

**Orly-Rungis
Seine Amont**
Établissement public d'aménagement

**Vitry-sur-Seine
Secteur des Ardoines
ZAC SEINE GARE VITRY**

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION AU TITRE DE LA « LOI SUR L'EAU »
(ARTICLES L214-1 ET SUIVANTS DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT)

MISSION O2 – CONSTRUCTION DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU DOSSIER LOI
SUR L'EAU, MODELISATIONS HYDRAULIQUES

RAPPORT FINAL

DEPARTEMENT EAU URBAINE PARIS

Le Baudran - 21-37, rue de Stalingrad
94742 Arcueil Cedex
Tel. : +33 (0)1 41 24 27 60
Fax : +33 (0)1 41 24 27 80

EPA ORSA

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	3
2.	ELEMENTS DE CONTEXTE : LA SITUATION DU SECTEUR DES ARDOINES FACE AUX INONDATIONS PAR DEBORDEMENT DE LA SEINE	5
2.1.	LE PPRIDE 2007	5
2.2.	L'ETUDE SAFEGE 2011-2012	9
2.2.1.	Cadre de l'étude	9
2.2.2.	Principaux résultats sur le secteur des Ardoines	10
3.	OBJECTIFS ET APPROCHE RETENUE POUR LA MODELISATION HYDRAULIQUE DANS LE CADRE DE LA PRESENTE MISSION	14
3.1.	LES OBJECTIFS GENERAUX	14
3.2.	UNE APPROCHE ADAPTEE AU CONTEXTE URBANISE DE LA ZONE	14
4.	DONNEES D'ENTREE DU MODELE	17
4.1.	DONNEES BATHYMETRIQUES ET TOPOGRAPHIQUES	17
4.2.	DONNEES HYDROMETRIQUES	18
4.3.	AUTRES DONNEES EXPLOITEES	18
5.	MODELISATION HYDRAULIQUE DE L'ETAT INITIAL	19
5.1.	EMPRISE DE LA MODELISATION	19
5.2.	SCHEMATISATION DES ECOULEMENTS	21
5.2.1.	Lit mineur de la Seine : schématisation 1D	21
5.2.2.	Lit majeur : schématisation 2D flexible	21
5.2.3.	Interface lit mineur / lit majeur	23
5.3.	CONDITIONS AUX LIMITES	23
5.4.	CALAGE ET VALIDATION DU MODELE	25
5.4.1.	Calage pour la crue de 1924 (scénario R0.85)	25
5.4.2.	Validation du modèle pour la crue de 1910 (scénario R1.1)	26
5.5.	SENSIBILITE DU MODELE	28
5.5.1.	Coefficient de Strickler	28
5.5.2.	Condition aval	28
5.5.3.	Ponts	29
5.5.4.	Murs poreux	31
5.5.5.	Synthèse	31
5.6.	PRINCIPAUX RESULTATS SUR L'ETAT INITIAL	31
6.	MODELISATION DE L'ETAT PROJET DE LA ZAC SEINE GARE VITRY (SGV) SANS MESURES COMPENSATOIRES	32
6.1.	HYPOTHESES RETENUES	32
6.2.	COMPARAISON ETAT INITIAL / ETAT PROJET A TERME SANS MESURES COMPENSATOIRES	33
6.3.	CONCLUSION	34
7.	MODELISATION DE L'ETAT PROJET DE LA ZAC SEINE GARE VITRY (SGV) AVEC MESURES COMPENSATOIRES	35
7.1.	PHASE 2 (2025)	35
7.1.1.	Hypothèses retenues	35
7.1.2.	Bilan déblais / remblais	36

7.1.3.	Comparaison état initial / état projet pour le scénario R1.1	37
7.1.4.	Comparaison état initial / état projet pour le scénario R1.0	38
7.2.	PHASE 3 (A TERME)	39
7.2.1.	Hypothèses retenues	39
7.2.2.	Bilan déblais / remblais	42
7.2.3.	Comparaison état initial / état projet pour le scénario R1.1	46
7.2.4.	Comparaison état initial / état projet pour le scénario R1.0	47
7.3.	CONCLUSIONS	48

1. Introduction

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre de la mission O2 du marché d'AMO relatif à l'élaboration du dossier Loi sur l'Eau de la ZAC Seine Gare Vitry sur le secteur des Ardoines à Vitry-sur-Seine, confié par l'EPA ORSA au groupement ARTELIA / Prolog Ingénierie.

La mission O2 consiste à réaliser les modélisations hydrauliques en vue d'évaluer l'incidence du projet porté par l'EPA ORSA sur les écoulements de la Seine, au droit des secteurs aménagés mais aussi en amont et en aval, afin de démontrer la neutralité hydraulique de l'ensemble des opérations.

Le présent rapport a pour objectifs :

- ✓ de présenter la méthode de modélisation retenue ;
- ✓ les différentes données qui ont été utilisées ;
- ✓ les hypothèses retenues ;
- ✓ les résultats relatifs au calage de la situation actuelle (état initial) ;
- ✓ les résultats en termes d'incidence hydraulique du projet de la ZAC Seine Gare Vitry seul, ainsi qu'à l'échelle des 300 ha des Ardoines, pour différentes phases d'aménagement et différentes crues.

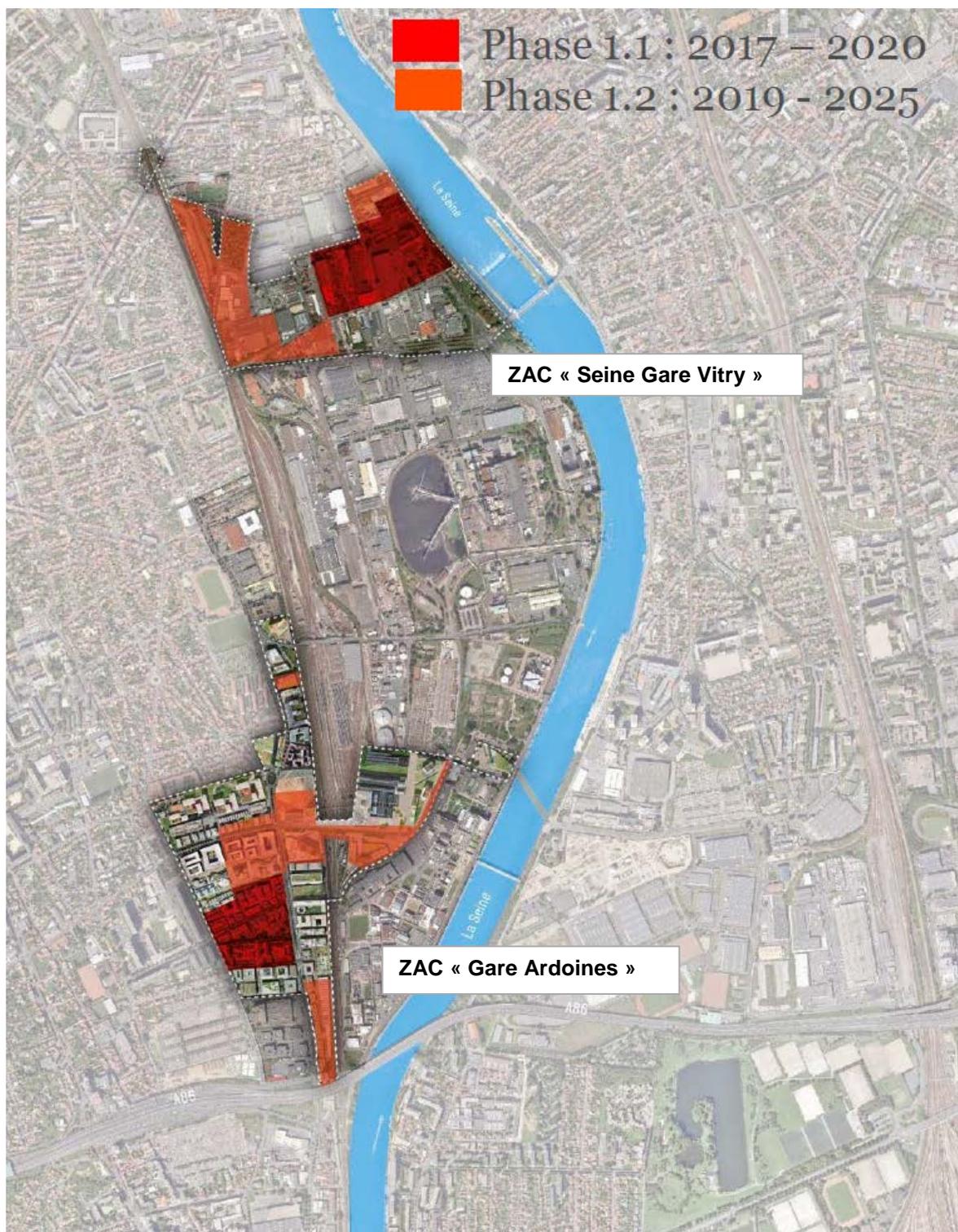


Figure n° 1 – Les différentes phases du projet sur le secteur des Ardoines à Vitry-sur-Seine
(Source : EPA ORSA)

2. Eléments de contexte : la situation du secteur des Ardoines face aux inondations par débordement de la Seine

2.1. Le PPRI de 2007

Le secteur des Ardoines situé à l'intérieur du méandre de la Seine au droit de la commune de Vitry-sur-Seine est soumis au PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne, approuvé par arrêté préfectoral du 12 novembre 2007.

Un premier plan avait été approuvé le 28 juillet 2000, mais il a été révisé en 2007, notamment dans le but d'affiner la caractérisation et la cartographie de l'aléa dans les zones dites de grand écoulement.

En effet, étant donné les niveaux de submersion rencontrés, les services de la DDE à l'époque décident d'étendre la caractérisation de l'aléa au facteur vitesse et confient alors une étude hydraulique complémentaire au bureau d'études SAFEGE, dont l'objet est : « *de déterminer les vitesses d'écoulement et les durées de submersion de la crue de référence, en l'occurrence la crue de 1910, sur les lits mineur et majeur de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne* ».

L'étude (PPRI du Val-de-Marne : étude complémentaire pour la détermination des vitesses d'écoulement et des durées de submersion, référencée CP/KG66), se termine en février 2002.

Précisons néanmoins à ce stade que cette étude ne conduit alors qu'à une estimation approchée des vitesses en lit majeur, sur la base d'une méthode très sommaire qui consiste à multiplier la vitesse moyenne calculée sur la section en travers par un coefficient modérateur ou amplificateur fonction de l'occupation des sols au droit de la dite section (dit « coefficient d'urbanisation »). C'est un élément qu'il convient de souligner dans la mesure où cette méthode a conduit à la carte des vitesses présentée ci-après et utilisée pour réaliser la cartographie des aléas lors de la révision de 2007. Sur cette variable de l'aléa qu'est la vitesse (rappelons que l'aléa est issu du croisement entre hauteur et vitesse), la ville de Vitry-sur-Seine et le secteur des Ardoines en particulier se voient affectés d'une vitesse uniformément faible, inférieure à 0,2 m/s.

La ZAC au Nord des Ardoines, dite « Seine Gare Vitry », est caractérisée par ailleurs par des hauteurs de submersion comprises entre 1 et 2 m, voire supérieures à 2 m, d'après la carte des aléas du PPRI de 2007 ; tandis que la ZAC au Sud, dite « Gare Ardoines », est caractérisée par des hauteurs pour la plupart entre 1 et 2 m.

Le zonage réglementaire conduit à ce que les deux ZAC soient classées en Zone Violet Foncé et Zone Violet Clair, soit des Zones Urbaines Denses en aléas forts et très forts, ou en autres aléas.

Précision importante, le modèle et les cartes ont été élaborées sur la base d'un levé topographique sur toute la zone d'étude avec une densité de un point de niveau tous les 20 m et sur un fond de plan au 1/2 000 (datant de 1993 à 1998). Les ouvrages de protection (barrages-réservoirs, murettes,..) n'ont pas pris en compte pour la détermination des aléas.

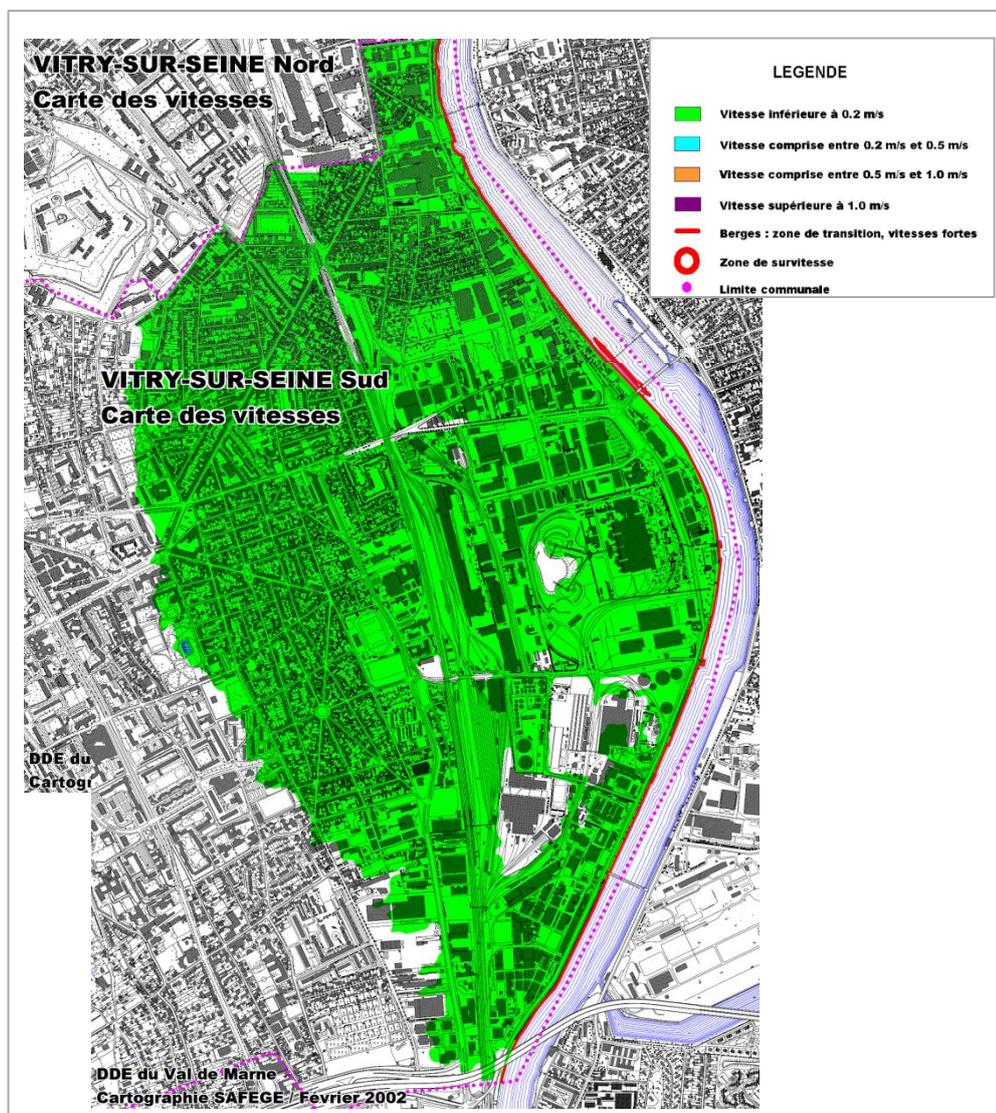


Figure n° 2 – Carte des vitesses sur la commune de Vitry-sur-Seine
(Source : Préfecture Val-de-Marne, PPRI approuvé le 12 novembre 2007)

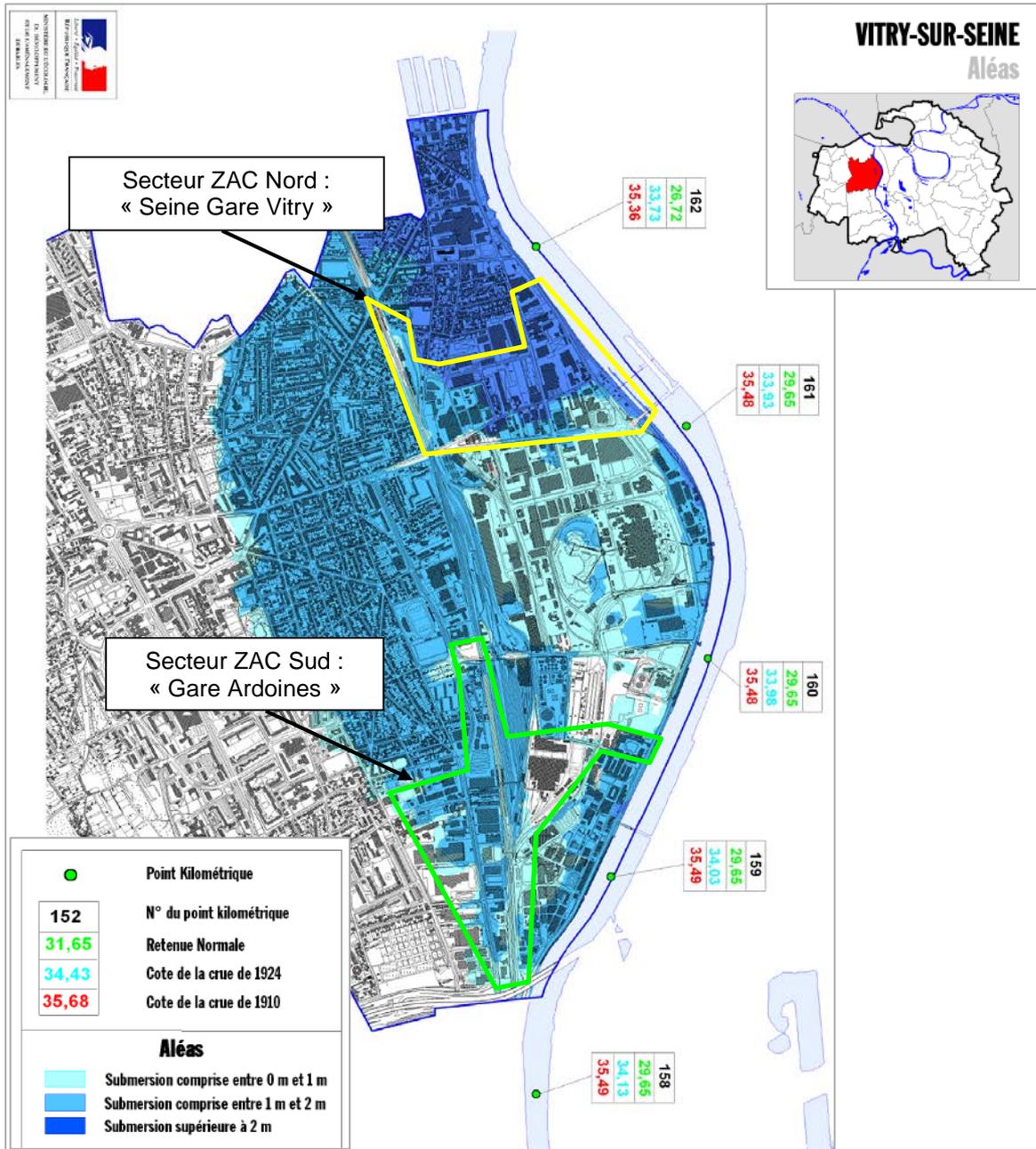


Figure n° 3 – Carte des alés de la commune de Vitry-sur-Seine
 (Source : Préfecture Val-de-Marne, PPRI approuvé le 12 novembre 2007)

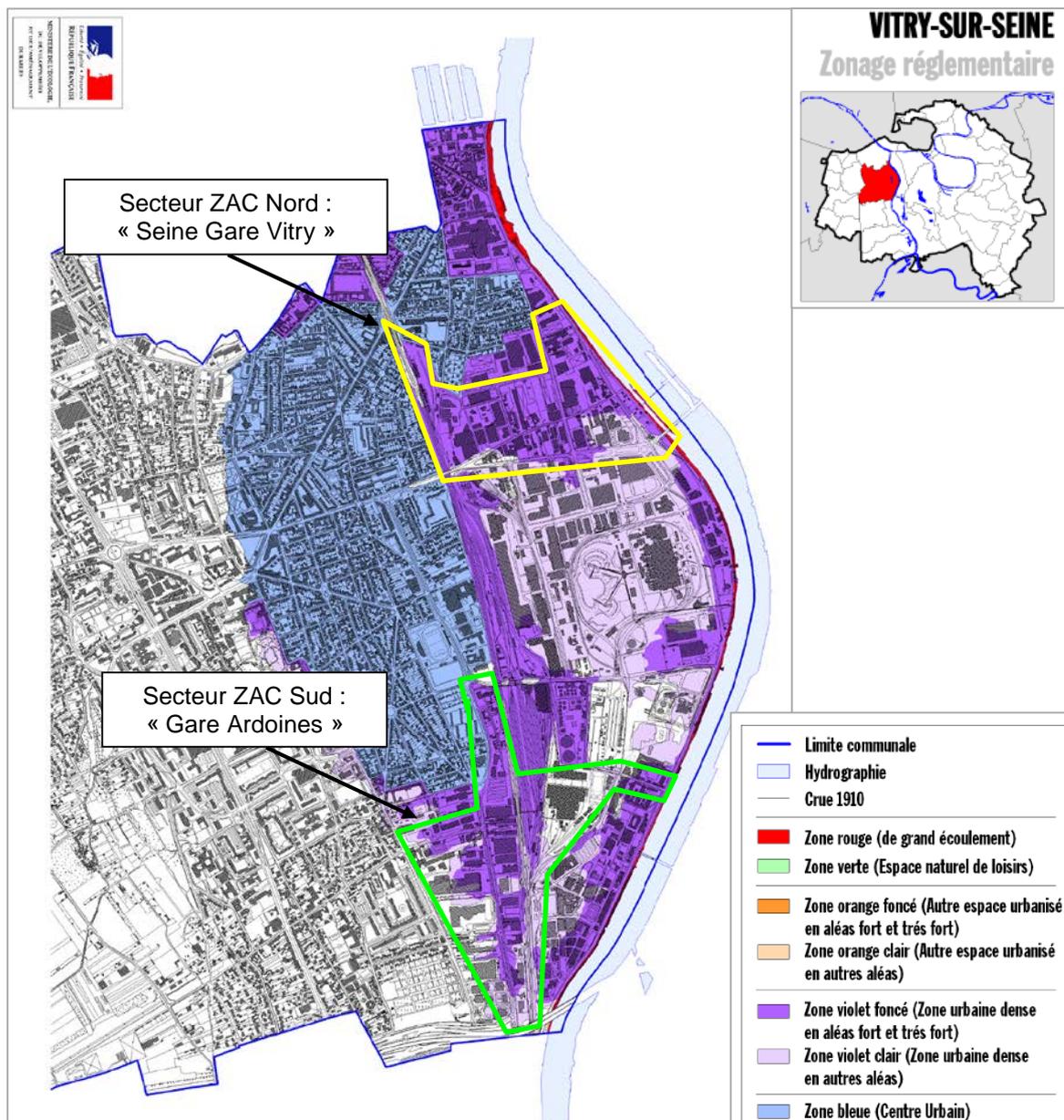


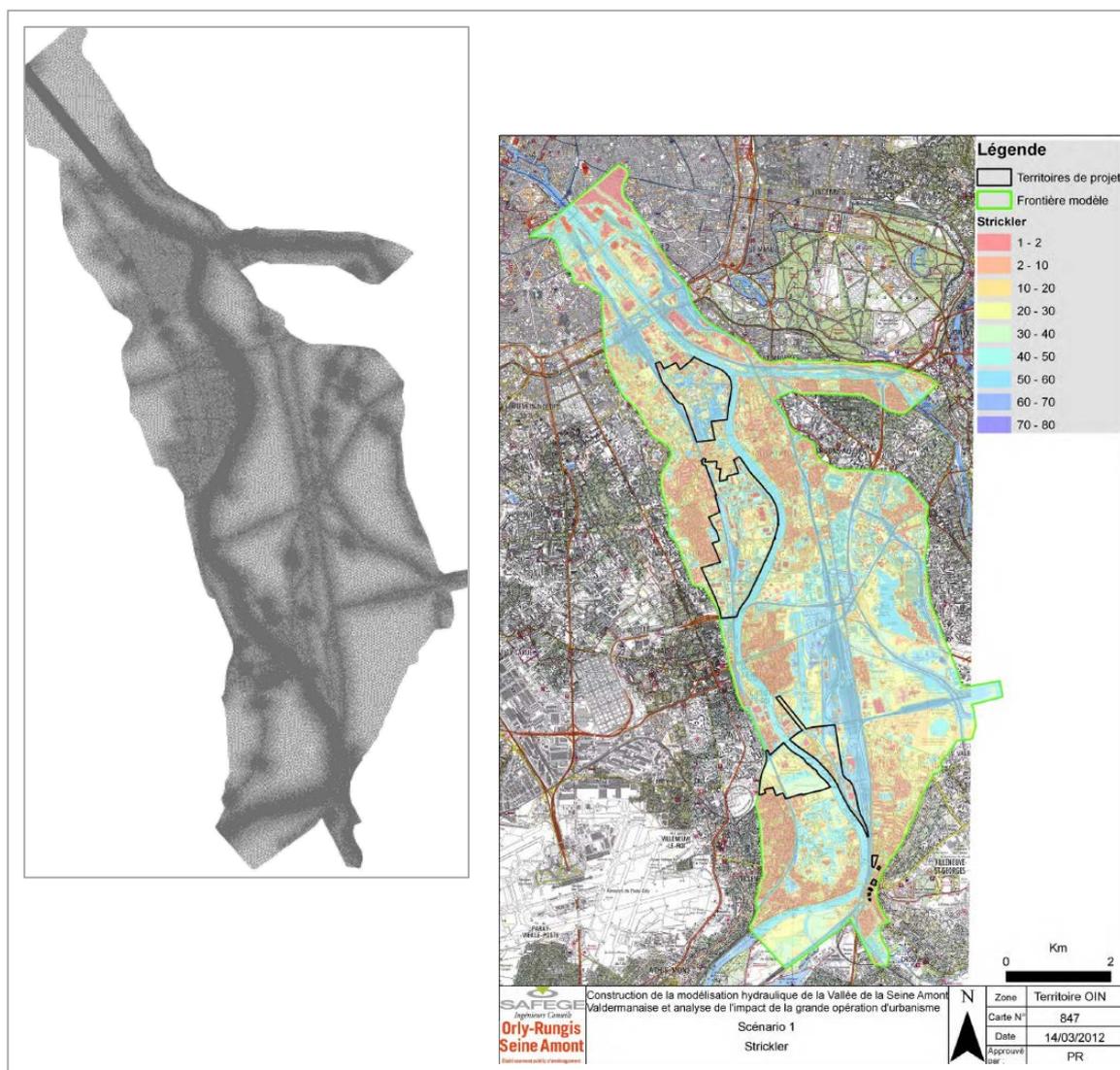
Figure n° 4 – Carte du zonage réglementaire sur la commune de Vitry-sur-Seine
(Source : Préfecture Val-de-Marne, PPRI approuvé le 12 novembre 2007)

2.2. L'étude SAFEGE 2011-2012

2.2.1. Cadre de l'étude

Afin d'accompagner l'élaboration du projet d'ensemble à l'échelle de l'opération d'intérêt national Orly-Rungis–Seine Amont et d'en évaluer les incidences hydrauliques, l'EPA ORSA a confié en 2011 à SAFEGE une étude de « Modélisation hydraulique de la vallée de la Seine Amont val-de-marnaise ».

La modélisation au droit du secteur des Ardoines a été réalisée selon un schéma bidimensionnel à l'aide du logiciel TELEMAC 2D, en faisant varier les coefficients de Strickler (rugosité) au sein du maillage 2D afin de tenir compte de la nature urbanisée de la zone d'étude et notamment de l'effet des bâtiments. Ce mode de représentation permet de mieux évaluer les champs de vitesses au sein du lit majeur inondé pour les différentes situations de crue testées.



La topographie utilisée n'est pas la même que celle du PPRI : il s'agit dans ce cas d'un MNT commandé par l'EPA ORSA et réalisé en 2008 (MNT Intermap).

Les calculs ont été conduits pour plusieurs horizons 2011, 2018, 2025 et 2050 en fonction de l'avancement des différents projets à l'échelle du périmètre de l'OIN et pour différentes situations de crue d'ampleur croissante.

Dénomination projet EPA ORSA	Débits injectés dans le modèle hydraulique 2D / 1D			Débits résultants à la sortie du modèle 2D / 1D		Scénarios "DIREN"		Eléments de comparaisons			
	Débit de la Seine à Ablon m3/s	Débit de la Marne à Alfortville m3/s	Débit de l'Oise m3/s	Débit de la seine à Austerlitz m3/s	Débit de la seine à Poissy m3/s	Correspondances avec les scénarios "DIREN3 définis en 2003		Crues observées comparables	Crues majeures comparables après écrêtement par les Barrages-Réservoirs	Crues statistiques comparables avec influence des Barrages-Réservoirs	Crues statistiques comparables antérieures aux Barrages-Réservoirs
Situation1	1000	450	300	1450	2750	S1	R0.4	Mars 2001		Q5	
Situation2	1125	475	320	1600	3045	S2	R0.5	Avril 1978		Q10	
Situation3	1280	520	320	1800	3400	S3	R0.6	Janvier 1982	Janvier 1924 et Janvier 1955	Q20	Q10
Situation4	1340	610	350	1950	3640	S4	R0.7				
Situation5	1400	675	350	2075	3825	S5	R0.8	Janvier 1955		Q50	Q20
Situation6	1500	700	400	2200	4100	S6	R0.85	Janvier 1924	Janvier 1910		
Situation7	1600	800	400	2400	4400	S8	R1	Janvier 1910 (-)			
Situation8	1680	845	400	2525	4605						Q50
Situation9	1770	880	420	2650	4840	S9	R1.1	Janvier 1910 (+)			
Situation10	1870	930	420	2800	5090		R1.15				Scénario Directive 2007/60/CE

Tableau n° 1 – Les situations hydrologiques étudiées dans l'étude SAFEGE 2011-2012

2.2.2. Principaux résultats sur le secteur des Ardoines

Le rapport de phase 1 de l'étude SAFEGE a présenté les impacts hydrauliques au droit de la zone projet des Ardoines pour différents horizons (2018, 2025 et 2050). Il en ressort alors que :

- le territoire est et restera inondable à partir de la situation S6, sauf pour les secteurs de berges décaissés en rive gauche en 2025 ;
- l'horizon 2018 est globalement le plus impactant, principalement à cause de la mise en place du franchissement Est-Ouest. Ce dernier génère des surcotes de 15 cm environ sur Sud-Ardoines (voir la carte ci-contre) et une légère sur-inondation sur Maisons-Alfort et Créteil. A partir de 2025 en revanche, la mise en place des décaissements de berges en rive gauche vient compenser les impacts de la mise en place du franchissement. Les surcotes sont alors largement atténuées en 2025 et 2050 ;
- l'îlot central Nord-Sud et les trames viaires insubmersibles (calés à la cote 36.50 NGF) s'intègrent bien dans la logique globale des écoulements de crue et les contrarient assez peu.



Cependant, les écoulements entre l'îlot central et les berges de Seine rive gauche sont réorientés Nord-Sud et retournent à la Seine en amont du Port à l'Anglais, alors qu'aujourd'hui, ils sont plutôt diffus et qu'une partie peut continuer, pour les plus fortes crues, vers le nord en franchissant l'axe Salvador Allende ou vers l'ouest par-dessus le faisceau ferré. Cette modification des écoulements ne provoque pas de surcote car les décaissements permettent une meilleure pénétration des écoulements en lit majeur et créent un « appel de débit » via un nouvel axe permettant de couper la courbe du méandre.

Le rapport de phase 2 de la même étude a présenté ensuite 10 scénarios permettant d'assurer une transparence hydraulique des différents projets sur l'ensemble des cinq secteurs stratégiques d'intervention de l'EPA ORSA. Trois concernent le secteur des Ardoines et proposent les mesures compensatoires suivantes :

- à l'horizon 2018, la mise en place d'ouvertures, sur 750 m au lieu de 150 m, sous le franchissement Est-Ouest permet de compenser les surcotes identifiées en phase 1. Ceci implique que la voie Est-Ouest doit être ouverte sur environ un tiers de son linéaire pour être parfaitement transparente ;
- à l'horizon 2050, la création de parkings inondables permet d'obtenir une transparence sur la zone projet mais aussi sur l'ensemble du périmètre OIN.

Ces mesures et les impacts hydrauliques associés sont présentés sur les cartes des pages suivantes.

Notons que ces différents scénarios et simulations n'ont pas mis en évidence de problème de transparence particulier sur l'axe Salvador Allende au sein de la ZAC nord.

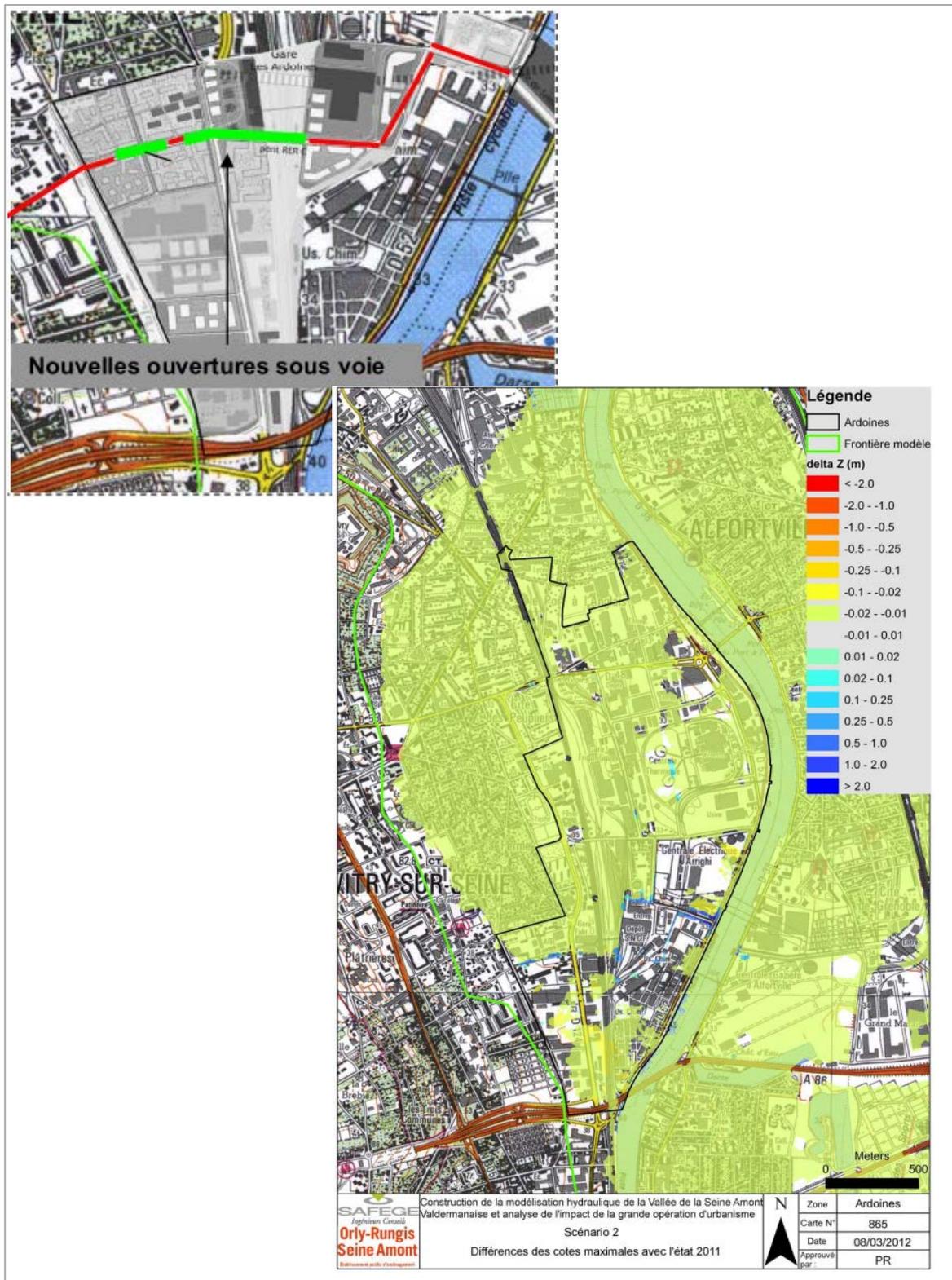


Figure n° 6 – Compensation de l'impact hydraulique du franchissement Est-Ouest sur Sud-Ardoines à l'horizon 2018 (Source : étude SAFEGE 2012)

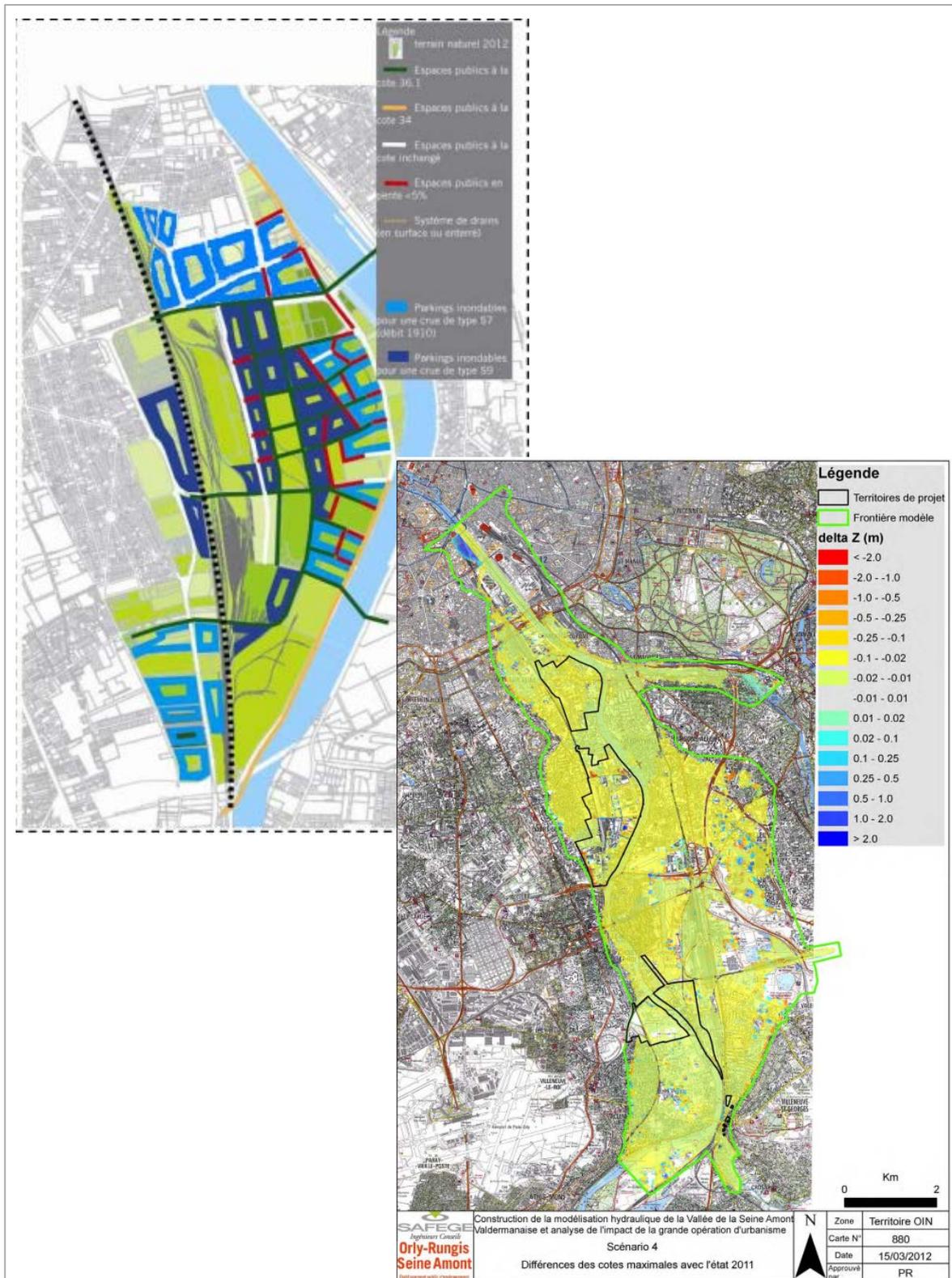


Figure n° 7 – Compensation de l'impact hydraulique des Ardoines seules à l'horizon 2050 (Source : étude SAFEGE 2012)

3. Objectifs et approche retenue pour la modélisation hydraulique dans le cadre de la présente mission

3.1. Les objectifs généraux

Comme indiqué précédemment, la modélisation hydraulique réalisée par SAFEGE en 2011-2012 pour l'EPA ORSA a été menée à l'échelle de l'ensemble de l'Opération d'Intérêt National, et prend en compte les principes d'aménagements disponibles alors sur les cinq périmètres stratégiques :

- ✓ les Ardoines, à Vitry-sur-Seine ;
- ✓ les Vœux, à Orly ;
- ✓ le secteur du Triage à Villeneuve-Saint-Georges ;
- ✓ le secteur du Centre-Ville à Villeneuve-Saint-Georges ;
- ✓ le projet Ivry Confluences conduit par la SADEV à Ivry-sur-Seine.

Depuis, l'EPA ORSA a développé les projets d'aménagements sur le secteur des Ardoines, et notamment sur les deux ZAC « Seine Gare Vitry » et « Gare Ardoines », avec l'appui de deux équipes de maîtrise d'œuvre distinctes.

L'objectif de la présente mission est donc d'évaluer l'incidence hydraulique de ces projets sur le secteur des Ardoines, sur la base d'éléments plus approfondis et d'un modèle hydraulique affiné.

Les modélisations hydrauliques doivent permettre de :

- ✓ représenter et caractériser l'état initial, tel que demandé dans le dossier Loi sur l'Eau ;
- ✓ aider à la conception des aménagements, en vue d'en assurer la transparence hydraulique pour différentes gammes de crues de Seine ;
- ✓ évaluer les incidences hydrauliques pour intégration aux dossiers réglementaires.

3.2. Une approche adaptée au contexte urbanisé de la zone

L'échelle d'étude et le caractère fortement urbanisé de la zone nécessitent une approche hydraulique fine et adaptée aux modalités particulières d'écoulements :

- ✓ en milieu urbain, les écoulements sont perturbés par différents obstacles (bâtiments, murs, clôtures, remblais d'infrastructures, etc.) et se font préférentiellement selon les voiries ; ces différents éléments influent sur les hauteurs d'eau, sur les directions et vitesses d'écoulement ; le modèle hydraulique doit être en mesure de les représenter ;
- ✓ l'échelle d'élaboration des projets urbains sur les 2 ZAC, à ce stade d'avancement, est celle de l'îlot urbain, voire celle de la parcelle : le projet va modifier l'organisation parcellaire, et au sein de chaque îlot, des modifications par rapport à l'état initial vont être réalisées (destruction de bâtiments, reconstruction en tenant compte du risque, gestion des rez-de-chaussée, remblais ponctuels, déblais, etc.) ; le modèle doit être élaboré à une échelle spatiale suffisamment fine pour intégrer ces modifications ponctuelles ;

- ✓ enfin, les projets peuvent conduire à des incidences amont ou aval, qu'il convient d'analyser et de supprimer ; le modèle hydraulique doit également être en mesure de représenter les périmètres proches et plus éloignés des deux ZAC.

L'approche retenue dans le cadre de la présente mission permet de répondre à ces différentes contraintes, elle s'appuie sur une modélisation hydraulique flexible, dite 1D/2D, capable de représenter ces différentes modalités d'écoulement et de descendre à une échelle spatiale très fine.

Par 1D, on entend modèle unidimensionnel, ce qui signifie que l'écoulement se fait dans une seule et même direction. C'est le cas par exemple du lit mineur des cours d'eau ou en réseau d'assainissement pluvial : même si en réalité on observe bien des courants latéraux, tourbillonnants, la masse d'eau se déplace dans une seule et même direction principale, bornée soit par les berges en rive gauche et rive droite, soit par le collecteur. Le modèle 1D calcule en tout point du lit mineur ou du réseau pluvial un niveau d'eau et une vitesse dans le sens de l'écoulement. Ce sont les variations de la géométrie du lit ou des conduites, la pente, les ouvrages hydrauliques présents, qui influencent les niveaux et les vitesses.

La modélisation 1D reste la plus adaptée pour représenter les écoulements en lit mineur ou dans des réseaux.

Par 2D, on entend modèle bidimensionnel, ce qui signifie que l'écoulement peut se faire dans toutes les directions. C'est le cas typique des zones inondées, notamment en zone urbanisée, où les rues et les bâtiments constituent respectivement des axes préférentiels et des obstacles aux écoulements. Ce sont alors tous ces axes préférentiels, tous ces obstacles, toutes ces variations de l'altimétrie du sol, qui conditionnent les écoulements et qui influencent les niveaux atteints par l'eau et les vitesses à laquelle elle s'écoule.

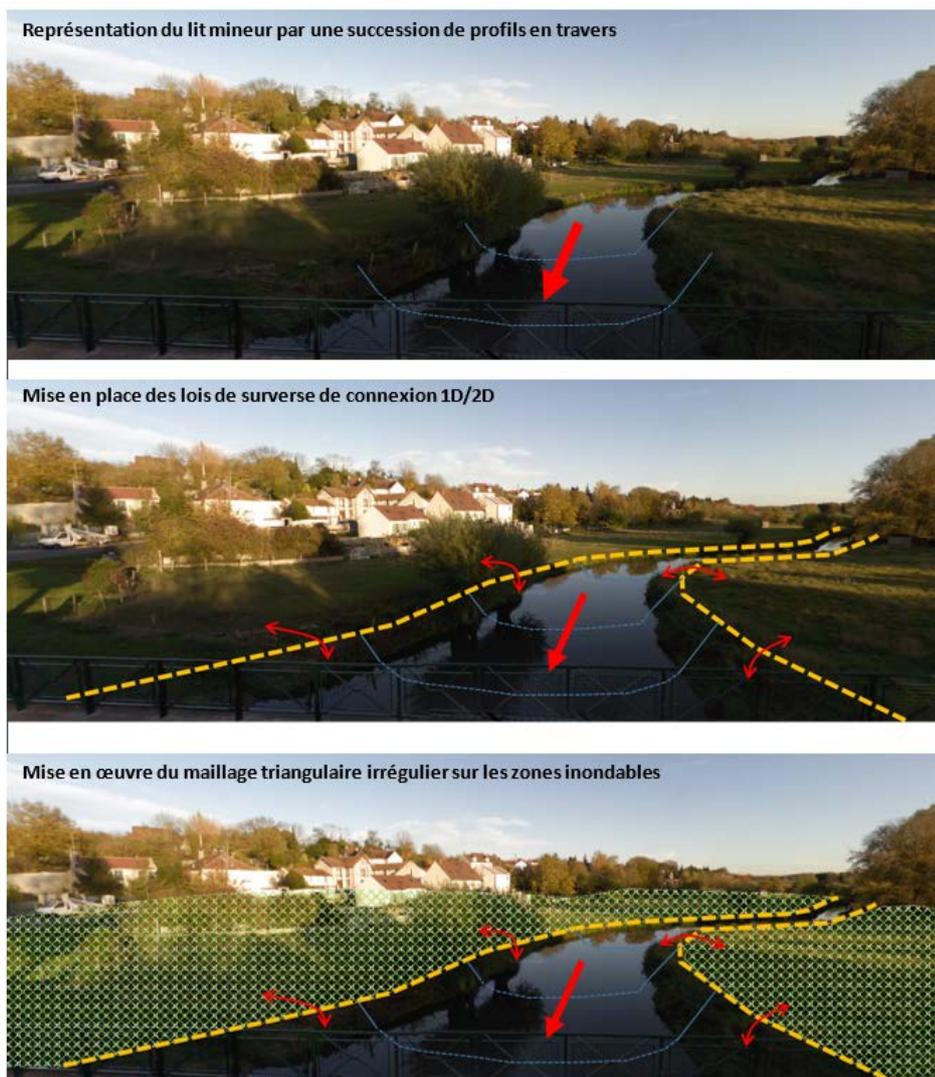


Figure n° 8 – principe du couplage 1D/2D dans la modélisation de cours d’eaux

Une approche couplée 1D/2D permet d’obtenir la flexibilité nécessaire afin de s’adapter à la nature des données disponibles et à la complexité des écoulements.

Le modèle est élaboré sous le logiciel InfoWorks ICM (Integrated Catchment Modeling) développé par Innovyze®.

Le modèle résout les équations de Saint-Venant en régime transitoire, dans leur version monodimensionnelle ou bidimensionnelle, et intègre tout type d’ouvrages et de singularités hydrauliques (ponts, dalots, conduites, vannes, seuils, barrages mobiles, etc.).

Les différents éléments 1D et 2D sont couplés de manière dynamique et tous les échanges entre les différents domaines connectés peuvent se faire dans les deux sens (en remplissage, en vidange, en débordement, en ressuyage, etc.).

Dans le cadre de la présente étude, le lit mineur de la Seine est représenté selon un schéma 1D à partir des coupes d’ouvrages, des données bathymétriques disponibles. Les écoulements au sein des espaces inondés sont quant à eux représentés par un schéma 2D, selon différents niveaux de précision, décrits dans la suite du rapport.

4. Données d'entrée du modèle

Les données d'entrée utilisées pour élaborer le modèle hydraulique sont les suivantes.

4.1. Données bathymétriques et topographiques

Les données relatives à la géométrie du lit mineur de la Seine sont issues de relevés bathymétriques mis à disposition de l'EPA ORSA par VNF lors de l'étude SAFEGE de 2011.

Les données topographiques relatives aux murettes ont été fournies par les services de la DSEA du Conseil Général du Val-de-Marne.

Enfin, les données relatives à l'altimétrie de l'ensemble du périmètre d'étude consistent en un Modèle Numérique de Terrain, fourni par l'IGN en mars 2014. Il s'agit du produit « **MNT RGE ALTI 1 m** » de l'IGN, selon un quadrillage de 1 m. La donnée est censée être précise à 20 cm en altitude d'après les informations fournisseur.

Précisons que ce MNT utilisé pour les besoins de la présente étude diffère des données topographiques utilisées en 2000 dans le cadre de l'élaboration du PPRI (levés datant de 1993 à 1998), et du MNT précédemment utilisé à l'échelle d'OIN dans le cadre de l'étude SAFEGE (MNT Intermap).

Une comparaison sur 35 298 points de référence de l'altimétrie du MNT RGE ALTI avec celle donnée par un levé géomètre (réputé précis au cm) a permis de démontrer la fiabilité et la précision altimétrique de ce produit. L'écart moyen est de 6 cm et l'erreur médiane de 12 cm.

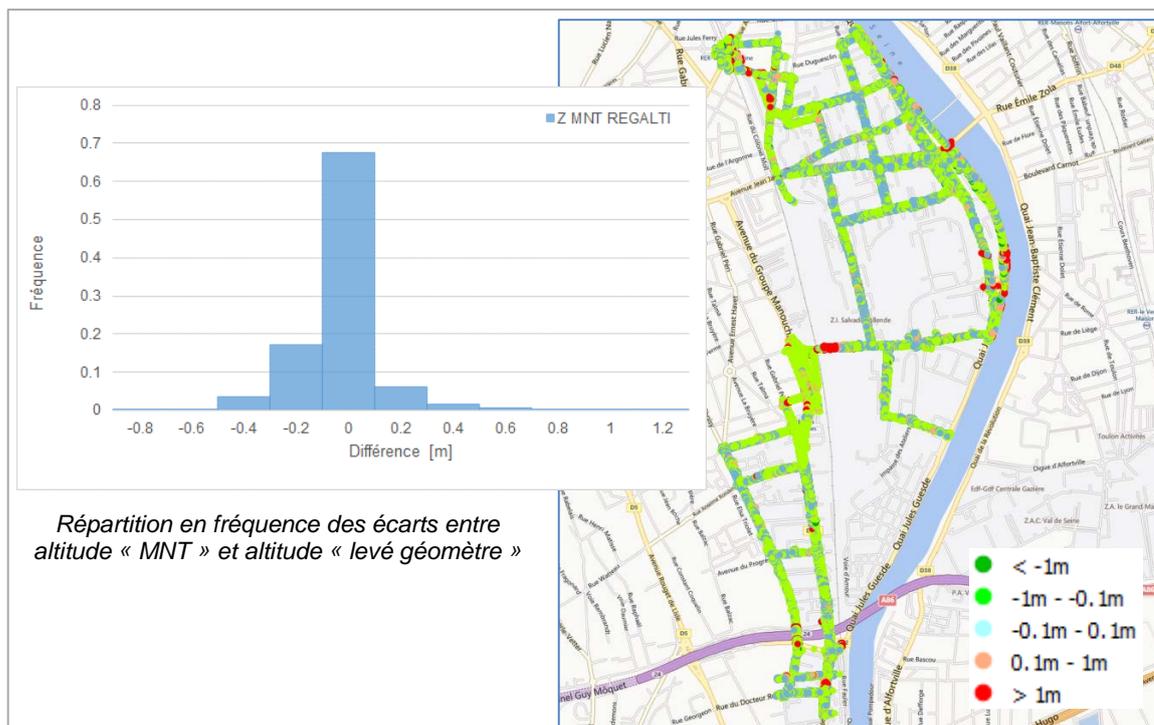


Figure n° 9 – Vérification de la précision altimétrique du MNT utilisé

4.2. Données hydrométriques

Les données hydrométriques sont nécessaires pour définir les conditions aux limites du modèle pour chaque situation hydrologique étudiée :

- ✓ en amont : pour chaque crue, la donnée d'entrée consiste en un hydrogramme qui fixe l'évolution du débit en fonction du temps ;
- ✓ en aval : pour chaque crue, c'est un limnigramme donnant l'évolution du niveau d'eau en fonction du temps qui est requis.

Sur la Seine, ce sont les scénarios issus du modèle ALPHEE et élaborés par les services de la DRIEE Ile-de-France qui doivent être utilisés dans les études relatives au risque inondation. D'après la notice d'utilisation sur « Les scénarios de crues en région Île-de-France » dans sa version de 2012 :

« Les hydrogrammes de référence ont été modulés pour obtenir les conditions initiales des scénarios intermédiaires.

Cette série de crues (appelées aussi « crues modèles ») a été réalisée en appliquant des coefficients multiplicateurs à tous les débits entrants et à tous les apports latéraux de la crue de référence. Les coefficients appliqués varient de 0,5 à 1,15 (0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 ; 1,15) permettant ainsi de modéliser et donc de cartographier une collection de crues d'amplitude croissante. Ainsi à titre d'exemple, un scénario noté Q0,6 représente la cartographie d'une crue dont les hydrogrammes d'entrée correspondent à 60 % du débit observé lors de la crue de référence ».

Précisons que la crue de référence sur la Seine est bien évidemment celle de janvier 1910.

Une analyse préliminaire sur les résultats de l'étude SAFEGE de 2011 a montré que les premiers débordements sur les ZAC se produisaient pour le scénario hydrologique Q0,85.

Aussi, les données (hydrogrammes et limnigrammes) ont été demandées à la DRIEE Ile-de-France (Service de Prédiction des crues Seine moyenne - Yonne - Loing DRIEE IF/SPRN/PHPC), pour les scénarios R0,85, R1, et R.1,1, aux points suivants :

- ✓ Alfortville sur la Seine ;
- ✓ Créteil sur la Marne ;
- ✓ entrée Paris sur la Seine.

Le scénario R1 correspond donc aux débits reconstitués de la crue de 1910, il conduit à des niveaux inférieurs aux niveaux d'eau historiques recensés pour cette crue de référence, en raison des modifications importantes qu'a subi le lit mineur de la Seine entre 1910 et aujourd'hui. Le scénario R1,1 correspond à une situation de débits supérieurs qui permet de retrouver ces niveaux historiques.

4.3. Autres données exploitées

D'autres données ont été exploitées pour les besoins du modèle hydraulique, notamment :

- ✓ les données cadastrales mises à notre disposition par l'EPA ORSA ; utiles pour adapter le maillage de calcul 2D ;

- ✓ les données relatives à l'occupation des sols (SITADEL et Mode d'Occupation des Sols), également fournis par l'EPA ORSA ; utiles pour adapter notamment les coefficients de rugosité du modèle selon les secteurs ;
- ✓ les cartes et niveaux de référence du PPRi de la Seine et de la Marne dans le département du Val-de-Marne, disponibles sur internet ; utiles pour caler le modèle hydraulique ; elles concernent les crues historiques de 1924 et 1910 ;
- ✓ les données et les résultats du modèle hydraulique existant de la Seine sous TELEMAC 2D réalisé lors de l'étude précédente par SAFEGE ; utiles à titre de comparaison, même si les données ne sont pas strictement les mêmes (différences sur MNT et scénarios Alphee) ;
- ✓ les données relatives aux projets sur les deux ZAC, mis à notre disposition par l'EPA ORSA ; nécessaires à leur intégration au modèle hydraulique pour évaluer leur incidence.

5. Modélisation hydraulique de l'état initial

5.1. Emprise de la modélisation

Les limites du modèle hydraulique sont :

- ✓ l'aval du barrage Ablon constituant la limite amont sur la Seine ;
- ✓ l'aval du barrage Saint Maurice caractérisant la limite amont de la Marne ;
- ✓ le pont du boulevard périphérique, soit l'entrée de Paris définissant sa limite aval.

La figure ci-dessous représente l'emprise du modèle, ainsi que les différents niveaux de précision du maillage de calcul 2D :

- ✓ le lit mineur de la Seine est représenté en 1D ;
- ✓ le périmètre éloigné est représenté en 2D sur la base d'un maillage sommaire tenant compte de l'occupation des sols pour ajuster les coefficients de rugosité ;
- ✓ le périmètre proche de la zone d'intérêt est représenté en 2D sur la base d'un maillage plus fin qui tient compte de l'occupation des sols et des limites de parcelles ;
- ✓ le périmètre immédiat est représenté en 2D sur la base d'un maillage encore plus fin qui intègre l'occupation des sols et le bâti.

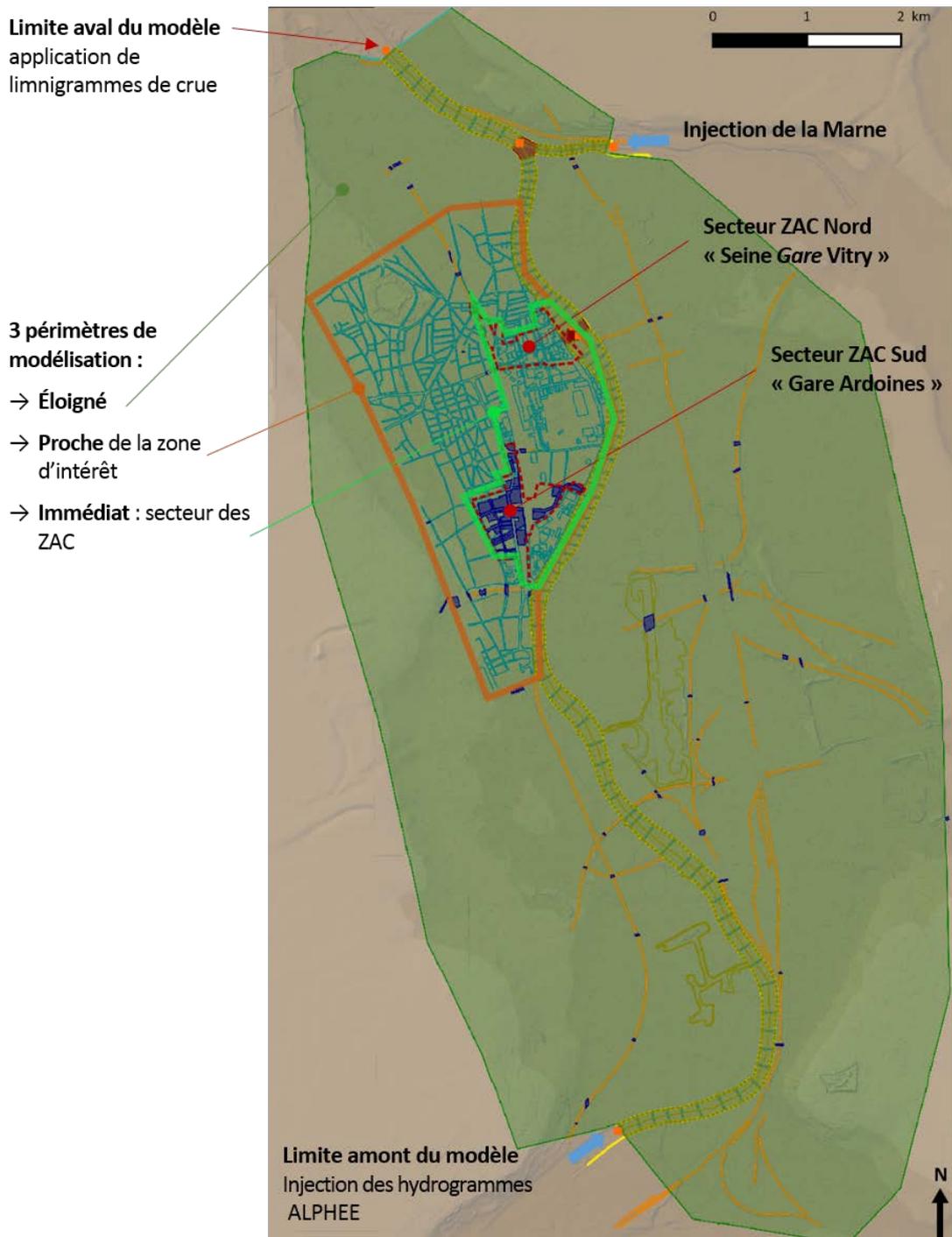


Figure n° 10 – Vue d'ensemble du modèle hydraulique et des différents niveaux de précision du maillage de calcul 2D

5.2. Schématisation des écoulements

5.2.1. Lit mineur de la Seine : schématisation 1D

Le lit mineur de la Seine est représenté par un modèle monodimensionnel. Il est constitué de profils transversaux représentant les sections hydrauliquement actives de l'écoulement. Ces profils sont espacés de 200 m loin de la zone d'intérêt (amont Pont de Choisy) et de 100 m aux abords des futures zones aménagées.

Le modèle du lit mineur intègre également des ouvrages au niveau de la zone de projet, avec de l'amont vers l'aval, le pont de l'autoroute A86, la passerelle GDF, le barrage et le pont du Port-à-l'Anglais et le pont d'Ivry. Les autres ponts n'ont pas été modélisés car ils se situent en amont de la zone de projet et / ou ont peu d'influence sur les écoulements de la Seine en crue.

5.2.2. Lit majeur : schématisation 2D flexible

Comme indiqué précédemment, le lit majeur est représenté selon un schéma 2D, dont le niveau de détail est adapté selon la proximité des futures zones aménagées. La Figure n° 11 représente, pour ces différents secteurs, les éléments exploités pour le façonnage du maillage.

Le périmètre éloigné prend en compte l'occupation des sols et les obstacles formés par les ensembles bâtis sous la forme de zones de rugosité plus ou moins importantes. Ces zones de rugosité sont basées sur le découpage issu du Mode d'Occupation des Sols (MOS). Les remblais d'infrastructure sont intégrés en tant qu'obstacles linéaires, les débordements étant calculés selon une loi de seuil prenant en compte les caractéristiques de ces remblais (profils longitudinaux et sections transversales). Les points de passage sous ces remblais sont aussi intégrés au modèle.

Au sein du périmètre rapproché, l'effet de blocage lié aux ensembles bâtis est représenté par des murs dits « poreux », intégrés au maillage. Ces éléments permettent de laisser filtrer une partie du débit, et possèdent une hauteur limitée. Ils représentent schématiquement les obstacles généralement observés au droit de la limite entre les parcelles bâties et les zones de trottoir/voirie (haies, murets, clôtures, etc...), qui ne sont de manière générale par imperméables à l'inondation. La rugosité prise en compte dans le calcul hydraulique est toujours tirée du MOS, affiné sur les surfaces de voiries pour une prise en compte fine de celles-ci.

Enfin, les secteurs qui seront aménagés dans le cadre de l'opération sur les Ardoines, font l'objet d'une représentation plus fine, au bâti. Des murs poreux sont mis en œuvre au droit des limites de parcelles et des limites de bâtiments, leur capacité à laisser plus ou moins l'inondation étant configurée en fonction des caractéristiques observées localement. Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des obstacles mis en place, leur localisation est présentée en Figure n° 11.

	<i>Bâti</i>	<i>Parcelles</i>	
		<i>Murs</i>	<i>Absence de murs</i>
<i>Porosité</i>	0.001	0.1	1
<i>Signification</i>	Infiltration de 0.1% du débit, écoulement quasi nul	Infiltration de 10 % du débit, écoulement faible	Aucun blocage de l'écoulement

Tableau n° 2 – Classification des murs poreux

NB : Avec une porosité de 0.001, le bâti est considéré comme quasi-étanche.

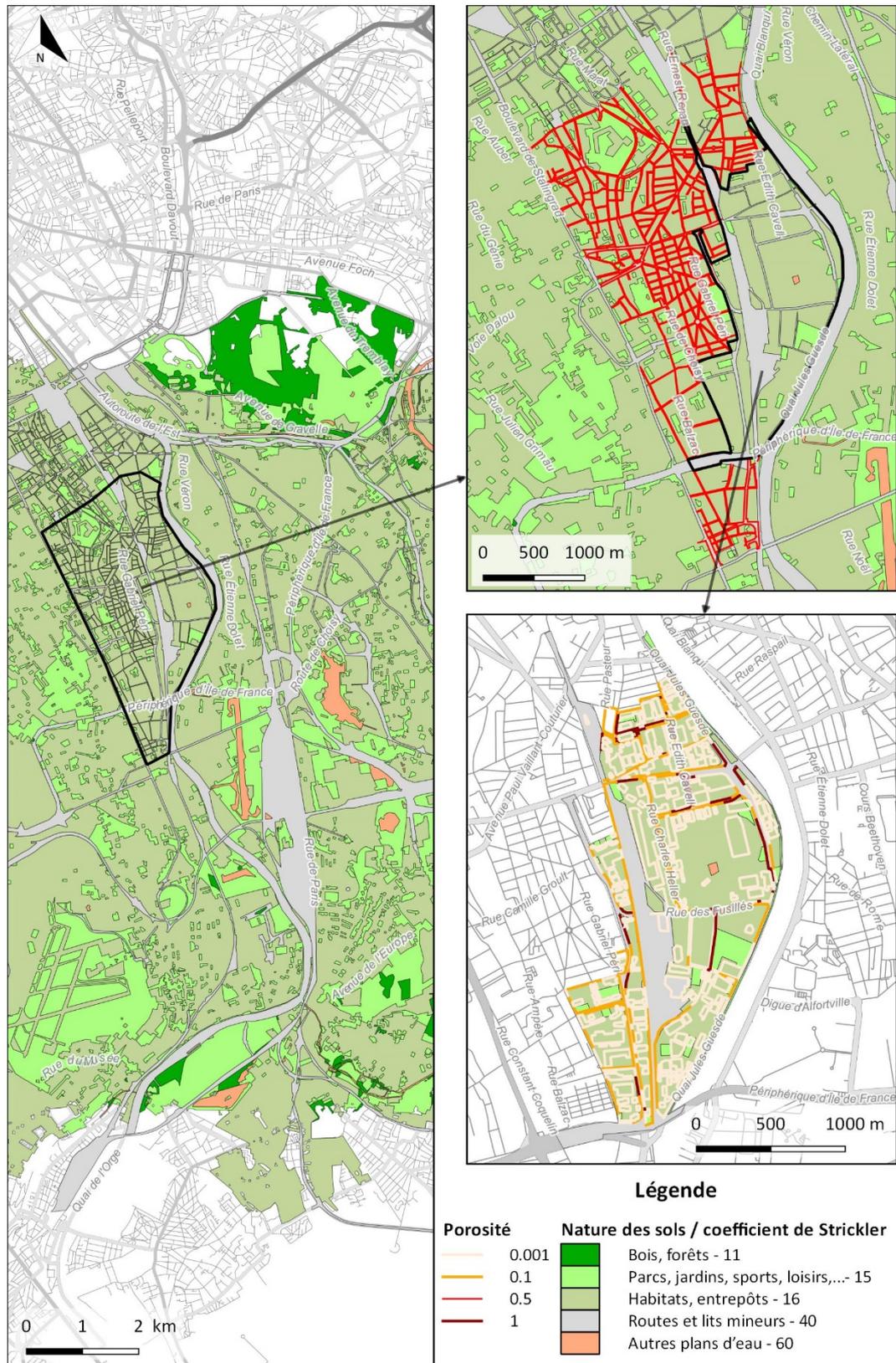


Figure n° 11 – Eléments de façonnage du maillage : rugosité et murs poreux selon les secteurs

5.2.3. Interface lit mineur / lit majeur

L'interface 1D/2D correspond aux lignes de berges rive droite et gauche, dont l'altimétrie est fixée par le MNT. Précisons que les murettes anti-crue ont été intégrées, et que les ouvertures sont censées être équipées de batardeaux au moment de la crue.

L'interface entre les domaines 1D et 2D du modèle hydraulique se fait au moyen de lois usuelles de déversements au-dessus de seuils, et fonctionne dans les deux sens, en remplissage de la zone inondable par surverse du lit mineur au-dessus de la berge, mais aussi en vidange du lit majeur vers le lit mineur, en fonction des niveaux d'eau de part et d'autre.

5.3. Conditions aux limites

Comme indiqué précédemment, les conditions aux limites du modèle consistent pour chaque scénario de crue étudié en :

- ✓ un hydrogramme aux deux limites amont respectivement sur la Seine et sur la Marne ;
- ✓ un liminigramme à la limite aval à l'entrée de la Seine dans Paris.

Les valeurs de référence ainsi utilisées sont résumées ci-après.

Scénario	Débit de la Seine [$m^3.s^{-1}$]	Débit de la Marne [$m^3.s^{-1}$]	Cote entrée Paris [m-NGF]
R0.85 (1924)	1470	680	33.48
R1 (1910-)	1673	790	34.41
R1.1 (1910+)	1816	875	35.05

Tableau n° 3 – Valeurs caractéristiques des crues étudiées (Source : DRIEE Ile-de-France)

Les données issues des scénarios Alphee de la DRIEE Ile-de-France sont représentées ci-après.

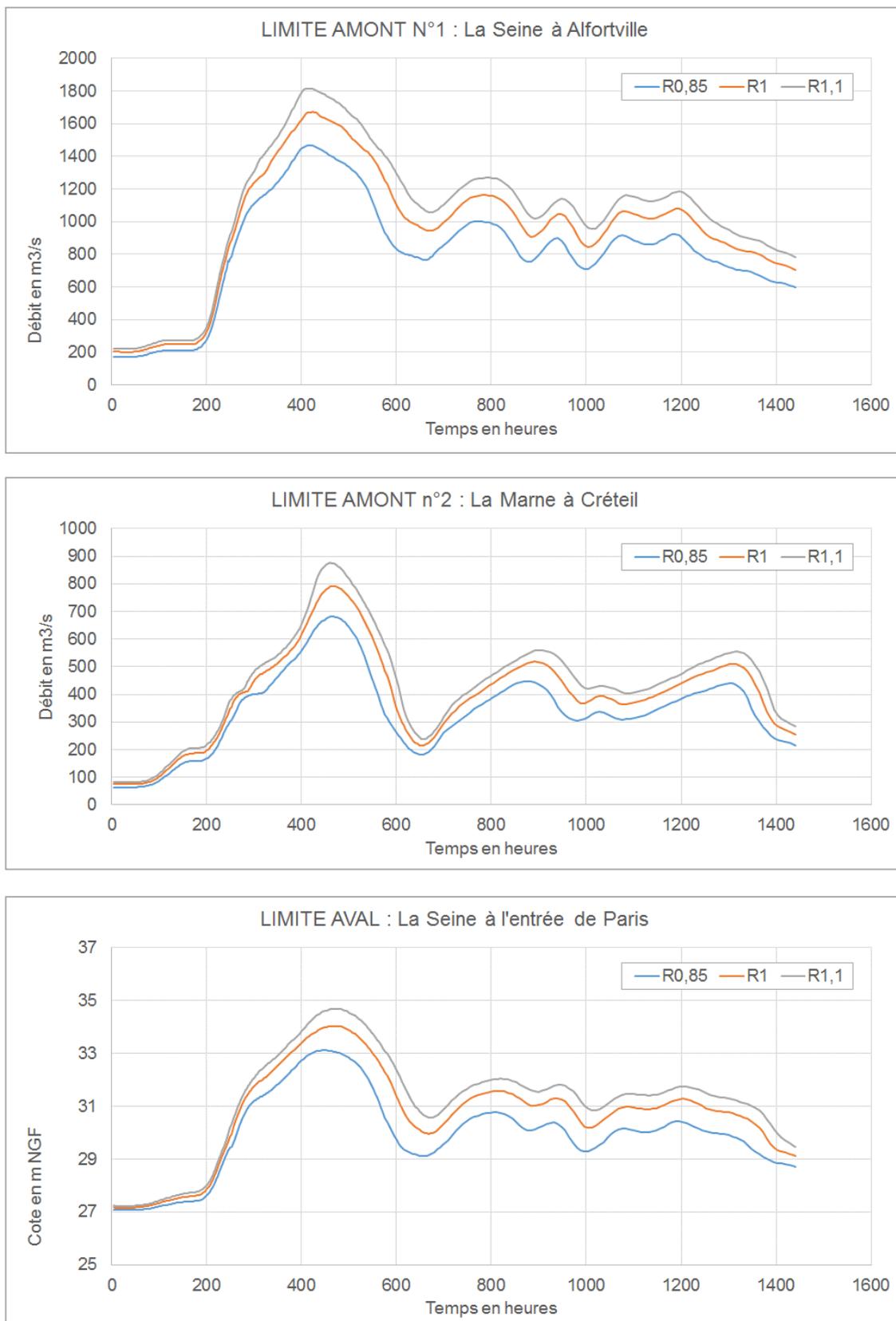


Figure n° 12 – Hydrogrammes et limnigrammes imposés aux limites du modèle pour les différentes situations hydrologiques

5.4. Calage et validation du modèle

Le modèle hydraulique dans son état représentatif de la situation initiale peut être calé par rapport aux niveaux de référence issus du PPRI. On dispose de deux crues pour lesquelles les niveaux historiques ont été reconstitués : celle de 1924 et celle de 1910.

La démarche suivante a été retenue :

- calage du modèle hydraulique pour le scénario R0.85 à l'aide des cotes issues du PPRI pour la crue de 1924 ;
- validation du modèle pour le scénario R1.1, en utilisant les cotes fournies par le PPRI.

Les ponts d'Ivry, la passerelle GDF et le pont de l'autoroute A86 n'existant pas en 1910 et 1924, ils ne sont pas intégrés au modèle pour le calage. Ils le seront dans l'état initial (voir paragraphe 5.6). Une comparaison entre le modèle de calage et celui de l'état initial est présentée dans le paragraphe 5.5.

5.4.1. Calage pour la crue de 1924 (scénario R0.85)

Le principal paramètre de calage est le coefficient caractérisant la rugosité du sol, communément appelé le coefficient de Strickler. Ce dernier varie donc en fonction de la nature du sol comme indiqué précédemment. Les autres coefficients de calage possibles sont les coefficients de débit sur les berges utilisés pour calculer les échanges entre lits mineur et majeur.

La figure suivante compare la ligne d'eau calculée par le modèle hydraulique aux cotes de référence de la crue de 1924 en différents points le long de la zone d'étude.

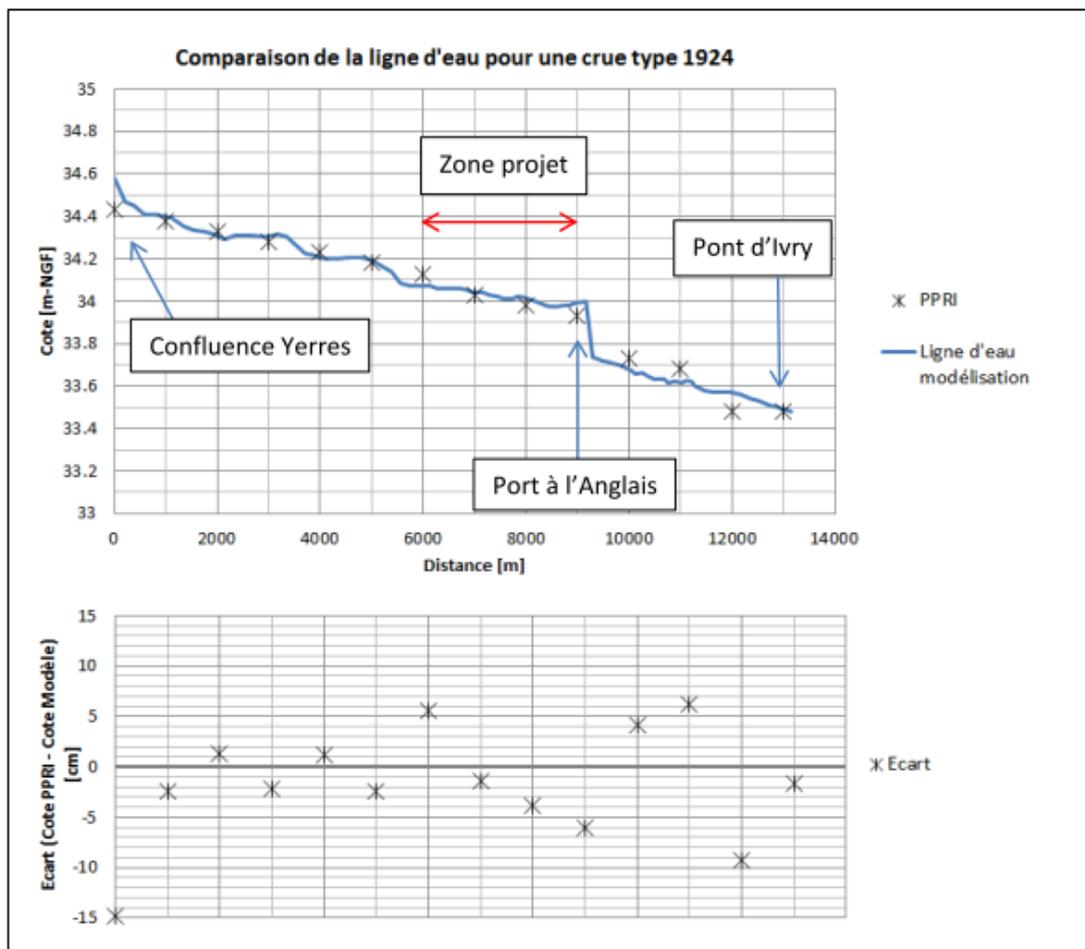


Figure n° 13- Profil en long de la ligne d'eau maximale pour la crue de 1924

On note la bonne adéquation entre les niveaux calculés par le modèle et les niveaux de référence du PPRI pour cette crue de 1924. Sur les 13 kilomètres modélisés et sur la base de 14 points de comparaison, l'écart moyen est de - 2 cm (surévaluation du modèle). Sur la zone de projet, une surévaluation maximale du niveau d'eau de 7 cm est à noter. L'écart moyen sur cette même zone est de 5 cm. Le calage du modèle hydraulique est donc parfaitement satisfaisant.

Notons que le modèle hydraulique, tout comme les cotes de référence du PPRI pour cette crue de 1924, ne mettent pas en évidence de surverse en rive gauche de la Seine pour cette gamme de débit (soit 2.100 m³/s à l'entrée de Paris). Une crue avec un débit de pointe de 2.200 m³/s à l'entrée de Paris conduit à des premiers débordements au droit de la ZAC Seine Gare Vitry.

5.4.2. Validation du modèle pour la crue de 1910 (scénario R1.1)

La figure suivante compare quant à elle la ligne d'eau calculée par le modèle hydraulique développé dans la présente étude aux niveaux de référence du PPRI pour la crue de 1910 et à la même ligne d'eau calculée en 2011 par le modèle élaboré par SAFEGE.

On note une nouvelle fois la bonne adéquation du modèle avec les cotes de référence. L'écart moyen sur les 13 kilomètres modélisés et 14 points de comparaison est de + 5 cm en faveur du modèle qui montre donc une tendance à surestimer les niveaux d'eau au sein de la Seine.

Entre 0 et 5 km, le modèle surestime les niveaux d'eau PPRI seulement (soit de 4 à 9 km à l'amont du collège). Ces écarts sont sûrement dus à une évolution du lit (majeur et mineur) de la Seine entre 1910 et aujourd'hui.

Au-delà de 5 km, le modèle est cohérent avec les niveaux PPRI. Comme pour le scénario R0.85, le modèle intègre la perte de charge du pont du Port-à-l'Anglais, visible sur les niveaux historiques et les coefficients de perte de charge ont été calés sur la base de ces niveaux.

Remarque : La ligne d'eau du modèle SAFEGE est cohérente avec celle du modèle sauf au niveau du Port-à-l'Anglais où il n'existe pas de perte de charge dans le modèle SAFEGE.

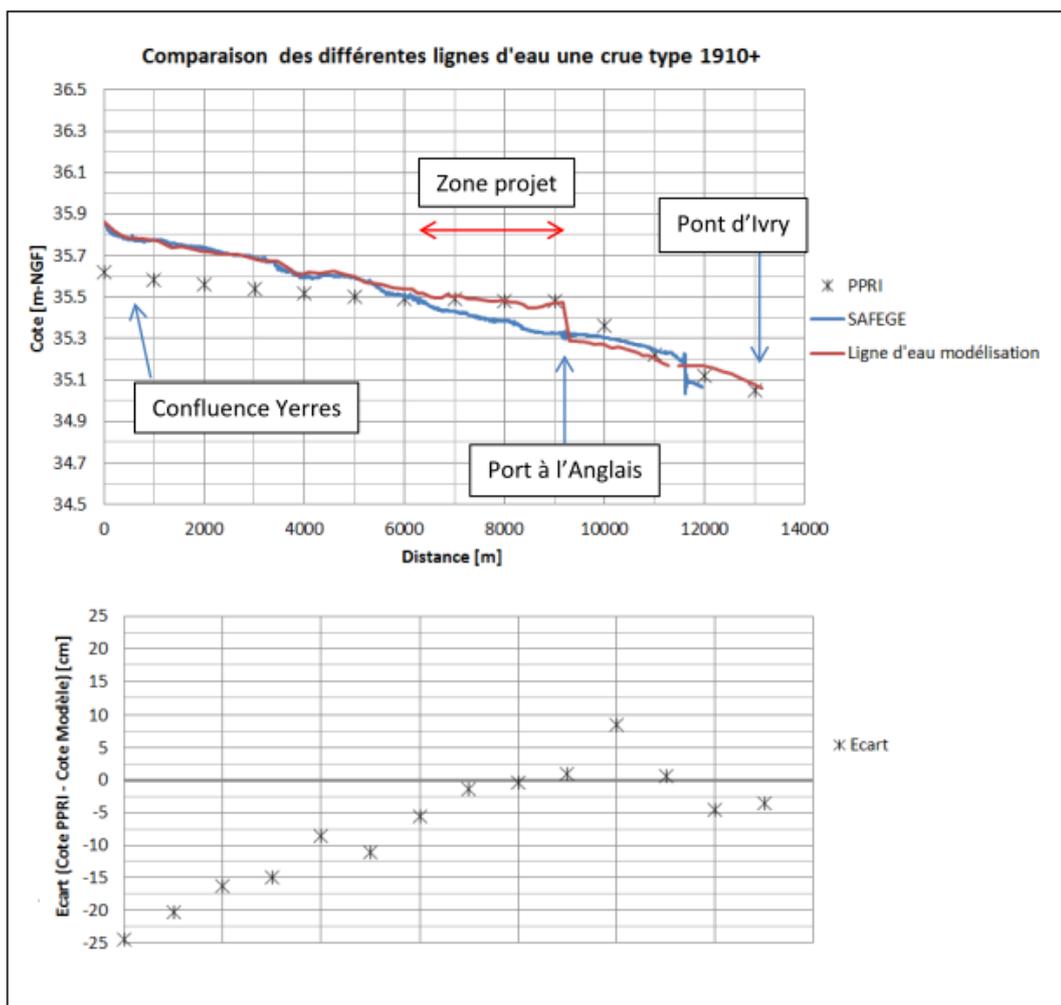


Figure n° 14 – Profil en long de la ligne d'eau pour la crue de 1910

5.5. Sensibilité du modèle

Plusieurs paramètres du modèle, tels que le coefficient de Strickler, les pertes de charge singulières, les murs poreux et la condition aval, ont été modifiés pour caractériser la sensibilité du modèle.

5.5.1. Coefficient de Strickler

Le coefficient de Strickler du lit mineur de la Seine caractérise la rugosité de ce dernier. Un coefficient de 40 a été retenu lors du calage du modèle. Une nouvelle simulation a été faite avec un coefficient de 30. La rugosité est ainsi plus élevée entraînant un exhaussement de la ligne d'eau comme le montre la figure ci-dessous.

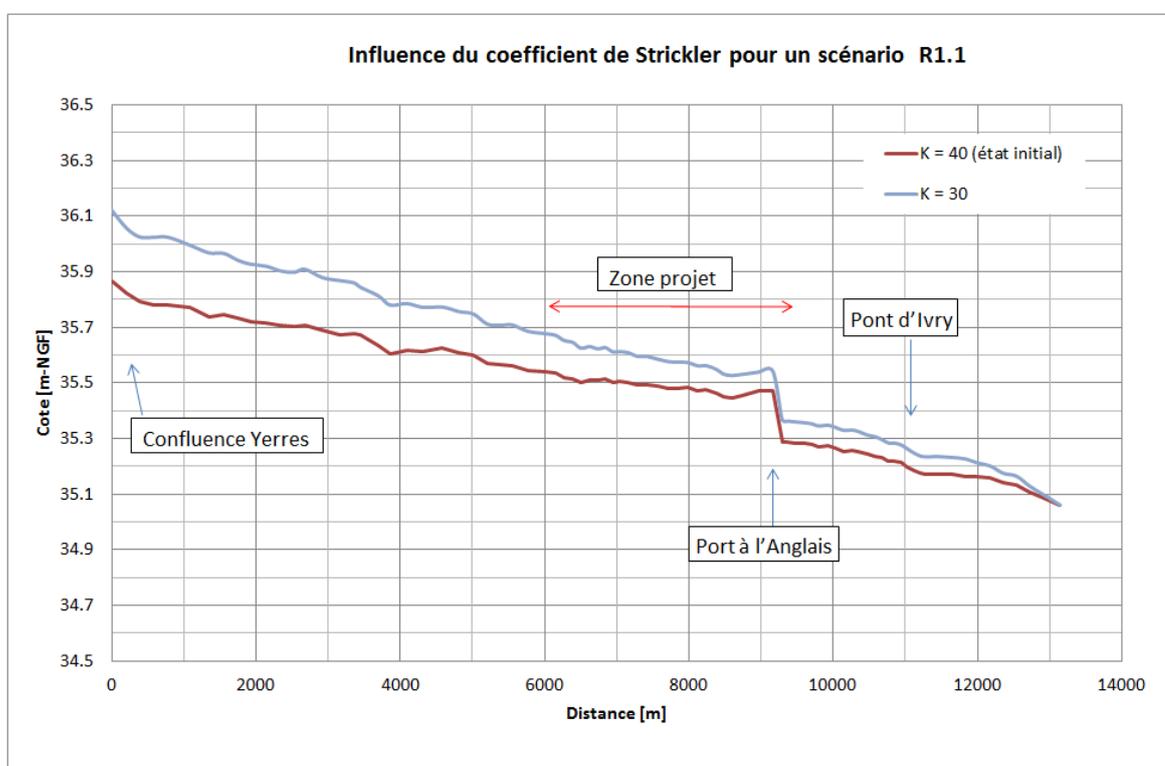


Figure n° 15 – Influence du coefficient de Strickler sur le profil en long de la ligne d'eau pour la crue de 1910 (scénario R1.1)

Sur la zone de projet, l'exhaussement varie entre 7 cm, à l'aval du barrage du Port-à-l'Anglais, et 14 cm (km 6). L'écart est plus grand à l'aval de la zone de projet qu'à l'amont de par l'influence de la condition aval (écoulement fluvial), identique dans les deux cas. L'exhaussement reste relativement faible au niveau du projet, de l'ordre de la précision du calage (10 cm – précision de la mesure).

5.5.2. Condition aval

Un limnigramme est imposé comme condition aval du modèle. Une nouvelle simulation a été faite avec un niveau aval exhaussé de 10 cm. La figure ci-après présente les profils en long des lignes d'eau pour les deux simulations.

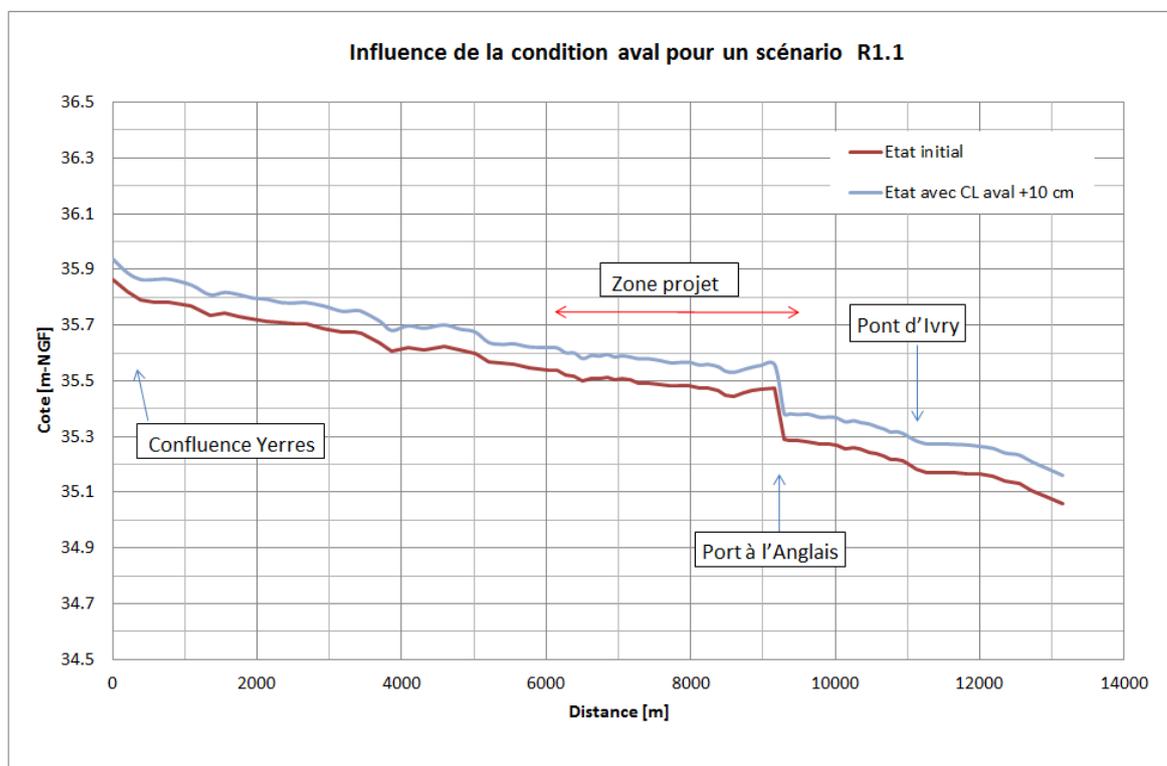


Figure n° 16 – Influence de la condition aval sur le profil en long de la ligne d'eau pour la crue de 1910 (scénario R1.1)

Sur la zone de projet, l'exhaussement varie entre 9 cm, à l'aval du barrage du Port-à-l'Anglais, et 8 cm (km 6). L'influence de la condition aval (écoulement fluvial) remonte nettement en amont car la pente de la ligne d'eau est faible. Avec un exhaussement de 10 cm de la condition aval, de l'ordre de la précision de mesure, l'exhaussement reste faible au niveau du projet.

5.5.3. Ponts

Une comparaison entre le modèle de calage (sans ponts) et celui de l'état initial (avec ponts) est présentée dans la figure ci-après. Pour rappel, les ponts concernés sont ceux d'Ivry, la passerelle GDF et celui de l'autoroute A86.

Sur la zone de projet, l'exhaussement dû aux ponts varie entre 5 cm, à l'aval du barrage du Port-à-l'Anglais, et 15 cm (km 6). La ligne d'eau « état initial avec ponts » est ainsi au-dessus des niveaux du PPRI sur cette zone, principalement entre la passerelle GDF et l'autoroute A86.

De plus, une nouvelle simulation a été faite en augmentant les pertes de charge singulières de tous les ouvrages modélisés, y compris le Port-à-l'Anglais. La figure 18 ci-après présente les profils en long des lignes d'eau pour les deux simulations.

Sur la zone de projet, l'exhaussement varie entre 3 cm, à l'aval du barrage du Port-à-l'Anglais, et 13 cm (km 6). L'exhaussement maximal de 13 cm, à l'amont de l'autoroute A86, reste tout de même relativement faible de l'ordre de la précision du calage (10 cm – précision de la mesure).

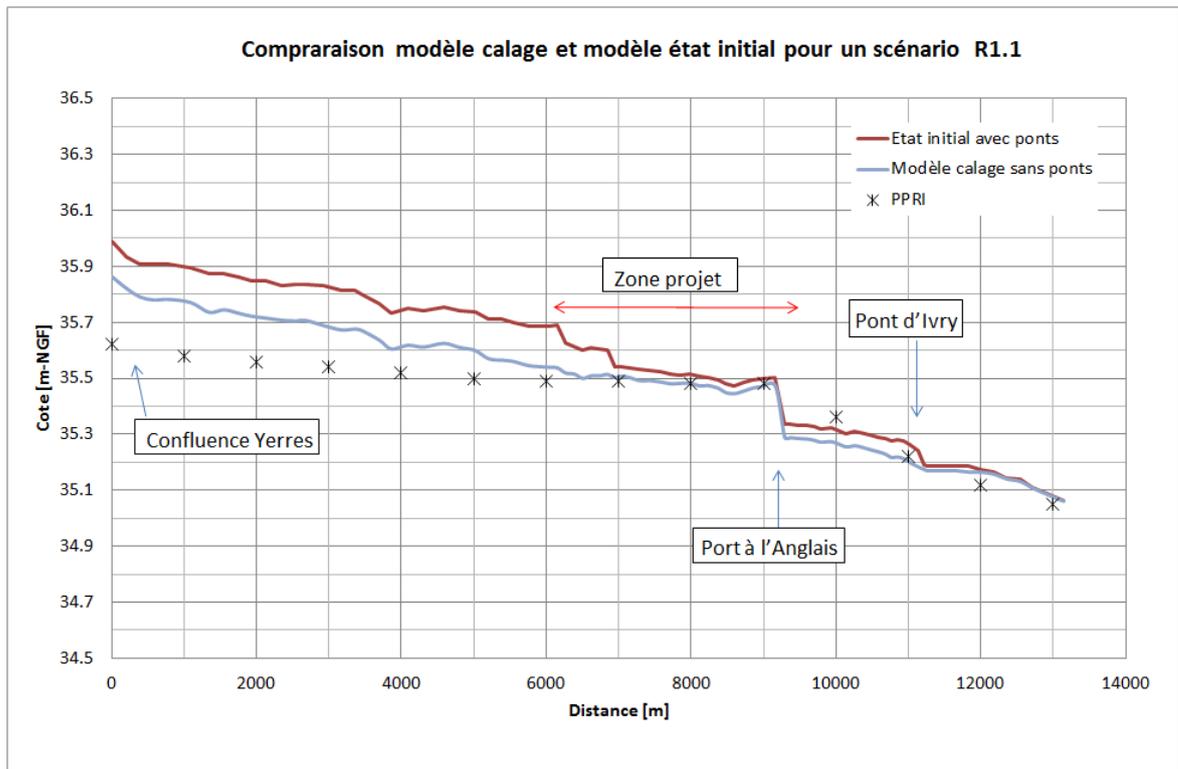


Figure n° 17 – Comparaison de l'état initial avec et sans ponts sur le profil en long de la ligne d'eau pour la crue de 1910 (scénario R1.1)

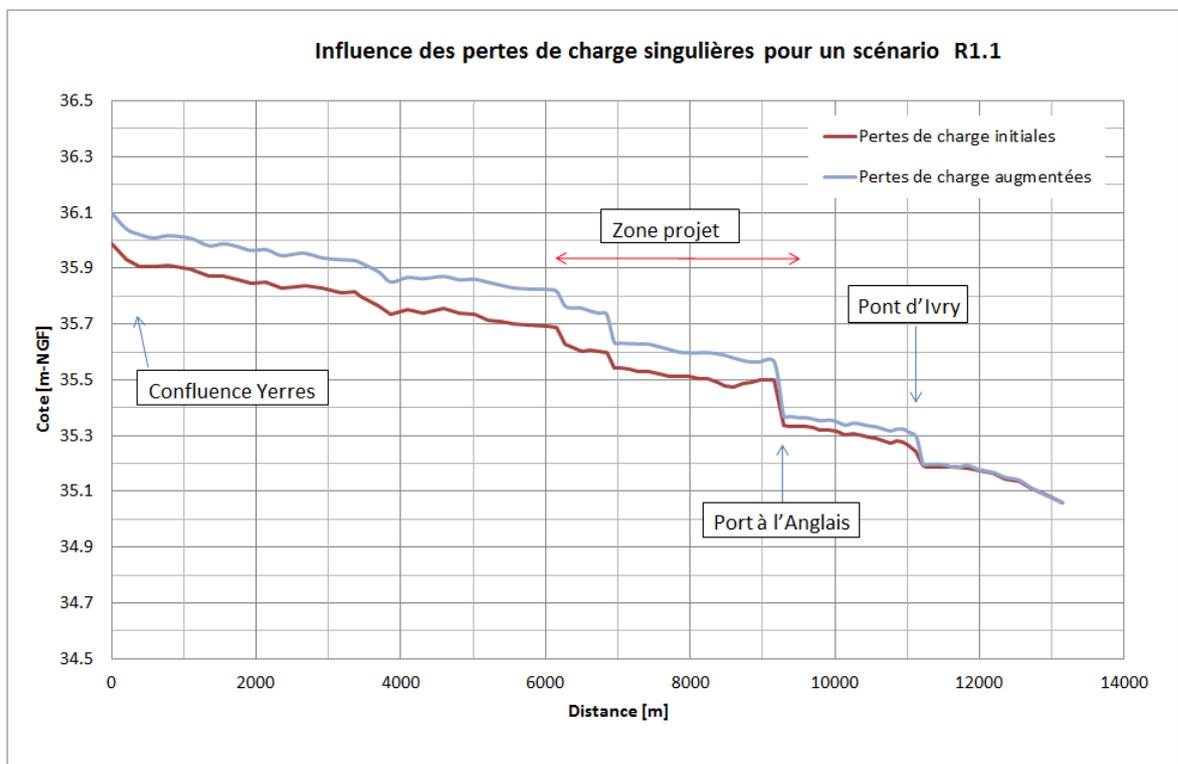


Figure n° 18 – Influence des pertes de charge singulières sur le profil en long de la ligne d'eau pour la crue de 1910 (scénario R1.1)

5.5.4. Murs poreux

Les murs poreux sont des éléments de forçage du maillage (obstacles) permettant de laisser filtrer une partie du débit sur une hauteur limitée. Une nouvelle simulation a été faite avec des porosités réduites au niveau des parcelles (0.3 respectivement 0.05 au lieu de 0.5 respectivement 0.1) dans le périmètre de la ZAC et à proximité. Les écoulements sont ainsi plus concentrés sur les voiries autour des parcelles.

Une cartographie sur ce test de sensibilité figure en annexe de ce rapport.

Les écarts sont faibles, avec un écart maximal de +3 cm. On observe toute une zone au sud-est de la ZAC Gare Ardoines avec des impacts compris en 1 et 3 cm alors qu'ailleurs l'impact est globalement nul. Cette zone en bordure de Seine est en effet ceinturée par un mur poreux.

5.5.5. Synthèse

Le modèle est sensible aux différents paramètres testés. Cette sensibilité reste tout de même relativement faible. En effet, dans la zone de projet, la variation des paramètres entraîne une modification de la ligne d'eau située dans l'ordre de précision du calage (10 cm – précision de la mesure).

5.6. Principaux résultats sur l'état initial

Les simulations des scénarios R1.0 et R1.1 ont donc été effectuées pour l'état initial, c'est-à-dire pour la situation actuelle d'aménagement du secteur des Ardoines.

Les cartes des niveaux de submersion et de vitesses d'écoulement pour chaque situation hydrologique étudiée sont jointes au rapport.

Les résultats remarquables sont présentés dans les tableaux ci-après sur la future emprise de la ZAC Seine Gare Vitry. Les tableaux distinguent pour les surfaces inondées les surfaces « nues » hors bâti actuel et les surfaces « bâties », sachant que l'approche retenue par le modèle considère que ces bâtiments actuels font certes obstacles aux écoulements, mais qu'ils ne sont pas complètement étanches comme c'est le cas dans la réalité.

ZAC Seine Gare Vitry					
<i>Scénario</i>	<i>Surface inondée hors bâti [ha]</i>	<i>Surface inondée bâti [ha]</i>	<i>Volume stocké [m³]</i>	<i>Cote moyenne [m-NGF]</i>	<i>Cote max [m-NGF]</i>
R1.0	18.54	7.23	227 260	34.67	34.81
R1.1	22.57	9.16	433 500	35.35	35.69

Tableau n° 4 – Principaux résultats relatifs à l'état initial sur l'emprise de la ZAC Seine Gare Vitry

Pour les scénarios R1.0 et R1.1, la ZAC Seine Gare Vitry est inondée presque en totalité. Seules les extrémités sud-ouest et sud-est ne sont pas inondées.

6. Modélisation de l'état projet de la ZAC Seine Gare Vitry (SGV) sans mesures compensatoires

6.1. Hypothèses retenues

Le projet proposé par l'équipe de maîtrise d'œuvre sur la ZAC Seine Gare Vitry a ensuite été intégré au modèle hydraulique. Les principales différences avec l'état initial sont listées ci-dessous :

- un « creusement » du Modèle Numérique de Terrain de 1 à 3 m sous le terrain naturel afin de représenter les parkings inondables ;
- l'intégration des routes remblayées à la cote 35.50 m-NGF ;
- l'absence pour ce premier calcul de cadre sous le remblai de la rue Allende, afin de bien évaluer l'éventuel obstacle local ;
- la construction de deux types de bâtiments selon le tableau ci-après.

	<i>Bâtiments avec rez-de-chaussée fermé</i>	<i>Bâtiments avec rez-de-chaussée ouvert</i>
<i>Mode d'intégration au modèle</i>	Mur poreux de 0.001 sur une hauteur de 6 m	Parcelle de porosité 0.5 sur une hauteur de 3 m
<i>Conséquence</i>	Impose un écoulement quasi-nul à travers cette surface	Blocage du débit au niveau de la parcelle et à hauteur de 50%

Tableau n° 5 – Hypothèses de modélisation des bâtiments de la ZAC SGV

Remarque : Concernant les parkings, même s'ils sont intégrés et représentés en tant qu'éléments 2D au sein du maillage, il n'y a pas d'écoulement au sein du parking et d'un parking à l'autre, puisque tout simplement l'altitude des mailles ne permet pas de produire un écoulement (différence de cote entre le fond de parking et le TN au niveau de la rue). Les volumes stockés dans les parkings sont ainsi des volumes morts.

La figure suivante synthétise ces différentes hypothèses pour **l'état projet à terme**, c'est-à-dire toute la ZAC Seine Gare Vitry aménagée.



Figure n° 19 – Modélisation de l'état projet de la ZAC Seine Gare Vitry

6.2. Comparaison état initial / état projet à terme sans mesures compensatoires

Les simulations des scénarios R1.0 et R1.1 ont été effectuées pour l'état projet à terme. Les éléments de comparaison remarquables (état projet – état initial) sont présentés dans le tableau ci-dessous. La carte des niveaux de submersion en situation projet est jointe au présent rapport. Elle fournit également les écarts par rapport à l'état initial.

ECARTS (Inondation état projet à terme – inondation état initial ZAC SGV)					
Scénario	Ecart Surface inondée hors bâti [ha]	Ecart Surface inondée bâti [ha]	Ecart Volume stocké [m ³]	Ecart Cote moyenne [cm]	Ecart Cote max [cm]
1.0	-0.95	-0.90	189 952	0	1
1.1	-2.08	-2.47	170 977	-1	-17

Tableau n° 6 – Synthèse de l'impact hydraulique du projet « Seine Gare Vitry »

Pour le scénario R1.0, l'impact est globalement neutre.

Pour le scénario R1.1, même si la surface inondée au sein de la ZAC est plus petite, le volume stocké est plus important du fait des parkings. La cote moyenne est abaissée de 1 cm, localement 17 cm.

Par ailleurs, l'impact sur le lit mineur de la Seine est nul.

En revanche, on note une surélévation contre le remblai sud de l'avenue S. Allende. En effet, dans un premier temps, l'inondation se fait par l'aval. L'eau est bloquée contre le remblai nord de la rue Allende mais elle le contourne par l'ouest. Ensuite, des débordements se font en amont, au niveau de la ZAC Gare Ardoines. L'écoulement se fait donc de l'amont vers l'aval et l'eau se retrouve alors bloquée contre le remblai sud de l'avenue S. Allende, ce qui impose des mesures compensatoires permettant de rétablir la transparence hydraulique de cette voie transversale à l'écoulement.



Figure n° 20 – Surélévation calculée à l'amont de la rue Salvador Allende sur la ZAC Seine Gare Vitry en l'absence de mesures compensatoires

6.3. Conclusion

Les premiers résultats, c'est-à-dire sans mesures compensatoires, de la modélisation de l'état projet de la ZAC Seine Gare Vitry montrent un impact globalement positif ou neutre. Un impact négatif local reste cependant à améliorer, celui de la surélévation contre le remblai sud de la rue Allende. Des mesures compensatoires doivent donc être définies pour réduire cet impact et font l'objet du chapitre suivant.

7. Modélisation de l'état projet de la ZAC Seine Gare Vitry (SGV) avec mesures compensatoires

La définition des mesures compensatoires et l'évaluation de l'incidence du projet de la ZAC Seine Gare Vitry se fait selon chaque phase d'aménagement (état 2025 puis état à terme), sachant que chacune d'elles doit démontrer sa neutralité.

7.1. Phase 2 (2025)

Cette modélisation du projet d'aménagement ne prend en compte que l'aménagement de la ZAC Seine Gare Vitry, sans aménagement en partie centrale et sur la ZAC Gare Ardoines, pour mesurer les impacts strictement liés à cette ZAC.

7.1.1. Hypothèses retenues

Les hypothèses décrites au paragraphe 6.1 sont reprises ici.

Pour compenser l'impact hydraulique contre le remblai sud de l'avenue S. Allende, a été testée la mise en place de cadres, sous le remblai et en différents endroits, de façon à assurer la continuité hydraulique Nord-Sud (débit de 3-4 m³/s par-dessus l'avenue S. Allende en situation initiale). La solution retenue est la mise en place d'un cadre en siphon le long de la rue C. Heller et deux cadres en siphon le long de la rue E. Cavell. Deux noues sont aussi créées le long de la rue E. Cavell pour guider l'écoulement vers les cadres (voir description de la démarche dans le paragraphe 7.1.3).

Pour les cadres le long de la rue E. Cavell, leur radier a été calé à la cote de l'avenue S. Allende dans ce secteur (soit 34.75 m-NGF) de façon à reproduire la surverse par-dessus cette avenue en situation initiale et à ne pas inonder trop tôt la zone située derrière le remblai sud de l'avenue rehaussée (partie centrale).

Pour le cadre le long de la rue C. Heller, en situation initiale, l'inondation de la zone située derrière le remblai sud de l'avenue S. Allende (partie centrale) ne se fait pas directement par surverse par-dessus l'avenue car l'avenue est trop haute à cet endroit. Le radier du cadre a été ainsi calé par rapport au niveau d'eau à l'entrée du cadre côté ZAC SGV au moment de l'inondation de la zone située près du cadre côté partie centrale (soit 35.00 m-NGF).

La figure suivante localise ces aménagements et reprend les hypothèses décrites ci-dessus.



Figure n° 21 – Modélisation de l'état projet de la ZAC Seine Gare Vitry en phase 3

7.1.2. Bilan déblais / remblais

Le bilan déblais / remblais est présenté dans le tableau ci-dessous. Il prend en compte pour les déblais : les bâtiments démolis et les parkings projetés, et pour les remblais : l'emprise au sol des bâtiments projetés et les remblais sur espaces publics (voiries). Les volumes des bâtiments (existants ou projetés) sont calculés entre la cote 35.50 m NGF, cote de référence du PPRI, et la cote d'implantation du bâti.

BILAN GLOBAL DEBLAIS - REMBLAIS ZAC Seine Gare Vitry							BILAN par phase
	déblais (par type)	tranche altimétrique	volume	remblais (par type)	tranche altimétrique	volume	
phase 2	bâtiments démolis	entre TN et 35,5	94 500	emprise au sol des bâtiments projetés	entre TN et 35,5	67 200	phase2
	parkings projetés	entre 31.5 - 32.5 - 33.5 et TN	161 000	espaces publics	entre TN et 35,5	32 100	
TOTAL phase 1			255 500			99 300	+ 156 200

Tableau n° 7 – Bilan déblais / remblais de l'état projet de la ZAC Seine Gare Vitry en phase 2

A la lecture du tableau, on se rend compte que le bilan est largement excédentaire (+156 200 m³ de volume disponible pour la crue). En effet, les volumes des parkings projetés sont nettement plus grands que ceux des espaces publics remblayés. Et d'autre part, la plupart des bâtiments prévus en phase projet sont sur pilotis ou ont des rez-de-chaussée ouverts.

7.1.3. Comparaison état initial / état projet pour le scénario R1.1

Les éléments de comparaison remarquables (état projet – état initial) sont présentés dans le tableau ci-dessous pour le scénario R1.1. La carte des niveaux de submersion est jointe au présent rapport. Elle fournit également les écarts par rapport à l'état initial.

		SCENARIO
		R1.1
COTES		
ACTUEL	<i>Cote moyenne [m-NGF]</i>	35.35
	<i>Cote max [m-NGF]</i>	35.69
FUTUR	<i>Cote moyenne [m-NGF]</i>	35.35
	<i>Cote max [m-NGF]</i>	35.56
	<i>Ecart Cote moyenne [m-NGF]</i>	0.00
	<i>Ecart Cote max [m-NGF]</i>	-0.13
SURFACES		
ACTUEL	<i>Surface inondée hors bâti [ha]</i>	22.57
	<i>Surface inondée bâti [ha]</i>	9.16
FUTUR	<i>Surface inondée hors bâti [ha]</i>	21.60
	<i>Surface inondée bâti [ha]</i>	6.36
	<i>Ecart Surface inondée hors bâti [ha]</i>	-0.97
	<i>Ecart Surface inondée bâti [ha]</i>	-2.80
VOLUMES		
ACTUEL	<i>Volume stocké hors bâti [m3]</i>	316 367
	<i>Volume stocké bâti [m3]</i>	117 195
FUTUR	<i>Volume stocké hors bâti [m3]</i>	403 364
	<i>Volume stocké bâti [m3]</i>	153 089
	<i>Ecart Volume stocké hors bâti [m3]</i>	86 997
	<i>Ecart Volume stocké bâti [m3]</i>	35 894

Tableau n° 8 – Synthèse de l'impact hydraulique du projet « Seine Gare Vitry » en phase 2 pour le scénario R1.1

Dans la ZAC SGV, même si la ZAC n'est pas totalement aménagée, on retrouve les mêmes conclusions qu'au paragraphe 6.2, à savoir un impact neutre, localement un abaissement jusqu'à 13 cm, et un stockage des eaux de crue dans les parkings. Le volume stocké total supplémentaire (bâti et hors bâti) pour ce scénario R1.1 est ainsi d'environ 123.000 m³ (86.997 + 35.894 m³ dans le tableau précédent). Il est proche des 156.200 m³ du bilan déblais/remblais du paragraphe 7.1.2, un peu plus faible car certains parkings ne sont pas inondés.

Dans la partie centrale, pour réduire l'impact d'une dizaine de centimètres contre le remblai sud de l'avenue Allende, la démarche a été la suivante :

1. La mise en place d'un cadre le long de la rue C. Heller, pour assurer la continuité hydraulique Nord-Sud, permet de réduire l'impact à 3 cm près de la rue C. Heller et jusqu'à 8 cm près de la rue E. Cavell.
2. L'impact étant toujours visible, un cadre le long de la rue E. Cavell a été testé et diminue l'impact à 1 cm près de la rue C. Heller et à 4 cm près de la rue E. Cavell.

3. Le secteur de la rue E. Cavell étant encore impacté, un deuxième cadre le long de la rue E. Cavell a été mis en place pour augmenter la capacité d'évacuation. En effet, en situation initiale, un débit important passe sur l'avenue S. Allende au niveau de la rue E. Cavell. L'impact est alors réduit à 2 cm près de la rue E. Cavell. Il n'y a plus d'impact près de la rue C. Heller.
4. Pour mieux guider l'écoulement venant du Sud le long de la rue E. Cavell et donc vers les deux cadres, deux noues le long de la rue E. Cavell ont été testées. L'influence de ces noues reste relativement faible et l'impact reste toujours de 2 cm près de la rue E. Cavell.

Il subsiste donc une surcote de 2 cm dans ce secteur à cause du niveau d'eau élevé dans la ZAC au nord (de l'autre côté du remblai de Salvador Allende), limitant ainsi le débit dans les cadres. Ailleurs, dans le périmètre des 300 ha des Ardoines, l'impact reste inférieur au centimètre.

De plus, on observe des impacts nuls dans le lit majeur en dehors du périmètre des 300 ha des Ardoines et dans le lit mineur de la Seine en amont, en aval et en tout point du projet.

7.1.4. Comparaison état initial / état projet pour le scénario R1.0

Les éléments de comparaison remarquables (état projet – état initial) sont présentés dans le tableau ci-dessous pour le scénario R1.0. La carte des niveaux de submersion est jointe au présent rapport. Elle fournit également les écarts par rapport à l'état initial.

		SCENARIO
		R1.0
		COTES
ACTUEL	<i>Cote moyenne [m-NGF]</i>	34.67
	<i>Cote max [m-NGF]</i>	34.81
FUTUR	<i>Cote moyenne [m-NGF]</i>	34.68
	<i>Cote max [m-NGF]</i>	34.79
	<i>Ecart Cote moyenne [m-NGF]</i>	0.01
	<i>Ecart Cote max [m-NGF]</i>	-0.02
		SURFACES
ACTUEL	<i>Surface inondée hors bâti [ha]</i>	18.54
	<i>Surface inondée bâti [ha]</i>	7.23
FUTUR	<i>Surface inondée hors bâti [ha]</i>	18.25
	<i>Surface inondée bâti [ha]</i>	5.48
	<i>Ecart Surface inondée hors bâti [ha]</i>	-0.29
	<i>Ecart Surface inondée bâti [ha]</i>	-1.75
		VOLUMES
ACTUEL	<i>Volume stocké hors bâti [m3]</i>	168 293
	<i>Volume stocké bâti [m3]</i>	58 970
FUTUR	<i>Volume stocké hors bâti [m3]</i>	259 958
	<i>Volume stocké bâti [m3]</i>	105 870
	<i>Ecart Volume stocké hors bâti [m3]</i>	91 665
	<i>Ecart Volume stocké bâti [m3]</i>	46 900

Tableau n° 9 – Synthèse de l'impact hydraulique du projet « Seine Gare Vitry » en phase 2 pour le scénario R1.0

Dans la ZAC SGV, on observe un impact de 1 cm sur la cote moyenne et un stockage des eaux de crue dans les parkings. Le volume stocké total supplémentaire (bâti et hors bâti) pour ce scénario R1.0 est ainsi d'environ 138 600 m³ (91.665 + 46.900 m³ dans le tableau précédent).

Cependant, sur la carte présentée en annexe, on observe une zone d'impact mais qui reste inférieure au centimètre. Ceci est dû au fait qu'en situation initiale, une partie de l'avenue S. Allende est inondée alors qu'en situation projet, elle est hors d'eau. Ce « petit volume » est stocké dans la ZAC. Il ne peut être évacué par les cadres car il inonderait la partie centrale qui n'est pas inondée en situation initiale.

Ailleurs, dans le périmètre des 300 ha des Ardoines, l'impact reste inférieur au centimètre.

De plus, on observe des impacts nuls dans le lit majeur en dehors du périmètre des 300 ha des Ardoines et dans le lit mineur de la Seine en amont, en aval et en tout point du projet.

7.2. Phase 3 (à terme)

La phase 3 du projet d'aménagement prévoit l'aménagement de chacune des ZAC et celui du cours Nord-Sud en partie centrale afin de mesurer les effets cumulés à l'échelle des 300 ha du projet des Ardoines.

7.2.1. Hypothèses retenues

Sur la ZAC SGV, les hypothèses sont les mêmes qu'en phase 2, à l'état d'aménagement près.

En partie centrale, le cours Nord-Sud est remblayé à la cote 35.50 m-NGF et le parc Arrighi, en bord de Seine, est décaissé d'autant en volume. Précisons que les îlots qui seront aménagés sur cette partie centrale sont supposés hydrauliquement neutres. L'état initial a donc été gardé sur ces zones pour ne pas générer d'impact.

Le cours Nord-Sud va bloquer les écoulements provenant de la Seine et se dirigeant vers l'Ouest et le Nord, notamment au niveau de la rue des Fusillés comme le montre la carte des vitesses jointe en annexe. Pour compenser cet impact, a été testée la mise en place de cadres, sous le remblai et en différents endroits, de façon à assurer la continuité hydraulique Est-Ouest (débit de 7-8 m³/s secteur Fusillés et 2-3 m³/s secteur Hénaff en situation initiale). La solution retenue est la mise en place de deux cadres le long de la rue des Fusillés et d'un cadre le long de la rue E. Hénaff. Une noue est aussi créée le long du cours Nord-Sud et de part et d'autre de la rue E. Hénaff pour guider l'écoulement vers les cadres.

Pour les cadres le long de la rue des Fusillés, leur radier a été calé à la cote du point haut du TN (soit 35.10 m-NGF) de façon à reproduire la surverse par-dessus ce point haut en situation initiale (écoulement Est-ouest) et à ne pas inonder trop tôt la zone située à l'Ouest du cours Nord-Sud.

Par ailleurs, la ZAC Gare Ardoines est également intégrée ; les hypothèses sont listées ci-dessous :

- un « creusement » du Modèle Numérique de Terrain de 32.50 m-NGF afin de représenter les parkings inondables ;
- une intégration des routes remblayées (cotes 35.50 m-NGF et au-delà) ;
- des bâtiments avec rez-de-chaussée fermé seulement, définis avec les mêmes hypothèses que pour ceux de la ZAC SGV, à savoir une porosité de 0.001 sur une hauteur de 6 m ;
- une porosité de 0.5 sur une hauteur de 3 m est appliquée à la parcelle.

La liaison Est-Ouest va bloquer les écoulements Nord-Sud, notamment au niveau de la rue L. Geffroy (débit de 8-9 m³/s sur cette rue en situation initiale), comme le montre la carte des vitesses jointe en annexe. Pour compenser cet impact (voir paragraphe 2.2.2), la solution retenue est la mise en place de deux cadres le long de la rue L. Geffroy.

La figure suivante localise ces aménagements et reprend les hypothèses décrites ci-dessus.

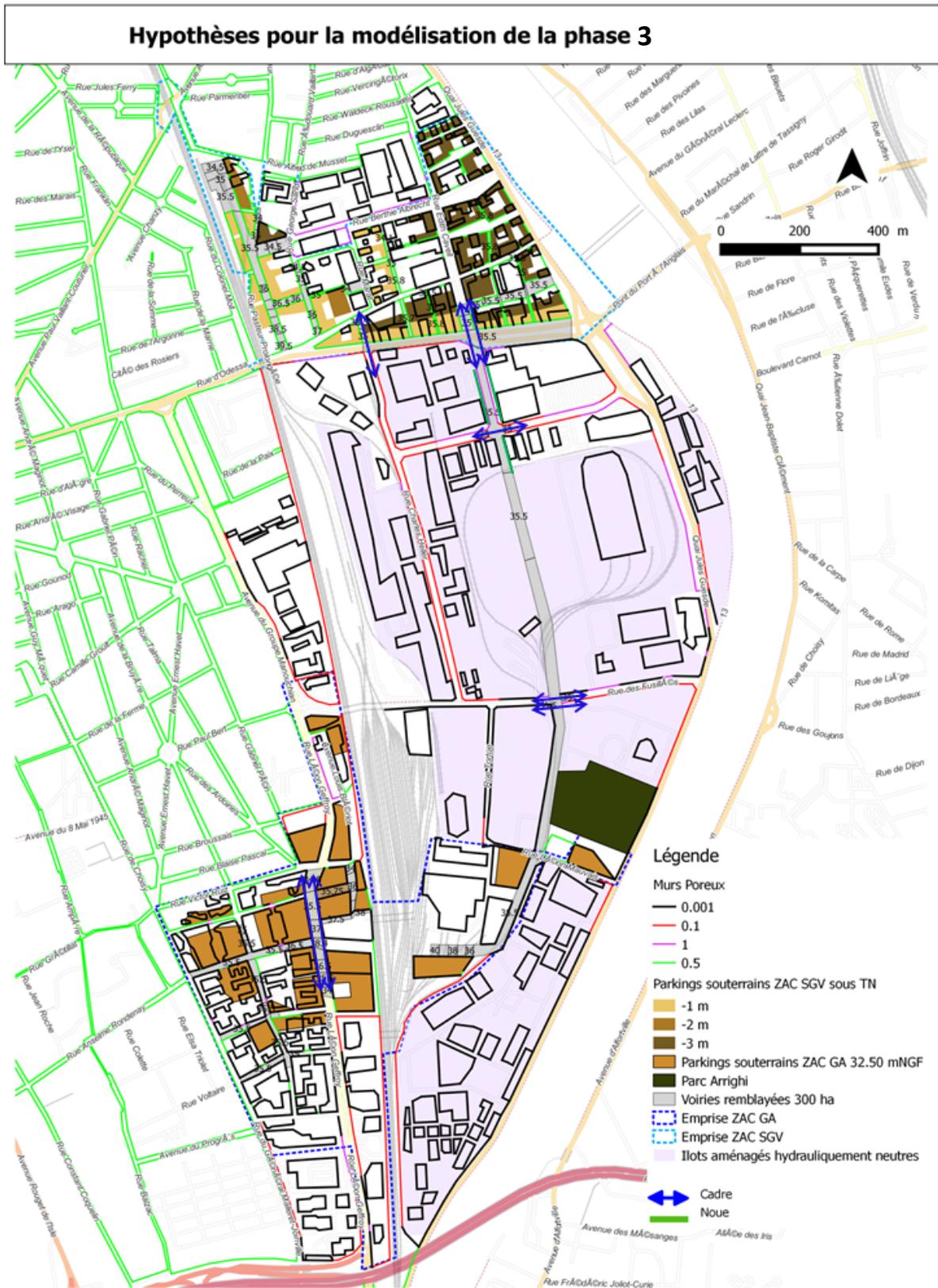


Figure n° 22 – Modélisation de l'état projet à l'échelle des 300 ha des Ardoines en phase 3

7.2.2. Bilan déblais / remblais

Sur la ZAC SGV, le bilan déblais / remblais est présenté dans le tableau ci-dessous.

BILAN GLOBAL DEBLAIS - REMBLAIS ZAC Seine Gare Vitry							
phase 3	bâtiments démolis	entre TN et 35,5	121 200	emprise au sol des bâtiments projetés	entre TN et 35,5	81 100	phase 3
	parkings projetés	entre 31.5 - 32.5 - 33.5 et TN	230 700	espaces publics	entre TN et 35,5	36 500	
TOTAL phase 2			351 900			117 600	+ 234 300

Tableau n° 10 – Bilan déblais / remblais de l'état projet de la ZAC Seine Gare Vitry en phase 3

Comme pour la phase 3, le bilan est largement excédentaire (+ 234 300 m³) pour les mêmes raisons qu'évoquées précédemment.

Pour information, les tableaux suivants présentent les bilans pour la partie centrale et la ZAC Gare Ardoines.

BILAN GLOBAL DEBLAIS - REMBLAIS aménagement partie centrale							
	déblais (par type)	tranche altimétrique	volume	remblais (par type)	tranche altimétrique	volume	BILAN par phase
phase 3	bâtiments démolis	entre TN et 35.5	3 900	emprise au sol des bâtiments projetés			phase 3
	parkings projetés			espaces publics	entre TN et 35.5	38 000	
	parc Arrighi	entre 34,5 et 35,5	40 000				
TOTAL phase 2	total déblais		43 900	total remblais		38 000	+ 5 900

Tableau n° 11 – Bilan déblais / remblais de l'état projet de la partie centrale en phase 3

BILAN GLOBAL DEBLAIS - REMBLAIS ZAC Gare Ardoines							
phase 3	bâtiments démolis	entre TN et 35,5	64 650	emprise au sol des bâtiments projetés	entre TN et 35,5	142 200	phase 3
	parkings projetés	entre 32,5 et TN	202 900	espaces publics	entre TN et 35,5	35 050	
TOTAL phase 2			267 550			177 250	+ 90 300

Tableau n° 12 – Bilan déblais / remblais de l'état projet de la ZAC Gare Ardoines en phase 3

Les figures des pages suivantes cartographient les bâtiments démolis phase par phase, les remblais et les déblais à terme.



Figure n° 23 – Cartographie des bâtiments existants démolis phase par phase

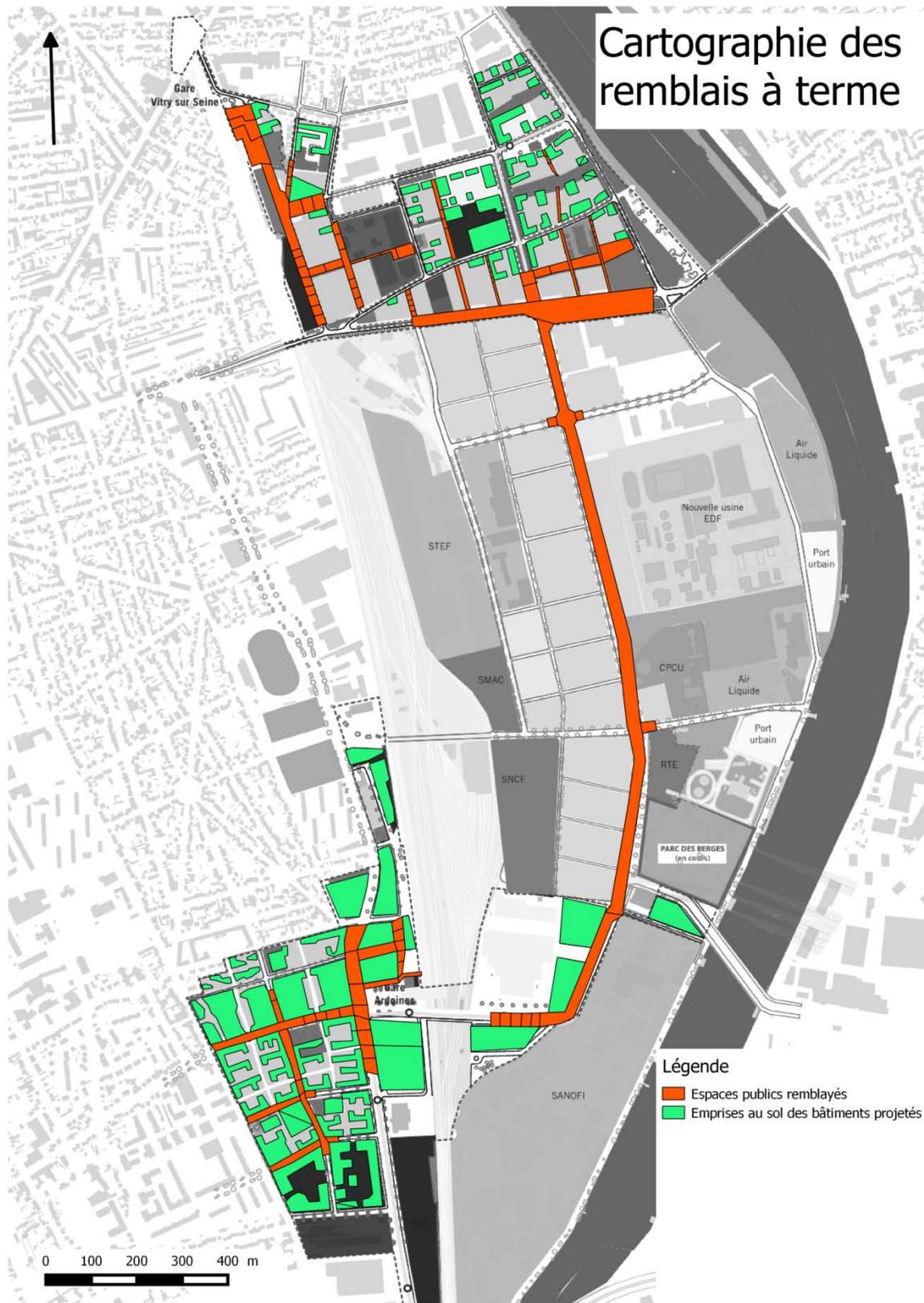


Figure n° 24 – Cartographie des remblais à terme

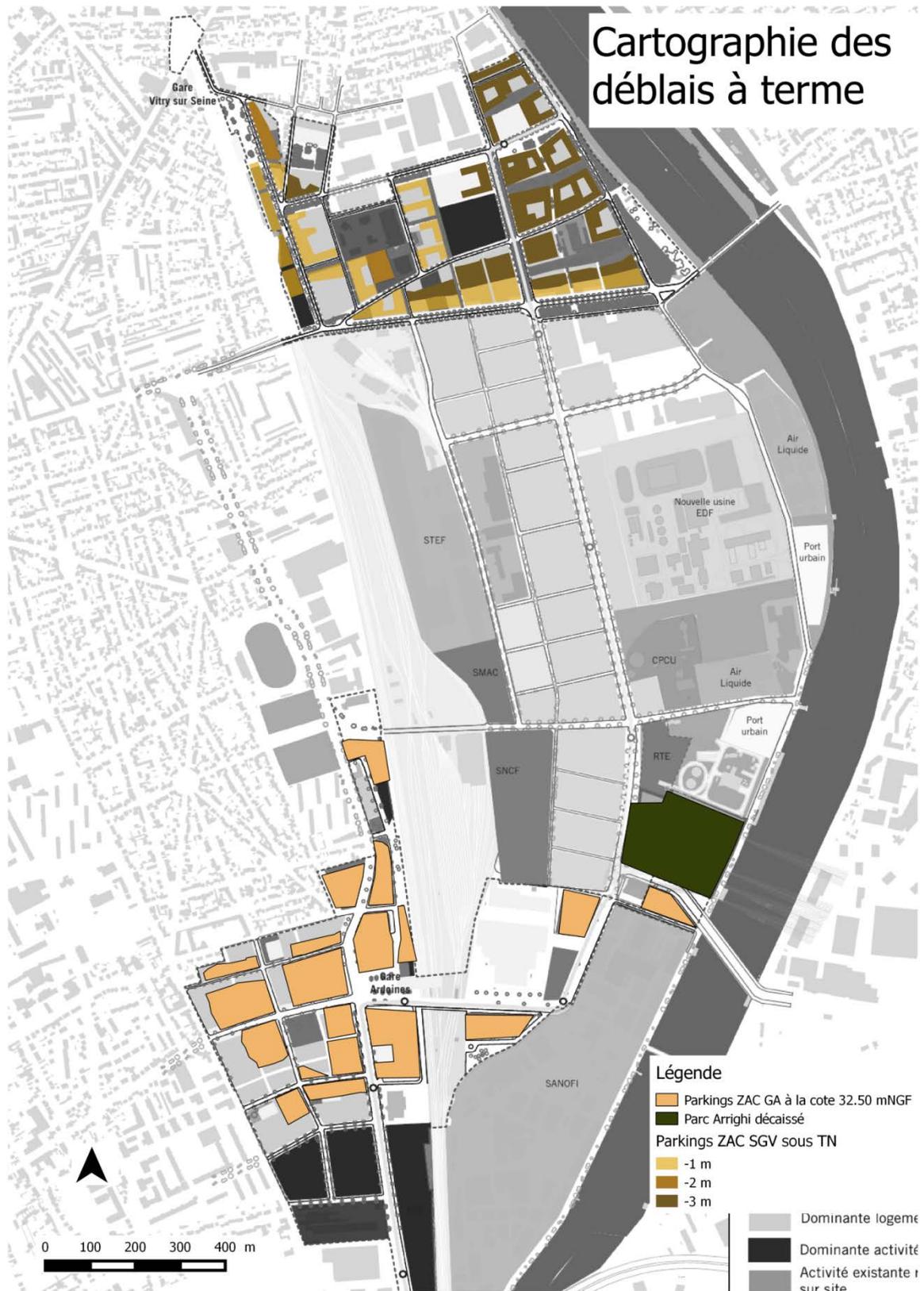


Figure n° 25 – Cartographie des déblais à terme

7.2.3. Comparaison état initial / état projet pour le scénario R1.1

Les éléments de comparaison remarquables (état projet – état initial) sont présentés dans le tableau ci-dessous pour le scénario R1.1. La carte des niveaux de submersion est jointe au présent rapport. Elle fournit également les écarts par rapport à l'état initial.

		SCENARIO
		R1.1
COTES		
ACTUEL	<i>Cote moyenne [m-NGF]</i>	35.35
	<i>Cote max [m-NGF]</i>	35.69
FUTUR	<i>Cote moyenne [m-NGF]</i>	35.34
	<i>Cote max [m-NGF]</i>	35.52
	<i>Ecart Cote moyenne [m-NGF]</i>	-0.01
	<i>Ecart Cote max [m-NGF]</i>	-0.17
SURFACES		
ACTUEL	<i>Surface inondée hors bâti [ha]</i>	22.57
	<i>Surface inondée bâti [ha]</i>	9.16
FUTUR	<i>Surface inondée hors bâti [ha]</i>	21.86
	<i>Surface inondée bâti [ha]</i>	5.39
	<i>Ecart Surface inondée hors bâti [ha]</i>	-0.72
	<i>Ecart Surface inondée bâti [ha]</i>	-3.78
VOLUMES		
ACTUEL	<i>Volume stocké hors bâti [m3]</i>	316 367
	<i>Volume stocké bâti [m3]</i>	117 195
FUTUR	<i>Volume stocké hors bâti [m3]</i>	450 510
	<i>Volume stocké bâti [m3]</i>	152 809
	<i>Ecart Volume stocké hors bâti [m3]</i>	134 143
	<i>Ecart Volume stocké bâti [m3]</i>	35 614

Tableau n° 13 – Synthèse de l'impact hydraulique du projet « Seine Gare Vitry » en phase 3 pour le scénario R1.1

Dans la ZAC SGV, on retrouve les mêmes conclusions qu'en phase 2, à savoir un abaissement moyen de 1 cm et un stockage dans les parkings. Le volume stocké total (bâti et hors bâti) est ainsi d'environ 172 000 m³ (134 502 + 37 502 m³ dans le tableau précédent). Il est proche des 222 800 m³ du bilan déblais/remblais du paragraphe 7.3.2, un peu plus faible car certains parkings ne sont pas inondés.

Dans la partie centrale, la surcote de 2 cm est toujours présente mais cette fois-ci contre le remblai du cours Nord-Sud. La noue, au sud de la rue E. Hénaff, amène l'eau vers le cadre le long de cette rue mais pas de façon suffisante.

Dans la ZAC GA, on observe un léger impact (2 cm max) au sud du remblai de la liaison Est-Ouest, à cause du remblaiement de cette dernière (voir rapport hydraulique annexé au DLE de la ZAC GA), malgré la mise en place de cadres le long de la rue L. Geffroy.

De plus, on observe des impacts nuls dans le lit majeur en dehors du périmètre des 300 ha des Ardoines et dans le lit mineur de la Seine en amont, en aval et en tout point du projet.

7.2.4. Comparaison état initial / état projet pour le scénario R1.0

Les éléments de comparaison remarquables (état projet – état initial) sont présentés dans le tableau ci-dessous pour le scénario R1.0. La carte des niveaux de submersion est jointe au présent rapport. Elle fournit également les écarts par rapport à l'état initial.

		SCENARIO
		R1.0
		COTES
ACTUEL	<i>Cote moyenne [m-NGF]</i>	34.67
	<i>Cote max [m-NGF]</i>	34.81
FUTUR	<i>Cote moyenne [m-NGF]</i>	34.67
	<i>Cote max [m-NGF]</i>	34.81
	<i>Ecart Cote moyenne [m-NGF]</i>	0.00
	<i>Ecart Cote max [m-NGF]</i>	0.00
		SURFACES
ACTUEL	<i>Surface inondée hors bâti [ha]</i>	18.54
	<i>Surface inondée bâti [ha]</i>	7.23
FUTUR	<i>Surface inondée hors bâti [ha]</i>	18.70
	<i>Surface inondée bâti [ha]</i>	5.11
	<i>Ecart Surface inondée hors bâti [ha]</i>	0.16
	<i>Ecart Surface inondée bâti [ha]</i>	-2.12
		VOLUMES
ACTUEL	<i>Volume stocké hors bâti [m3]</i>	168 293
	<i>Volume stocké bâti [m3]</i>	58 970
FUTUR	<i>Volume stocké hors bâti [m3]</i>	298 120
	<i>Volume stocké bâti [m3]</i>	116 308
	<i>Ecart Volume stocké hors bâti [m3]</i>	129 827
	<i>Ecart Volume stocké bâti [m3]</i>	57 338

Tableau n° 14 – Synthèse de l'impact hydraulique du projet « Seine Gare Vitry » en phase 3 pour le scénario R1.0

Dans la ZAC SGV, on retrouve les mêmes conclusions qu'en phase 2, à savoir un impact nul sur la cote moyenne et un stockage dans les parkings. Le volume stocké total (bâti et hors bâti) est ainsi d'environ 187 000 m³ (129 827 + 57 338 m³ dans le tableau précédent).

Ailleurs, dans le périmètre des 300 ha des Ardoines, l'impact est nul.

De plus, on observe des impacts négatifs ou nuls dans le lit majeur en dehors du périmètre des 300 ha et dans le lit mineur de la Seine en amont, en aval et en tout point du projet.

7.3. Conclusions

Les principales conclusions sont les suivantes :

- des impacts nuls dans le lit mineur de la Seine en amont, en aval et en tout point du projet pour les deux scénarios R1.0 et R1.1 ;
- des impacts nuls dans le lit majeur en dehors du périmètre des Ardoines pour les deux scénarios R1.0 et R1.1 ;
- des reports d'eau de 2 cm en amont de l'avenue S. Allende, dans la partie centrale des Ardoines, en phase 2 et en phase 3 pour le scénario R1.1 seulement ;
- un impact inférieur au centimètre dans la ZAC SGV en phase 2 et phase 3 pour le scénario R1.0 ;
- dans la ZAC GA, un impact de 2 cm, au sud du remblai de la liaison Est-Ouest, en phase 3, pour le scénario R1.1 et un impact nul en phase 3 pour le scénario R1.0.