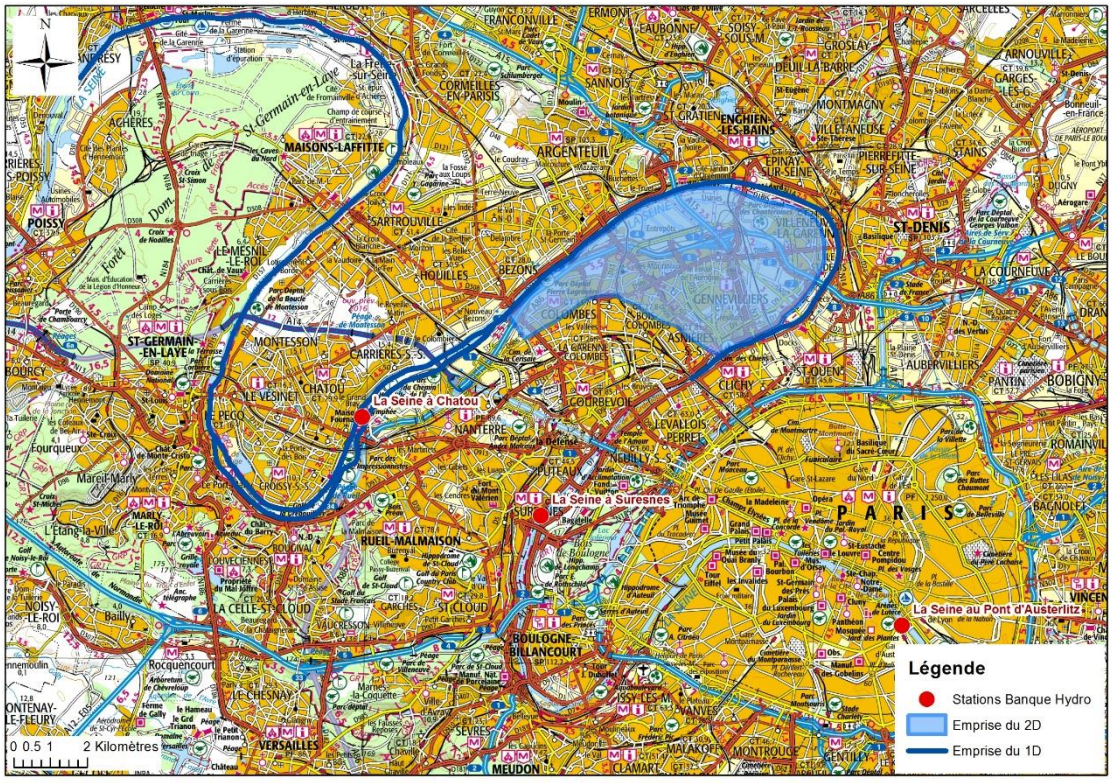


Figure 14 : Localisation des stations de la Banque Hydro

Le bassin versant collecté par la station du pont d'Austerlitz est de 43800 km².

Les stations hydrométriques les plus proches de la zone projet sont celles de la Seine à Suresnes et la Seine à Chatou. Les bassins versant drainés correspondant sont respectivement de 44100 et de 44 669 km² (données issues des stations). Ces données (dont la source est plus proche géographiquement) seront utilisées pour les crues décennale et cinquantennale.

	Surface du BV d'apport en km²	Débit de pointe en m³/s
Austerlitz	43800	2660
Suresnes	44100	2678
Chatou	44669	2713
Zone d'étude	44129	**2680**

Tableau 3 : Débit d'entrée – Crue de référence PPRI

	Surface du BV d'apport en km²	Q10	Q50
Austerlitz	43800	1600	2400
Zone d'étude	44129	**1612**	**2450**

Tableau 4 : Débits d'entrée – Crues intermédiaires (Q10 et Q50)

On remarquera le débit retenu comme le débit de la crue cinquantennale est supérieur à celui de la crue 1924. En effet, la présence de murettes le long des berges de la boucle de Gennevilliers empêche théoriquement les inondations sous la cote de la crue de 1924 estimé à 2200 m³/s dans le département des Hauts de Seine. Nous avons donc retenu une situation hydrologique intermédiaire pour laquelle la boucle de Gennevilliers est effectivement inondée.

Condition limite aval

Comme expliqué précédemment la condition limite aval est fixée à l'aval de la confluence de la Seine avec l'Oise.

Cette condition limite est une loi Q/H définie à partir des cotes relevées pour différentes crues à l'amont du barrage d'Andrésy.

Pour information, les débits de l'Oise pris en compte dans le modèle sont les suivants :

- 330 m³/s pour la Q10,
- 400 m³/s pour la Q50,
- 420 m³/s pour la Q100.

Coefficients de rugosité

La définition des coefficients de rugosité sur l'emprise de la modélisation 2D se base sur les données Corine and Land Cover 2012 et sur des photos aériennes de la zone datant d'août 2016.

La figure ci-dessous présente les occupations du sol Corine Land Cover.

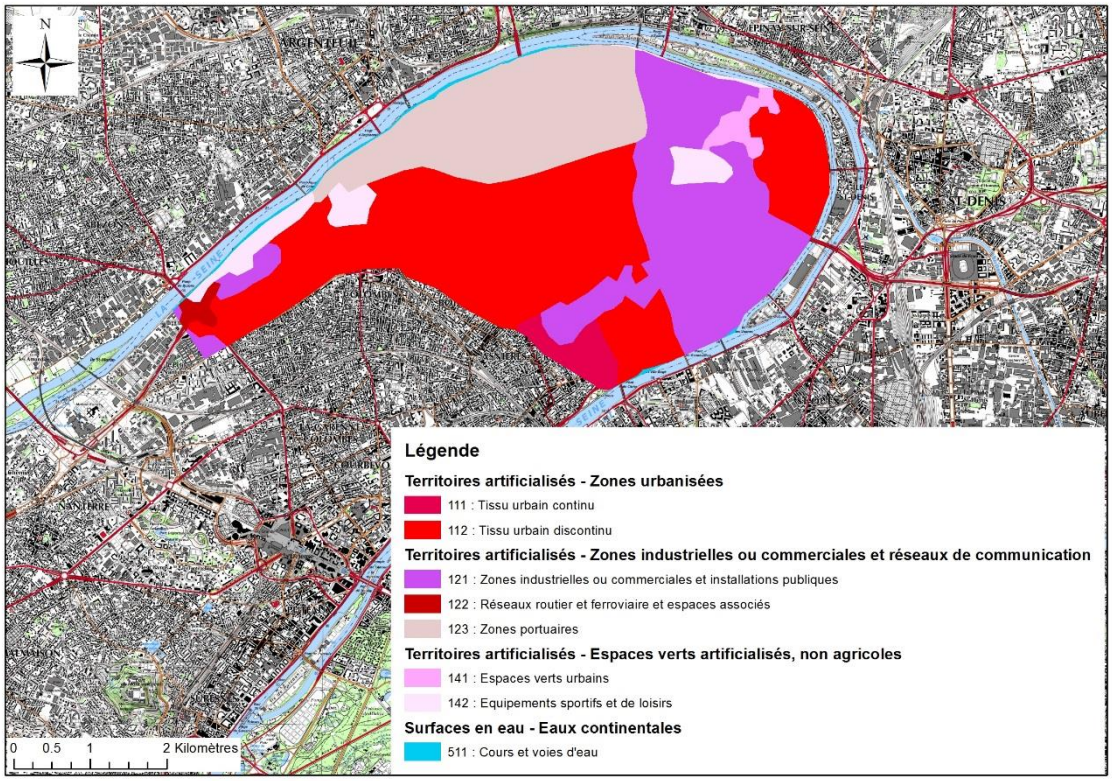
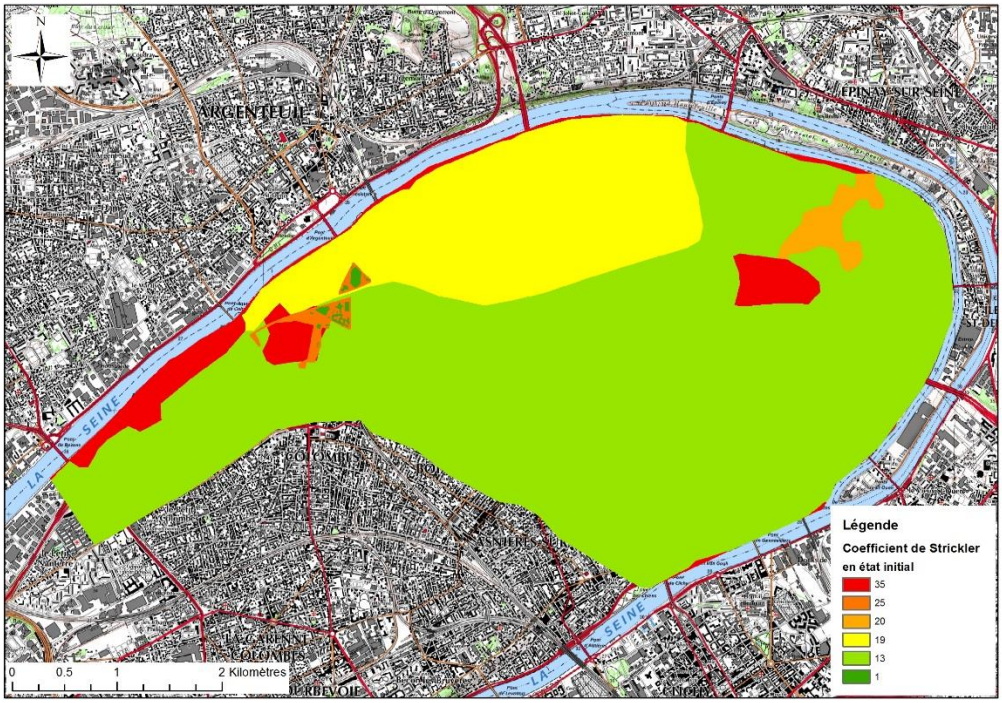


Figure 15 : Occupation du sol – Source : base de données Corine and Land Cover 2012

Les coefficients de Strickler retenus après calage dans le modèle 2D sont représentés sur la carte suivante. Dans le lit mineur, le coefficient de Strickler est fixé à 33 dans la boucle, 36 entre l'aval de la zone projet et l'île des Impressionnistes et 30 à l'aval du modèle.



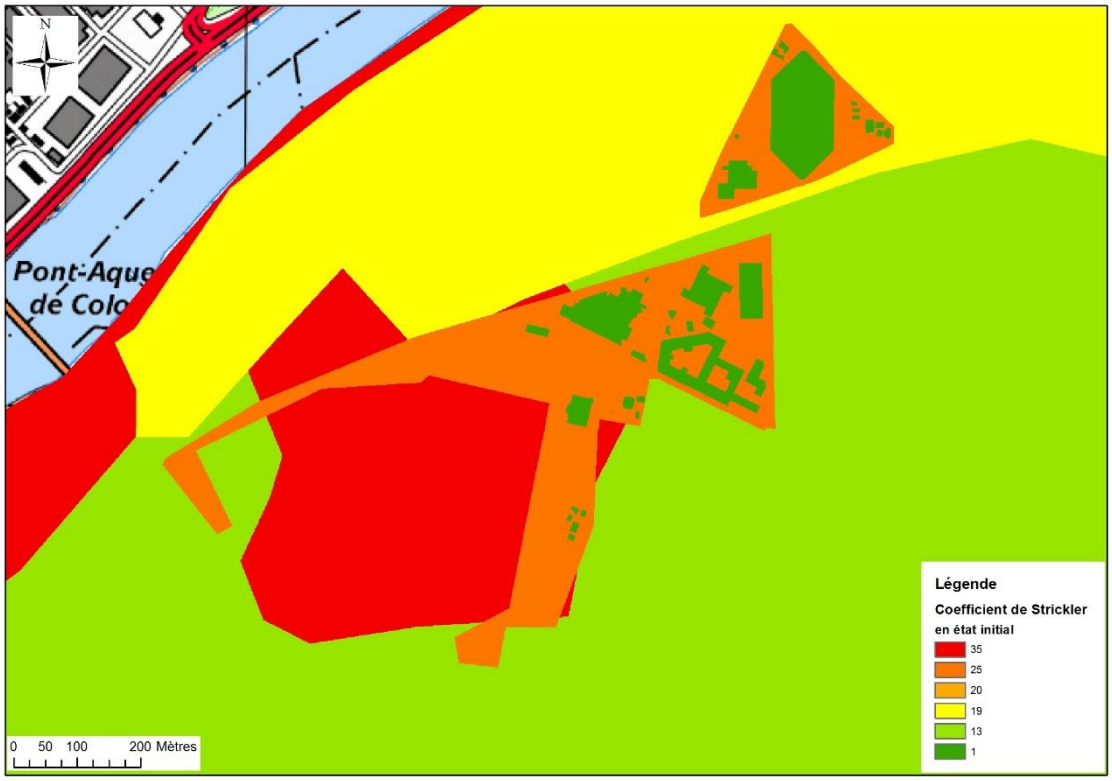


Figure 16 : Coefficients de Strickler après calage

On remarque qu'un raffinement a été effectué sur la zone projet. Ainsi sur l'emprise de la future ZAC, les coefficients de Strickler pour les bâtiments sont pris égaux à 1 ce qui les distingue des routes et espaces verts pour lesquels le Strickler est fixé à 25. Cette distinction n'a pas été faite sur le reste du modèle 2D pour lequel un coefficient moyen intégrant le bâti a été choisi.

2.2.2 Calage du modèle hydraulique

Le calage du modèle est effectué sur la base de la cartographie du PPRi.

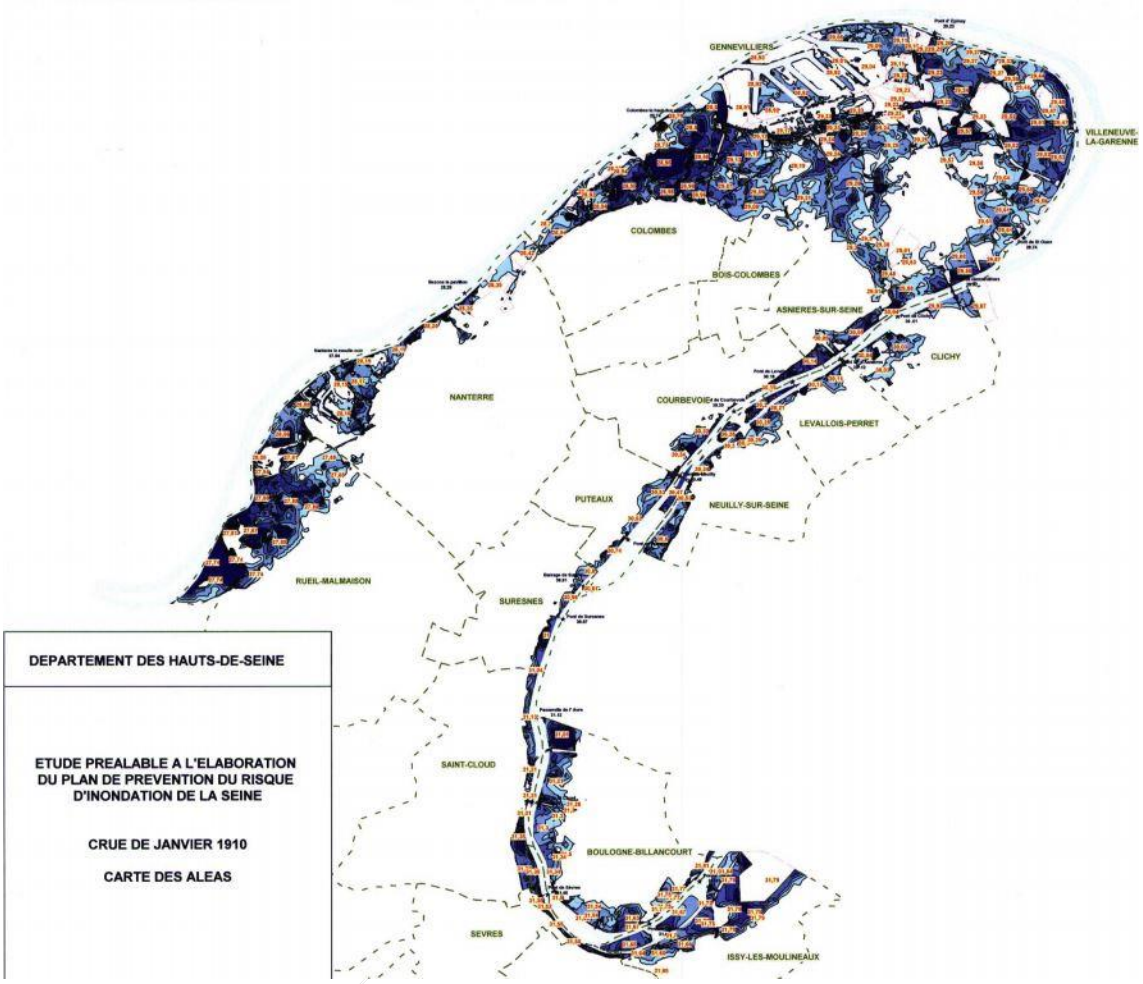
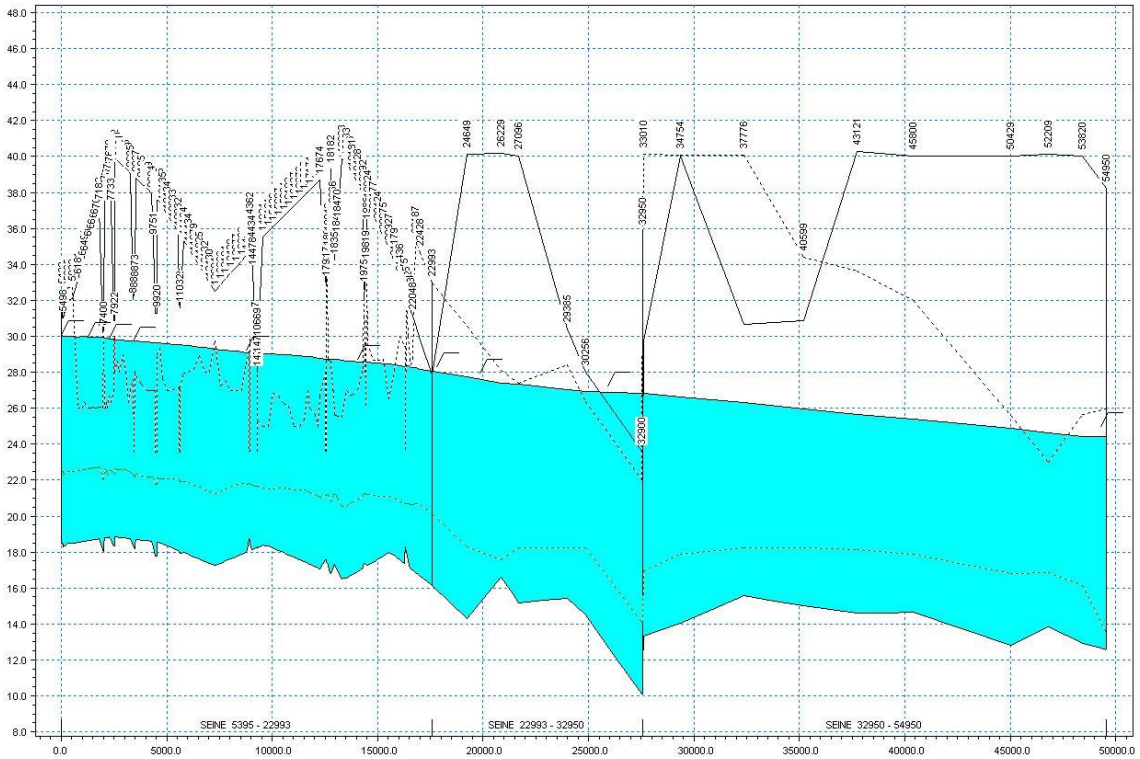


Figure 17 : Carte des hauteurs d'eau du PPRi de la Seine dans les Hauts de Seine

L'objectif est ainsi d'obtenir un niveau d'eau comparable sur le secteur d'étude, à savoir, 28.95 mNGF sur l'ensemble des secteurs au sud de l'autoroute A86 et 28.8 mNGF au Nord ainsi qu'une ligne d'eau similaire à celle du PPRi.

Après calage, on trouve les résultats présentés ci-dessous.

Les traits noirs au-dessus de la ligne d'eau représentent les repères de crue. Ces derniers sont repris par les points orange sur le zoom ci-dessous.



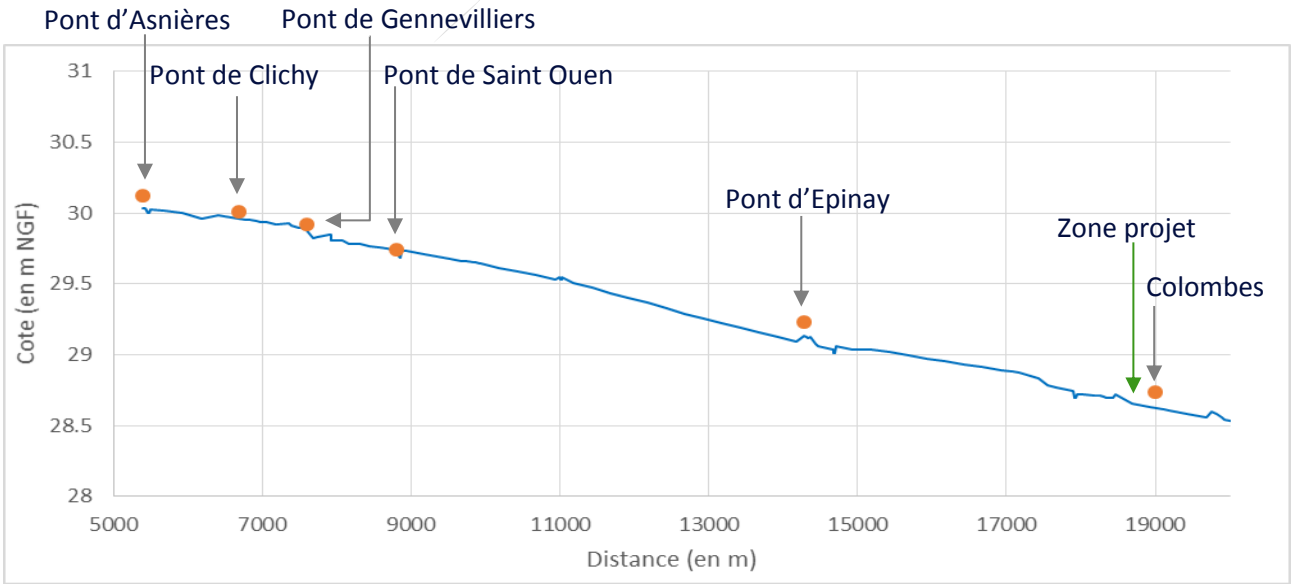


Figure 18 : Profil en long de la crue centennale

Distance (en m)	Cote du lit mineur sur la carte du PPRi (en m NGF)	Cote du lit mineur dans le modèle (en m NGF)	Différence (en m)
5395	30.12	30.03	0.09
6685	30.01	29.96	0.05
7600	29.92	29.88	0.04
8796	29.74	29.74	0
14285	29.23	29.13	0.1
19000	28.74	28.63	0.11

Tableau 5 : Comparaison des cotes PPRi et des cotes du modèle hydraulique

Dans le lit mineur, on retrouve donc bien les cotes mentionnées dans le PPRi des Hauts de Seine.

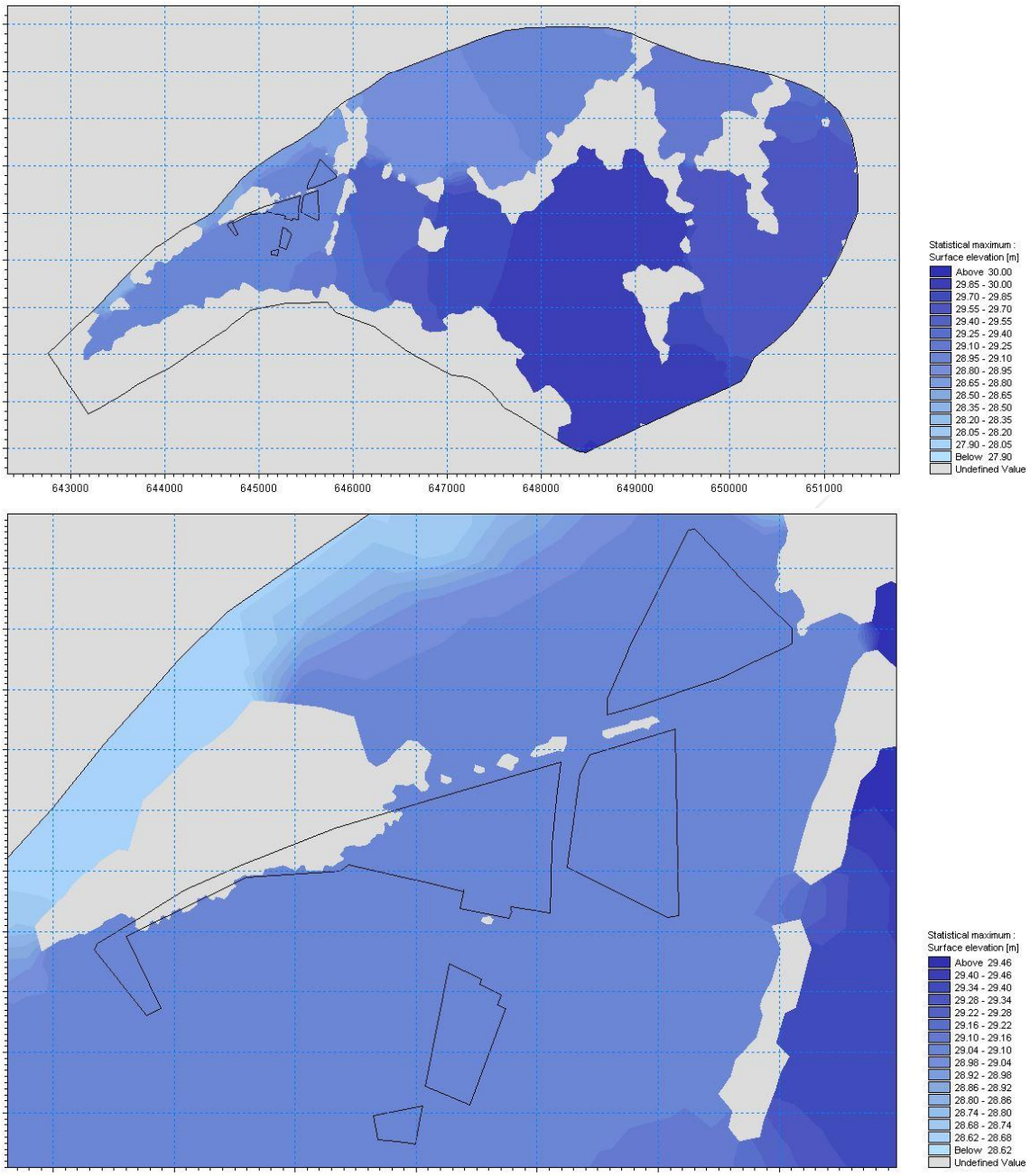


Figure 19 : Cotes obtenues par la modélisation

On constate que l'étendue de la zone inondée est correctement représentée si on le compare à la cartographie du PPRi.

Les différences de hauteurs d'eau observées dans le modèle 2D (29.06 m NGF pour l'ilot Colombus et 29.09 m NGF pour les autres ilots soit environ une quinzaine de centimètres au-dessus de la cote PPRi) s'expliquent par la construction de l'autoroute A86 et la mise en place de remblais entre l'A86 et la Seine qui n'existaient pas lors de la crue de 1910 (voir carte ci-dessous). Cette construction crée un stockage de l'eau plus important au niveau de la zone projet.

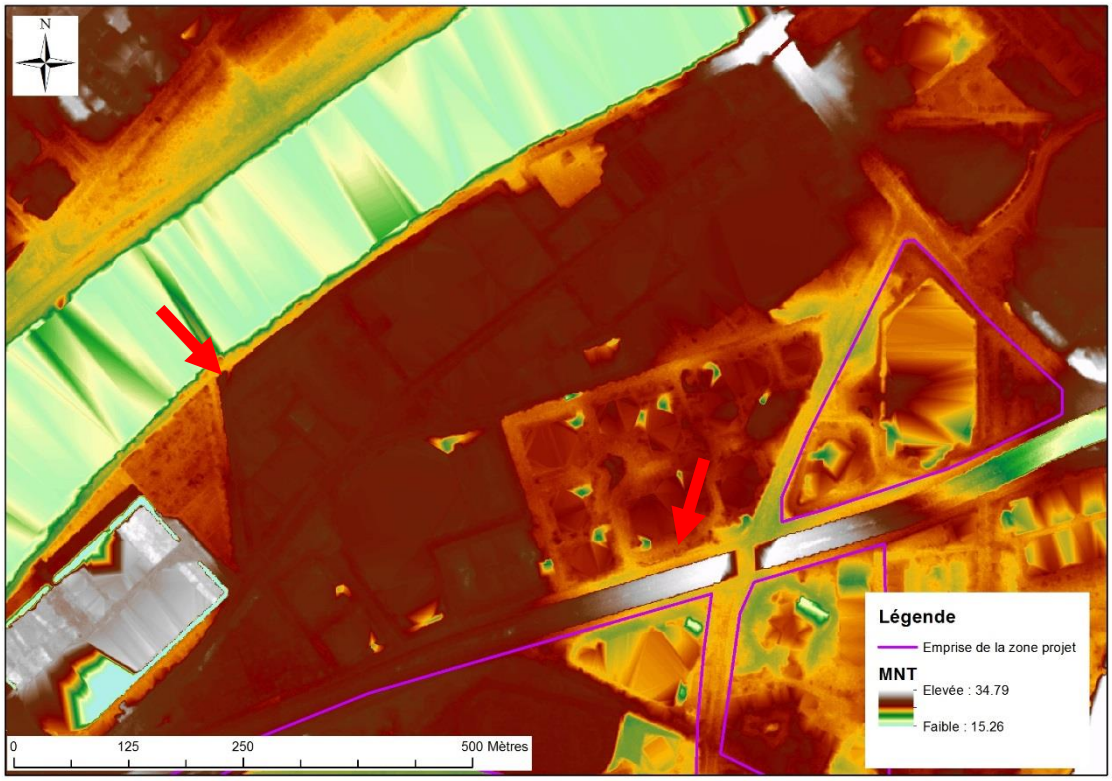


Figure 20 : Zoom sur les remblais en état initial

2.2.3 Exploitation des résultats

Les cartes présentées ci-dessous permettent de visualiser les vitesses d'écoulement obtenues.

Les vitesses sont comprises :

- entre 0.01 et 0.2 m/s sur la zone du projet au sud de l'A86
- entre 0.01 et 0.25 m/s au nord de l'A86.

Ces vitesses sont très faibles pour la partie sud et correspondent à une zone de stagnation de l'eau. Le remplissage se fait très lentement à la façon d'une cuvette.

Pour la partie au Nord, les eaux passent sur l'A86 qui est plus basse à l'est puis s'écoulent le long du bâtiment avec une légère augmentation des vitesses jusqu'à 0.25 m/s.

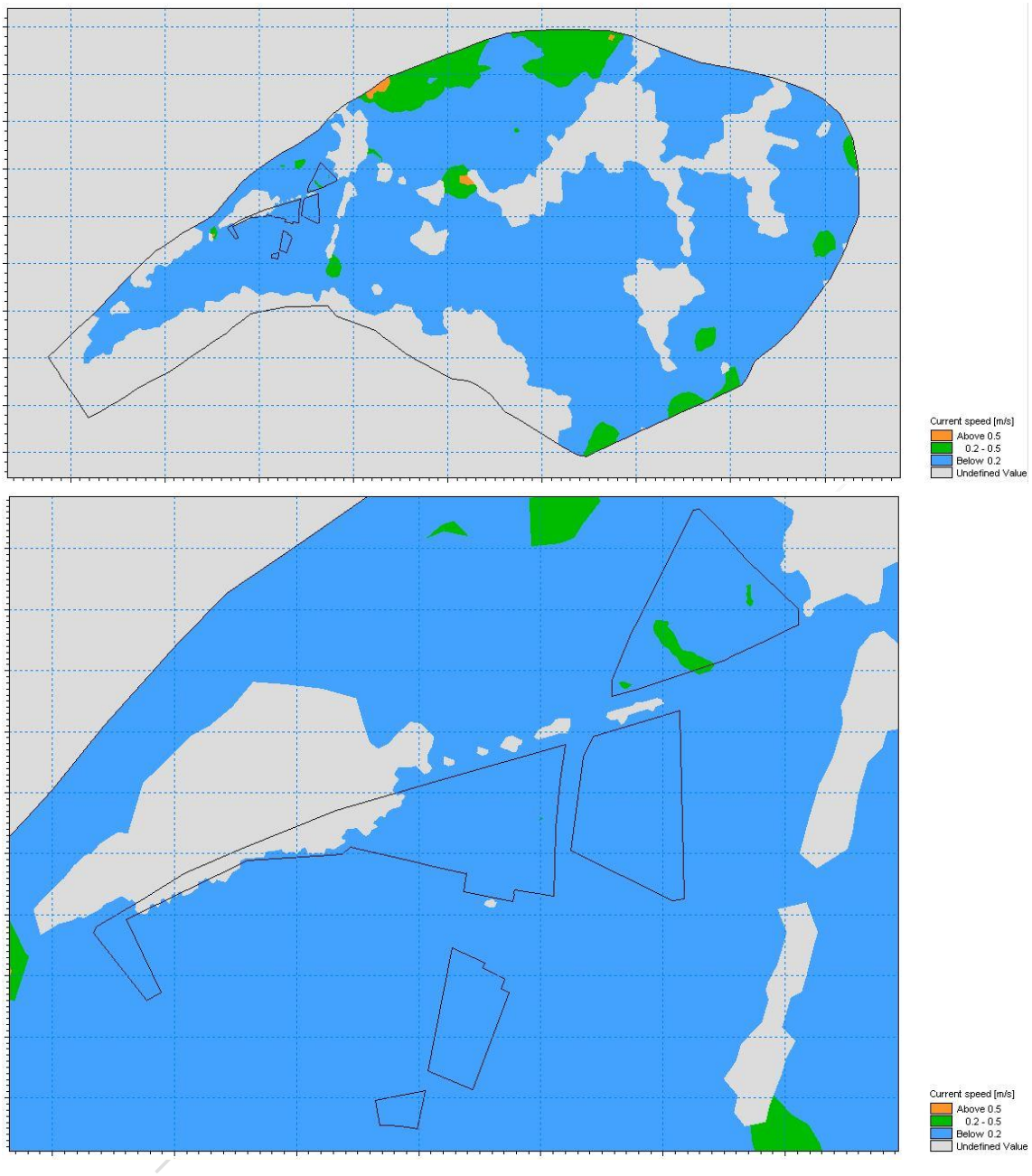


Figure 21 : Vitesses sur le site (crue de 1910)

D'après le Guide Méthodologique PPR Inondation Complet concernant la caractérisation du niveau d'aléa, édité par les ministères de l'aménagement du territoire et de l'environnement et de l'équipement des transports et du logement :

Citation

« Les niveaux d'aléa sont déterminés en fonction de l'intensité des paramètres physiques de l'inondation de référence qui se traduisent en termes de dommages aux biens et de gravité pour les personnes. Ce sont essentiellement les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement et les durées de submersion […]. Dans tous les cas, on pourra qualifier l'aléa à partir de la hauteur de submersion, en se calant sur une hauteur de 1m, qui constitue la limite inférieure de l'aléa le plus fort. […].

Dans certains cas comme celui des inondations rapides et, pire encore des inondations par les torrents, cette caractérisation sera insuffisante et il faudra se poser la question des vitesses d'écoulement. Toutefois, la connaissance des vitesses est pire encore à apprécier que celle des hauteurs et peut même s'avérer illusoire. La mesure en période de crues est d'autant plus ardue que la vitesse est forte et hétérogène, et n'a de toute façon valeur de valeur qu'au point et au moment où elle est effectuée. En général, on ne dispose pas de mesure fiable […]. En conséquence, on ne parlera que d'une appréciation qualitative des vitesses : faible, moyenne ou forte. Lorsque les données quantitatives existent malgré tout, on considèrera que la ***vitesse est faible en dessous de 0.2 m/s****,* ***moyenne de 0.2 à 0.5 m/s et forte au-delà****.*

Tableau 7. **Qualification des aléas en fonction de la hauteur et de la vitesse**

Hauteur \ Vitesse	Faible (stockage)	Moyenne (écoulement)	Forte (grand écoulement)
H < 0,50 m	Faible	Moyen	Fort
0,50 m < H < 1 m	Moyen	Moyen	Fort
H > 1 m	Fort	Fort	Très Fort

»

La zone d'étude est concernée par des vitesses de 0.01 à 0.25 m/s.

Ces vitesses sont faibles pour les ilots de la ZAC situés au Sud de l'A86 et localement moyennes de manière localisée sur l'ilot situé au nord de l'A86.

L'étude des vitesses est importante car, d'après la doctrine de la DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux » :

- pour des vitesses inférieures à 0.2m/s, la zone est considérée comme une « zone de stockage de volume », ce qui implique une **compensation en volume**.
- pour des vitesses supérieures à 0.2m/s, la zone est considérée comme une « zone de stockage de volume » ce qui implique une **compensation en volume et en surface**.

3 IMPACTS VOLUMETRIQUES ET HYDRAULIQUES DU PROJET

3.1 Impacts volumétriques

3.1.1 Construction de l'état aménagé

Suite à l'aménagement de la zone, un nouveau MNT intégrant les bâtiments nouvellement construits ainsi que leurs parkings et les déblais / remblais réalisés est généré.

Du fait de la cote de la nappe et de leur non étanchéité, seul le volume compris entre la cote casier du règlement PPRi moins 2.5 m et la cote casier est pris en compte dans les calculs de volume de stockage qui vont suivre conformément au PPRi.

Toutes les nouvelles constructions sont considérés inondables et ne sont pas pris en compte dans le MNT.

Le MNT généré en état aménagé est présenté sur la figure suivante.

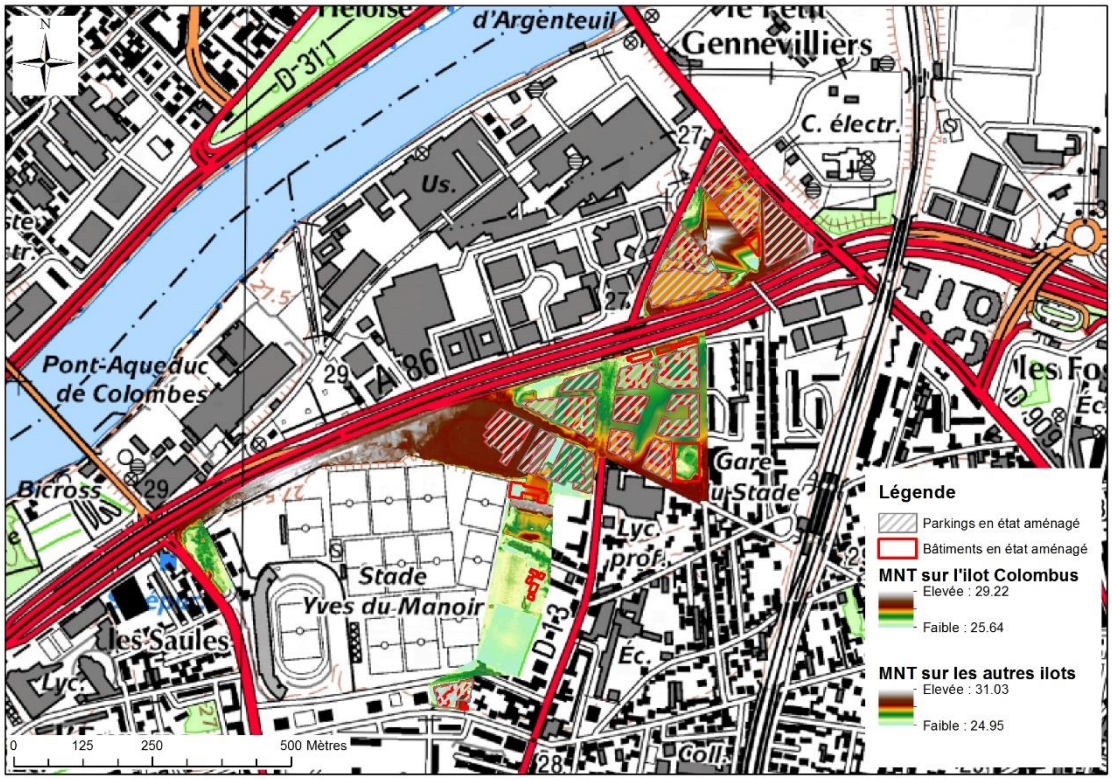


Figure 22 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul des lois H/V et H/S

3.1.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises

3.1.2.1 Ilot Colombus

Les lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface pour l'ilot Colombus sont présentées sur le graphique ci-dessous.

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 85 370 m³, ce qui correspond à une surface de 69 345 m².

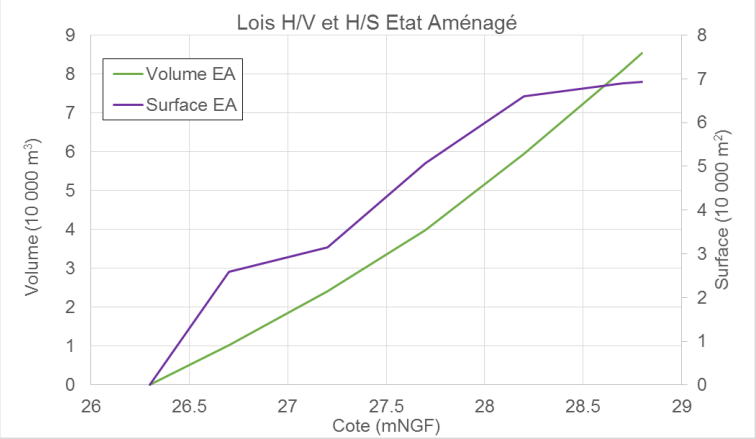


Figure 23 : Lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface en état aménagé pour l'ilot Colombus

Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Surface m²	Volume m³
26.3	0	0
26.7	25960	10264
27.2	31449	24072
27.7	50697	39894
28.2	65982	59374
28.7	68970	80918
28.8	**69345**	**85370**

Tableau 6 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat aménagé pour l'ilot Colombus

3.1.2.2 Autres ilots

La loi Hauteur / Volume sur les autres ilots est présentée sur la graphique ci-dessous.

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 218 070 m³.

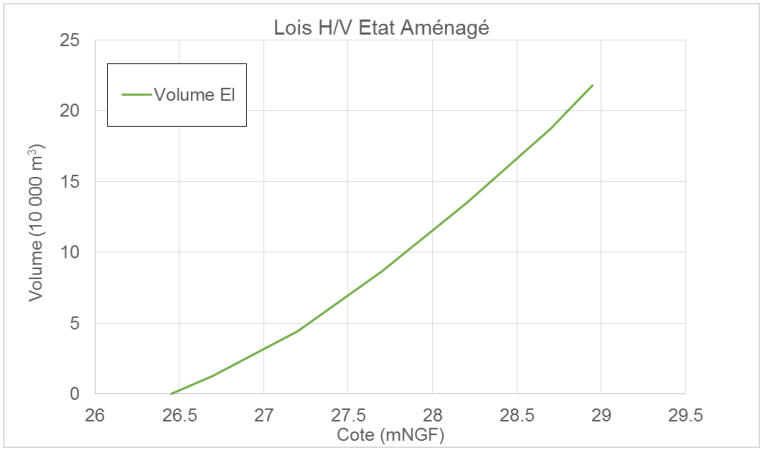


Figure 24 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour les autres ilots

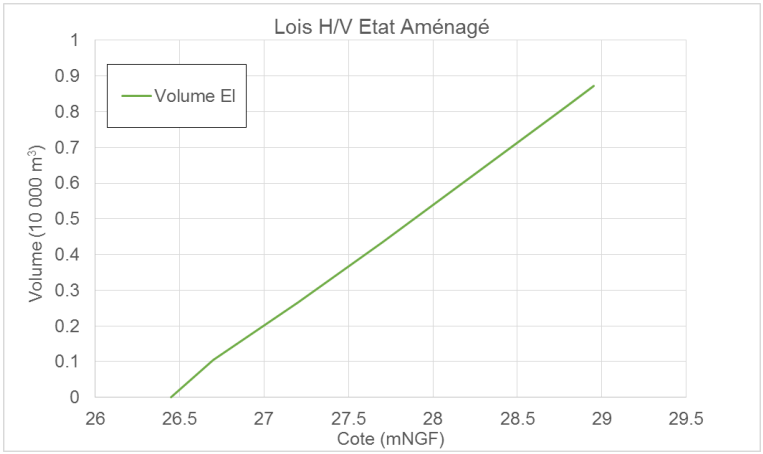
Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	12587
27.2	44338
27.7	86374
28.2	134635
28.7	187438
28.8	199504
28.95	**218070**

Tableau 7 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat aménagé pour les autres ilots

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 8 716 m³.

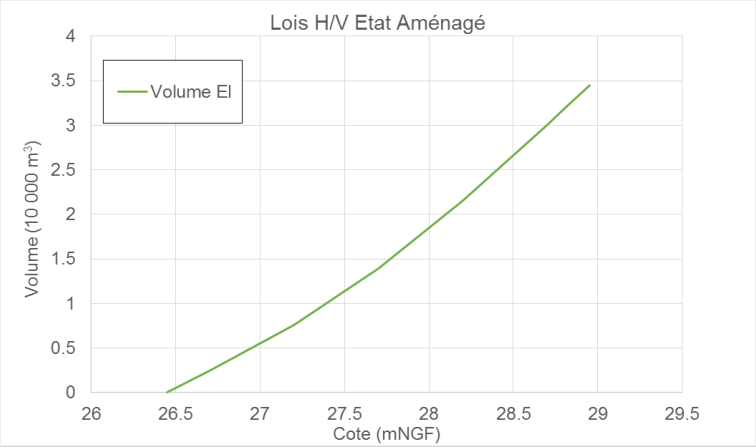


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1046
27.2	2648
27.7	4345
28.2	6087
28.7	7840
28.8	8190
28.95	**8716**

Figure 25 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 34 485 m³.

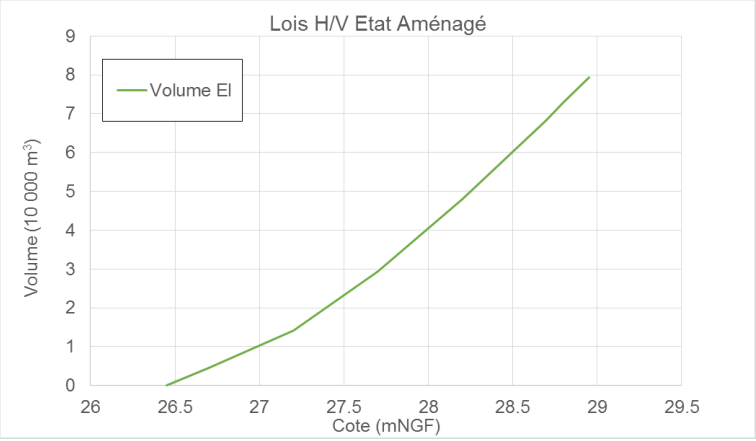


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	2433
27.2	7606
27.7	13961
28.2	21555
28.7	30080
28.8	31842
28.95	**34485**

Figure 26 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 79 408 m³.

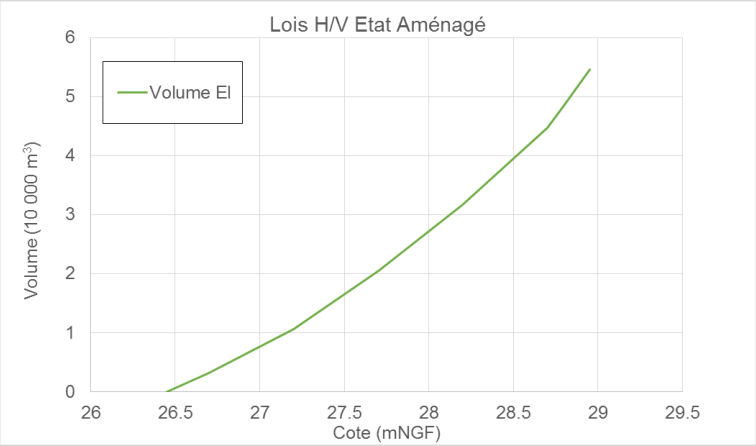


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	4497
27.2	14262
27.7	29342
28.2	48052
28.7	68480
28.8	72840
28.95	**79408**

Figure 27 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 54 545 m³.



Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	3192
27.2	10574
27.7	20457
28.2	31615
28.7	44652
28.8	48434
28.95	**54545**

Figure 28 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Stade

3.1.2.3 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 85 370 m³ et de 218 070 m³ sur les autres ilots.

Afin des prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 76 833 m³** et de **196 263 m³ sur les autres ilots**.

3.1.3 Comparaison des lois H/V et H/S Etat Initial / Etat Aménagé

3.1.3.1 Ilot Colombus

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes et surfaces disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé et d'en déduire l'impact des aménagements sur l'ilot Colombus.

Cote	Surface EI	Volume EI	Surface EA	Volume EA	Surface EA - EI	Volume EA - EI
26.3	0	0	0	0	0	0
26.7	18845	7414	25960	10264	7115	2850
27.2	22083	17565	31449	24072	9366	6507
27.7	29802	30733	50697	39894	20895	9161
28.2	40074	48097	65982	59374	25908	11277
28.7	44759	69697	68970	80918	24211	11221
28.8	**45004**	**74212**	**69345**	**85370**	**24341**	**11158**

Tableau 8 : Comparaison des lois H/V et H/S pour les EI / EA pour l'ilot Colombus

3.1.3.2 Autres ilots

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes et surfaces disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé et d'en déduire l'impact des aménagements pour l'ensemble des autres ilots.

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	6426	12587	6161
27.2	30104	44338	14234
27.7	65288	86374	21086
28.2	107276	134635	27359
28.7	156334	187438	31104
28.8	168437	199504	31067
28.95	**187038**	**218070**	**31032**

Tableau 9 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour les autres ilots

Ilot Audra

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	587	1046	459
27.2	2189	2648	459
27.7	3886	4345	459
28.2	5629	6087	458
28.7	7382	7840	458
28.8	7731	8190	459
28.95	**8258**	**8716**	**458**

Tableau 10 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	1870	2433	563
27.2	6569	7606	1037
27.7	13319	13961	642
28.2	21045	21555	510
28.7	29589	30080	491
28.8	31351	31842	491
28.95	**33995**	**34485**	**490**

Tableau 11 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	1581	4497	2916
27.2	7373	14262	6889
27.7	18579	29342	10763
28.2	34294	48052	13758
28.7	53716	68480	14764
28.8	58115	72840	14725
28.95	**64719**	**79408**	**14689**

Tableau 12 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	969	3192	2223
27.2	4725	10574	5849
27.7	11235	20457	9222
28.2	18982	31615	12633
28.7	29261	44652	15391
28.8	33042	48434	15392
28.95	**39150**	**54545**	**15395**

Tableau 13 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Stade

3.1.4 Bilan

Le volume de stockage pour une crue centennal est plus important en état aménagé qu'en état initial sur l'ensemble de la zone du projet. Il en est de même pour la surface sous la cote casier. Ainsi, **aucune mesure compensatoire** n'est à envisager au titre des remblais-déblais.

L'aménagement de remblais supplémentaires est même envisageable. En effet, les projets d'aménagement sur certains ilots ne sont qu'à un stade de faisabilité. De ce fait, les cotes des aménagements paysagers ne sont pas encore fixées. D'autres calculs pourront être réalisés une fois les plans finis à la lueur des informations déjà fournies.

3.2 Impacts hydrauliques

3.2.1 Construction du modèle en état aménagé

La construction du modèle en état aménagé implique la reprise du maillage en supprimant les bâtiments existants et en incluant les nouveaux bâtiments étanches aux inondations ainsi que les déblais / remblais.

Le maillage ainsi obtenu est présenté sur la figure ci-dessous :

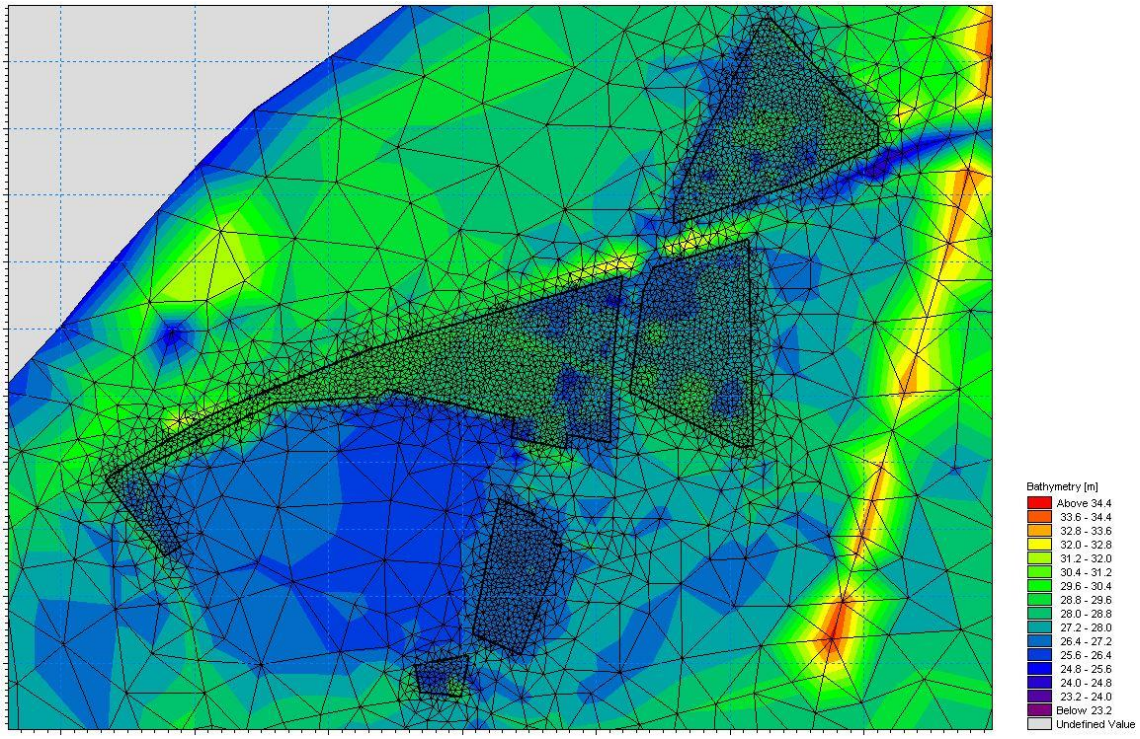


Figure 29 : Maillage en état aménagé

3.2.2 Exploitation des résultats et comparaison avec l'état initial

3.2.2.1 Crue de 1910

COMPARAISON DES COTES

Les cotes obtenues en état initial et état aménagé sont présentées ci-dessous.

Les seules différences de cotes constatées sur la zone projet s'explique par des mouvements de terrain. Ailleurs, on ne constate aucune modification significative.

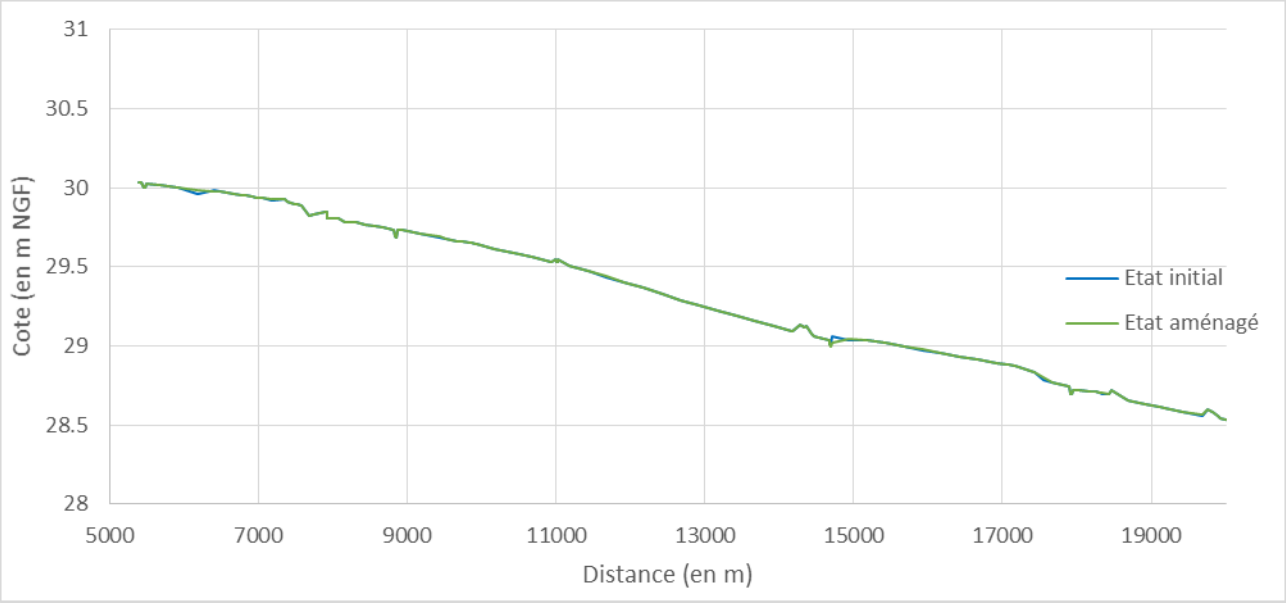
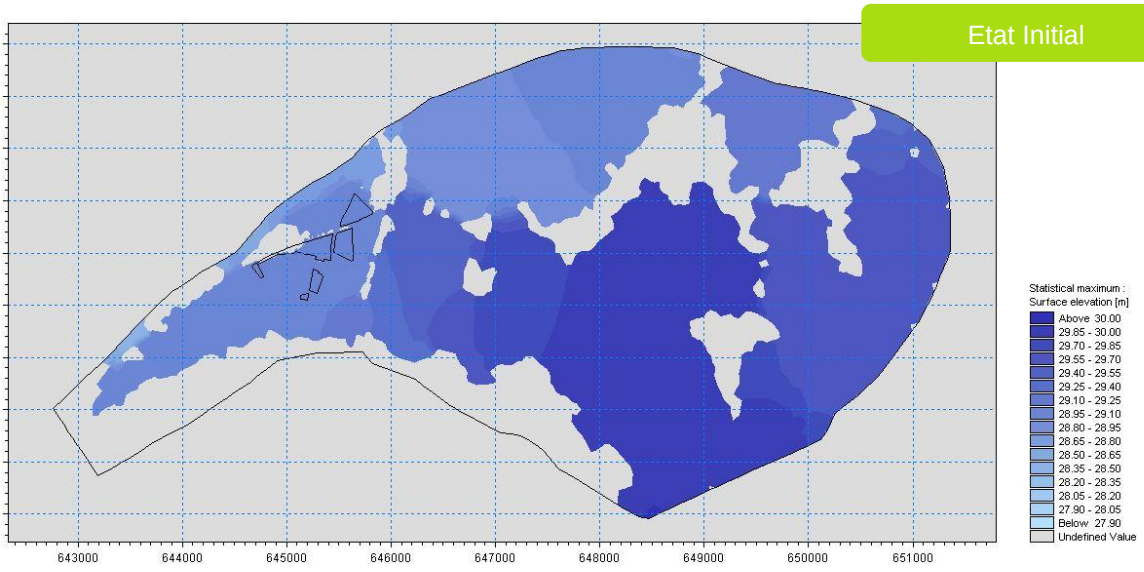


Figure 30 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue centennale

Etat Initial



Etat Aménagé

Figure 31 : Q100 - Cotes en état initial et en état aménagé

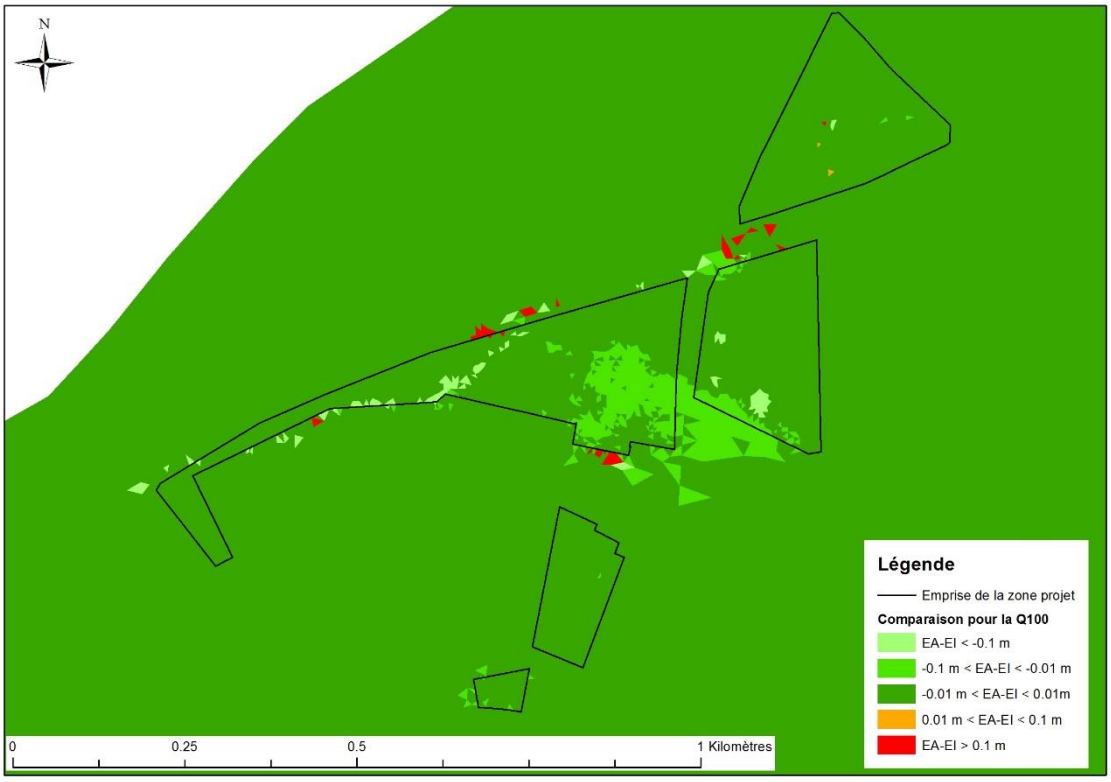


Figure 32 : Q100 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé

Les différences de cotes observées sont localisées au droit de la zone projet.

Les mailles en rouge correspondent à des mailles inondées en état aménagé alors qu'elle ne l'était pas en état initial. Elles correspondent donc soit à des zones de déblaiement soit à des modifications de la ligne d'eau du fait de la modification des écoulements sur les mailles voisines.

Les mailles en vert clair correspondent à des mailles inondées en état initial mais pas en état aménagé. Ces zones sont des zones de remblais par la majorité.

COMPARAISON DES VITESSES

Les vitesses obtenues en état initial et état aménagé sont présentées ci-dessous.

On n'observe aucune significative différence en termes de vitesse sur l'ensemble du maillage pour les deux simulations.

En zoomant sur la zone de projet, on observe les éléments suivants :

- En état initial tout comme en état aménagé, les vitesses sont inférieures à 0.2 m/s sur les ilots au sud de l'A86 ;
- En état initial comme en état aménagé on observe des vitesses un peu plus élevés (jusqu'à 0.23 / 0.24 m/s sur l'ilot au nord de l'A86), entre les bâtiments.

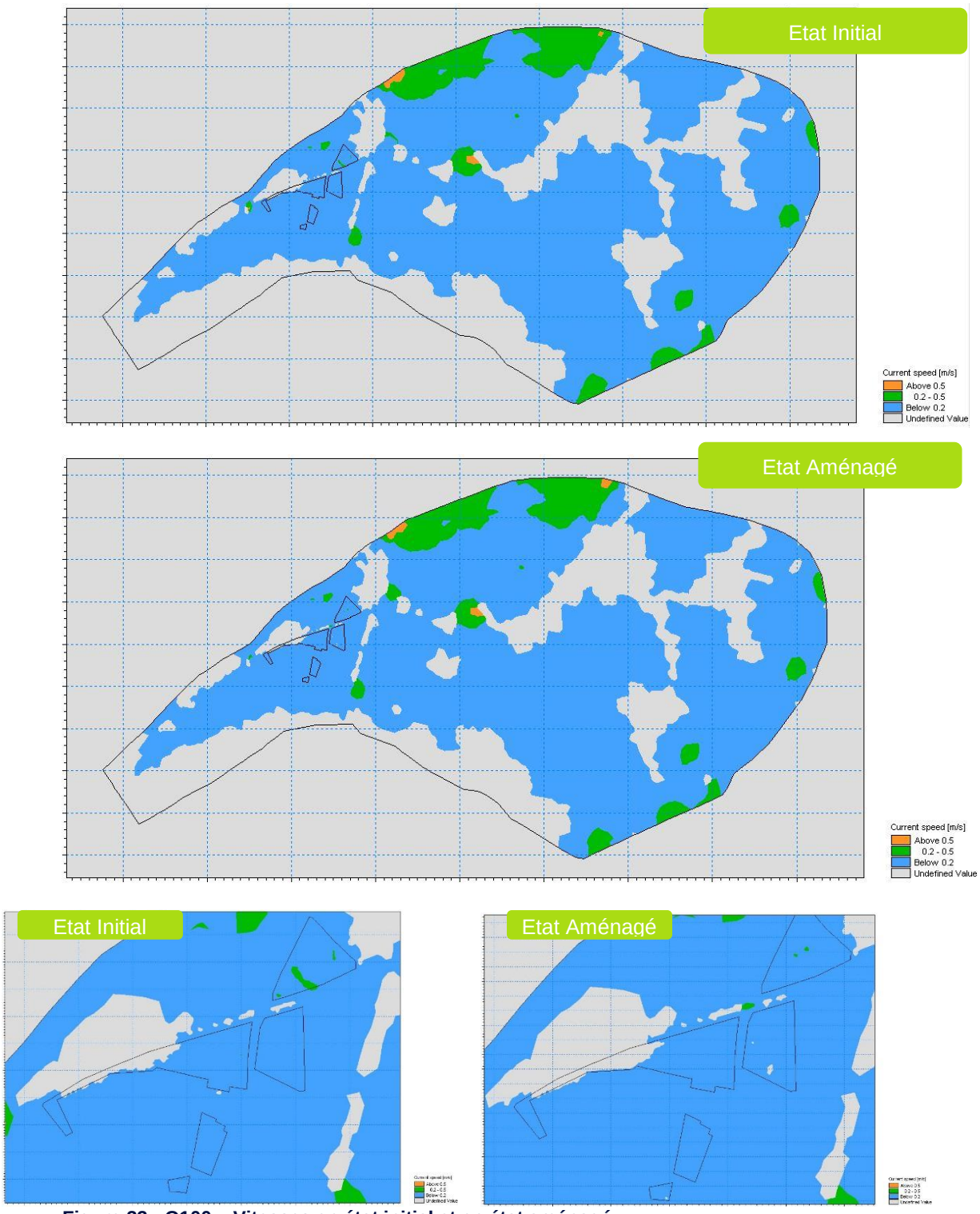


Figure 33 : Q100 – Vitesses en état initial et en état aménagé

3.2.2.2 Crue de période de retour 50 ans

Pour la période de retour 50 ans, la zone d'étude est également inondée. Cependant le projet n'a aucun impact global sur cette crue. En effet, les cotes atteintes sont similaires entre l'état initial et l'état aménagé.

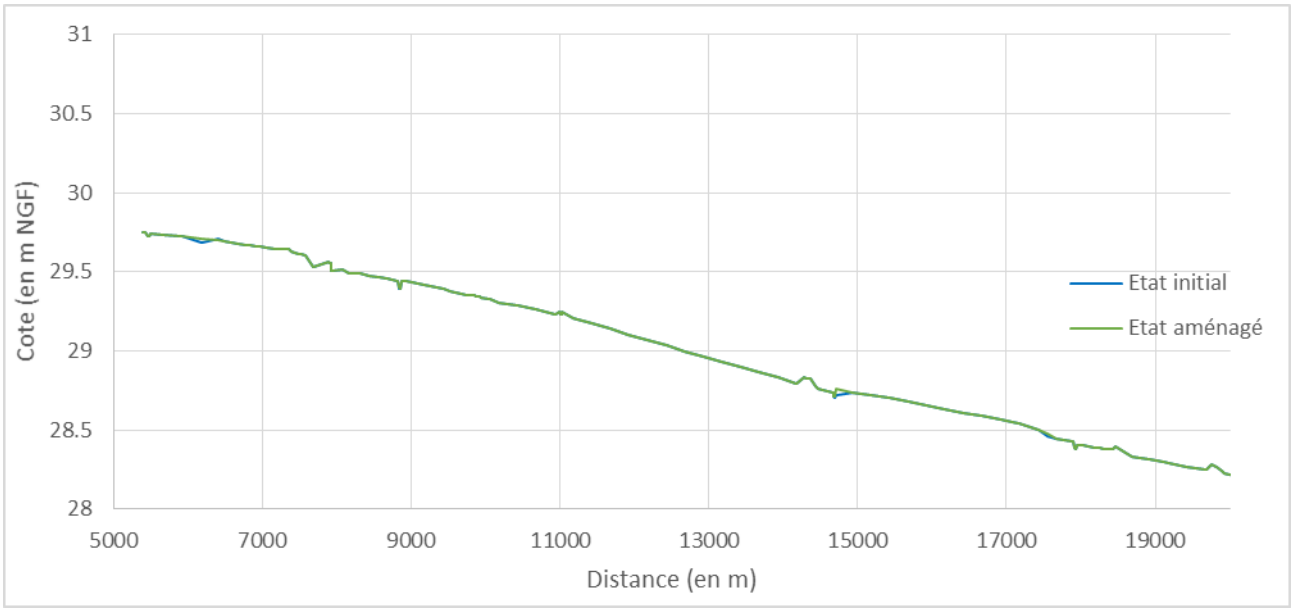


Figure 34 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue cinquantennale

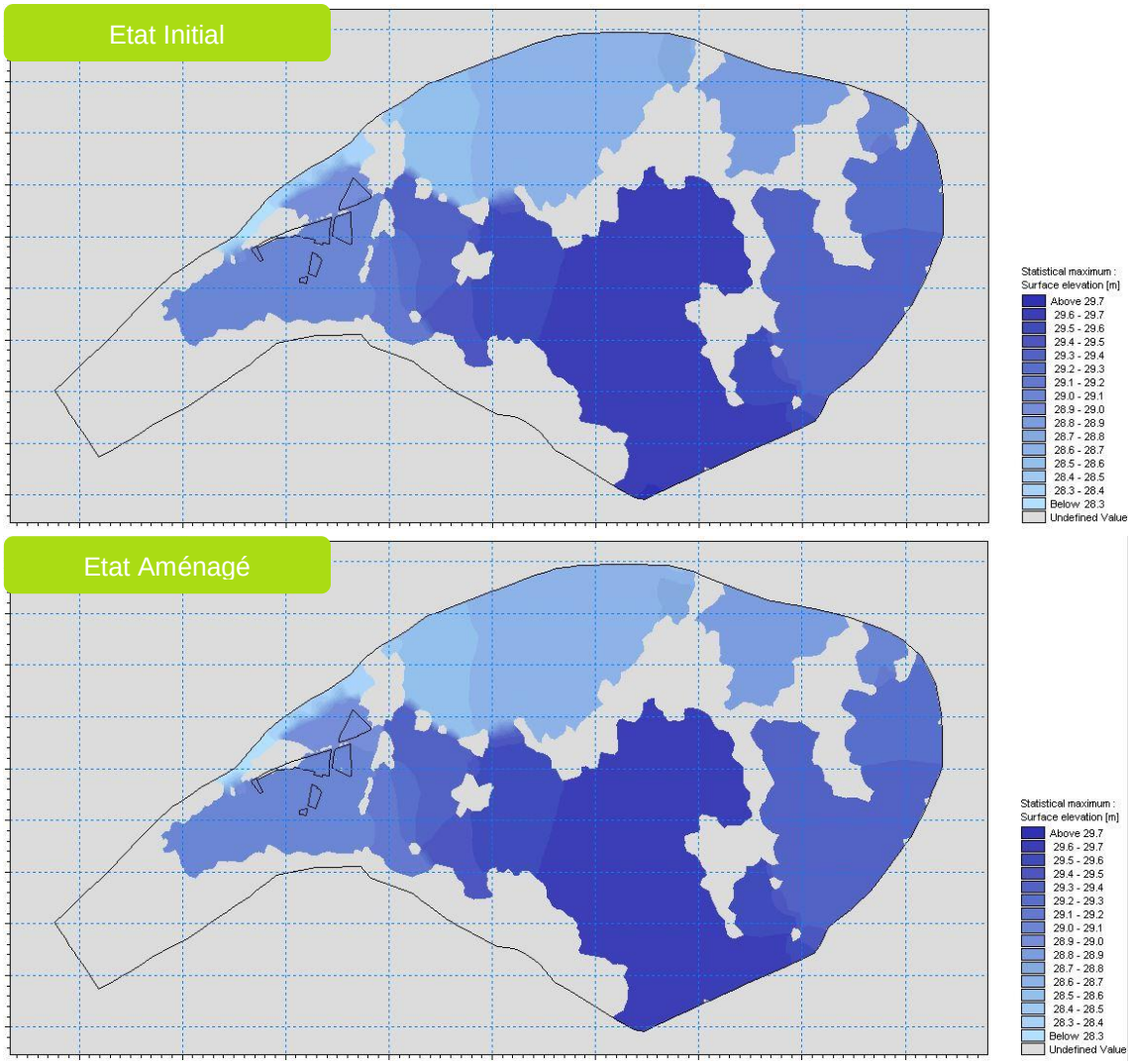


Figure 35 : Q50 – Cotes en état initial et en état aménagé

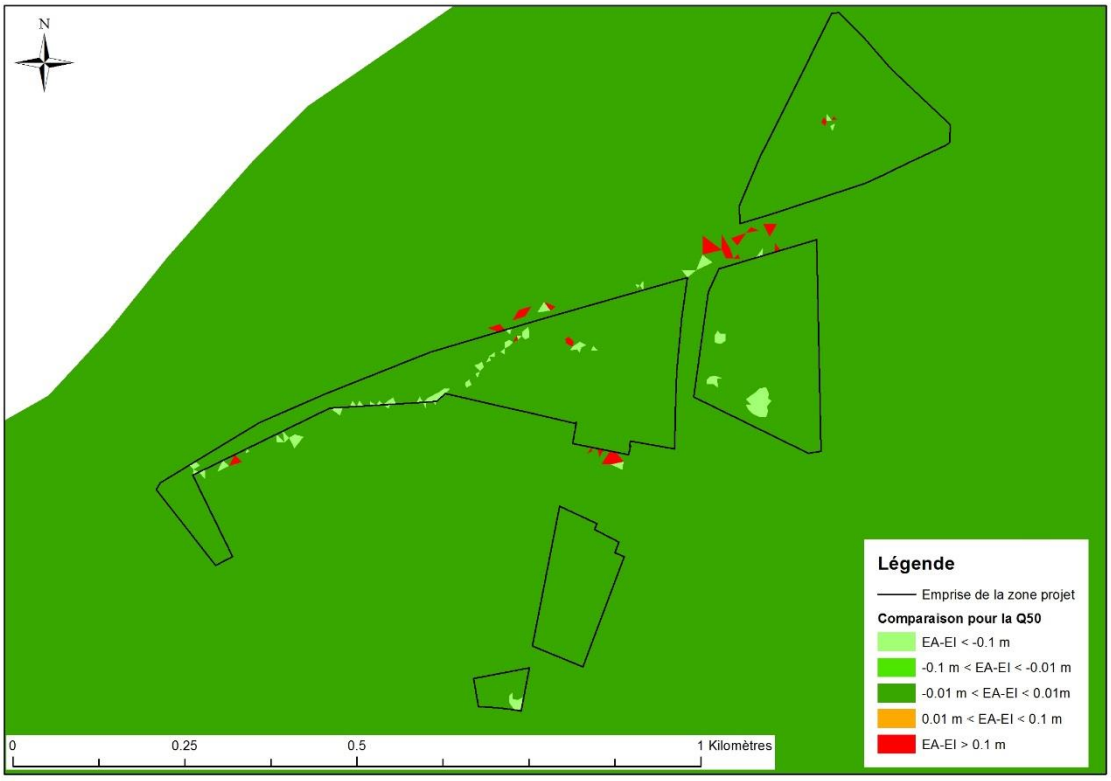
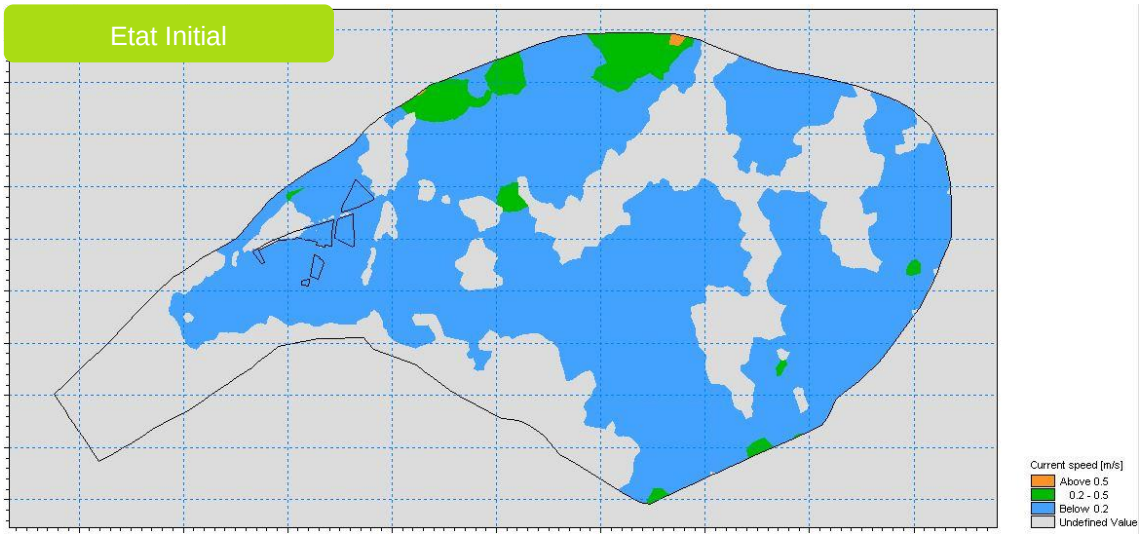


Figure 36 : Q50 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé

Concernant les vitesses de propagation, la comparaison entre l'état initial et l'état aménagé permet également de voir l'absence d'impact global du projet.



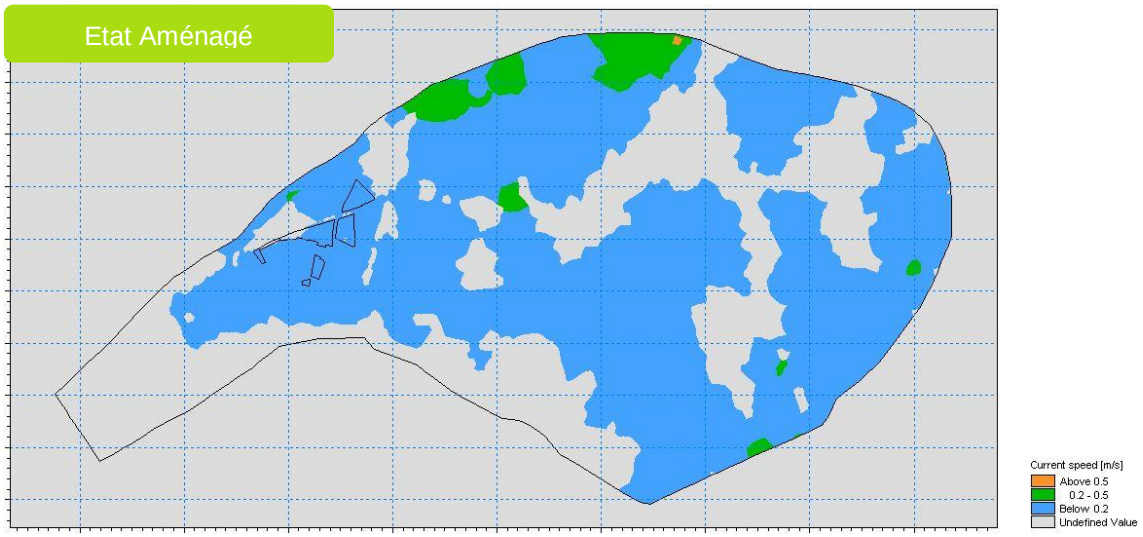


Figure 37 : Q50 – Vitesses en état initial et en état aménagé

3.2.2.3 Crue de période de retour 10 ans

Pour la période de retour 10 ans, la zone du modèle 2D n'est pas inondée exceptée les darses du port de Gennevilliers. Le projet n'a donc aucun impact sur cette crue.

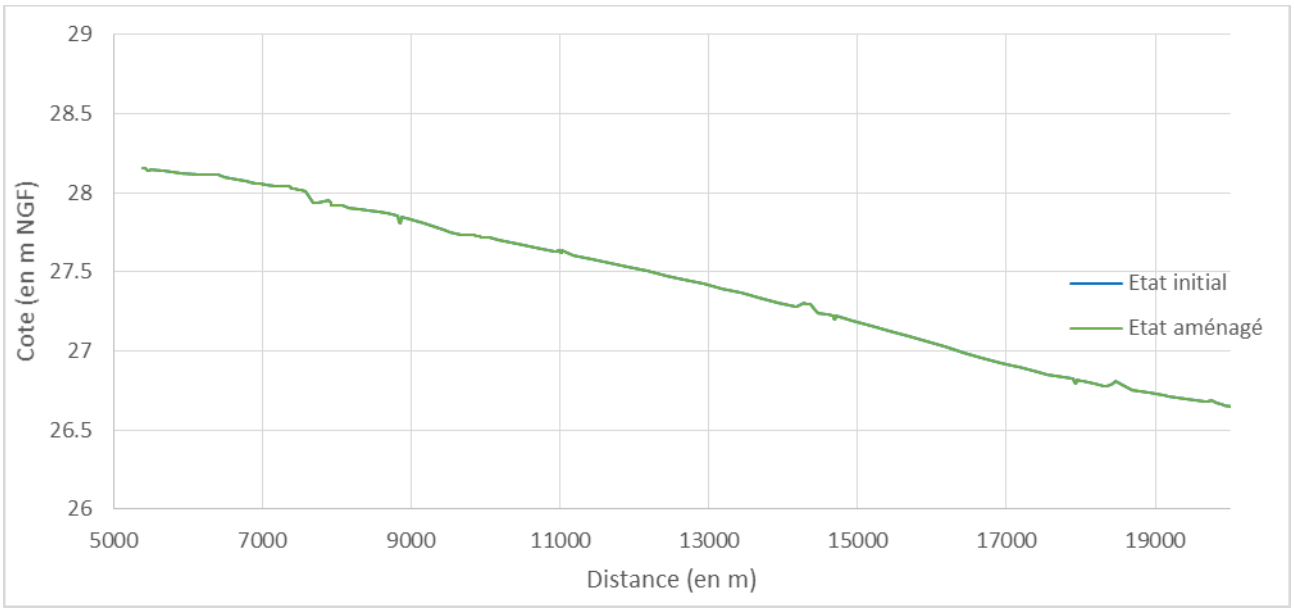


Figure 38 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue décennale

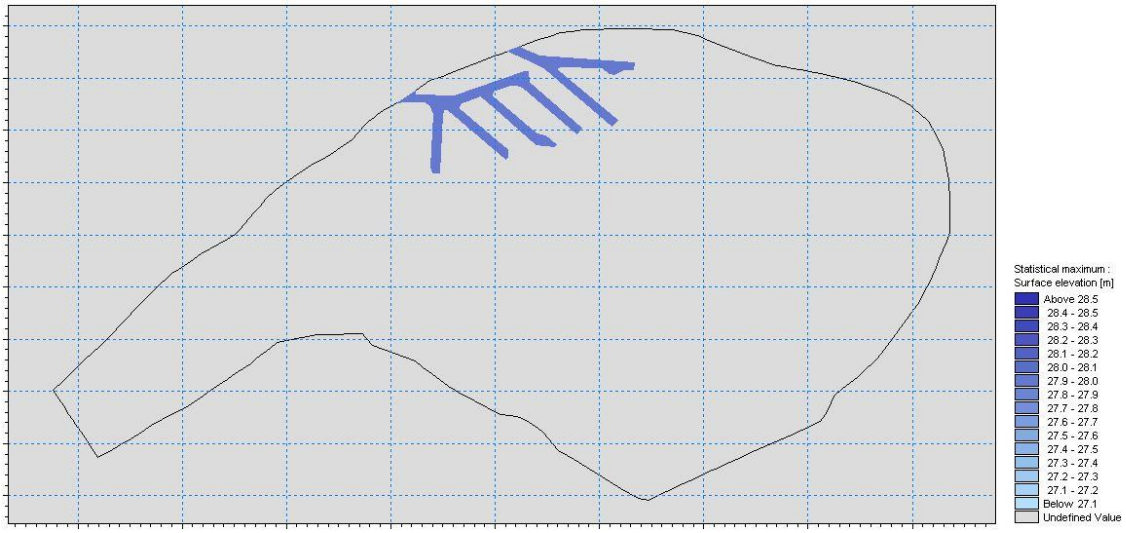


Figure 39 : Q10 – Cotes en état initial et en état aménagé

Figure 40 : Q10 – Vitesses en état initial et en état aménagé

3.2.3 Bilan sur les impacts hydrauliques

Le projet est transparent et n'engendre aucun impact hydraulique significatif pour les crues décennale, cinquantennale et centennale.

Concernant la doctrine de la DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », le projet se situe :

- dans une « zone de stockage de volume » sur la partie sud de l'A86, ce qui implique, pour les ilots concernés, des **compensations en volume**.
- dans une « zone de stockage de volume » avec de manière très ponctuelle des zones « d'expansion de crue » sur la partie nord de l'A86 ce qui implique, pour l'ilot Colombus, une **compensation en volume et en surface**.

4 MESURES COMPENSATOIRES

Aucune mesure compensatoire n'est à prévoir puisque les volumes disponibles pour le stockage des crues en état aménagé est supérieur ou au moins similaire à celui de l'état initial.

5 CONCLUSION

Le projet tel que défini actuellement n'impacte pas l'hydraulique du secteur que ce soit du point de vue :

- du volume par tranche altimétrique ;
- de emprise au sol dans la zone inondable ;
- de la dynamique des écoulements.

Sur l'ilot Colombus, les volumes mais également les surfaces disponibles pour l'expansion des crues sont égaux voir supérieurs en état aménagé.

Sur les autres ilots, les volumes disponibles pour le stockage des crues sont également respectés à l'échelle du projet.

Etant au stade de faisabilité, les projets d'aménagements peuvent encore évoluer. Des calculs complémentaires ainsi que des « porter à connaissance » seront nécessaires en cas de modification des projets.

Ce qu'il faut retenir…

Le projet tel que défini actuellement est transparent d'un point de vue hydraulique

La construction de la ZAC n'a aucun impact sur les volumes et surfaces disponibles sur l'expansion de crue.

ANNEXE 2

ANALYSE DES IMPACTS HYDRAULIQUES DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA ZAC – Mise à jour

(S16DHF008, Mai 2024)

S16DHF008

2024

Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC

Mise à jour

CONSULTING

SAFEGE
Parc de L'Ile
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

Direction France

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Ile - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 01

Date : Mai 2024

Nom Prénom : LEGRAND Claire

Visa :

Vérification des documents IMP411

Numéro du projet : S16DHF008

Intitulé du projet : Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC

Intitulé du document : Mise à jour

Version	**Rédacteur** NOM / Prénom	**Vérificateur** NOM / Prénom	**Date d'envoi** JJ/MM/AA	**COMMENTAIRES** Documents de référence / Description des modifications essentielles
01	LEGRAND / Claire	RIGAUDIERE / Pierre	16/05/2024	Version initiale

Sommaire

1 Introduction 4

1.1 Contexte et objectifs 4

1.2 Méthodologie 5

2 Fonctionnement hydraulique actuel : Volume et surface disponibles pour la crue centennale 6

2.1 Données et hypothèses prises 6

2.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises 7

2.2.1 Préambule 7
2.2.2 Ilot Colombus 8
2.2.3 Autres ilots 8
2.2.4 Synthèse 10

3 Impacts volumétriques du projet 10

3.1 Construction de l'état aménagé 10

3.2 Calcul 1 des lois H/V et H/S pour les deux emprises 13

3.2.1 Ilot Colombus 13
3.2.2 Autres ilots 13
3.2.3 Synthèse 15

3.3 Comparaison des lois H/V Etat Initial / Etat Aménagé 1 16

3.3.1 Ilot Colombus 16
3.3.2 Autres ilots 16

3.4 Bilan du calcul 1 18

3.5 Calcul 2 des lois H/V et H/S pour les deux emprises 18

3.5.1 Ilot Colombus 18
3.5.2 Autres ilots 19
3.5.3 Synthèse 21

3.6 Comparaison des lois H/V Etat Initial / Etat Aménagé 2 22

3.6.1 Ilot Colombus 22
3.6.2 Autres ilots 22

3.7 Bilan du calcul 2 24

4 Mesures compensatoires 24

5 Conclusion 25

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI 4
Figure 2 : Topographie actuelle sur le périmètre de la future ZAC 7
Figure 3 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Audra 9
Figure 4 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Cook 9
Figure 5 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Magellan 9
Figure 6 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Stade 10
Figure 7 : Zones de projet actualisées en état aménagé 11
Figure 8 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul 1 des lois H/V et H/S 12
Figure 9 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul 2 des lois H/V et H/S 12
Figure 10 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Audra 14
Figure 11 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Cook 14
Figure 12 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Magellan 14
Figure 13 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Stade 15
Figure 14 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Audra 20
Figure 15 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Cook 20
Figure 16 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Magellan 20
Figure 17 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Stade 21

Table des tableaux

Tableau 1 : Lois Hauteur/Volumes – Etat initial pour l'ilot Colombus 8
Tableau 2 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat initial pour les autres ilots 8
Tableau 3 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 1 pour l'ilot Colombus 13
Tableau 4 : Lois Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 1 pour les autres ilots 13
Tableau 5 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Colombus 16
Tableau 6 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour les autres ilots 16
Tableau 7 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Audra 17
Tableau 8 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Cook 17
Tableau 9 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Magellan 17
Tableau 10 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Stade 18
Tableau 11 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 2 pour l'ilot Colombus 18
Tableau 12 : Lois Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 2 pour les autres ilots 19
Tableau 13 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Colombus 22
Tableau 14 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour les autres ilots 22
Tableau 15 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Audra 23
Tableau 16 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Cook 23
Tableau 17 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Magellan 23
Tableau 18 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Stade 24

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte et objectifs

Le projet d'aménagement se situe entre 300 et 900 m de la Seine, en rive gauche.

Il est en zone inondable et doit donc être conforme aux prescriptions du PPRI. Le projet se situe majoritairement en zone orange du PPRI de la Seine mais une partie est également située en zone rouge.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Caractériser l'état hydraulique de l'environnement initial ;
- Evaluer les impacts hydrauliques du projet au regard des contraintes du PPRI et de la doctrine de la DRIEE « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux » ;
- Proposer éventuellement des mesures permettant d'éviter ou de compenser les impacts hydrauliques en respectant les préconisations du PPRI.

La figure ci-dessous permet de localiser les ilots constituant la zone d'aménagement par rapport au zonage règlementaire du PPRI.

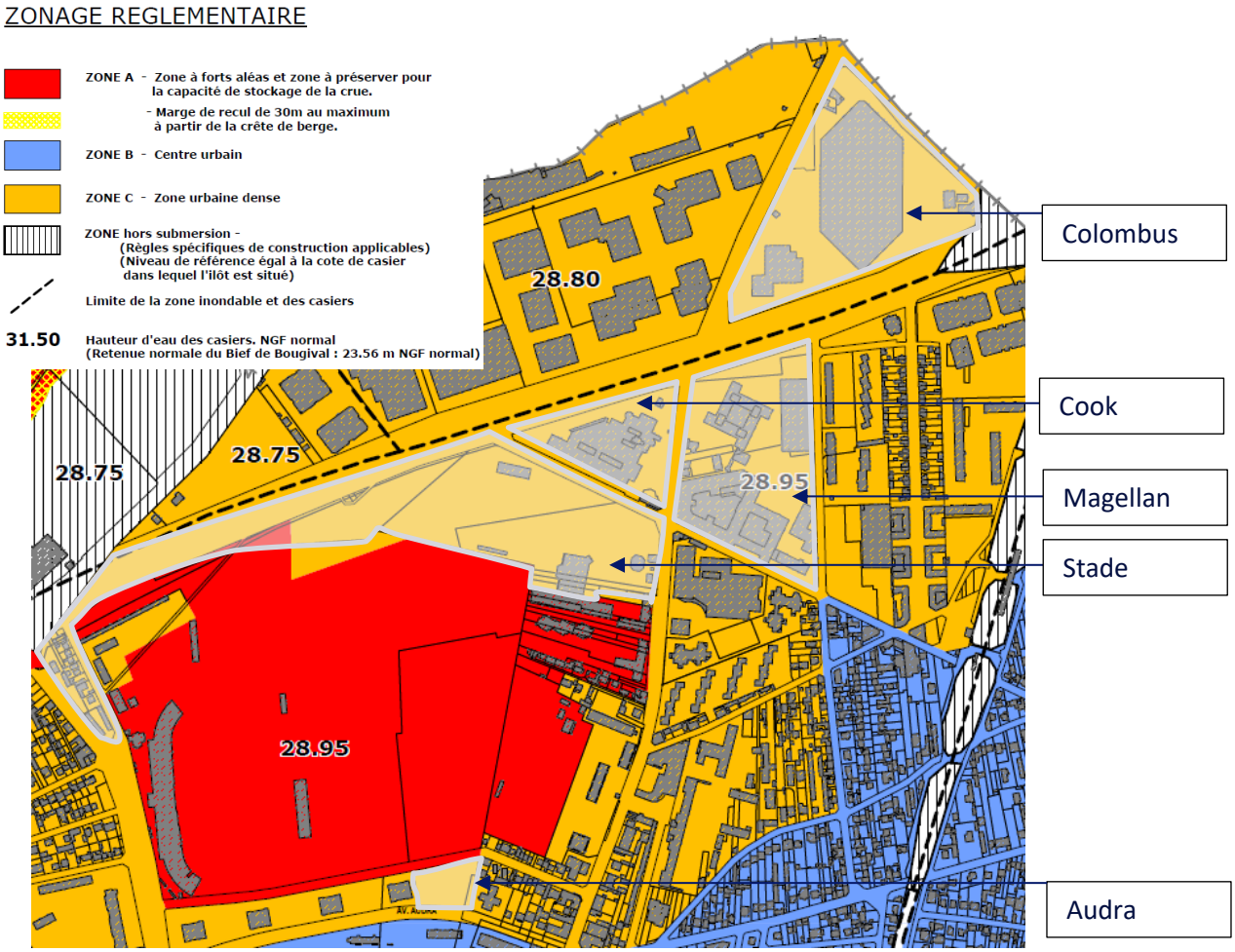


Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI

Le projet comprend ainsi **cinq îlots** de construction de type ZAC. L'îlot Colombus se situe sur une zone de PHEC à 28.8 m NGF et l'ensemble des autres îlots sur une zone de PHEC à 28.95 m NGF.

Les îlots Colombus, Cook et Magellan présentent actuellement une très forte urbanisation avec de nombreux bâtiments, contrairement aux autres îlots essentiellement composés d'espaces verts.

1.2 Méthodologie

L'étude des impacts hydrauliques du fait de la réalisation de la ZAC s'articule en trois temps :

- **Analyse Surfaces / Volumes :** cette phase a pour objectif de quantifier les surfaces et les volumes disponibles par tranche altimétrique, pour l'expansion de la crue centennale en état initial et aménagé.
- **Étude des écoulements et de l'enveloppe de la zone inondable :** cette phase a pour objectif de quantifier les impacts éventuels du projet sur les vitesses et les directions des écoulements pour les crues de la Seine mais également de comparer l'enveloppe de la zone d'inondation ainsi que les hauteurs d'eau atteintes. Pour ce faire, une modélisation hydraulique couplée 1D-2D est utilisée.
- **Propositions de mesures compensatoires :** cette phase a pour objectif de définir des mesures compensatoires permettant la transparence du projet.

Dans le cadre de cette mise à jour, seul le calcul des surfaces / volumes est réalisé.

2 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ACTUEL : VOLUME ET SURFACE DISPONIBLES POUR LA CRUE CENTENNALE

Pour évaluer les impacts du projet, il est nécessaire, dans un premier temps, de préciser les connaissances de l'état actuel.

En adéquation avec les obligations définies par le PPRI et la doctrine DRIEE, il convient d'établir :

- La loi Hauteur/ Volume qui régit l'emmagasinement des crues sur le site
- La vitesse d'écoulement moyenne
- L'emprise au sol inondable

sur l'emprise du projet en état initial.

Les paragraphes suivants présentent ainsi le fonctionnement hydraulique actuel de la zone.

2.1 Données et hypothèses prises

Le calcul de la loi Hauteur / Volume se base sur la reconstitution numérique du Terrain Naturel (TN). Pour cette étude, le Modèle Numérique de Terrain (MNT) a été réalisé à partir :

- Des levés topographiques RGE BD Alti de l'IGN (raster à la précision de 1 m dans le plan et de 20 cm en élévation),
- De plans fournis par Urban et Sens et d'une visite de site réalisée par SAFEGE pour identifier les parkings existants sur la zone.

Les bâtiments étant tous considérés comme inondables, aucune modification du TN n'a été apportée au MNT. Cette hypothèse est justifiée par le fait qu'aucun bâtiment ne semble avoir été construit de manière à être étanche. De plus, c'est l'hypothèse la plus défavorable dans le cadre des calculs à suivre. Ainsi le risque est maximisé.

Les parkings sont actuellement modélisables en tant qu'espaces de stockage des crues. Du fait de la cote de la nappe et de leur non étanchéité, seul le volume compris entre la cote casier du règlement PPRi moins 2.5 m et la cote casier est pris en compte dans les calculs de volume de stockage qui vont suivre conformément au PPRi. Ces zones de stockage ont été insérées dans le MNT.

Les lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface initiales permettent de déterminer, par tranche altimétrique de 50 cm du point le plus bas jusqu'au niveau des PHEC, les volumes et surfaces à garantir sous la cote casier du PPRi. L'emprise du projet se trouvant sur deux cotes casiers différentes, deux calculs distincts ont été menés. La carte ci-dessous présente les emprises des calculs.

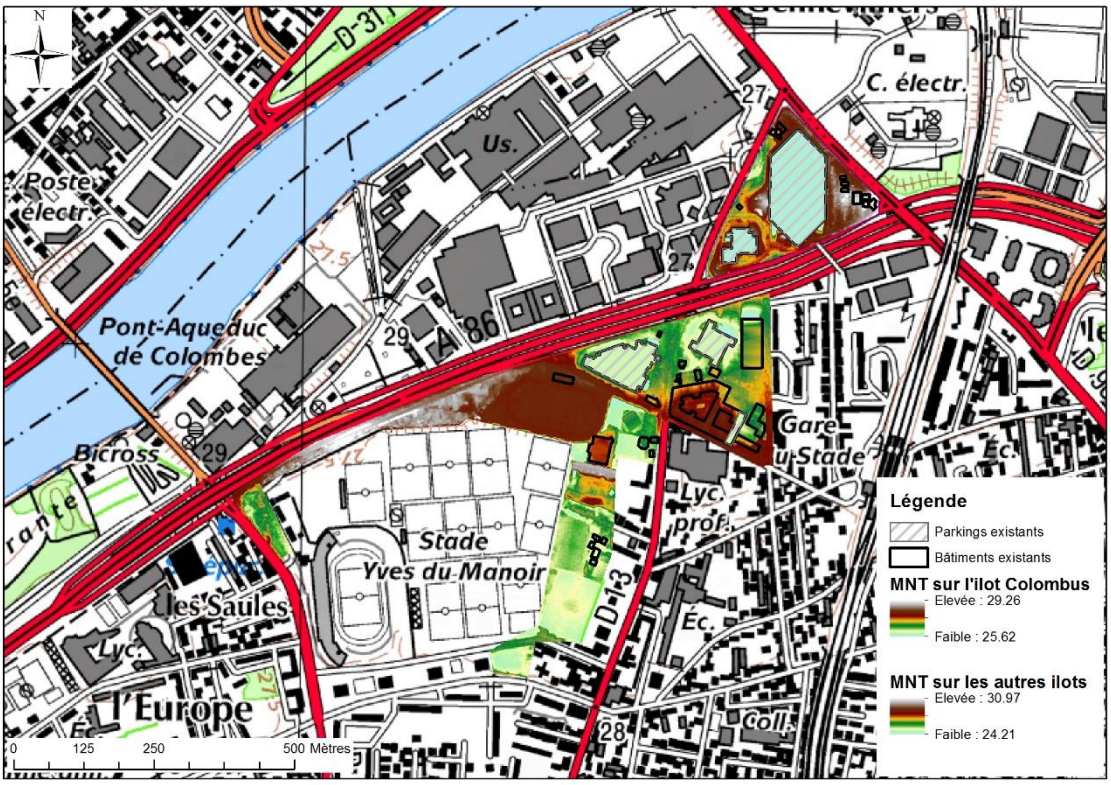


Figure 2 : Topographie actuelle sur le périmètre de la future ZAC

2.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises

2.2.1 Préambule

Nous présentons dans ce chapitre les éléments de surfaces et de volumes pour l'état initial, en distinguant l'ilot Colombus (cote casier 28.80 mNGF) et les « autres ilots » (cote casier 28.95 mNGF). La partie « autres ilots » est présentée globalement puis en détaillant chaque ilot.

D'autre part, nous faisons une distinction entre :

- **L'îlot Colombus :** cet ilot est situé dans un secteur sur lequel les vitesses peuvent dépasser 0.2 m/s (Cf. partie « modélisation »). La doctrine de la DRIEE impose donc de considérer ce secteur comme une « zone d'expansion », sur laquelle les surfaces et les volumes inondables sont à compenser par tranche altimétrique de 50 cm.
- **Les autres ilots** sont situés dans une « zone de stockage ». La doctrine de la DRIEE nous impose ici de compenser uniquement les volumes d'inondation, qui seuls sont présentés dans la suite.

2.2.2 Ilot Colombus

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 74 212 m³.Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume m³
26.3	0
26.7	7414
27.2	17565
27.7	30733
28.2	48097
28.7	69697
28.8	**74212**

Tableau 1 : Lois Hauteur/Volumes – Etat initial pour l'ilot Colombus[1]

2.2.3 Autres ilots

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 146 122 m³.
Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	5007
27.2	20856
27.7	47019
28.2	79950
28.7	119948
28.8	130239
28.95	**146122**

Tableau 2 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat initial pour les autres ilots

Afin de prendre en compte la phase de chantier, des calculs ont également été réalisés ilot par ilot. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

[1] Pour une plus grande précision au début des lois H/V et H/S, une ligne a été ajoutée à moins de 50cm de la cote casier – 2.5 m.

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 8 258 m³.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	587
27.2	2189
27.7	3886
28.2	5629
28.7	7382
28.8	7731
28.95	**8258**

Figure 3 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 33 995 m³.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1870
27.2	6569
27.7	13319
28.2	21045
28.7	29589
28.8	31351
28.95	**33995**

Figure 4 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 64 719 m³.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1581
27.2	7373
27.7	18579
28.2	34294
28.7	53716
28.8	58115
28.95	**64719**

Figure 5 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 39 150 m³.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	969
27.2	4725
27.7	11235
28.2	18982
28.7	29261
28.8	33042
28.95	**39150**

Figure 6 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Stade

2.2.4 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 74 212 m³ et de 146 122 m³ sur les autres ilots.

Afin de prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 66 791 m³** et de **131 510 m³ sur les autres ilots**.

3 IMPACTS VOLUMETRIQUES DU PROJET

3.1 Construction de l'état aménagé

Suite à l'aménagement de la zone, un nouveau MNT intégrant les bâtiments nouvellement construits ainsi que leurs parkings et les déblais / remblais réalisés est généré.

Ce nouveau MNT est une compilation des informations mises à jour (reçues entre mars et avril 2024). Certaines zones n'ont pas pu être actualisées dans le MNT par absence de réponse à nos sollicitations ou par absence de projet à ce jour. La figure suivante présente les secteurs ayant pu être actualisés.

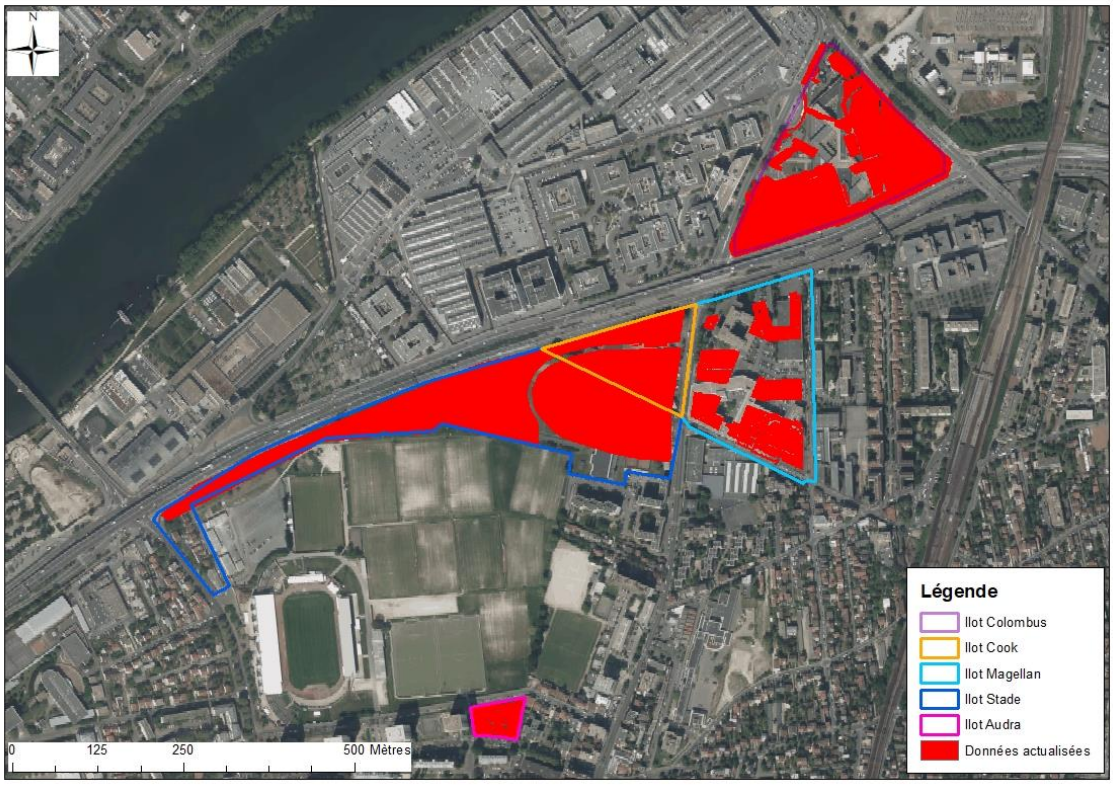


Figure 7 : Zones de projet actualisées en état aménagé

Pour la suite des calculs, les zones ayant des données manquantes seront remplacées par les données de l'état initial (calcul 1) puis par les données de l'état aménagé présenté pour le DLE (calcul 2).

Du fait de la cote de la nappe et de leur non étanchéité, seul le volume compris entre la cote casier du règlement PPRi moins 2.5 m et la cote casier est pris en compte dans les calculs de volume de stockage qui vont suivre conformément au PPRi.

Toutes les nouvelles constructions sont considérés inondables et ne sont pas pris en compte dans le MNT.

Les MNT générés en état aménagé sont présentés sur les figures suivantes.

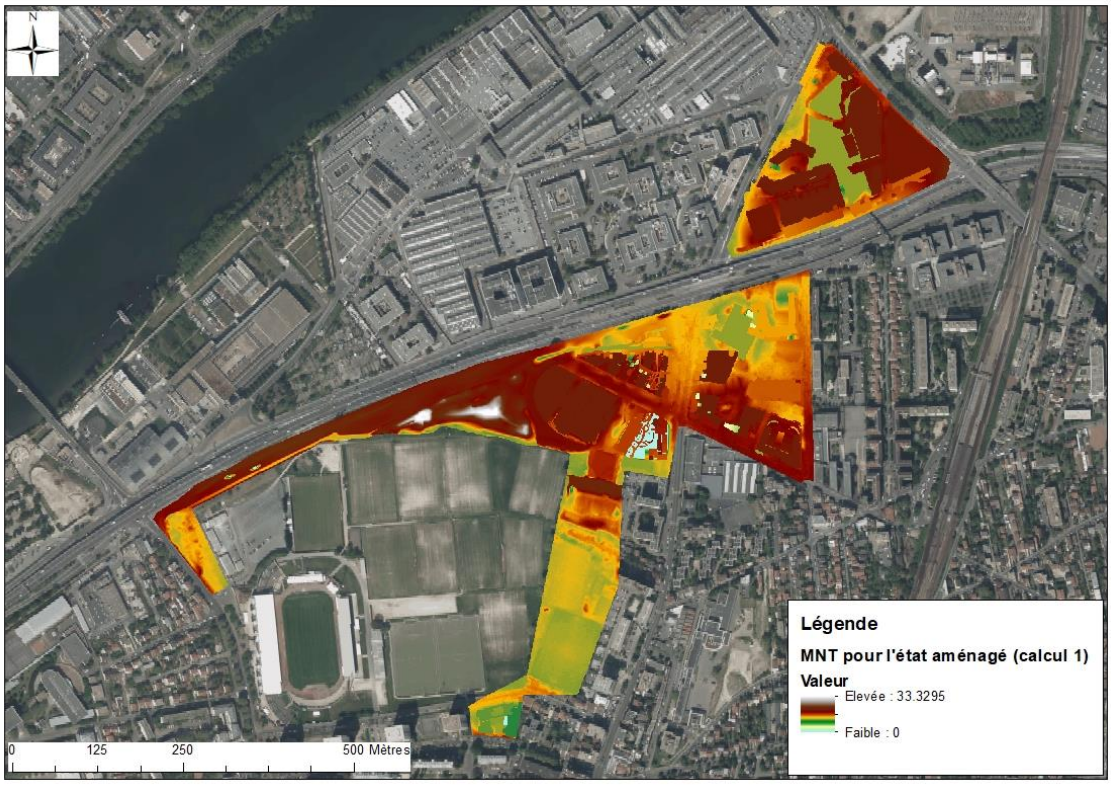


Figure 8 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul 1 des lois H/V et H/S

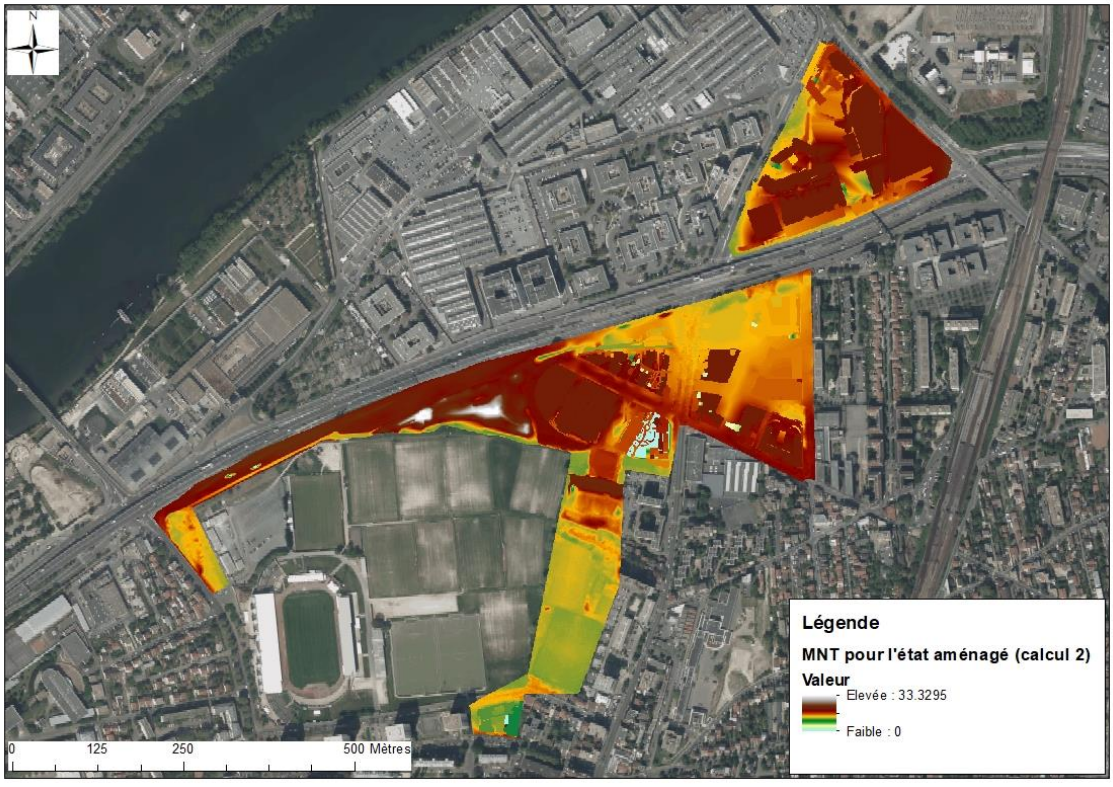


Figure 9 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul 2 des lois H/V et H/S

3.2 Calcul 1 des lois H/V et H/S pour les deux emprises

3.2.1 Ilot Colombus

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 51 275 m³. Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume EA1
26.3	41
26.7	9439
27.2	18029
27.7	22296
28.2	34316
28.7	48213
28.8	**51275**

Tableau 3 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 1 pour l'ilot Colombus

3.2.2 Autres ilots

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 181 212 m³. Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	22977
26.7	32606
27.2	50047
27.7	78171
28.2	110675
28.7	155383
28.8	165496
28.95	**181212**

Tableau 4 : Lois Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 1 pour les autres ilots

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 9 396 m³.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	986
26.7	1726
27.2	3313
27.7	4986
28.2	6737
28.7	8510
28.8	8863
28.95	**9396**

Figure 10 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 21 753 m³.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	-105
26.7	1325
27.2	2813
27.7	6670
28.2	10705
28.7	17827
28.8	19393
28.95	**21753**

Figure 11 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 62 331 m³.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	232
26.7	3918
27.2	9273
27.7	20725
28.2	33347
28.7	51973
28.8	56091
28.95	**62331**

Figure 12 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 87 732 m³.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	21864
26.7	25637
27.2	34648
27.7	45790
28.2	59886
28.7	77073
28.8	81149
28.95	**87732**

Figure 13 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Stade

3.2.3 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 51 275 m³ et de 181 212 m³ sur les autres ilots.

Afin des prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 46 148 m³** et de **163 091 m³ sur les autres ilots**.

3.3 Comparaison des lois H/V Etat Initial / Etat Aménagé 1

3.3.1 Ilot Colombus

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé 1 et d'en déduire l'impact des aménagements sur l'ilot Colombus.

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.3	0	41	41
26.7	7414	9439	2025
27.2	17565	18029	464
27.7	30733	22296	-8437
28.2	48097	34316	-13781
28.7	69697	48213	-21484
28.8	**74212**	**51275**	**-22937**

Tableau 5 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Colombus

3.3.2 Autres ilots

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé 1 et d'en déduire l'impact des aménagements pour l'ensemble des autres ilots.

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	22977	22977
26.7	5007	32606	27599
27.2	20856	50047	29191
27.7	47019	78171	31152
28.2	79950	110675	30725
28.7	119948	155383	35435
28.8	130239	165496	35257
28.95	**146122**	**181212**	**35090**

Tableau 6 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour les autres ilots

Ilot Audra

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	986	986
26.7	587	1726	1139
27.2	2189	3313	1124
27.7	3886	4986	1100
28.2	5629	6737	1108
28.7	7382	8510	1128
28.8	7731	8863	1132
28.95	**8258**	**9396**	**1138**

Tableau 7 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	-105	-105
26.7	1870	1325	-545
27.2	6569	2813	-3756
27.7	13319	6670	-6649
28.2	21045	10705	-10340
28.7	29589	17827	-11762
28.8	31351	19393	-11958
28.95	**33995**	**21753**	**-12242**

Tableau 8 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	232	232
26.7	1581	3918	2337
27.2	7373	9273	1900
27.7	18579	20725	2146
28.2	34294	33347	-947
28.7	53716	51973	-1743
28.8	58115	56091	-2024
28.95	**64719**	**62331**	**-2388**

Tableau 9 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	21864	21864
26.7	969	25637	24668
27.2	4725	34648	29923
27.7	11235	45790	34555
28.2	18982	59886	40904
28.7	29261	77073	47812
28.8	33042	81149	48107
28.95	**39150**	**87732**	**48582**

Tableau 10 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Stade

3.4 Bilan du calcul 1

Le volume de stockage pour une crue centennale est plus important en état aménagé qu'en état initial sur l'ensemble de la zone du projet. Les ilots Colombus, Cook et Magellan sont déficitaires mais sont compensés par les ilots Audra et Stade Ainsi, **aucune mesure compensatoire** autre que les parkings n'est à envisager au titre des remblais-déblais.

L'aménagement de remblais supplémentaires est même envisageable. En effet, les projets d'aménagement sur certains ilots ne sont qu'à un stade de faisabilité. De ce fait, les cotes des aménagements paysagers ne sont pas encore fixées. D'autres calculs pourront être réalisés une fois les plans finis à la lueur des informations déjà fournies.

3.5 Calcul 2 des lois H/V et H/S pour les deux emprises

3.5.1 Ilot Colombus

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 41 621 m^3 soit environ 10 000 m^3 de moins qu'avec le calcul 1 Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume EA2
26.3	50
26.7	7789
27.2	13171
27.7	14764
28.2	25425
28.7	38630
28.8	**41621**

Tableau 11 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 2 pour l'ilot Colombus

3.5.2 Autres ilots

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 179 288 m^3 soit environ 2 000 m^3 de moins qu'avec le calcul 1 Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	22679
26.7	31383
27.2	46588
27.7	74789
28.2	108410
28.7	153470
28.8	163578
28.95	**179288**

Tableau 12 : Lois Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 2 pour les autres ilots

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 9 351 m³ soit 40 m³ de moins qu'avec le calcul 1.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	981
26.7	1715
27.2	3292
27.7	4954
28.2	6698
28.7	8466
28.8	8819
28.95	**9351**

Figure 14 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 21 753 m³ soit identique au calcul 1.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	-105
26.7	1325
27.2	2813
27.7	6670
28.2	10705
28.7	17827
28.8	19393
28.95	**21753**

Figure 15 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 60 662 m³ soit environ 2 000 m³ de moins qu'avec le calcul 1.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	-58
26.7	2729
27.2	5977
27.7	17585
28.2	31331
28.7	50314
28.8	54427
28.95	**60662**

Figure 16 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 87 522 m³ soit environ 200 m³ de moins qu'avec le calcul 1.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	21861
26.7	25614
27.2	34506
27.7	45580
28.2	59676
28.7	76863
28.8	80939
28.95	**87522**

Figure 17 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Stade

3.5.3 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 41 621 m³ et de 179 288 m³ sur les autres ilots.

Afin des prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 37 459 m³** et de **161 359 m³ sur les autres ilots**.

3.6 Comparaison des lois H/V Etat Initial / Etat Aménagé 2

3.6.1 Ilot Colombus

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé 2 et d'en déduire l'impact des aménagements sur l'ilot Colombus.

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.3	0	50	50
26.7	7414	7789	375
27.2	17565	13171	-4394
27.7	30733	14764	-15969
28.2	48097	25425	-22672
28.7	69697	38630	-31067
28.8	**74212**	**41621**	**-32591**

Tableau 13 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Colombus

3.6.2 Autres ilots

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé 2 et d'en déduire l'impact des aménagements pour l'ensemble des autres ilots.

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	22679	22679
26.7	5007	31383	26376
27.2	20856	46588	25732
27.7	47019	74789	27770
28.2	79950	108410	28460
28.7	119948	153470	33522
28.8	130239	163578	33339
28.95	**146122**	**179288**	**33166**

Tableau 14 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour les autres ilots

Ilot Audra

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	981	981
26.7	587	1715	1128
27.2	2189	3292	1103
27.7	3886	4954	1068
28.2	5629	6698	1069
28.7	7382	8466	1084
28.8	7731	8819	1088
28.95	**8258**	**9351**	**1093**

Tableau 15 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	-105	-105
26.7	1870	1325	-545
27.2	6569	2813	-3756
27.7	13319	6670	-6649
28.2	21045	10705	-10340
28.7	29589	17827	-11762
28.8	31351	19393	-11958
28.95	**33995**	**21753**	**-12242**

Tableau 16 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	-58	-58
26.7	1581	2729	1148
27.2	7373	5977	-1396
27.7	18579	17585	-994
28.2	34294	31331	-2963
28.7	53716	50314	-3402
28.8	58115	54427	-3688
28.95	**64719**	**60662**	**-4057**

Tableau 17 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	21861	21861
26.7	969	25614	24645
27.2	4725	34506	29781
27.7	11235	45580	34345
28.2	18982	59676	40694
28.7	29261	76863	47602
28.8	33042	80939	47897
28.95	**39150**	**87522**	**48372**

Tableau 18 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Stade

3.7 Bilan du calcul 2

Les conclusions du calcul 2 sont identiques à celles du calcul 1.

4 MESURES COMPENSATOIRES

Aucune mesure compensatoire autre que les parkings n'est à prévoir puisque les volumes disponibles pour le stockage des crues en état aménagé est supérieur ou au moins similaire à celui de l'état initial.

5 CONCLUSION

Le projet tel que défini actuellement n'impacte pas le volume disponible pour l'expansion de la crue par tranche altimétrique sur l'ensemble du projet.

Certaines informations étant manquantes lors de la mise à jour, deux calculs ont été réalisés en complétant les informations recueillies soit par l'état initial soit pas l'état aménagé prévu dans le DLE. Les résultats obtenus sont similaires. Si les ilots Colombus, Cook et Magellan sont déficitaires en termes de volumes pour certaines tranches, les remblais réalisés sur ces ilots sont compensés par des déblais sur les ilots Audra et Stade. Aucune mesure compensatoire en complément des parkings prévus à ce jour n'est nécessaire.

Les projets d'aménagements non réalisés à ce jour, peuvent encore évoluer, des calculs complémentaires ainsi que des « porter à connaissance » seront nécessaires en cas de modification des projets.

Ce qu'il faut retenir…

Le projet tel que défini actuellement est transparent d'un point de vue volumique.

S16DHF008

2017

Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC

Accompagnement expertise inondation

CONSULTING

SAFEGE
Parc de L'Ile
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

Direction France

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Ile - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 04

Date : Mars 2017

Nom Prénom : LEGRAND Claire

Visa :

Vérification des documents IMP411

Numéro du projet : S16DHF008

Intitulé du projet : Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC

Intitulé du document : Accompagnement expertise inondation

Version	**Rédacteur** NOM / Prénom	**Vérificateur** NOM / Prénom	**Date d'envoi** JJ/MM/AA	**COMMENTAIRES** Documents de référence / Description des modifications essentielles
01	BERCHE / Marion	DAGORNE / Didier		Version initiale
02	LEGRAND / Claire	RIGAUDIERE / Pierre		Version finale
03	LEGRAND / Claire	RIGAUDIERE / Pierre		Modification des projets sur l'ilot Cook et Audra Mise à jour du bilan
04	LEGRAND / Claire	RIGAUDIERE / Pierre		Modifications suite aux retours de la Police de l'Eau

Sommaire

1 Introduction 5

1.1 Contexte et objectifs 5

1.2 Méthodologie 6

2 Fonctionnement hydraulique actuel 7

2.1 Volume et surface disponibles pour la crue centennale 7

2.1.1 Données et hypothèses prises 7
2.1.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises 8

2.2 Ecoulement et emprise de la zone inondable 12

2.2.1 Construction du modèle hydraulique 12
2.2.2 Calage du modèle hydraulique 21
2.2.3 Exploitation des résultats 25

3 Impacts volumétriques et hydrauliques du projet 28

3.1 Impacts volumétriques 28

3.1.1 Construction de l'état aménagé 28
3.1.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises 29
3.1.3 Comparaison des lois H/V et H/S Etat Initial / Etat Aménagé 33
3.1.4 Bilan 35

3.2 Impacts hydrauliques 35

3.2.1 Construction du modèle en état aménagé 35
3.2.2 Exploitation des résultats et comparaison avec l'état initial 35
3.2.3 Bilan sur les impacts hydrauliques 43

4 Mesures compensatoires 44

5 Conclusion 45

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI 5
Figure 2 : Topographie actuelle sur le périmètre de la future ZAC 8
Figure 3 : Lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface en état initial pour l'ilot Colombus 9
Figure 4 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour les autres ilots 10
Figure 5 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Audra 10
Figure 6 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Cook 11
Figure 7 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Magellan 11
Figure 8 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Stade 12
Figure 9 : Limites du modèle hydraulique 13
Figure 10 : Illustration du modèle 1D 14
Figure 11 : Insertion des ponts dans le modèle 1D 14
Figure 12 : Maillage 2D – Etat initial 16
Figure 13 : Illustration du principe de couplage 1D/2D 17
Figure 14 : Localisation des stations de la Banque Hydro 17
Figure 15 : Occupation du sol – Source : base de données Corine and Land Cover 2012 19
Figure 16 : Coefficients de Strickler après calage 20
Figure 17 : Carte des hauteurs d'eau du PPRi de la Seine dans les Hauts de Seine 21
Figure 18 : Profil en long de la crue centennale 22
Figure 19 : Cotes obtenues par la modélisation 24
Figure 20 : Zoom sur les remblais en état initial 25
Figure 21 : Vitesses sur le site (crue de 1910) 26
Figure 22 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul des lois H/V et H/S 28
Figure 23 : Lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface en état aménagé pour l'ilot Colombus 29
Figure 24 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour les autres ilots 30
Figure 25 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Audra 30
Figure 26 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Cook 31
Figure 27 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Magellan 31
Figure 28 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Stade 32
Figure 29 : Maillage en état aménagé 35
Figure 30 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue centennale 36
Figure 31 : Q100 - Cotes en état initial et en état aménagé 37
Figure 32 : Q100 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé 38
Figure 33 : Q100 – Vitesses en état initial et en état aménagé 39
Figure 34 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue cinquantennale 40
Figure 35 : Q50 – Cotes en état initial et en état aménagé 40
Figure 36 : Q50 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé 41
Figure 37 : Q50 – Vitesses en état initial et en état aménagé 42
Figure 38 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue décennale 42
Figure 39 : Q10 – Cotes en état initial et en état aménagé 43
Figure 40 : Q10 – Vitesses en état initial et en état aménagé 43

Table des tableaux

Tableau 1 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat initial pour l'ilot Colombus 9
Tableau 2 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat initial pour les autres ilots 10
Tableau 3 : Débit d'entrée – Crue de référence PPRI 18
Tableau 4 : Débits d'entrée – Crues intermédiaires (Q10 et Q50) 18
Tableau 5 : Comparaison des cotes PPRi et des cotes du modèle hydraulique 23
Tableau 6 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat aménagé pour l'ilot Colombus 29

Tableau 7 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat aménagé pour les autres ilots 30
Tableau 8 : Comparaison des lois H/V et H/S pour les EI / EA pour l'ilot Colombus 33
Tableau 9 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour les autres ilots 33
Tableau 10 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Audra 33
Tableau 11 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Cook 34
Tableau 12 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Magellan 34
Tableau 13 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Stade 34

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte et objectifs

Le projet d'aménagement se situe entre 300 et 900 m de la Seine, en rive gauche.

Il est en zone inondable et doit donc être conforme aux prescriptions du PPRI. Le projet se situe majoritairement en zone orange du PPRI de la Seine mais une partie est également située en zone rouge.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Caractériser l'état hydraulique de l'environnement initial ;
- Evaluer les impacts hydrauliques du projet au regard des contraintes du PPRI et de la doctrine de la DRIEE « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux » ;
- Proposer éventuellement des mesures permettant d'éviter ou de compenser les impacts hydrauliques en respectant les préconisations du PPRI.

La figure ci-dessous permet de localiser les ilots constituant la zone d'aménagement par rapport au zonage règlementaire du PPRI.

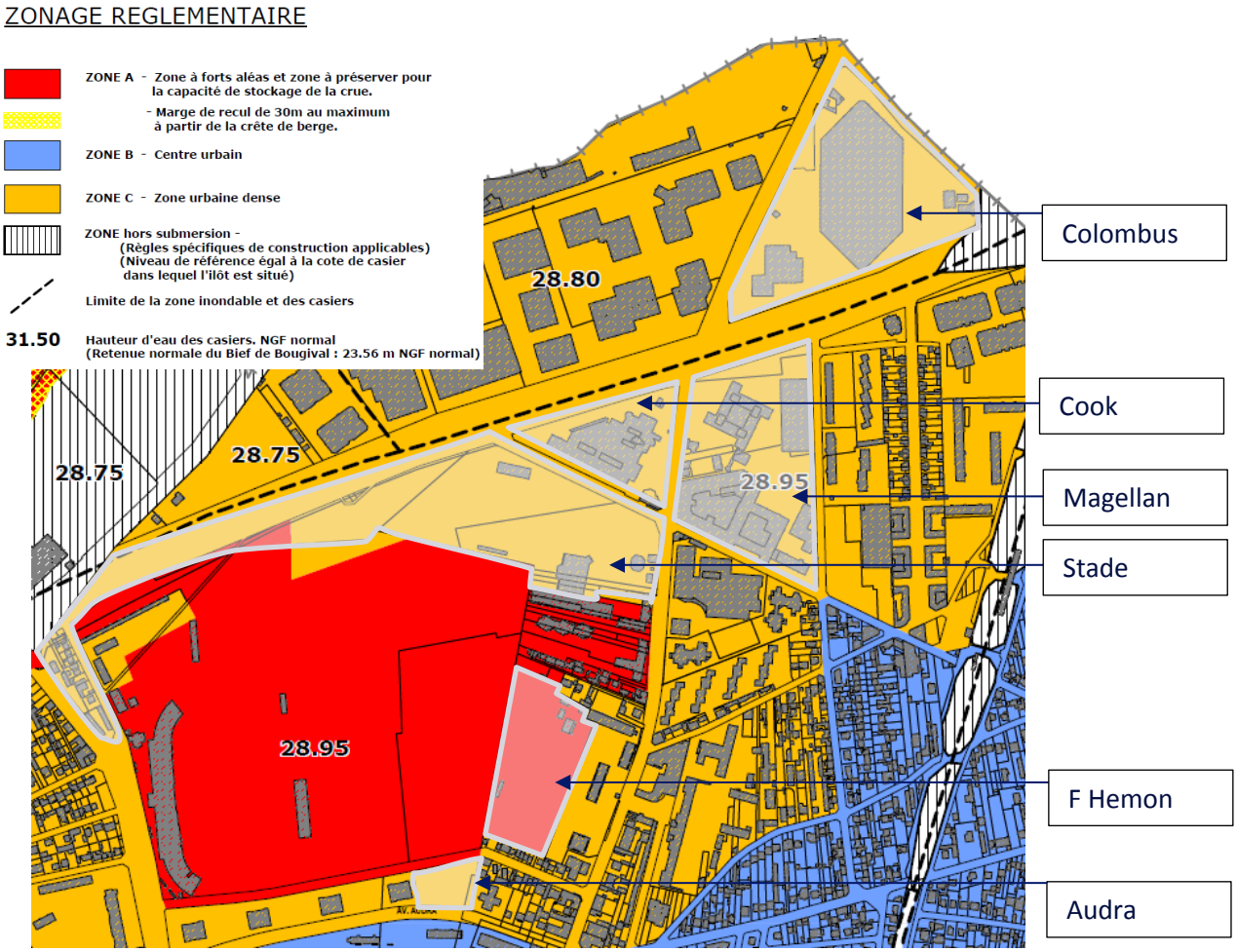


Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI

Le projet comprend ainsi **six îlots** de construction de type ZAC. L'îlot Colombus se situe sur une zone de PHEC à 28.8 m NGF et l'ensemble des autres îlots sur une zone de PHEC à 28.95 m NGF.

Les îlots Colombus, Cook et Magellan présentent actuellement une très forte urbanisation avec de nombreux bâtiments, contrairement aux autres îlots essentiellement composés d'espaces verts.

1.2 Méthodologie

L'étude des impacts hydrauliques du fait de la réalisation de la ZAC s'articule en trois temps :

- **Analyse Surfaces / Volumes :** cette phase a pour objectif de quantifier les surfaces et les volumes disponibles par tranche altimétrique, pour l'expansion de la crue centennale en état initial et aménagé.
- **Étude des écoulements et de l'enveloppe de la zone inondable :** cette phase a pour objectif de quantifier les impacts éventuels du projet sur les vitesses et les directions des écoulements pour les crues de la Seine mais également de comparer l'enveloppe de la zone d'inondation ainsi que les hauteurs d'eau atteintes. Pour ce faire, une modélisation hydraulique couplée 1D-2D est utilisée.
- **Propositions de mesures compensatoires :** cette phase a pour objectif de définir des mesures compensatoires permettant la transparence du projet.

2 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ACTUEL

Pour évaluer les impacts du projet, il est nécessaire, dans un premier temps, de préciser les connaissances de l'état actuel.

En adéquation avec les obligations définies par le PPRI et la doctrine DRIEE, il convient d'établir :

- La loi Hauteur/ Volume qui régit l'emmagasinement des crues sur le site
- La vitesse d'écoulement moyenne
- L'emprise au sol inondable

sur l'emprise du projet en état initial.

Les paragraphes suivants présentent ainsi le fonctionnement hydraulique actuel de la zone.

2.1 Volume et surface disponibles pour la crue centennale

2.1.1 Données et hypothèses prises

Le calcul de la loi Hauteur / Volume se base sur la reconstitution numérique du Terrain Naturel (TN). Pour cette étude, le Modèle Numérique de Terrain (MNT) a été réalisé à partir :

- Des levés topographiques RGE BD Alti de l'IGN (raster à la précision de 1 m dans le plan et de 20 cm en élévation),
- De plans fournis par Urban et Sens et d'une visite de site réalisée par SAFEGE pour identifier les parkings existants sur la zone.

Les bâtiments étant tous considérés comme inondables, aucune modification du TN n'a été apportée au MNT. Cette hypothèse est justifiée par le fait qu'aucun bâtiment ne semble avoir été construit de manière à être étanche. De plus, c'est l'hypothèse la plus défavorable dans le cadre des calculs à suivre. Ainsi le risque est maximisé.

Les parkings sont actuellement modélisables en tant qu'espaces de stockage des crues. Du fait de la cote de la nappe et de leur non étanchéité, seul le volume compris entre la cote casier du règlement PPRi moins 2.5 m et la cote casier est pris en compte dans les calculs de volume de stockage qui vont suivre conformément au PPRi. Ces zones de stockage ont été insérées dans le MNT.

Les lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface initiales permettent de déterminer, par tranche altimétrique de 50 cm du point le plus bas jusqu'au niveau des PHEC, les volumes et surfaces à garantir sous la cote casier du PPRi. L'emprise du projet se trouvant sur deux cotes casiers différentes, deux calculs distincts ont été menés. La carte ci-dessous présente les emprises des calculs.

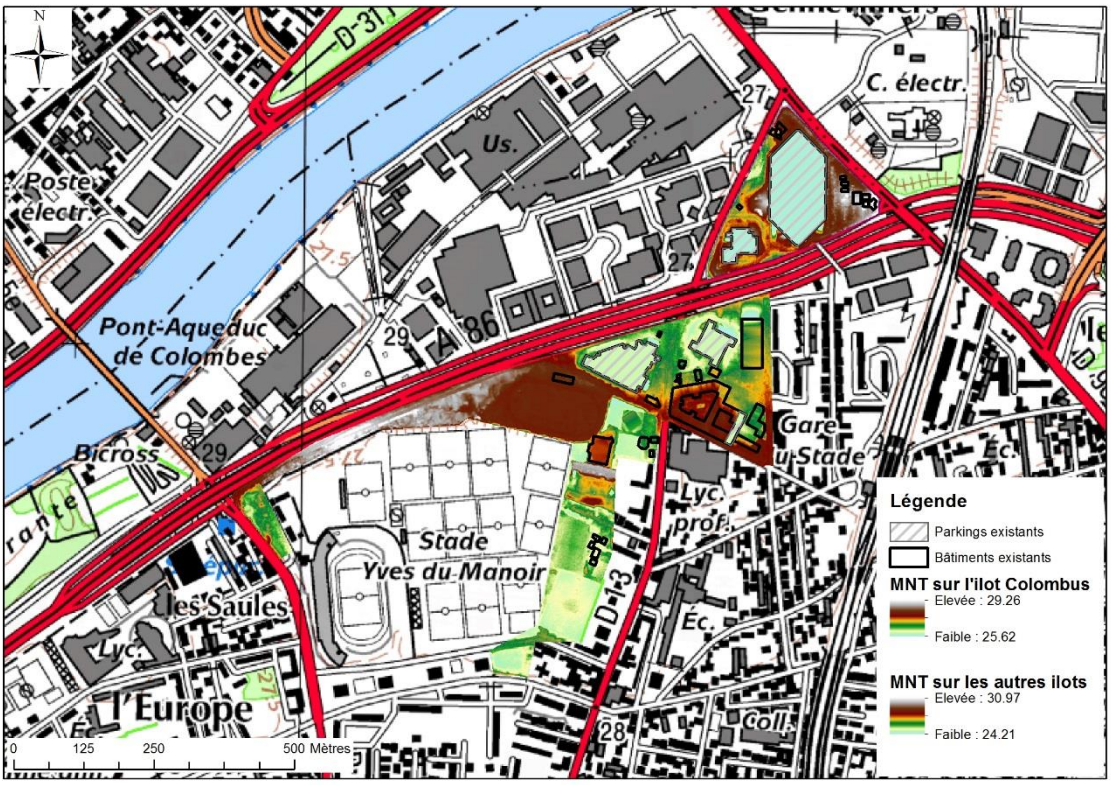


Figure 2 : Topographie actuelle sur le périmètre de la future ZAC

2.1.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises

2.1.2.1 Préambule

Nous présentons dans ce chapitre les éléments de surfaces et de volumes pour l'état initial, en distinguant l'îlot Colombus (cote casier 28.80 NGF) et les « autres îlots » (cote casier 29.95 NGF). La partie « autres îlots » est présentée globalement puis en détaillant chaque îlot.

D'autre part, nous faisons une distinction entre :

- **L'îlot Colombus :** cet îlot est situé dans un secteur sur lequel les vitesses peuvent dépasser 0.2 m/s (Cf. partie « modélisation »). La doctrine de la DRIEE impose donc de considérer ce secteur comme une « zone d'expansion », sur laquelle les surfaces et les volumes inondables sont à compenser par tranche altimétrique de 50 cm.
- **Les autres îlots** sont situés dans une « zone de stockage ». La doctrine de la DRIEE nous impose ici de compenser uniquement les volumes d'inondation, qui seuls sont présentés dans la suite.

2.1.2.2 Ilot Colombus

Les lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface pour l'ilot Colombus sont présentées sur le graphique ci-dessous.

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 74 212 m³, ce qui correspond à une surface de 45 004 m².

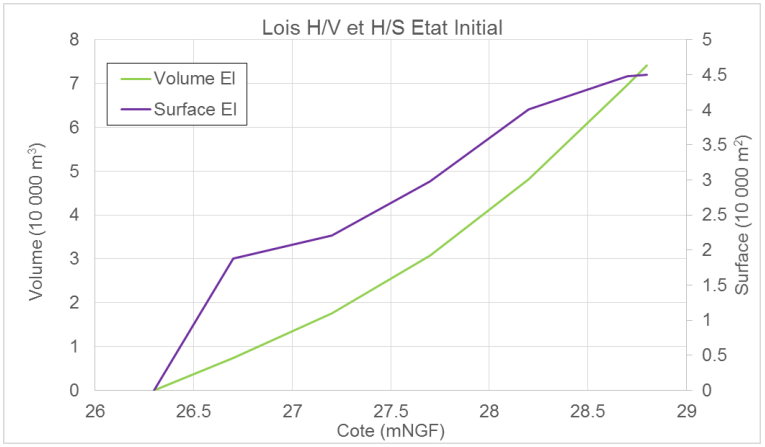


Figure 3 : Lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface en état initial pour l'ilot Colombus

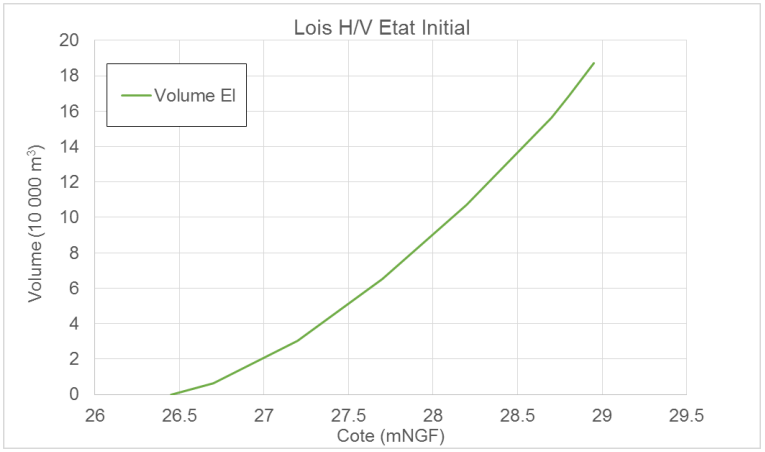
Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Surface m²	Volume m³
26.3	0	0
26.7	18845	7414
27.2	22083	17565
27.7	29802	30733
28.2	40074	48097
28.7	44759	69697
28.8	**45004**	**74212**

Tableau 1 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat initial pour l'ilot Colombus[1]

2.1.2.3 Autres ilots

La loi Hauteur / Volume sur les autres ilots est présentée sur la graphique ci-dessous. Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 187 038 m³.



[1] Pour une plus grande précision au début des lois H/V et H/S, une ligne a été ajoutée à moins de 50cm de la cote casier – 2.5 m.

Figure 4 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour les autres ilots

Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

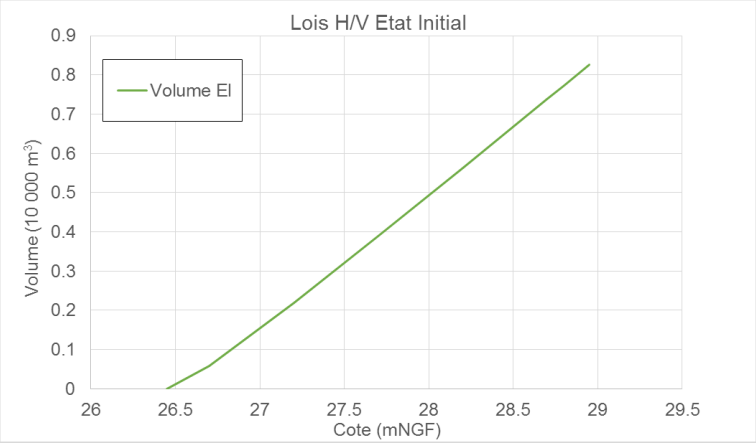
Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	6426
27.2	30104
27.7	65288
28.2	107276
28.7	156334
28.8	168437
28.95	**187038**

Tableau 2 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat initial pour les autres ilots

Afin de prendre en compte la phase de chantier, des calculs ont également été réalisés ilot par ilot. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 8 258 m³.

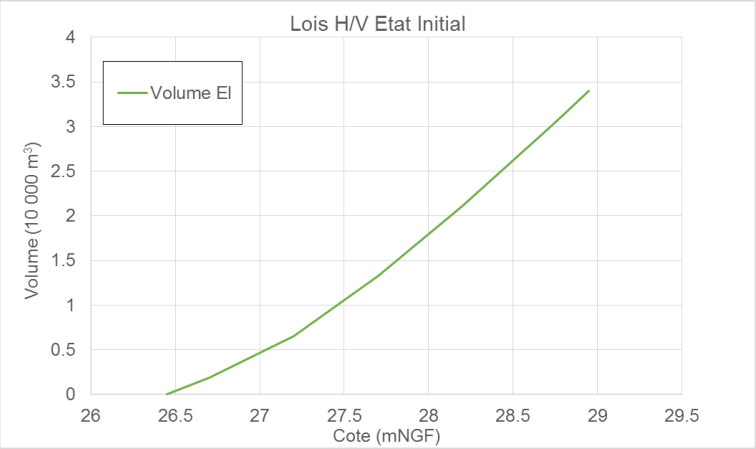


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	587
27.2	2189
27.7	3886
28.2	5629
28.7	7382
28.8	7731
28.95	**8258**

Figure 5 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 33 995 m³.

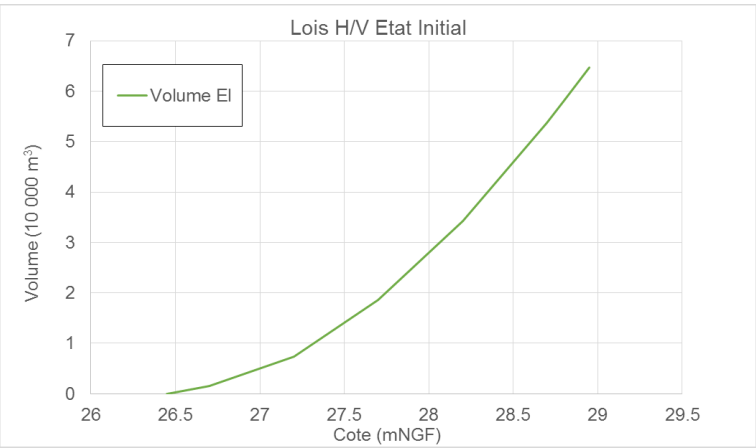


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1870
27.2	6569
27.7	13319
28.2	21045
28.7	29589
28.8	31351
28.95	**33995**

Figure 6 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 64 719 m³.

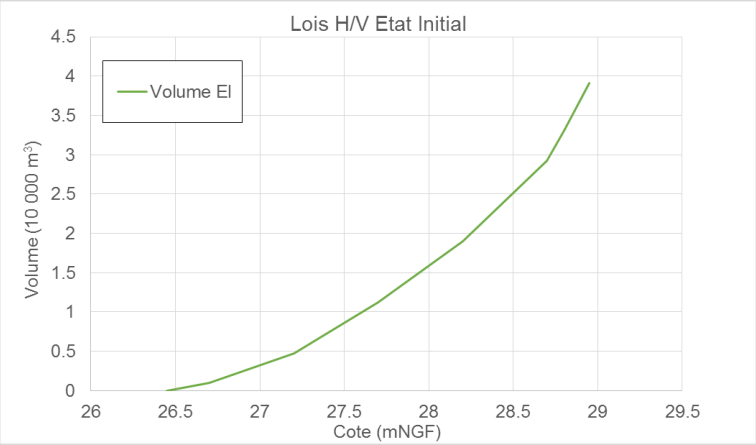


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1581
27.2	7373
27.7	18579
28.2	34294
28.7	53716
28.8	58115
28.95	**64719**

Figure 7 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 39 150 m³.



Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	969
27.2	4725
27.7	11235
28.2	18982
28.7	29261
28.8	33042
28.95	**39150**

Figure 8 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Stade

2.1.2.4 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 74 212 m³ et de 187 038 m³ sur les autres ilots.

Afin de prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 66 791 m³** et de **168 334 m³ sur les autres ilots**.

2.2 Ecoulement et emprise de la zone inondable

2.2.1 Construction du modèle hydraulique

La modélisation hydraulique mise en œuvre est un modèle couplé 1D – 2D qui permet d'une part de bien prendre en compte les différents ouvrages du lit mineur de la Seine pour avoir une représentation fiable de la réalité et d'avoir d'autre part une bonne représentation des écoulements dans le lit majeur et notamment des cotes et des vitesses au droit du site de projet.

Après le calage du modèle sur la crue de 1910, les simulations hydrauliques sont lancées pour les trois débits suivants :

- Q10 ;
- Q50 ;
- Q100 que nous assimilons à la crue de 1910.

Les simulations sont effectuées en régime transitoire.

2.2.1.1 Construction géométrique

Limites du modèle

La partie 1D du modèle s'étend du pont de la D909 au barrage d'Andrésy (à l'aval de la confluence avec l'Oise). Il couvre ainsi un linéaire important de Seine de manière à avoir une condition limite aval suffisamment éloignée du site et fiable.

Le projet étant localisé au niveau de la boucle de Gennevilliers, boucle serrée de la Seine comprenant de nombreux remblais, les écoulements hydrauliques sont complexes et une partie du flux ayant débordé en lit majeur court-circuite ce méandre. Ainsi la modélisation hydraulique 2D doit s'étendre sur l'ensemble de l'intérieur de la boucle de Gennevilliers.

La partie 2D du modèle correspond donc au champ d'expansion de la crue centennale en rive gauche, délimité par la cartographie d'aléa du PPRi. L'emprise est délimitée au Nord Est par le remblai de la voie SNCF et au sud et à l'Ouest par la fin de la zone inondable.

La carte ci-dessous présente les limites du modèle.

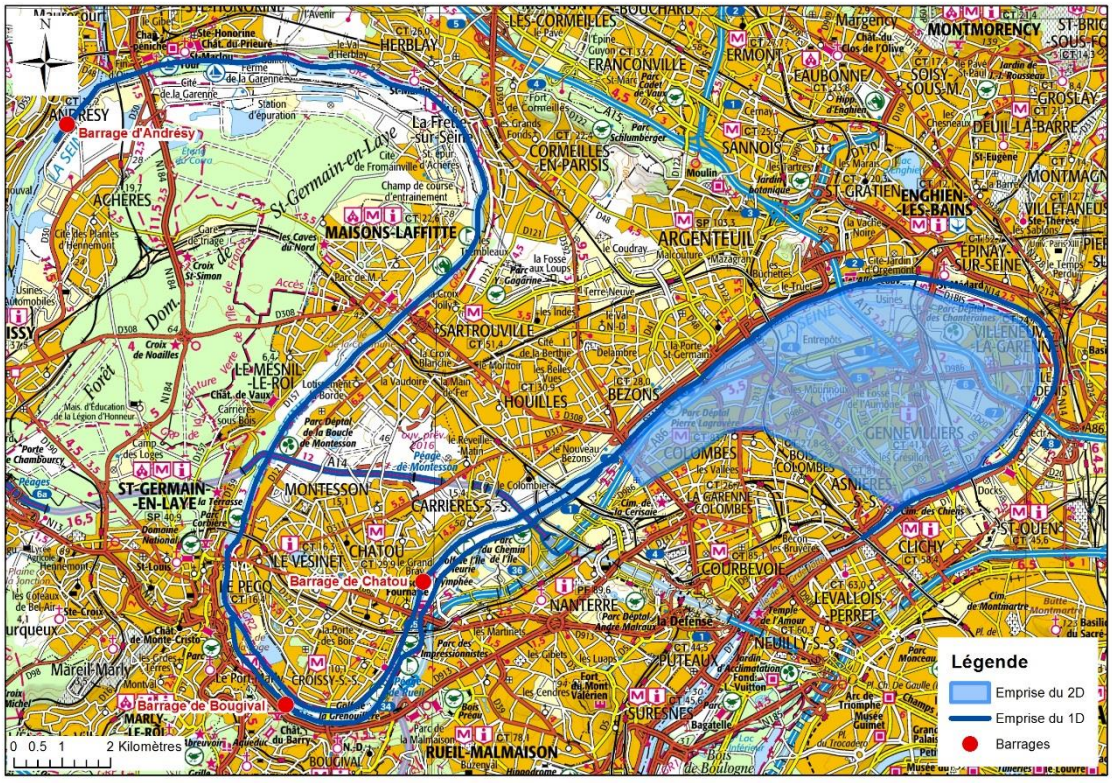


Figure 9 : Limites du modèle hydraulique

Topographie et bathymétrie

Modélisation de la partie 1D : Modèle Mike 11

MIKE 11 est un logiciel d'hydraulique capable de modéliser la propagation d'onde de crue en régime transitoire et permanent, quel que soit le régime d'écoulement (fluvial ou torrentiel). La résolution des équations de Barré Saint Venant est réalisée à l'aide d'un schéma implicite en différence finie. MIKE 11 permet de décrire l'ensemble des ouvrages aménagés le long du linéaire d'un cours d'eau.

Les points forts de ce logiciel sont :

- La robustesse de son noyau de calcul qui permet d'étudier des écoulements torrentiels ou fluviaux en régime permanent ou transitoire ;
- La puissance et la souplesse des moyens de description du relief des zones à étudier (lits mineurs, ouvrages, digues...) ;
- Les interfaces de présentation de la topologie du modèle hydraulique mis au point et d'édition des résultats (courbes d'évolution temporelle des hauteurs d'eau ou des débits, profils en travers en long).

Les figures ci-dessous illustrent les éléments de la modélisation :

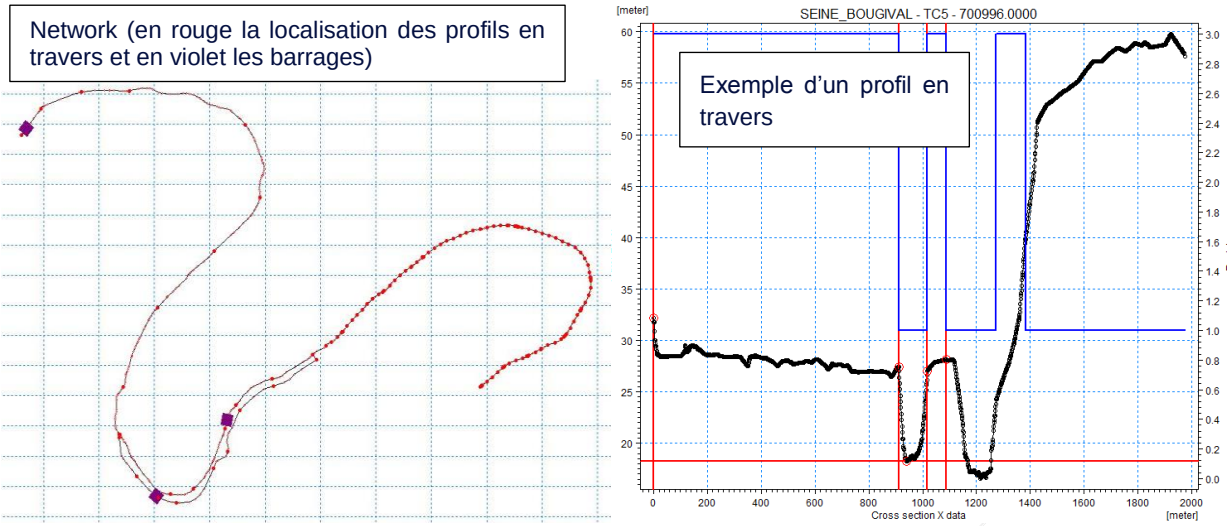


Figure 10 : Illustration du modèle 1D

Les profils en travers sont extraits de la bathymétrie de VNF datant de 2013.

Les ouvrages tels que les seuils, barrages et déversoirs sont décrits par des lois correspondantes, dont les coefficients peuvent être ajustés en période de calage. Les ouvrages complexes peuvent être décrits avec autant de « compartiments » que nécessaire.

Les ouvrages de franchissement ont été introduits dans le modèle par l'intermédiaire de sections en travers décrivant leur géométrie comme le montre la figure ci-dessous.

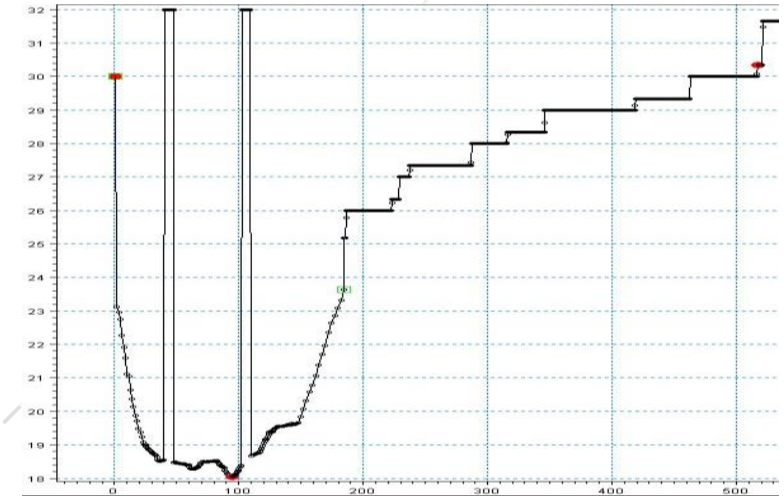
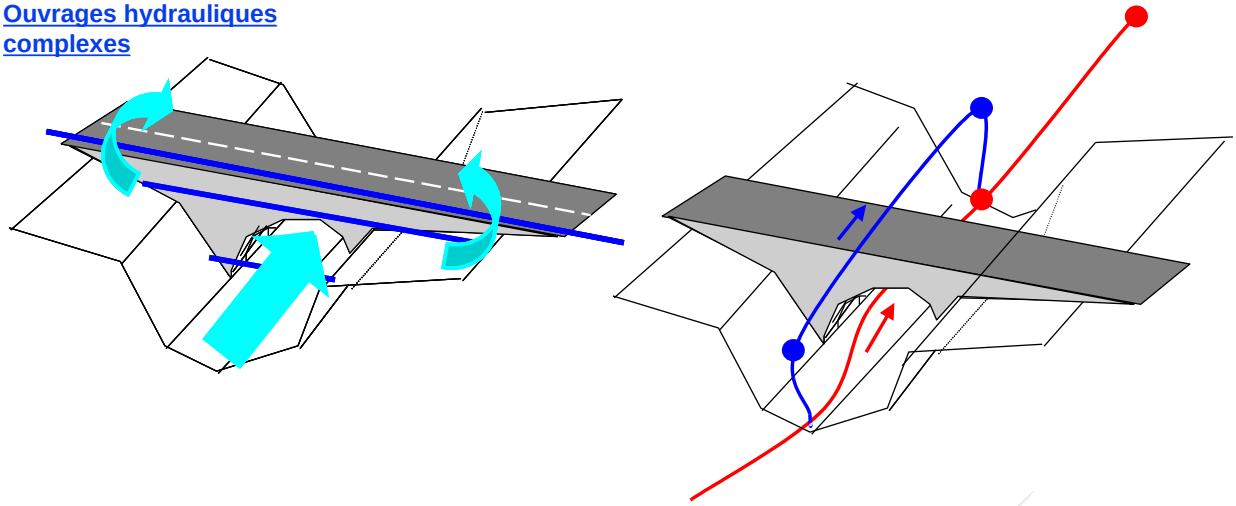


Figure 11 : Insertion des ponts dans le modèle 1D

La perte de charge induite par ces ouvrages est automatiquement calculée par le modèle et prise en compte dans le calcul de la ligne d'eau. Les franchissements sont décrits par le schéma ci-dessous, en distinguant (1) le passage de l'eau sous la voûte de l'ouvrage, (2) le passage dans les ouvrages de décharge, (3) la surverse éventuelle par-dessus le remblai d'accès à l'ouvrage ou le tablier du pont.

Ouvrages hydrauliques complexes



Les barrages de Chatou, Bougival et Andrésy ainsi que l'ensemble des ponts jusqu'au barrage de Chatou ont été intégrés au modèle.

Modélisation de la partie 2D : Modèle Mike 21

Le modèle 2D est bâti avec un maillage flexible triangulaire, qui permet de raffiner l'échelle de description au niveau des singularités hydrauliques et autres sites d'intérêts tels que les zones de remblais et points hauts et les zones directement situées sur le site du projet.

Sur l'emprise de la zone à modéliser en 2D, les données LiDAR du RGE Alti de l'IGN ont été collectées. Ces données cartographiques correspondent à des dalles raster au format ASCII projetées en Lambert 93 et avec une résolution de 1 m dans le plan et 20 cm en élévation.

Les dalles sont assemblées, redécoupées sur l'emprise du secteur modélisé et portées à une résolution de 5m pour pouvoir manipuler plus facilement les données tout en conservant une résolution suffisante pour une bonne représentation topographique.

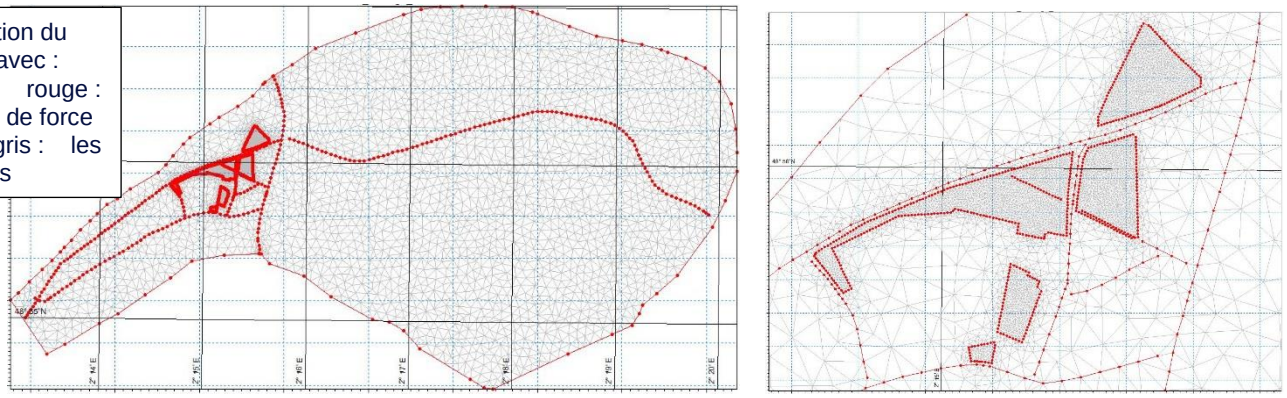
Le raster ainsi créé est utilisé pour générer un semi de point au format .xyz sur lequel sont interpolés les points du maillage de modélisation hydraulique.

Le maillage est :

- **Triangulaire sur l'ensemble de la zone d'étude**. Ce type de maillage convient bien pour la modélisation d'écoulements multidirectionnels et au voisinage des singularités hydrauliques.
- **Constitué de 2 grandes zones** : l'emprise de la boucle en amont et en aval de la zone de projet représenté avec des mailles de taille importante (1000 m² au maximum) et la zone au droit du site représentée avec un maillage fin (20 m² au maximum).

La figure ci-dessous illustre le maillage généré dans la modélisation hydraulique.

Construction du maillage avec :
- En rouge : lignes de force
- En gris : les mailles



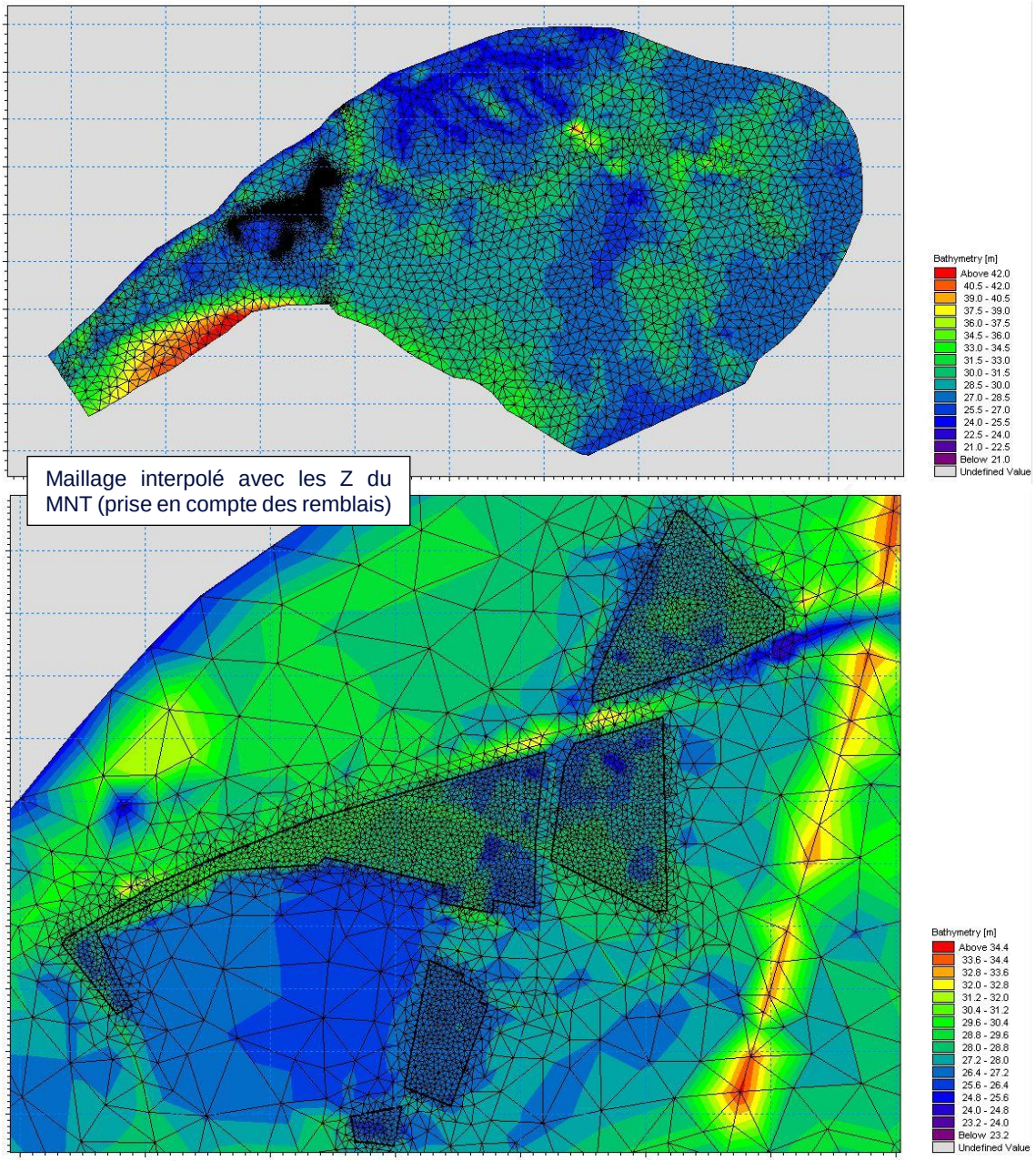


Figure 12 : Maillage 2D – Etat initial

Couplage des modèles par l'interface MIKE FLOOD

Le couplage des modèles 1D et 2D est réalisé à partir de l'interface MIKE FLOOD. Le couplage des deux représentations mathématiques de l'écoulement est réalisé grâce à des liens standards latéraux sur la berge rive gauche du bras gauche qui permettent le transfert des flux en provenance du modèle 1D vers le modèle 2D et inversement.

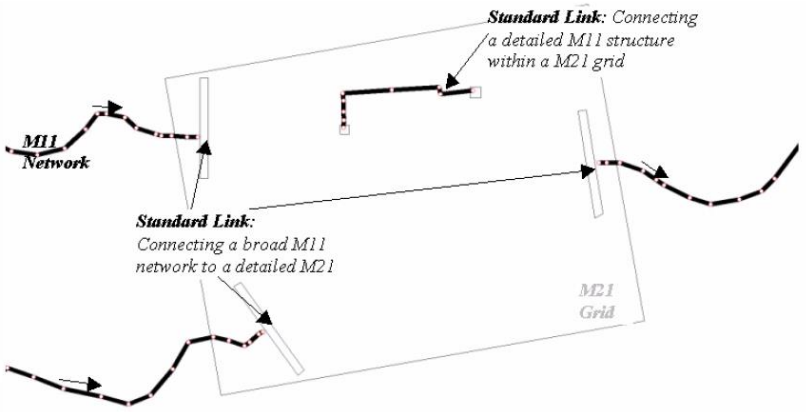


Figure 13 : Illustration du principe de couplage 1D/2D

2.2.1.2 Hydrologie, conditions limites et paramétrage

Les données disponibles dans la Banque Hydro pour la crue de 1910 sont celles de la Seine au Droit du pont d'Austerlitz, située à 45.4km curviligne de la zone de projet (en suivant le linéaire de la Seine).

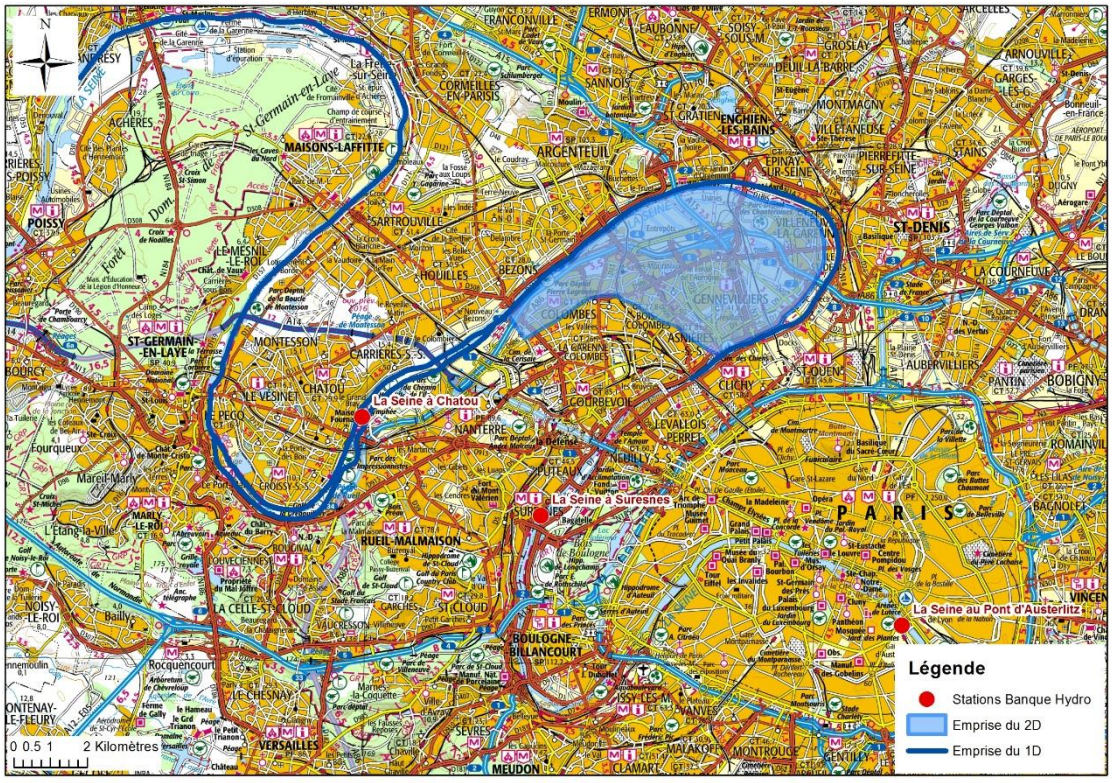


Figure 14 : Localisation des stations de la Banque Hydro

Le bassin versant collecté par la station du pont d'Austerlitz est de 43800 km².

Les stations hydrométriques les plus proches de la zone projet sont celles de la Seine à Suresnes et la Seine à Chatou. Les bassins versant drainés correspondant sont respectivement de 44100 et de 44 669 km² (données issues des stations). Ces données (dont la source est plus proche géographiquement) seront utilisées pour les crues décennale et cinquantennale.

	Surface du BV d'apport en km²	Débit de pointe en m³/s
Austerlitz	43800	2660
Suresnes	44100	2678
Chatou	44669	2713
Zone d'étude	44129	**2680**

Tableau 3 : Débit d'entrée – Crue de référence PPRI

	Surface du BV d'apport en km²	Q10	Q50
Austerlitz	43800	1600	2400
Zone d'étude	44129	**1612**	**2450**

Tableau 4 : Débits d'entrée – Crues intermédiaires (Q10 et Q50)

On remarquera le débit retenu comme le débit de la crue cinquantennale est supérieur à celui de la crue 1924. En effet, la présence de murettes le long des berges de la boucle de Gennevilliers empêche théoriquement les inondations sous la cote de la crue de 1924 estimé à 2200 m³/s dans le département des Hauts de Seine. Nous avons donc retenu une situation hydrologique intermédiaire pour laquelle la boucle de Gennevilliers est effectivement inondée.

Condition limite aval

Comme expliqué précédemment la condition limite aval est fixée à l'aval de la confluence de la Seine avec l'Oise.

Cette condition limite est une loi Q/H définie à partir des cotes relevées pour différentes crues à l'amont du barrage d'Andrésy.

Pour information, les débits de l'Oise pris en compte dans le modèle sont les suivants :

- 330 m³/s pour la Q10,
- 400 m³/s pour la Q50,
- 420 m³/s pour la Q100.

Coefficients de rugosité

La définition des coefficients de rugosité sur l'emprise de la modélisation 2D se base sur les données Corine and Land Cover 2012 et sur des photos aériennes de la zone datant d'août 2016.

La figure ci-dessous présente les occupations du sol Corine Land Cover.

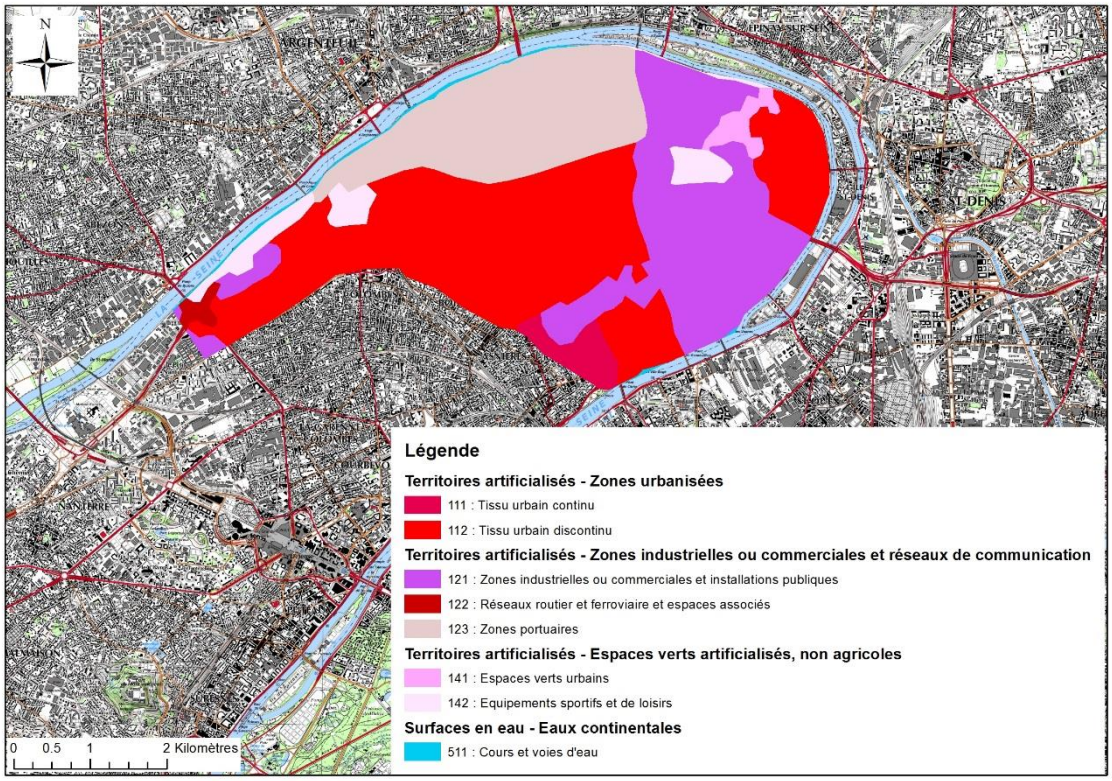
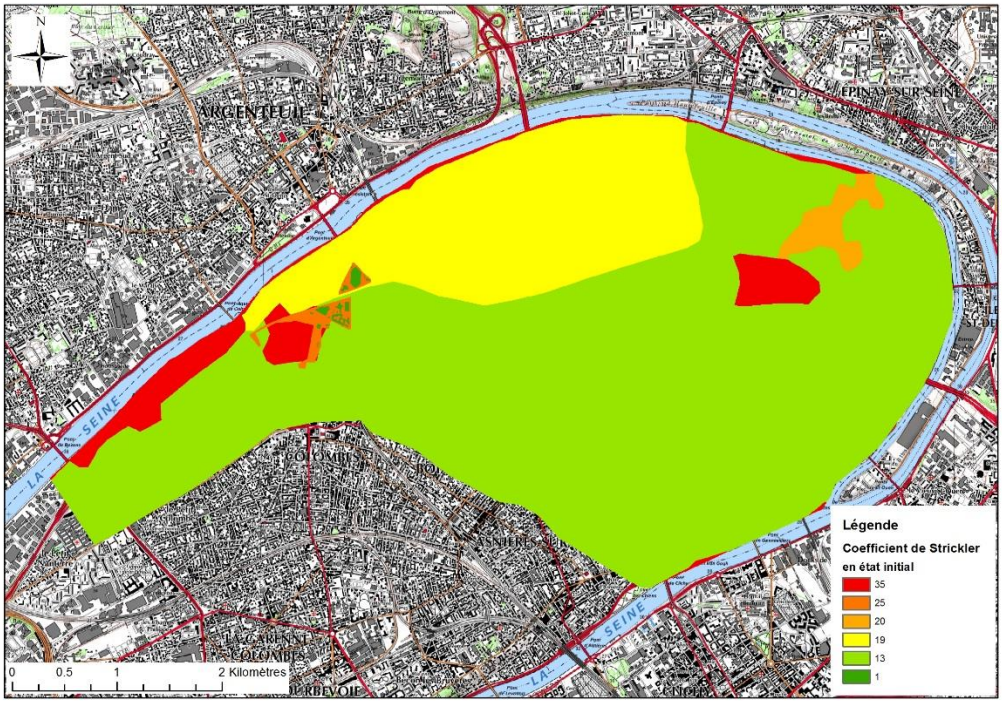


Figure 15 : Occupation du sol – Source : base de données Corine and Land Cover 2012

Les coefficients de Strickler retenus après calage dans le modèle 2D sont représentés sur la carte suivante. Dans le lit mineur, le coefficient de Strickler est fixé à 33 dans la boucle, 36 entre l'aval de la zone projet et l'île des Impressionnistes et 30 à l'aval du modèle.



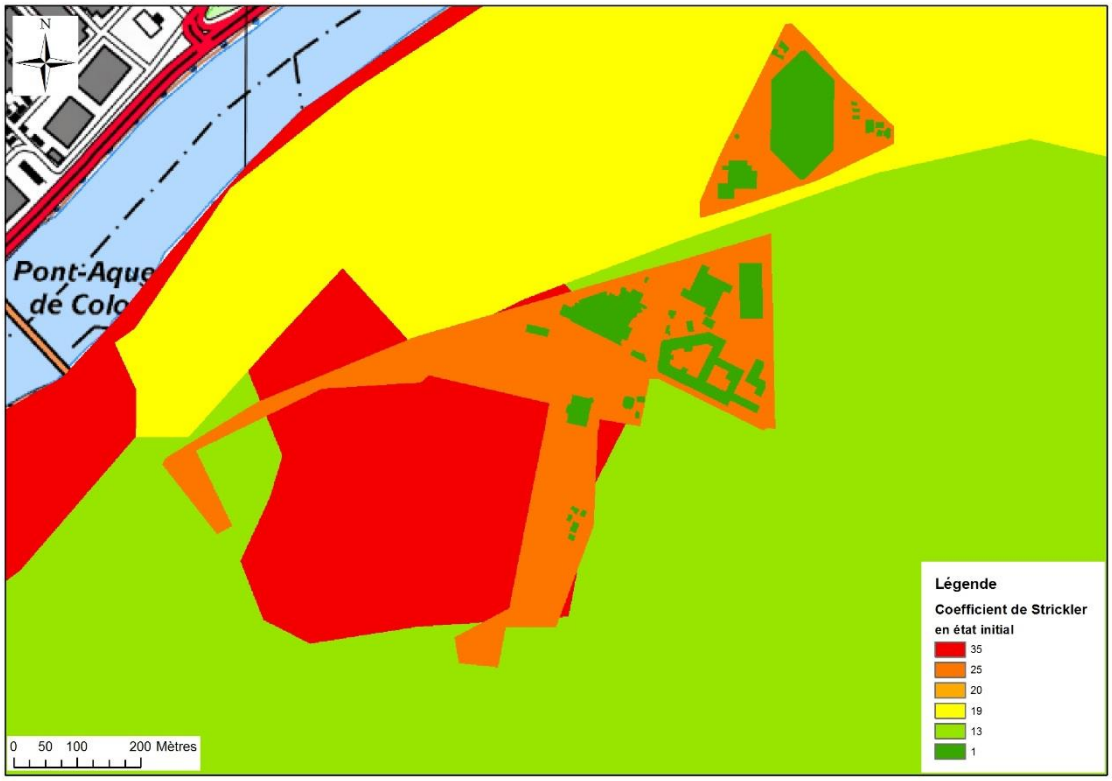


Figure 16 : Coefficients de Strickler après calage

On remarque qu'un raffinement a été effectué sur la zone projet. Ainsi sur l'emprise de la future ZAC, les coefficients de Strickler pour les bâtiments sont pris égaux à 1 ce qui les distingue des routes et espaces verts pour lesquels le Strickler est fixé à 25. Cette distinction n'a pas été faite sur le reste du modèle 2D pour lequel un coefficient moyen intégrant le bâti a été choisi.

2.2.2 Calage du modèle hydraulique

Le calage du modèle est effectué sur la base de la cartographie du PPRi.

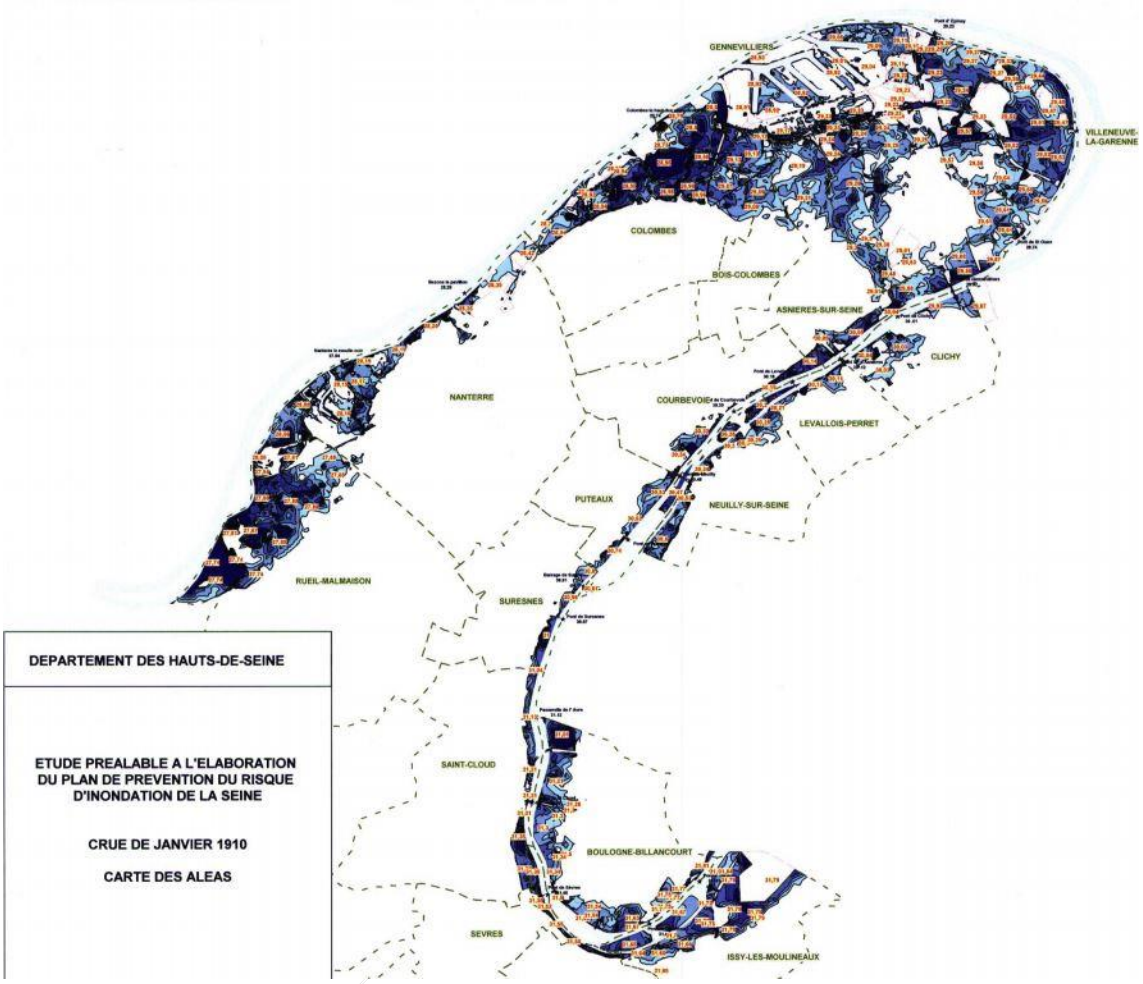
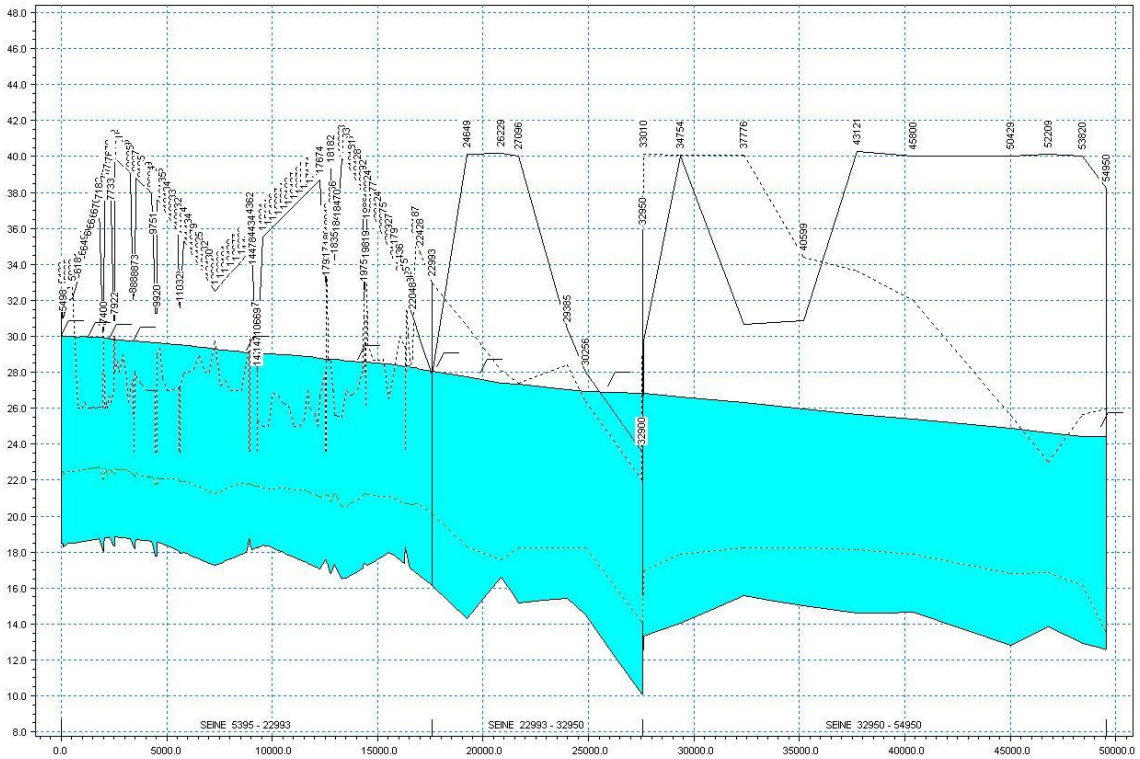


Figure 17 : Carte des hauteurs d'eau du PPRi de la Seine dans les Hauts de Seine

L'objectif est ainsi d'obtenir un niveau d'eau comparable sur le secteur d'étude, à savoir, 28.95 mNGF sur l'ensemble des secteurs au sud de l'autoroute A86 et 28.8 mNGF au Nord ainsi qu'une ligne d'eau similaire à celle du PPRi.

Après calage, on trouve les résultats présentés ci-dessous.

Les traits noirs au-dessus de la ligne d'eau représentent les repères de crue. Ces derniers sont repris par les points orange sur le zoom ci-dessous.



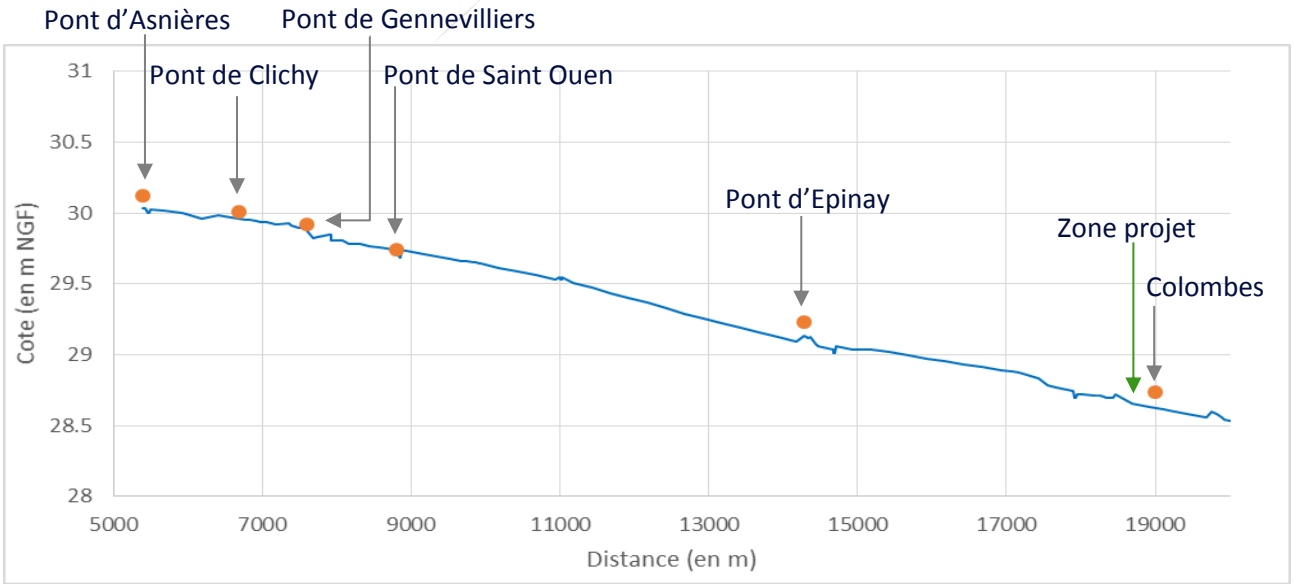


Figure 18 : Profil en long de la crue centennale

Distance (en m)	Cote du lit mineur sur la carte du PPRi (en m NGF)	Cote du lit mineur dans le modèle (en m NGF)	Différence (en m)
5395	30.12	30.03	0.09
6685	30.01	29.96	0.05
7600	29.92	29.88	0.04
8796	29.74	29.74	0
14285	29.23	29.13	0.1
19000	28.74	28.63	0.11

Tableau 5 : Comparaison des cotes PPRi et des cotes du modèle hydraulique

Dans le lit mineur, on retrouve donc bien les cotes mentionnées dans le PPRi des Hauts de Seine.

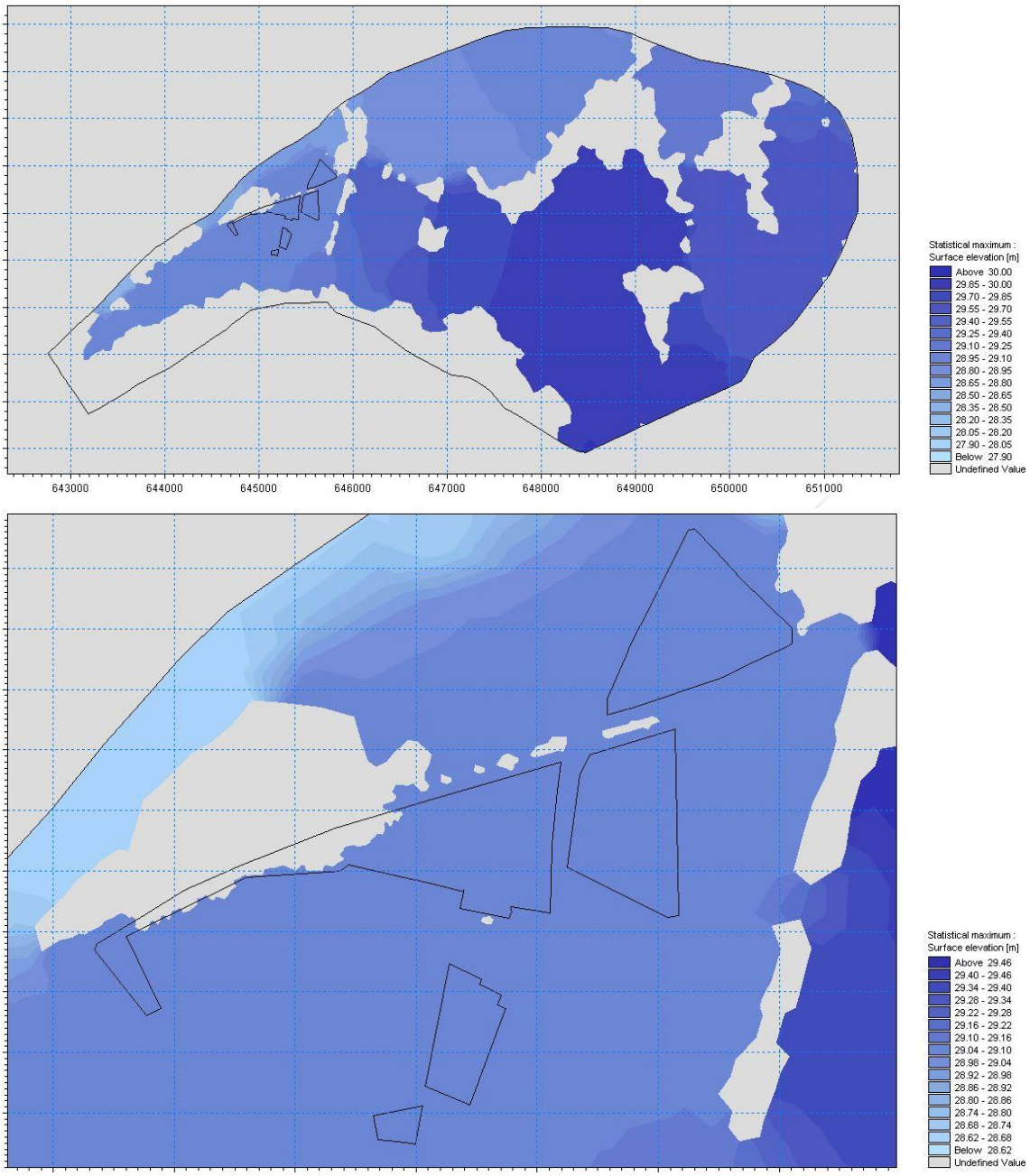


Figure 19 : Cotes obtenues par la modélisation

On constate que l'étendue de la zone inondée est correctement représentée si on le compare à la cartographie du PPRi.

Les différences de hauteurs d'eau observées dans le modèle 2D (29.06 m NGF pour l'ilot Colombus et 29.09 m NGF pour les autres ilots soit environ une quinzaine de centimètres au-dessus de la cote PPRi) s'expliquent par la construction de l'autoroute A86 et la mise en place de remblais entre l'A86 et la Seine qui n'existaient pas lors de la crue de 1910 (voir carte ci-dessous). Cette construction crée un stockage de l'eau plus important au niveau de la zone projet.

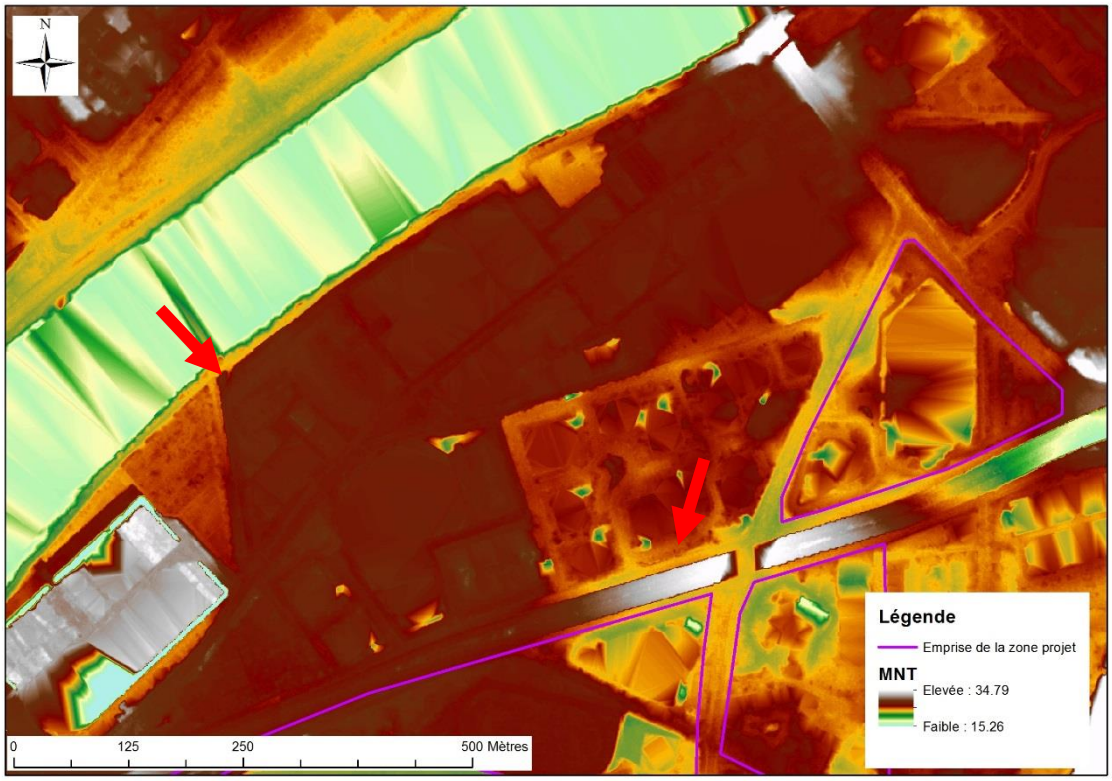


Figure 20 : Zoom sur les remblais en état initial

2.2.3 Exploitation des résultats

Les cartes présentées ci-dessous permettent de visualiser les vitesses d'écoulement obtenues.

Les vitesses sont comprises :

- entre 0.01 et 0.2 m/s sur la zone du projet au sud de l'A86
- entre 0.01 et 0.25 m/s au nord de l'A86.

Ces vitesses sont très faibles pour la partie sud et correspondent à une zone de stagnation de l'eau. Le remplissage se fait très lentement à la façon d'une cuvette.

Pour la partie au Nord, les eaux passent sur l'A86 qui est plus basse à l'est puis s'écoulent le long du bâtiment avec une légère augmentation des vitesses jusqu'à 0.25 m/s.

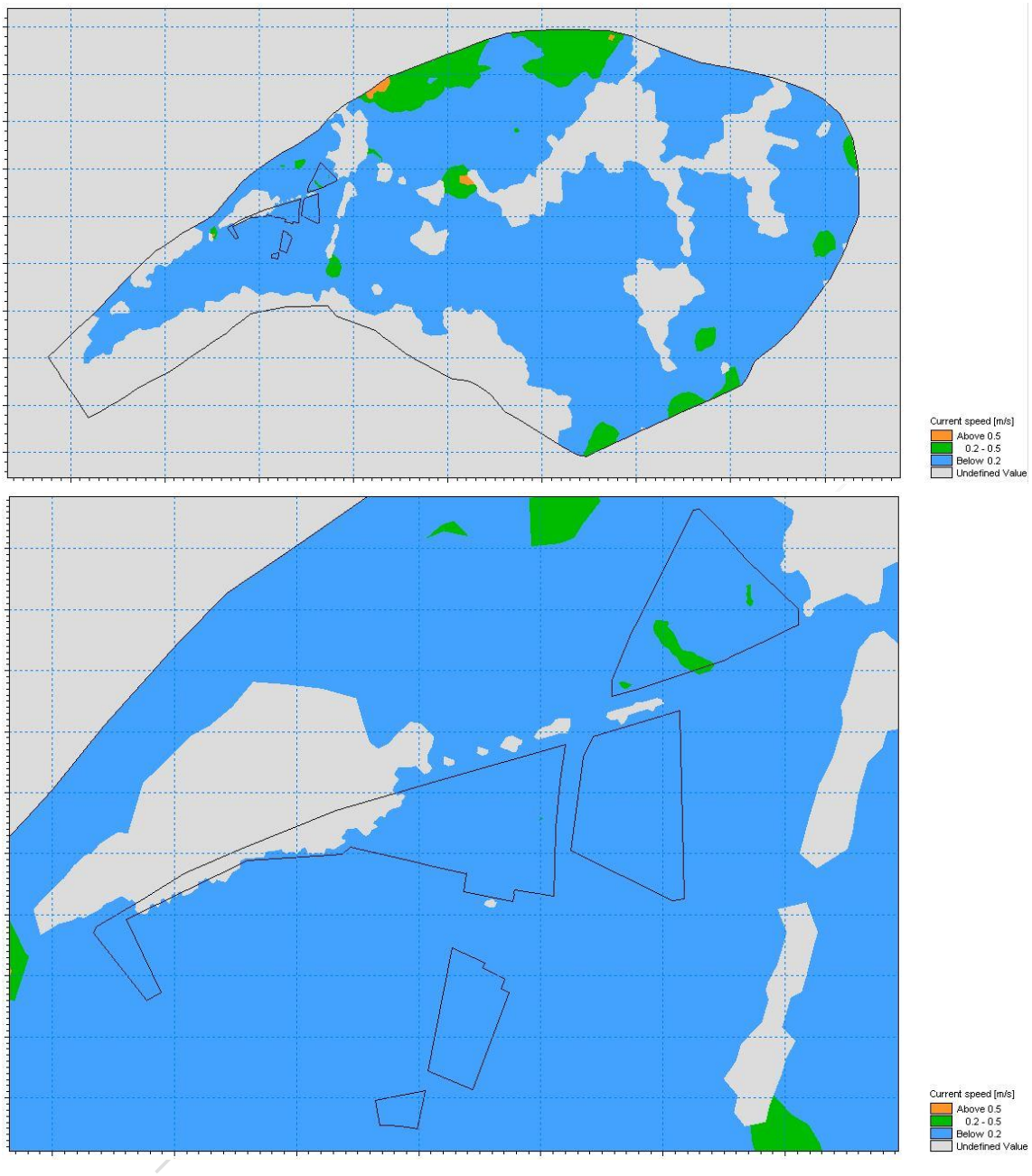


Figure 21 : Vitesses sur le site (crue de 1910)

D'après le Guide Méthodologique PPR Inondation Complet concernant la caractérisation du niveau d'aléa, édité par les ministères de l'aménagement du territoire et de l'environnement et de l'équipement des transports et du logement :

Citation

« Les niveaux d'aléa sont déterminés en fonction de l'intensité des paramètres physiques de l'inondation de référence qui se traduisent en termes de dommages aux biens et de gravité pour les personnes. Ce sont essentiellement les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement et les durées de submersion […]. Dans tous les cas, on pourra qualifier l'aléa à partir de la hauteur de submersion, en se calant sur une hauteur de 1m, qui constitue la limite inférieure de l'aléa le plus fort. […].

Dans certains cas comme celui des inondations rapides et, pire encore des inondations par les torrents, cette caractérisation sera insuffisante et il faudra se poser la question des vitesses d'écoulement. Toutefois, la connaissance des vitesses est pire encore à apprécier que celle des hauteurs et peut même s'avérer illusoire. La mesure en période de crues est d'autant plus ardue que la vitesse est forte et hétérogène, et n'a de toute façon valeur de valeur qu'au point et au moment où elle est effectuée. En général, on ne dispose pas de mesure fiable […]. En conséquence, on ne parlera que d'une appréciation qualitative des vitesses : faible, moyenne ou forte. Lorsque les données quantitatives existent malgré tout, on considèrera que la ***vitesse est faible en dessous de 0.2 m/s****,* ***moyenne de 0.2 à 0.5 m/s et forte au-delà****.*

Tableau 7. **Qualification des aléas en fonction de la hauteur et de la vitesse**

Hauteur \ Vitesse	Faible (stockage)	Moyenne (écoulement)	Forte (grand écoulement)
H < 0,50 m	Faible	Moyen	Fort
0,50 m < H < 1 m	Moyen	Moyen	Fort
H > 1 m	Fort	Fort	Très Fort

»

La zone d'étude est concernée par des vitesses de 0.01 à 0.25 m/s.

Ces vitesses sont faibles pour les ilots de la ZAC situés au Sud de l'A86 et localement moyennes de manière localisée sur l'ilot situé au nord de l'A86.

L'étude des vitesses est importante car, d'après la doctrine de la DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux » :

- pour des vitesses inférieures à 0.2m/s, la zone est considérée comme une « zone de stockage de volume », ce qui implique une **compensation en volume**.
- pour des vitesses supérieures à 0.2m/s, la zone est considérée comme une « zone de stockage de volume » ce qui implique une **compensation en volume et en surface**.

3 IMPACTS VOLUMETRIQUES ET HYDRAULIQUES DU PROJET

3.1 Impacts volumétriques

3.1.1 Construction de l'état aménagé

Suite à l'aménagement de la zone, un nouveau MNT intégrant les bâtiments nouvellement construits ainsi que leurs parkings et les déblais / remblais réalisés est généré.

Du fait de la cote de la nappe et de leur non étanchéité, seul le volume compris entre la cote casier du règlement PPRi moins 2.5 m et la cote casier est pris en compte dans les calculs de volume de stockage qui vont suivre conformément au PPRi.

Toutes les nouvelles constructions sont considérés inondables et ne sont pas pris en compte dans le MNT.

Le MNT généré en état aménagé est présenté sur la figure suivante.

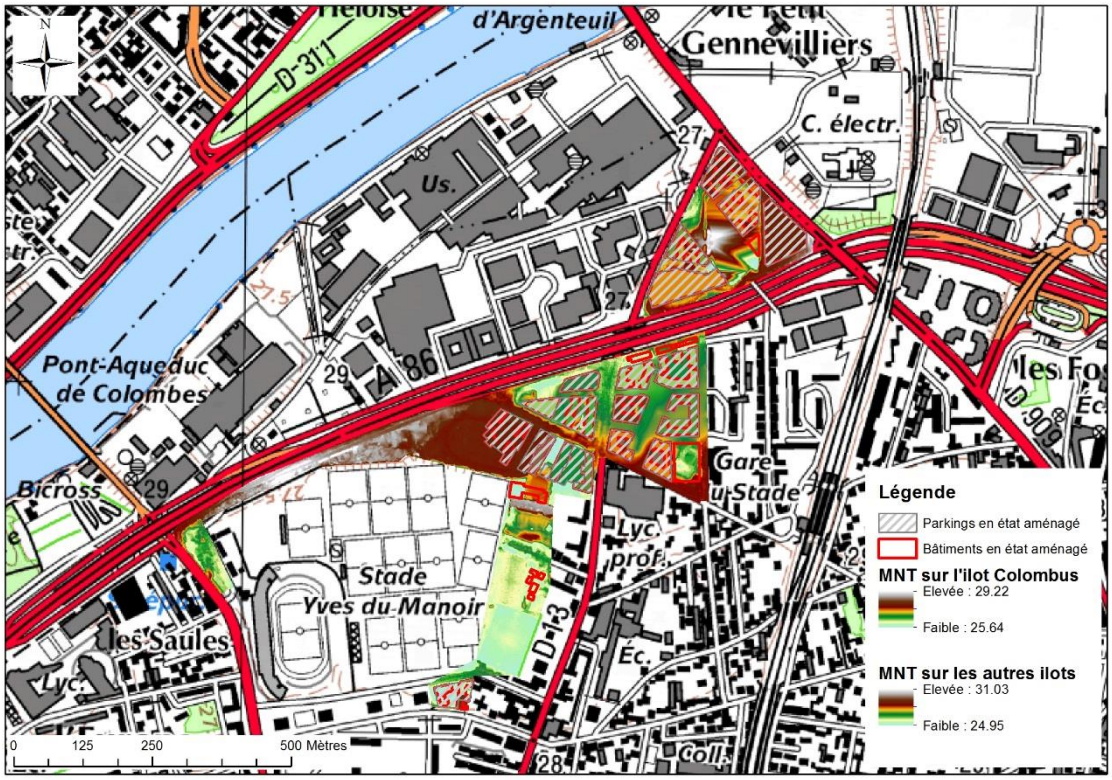


Figure 22 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul des lois H/V et H/S

3.1.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises

3.1.2.1 Ilot Colombus

Les lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface pour l'ilot Colombus sont présentées sur le graphique ci-dessous.

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 85 370 m³, ce qui correspond à une surface de 69 345 m².

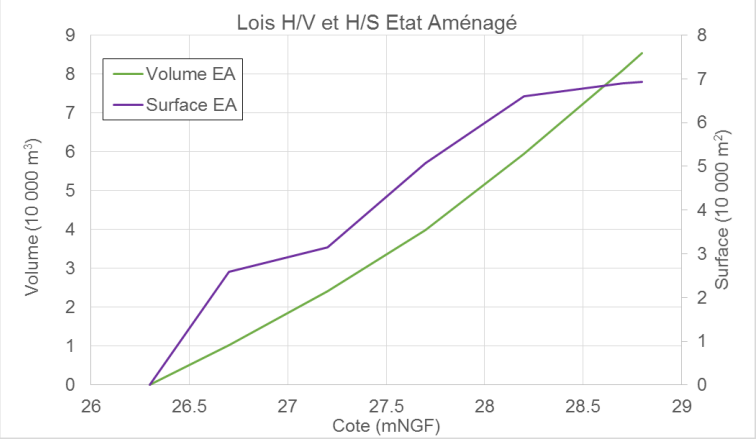


Figure 23 : Lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface en état aménagé pour l'ilot Colombus

Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Surface m²	Volume m³
26.3	0	0
26.7	25960	10264
27.2	31449	24072
27.7	50697	39894
28.2	65982	59374
28.7	68970	80918
28.8	**69345**	**85370**

Tableau 6 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat aménagé pour l'ilot Colombus

3.1.2.2 Autres ilots

La loi Hauteur / Volume sur les autres ilots est présentée sur la graphique ci-dessous.

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 218 070 m³.

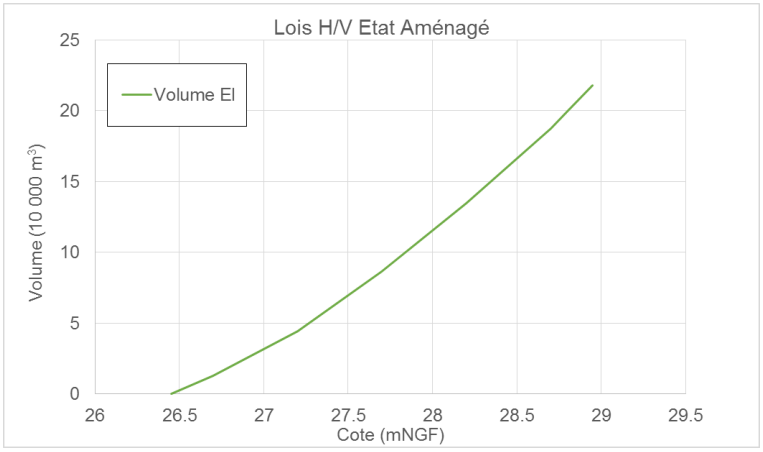


Figure 24 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour les autres ilots

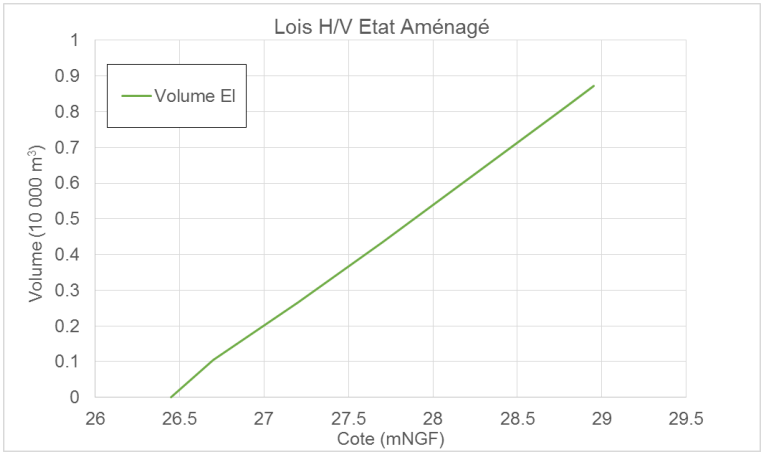
Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	12587
27.2	44338
27.7	86374
28.2	134635
28.7	187438
28.8	199504
28.95	**218070**

Tableau 7 : Lois Hauteurs, surfaces et volumes – Etat aménagé pour les autres ilots

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 8 716 m³.

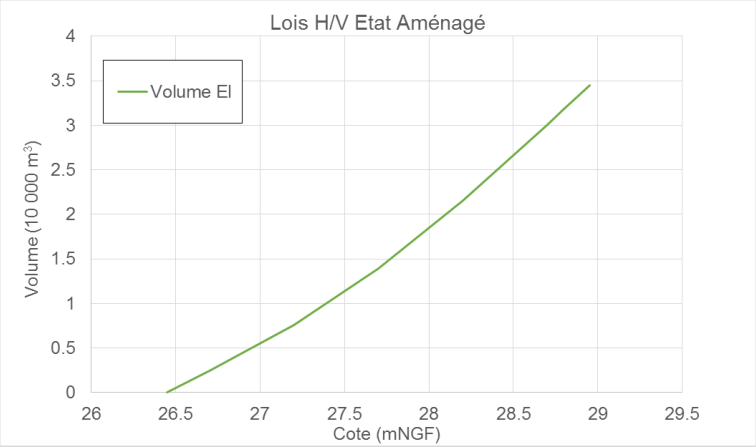


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1046
27.2	2648
27.7	4345
28.2	6087
28.7	7840
28.8	8190
28.95	**8716**

Figure 25 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 34 485 m³.

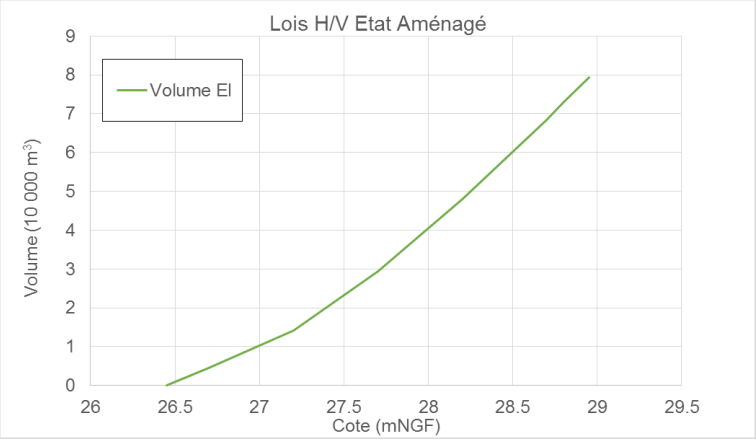


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	2433
27.2	7606
27.7	13961
28.2	21555
28.7	30080
28.8	31842
28.95	**34485**

Figure 26 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 79 408 m³.

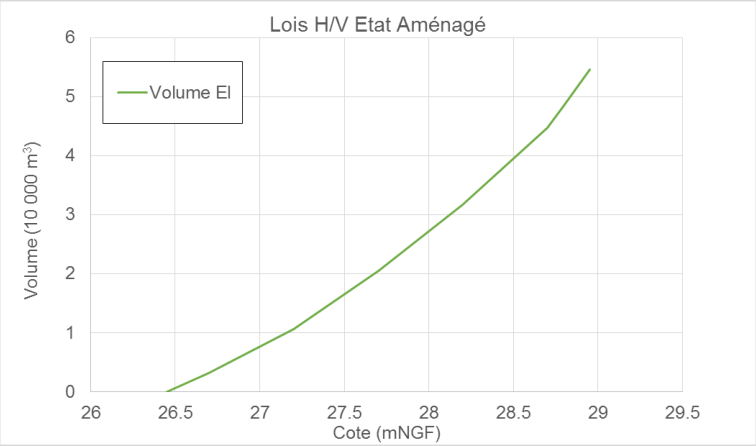


Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	4497
27.2	14262
27.7	29342
28.2	48052
28.7	68480
28.8	72840
28.95	**79408**

Figure 27 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 54 545 m³.



Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	3192
27.2	10574
27.7	20457
28.2	31615
28.7	44652
28.8	48434
28.95	**54545**

Figure 28 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé pour l'ilot Stade

3.1.2.3 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 85 370 m³ et de 218 070 m³ sur les autres ilots.

Afin des prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 76 833 m³** et de **196 263 m³ sur les autres ilots**.

3.1.3 Comparaison des lois H/V et H/S Etat Initial / Etat Aménagé

3.1.3.1 Ilot Colombus

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes et surfaces disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé et d'en déduire l'impact des aménagements sur l'ilot Colombus.

Cote	Surface EI	Volume EI	Surface EA	Volume EA	Surface EA - EI	Volume EA - EI
26.3	0	0	0	0	0	0
26.7	18845	7414	25960	10264	7115	2850
27.2	22083	17565	31449	24072	9366	6507
27.7	29802	30733	50697	39894	20895	9161
28.2	40074	48097	65982	59374	25908	11277
28.7	44759	69697	68970	80918	24211	11221
28.8	**45004**	**74212**	**69345**	**85370**	**24341**	**11158**

Tableau 8 : Comparaison des lois H/V et H/S pour les EI / EA pour l'ilot Colombus

3.1.3.2 Autres ilots

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes et surfaces disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé et d'en déduire l'impact des aménagements pour l'ensemble des autres ilots.

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	6426	12587	6161
27.2	30104	44338	14234
27.7	65288	86374	21086
28.2	107276	134635	27359
28.7	156334	187438	31104
28.8	168437	199504	31067
28.95	**187038**	**218070**	**31032**

Tableau 9 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour les autres ilots

Ilot Audra

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	587	1046	459
27.2	2189	2648	459
27.7	3886	4345	459
28.2	5629	6087	458
28.7	7382	7840	458
28.8	7731	8190	459
28.95	**8258**	**8716**	**458**

Tableau 10 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	1870	2433	563
27.2	6569	7606	1037
27.7	13319	13961	642
28.2	21045	21555	510
28.7	29589	30080	491
28.8	31351	31842	491
28.95	**33995**	**34485**	**490**

Tableau 11 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	1581	4497	2916
27.2	7373	14262	6889
27.7	18579	29342	10763
28.2	34294	48052	13758
28.7	53716	68480	14764
28.8	58115	72840	14725
28.95	**64719**	**79408**	**14689**

Tableau 12 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Cote	Volume EI	Volume EA	Volume EA - EI
26.45	0	0	0
26.7	969	3192	2223
27.2	4725	10574	5849
27.7	11235	20457	9222
28.2	18982	31615	12633
28.7	29261	44652	15391
28.8	33042	48434	15392
28.95	**39150**	**54545**	**15395**

Tableau 13 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Stade

3.1.4 Bilan

Le volume de stockage pour une crue centennal est plus important en état aménagé qu'en état initial sur l'ensemble de la zone du projet. Il en est de même pour la surface sous la cote casier. Ainsi, **aucune mesure compensatoire** n'est à envisager au titre des remblais-déblais.

L'aménagement de remblais supplémentaires est même envisageable. En effet, les projets d'aménagement sur certains ilots ne sont qu'à un stade de faisabilité. De ce fait, les cotes des aménagements paysagers ne sont pas encore fixées. D'autres calculs pourront être réalisés une fois les plans finis à la lueur des informations déjà fournies.

3.2 Impacts hydrauliques

3.2.1 Construction du modèle en état aménagé

La construction du modèle en état aménagé implique la reprise du maillage en supprimant les bâtiments existants et en incluant les nouveaux bâtiments étanches aux inondations ainsi que les déblais / remblais.

Le maillage ainsi obtenu est présenté sur la figure ci-dessous :

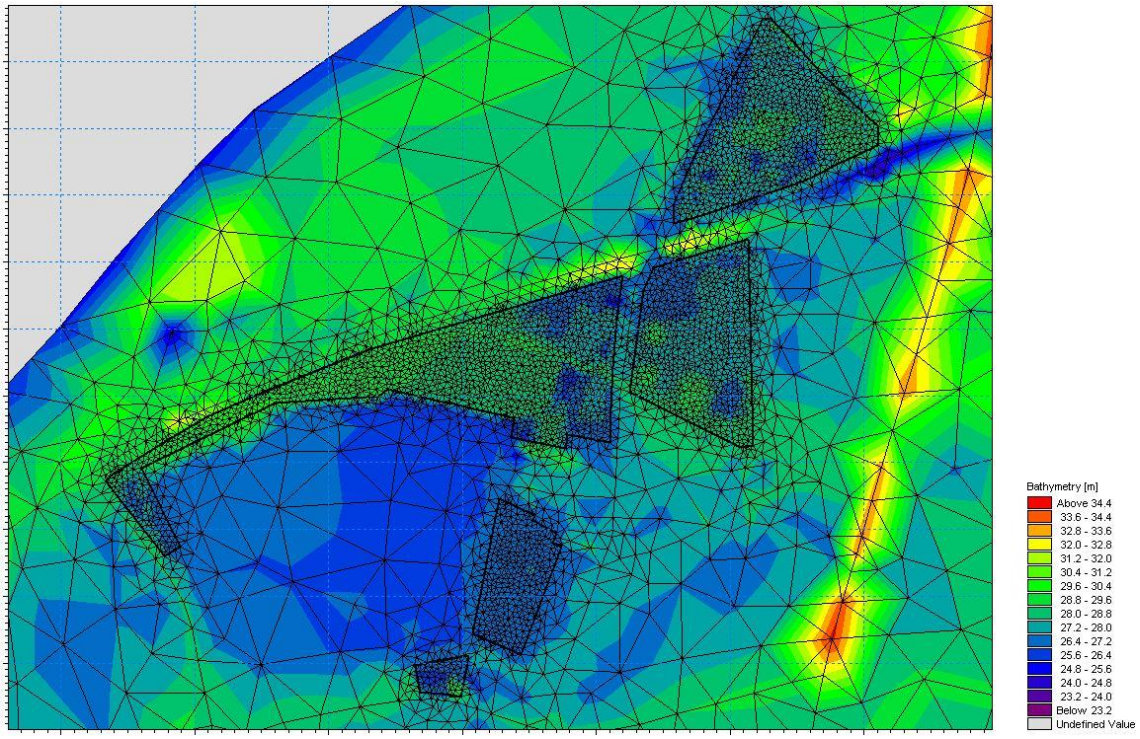


Figure 29 : Maillage en état aménagé

3.2.2 Exploitation des résultats et comparaison avec l'état initial

3.2.2.1 Crue de 1910

COMPARAISON DES COTES

Les cotes obtenues en état initial et état aménagé sont présentées ci-dessous.

Les seules différences de cotes constatées sur la zone projet s'explique par des mouvements de terrain. Ailleurs, on ne constate aucune modification significative.

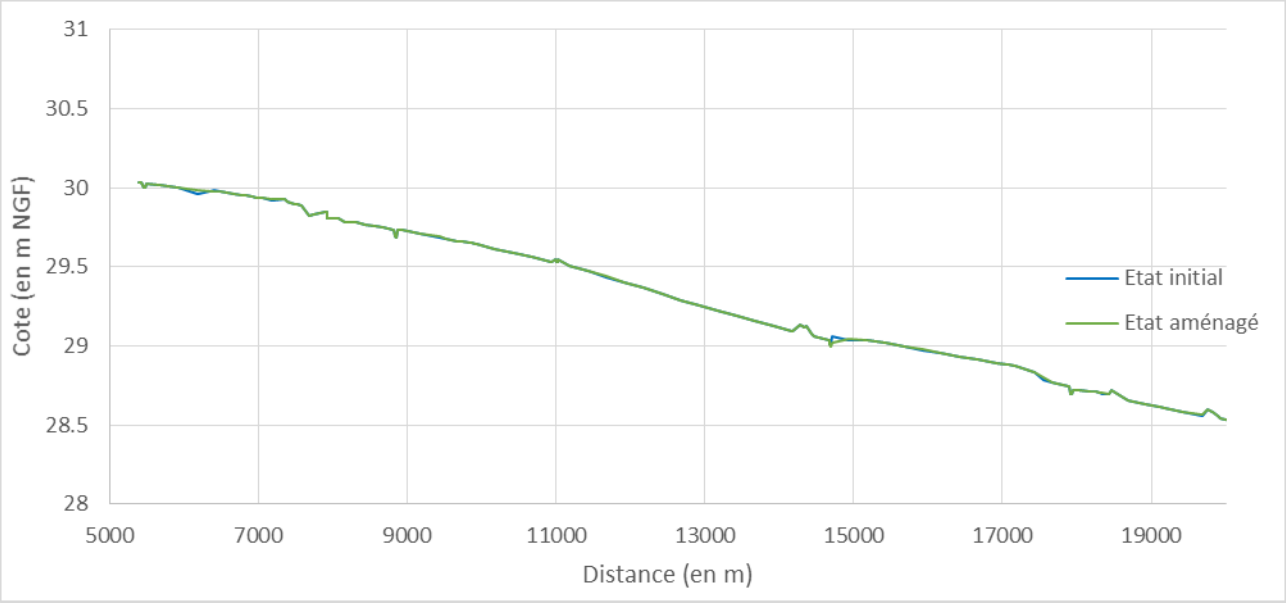
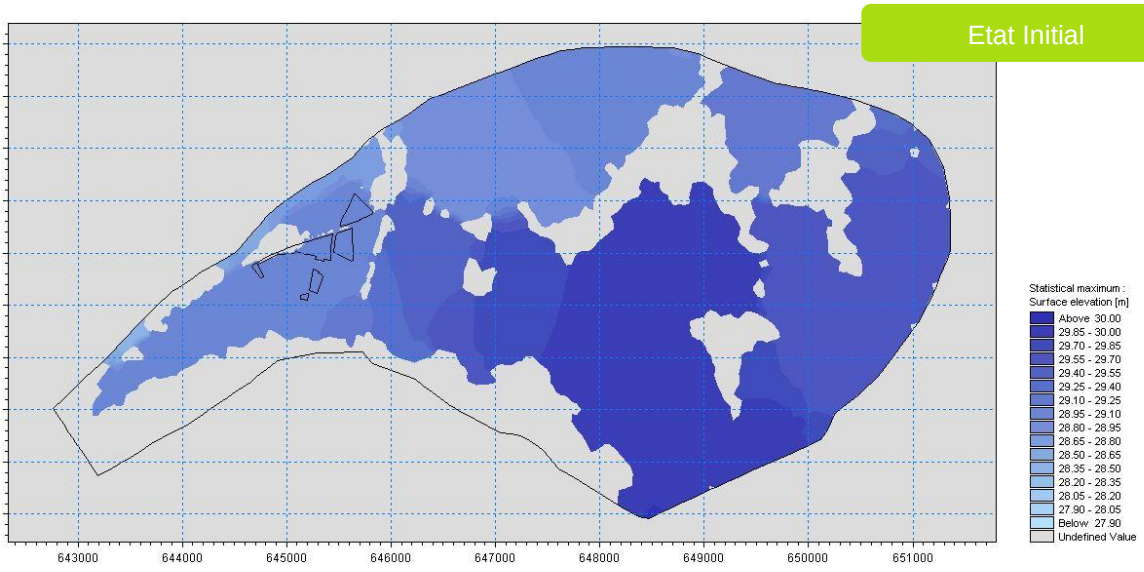


Figure 30 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue centennale

Etat Initial



Etat Aménagé

Figure 31 : Q100 - Cotes en état initial et en état aménagé

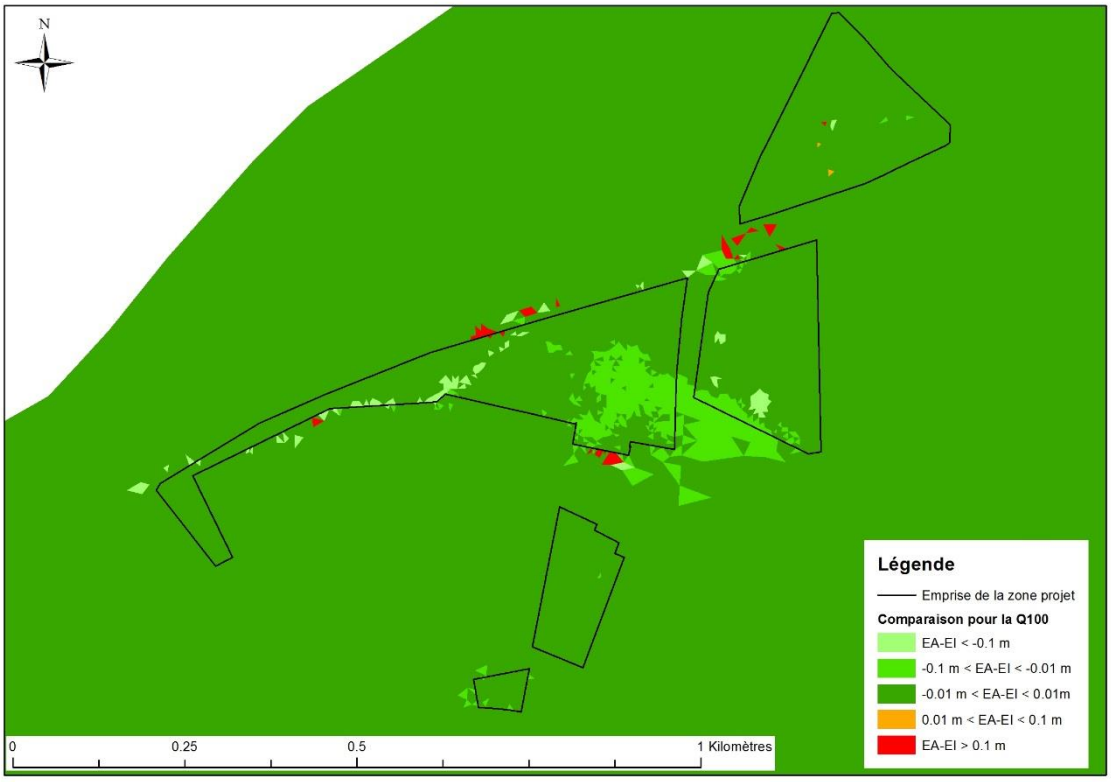


Figure 32 : Q100 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé

Les différences de cotes observées sont localisées au droit de la zone projet.

Les mailles en rouge correspondent à des mailles inondées en état aménagé alors qu'elle ne l'était pas en état initial. Elles correspondent donc soit à des zones de déblaiement soit à des modifications de la ligne d'eau du fait de la modification des écoulements sur les mailles voisines.

Les mailles en vert clair correspondent à des mailles inondées en état initial mais pas en état aménagé. Ces zones sont des zones de remblais par la majorité.

COMPARAISON DES VITESSES

Les vitesses obtenues en état initial et état aménagé sont présentées ci-dessous.

On n'observe aucune significative différence en termes de vitesse sur l'ensemble du maillage pour les deux simulations.

En zoomant sur la zone de projet, on observe les éléments suivants :

- En état initial tout comme en état aménagé, les vitesses sont inférieures à 0.2 m/s sur les ilots au sud de l'A86 ;
- En état initial comme en état aménagé on observe des vitesses un peu plus élevés (jusqu'à 0.23 / 0.24 m/s sur l'ilot au nord de l'A86), entre les bâtiments.

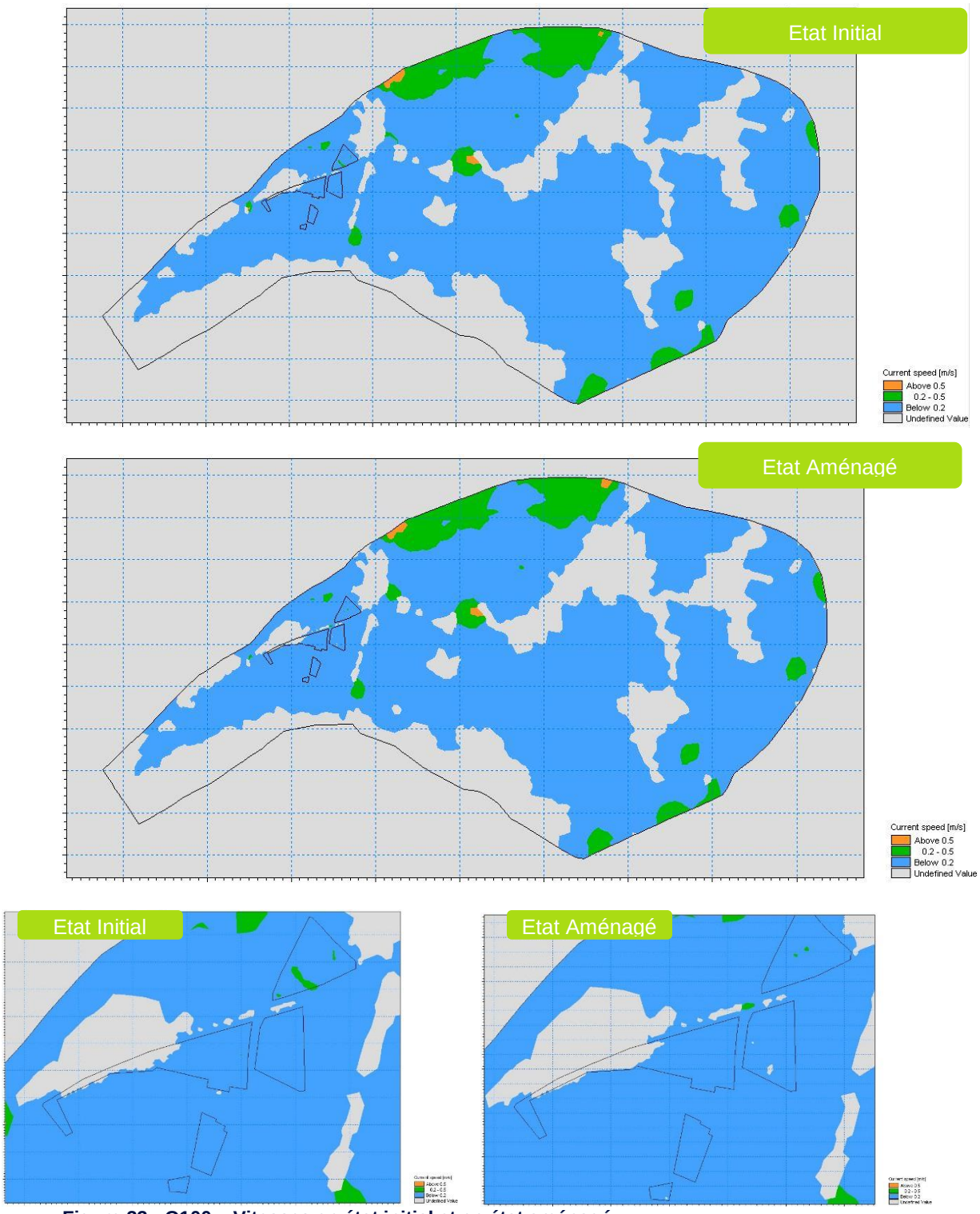


Figure 33 : Q100 – Vitesses en état initial et en état aménagé

3.2.2.2 Crue de période de retour 50 ans

Pour la période de retour 50 ans, la zone d'étude est également inondée. Cependant le projet n'a aucun impact global sur cette crue. En effet, les cotes atteintes sont similaires entre l'état initial et l'état aménagé.

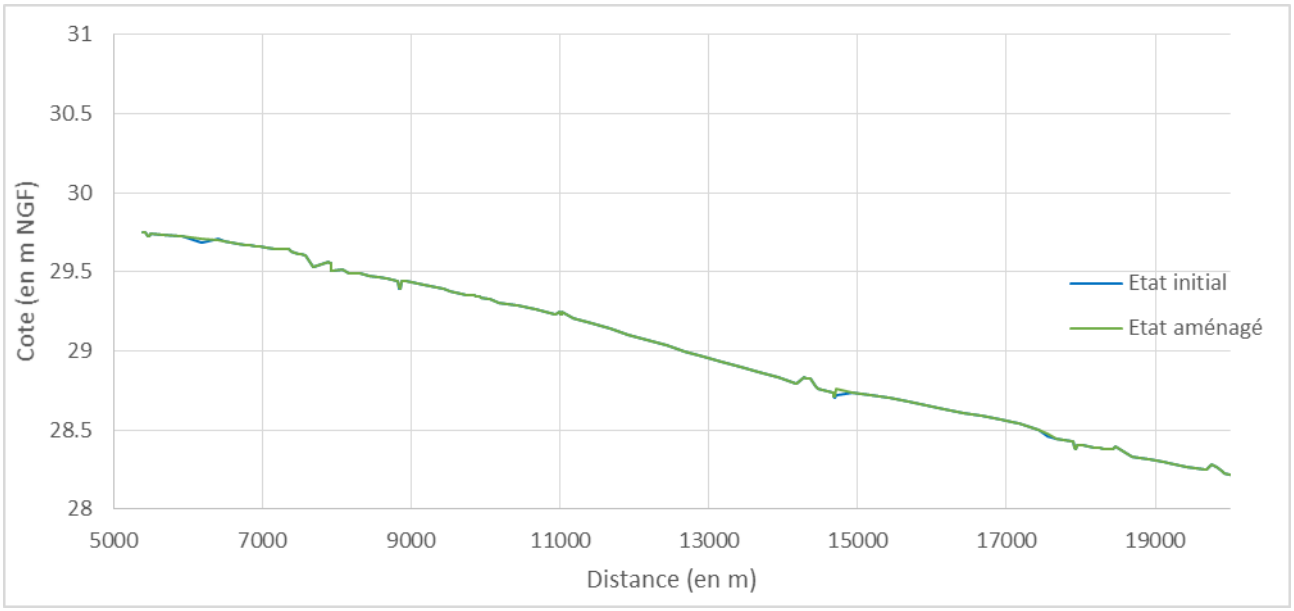


Figure 34 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue cinquantennale

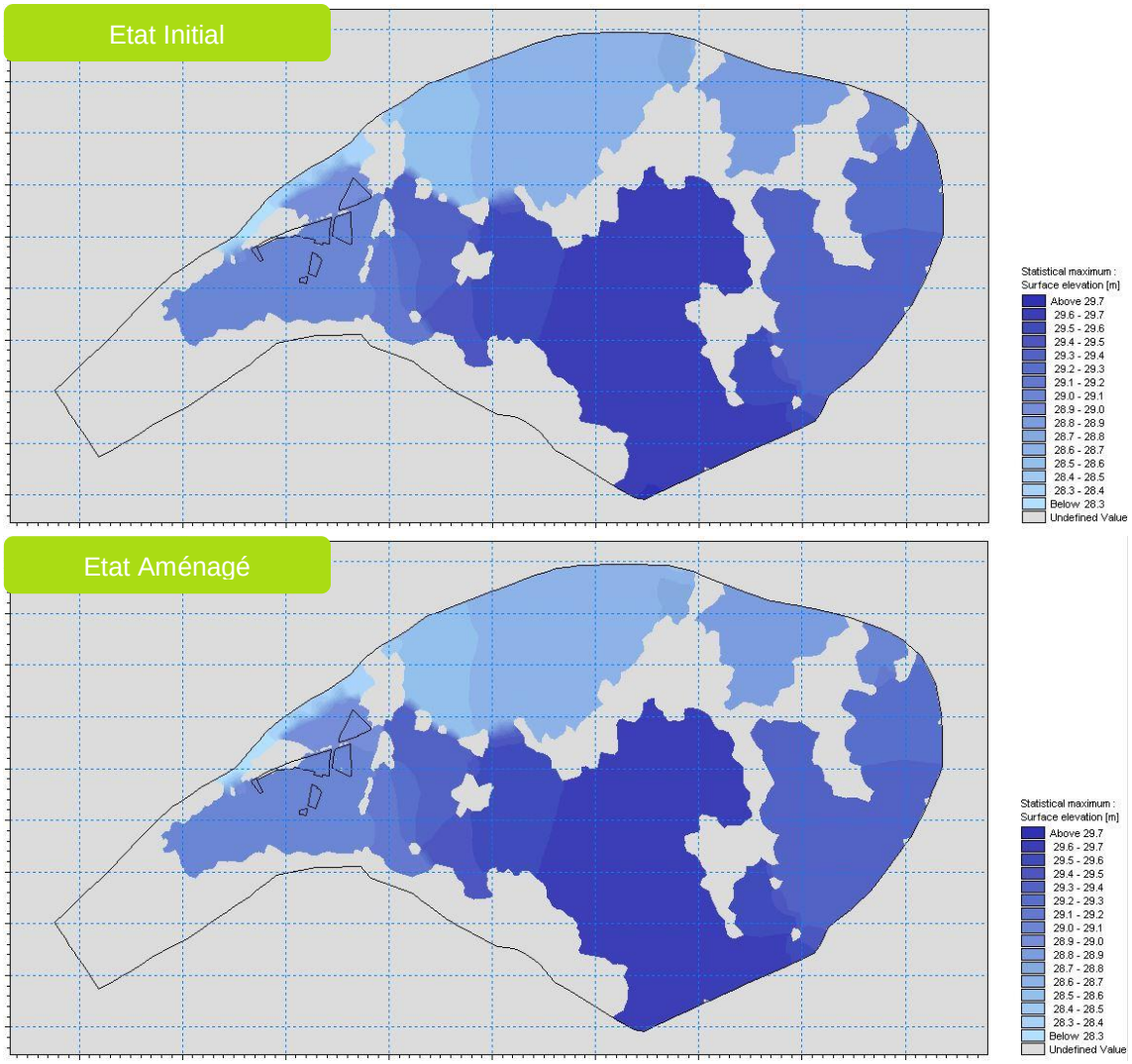


Figure 35 : Q50 – Cotes en état initial et en état aménagé

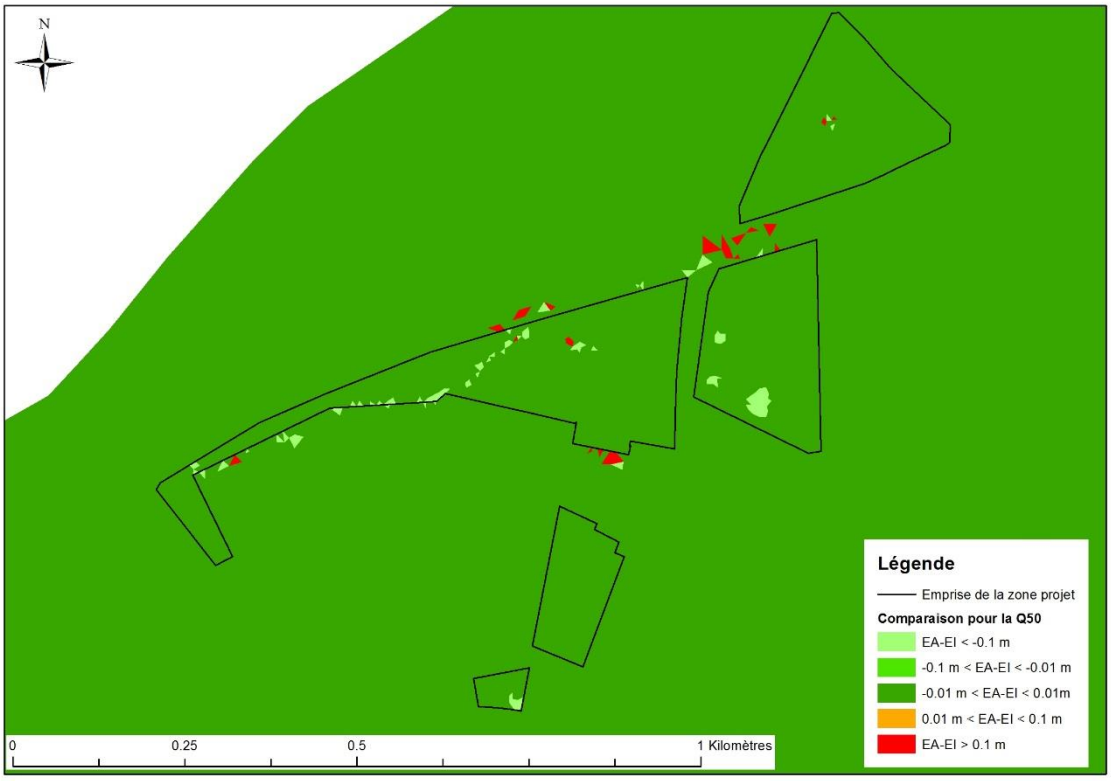
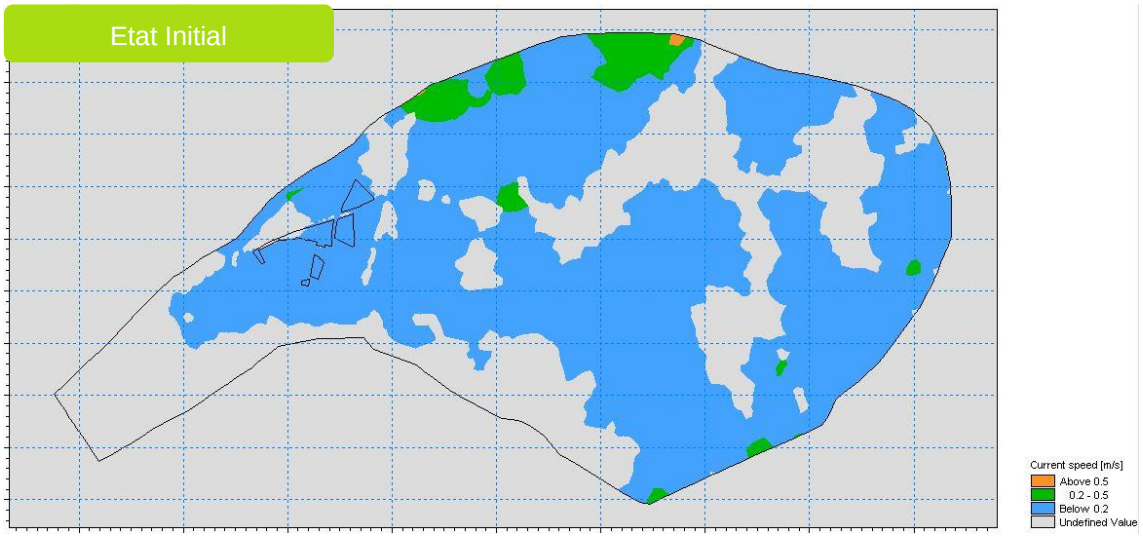


Figure 36 : Q50 – Différences des cotes observées entre l'état initial et l'état aménagé

Concernant les vitesses de propagation, la comparaison entre l'état initial et l'état aménagé permet également de voir l'absence d'impact global du projet.



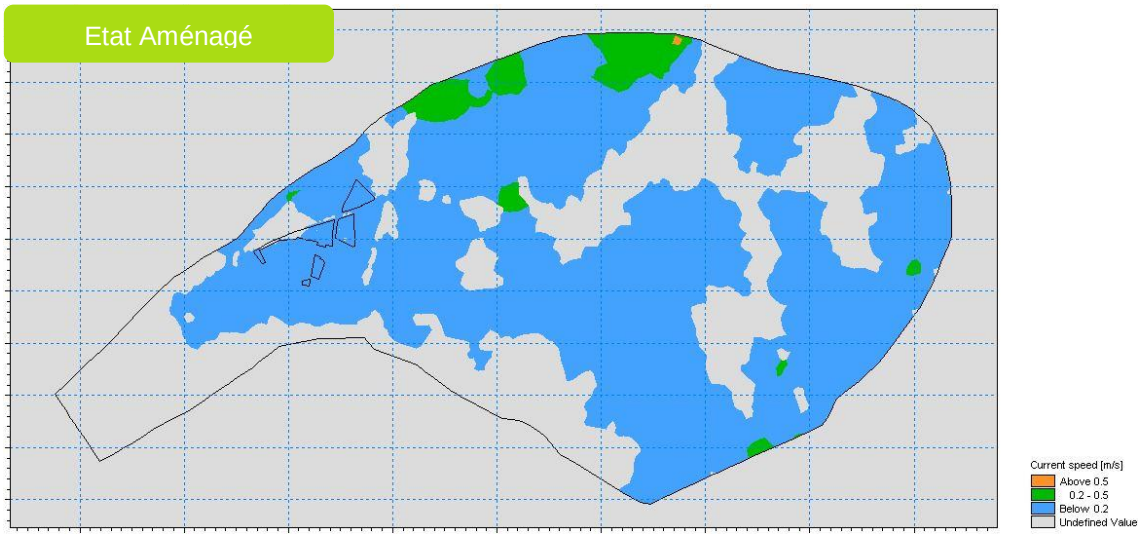


Figure 37 : Q50 – Vitesses en état initial et en état aménagé

3.2.2.3 Crue de période de retour 10 ans

Pour la période de retour 10 ans, la zone du modèle 2D n'est pas inondée exceptée les darses du port de Gennevilliers. Le projet n'a donc aucun impact sur cette crue.

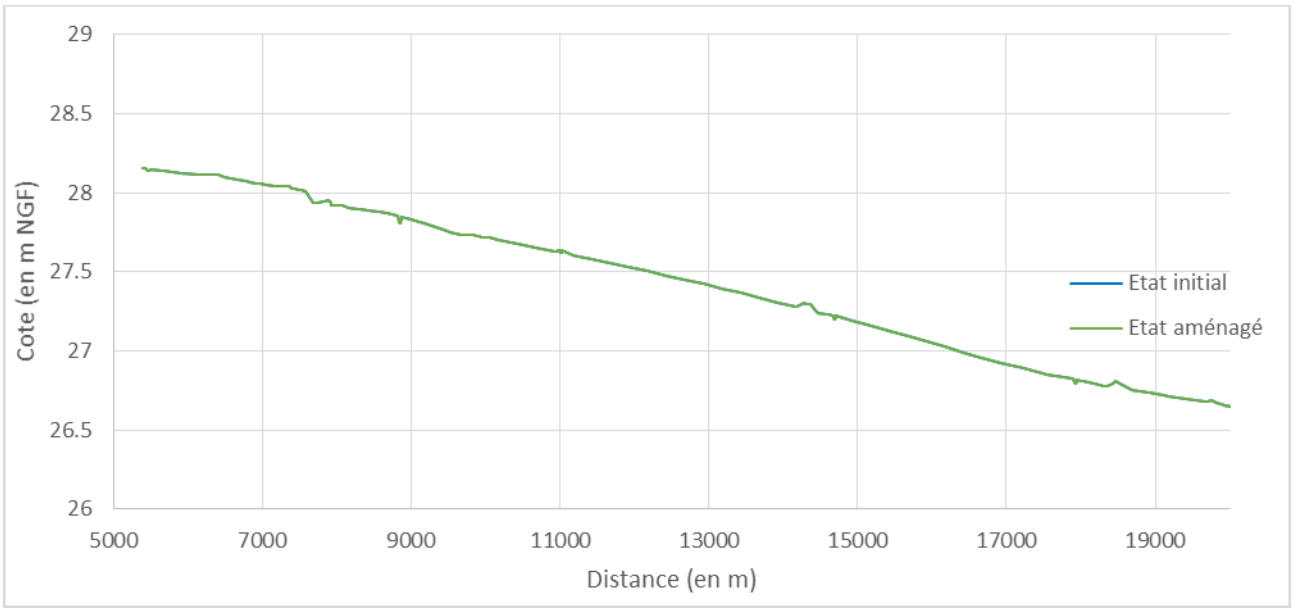


Figure 38 : Profil en long des cotes sur la boucle de Gennevilliers pour la crue décennale

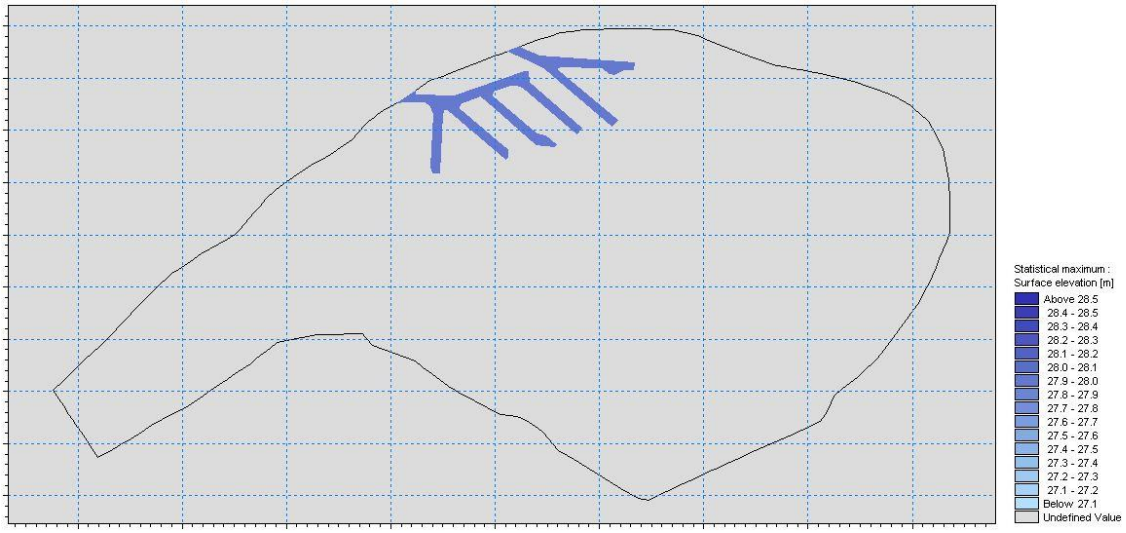


Figure 39 : Q10 – Cotes en état initial et en état aménagé

Figure 40 : Q10 – Vitesses en état initial et en état aménagé

3.2.3 Bilan sur les impacts hydrauliques

Le projet est transparent et n'engendre aucun impact hydraulique significatif pour les crues décennale, cinquantennale et centennale.

Concernant la doctrine de la DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », le projet se situe :

- dans une « zone de stockage de volume » sur la partie sud de l'A86, ce qui implique, pour les ilots concernés, des **compensations en volume**.
- dans une « zone de stockage de volume » avec de manière très ponctuelle des zones « d'expansion de crue » sur la partie nord de l'A86 ce qui implique, pour l'ilot Colombus, une **compensation en volume et en surface**.

4 MESURES COMPENSATOIRES

Aucune mesure compensatoire n'est à prévoir puisque les volumes disponibles pour le stockage des crues en état aménagé est supérieur ou au moins similaire à celui de l'état initial.

5 CONCLUSION

Le projet tel que défini actuellement n'impacte pas l'hydraulique du secteur que ce soit du point de vue :

- du volume par tranche altimétrique ;
- de emprise au sol dans la zone inondable ;
- de la dynamique des écoulements.

Sur l'ilot Colombus, les volumes mais également les surfaces disponibles pour l'expansion des crues sont égaux voir supérieurs en état aménagé.

Sur les autres ilots, les volumes disponibles pour le stockage des crues sont également respectés à l'échelle du projet.

Etant au stade de faisabilité, les projets d'aménagements peuvent encore évoluer. Des calculs complémentaires ainsi que des « porter à connaissance » seront nécessaires en cas de modification des projets.

Ce qu'il faut retenir…

Le projet tel que défini actuellement est transparent d'un point de vue hydraulique

La construction de la ZAC n'a aucun impact sur les volumes et surfaces disponibles sur l'expansion de crue.

S16DHF008

2024

Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC

Mise à jour

CONSULTING

SAFEGE
Parc de L'Ile
15-27, Rue du Port
92022 NANTERRE cedex

Direction France

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'Ile - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : 01

Date : Mai 2024

Nom Prénom : LEGRAND Claire

Visa :

Vérification des documents IMP411

Numéro du projet : S16DHF008

Intitulé du projet : Analyse des impacts hydrauliques de la mise en œuvre de la ZAC

Intitulé du document : Mise à jour

Version	**Rédacteur** NOM / Prénom	**Vérificateur** NOM / Prénom	**Date d'envoi** JJ/MM/AA	**COMMENTAIRES** Documents de référence / Description des modifications essentielles
01	LEGRAND / Claire	RIGAUDIERE / Pierre	16/05/2024	Version initiale

Sommaire

1 Introduction 4

1.1 Contexte et objectifs 4

1.2 Méthodologie 5

2 Fonctionnement hydraulique actuel : Volume et surface disponibles pour la crue centennale 6

2.1 Données et hypothèses prises 6

2.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises 7

2.2.1 Préambule 7
2.2.2 Ilot Colombus 8
2.2.3 Autres ilots 8
2.2.4 Synthèse 10

3 Impacts volumétriques du projet 10

3.1 Construction de l'état aménagé 10

3.2 Calcul 1 des lois H/V et H/S pour les deux emprises 13

3.2.1 Ilot Colombus 13
3.2.2 Autres ilots 13
3.2.3 Synthèse 15

3.3 Comparaison des lois H/V Etat Initial / Etat Aménagé 1 16

3.3.1 Ilot Colombus 16
3.3.2 Autres ilots 16

3.4 Bilan du calcul 1 18

3.5 Calcul 2 des lois H/V et H/S pour les deux emprises 18

3.5.1 Ilot Colombus 18
3.5.2 Autres ilots 19
3.5.3 Synthèse 21

3.6 Comparaison des lois H/V Etat Initial / Etat Aménagé 2 22

3.6.1 Ilot Colombus 22
3.6.2 Autres ilots 22

3.7 Bilan du calcul 2 24

4 Mesures compensatoires 24

5 Conclusion 25

Tables des illustrations

Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI 4
Figure 2 : Topographie actuelle sur le périmètre de la future ZAC 7
Figure 3 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Audra 9
Figure 4 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Cook 9
Figure 5 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Magellan 9
Figure 6 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Stade 10
Figure 7 : Zones de projet actualisées en état aménagé 11
Figure 8 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul 1 des lois H/V et H/S 12
Figure 9 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul 2 des lois H/V et H/S 12
Figure 10 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Audra 14
Figure 11 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Cook 14
Figure 12 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Magellan 14
Figure 13 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Stade 15
Figure 14 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Audra 20
Figure 15 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Cook 20
Figure 16 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Magellan 20
Figure 17 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Stade 21

Table des tableaux

Tableau 1 : Lois Hauteur/Volumes – Etat initial pour l'ilot Colombus 8
Tableau 2 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat initial pour les autres ilots 8
Tableau 3 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 1 pour l'ilot Colombus 13
Tableau 4 : Lois Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 1 pour les autres ilots 13
Tableau 5 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Colombus 16
Tableau 6 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour les autres ilots 16
Tableau 7 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Audra 17
Tableau 8 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Cook 17
Tableau 9 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Magellan 17
Tableau 10 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Stade 18
Tableau 11 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 2 pour l'ilot Colombus 18
Tableau 12 : Lois Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 2 pour les autres ilots 19
Tableau 13 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Colombus 22
Tableau 14 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour les autres ilots 22
Tableau 15 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Audra 23
Tableau 16 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Cook 23
Tableau 17 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Magellan 23
Tableau 18 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Stade 24

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte et objectifs

Le projet d'aménagement se situe entre 300 et 900 m de la Seine, en rive gauche.

Il est en zone inondable et doit donc être conforme aux prescriptions du PPRI. Le projet se situe majoritairement en zone orange du PPRI de la Seine mais une partie est également située en zone rouge.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Caractériser l'état hydraulique de l'environnement initial ;
- Evaluer les impacts hydrauliques du projet au regard des contraintes du PPRI et de la doctrine de la DRIEE « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux » ;
- Proposer éventuellement des mesures permettant d'éviter ou de compenser les impacts hydrauliques en respectant les préconisations du PPRI.

La figure ci-dessous permet de localiser les ilots constituant la zone d'aménagement par rapport au zonage règlementaire du PPRI.

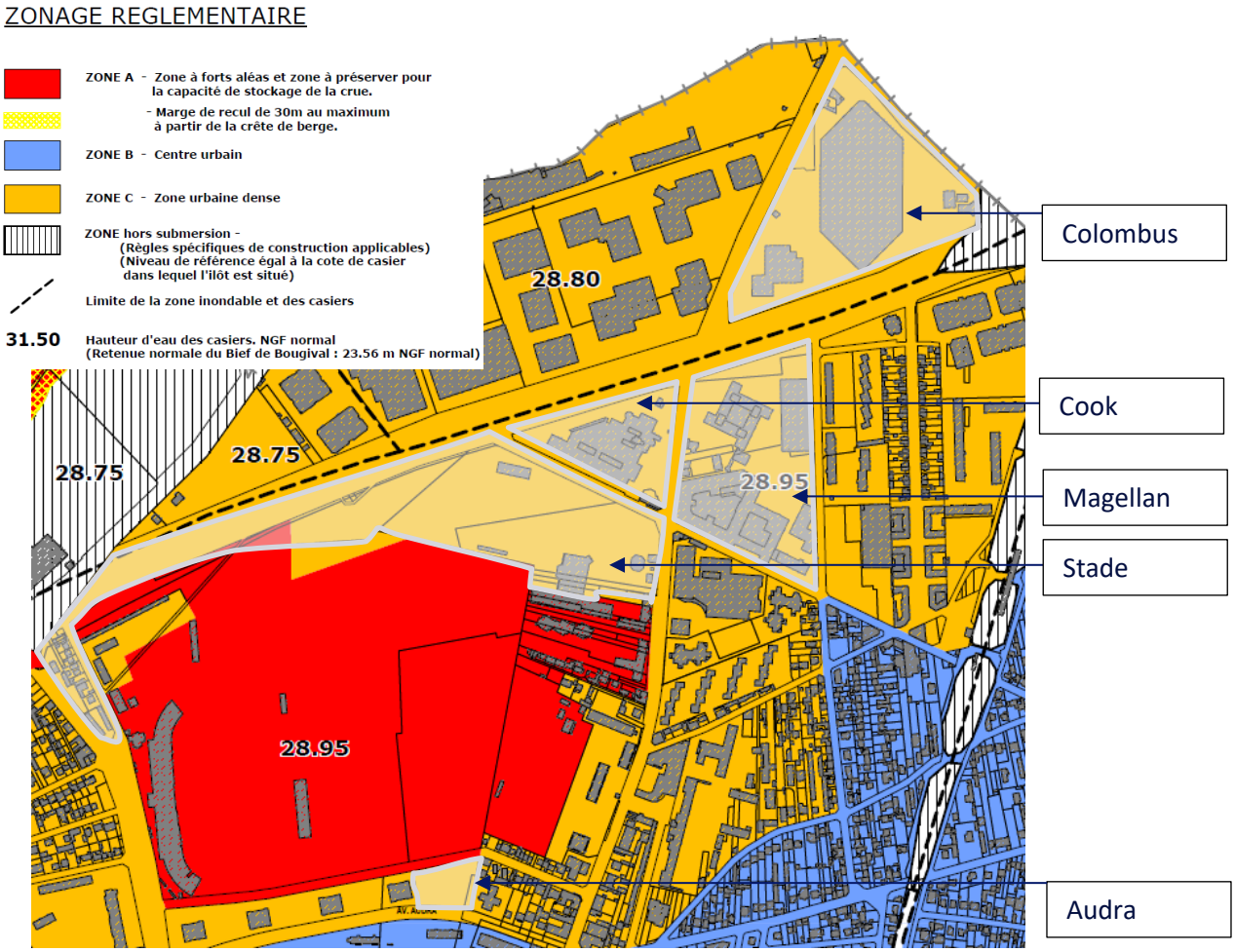


Figure 1 : Localisation du projet par rapport au zonage réglementaire du PPRI

Le projet comprend ainsi **cinq îlots** de construction de type ZAC. L'îlot Colombus se situe sur une zone de PHEC à 28.8 m NGF et l'ensemble des autres îlots sur une zone de PHEC à 28.95 m NGF.

Les îlots Colombus, Cook et Magellan présentent actuellement une très forte urbanisation avec de nombreux bâtiments, contrairement aux autres îlots essentiellement composés d'espaces verts.

1.2 Méthodologie

L'étude des impacts hydrauliques du fait de la réalisation de la ZAC s'articule en trois temps :

- **Analyse Surfaces / Volumes :** cette phase a pour objectif de quantifier les surfaces et les volumes disponibles par tranche altimétrique, pour l'expansion de la crue centennale en état initial et aménagé.
- **Étude des écoulements et de l'enveloppe de la zone inondable :** cette phase a pour objectif de quantifier les impacts éventuels du projet sur les vitesses et les directions des écoulements pour les crues de la Seine mais également de comparer l'enveloppe de la zone d'inondation ainsi que les hauteurs d'eau atteintes. Pour ce faire, une modélisation hydraulique couplée 1D-2D est utilisée.
- **Propositions de mesures compensatoires :** cette phase a pour objectif de définir des mesures compensatoires permettant la transparence du projet.

Dans le cadre de cette mise à jour, seul le calcul des surfaces / volumes est réalisé.

2 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE ACTUEL : VOLUME ET SURFACE DISPONIBLES POUR LA CRUE CENTENNALE

Pour évaluer les impacts du projet, il est nécessaire, dans un premier temps, de préciser les connaissances de l'état actuel.

En adéquation avec les obligations définies par le PPRI et la doctrine DRIEE, il convient d'établir :

- La loi Hauteur/ Volume qui régit l'emmagasinement des crues sur le site
- La vitesse d'écoulement moyenne
- L'emprise au sol inondable

sur l'emprise du projet en état initial.

Les paragraphes suivants présentent ainsi le fonctionnement hydraulique actuel de la zone.

2.1 Données et hypothèses prises

Le calcul de la loi Hauteur / Volume se base sur la reconstitution numérique du Terrain Naturel (TN). Pour cette étude, le Modèle Numérique de Terrain (MNT) a été réalisé à partir :

- Des levés topographiques RGE BD Alti de l'IGN (raster à la précision de 1 m dans le plan et de 20 cm en élévation),
- De plans fournis par Urban et Sens et d'une visite de site réalisée par SAFEGE pour identifier les parkings existants sur la zone.

Les bâtiments étant tous considérés comme inondables, aucune modification du TN n'a été apportée au MNT. Cette hypothèse est justifiée par le fait qu'aucun bâtiment ne semble avoir été construit de manière à être étanche. De plus, c'est l'hypothèse la plus défavorable dans le cadre des calculs à suivre. Ainsi le risque est maximisé.

Les parkings sont actuellement modélisables en tant qu'espaces de stockage des crues. Du fait de la cote de la nappe et de leur non étanchéité, seul le volume compris entre la cote casier du règlement PPRi moins 2.5 m et la cote casier est pris en compte dans les calculs de volume de stockage qui vont suivre conformément au PPRi. Ces zones de stockage ont été insérées dans le MNT.

Les lois Hauteur / Volume et Hauteur / Surface initiales permettent de déterminer, par tranche altimétrique de 50 cm du point le plus bas jusqu'au niveau des PHEC, les volumes et surfaces à garantir sous la cote casier du PPRi. L'emprise du projet se trouvant sur deux cotes casiers différentes, deux calculs distincts ont été menés. La carte ci-dessous présente les emprises des calculs.

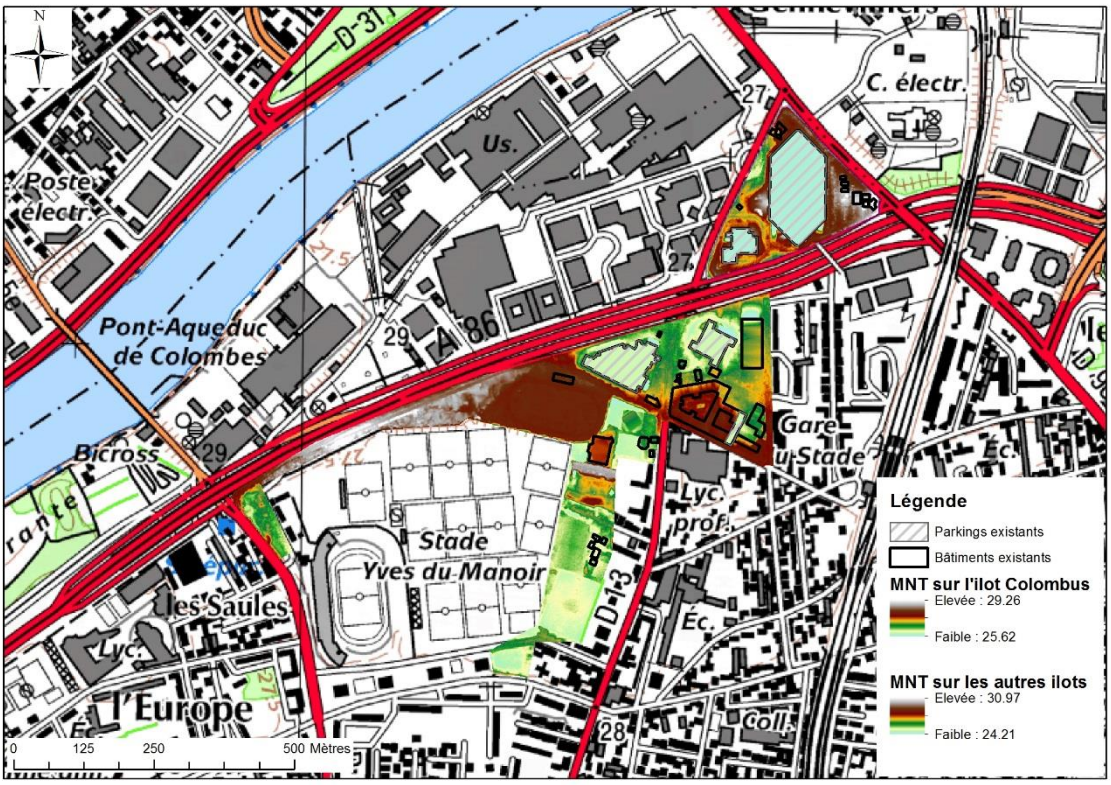


Figure 2 : Topographie actuelle sur le périmètre de la future ZAC

2.2 Calcul des lois H/V et H/S pour les deux emprises

2.2.1 Préambule

Nous présentons dans ce chapitre les éléments de surfaces et de volumes pour l'état initial, en distinguant l'ilot Colombus (cote casier 28.80 mNGF) et les « autres ilots » (cote casier 28.95 mNGF). La partie « autres ilots » est présentée globalement puis en détaillant chaque ilot.

D'autre part, nous faisons une distinction entre :

- **L'îlot Colombus :** cet ilot est situé dans un secteur sur lequel les vitesses peuvent dépasser 0.2 m/s (Cf. partie « modélisation »). La doctrine de la DRIEE impose donc de considérer ce secteur comme une « zone d'expansion », sur laquelle les surfaces et les volumes inondables sont à compenser par tranche altimétrique de 50 cm.
- **Les autres ilots** sont situés dans une « zone de stockage ». La doctrine de la DRIEE nous impose ici de compenser uniquement les volumes d'inondation, qui seuls sont présentés dans la suite.

2.2.2 Ilot Colombus

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 74 212 m³.Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume m³
26.3	0
26.7	7414
27.2	17565
27.7	30733
28.2	48097
28.7	69697
28.8	**74212**

Tableau 1 : Lois Hauteur/Volumes – Etat initial pour l'ilot Colombus[1]

2.2.3 Autres ilots

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 146 122 m³.
Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	5007
27.2	20856
27.7	47019
28.2	79950
28.7	119948
28.8	130239
28.95	**146122**

Tableau 2 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat initial pour les autres ilots

Afin de prendre en compte la phase de chantier, des calculs ont également été réalisés ilot par ilot. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

[1] Pour une plus grande précision au début des lois H/V et H/S, une ligne a été ajoutée à moins de 50cm de la cote casier – 2.5 m.

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 8 258 m³.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	587
27.2	2189
27.7	3886
28.2	5629
28.7	7382
28.8	7731
28.95	**8258**

Figure 3 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 33 995 m³.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1870
27.2	6569
27.7	13319
28.2	21045
28.7	29589
28.8	31351
28.95	**33995**

Figure 4 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 64 719 m³.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	1581
27.2	7373
27.7	18579
28.2	34294
28.7	53716
28.8	58115
28.95	**64719**

Figure 5 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 39 150 m³.

Cote mNGF	Volume m³
26.45	0
26.7	969
27.2	4725
27.7	11235
28.2	18982
28.7	29261
28.8	33042
28.95	**39150**

Figure 6 : Loi Hauteur / Volume en état initial pour l'ilot Stade

2.2.4 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 74 212 m³ et de 146 122 m³ sur les autres ilots.

Afin de prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 66 791 m³** et de **131 510 m³ sur les autres ilots**.

3 IMPACTS VOLUMETRIQUES DU PROJET

3.1 Construction de l'état aménagé

Suite à l'aménagement de la zone, un nouveau MNT intégrant les bâtiments nouvellement construits ainsi que leurs parkings et les déblais / remblais réalisés est généré.

Ce nouveau MNT est une compilation des informations mises à jour (reçues entre mars et avril 2024). Certaines zones n'ont pas pu être actualisées dans le MNT par absence de réponse à nos sollicitations ou par absence de projet à ce jour. La figure suivante présente les secteurs ayant pu être actualisés.

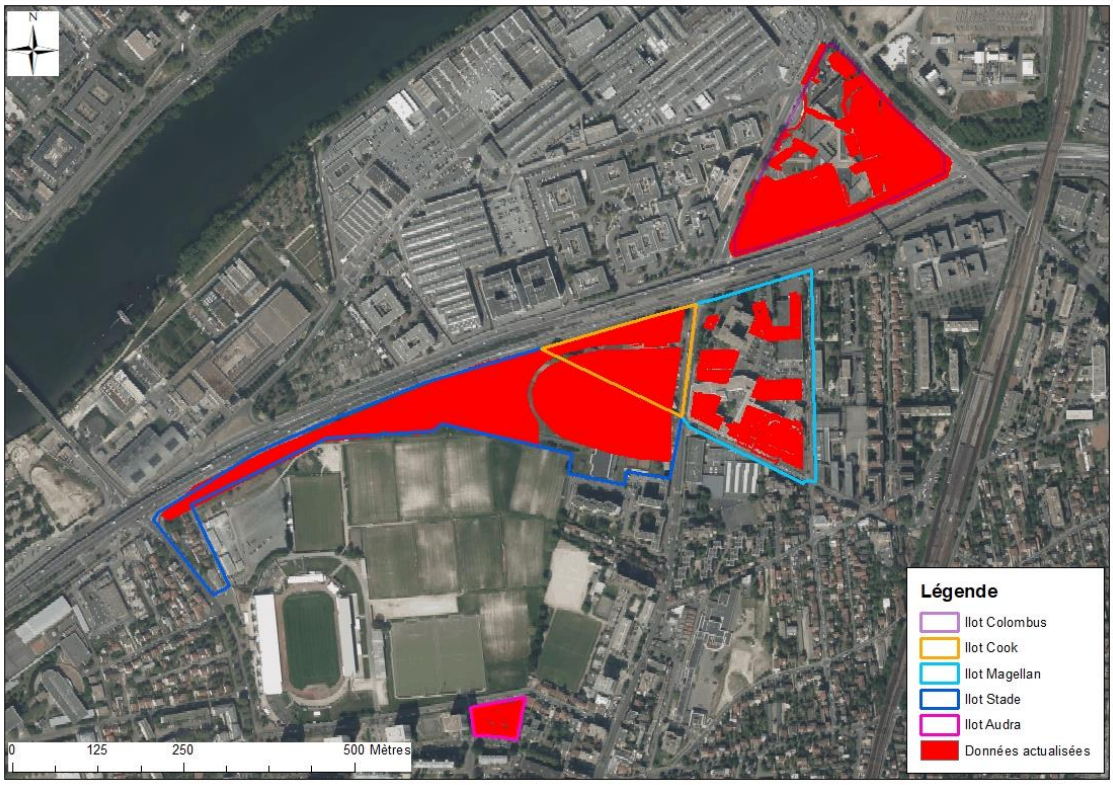


Figure 7 : Zones de projet actualisées en état aménagé

Pour la suite des calculs, les zones ayant des données manquantes seront remplacées par les données de l'état initial (calcul 1) puis par les données de l'état aménagé présenté pour le DLE (calcul 2).

Du fait de la cote de la nappe et de leur non étanchéité, seul le volume compris entre la cote casier du règlement PPRi moins 2.5 m et la cote casier est pris en compte dans les calculs de volume de stockage qui vont suivre conformément au PPRi.

Toutes les nouvelles constructions sont considérés inondables et ne sont pas pris en compte dans le MNT.

Les MNT générés en état aménagé sont présentés sur les figures suivantes.

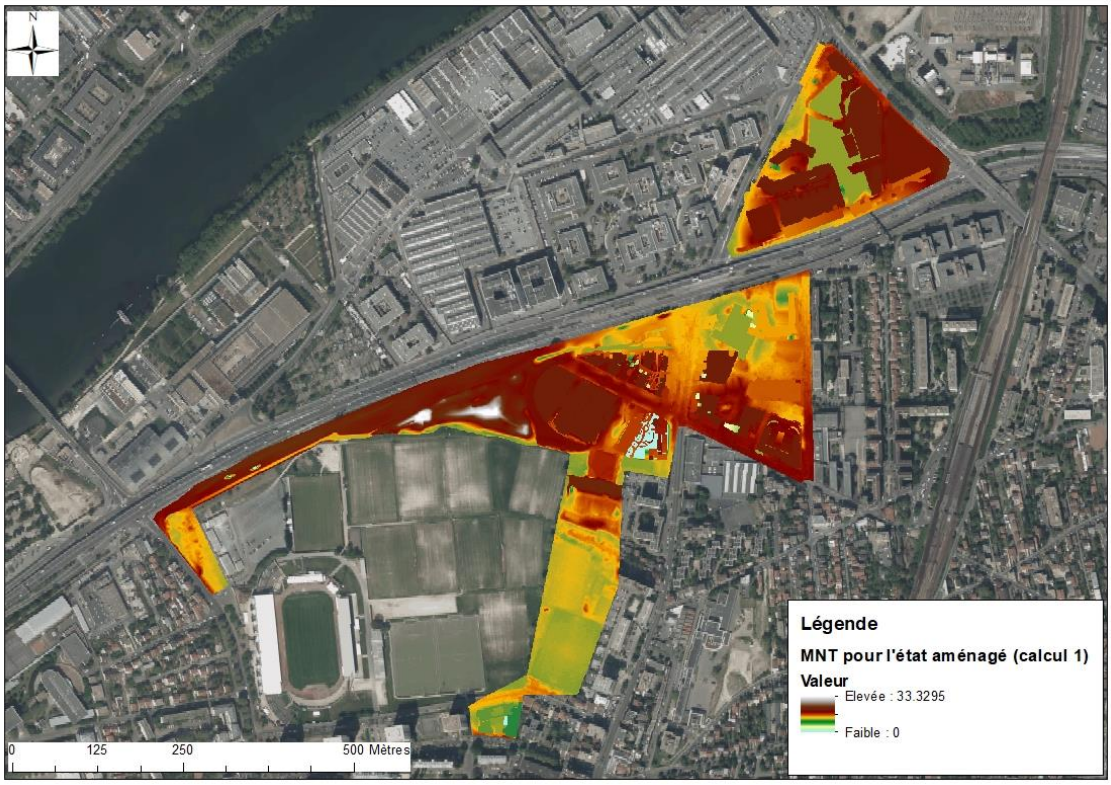


Figure 8 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul 1 des lois H/V et H/S

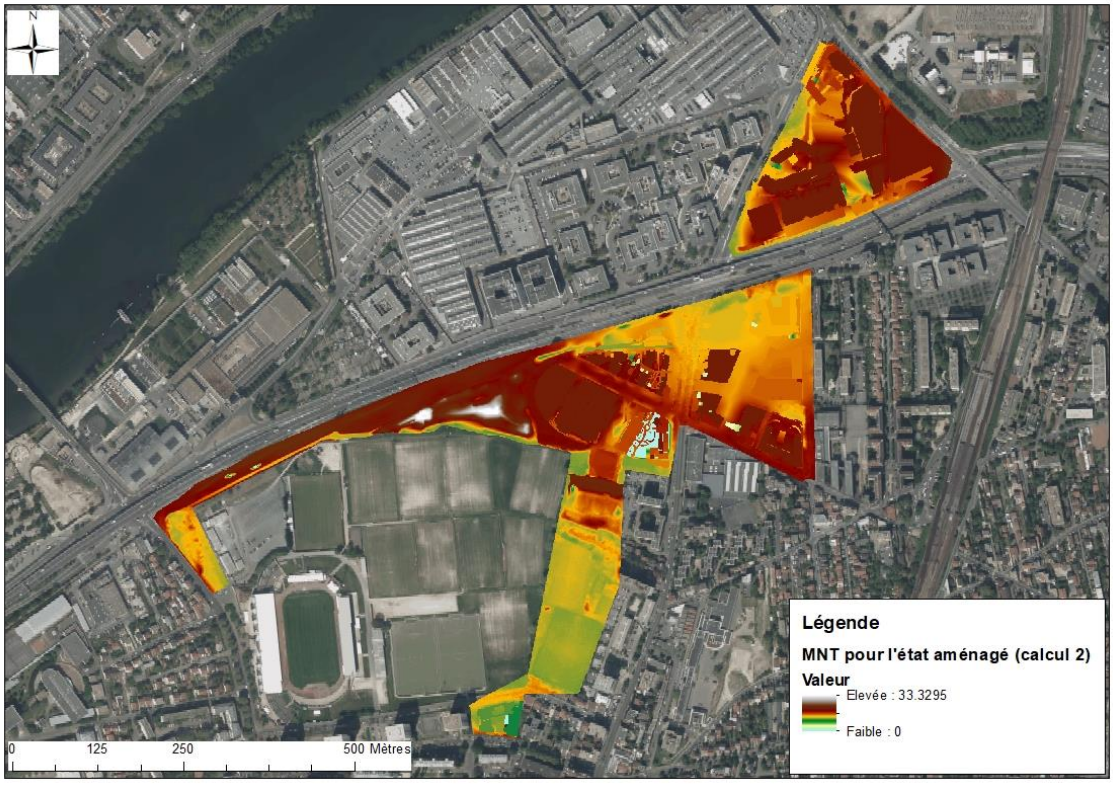


Figure 9 : MNT en état aménagé sur les emprises utilisées pour le calcul 2 des lois H/V et H/S

3.2 Calcul 1 des lois H/V et H/S pour les deux emprises

3.2.1 Ilot Colombus

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 51 275 m³. Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume EA1
26.3	41
26.7	9439
27.2	18029
27.7	22296
28.2	34316
28.7	48213
28.8	**51275**

Tableau 3 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 1 pour l'ilot Colombus

3.2.2 Autres ilots

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 181 212 m³. Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	22977
26.7	32606
27.2	50047
27.7	78171
28.2	110675
28.7	155383
28.8	165496
28.95	**181212**

Tableau 4 : Lois Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 1 pour les autres ilots

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 9 396 m³.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	986
26.7	1726
27.2	3313
27.7	4986
28.2	6737
28.7	8510
28.8	8863
28.95	**9396**

Figure 10 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 21 753 m³.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	-105
26.7	1325
27.2	2813
27.7	6670
28.2	10705
28.7	17827
28.8	19393
28.95	**21753**

Figure 11 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 62 331 m³.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	232
26.7	3918
27.2	9273
27.7	20725
28.2	33347
28.7	51973
28.8	56091
28.95	**62331**

Figure 12 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 87 732 m³.

Cote mNGF	Volume EA1
26.45	21864
26.7	25637
27.2	34648
27.7	45790
28.2	59886
28.7	77073
28.8	81149
28.95	**87732**

Figure 13 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 1 pour l'ilot Stade

3.2.3 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 51 275 m³ et de 181 212 m³ sur les autres ilots.

Afin des prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 46 148 m³** et de **163 091 m³ sur les autres ilots**.

3.3 Comparaison des lois H/V Etat Initial / Etat Aménagé 1

3.3.1 Ilot Colombus

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé 1 et d'en déduire l'impact des aménagements sur l'ilot Colombus.

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.3	0	41	41
26.7	7414	9439	2025
27.2	17565	18029	464
27.7	30733	22296	-8437
28.2	48097	34316	-13781
28.7	69697	48213	-21484
28.8	**74212**	**51275**	**-22937**

Tableau 5 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Colombus

3.3.2 Autres ilots

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé 1 et d'en déduire l'impact des aménagements pour l'ensemble des autres ilots.

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	22977	22977
26.7	5007	32606	27599
27.2	20856	50047	29191
27.7	47019	78171	31152
28.2	79950	110675	30725
28.7	119948	155383	35435
28.8	130239	165496	35257
28.95	**146122**	**181212**	**35090**

Tableau 6 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour les autres ilots

Ilot Audra

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	986	986
26.7	587	1726	1139
27.2	2189	3313	1124
27.7	3886	4986	1100
28.2	5629	6737	1108
28.7	7382	8510	1128
28.8	7731	8863	1132
28.95	**8258**	**9396**	**1138**

Tableau 7 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	-105	-105
26.7	1870	1325	-545
27.2	6569	2813	-3756
27.7	13319	6670	-6649
28.2	21045	10705	-10340
28.7	29589	17827	-11762
28.8	31351	19393	-11958
28.95	**33995**	**21753**	**-12242**

Tableau 8 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	232	232
26.7	1581	3918	2337
27.2	7373	9273	1900
27.7	18579	20725	2146
28.2	34294	33347	-947
28.7	53716	51973	-1743
28.8	58115	56091	-2024
28.95	**64719**	**62331**	**-2388**

Tableau 9 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA1	Volume EA1-EI
26.45	0	21864	21864
26.7	969	25637	24668
27.2	4725	34648	29923
27.7	11235	45790	34555
28.2	18982	59886	40904
28.7	29261	77073	47812
28.8	33042	81149	48107
28.95	**39150**	**87732**	**48582**

Tableau 10 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA1 pour l'ilot Stade

3.4 Bilan du calcul 1

Le volume de stockage pour une crue centennale est plus important en état aménagé qu'en état initial sur l'ensemble de la zone du projet. Les ilots Colombus, Cook et Magellan sont déficitaires mais sont compensés par les ilots Audra et Stade Ainsi, **aucune mesure compensatoire** autre que les parkings n'est à envisager au titre des remblais-déblais.

L'aménagement de remblais supplémentaires est même envisageable. En effet, les projets d'aménagement sur certains ilots ne sont qu'à un stade de faisabilité. De ce fait, les cotes des aménagements paysagers ne sont pas encore fixées. D'autres calculs pourront être réalisés une fois les plans finis à la lueur des informations déjà fournies.

3.5 Calcul 2 des lois H/V et H/S pour les deux emprises

3.5.1 Ilot Colombus

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.80 m NGF, est de 41 621 m^3 soit environ 10 000 m^3 de moins qu'avec le calcul 1 Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume EA2
26.3	50
26.7	7789
27.2	13171
27.7	14764
28.2	25425
28.7	38630
28.8	**41621**

Tableau 11 : Loi Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 2 pour l'ilot Colombus

3.5.2 Autres ilots

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 179 288 m^3 soit environ 2 000 m^3 de moins qu'avec le calcul 1 Le détail des calculs est présenté dans le tableau ci-dessous.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	22679
26.7	31383
27.2	46588
27.7	74789
28.2	108410
28.7	153470
28.8	163578
28.95	**179288**

Tableau 12 : Lois Hauteurs/Volumes – Etat aménagé 2 pour les autres ilots

Ilot Audra

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 9 351 m³ soit 40 m³ de moins qu'avec le calcul 1.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	981
26.7	1715
27.2	3292
27.7	4954
28.2	6698
28.7	8466
28.8	8819
28.95	**9351**

Figure 14 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 21 753 m³ soit identique au calcul 1.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	-105
26.7	1325
27.2	2813
27.7	6670
28.2	10705
28.7	17827
28.8	19393
28.95	**21753**

Figure 15 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 60 662 m³ soit environ 2 000 m³ de moins qu'avec le calcul 1.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	-58
26.7	2729
27.2	5977
27.7	17585
28.2	31331
28.7	50314
28.8	54427
28.95	**60662**

Figure 16 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Le volume total disponible pour la crue centennale, soit sous la cote de 28.95 m NGF, est de 87 522 m³ soit environ 200 m³ de moins qu'avec le calcul 1.

Cote mNGF	Volume EA2
26.45	21861
26.7	25614
27.2	34506
27.7	45580
28.2	59676
28.7	76863
28.8	80939
28.95	**87522**

Figure 17 : Loi Hauteur / Volume en état aménagé 2 pour l'ilot Stade

3.5.3 Synthèse

Le volume calculé comme étant disponible pour le stockage de la crue centennale sur l'ilot Colombus est de 41 621 m³ et de 179 288 m³ sur les autres ilots.

Afin des prendre en compte la présence de locaux techniques étanches et de cloisonnements, 10% du volume est ôté sur le volume calculé. Ainsi le volume total disponible pour la crue centennale sur l'**ilot Colombus est de 37 459 m³** et de **161 359 m³ sur les autres ilots**.

3.6 Comparaison des lois H/V Etat Initial / Etat Aménagé 2

3.6.1 Ilot Colombus

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé 2 et d'en déduire l'impact des aménagements sur l'ilot Colombus.

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.3	0	50	50
26.7	7414	7789	375
27.2	17565	13171	-4394
27.7	30733	14764	-15969
28.2	48097	25425	-22672
28.7	69697	38630	-31067
28.8	**74212**	**41621**	**-32591**

Tableau 13 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Colombus

3.6.2 Autres ilots

Le tableau suivant permet de comparer pour chaque tranche altimétrique les volumes disponibles pour l'expansion de crue entre l'état initial et l'état aménagé 2 et d'en déduire l'impact des aménagements pour l'ensemble des autres ilots.

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	22679	22679
26.7	5007	31383	26376
27.2	20856	46588	25732
27.7	47019	74789	27770
28.2	79950	108410	28460
28.7	119948	153470	33522
28.8	130239	163578	33339
28.95	**146122**	**179288**	**33166**

Tableau 14 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour les autres ilots

Ilot Audra

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	981	981
26.7	587	1715	1128
27.2	2189	3292	1103
27.7	3886	4954	1068
28.2	5629	6698	1069
28.7	7382	8466	1084
28.8	7731	8819	1088
28.95	**8258**	**9351**	**1093**

Tableau 15 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Audra

Ilot Cook

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	-105	-105
26.7	1870	1325	-545
27.2	6569	2813	-3756
27.7	13319	6670	-6649
28.2	21045	10705	-10340
28.7	29589	17827	-11762
28.8	31351	19393	-11958
28.95	**33995**	**21753**	**-12242**

Tableau 16 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA pour l'ilot Cook

Ilot Magellan

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	-58	-58
26.7	1581	2729	1148
27.2	7373	5977	-1396
27.7	18579	17585	-994
28.2	34294	31331	-2963
28.7	53716	50314	-3402
28.8	58115	54427	-3688
28.95	**64719**	**60662**	**-4057**

Tableau 17 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Magellan

Ilot Stade

Cote mNGF	Volume EI	Volume EA2	Volume EA2-EI
26.45	0	21861	21861
26.7	969	25614	24645
27.2	4725	34506	29781
27.7	11235	45580	34345
28.2	18982	59676	40694
28.7	29261	76863	47602
28.8	33042	80939	47897
28.95	**39150**	**87522**	**48372**

Tableau 18 : Comparaison de la loi H/V pour les EI / EA2 pour l'ilot Stade

3.7 Bilan du calcul 2

Les conclusions du calcul 2 sont identiques à celles du calcul 1.

4 MESURES COMPENSATOIRES

Aucune mesure compensatoire autre que les parkings n'est à prévoir puisque les volumes disponibles pour le stockage des crues en état aménagé est supérieur ou au moins similaire à celui de l'état initial.

5 CONCLUSION

Le projet tel que défini actuellement n'impacte pas le volume disponible pour l'expansion de la crue par tranche altimétrique sur l'ensemble du projet.

Certaines informations étant manquantes lors de la mise à jour, deux calculs ont été réalisés en complétant les informations recueillies soit par l'état initial soit pas l'état aménagé prévu dans le DLE. Les résultats obtenus sont similaires. Si les ilots Colombus, Cook et Magellan sont déficitaires en termes de volumes pour certaines tranches, les remblais réalisés sur ces ilots sont compensés par des déblais sur les ilots Audra et Stade. Aucune mesure compensatoire en complément des parkings prévus à ce jour n'est nécessaire.

Les projets d'aménagements non réalisés à ce jour, peuvent encore évoluer, des calculs complémentaires ainsi que des « porter à connaissance » seront nécessaires en cas de modification des projets.

Ce qu'il faut retenir…

Le projet tel que défini actuellement est transparent d'un point de vue volumique.