

---

**Projet d'aménagement de  
l'EcoQuartier de la gare de  
Compiègne / Margny-lès-  
Compiègne**

**Etude d'impact hydraulique  
sur les crues de l'Oise**


Rapport d'étude

49537 | décembre 2023 – V4 | LPU/SFS



**setec**  
hydratec



 Immeuble Central Seine 42-52 quai de Bercy 75012 Paris T : 01 82 51 67 40		Directeur de Projet	LPU		
		Responsable d'affaire	SFS		
		N° Affaire	49537		
<i>Fichier : Projet_EcoQuartier_Margny_Rapport_EIH_v3.docx</i>					
	Date	Etabli par	Vérfié par	Nb. pages	Observations / Visa
V4	décembre 2023	SFS	LPU	52	-

## TABLE DES MATIERES

<b>1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE.....</b>	<b>5</b>
<b>2. ANALYSE DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES DU PPRI.....</b>	<b>7</b>
2.1 LE PROJET DE PPRI.....	7
2.2 LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES DU PPRI.....	9
<b>3. HYDROLOGIE DES CRUES DU BASSIN OISE-AISNE.....</b>	<b>11</b>
3.1 LE BASSIN OISE-AISNE .....	11
3.2 STATISTIQUES DES CRUES.....	11
3.3 RECONSTITUTION DE LA CRUE CENTENNALE .....	13
<b>4. DESCRIPTION DU MODELE HYDRAULIQUE .....</b>	<b>15</b>
4.1 DESCRIPTION DU MODELE GLOBAL.....	15
4.2 SOUS-MODELE OAV.....	16
4.3 SOUS-MODELE OAV AFFINE POUR LA PRESENTE ETUDE .....	17
4.4 CONTROLE DE LA PRECISION DU MODELE POUR LES CRUES MAJEURES .....	19
4.4.1 <i>Crue de janvier 1995</i> .....	19
4.4.2 <i>Crue Centennale</i> .....	21
<b>5. ETUDE DE LA SITUATION INITIALE .....</b>	<b>23</b>
5.1 CARACTERISTIQUES DU SECTEUR DE LA CONFLUENCE .....	23
5.2 PROFIL EN LONG DES LIGNES D'EAU.....	24
5.3 HAUTEURS D'INONDATION.....	26
<b>6. ETUDE DE L'ETAT PROJET .....</b>	<b>31</b>
6.1 LE PROJET D'ECOQUARTIER .....	31
6.2 DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT PREVUES POUR RESPECTER LES COMPENSATIONS VOLUMIQUES .....	33
6.3 DISPOSITIONS PREVUES POUR RESPECTER LES CONTRAINTES DE TRANSPARENCE HYDRAULIQUE .....	36
6.4 ANALYSE DE L'ADEQUATION DU PLAN GUIDE DE AVEC LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES .....	37
6.5 ADAPTATION DU MODELE HYDRAULIQUE A L'ETAT PROJET .....	37
6.6 PROFIL EN LONG DES LIGNES D'EAU A L'ETAT PROJET .....	38
6.7 HAUTEURS D'INONDATION.....	41
6.8 EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET PAR COMPARAISON DES SITUATIONS INITIALE ET FUTURE.....	45
<b>7. BILANS VOLUMIQUES .....</b>	<b>49</b>
7.1 METHODOLOGIE.....	49
7.2 CALCULS DES VOLUMES .....	49
7.3 CALCULS DES VOLUMES EN PHASE CHANTIER.....	50
<b>ANNEXE : PRESENTATION DU LOGICIEL HYDRA/QGIS.....</b>	<b>54</b>

# 1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

La présente étude d'impact hydraulique concerne le projet d'aménagement de l'EcoQuartier de la gare de Compiègne / Margny-lès-Compiègne. Le projet concerne la réalisation d'un nouveau quartier comprenant logements et espaces publics en rive droite de l'Oise sur les communes de Compiègne et Margny-lès-Compiègne.

La localisation du projet est présentée dans la figure ci-dessous.



Figure 1-1 : Localisation de l'emprise du projet

L'emprise du projet se situe en zone inondable par la crue centennale du PPRI de la vallée de l'Oise.

L'aménagement du quartier doit donc prendre en compte les contraintes liées à l'application du PPRI, notamment au niveau de la nature et de la fonction des constructions.

Le contexte réglementaire est présenté dans le chapitre suivant.

La présente étude a pour objet la caractérisation de l'impact hydraulique du projet sur les zones d'expansion des crues de l'Oise par rapport à l'état actuel en termes de volumes pris à la crue et de transparence hydraulique, ainsi que la définition de mesures compensatoires éventuelles à mettre en œuvre pour réduire les impacts. Le présent document est organisé en sept parties :

1. Présentation des attentes réglementaires et de la méthodologie d'étude,
2. Caractérisation hydrologique des phénomènes de crue le long de l'Oise et au droit du site,
3. Présentation du modèle de simulation des crues construit et calé pour la mission d'étude,
4. Analyse de la situation actuelle, description du fonctionnement hydraulique de l'ensemble du secteur d'étude,
5. Caractérisation de l'état projet, description du fonctionnement hydraulique de l'ensemble du secteur d'étude dans la situation future,
6. Evaluation de l'impact du projet par comparaison des situations initiales et futures,

7. Bilan du volume de crue soustrait à l'inondation centennale, en situation future et en situation travaux,
8. Synthèse.

L'étude est réalisée à l'aide d'une modélisation numérique des écoulements de l'Oise et de l'Aisne réalisée sous Hydra, le logiciel développé et commercialisé par setec hydratec pour les études fluviales.

*Remarque importante : Toutes les cotes altimétriques données dans le rapport sont dans le système IGN69*

## 2. ANALYSE DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES DU PPRI

### 2.1 LE PROJET DE PPRI

Une étude PPRI a été réalisée par le bureau Safège pour le compte de l'Etat en 2017, elle s'est concrétisée par l'élaboration de la carte d'aléa centennal présentée dans la figure ci-dessous au droit de l'implantation du projet.

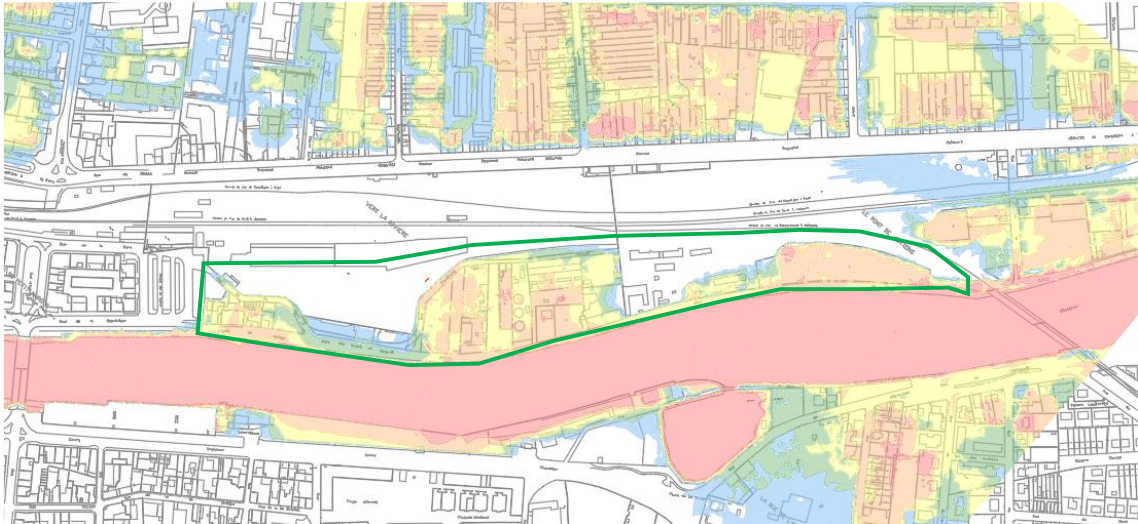


Figure 2-1 : Carte de l'aléa centennal issue du projet de PPRI de 2017

A noter que les cotes de crue fournies dans l'étude Safège ont été remises en cause par les collectivités, et notamment l'ARC, lors de l'enquête publique de 2018, en raison de la schématisation des écoulements jugée trop grossière. L'Etat a en conséquence lancé une étude de modélisation détaillée du secteur de la confluence pour préciser les cotes de crue centennale dans ce secteur.

Une nouvelle carte d'aléa centennale a été produite pour la révision du PPRI et elle a été fournie par les services de l'Etat en avril 2022. Cette carte présente l'aléa inondation selon le décret de 2019 et les cotes de référence. Les nouvelles cotes de référence ont été prises en compte pour la réalisation de cette étude.

**Sur la base des études déjà réalisées et de cette nouvelle carte d'aléa on peut affirmer que la cote de référence officielle se situera dans la fourchette 34.90-35.0m NGF en amont du projet et 34.5-34.60 m NGF à l'aval. La cote moyenne au droit du site est donc égale à 34.75 m NGF.**

La carte d'aléa est présentée ci-dessous.



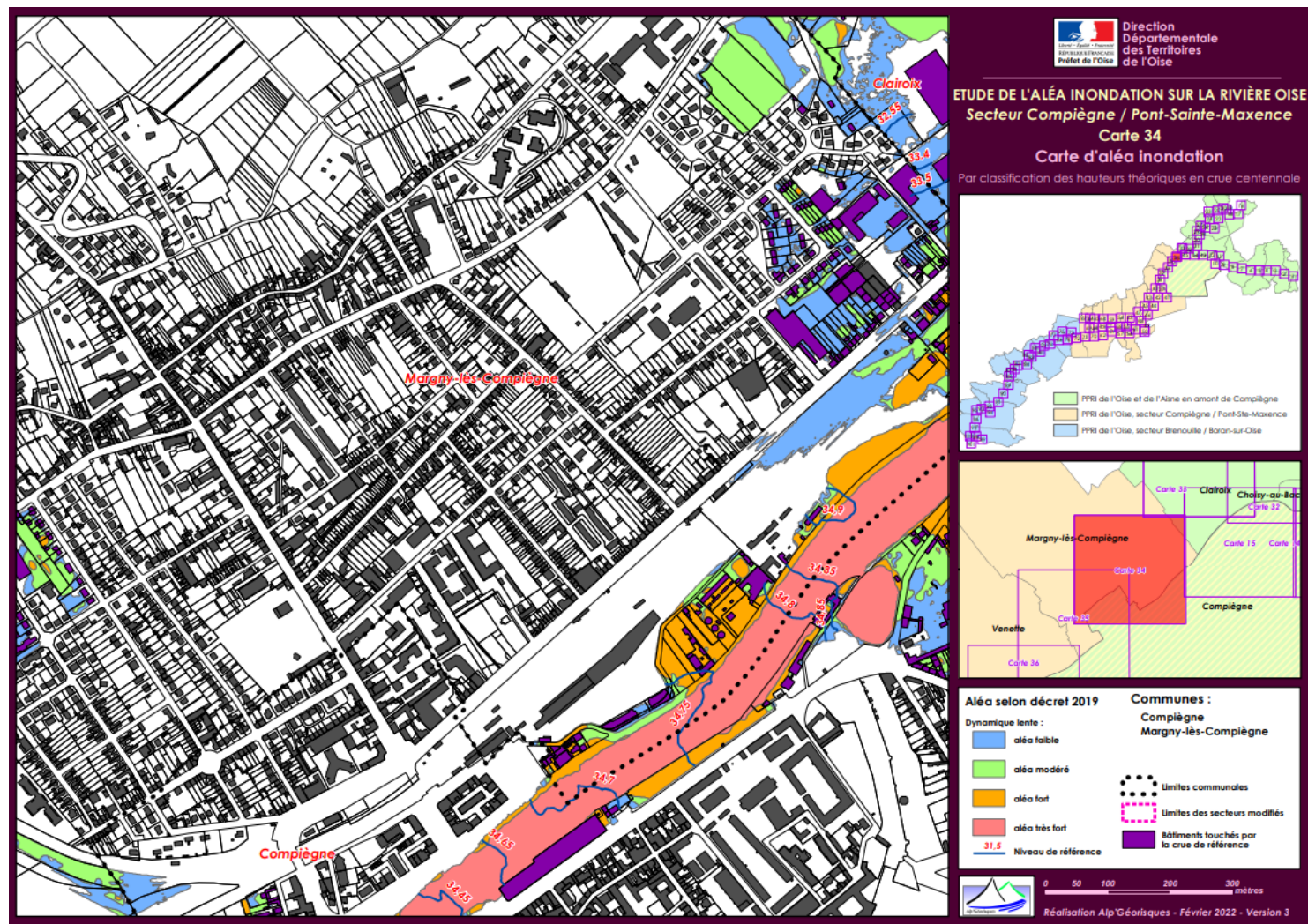


Figure 2-2 : Carte d'aléa inondation selon le décret 2019 – Crue centennale - Etude de l'aléa inondation sur la rivière Oise (février 2022)



## 2.2 LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES DU PPRI

L'emprise du futur Ecoquartier est localisée en zone d'aléa orange dans les points bas et en zone d'aléa jaune d'après la Figure 2-1. Les prescriptions d'ordre hydraulique à respecter sont :

1. Les volumes soustraits à l'inondation dans les zones remblayées doivent être compensés par des volumes excavés dans l'emprise de la ZAC. De plus la règle de compensation doit être satisfaite par tranche de 0.5 m.
2. L'aménagement doit être conçu pour être le plus transparent possible aux écoulements de la crue PPRI, c'est-à-dire la crue centennale.
3. Le projet ne doit pas avoir d'impact hydraulique sur les enjeux exposés à proximité.

### Commentaires sur la règle 1

L'application de la règle 1 implique qu'en toute rigueur les terrains excavés sont à sec au moment où la crue atteint la cote du TN avant remblaiement au droit de la zone remblayée. Ceci suppose qu'à cette cote la nappe n'a pas percolé dans la zone excavée. Il est en conséquence nécessaire de connaître le niveau de la nappe en crue : le volume de terrain à excaver doit être comptabilisé au-dessus du niveau de la nappe.

Les mesures piézométriques réalisées lors des études préliminaires ont montré que dans le secteur du projet la nappe suit de très près le niveau de l'Oise en crue. Lors de la crue quinquennale de février 2012, la nappe a été mesurée à 30cm sous le niveau de terrain naturel, ce niveau était pratiquement celui de l'Oise.

**Ce constat implique que le calcul des déblais dans le secteur hors crue doit être fait en considérant une arase de terrain au-dessus de la cote de crue centennale.**

Par ailleurs la règle de compensation par tranche de 0.5m implique que l'altimétrie des terrains excavés devra être réglée de façon à ce que chaque nouvelle tranche inondation occupée par des remblais soit compensée par un volume équivalent dans la zone de déblais.

### Commentaire sur la règle 2

La transparence hydraulique est l'aptitude que possède un ouvrage ou un aménagement à ne pas faire obstacle aux mouvements des eaux. D'après la circulaire n°426 du 24 juillet 2020 relative à la mise en œuvre du décret N° 2002-202 du 13 février 2002 du ministère de l'Ecologie et du Développement durable/direction de l'eau, un ouvrage est dit 'transparent' d'un point de vue hydraulique lorsqu'il n'amplifie pas le niveau des plus hautes eaux, ne réduit pas la zone d'expansion des crues, n'allonge pas la durée des inondations ou n'augmente pas leur étendue, n'intensifie pas la vitesse d'écoulement des eaux....

Le respect de cette règle suppose en pratique que dans les zones non remblayées les planchers des bâtiments soient remontés au-dessus de la cote PPRI et que le niveau zéro du bâtiment soit le plus transparent possible. Cette analyse nécessite une négociation étroite entre l'aménageur et les Services de l'état, basé sur le recours à une modélisation locale très détaillée pour :

- optimiser la disposition des obstacles vis-à-vis des écoulements de crue,
- minimiser l'encombrement des structures de supportage des planchers des bâtiments en optimisant les espacements entre poteaux et la disposition des contreventements, aligner les clôtures et murs dans la direction des écoulements de crue ...
- valider l'aménagement urbain vis-à-vis du principe de transparence.

### Commentaires sur la règle 3

Les attentes des services de l'état concernant la gestion du risque d'inondation en crue centennale sont qu'au droit des zones sensibles au risque d'inondation, la tolérance d'exhaussement de la ligne d'eau ne doit pas dépasser la précision relative des modèles hydrauliques de simulation utilisés pour évaluer ces impacts. A ce titre, du fait de la réalisation

en zone urbaine, le projet ne doit pas avoir d'impact hydraulique sur les enjeux exposés à proximité : cela recouvre l'absence de rehausse des niveaux d'eau, la non-accélération des vitesses d'écoulement et le non-allongement des durées d'inondation. Il convient de s'interroger sur la définition « quantitative » de l'absence d'impact pour chacun de ces termes. Cette définition dépend d'une part des méthodes de calcul utilisées pour produire les écarts de grandeurs hydrauliques entre situation future et situation initiale et d'autre part de ce que représentent les variations de chacune des grandeurs.

En ce qui concerne les rehausses de niveau d'eau, ces dernières sont calculées à l'aide du modèle de simulation des écoulements de l'Oise construit et calé dans la situation initiale, dont la géométrie des lits mineur et majeur de l'Oise et le jeu de rugosité sont modifiés pour représenter les aménagements dans la situation future. Ces modifications engendrent des écarts de niveau d'eau supposés représentatifs du futur, mais qui contiennent également des biais associés aux données de modélisation et aux erreurs de calage. Les classes d'impact sur les niveaux d'eau sont les suivants :

- **Impact non significatif** : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et de l'état initial inférieure à 1 cm. Cette plage correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique.
- **Impact faible** : 1 à 5 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette plage correspond aux ordres de grandeur des remous usuellement observés localement.
- **Impact modéré** : 5 à 10 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette plage correspond à l'amplitude des vagues générées lors des crues.
- **Impact fort** : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 10 cm. Cette plage correspond aux impacts supérieurs à l'amplitude des vagues observées lors d'une crue.

En ce qui concerne les impacts hydrauliques en termes de vitesses d'écoulement, il faut d'abord signaler que tout aménagement produit des modifications locales de champ de vitesse du fait de la réorganisation des écoulements autour de ce qui est considéré comme un nouvel obstacle.

Une distinction des classes d'impacts concernant les vitesses d'écoulement entre lit majeur et lit mineur est réalisée.

Les classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit majeur sont les suivantes :

- **Impact non significatif** : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 5 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique.
- **Impact faible** : 5 à 10 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations créées par un petit obstacle.
- **Impact modéré** : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à un risque de changement de classe d'aléa.
- **Impact fort** : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 20 cm/s. Cette classe correspond à un risque de changement d'une à deux classes d'aléa.

Les classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit mineur sont les suivantes :

- **Impact non significatif** : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 10 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle sur la vitesse maximale au sein de la section en travers.
- **Impact faible** : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations naturelles des vitesses au sein d'une section en travers.
- **Impact modéré** : 20 à 30 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'ordre de grandeur des accélérations de vitesses générées par une pile de pont.
- **Impact fort** : différence de vitesses entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 30 cm/s. Cette classe correspond à une forte perturbation de l'écoulement pouvant déstabiliser des embarcations légères.

### 3. HYDROLOGIE DES CRUES DU BASSIN OISE-AISNE

On précise dans ce chapitre les hypothèses hydrologiques prises en compte pour les calculs d'aléa hydraulique dans le secteur de l'EcoQuartier. La validation de ces hypothèses est importante car elle conditionne le calcul des niveaux d'eau de la crue centennale, et donc les contraintes hydrauliques à prendre en compte dans l'établissement du plan masse de l'aménagement.

#### 3.1 LE BASSIN OISE-AISNE

Le bassin hydrographique de l'Oise dessert un bassin versant de 20 000 km<sup>2</sup>. Il comprend deux vallées principales : l'Aisne et L'Oise amont qui confluent en amont immédiat de Compiègne et sont prolongées par la vallée de l'Oise aval jusqu'à son débouché en Seine à Conflans St Honorine.

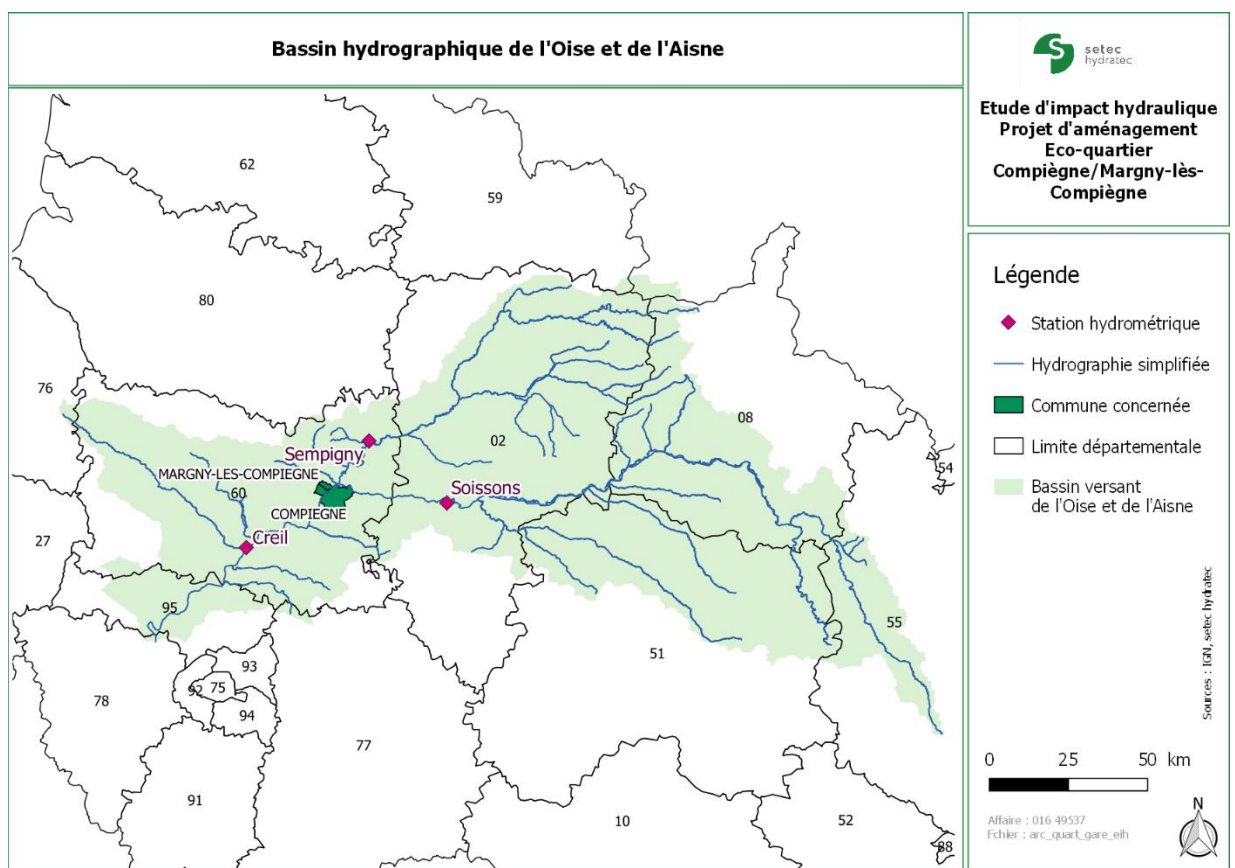


Figure 3-1 : Bassin hydrographique de l'Oise et de l'Aisne

#### 3.2 STATISTIQUES DES CRUES

Les graphes ci-dessous précisent les débits de crue de l'Oise et de l'Aisne, ainsi que les périodes de retour associées. Ces graphes sont tirés de l'étude hydrologique globale réalisée pour l'Entente Oise-Aisne en 2013.

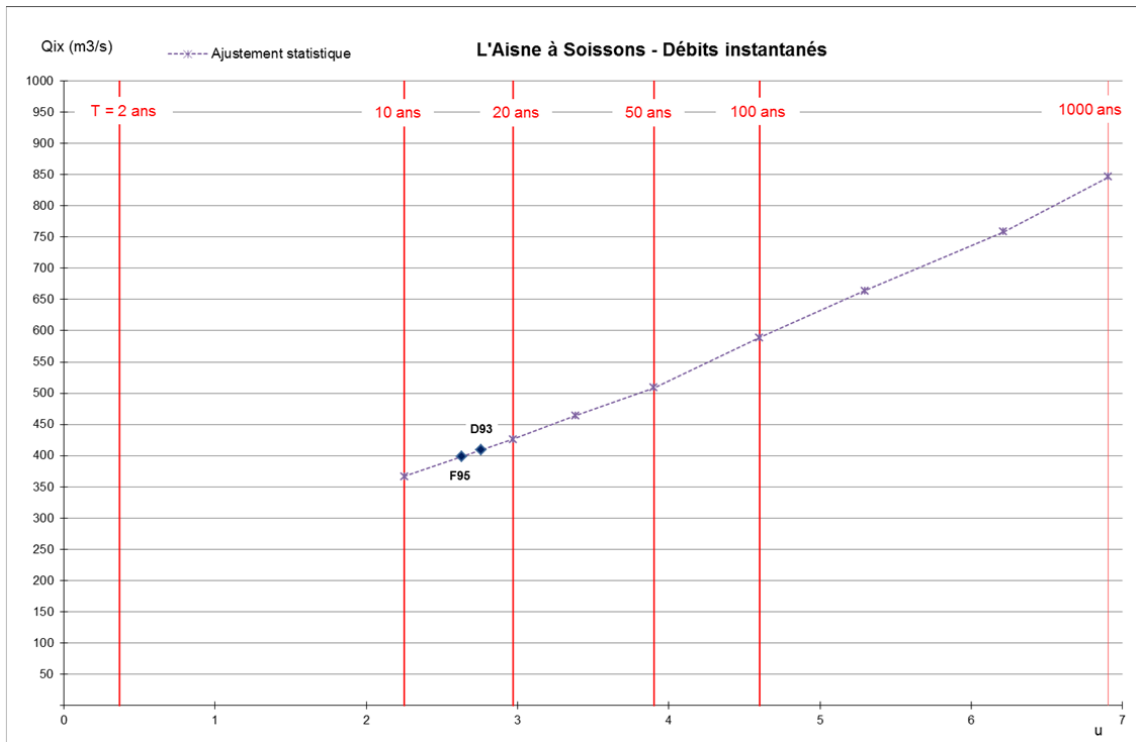


Figure 3-2 : Ajustement statistique des débits de crue de l'Aisne à Soissons

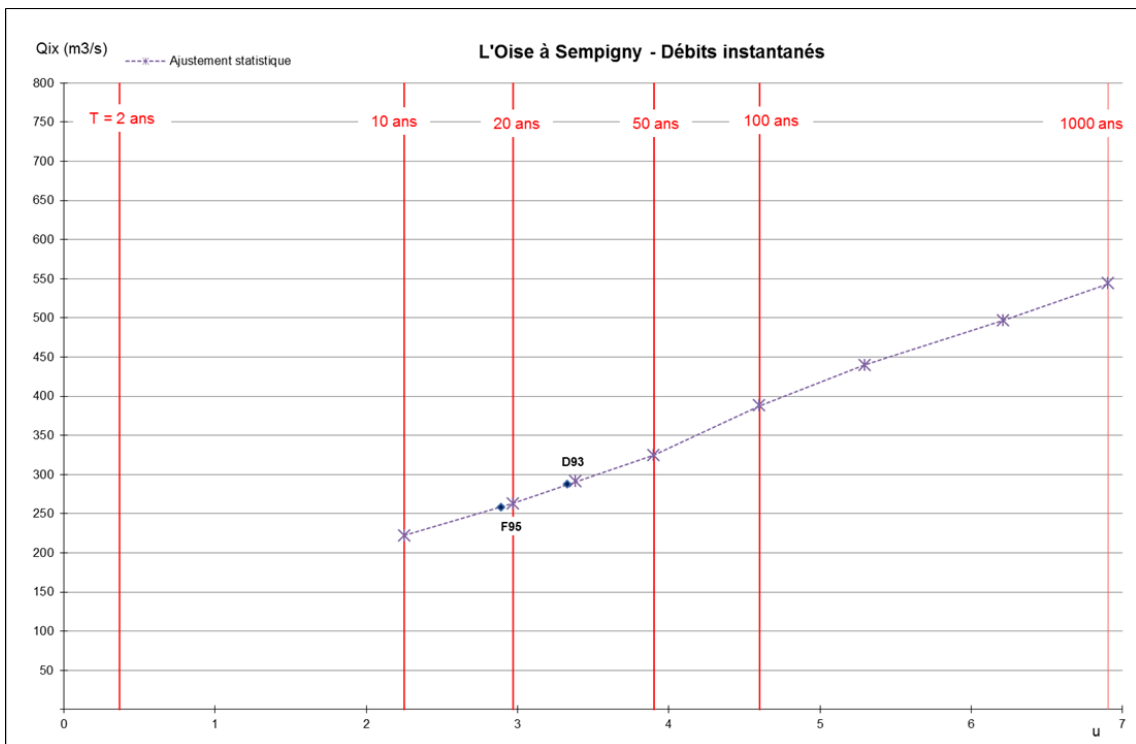


Figure 3-3 : Ajustement statistique des débits de crue de l'Oise amont à Sempigny

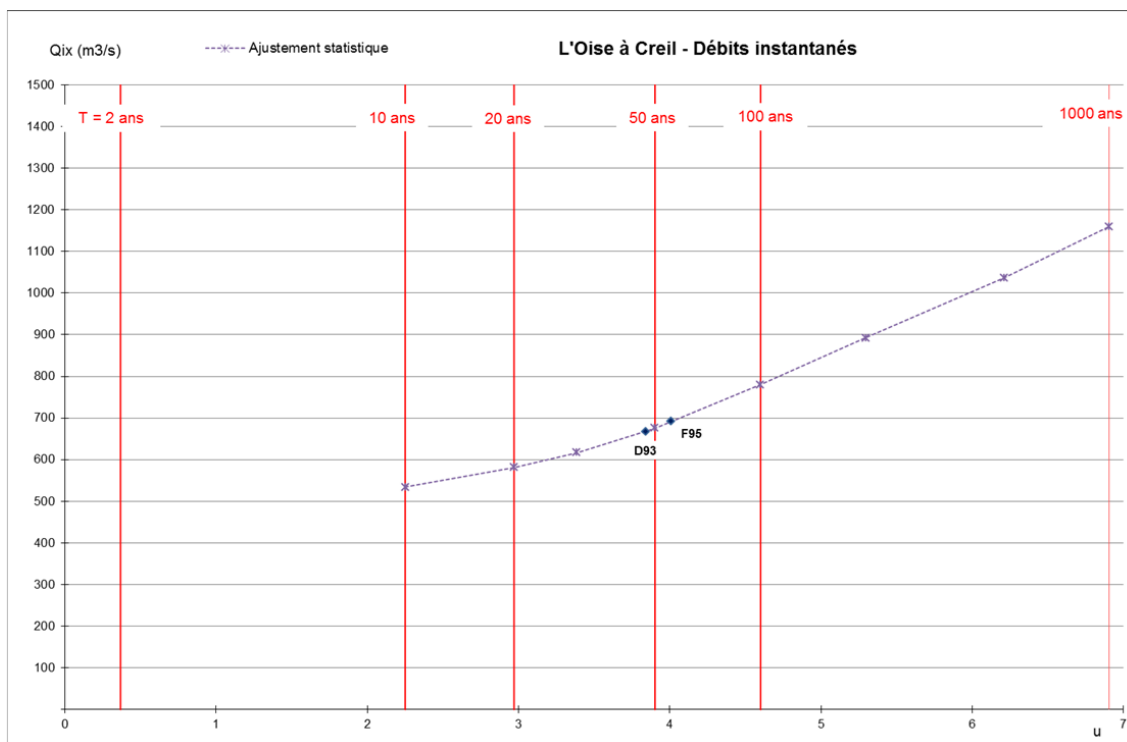


Figure 3-4 : Ajustement statistique des débits de crue de l'Oise aval à Creil

Ces graphes soulignent les points suivants :

- les périodes de retour des débits de crue des épisodes D93 et F95 sur l'Aisne sont inférieures à 20 ans.
- les périodes de retour des débits de crue des épisodes D93 et F95 sur l'Oise amont sont comprises entre 20 et 30 ans.
- les périodes de retour des débits de crue des épisodes D93 et F95 sur l'Oise en aval de la confluence avec l'Aisne sont égales à 50 ans pour la crue D93 et légèrement supérieures à 50 ans pour la crue F95.

Sur le secteur de l'ARC qui est localisé autour de la confluence Oise-Aisne la période de retour associée à une crue historique donnée est différente selon la localisation : pour les deux crues historiques de D93 et F95 les périodes de retour sont plus importantes à l'aval de la confluence en raison du phasage particulier des ondes de crues en provenance de l'Oise et de l'Aisne qui ont provoqué un effet de superposition aggravant à l'aval de Compiègne. A cela s'ajoute les effets de remous qui rendent très délicate la traduction en cote des périodes de retour en débit dans les secteurs situés dans la zone de la confluence.

### 3.3 RECONSTITUTION DE LA CRUE CENTENNALE

Afin de clarifier les notions de période de retour de crue, notamment dans la zone de confluence Oise-Aisne, l'Entente a fait réaliser en 2013 une étude statistique des crues du bassin hydrographique de l'Oise, couplée à de la modélisation hydraulique pour prendre en compte les phénomènes de concomitance des ondes de crues en provenance des vallées de l'Aisne et de l'Oise amont.

Cette étude a débouché sur un référentiel fournissant aux stations hydrométriques principales des hydrogrammes de crue représentatifs d'une période de retour donnée, s'étalant entre en 10 ans et 20ans.

C'est ce référentiel qui sert désormais de référence pour la définition de la crue de période de retour centennale. Cette hydrologie a notamment été exploitée pour l'établissement du PPRI sur le bassin de l'Oise.

Le graphe ci-dessous reproduit les hydrogrammes de la crue centennale aux stations de Soissons sur l'Aisne et Sempigny sur l'Oise amont. Ces hydrogrammes sont tirés du référentiel de l'Entente.

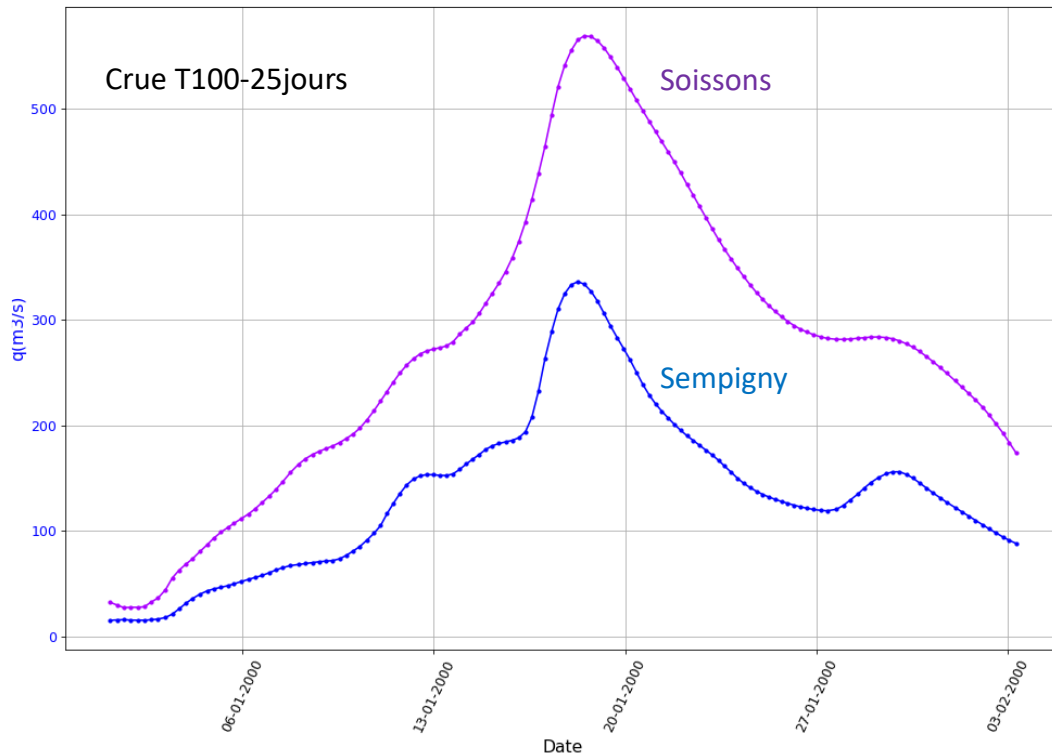


Figure 3-5 : Crue T100-25jours - hydrogrammes calculés à Sempigny et Soissons

Ces hydrogrammes servent de points d'entrée hydrologiques pour les études hydrauliques du projet d'aménagement de l'Ecoquartier.



## 4. DESCRIPTION DU MODELE HYDRAULIQUE

### 4.1 DESCRIPTION DU MODELE GLOBAL

Le modèle Oise/Aisne est composé de 10 sous-modèles. Il intègre les vallées de l'Oise et de L'Aisne, les vallées de la Serre et du Thérain, ainsi que tous les bassins versants d'apports de ce réseau hydrographique. Les 10 sous-modèles, présentés dans la figure suivante, sont :

OAM : Oise amont

OME : Oise moyenne

OAV : Oise aval

SER : Serre

AAM : Aisne amont

AME : Aisne moyenne

THE : Thérain

OCS : Oise confluence Seine

OCS 2 : Oise confluence Seine 2

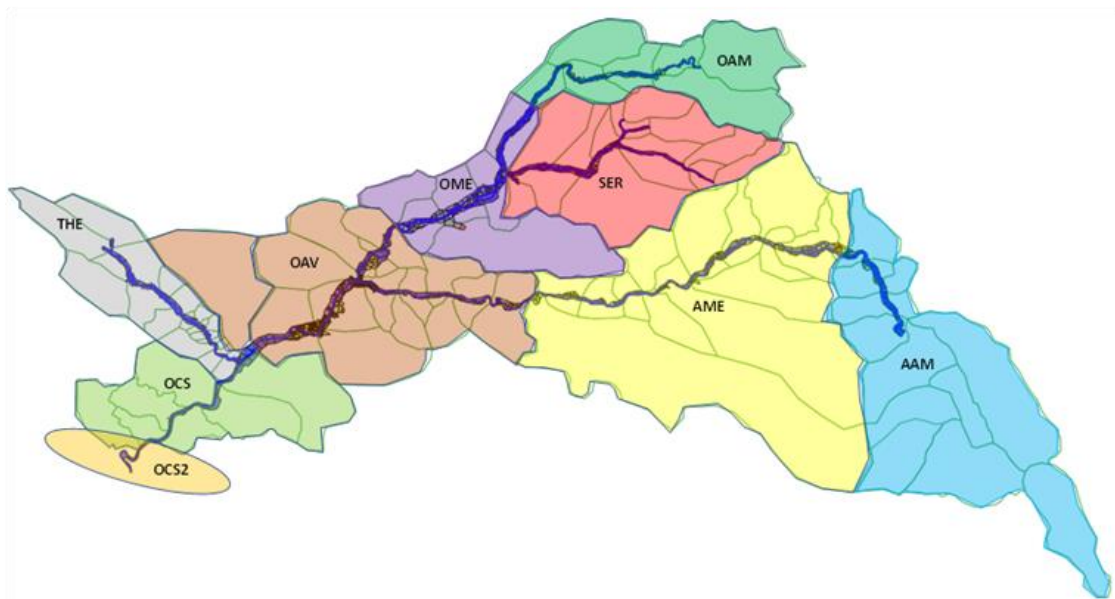


Figure 4-1 : Emprise géographique du modèle hydraulique MPOISE

Le modèle MPOISE a été construit en 2004 pour les besoins du SPC Oise-Aisne lors de l'étude « Elaboration d'un outil de prévision des crues ». Le nouveau modèle, désigné Mpoise/Qgis ci-après, est une transposition du modèle existant dans le logiciel Hydra/Qgis. Il est géoréférencé précisément, contrairement au modèle MPOISE, et surtout il intègre son propre module hydrologique : il est possible d'exécuter un scénario de calcul en renseignant l'épisode pluvieux

souhaité ; le programme génère les apports dans chaque sous modèle, puis exécute les calculs de propagation le long des vallées modélisées dans la même unité de calcul.

Le modèle MPOISE/QGIS a été construit et est exploité avec le logiciel de modélisation hydra/Qgis, présenté en annexe. La schématisation hydraulique est fondée sur une schématisation mixte : filaire-casier-2D.

## 4.2 SOUS-MODELE OAV

Le modèle utilisé pour la présente étude est le sous modèle OAV du modèle global Mpoise/QGis. Ce modèle commence à Sempigny-sur-Oise et se termine à Creil, et représente la zone de confluence Oise-Aisne. L'emprise et la structure du modèle sont données sur la vue en plan schématique ci-après. Un agrandissement du modèle au droit de la confluence Oise-Aisne est également présenté ci-après.

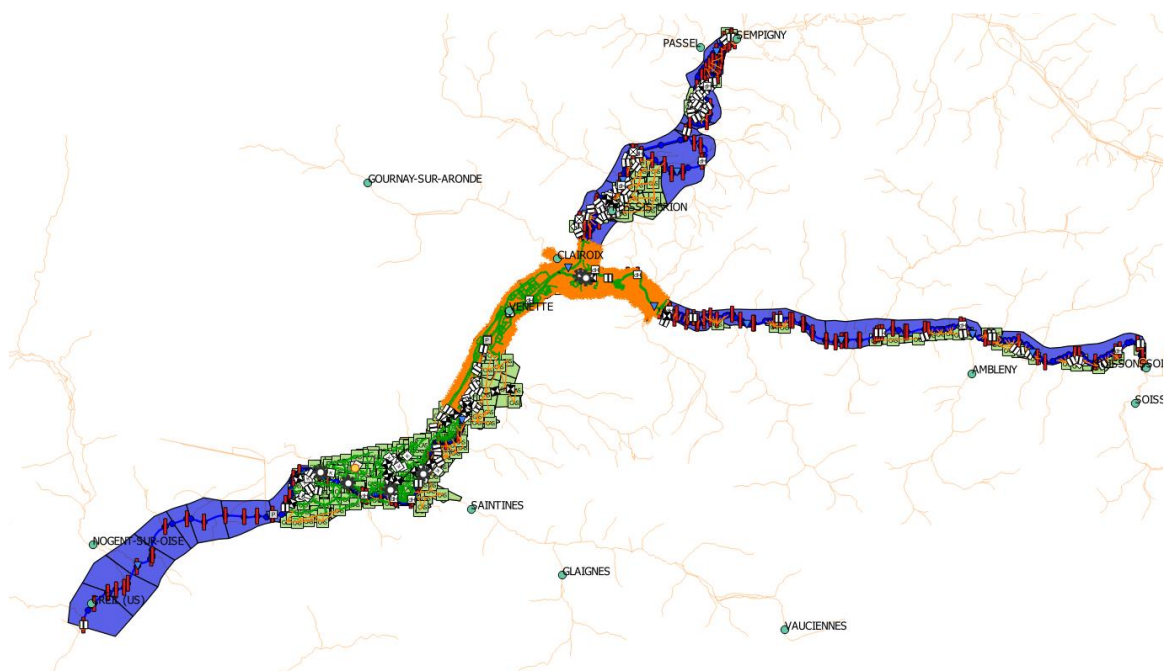


Figure 4-2 : Emprise géographique du sous modèle OAV

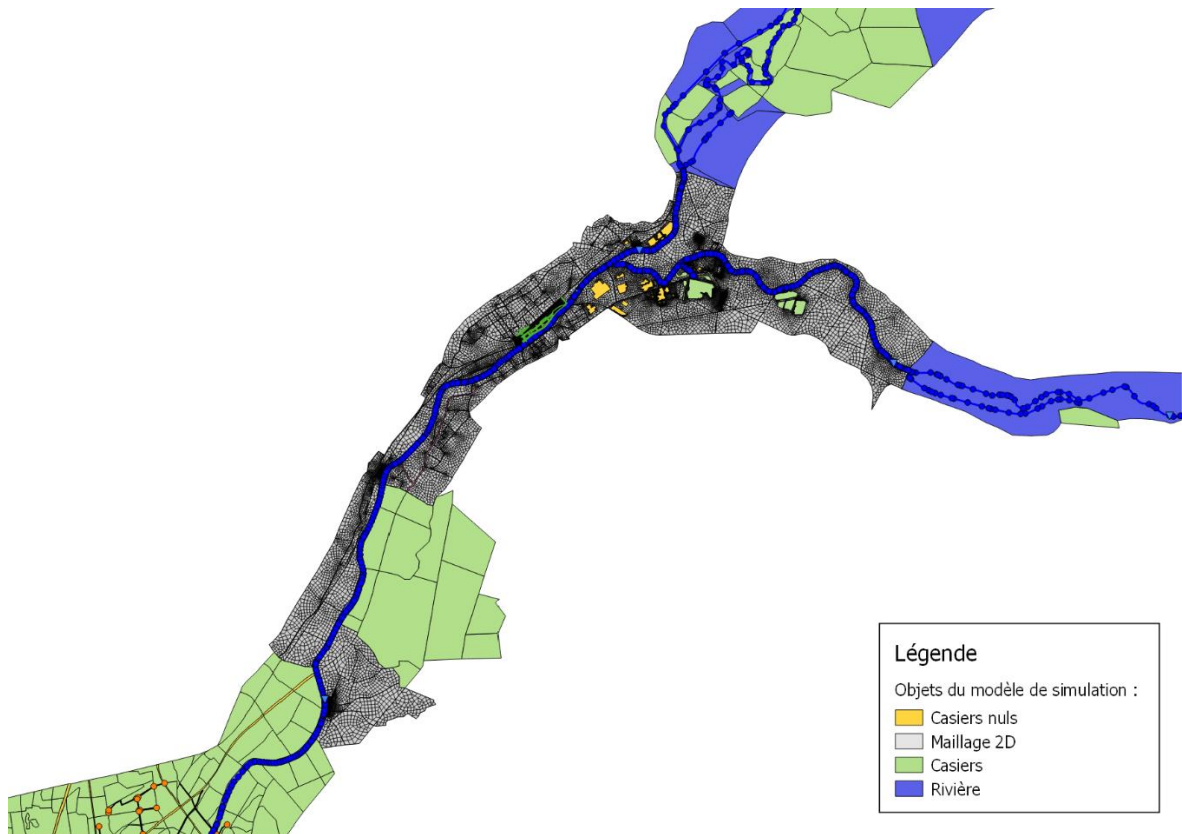


Figure 4-3 : Zoom du sous modèle OAV au droit de la confluence Oise-Aisne

Le modèle de simulation des crues est réalisé en 1D (une dimension) complété par des casiers représentant les surfaces inondables et des zones en 2D au niveau de la confluence Oise-Aisne. Les profils en travers de l'Oise, incluant uniquement le lit mineur, sont utilisés pour décrire les écoulements dans le lit ordinaire (là où l'Oise s'écoule à l'étiage). La zone d'expansion de crue de l'Oise (ou lit majeur) est simulée à l'aide de casiers, alimentés par des liaisons latérales régies par des lois de surverse, et d'un maillage 2D. Les bâtiments de grande taille, notamment au niveau de la Z.I. de Compiègne, représentés dans le modèle à travers des casiers nuls, au niveau desquels l'eau ne peut pas pénétrer.

Cette représentation permet de restituer de manière précise le profil en long de l'Oise pour les différentes crues historiques, de calculer les niveaux d'eau maximum ainsi que les vitesses d'écoulement.

### 4.3 SOUS-MODELE OAV AFFINE POUR LA PRESENTE ETUDE

Le modèle de simulation construit et calé pour la présente étude développe et affine le modèle Mpoise/QGis. La configuration de référence est entendue comme la situation topographique et morphologique prévalant sur le site avant la réalisation du projet à venir. Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) défini à l'échelle de 1m de la zone inondable de l'Oise est utilisé pour décrire le lit majeur dans les secteurs où l'impact du projet doit être évalué et où, par conséquent, la dynamique des écoulements (vitesses d'écoulement, hauteurs d'eau, ...) doit être représentée.

Ce MNT a été détaillé avec les données topographiques fournies par le MOE pour la situation actuelle. La figure suivante présente le MNT au droit du secteur d'étude.

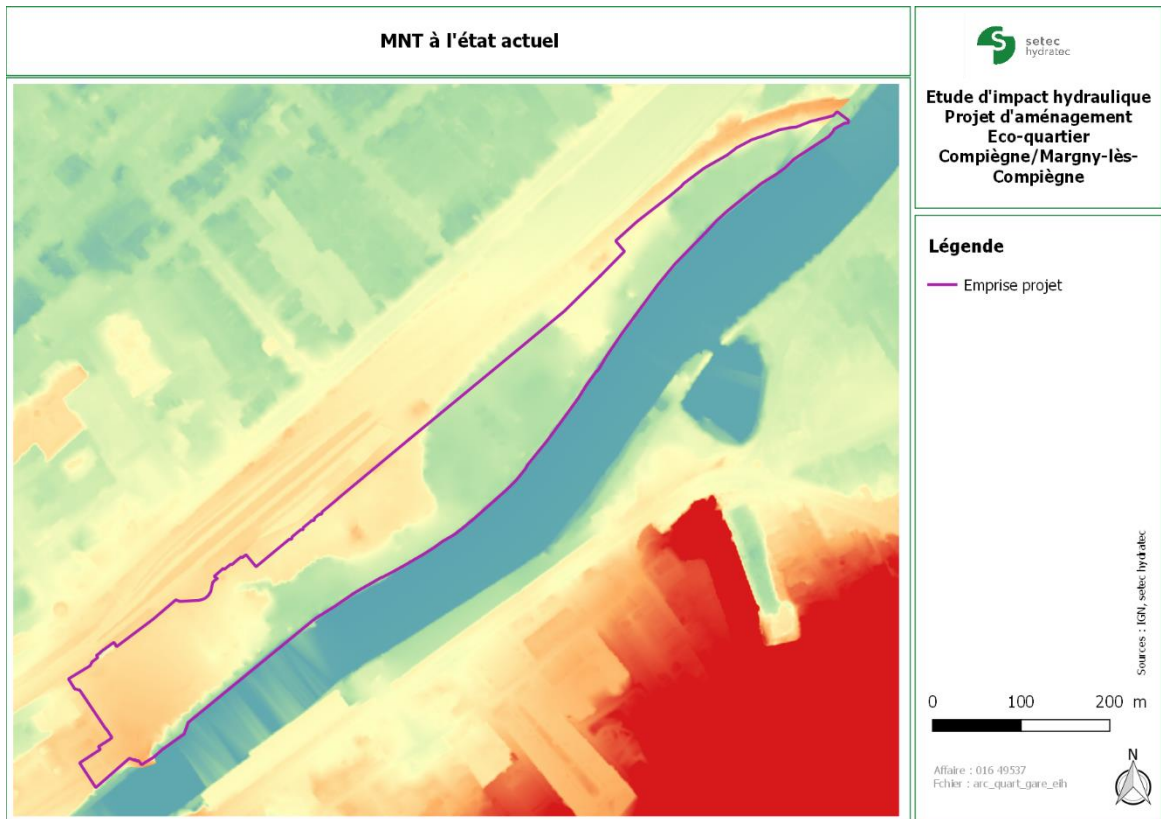


Figure 4-4 : Vu du MNT au droit du projet à l'état actuel

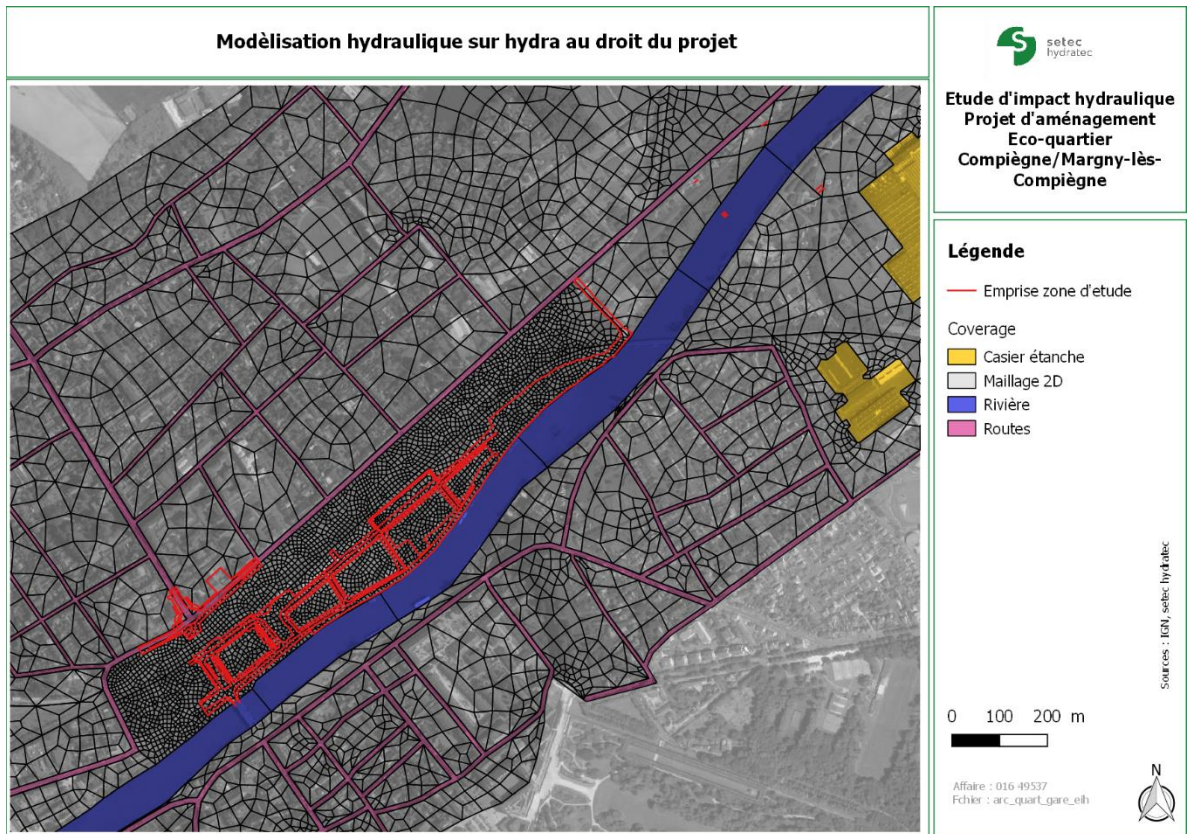
Pour l'étude, le maillage 2D a été affiné afin de calculer les impacts hydrauliques du projet. Un maillage plus fin là où l'on doit disposer de champs de vitesse pour mesurer les impacts des projets.

L'ensemble permet de disposer d'un outil de simulation des écoulements de l'Oise 2D très précis au droit du site de réalisation du projet, 1D-casier plus en amont et plus en aval, incluant la conservation des hydrologies et des conditions aux limites aval.

La figure ci-après présente la zone 2D construite au droit de la gare de Compiègne-Margny-lès-Compiègne de manière à évaluer l'impact hydraulique avec plus de précision.

Après intégration du nouveau maillage, le calage est affiné/vérifié localement.





*Figure 4-5 Modélisation hydraulique en 2D au droit du site*

## 4.4 CONTROLE DE LA PRECISION DU MODELE POUR LES CRUES MAJEURES

### 4.4.1 Crue de janvier 1995

La crue de janvier 1995 a été simulée avec le modèle Mpoise/Qgis affiné, en utilisant l'hydrologie reconstituée dans les études antérieures. L'objectif est de vérifier pour cette crue que les cotes maximales calculées sont proches des cotes mesurées pour cet épisode.

Le graphe ci-dessous reproduit les hydrogrammes calculés par le modèle en entrée du sous modèle OAV :

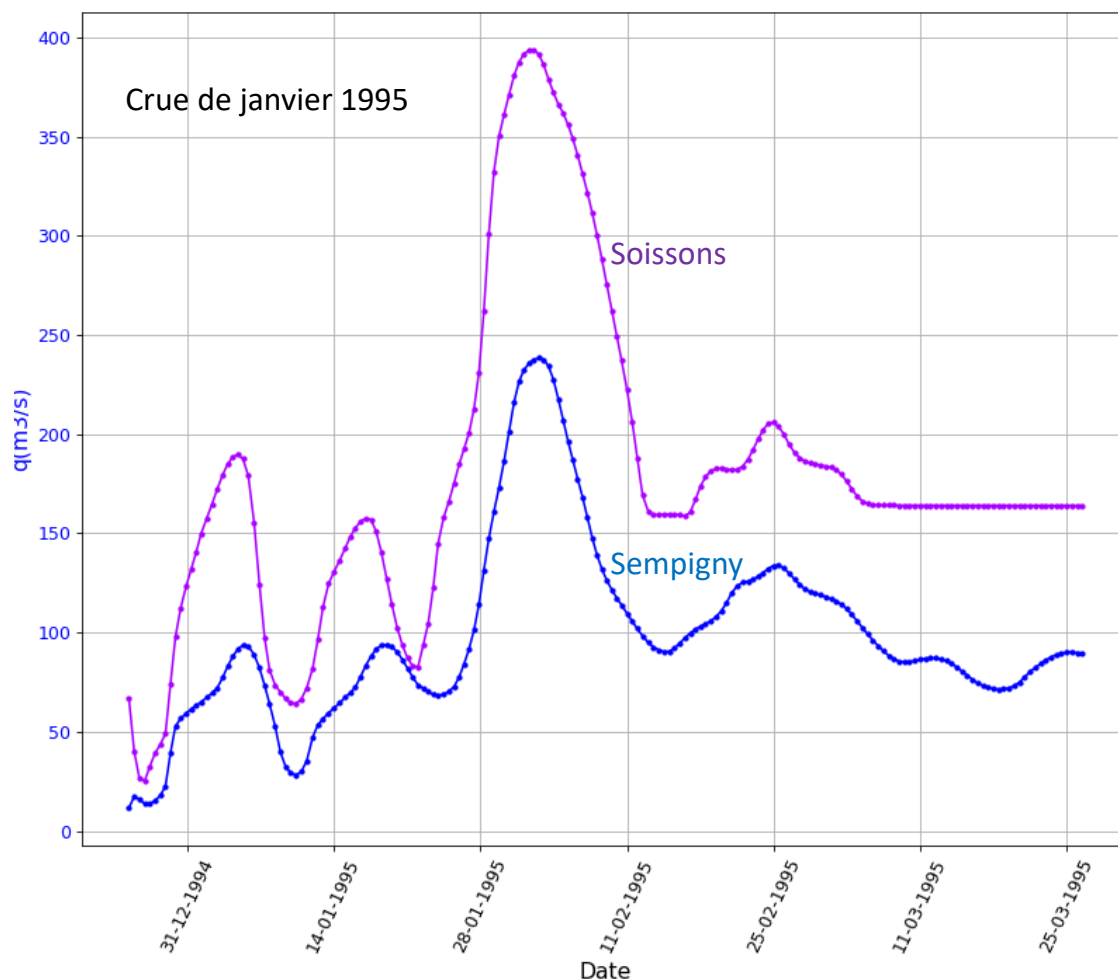


Figure 4-6 : Crue de janvier 1995 - hydrogrammes calculés à Sempigny et Soissons

Le débit de pointe calculé à Sempigny est comparable avec le débit mesuré (260 m<sup>3</sup>/s). Le débit de pointe calculé à Soissons est également comparable au débit mesuré (400 m<sup>3</sup>/s mesurés).

Le tableau suivant récapitule les cotes maximales calculées et observées aux points de contrôle de l'Oise et de l'Aisne en proximité de la zone d'étude pour cette crue.

Ouvrage	Cote maxi observée aval	Cote maxi calculée aval	Dz (cote calculée – cote mesurée)
Hérant	35.8	36.0	0.20
Carandea	34.8	34.8	0.00
Venette	33.6	33.5	- 0.10

Les écarts sont inférieurs à 20cm pour la majorité des stations : les calculs apparaissent cohérents avec les mesures disponibles pour cette crue.



## 4.4.2 Crue Centennale

La crue synthétique T100-25jours a été également simulée avec le modèle Mpoise/Qgis affiné, en utilisant l'hydrologie reconstituée dans les études antérieures.

Le graphique ci-dessous reproduit les hydrogrammes calculés par le modèle en entrée du sous modèle OAV :

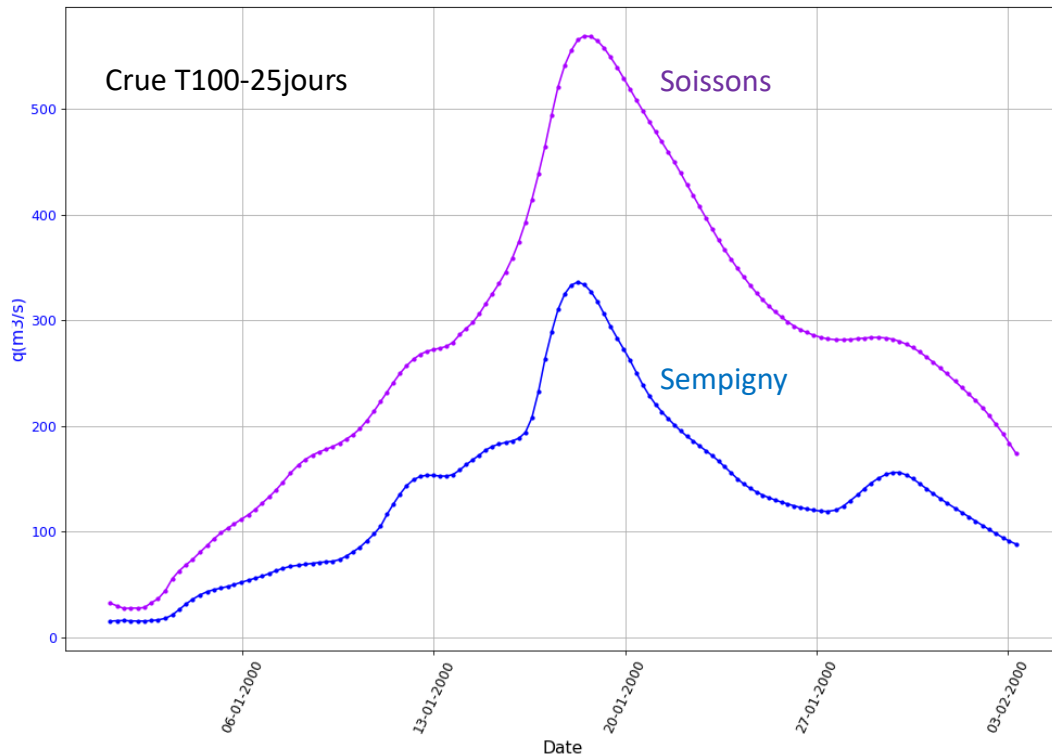


Figure 4-7 : Crue T100-25jours - hydrogrammes calculés à Sempigny et Soissons

Le graphe ci-dessous restitue la ligne d'eau maximale calculée dans le secteur de la confluence Oise-Aisne.

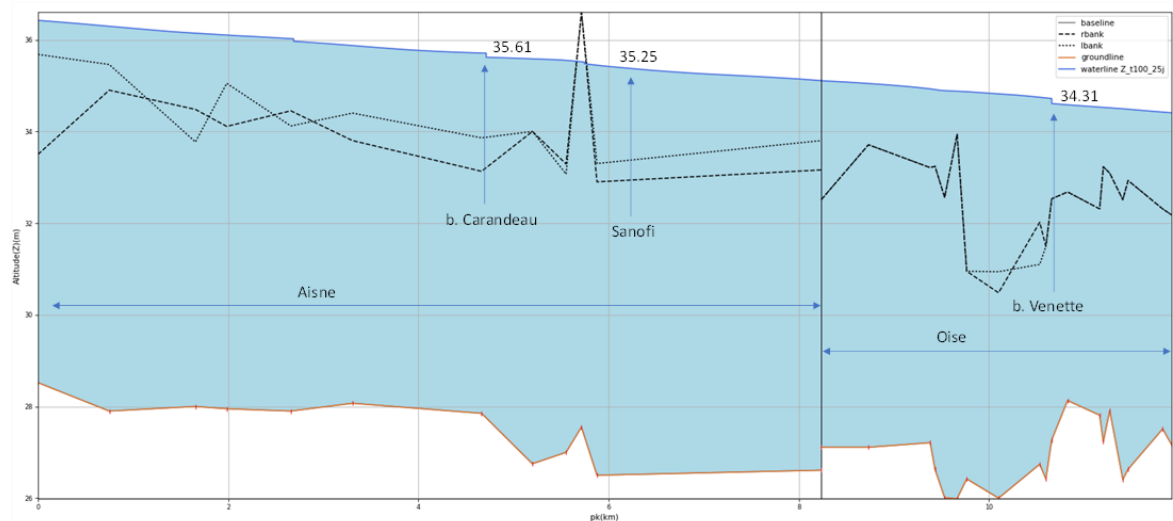


Figure 4-8 : profil de la ligne maximale calculée pour la crue T100-25jours

L'examen de ce profil montre qu'avec le modèle recalé :

Les cotes calculées sont proches de celles obtenues avec le modèle MPOISE développé sous le logiciel Hydrariv. En apportant une correction de 35 m<sup>3</sup>/s sur les débits de pointe d'apport à Sempigny et Soissons on obtient une cote égale à 35.30 m NGF sur l'Aisne au droit de Sanofi qui est la cote calculée avec le modèle Mpoise/Hydrariv.

Ce modèle a fait l'objet de nombreux calages sur les crues historiques de décembre 1993, janvier 1995 et plus récemment janvier 2021. **Les cotes calculées par ce modèle pour les crues majeures sont réputées précises partout à 20 cm ou moins.**

## 5. ETUDE DE LA SITUATION INITIALE

### 5.1 CARACTERISTIQUES DU SECTEUR DE LA CONFLUENCE

Dans le secteur de la confluence Oise-Aisne, les zones inondables à enjeux sont protégées par plusieurs systèmes d'endiguement dont la gestion a été confiée à l'Entente Oise-Aisne par l'ARC. Ces digues, présentées sur la carte ci-dessous, sont en cours de classement. Elles ont été construites à la suite de la crue de décembre 1993 et assurent une protection efficace contre une crue de période de retour 30 ans. Pour des crues plus importantes elles sont submergées et l'inondation touche la totalité du lit majeur de la vallée ; le système d'endiguement devient inopérant.

**La zone d'aménagement de l'Ecoquartier est localisée dans une zone inondable non protégée en rive droite de l'Oise.**



Figure 5-1 : Localisation des systèmes d'endiguement dans le secteur de la confluence Oise-Aisne

## 5.2 PROFIL EN LONG DES LIGNES D'EAU

Les graphes suivants montrent les profils en long de la ligne d'eau et les vitesses calculés au maximum de la crue pour la crue centennale, la crue cinquantiennale et la crue trentennale dans le lit mineur de l'Oise. Sur ces graphes le linéaire de l'Oise au droit duquel est implanté le projet est présenté en jaune. Les niveaux d'eau en amont et en aval du projet ainsi que la perte de charge au droit du pont Louis XV sont également présentés dans le tableau ci-dessous.

	Etat initial		
	Q30	Q50	Q100
Cote d'eau en lit mineur en amont du projet	34.34 m NGF	34.57 m NGF	35.01 m NGF
Cote d'eau en lit mineur en aval du projet	34.01 m NGF	34.26 m NGF	34.65 m NGF
Perte de charge au droit du pont Louis XV	0.10 m	0.11 m	0.11 m

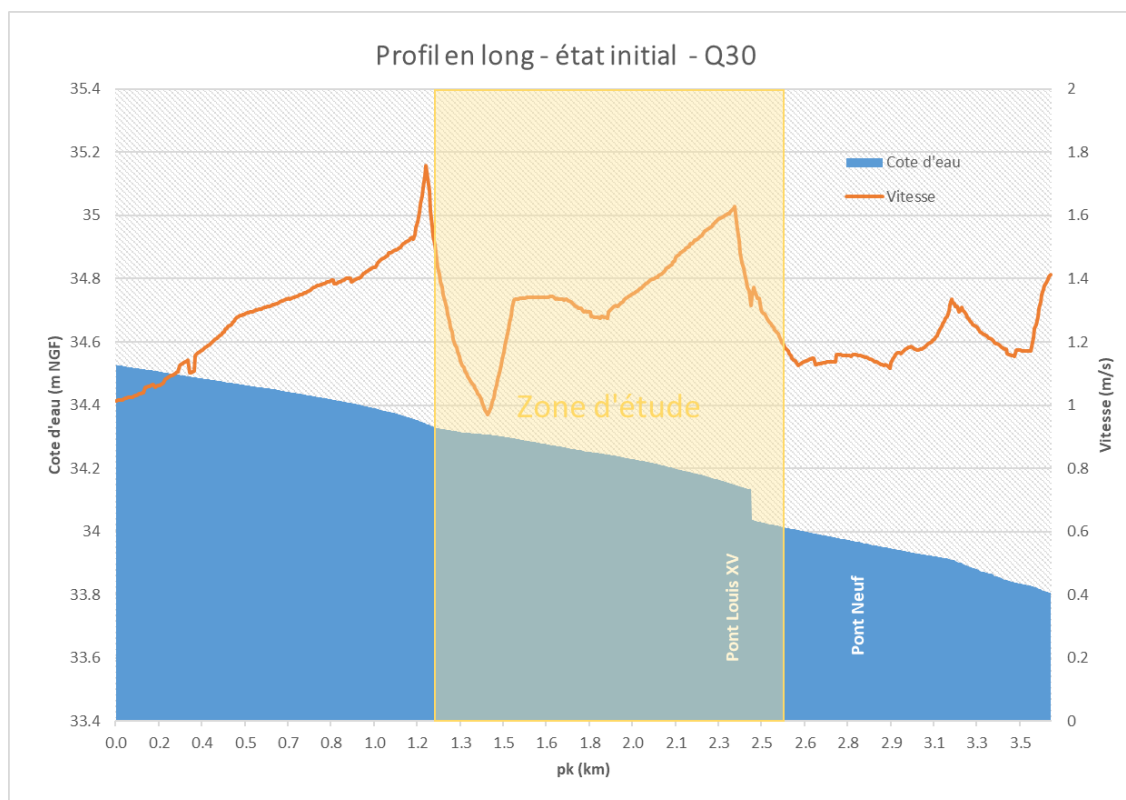


Figure 5-2 : Profil en long de la ligne d'eau et des vitesses au maximum de la crue Q30 dans le lit mineur de l'Oise à l'état initial

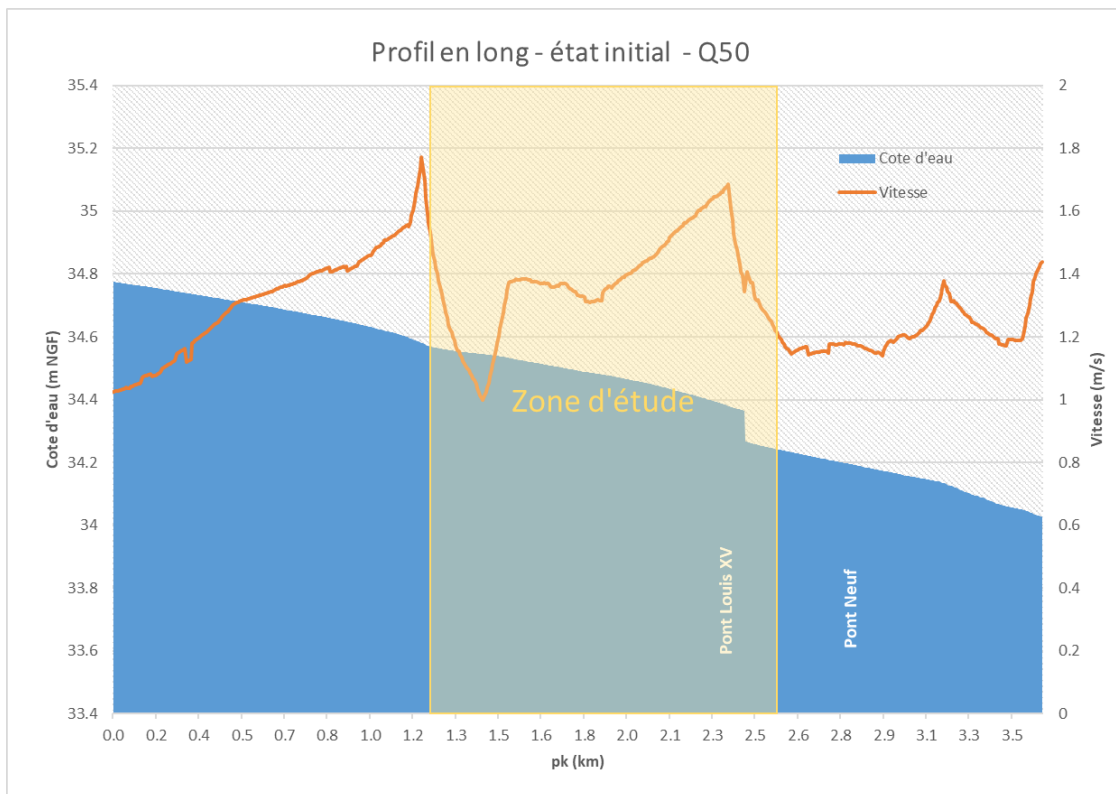


Figure 5-3 : Profil en long de la ligne d'eau et des vitesses au maximum de la crue Q50 dans le lit mineur de l'Oise à l'état initial

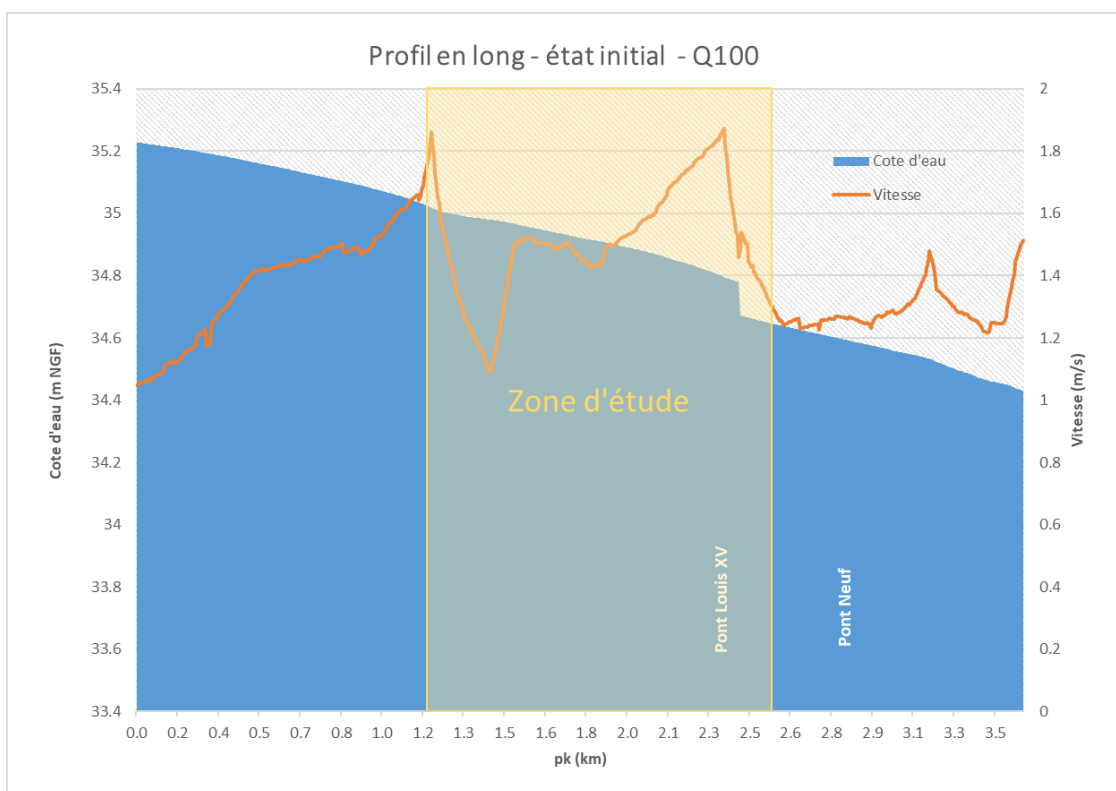


Figure 5-4 : Profil en long de la ligne d'eau et des vitesses au maximum de la crue Q100 dans le lit mineur de l'Oise à l'état initial



## 5.3 HAUTEURS D'INONDATION

Les cartes suivantes présentent la cartographie des zones inondables et des vitesses d'écoulement au droit de la zone d'étude en situation actuelle pour les crues trentennale, cinquantiennale et centennale.

Lors d'une crue de période de retour 30 ans, la zone d'étude serait partiellement inondée avec des hauteurs d'eau inférieures à 1 m. Les vitesses d'écoulement sont faibles (inférieures à 0.5 m/s) sur tout le secteur d'étude.

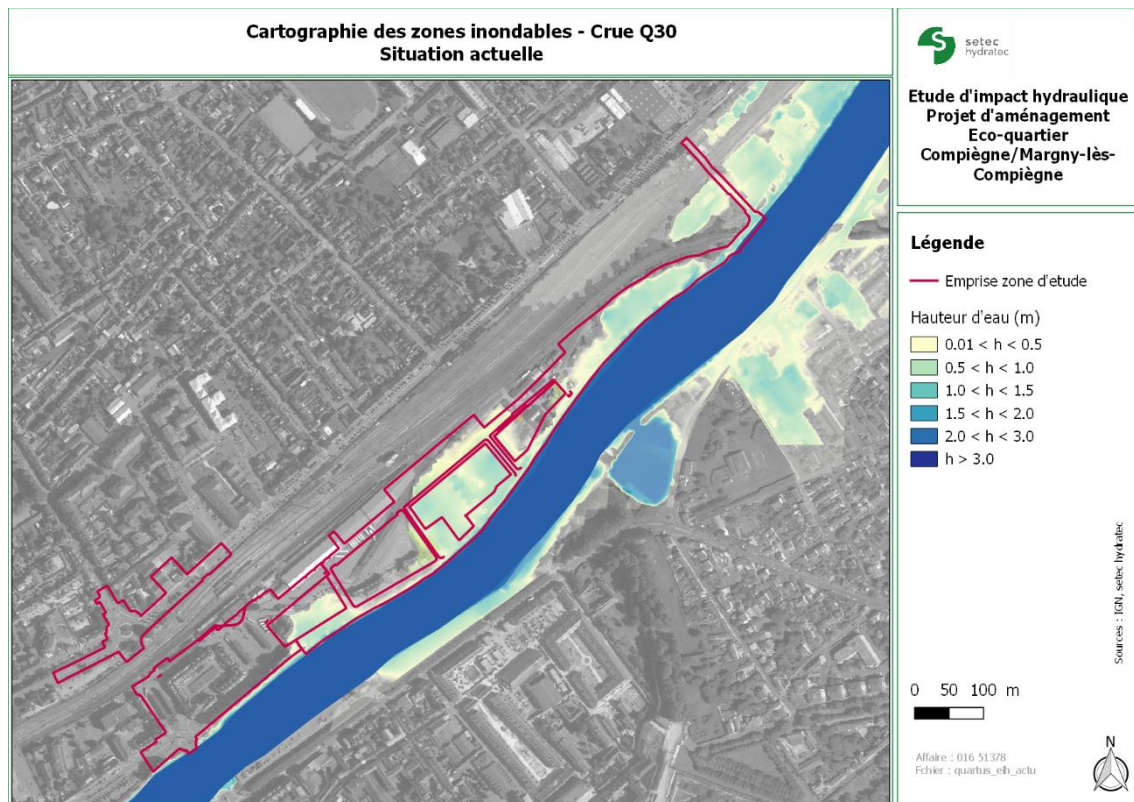


Figure 5-5 : Zone inondable par la crue Q30 au droit de la zone d'étude à l'état initial



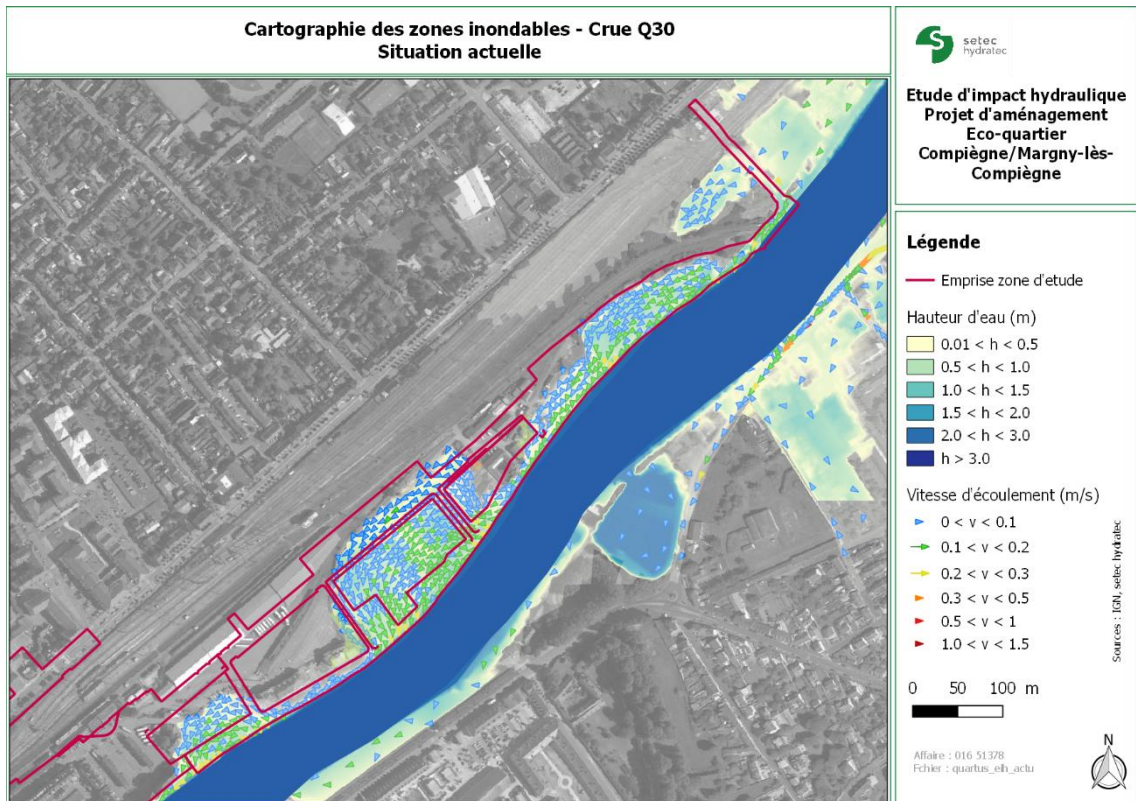


Figure 5-6 : Zone inondable et vitesses d'écoulement pour la crue Q30 au droit de la zone d'étude à l'état initial

Lors d'une crue de période de retour 50 ans, la zone d'étude serait partiellement inondée avec des hauteurs d'eau qui peuvent être localement supérieures à 1 m. Les vitesses d'écoulement sont faibles (inférieures à 0.5 m/s) sur tout le secteur d'étude.

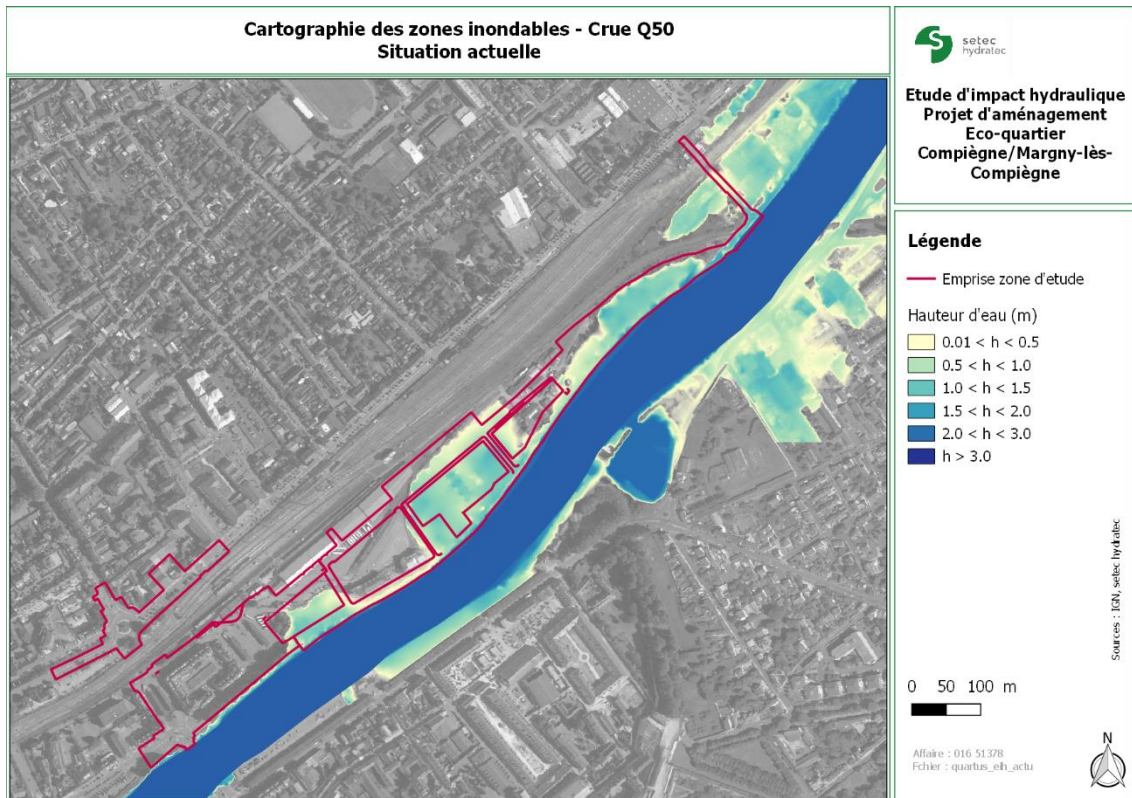


Figure 5-7 : Zone inondable par la crue Q50 au droit de la zone d'étude à l'état initial

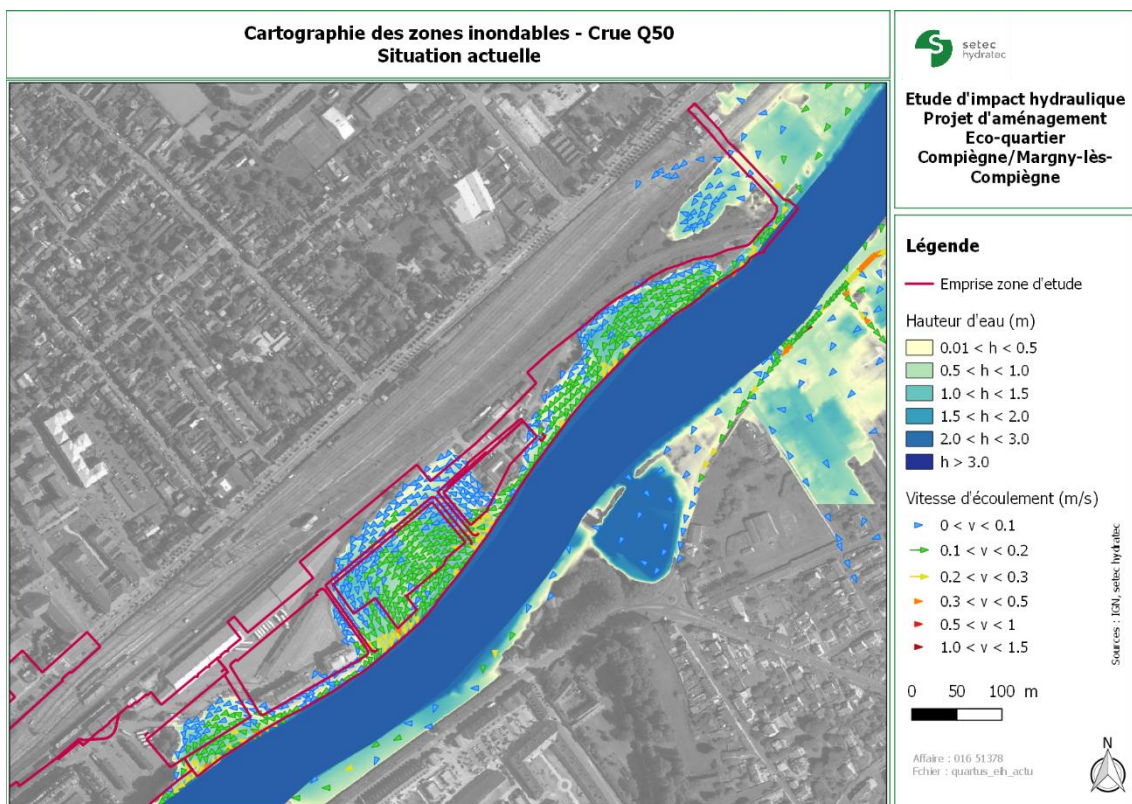


Figure 5-8 : Zone inondable et vitesses d'écoulement pour la crue Q50 au droit de la zone d'étude à l'état initial



Lors d'une crue de période de retour 100 ans, l'emprise de la zone inondable serait comparable à celle d'une crue cinquantennale mais les hauteurs d'eau seraient plus élevées (localement supérieures à 1.5 m) et les vitesses également un plus importantes notamment au niveau des berges de l'Oise. Les vitesses restent toutefois faibles, toujours inférieures à 0.5 m/s.

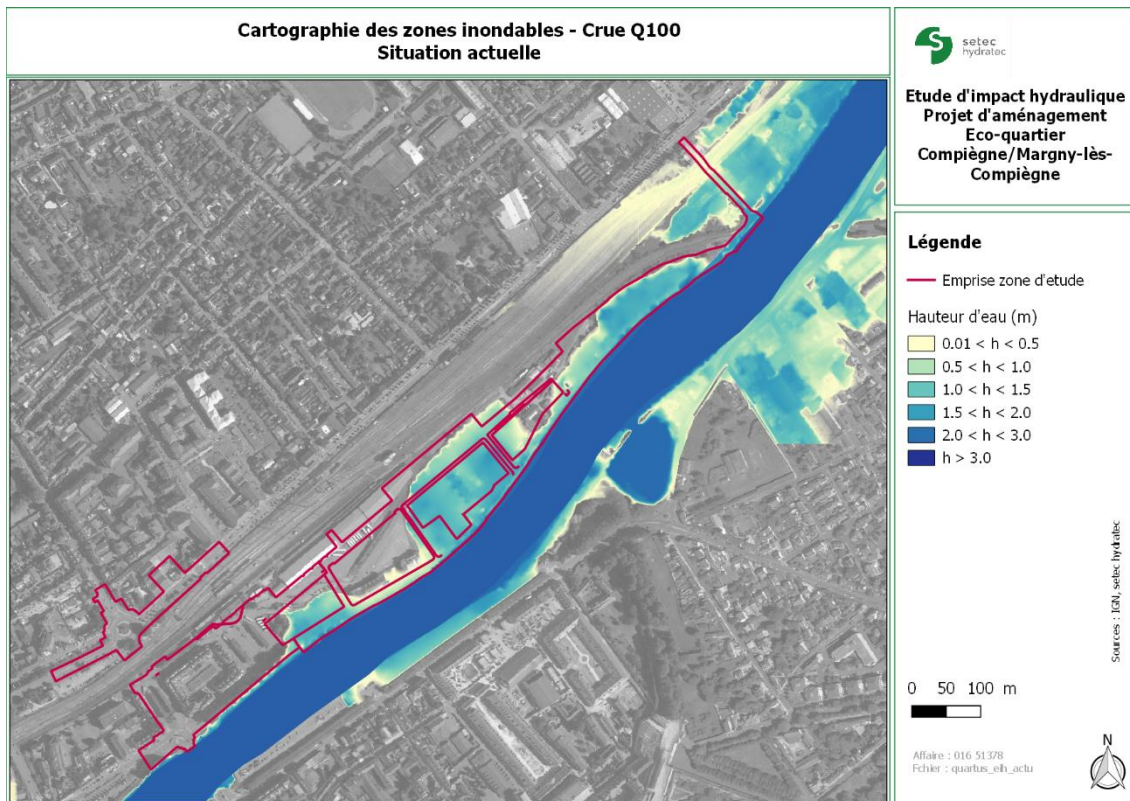


Figure 5-9 : Zone inondable par la crue Q100 au droit de la zone d'étude à l'état initial

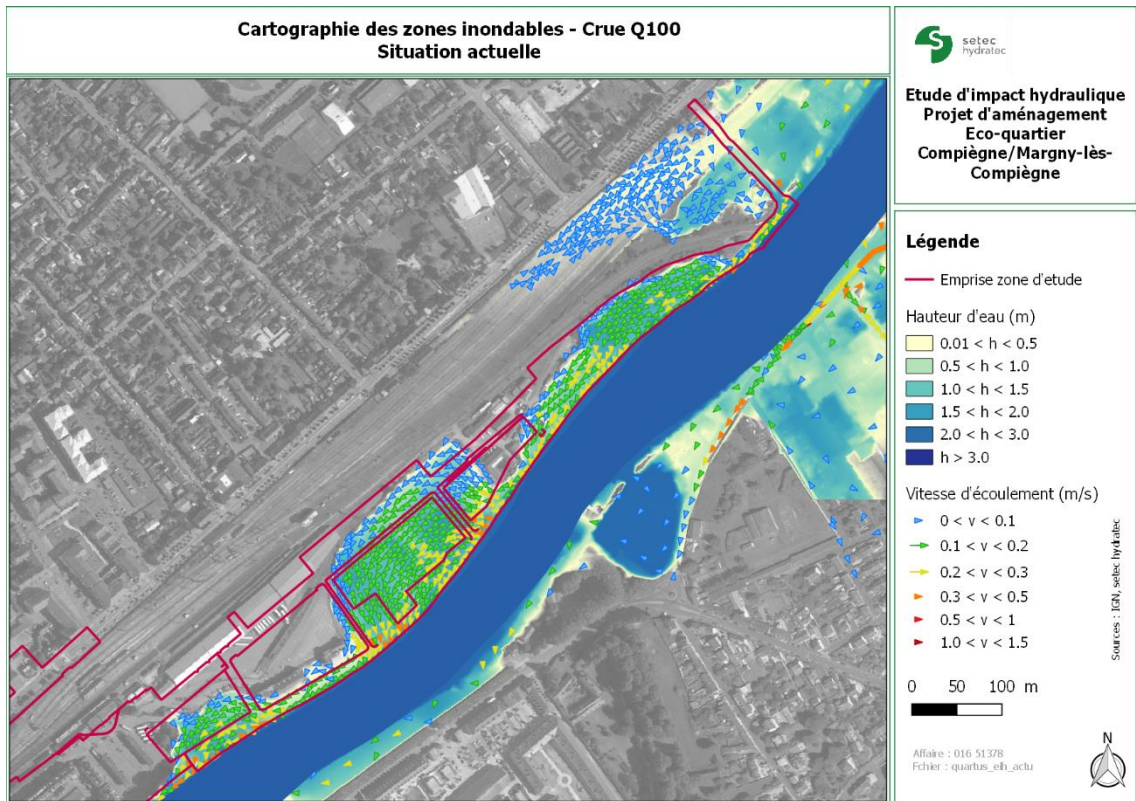


Figure 5-10 : Zone inondable et vitesses d'écoulement pour la crue Q100 au droit de la zone d'étude à l'état initial

## 6. ETUDE DE L'ETAT PROJET

### 6.1 LE PROJET D'ECOQUARTIER

La carte ci-après représente la plan masse du projet tel que défini à ce jour.

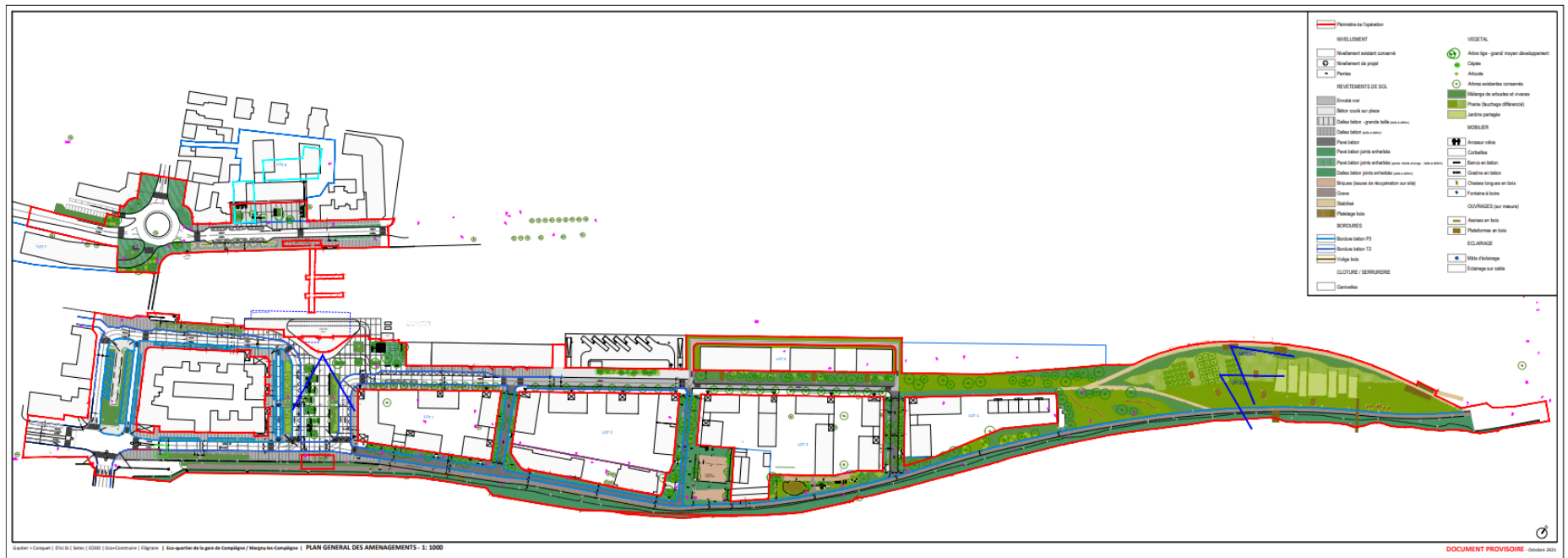


Figure 6-1 : plan masse du projet d'Ecoquartier



L'aménagement est phasé en six lots, avec un échéancier de réalisation s'étalant sur une douzaine d'années, entre 2023-2024 et 2032-2035. Comme on l'a vu plus haut une partie de ce territoire est implanté en zone inondable.

## 6.2 DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT PREVUES POUR RESPECTER LES COMPENSATIONS VOLUMIQUES

L'établissement du plan guide s'est appuyé sur la carte de la figure 6.1 pour faire une première estimation des zones à remblayer et des ilots pouvant être excavés pour la compensation.

La carte de la figure 6.2 montre le plan masse du projet, avec l'implantation des zones de remblais-déblais et l'emprise de l'aléa du projet de révision du PPRI de 2022.

La carte de la figure 6.3 est un extrait allégé de la figure 6.2, dans lequel sont clarifiés les mouvements de terre qu'il est prévu de réaliser dans le périmètre du projet. On précise sur cette carte :

- L'emprise de la zone inondable issue de la Figure 2-1 du projet de révision du PPRI de 2022,
- La voirie structurant les déplacements dans l'emprise de l'Écoquartier avec :
  - une voie basse inondable en bordure de l'Oise,
  - une voie haute hors crue au nord,
  - des rampes d'accès connectant les deux voies.
- Les zones de remblais,
- Les zones de déblais,
- Les surfaces occupées par les parkings.

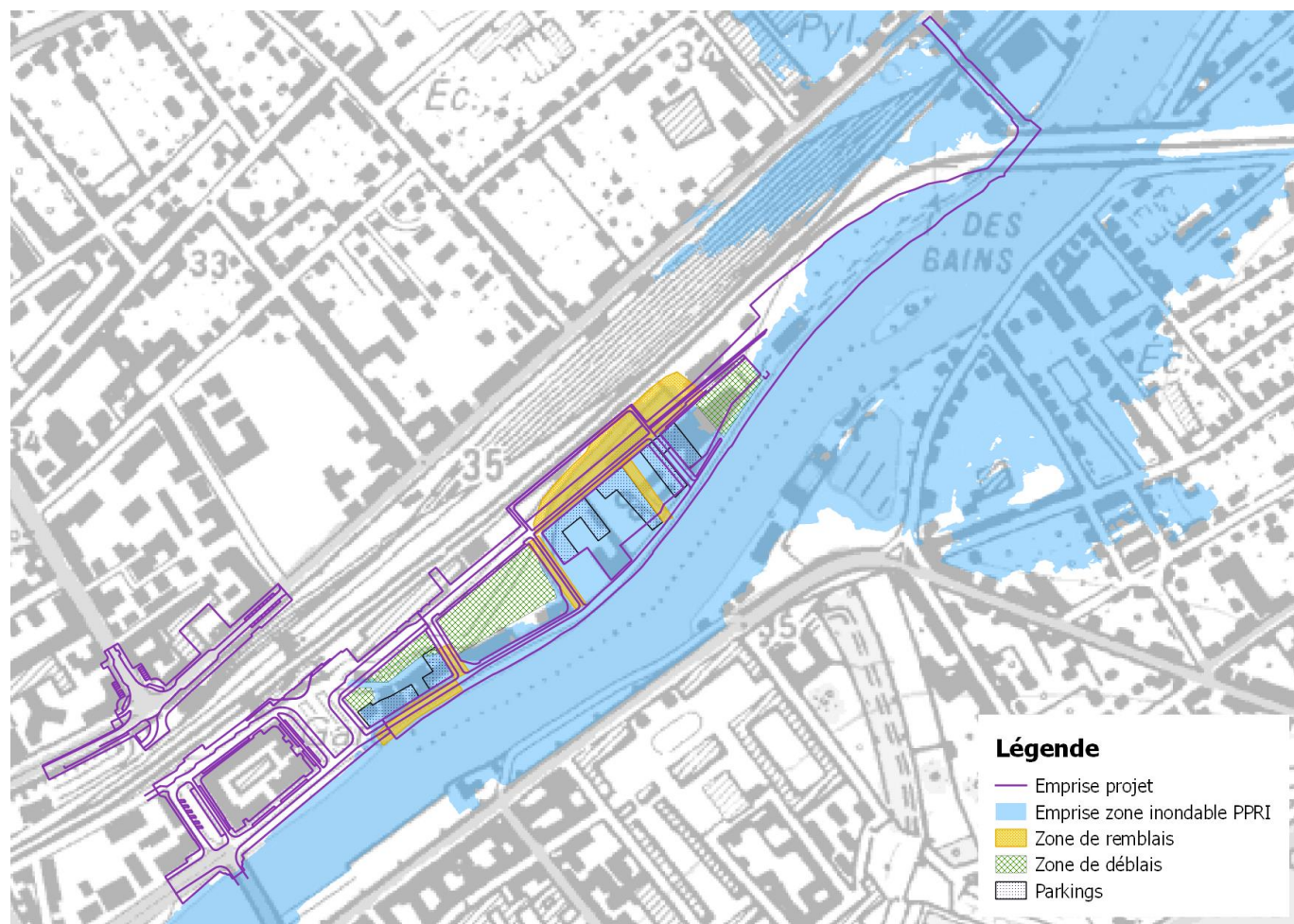


Figure 6-2 : plan masse du projet, incluant les zones de remblais-déblais et l'emprise de la crue PPRI (Révision 2022).

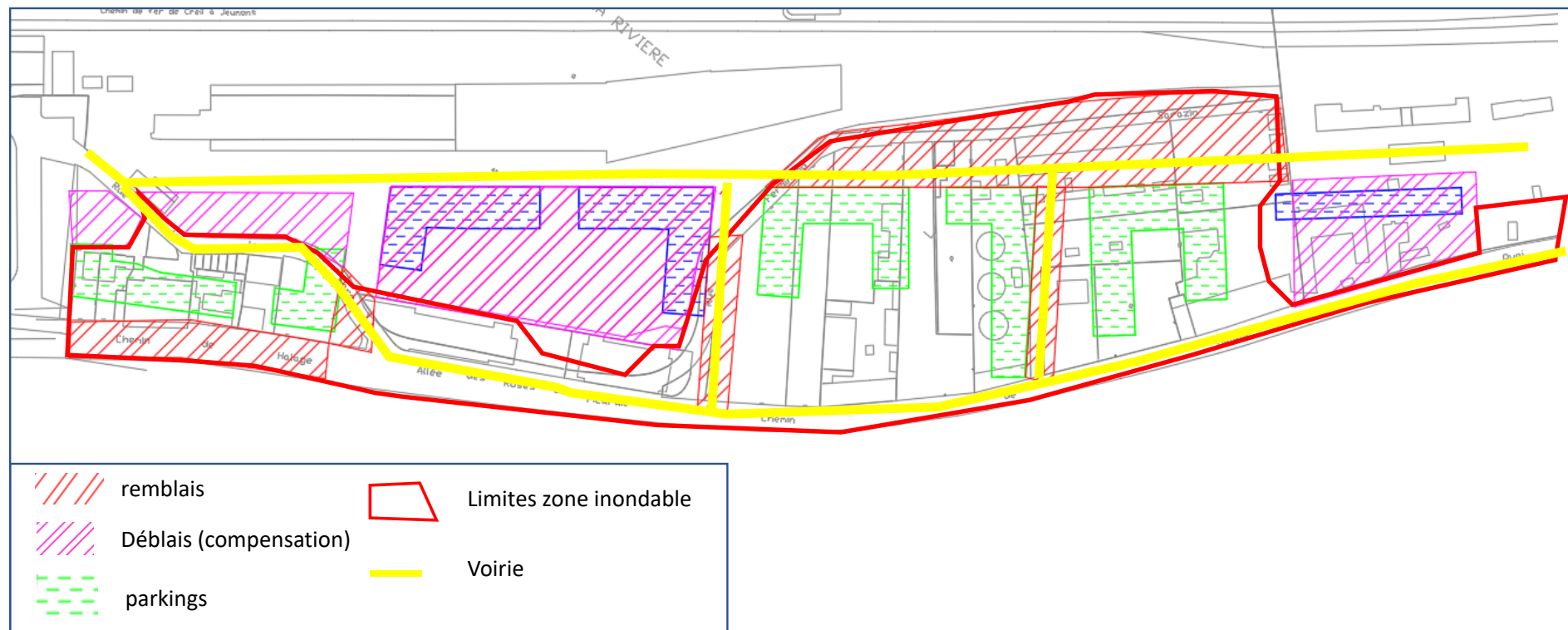


Figure 6-3 : Délimitation des zones de remblais et de compensation prévus dans l'aménagement du plan masse

## 6.3 DISPOSITIONS PREVUES POUR RESPECTER LES CONTRAINTES DE TRANSPARENCE HYDRAULIQUE

Les coupes de la Figure 6-4 illustrent les options envisagées dans les études d'établissement du plan guide pour assurer la transparence hydraulique des bâtiments implantés en zone inondable.

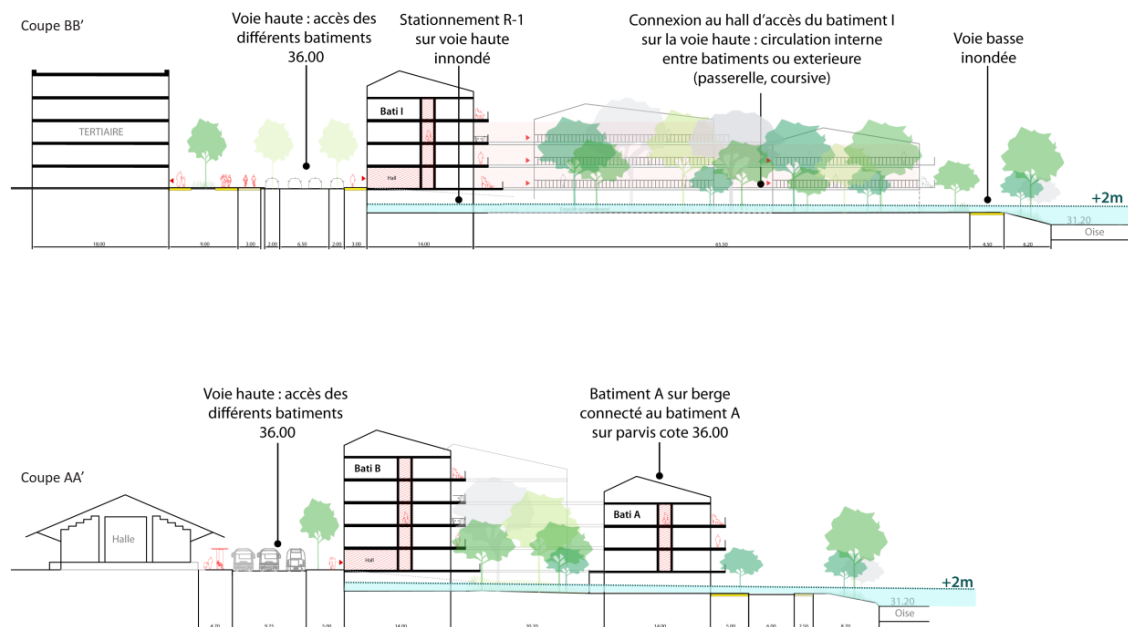


Figure 6-4 : Fonctionnement du quartier en période de crue

Le principe retenu est de libérer le plus possible les terrains non remblayés localisés en zone inondable et d'aménager le plancher d'habitation des bâtiments à la cote 36.0 m NGF, soit environ un mètre au-dessus des PHEC. Les structures porteuses des bâtiments seront conçues pour offrir un obstacle minimum aux écoulements de crue.

Les parkings implantés au niveau TN seront inondables. La présence des véhicules stationnés présente un volume équivalent de remblais à considérer dans le calcul de compensation. La réglementation considère que ce volume est égal à 20% du volume de la crue occupant la surface des parkings.

## 6.4 ANALYSE DE L'ADEQUATION DU PLAN GUIDE DE AVEC LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

Le principe retenu est d'aménager un libre écoulement des eaux sous les planchers des bâtiments localisés dans les zones inondées par la crue centennale, de façon à perturber le moins possible les écoulements dans la situation actuelle d'aménagement et, si possible, améliorer cette transparence avec le nouveau plan guide.

Le parti d'aménagement à optimiser porte essentiellement sur :

- l'orientation des murs de soutènement des planchers pour être le plus possible parallèle aux directions moyennes des écoulements de crue et perturber le moins possible les écoulements dans la situation de référence.
- l'optimisation du modelé de terrain,
- les transitions entre le terrain naturel d'une part, les surfaces remblayées et décaissées d'autre part.

Ce travail d'optimisation est nécessairement itératif et réalisé en étroite concertation avec l'équipe de projet.

**On peut affirmer dès à présent que les dispositions retenues dans le plan masse respectent les préconisations officielles en matière d'aménagement, le plan guide apparait conforme à ces préconisations.**

## 6.5 ADAPTATION DU MODELE HYDRAULIQUE A L'ETAT PROJET

Pour analyser les mécanismes et les grandeurs d'inondation à l'état projet, le modèle de simulation des écoulements a été modifié. A partir du MNT de l'état initial, les zones de remblai et déblai et les variations des cotes au niveau des voiries ont été intégrées pour créer le MNT de l'état projet.

La donnée topographique obtenue est intégrée au modèle de simulation hydraulique et notamment au niveau des cotes des mailles 2D au droit du projet.

Le MNT généré pour la situation projetée est présenté ci-après.

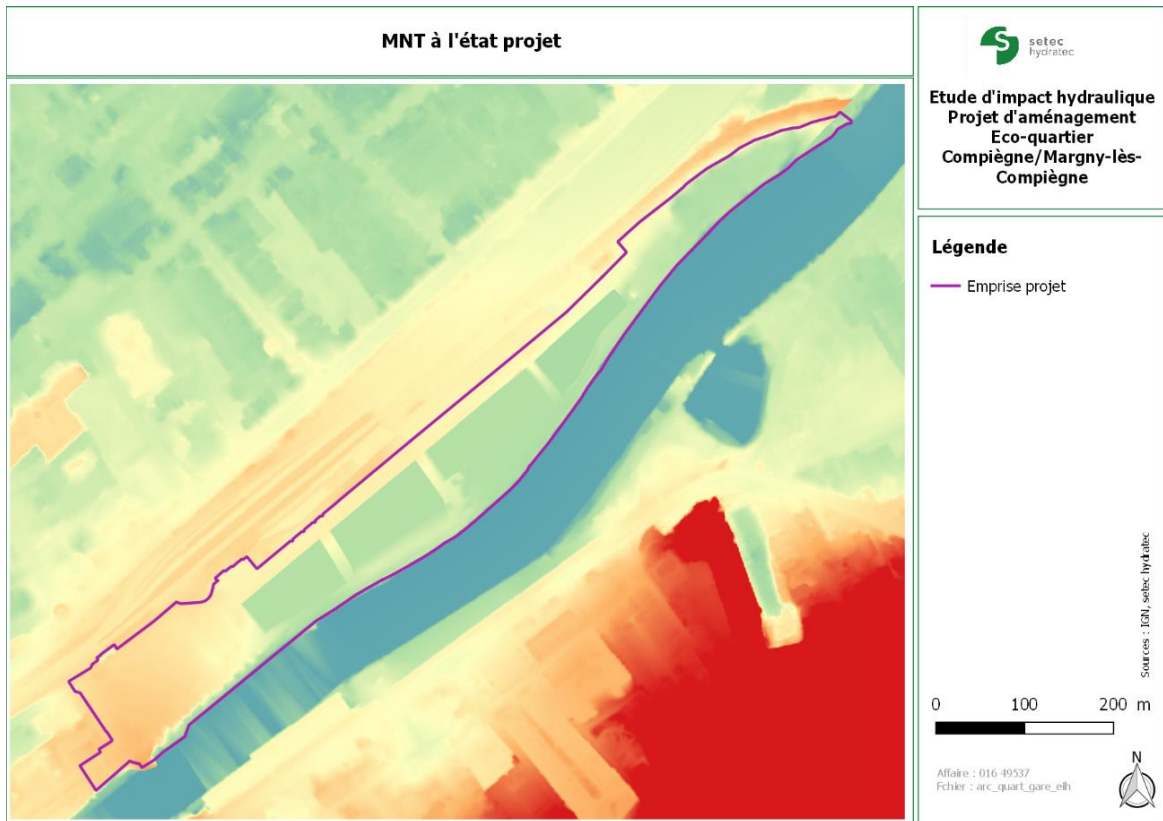


Figure 6-5 : MNT à l'état projet

## 6.6 PROFIL EN LONG DES LIGNES D'EAU A L'ETAT PROJET

Les graphes suivants montrent les profils en long de la ligne d'eau et les vitesses calculés au maximum de la crue pour la crue centennale et la crue cinquantiennale dans le lit mineur de l'Oise à l'état projet. Sur ces graphes le linéaire de l'Oise au droit duquel est implanté le projet est présenté en jaune. Les niveaux d'eau en amont et en aval du projet ainsi que la perte de charge au droit du pont Louis XV à l'état projet sont également présentés dans le tableau ci-dessous.

	Etat projet		
	Q30	Q50	Q100
Cote d'eau en lit mineur en amont du projet	34.34 m NGF	34.57 m NGF	35.01 m NGF
Cote d'eau en lit mineur en aval du projet	34.01 m NGF	34.24 m NGF	34.65 m NGF
Perte de charge au droit du pont Louis XV	0.09 m	0.10 m	0.11 m



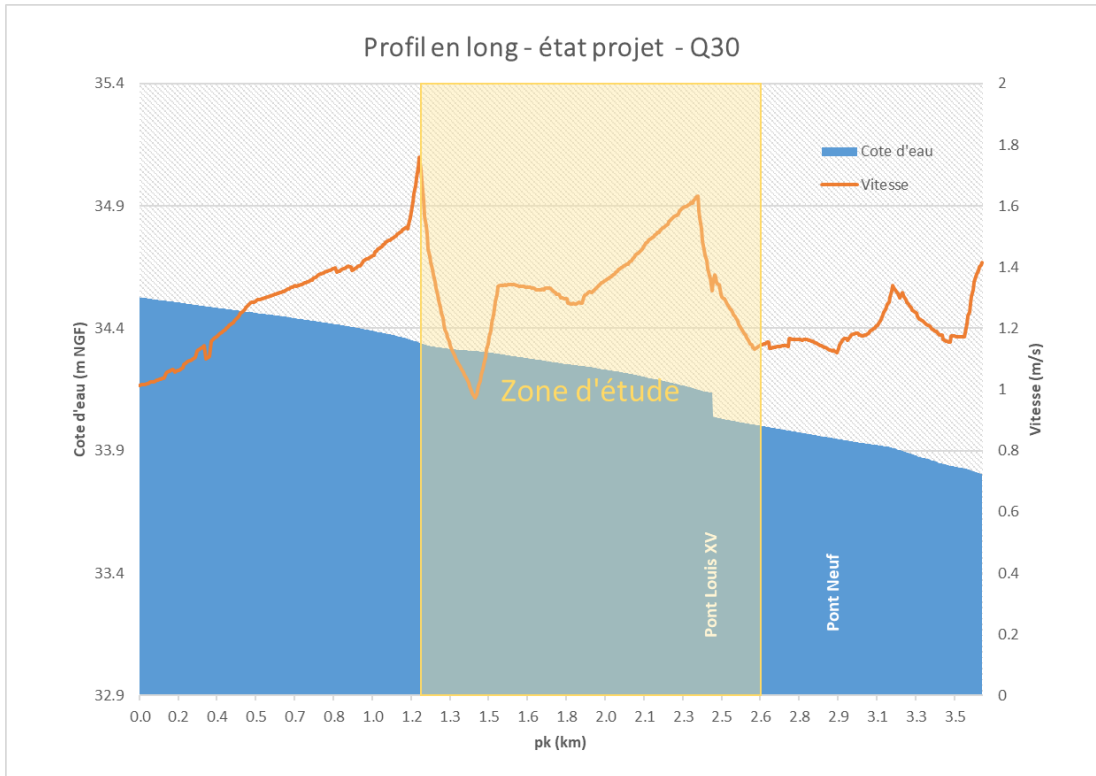


Figure 6-6 : Profil en long de la ligne d'eau et des vitesses au maximum de la crue Q30 dans le lit mineur de l'Oise à l'état projet

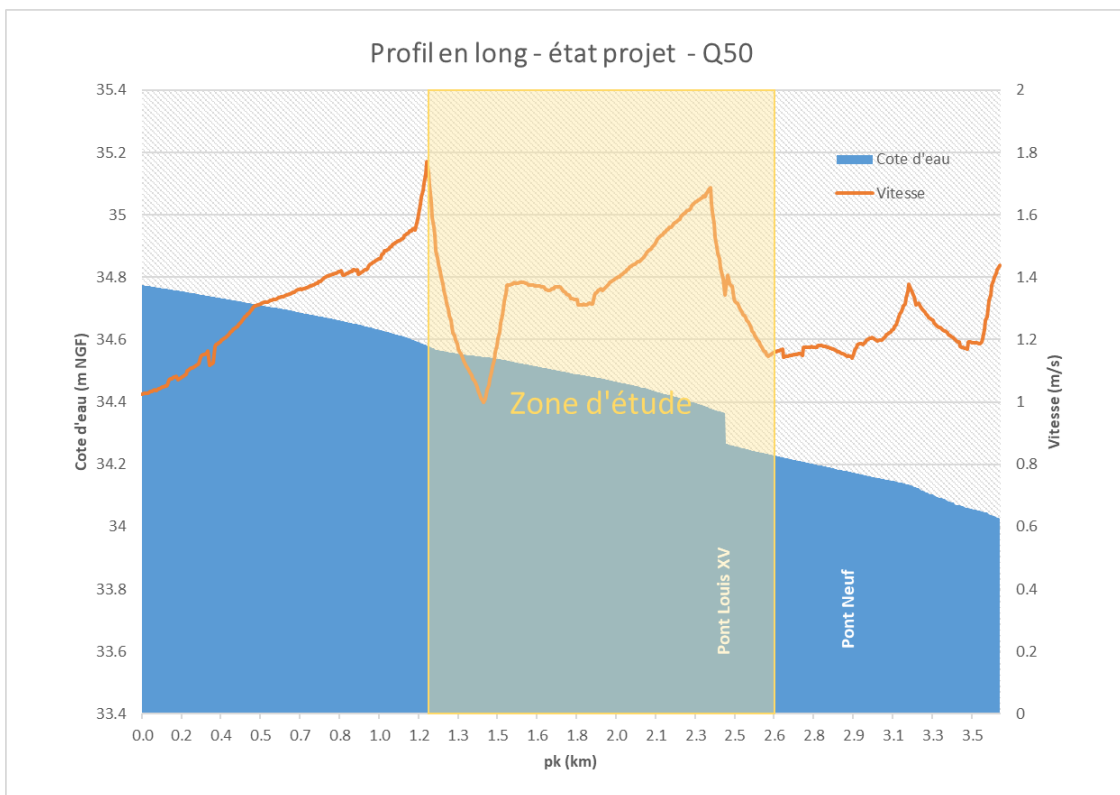


Figure 6-7 : Profil en long de la ligne d'eau et des vitesses au maximum de la crue Q50 dans le lit mineur de l'Oise à l'état projet

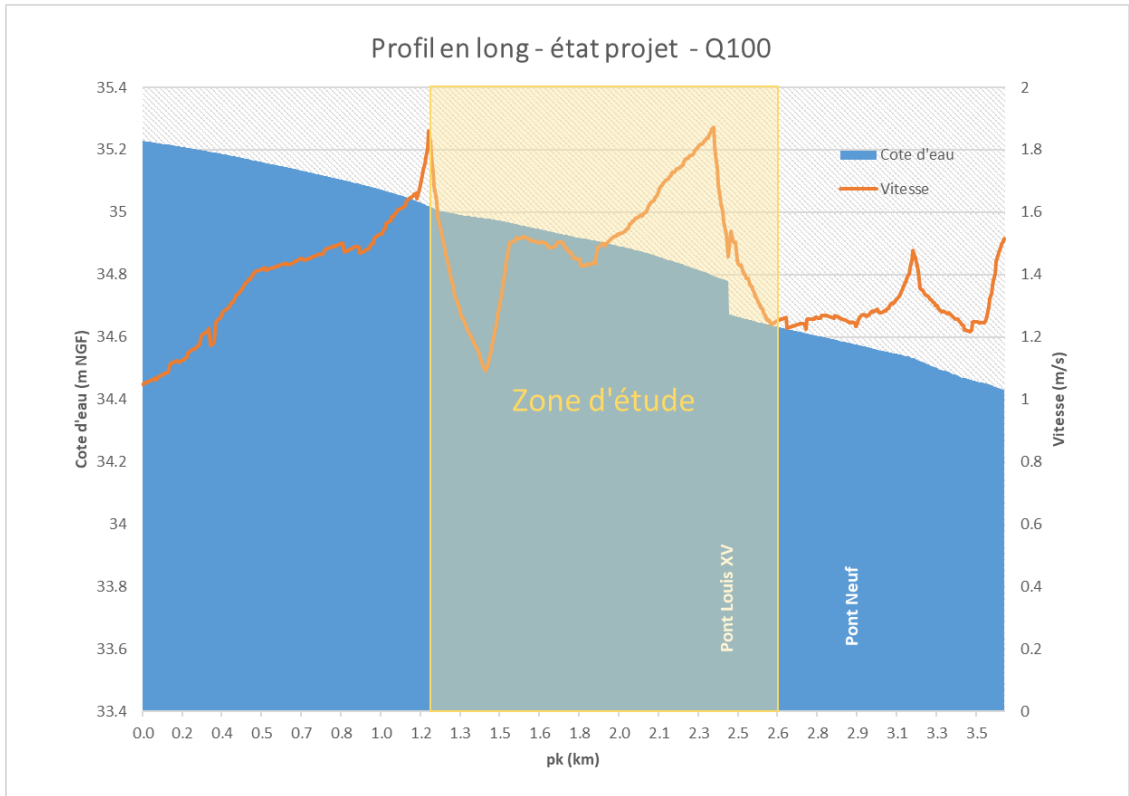


Figure 6-8 : Profil en long de la ligne d'eau et des vitesses au maximum de la crue Q50 dans le lit mineur de l'Oise à l'état projet

## 6.7 HAUTEURS D'INONDATION

Les cartes suivantes présentent la cartographie des zones inondables et des vitesses d'écoulement au droit de la zone d'étude à l'état projet pour les crues trentennale, cinquantiennale et centennale.

Pour la crue trentennale, l'emprise de la zone inondable est plus étendue par rapport à la situation actuelle et des hauteurs d'eau plus importantes sont à remarquer notamment au niveau des ilots 1, 2 et 4 caractérisés par un TN plus bas à l'état projet. Lors d'une crue de période de retour 30 ans, les ilots 1, 2 et 3 seraient inondés par des hauteurs d'eau inférieures à 1.0 m, l'îlot 4 par des hauteurs d'eau comprises entre 1.0 m et 1.5 m. Les vitesses d'écoulement sont faibles (inférieures à 0.5 m/s) sur tout le secteur d'étude.

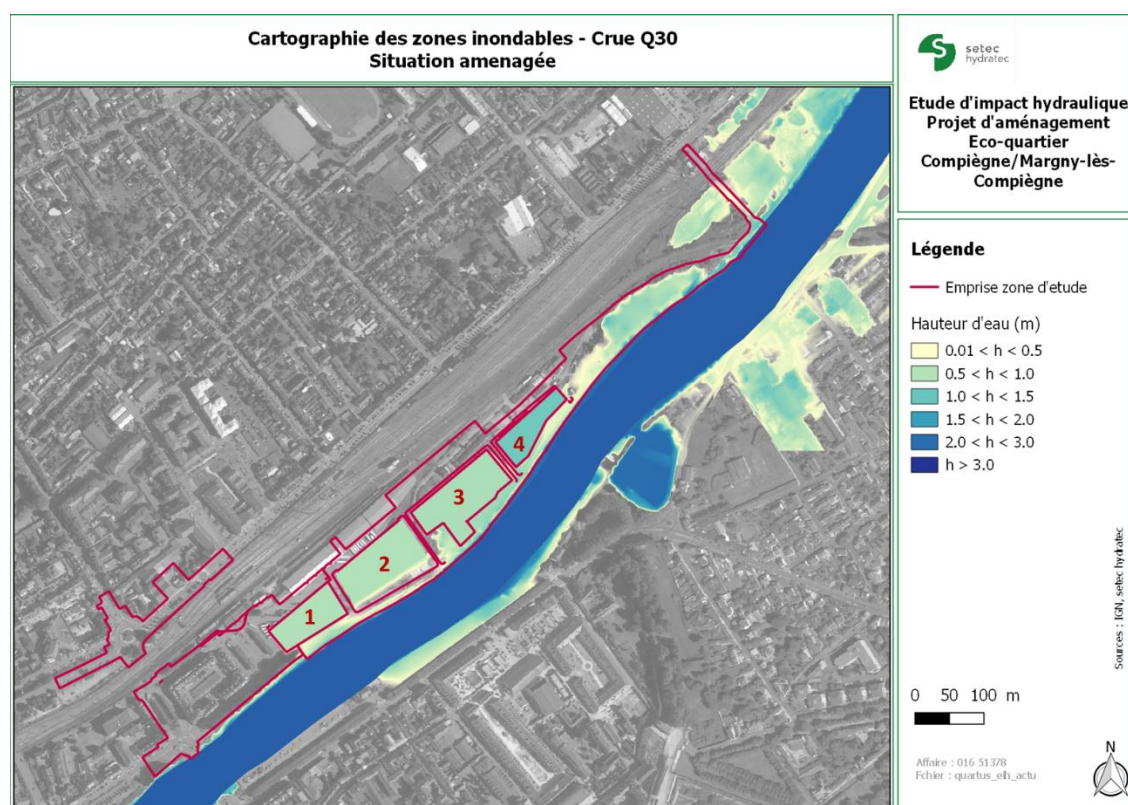
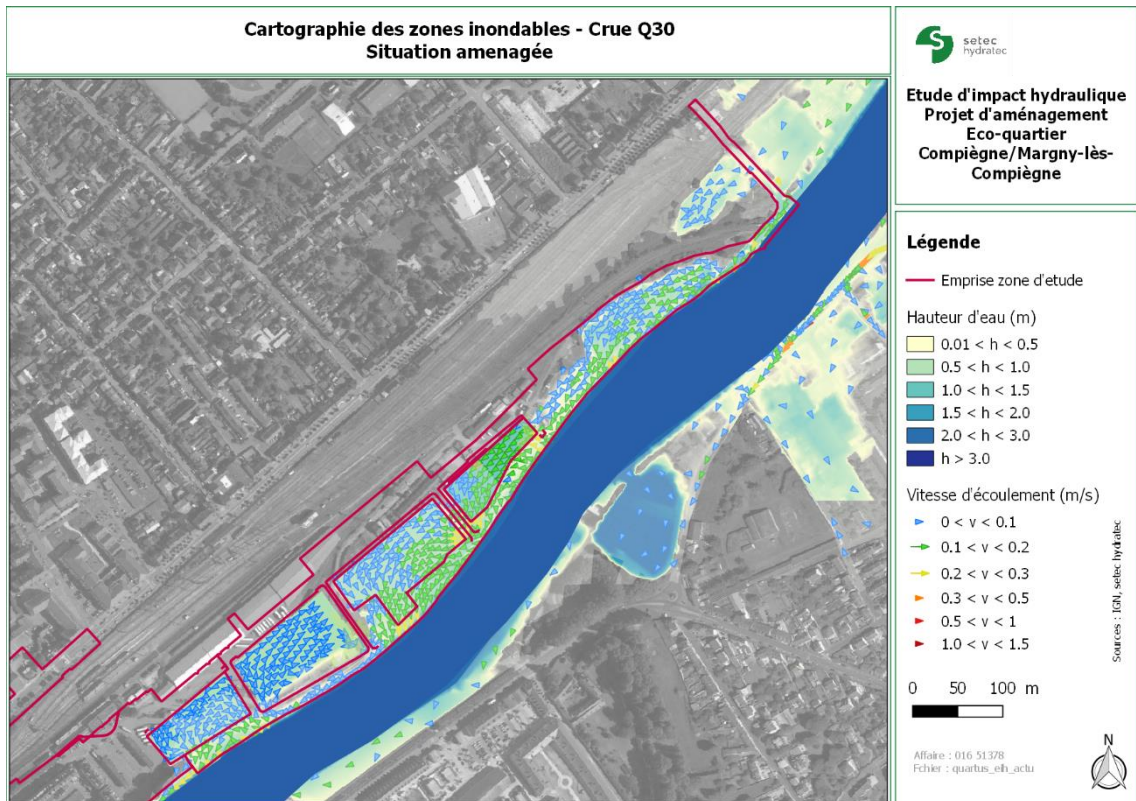


Figure 6-9 : Zone inondable par la crue Q30 au droit de la zone d'étude à l'état projet



*Figure 6-10 : Zone inondable et vitesses d'écoulement pour la crue Q30 au droit de la zone d'étude à l'état projet*

Pour la crue cinquantennale en situation projet, l'emprise de la zone inondable est comparable à celle d'une crue trentennale mais les hauteurs d'eau seraient plus élevées. Les îlots 1, 2 et 3 seraient inondés par des hauteurs d'eau comprises entre 1 m et 1.5 m, l'îlot 4 par des hauteurs d'eau plus importantes comprises entre 1.5 m et 2.0 m. Les vitesses d'écoulement sont légèrement supérieures et notamment au droit des berges de l'Oise mais restent inférieures à 0.5 m/s.



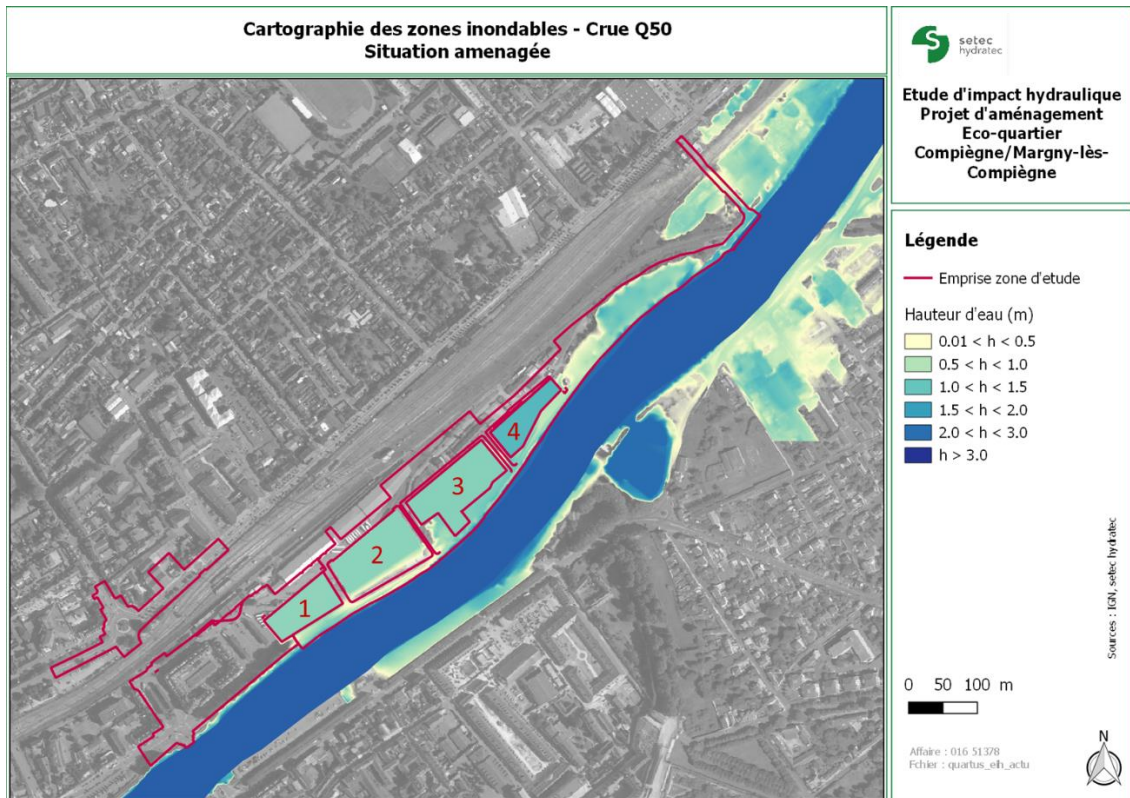


Figure 6-11 : Zone inondable par la crue Q50 au droit de la zone d'étude à l'état projet

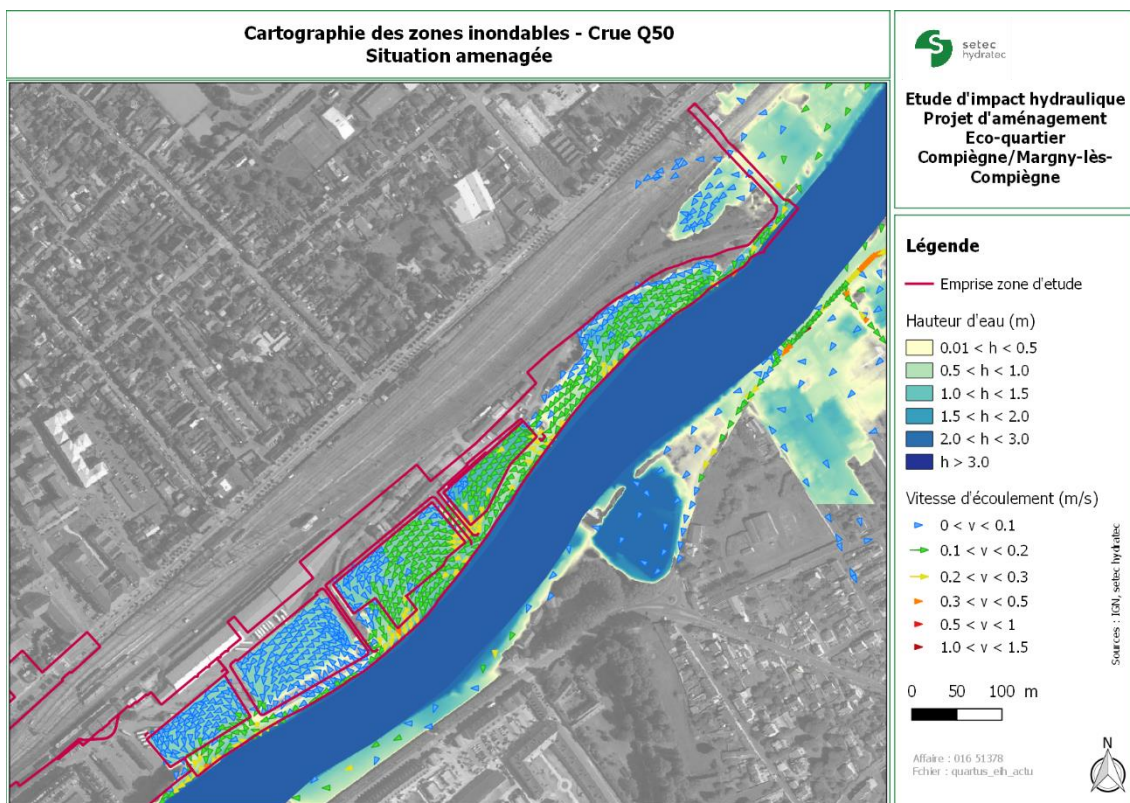


Figure 6-12 : Zone inondable et vitesses d'écoulement pour la crue Q50 au droit de la zone d'étude à l'état projet

Pour la crue centennale en situation projet, l'emprise de la zone inondable est comparable à celle d'une crue cinquantennale mais les hauteurs d'eau seraient plus élevées. Les îlots 1, 2 et 3 seraient caractérisés par des hauteurs d'eau comprises entre 1.5 m et 2.0 m, l'îlot 4 par des hauteurs d'eau plus importantes, supérieures à 2.0 m. Les vitesses d'écoulement sont légèrement supérieures et notamment au droit des berges de l'Oise mais restent inférieures à 0.5 m/s.

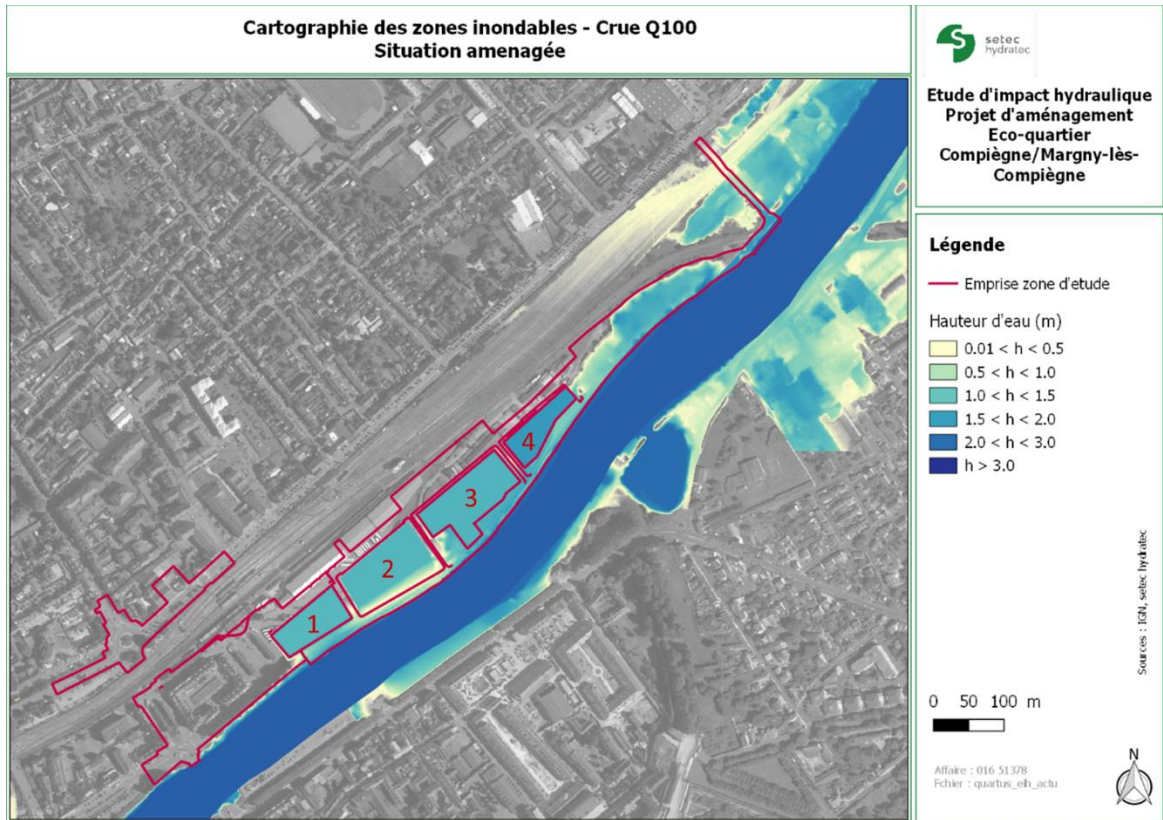


Figure 6-13 : Zone inondable par la crue Q100 au droit de la zone d'étude à l'état projet



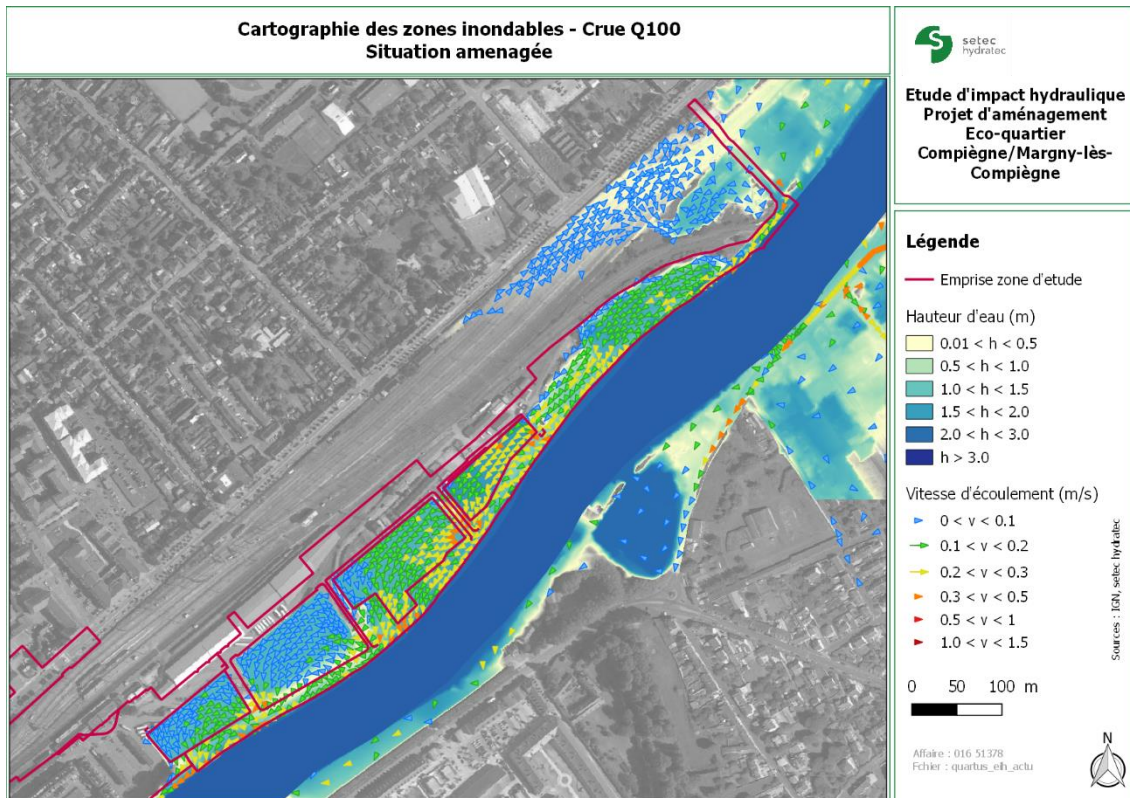


Figure 6-14 : Zone inondable et vitesses d'écoulement pour la crue Q100 au droit de la zone d'étude à l'état projet

## 6.8 EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET PAR COMPARAISON DES SITUATIONS INITIALE ET FUTURE

L'objectif de ce paragraphe est de quantifier l'impact du projet d'aménagement de l'Eco-quartier sur les niveaux d'inondation en lit majeur pour les crues de temps de retour 30, 50 et 100 ans.

Ces impacts sont calculés en comparant les résultats de la modélisation de l'état initial avec les résultats de l'état projet.

Pour les trois crues analysées (30 ans, 50 ans et 100 ans), trois zones sont mises en évidence :

- Zones de type A qui étaient inondées à l'état actuel et qui se trouvent hors d'eau à l'état projet. Ces zones correspondent à des secteurs qui ont été remblayés et qui présentent donc une cote supérieure par rapport à la cote d'eau initiale.
- Zones de type B qui étaient hors d'eau à l'état initial et qui sont inondées à l'état projet. Ces zones correspondent à des secteurs qui ont été déblayés et notamment les zones au niveau des ilots 1, 2 et 4. Le TN présente une cote plus basse à l'état projet, ce qui transforme ces secteurs en zone d'expansion de la crue.
- Des zones qui étaient déjà inondées à l'état initial et qui le sont également à l'état projet mais avec des niveaux d'eau inférieurs. Ces zones se trouvent entre les ilots 2 et 3 et au nord de l'ilot. L'impact sur les cotes d'eau est donc négatif sur ce secteur et compris entre 5 et 10 cm.

Les différents aménagements envisagés induisent des modifications sur les écoulements très locales et non significatives. En termes de vitesses, le projet ne crée pas d'impacts significatifs.

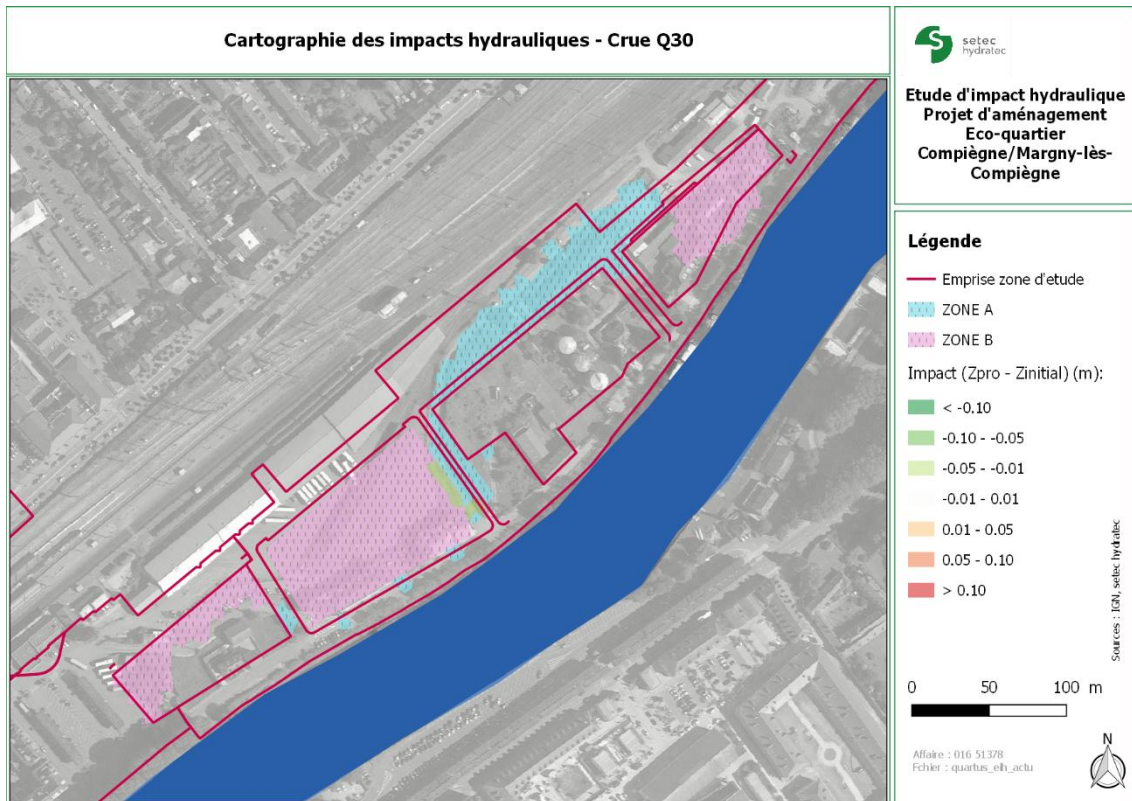


Figure 6-15 : Cartographie des impacts hydrauliques du projet pour une crue 30 ans

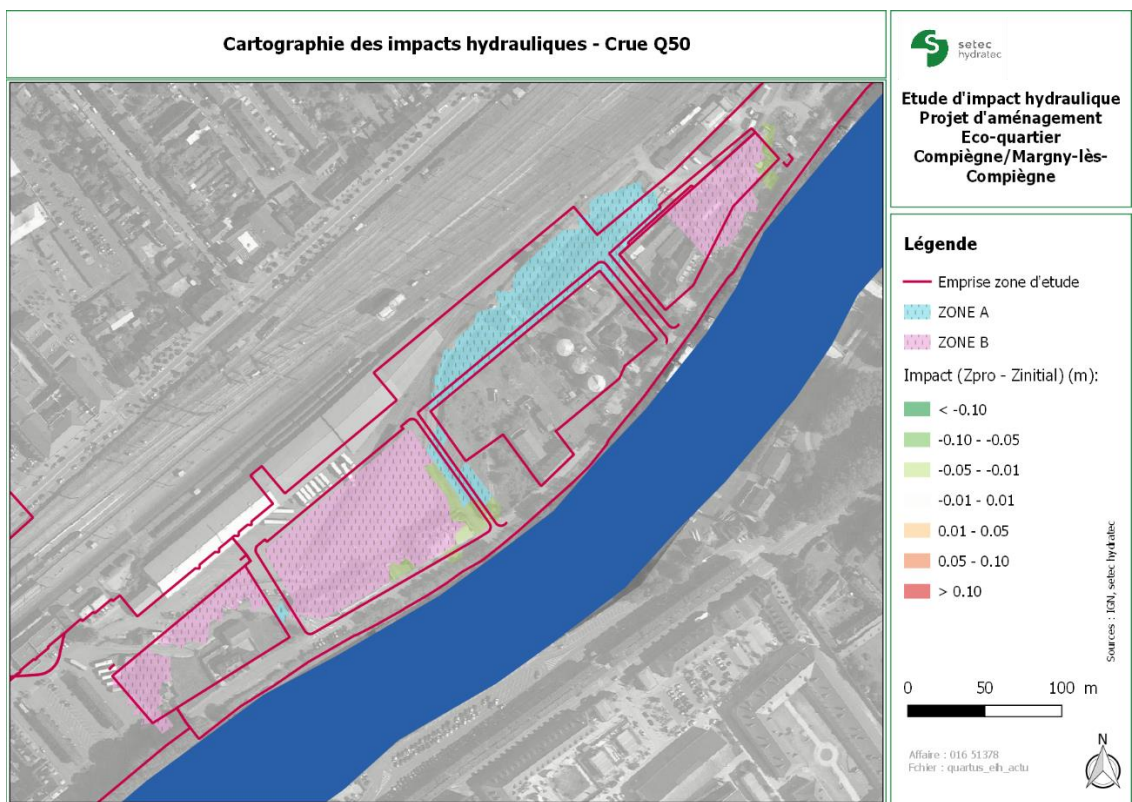


Figure 6-16 : Cartographie des impacts hydrauliques du projet pour une crue 50 ans



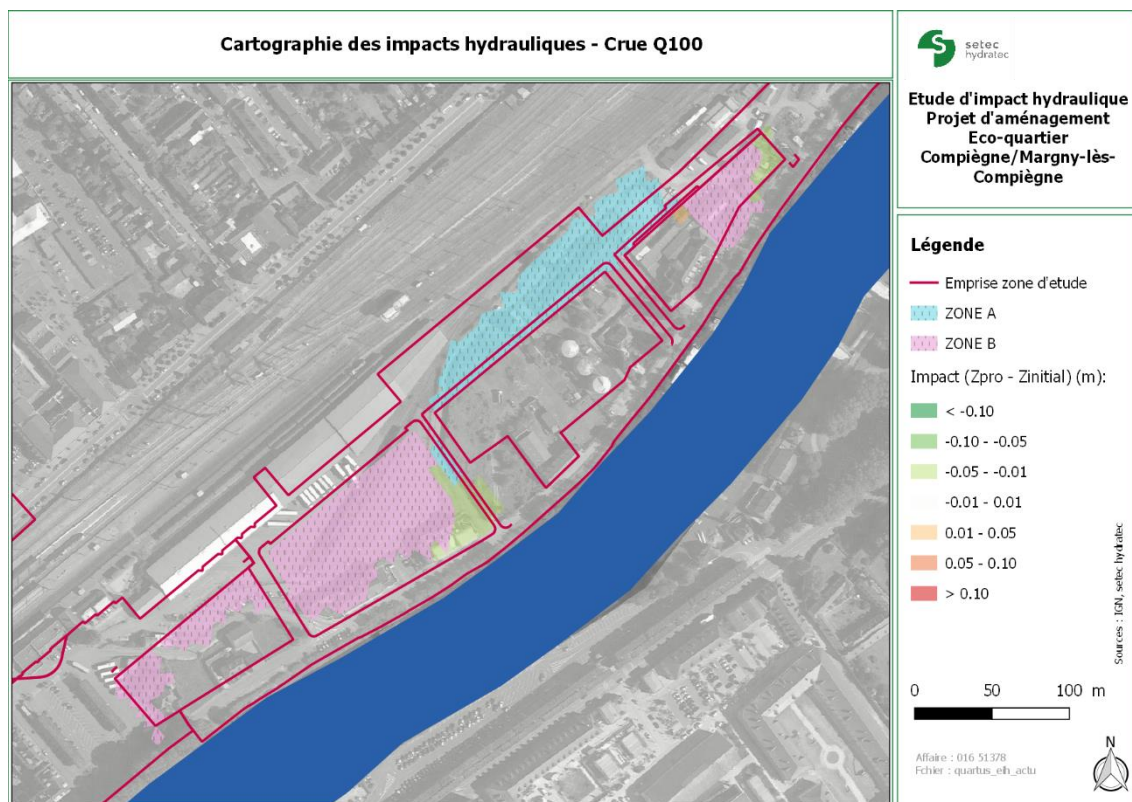


Figure 6-17 : Cartographie des impacts hydrauliques du projet pour une crue 100 ans

A noter que pour les trois crues simulées, le projet n'a aucun impact sur les niveaux d'eau ni sur les vitesses en lit mineur de l'Oise ni hors du secteur aménagé.

Les niveaux d'eau et la perte de charge induite par le pont Louis XV en situation actuelle et projetée sont comparés dans les tableaux suivants.

	<b>Q30 Etat initial</b>	<b>Q30 Etat projet</b>	<b>Q30 Etat projet - Etat initial</b>
Cote d'eau en lit mineur en amont du projet	34.34 m NGF	34.34 m NGF	0.0 m
Cote d'eau en lit mineur en aval du projet	34.01 m NGF	34.01 m NGF	0.0 m
Perte de charge au droit du pont Louis XV	0.10 m	0.10 m	0.0 m

	<b>Q50 Etat initial</b>	<b>Q50 Etat projet</b>	<b>Q50 Etat projet - Etat initial</b>
Cote d'eau en lit mineur en amont du projet	34.57 m NGF	34.57 m NGF	0.0 m
Cote d'eau en lit mineur en aval du projet	34.26 m NGF	34.26 m NGF	0.0 m
Perte de charge au droit du pont Louis XV	0.11 m	0.11 m	0.0 m

	<b>Q100 Etat initial</b>	<b>Q100 Etat projet</b>	<b>Q100 Etat projet - Etat initial</b>
Cote d'eau en lit mineur en amont du projet	35.01 m NGF	35.01 m NGF	0.0 m
Cote d'eau en lit mineur en aval du projet	34.65 m NGF	34.65 m NGF	0.0 m
Perte de charge au droit du pont Louis XV	0.11 m	0.11 m	0.0 m

## 7. BILANS VOLUMIQUES

### 7.1 METHODOLOGIE

Pour s'assurer du maintien des volumes à l'état projet, il convient de comparer les volumes inondables en situation initiale et à l'état projeté pour s'assurer que le volume global est conservé.

Ce calcul est réalisé par tranches de 50 cm à partir de la cote la plus basse du projet et jusqu'à la cote max de la ligne d'eau. Chaque tranche de 50 cm se doit ainsi d'être à l'équilibre volumique entre la situation initiale et l'état projet pour respecter les contraintes réglementaires.

La cote d'eau n'étant pas homogène de l'amont vers l'aval du projet, les volumes inondables sont calculés pour la cote amont et la cote aval, et le volume retenu pour la tranche supérieure est la moyenne des cr.

Les volumes calculés sont présentés dans les paragraphes ci-après.

### 7.2 CALCULS DES VOLUMES

Les volumes d'inondation calculés dans chaque situation sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Cote (m NGF)	Volume inondable par tranche en situation AVP (m <sup>3</sup> )	Volume inondable par tranche en situation initiale (m <sup>3</sup> )	Différence (AVP - Initial) par tranche (m <sup>3</sup> )
<b>32.85 - 33.35</b>	8 387	4 926	3 461
<b>33.35 - 33.85</b>	21 457	15 840	5 617
<b>33.85 - 34.35</b>	24 900	21 158	3 742
<b>34.35 - 34.75</b>	21 492	18 747	2 745
<b>Moyenne</b>	19 059	15 168	3 891
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>76 236</b>	<b>60 670</b>	<b>15 565</b>

La différence de volume est positive. La situation projet permet le stockage d'un volume de crues plus important qu'à l'état initial. Le projet respecte donc les contraintes réglementaires en termes de volume, de manière globale et aussi tranche par tranche altimétrique.



## 7.3 CALCULS DES VOLUMES EN PHASE CHANTIER

La réalisation du projet est répartie sur quatre phases de travaux, réalisées par ordre de numéro croissant. Le phasage du chantier est présenté sur la carte ci-après.

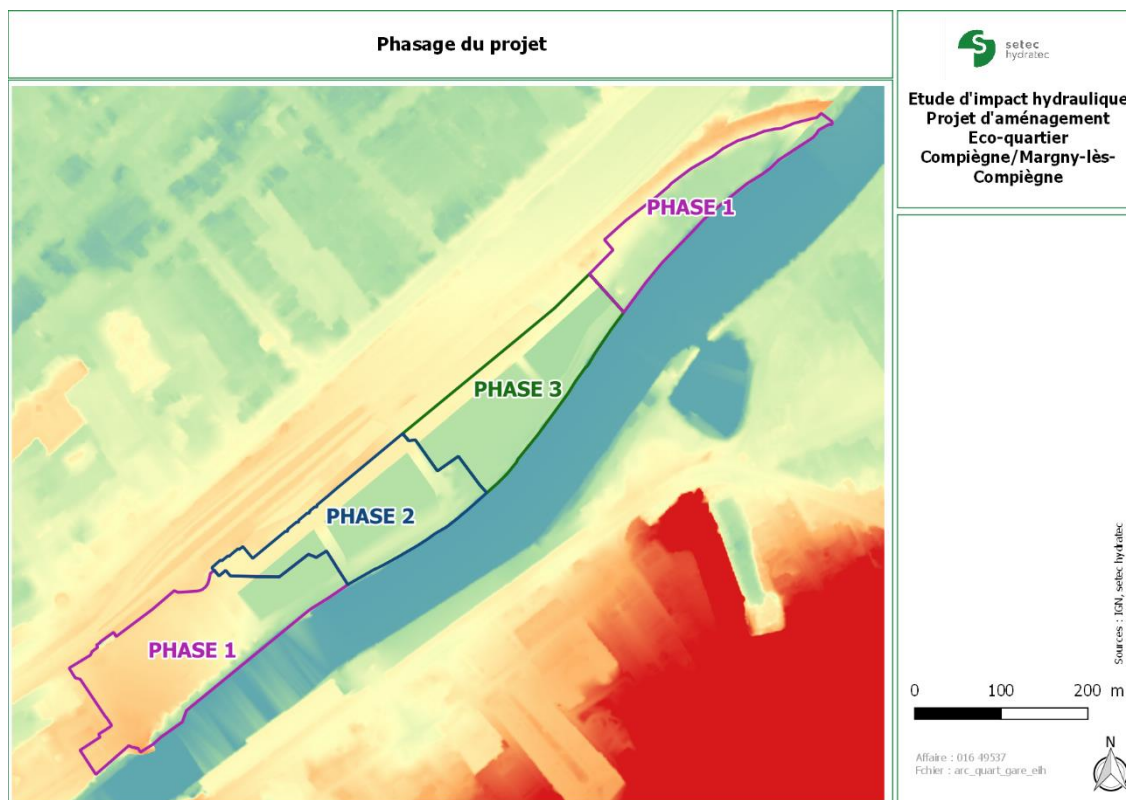


Figure 7-1 : Phasage du projet

Les volumes d'inondation sont calculés pour chaque phase pour assurer le respect des contraintes réglementaires en termes de volume, de manière globale et aussi tranche par tranche altimétrique, lors de la réalisation du projet.

Les calculs des volumes pour chaque phase sont présentés dans les tableaux ci-après.

PHASE 1			
Cote (m NGF)	Volume inondable par tranche en situation AVP (m <sup>3</sup> )	Volume inondable par tranche en situation initiale (m <sup>3</sup> )	Différence (AVP - Initial) par tranche (m <sup>3</sup> )
32.85 - 33.35	2 842	2 607	235
33.35 - 33.85	7 764	6 943	821
33.85 - 34.35	9 502	8 963	538
34.35 - 34.75	8 229	7 819	409
<b>Moyenne</b>	<b>7 084</b>	<b>6 583</b>	<b>501</b>
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>28 336</b>	<b>26 333</b>	<b>2 003</b>

A la fin de la phase 1 le bilan volumique est positif. La situation projet permet le stockage d'un volume de crues plus important qu'à l'état initial.

PHASE 2			
Cote (m NGF)	Volume inondable par tranche en situation AVP (m <sup>3</sup> )	Volume inondable par tranche en situation initiale (m <sup>3</sup> )	Différence (AVP - Initial) par tranche (m <sup>3</sup> )
32.85 - 33.35	1 487	344	1 142
33.35 - 33.85	5 389	1 428	3 961
33.85 - 34.35	6 699	2 549	4 150
34.35 - 34.75	6 258	2 815	3 443
Moyenne	4 985	1 784	3 174
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>19 832</b>	<b>7 135</b>	<b>12 697</b>

A la fin de la phase 2 le bilan volumique relatif à la seule phase 2 est positif. La situation projet permet le stockage d'un volume de crues plus important qu'à l'état initial. Le bilan total des premières deux phases est résumé dans le tableau ci-dessous.

PHASES 1 + 2	
Cote (m NGF)	Différence (AVP - Initial) par tranche (m <sup>3</sup> )
32.85 - 33.35	1 377
33.35 - 33.85	4 782
33.85 - 34.35	4 689
34.35 - 34.75	3 852
Moyenne	3 675
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>14 700</b>

PHASE 3			
Cote (m NGF)	Volume inondable par tranche en situation AVP (m <sup>3</sup> )	Volume inondable par tranche en situation initiale (m <sup>3</sup> )	Différence (AVP - Initial) par tranche (m <sup>3</sup> )
32.85 - 33.35	4 316	1 974	2 342
33.35 - 33.85	8 976	7 469	1 507
33.85 - 34.35	9 371	9 646	-275
34.35 - 34.75	7 557	8 113	-556
Moyenne	7 555	6 801	755
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>30 221</b>	<b>27 202</b>	<b>3 019</b>

A la fin de la phase 3 le bilan volumique relatif à la seule phase 3 est négatif. Toutefois au départ de la phase 3 le bilan étant positif, le volume inondable restitué à la crue en phase 2 servira à compenser le volume de remblai de la phase 3.

PHASES 1 + 2 + 3	
Cote (m NGF)	Différence (AVP - Initial) par tranche (m <sup>3</sup> )
32.85 - 33.35	3 719
33.35 - 33.85	6 289
33.85 - 34.35	4 414
34.35 - 34.75	3 296
Moyenne	4 430
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>17 719</b>

Au terme de la phase chantier le bilan volumique se présente comme présenté dans le tableau ci-dessous. La différence entre le volume de déblai et le volume de remblai est positive et donc les contraintes réglementaires sont respectées.

**N.B. Pour que la compensation volumique soit efficace il est préconisé, lors de chaque phase, de réaliser l'action de déblaiement avant le remblaiement. Les phases de chantier n'auront donc pas d'impact négatif sur le volume inondable de la zone d'étude.**

## ANNEXE 1

# ANNEXE : PRESENTATION DU LOGICIEL HYDRA/QGIS

## Architecture logicielle

**Hydra/Qgis** est une plateforme de modélisation hydrologique et hydraulique du petit cycle et du grand cycle de l'eau, immergée dans l'environnement SIG open source Qgis.

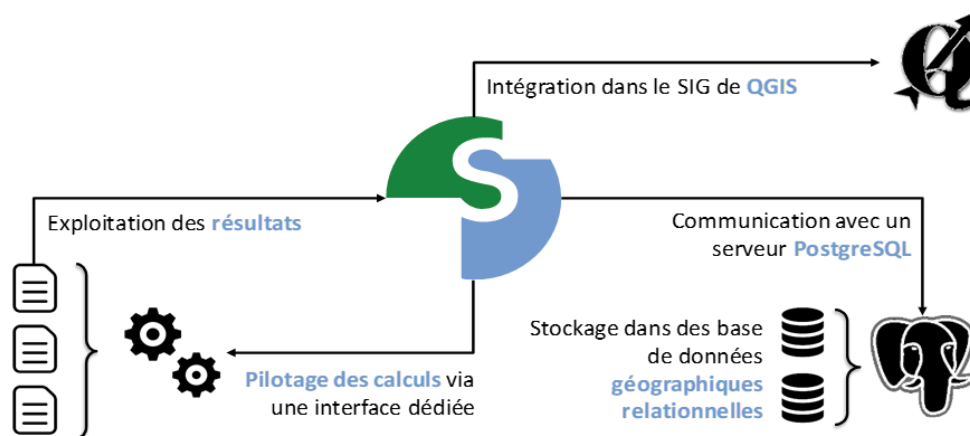
**Hydra/Qgis** repose sur une architecture interconnectée via trois principaux composants :

- Le SIG Qgis abrite Hydra/Qgis en tant que plug-in et offre toutes les fonctionnalités d'un SIG complet.
- Le SGBD open source PostGRE /PostGIS abrite toutes les données de modélisation sous forme d'une base relationnelle structurée autour d'un modèle conceptuel de données, et assure de ce fait leur complète intégrité.
- Des exécutables externes constituent le moteur de calcul. Ce dernier fonctionne en mode esclave comme un simple composant de l'application, il est totalement transparent pour l'utilisateur. Les exécutables de calcul communiquent avec Hydra via des fichiers d'échange avec la plateforme.

Des outils spécifiques Open Source tels que Meshlayer et GMSH sont exploités par **Hydra/Qgis** pour interfacier les données MNT sous-jacentes et pour développer les concepts de maillage utilisés dans la construction d'un modèle.

Du fait de la conception d'**Hydra/Qgis** l'utilisateur a accès à tous les outils développés sous forme de plug-in par la communauté internationale, lui offrant ainsi un vaste choix d'utilitaires qui viennent utilement compléter et enrichir les fonctionnalités intégrées au plug-in d'Hydra.

La plateforme **Hydra/Qgis** est développée en langage Python et SQL, deux tous Open Source, sous forme de scripts éditables. Ces derniers sont accessibles à tout un chacun et peuvent être enrichies pour inclure de nouvelles fonctionnalités.

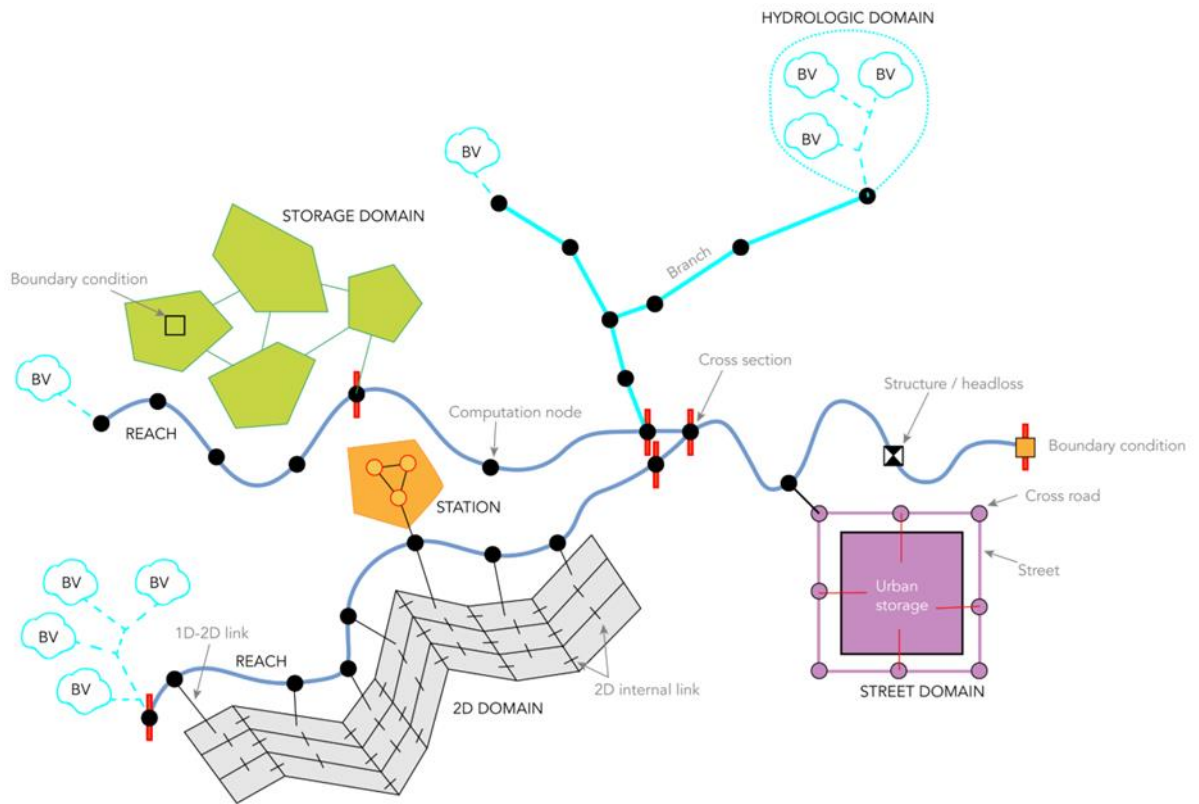


Cette architecture est fondée sur des composants logiciels éprouvés et exploités massivement par la communauté de développeurs, elle confère à **Hydra/Qgis** une très forte capacité d'ouverture et d'enrichissement de nouvelles fonctionnalités au fur et à mesure de l'évolution des besoins du marché.

## Les schémas de modélisation



Un Modèle sous Hydra permet d'intégrer jusqu'à 7 domaines topologiques distincts offrant ainsi à l'utilisateur une palette très riche de schématisations pour répondre au mieux à la diversité, aux objectifs et aux échelles géographiques de modélisation visés :



On distingue 4 grands modules de calcul emboîtés ou interconnectés :

- Le module hydrologique comprend une dizaine de lois de production de ruissellement différentes, des modules de routages et de dérivation et des modules de gestion des apports de temps sec.
- Le module hydraulique résout les équations complètes de l'hydraulique à surface libre en 1D, 2D et dans les configurations mixtes 1D-2D,
- Le module de transport couplé à l'hydraulique gère la génération et le transport de la pollution dans les réseaux, les problèmes d'impacts de la qualité physico-chimique et bactériologique dans les milieux récepteurs, et le transport hydro sédimentaire par charriage et suspension.

Enfin le module de contrôle et régulation interfacé à l'hydraulique permet de simuler des stratégies de gestions des grands systèmes via un langage de programmation spécifique.

### Le maillage

**Hydra** offre une avancée très importante pour le maillage, qui s'appuie sur le principe d'abstraction : ce dernier est généré automatiquement à partir du tracé de lignes de contraintes et vient s'appuyer exactement sur celles-ci.

Une ligne de contrainte sert ainsi à :

- délimiter un bloc 2D, un bloc 1D de vallée, un casier ou une rue,
- générer des liaisons par lots,
- Un modèle est automatiquement découpé en blocs polygonaux connexes et totalement jointifs appelés « coverages »,

- Les paramètres topographiques sont calculés automatiquement lors du maillage à l'aide du MNT sous-jacent.

Les opérations de maillages/démaillage sont interactives, permettant à l'utilisateur d'ajuster très rapidement son maillage à la précision géographique désirée ; les gains de temps de construction des modèles sont extrêmement élevés.



Ce concept de maillage a fait l'objet d'une publication au congrès SimHydro de 2017.

## Articles de présentation du logiciel Hydra/Qgis

Congress SHF : «SIMHYDRO 2017», Nice, 14-16 June C. Duran Th Lepelletier V. Mora  
development of a hydraulic modelling platform within an Open Source Environment

### **DEVELOPMENT OF A HYDRAULIC MODELLING PLATFORM WITHIN AN OPEN SOURCE ENVIRONMENT**

Camille Duran<sup>1</sup>, Thierry Lepelletier<sup>2</sup>, Vincent Mora<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hydratec – Le Crystallin 191/193 Cours Lafayette CS 20087 - 69458 Lyon Cedex06 -  
duran@hydra.setec.fr

<sup>2</sup>Hydratec –Immeuble Central Seine - 42 quai de la Râpée – 75012 Paris – lepelletier  
@hydra.setec.fr

<sup>3</sup>Oslandia - Tour de l'horloge, 4 Place Louis-Armand - 75012 Paris - [vincent.mora@oslandia.com](mailto:vincent.mora@oslandia.com)

#### **KEY WORDS**

Hydraulic modelling, GIS, Qgis, geo-database, Postgis, data model , constraint line, coverage.

#### **ABSTRACT**

*Flood risk management represents a true technical challenge because of complex interactions between a variety of physical, environmental and economic factors. Appropriate computational modelling may prove very useful to understand underlying physical phenomena, to appraise scenarios and to devise overall management schemes encompassing catchment basins and city areas.*

*There is a continuing tendency towards merging hydraulic modelling with advanced numerical technology, such as : database linked to measuring data or patrimonial data, GIS, more and more accurate ground elevation models, real time control which implies strong interaction between monitoring platforms, measurement networks and hydraulic modelling software.*

*It is therefore necessary to use modelling software connected to standard software components (database and GIS frameworks) in order to take best advantage of these data.*

*Besides, public clients favor hydraulic models which are developed with free software components in order to ensure their sustainability and updating, as recalled by the French government note 5608/SG from 19<sup>th</sup> November 2012.*

*In order to comply with this double requirement, HYDRATEC has developed new model interfaces in an open source environment: **hydra** platform, in collaboration with OSLANDIA and IGN.*



Congress SHF : «SIMHYDRO 2017», Nice, 14-16 June - – Lepelletier T. and Araud. Q– Implicit formulation for 1D and 2D St Venant equations – presentation of the method, validation and applications

## IMPLICIT FORMULATION FOR 1D AND 2D ST VENANT EQUATIONS – PRESENTATION OF THE METHOD, VALIDATION AND APPLICATIONS

Thierry Lepelletier<sup>1</sup>, Quentin Araud<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hydratec – Immeuble Central Seine - 42 quai de la Râpée – 75012 Paris - lepelletier@hydra.setec.fr

<sup>2</sup>Hydratec – 1 rue de la Course – 67000 Strasbourg – araud@hydra.setec.fr

### KEY WORDS

St Venant equations, Implicit formulation, solving procedure, shock capture, benchmarking.

### ABSTRACT

*St Venant equations form the theoretical basis to hydraulic modeling in the field of river flow and urban hydraulics. Numerical schemes may prove difficult to implement due to the hyperbolic nature of these equations and to the variety of configurations met in practice. Existing hydro-informatic software are usually specialized in a given domain. Optimized solving schemes are selected to best fit the practical performance which is required in this domain of application.*

*In order to meet the needs to a large variety of domains an original formulation has been developed to solve the full St Venant equations in one and two dimensions, with optional simplifications to optimize some computations, while keeping the same code architecture.*

*The underlying formulation is based upon an original method for solving full St Venant equations through finite volume space discretization and implicit time marching solving procedure. This method is unconditionally stable, time step is variable and is adjusted automatically within calculation in order to preserve numerical accuracy in case of discontinuities, such as shock formation.*

*This numerical scheme is implemented in **Hydra** software, which is developed by HYDRATEC. Various 1D and 2D tests, dam break problems and recirculation in 2D domains are presented and are compared with other referenced software in their respective domain of application, such as **Telemac** (developed by EDF).*