

Zone inondable de l'étang de Bourgneuf

0 100 200 m

Pornic Agglo Pays de Retz
Département de la Loire-Atlantique

COMMUNE DE VILLENEUVE-EN-RETZ

VILLE NEUVE EN RETZ

PLAN LOCAL D'URBANISME

Arrêt : 28/05/2024

Enquête publique : du 21/10/2024 au 22/11/2024

Approbation :04/02/2025

N° 3.7

Zone inondable de l'étang de Bourneuf
Echelle 1 : 2 000

LA BOITE DE L'ESPACE
URBANISTES ASSOCIES

La boîte de l'espace
20 boulevard Babin Chevaye
44200 Nantes

02 40 20 30 57

contact@laboitedelespace.fr
www.laboitedelespace.fr





Etudes hydrauliques pour la protection contre les inondations et la restauration de la continuité écologique
Lot 2 : Le ruisseau des étangs de Bourgneuf à VILLENEUVE-EN-RETZ

Etude hydraulique – Volet inondation

RAPPORT DE PHASES 1 & 2

Pornic Agglo Pays de Retz

ARTELIA – Direction Régionale Ouest
2 impasse Claude Nougaro – 44800 SAINT HERBLAIN
Tél. : 02 28 09 18 00 – mail : h2e.nantes@arteliagroup.com

ARTELIA / JUIN 2022 / 4532907

Etudes hydrauliques pour la protection contre les inondations et la restauration de la continuité écologique

Lot 2 : Le ruisseau des étangs de Bourgneuf à VILLENEUVE-EN-RETZ

Etude hydraulique – Volet inondation

Pornic Agglo Pays de Retz

Rapport de phases 1 & 2

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
A	Rapport d'étude hydraulique (volet inondaiton) Phases 1&2 – Etat des lieux / Diagnostic – Proposition d'aménagements au stade faisabilité	VJE	YGI	06/22

ARTELIA SAS
Siège social : 16 rue Simone Veil – 93400 SAINT OUEN – www.arteliagroup.com

SOMMAIRE

A. CONTEXTE ET OBJECTIFS 6

B. PHASE 1 : ETAT DES LIEUX / DIAGNOSTIC 9

1. DONNÉES GÉNÉRALES 10

1.1. LOCALISATION DU SITE D'ETUDE 10

1.2. RECUEIL DE DONNEES 11

1.3. ÉVENEMENTS PLUVIOMETRIQUES RECENTS 12

2. CAMPAGNE DE LEVÉS TOPOGRAPHIQUES 13

3. ANALYSE HYDROLOGIQUE 18

3.1. CARACTERISATION DES SOUS-BASSINS VERSANTS 18

3.2. DONNEES METEOROLOGIQUES 19

3.2.1. COEFFICIENTS DE MONTANA – NANTES BOUGUENAIS 19

3.2.2. PLUVIOMÉTRIE DE MARS 2020 19

3.3. DEBITS CARACTERISTIQUES 21

3.3.1. MÉTHODES EMPIRIQUES 21

3.3.2. MODÉLISATION HYDROLOGIQUE 21

3.3.3. DÉBITS CARACTÉRISTIQUES RETENUS 22

3.3.4. DÉBITS DE CALAGE 22

3.4. CONCLUSION 23

4. MODÉLISATION HYDRAULIQUE 23

4.1. LOGICIEL UTILISE 23

4.2. MODELE AMONT 1D 24

4.2.1. CONSTRUCTION DU MODÈLE 24

4.2.1.1. Architecture 24

4.2.1.2. Conditions aux limites 25

4.2.1.3. Paramètres divers 25

4.2.2. CALAGE DU MODÈLE 26

4.2.3. RÉSULTATS DE MODÉLISATION 26
4.3. MODELE AVAL 2D 27
4.3.1. CONSTRUCTION DU MODÈLE 27
4.3.1.1. Architecture 27
4.3.1.2. Conditions aux limites 29
4.3.1.3. Paramètres divers 30
4.3.2. CALAGE DU MODÈLE 31
4.3.3. RÉSULTATS DE MODÉLISATION 33
4.3.3.1. Cartographie de zones inondables 33
4.3.3.2. Profils en long 37
4.3.3.3. Analyse des résultats 38
4.3.3.4. Conclusion 40
C. PHASE 2 : ETUDE DE FAISABILITÉ 41
1. ANALYSE HYDRAULIQUE PRÉALABLE DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS 42
1.1. SCENARIO INO1 : RENATURATION DU LINEAIRE AMONT 43
1.2. SCENARIO INO2 : REDIMENSIONNEMENT DU BUSAGE AMONT..... 45
1.3. SCENARIO INO3 : OUVRAGE DE VIDANGE SOUS LA RUE DE LA GARE46
1.4. SCENARIO INO4 : ABAISSEMENT DU NIVEAU DES PLANS D'EAU (RCE1) 47
1.5. SCENARIO INO5 : REDIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE OH5 48
1.6. AMENAGEMENTS COMPLEMENTAIRES 49
1.6.1. COMPL_1 : OUVERTURE DOUVE AMONT 49
1.6.2. COMPL_2 : REDIMENSIONNEMENT DU FRANCHISSEMENT DES 3 PONTS 50
1.7. CONCLUSIONS 50
2. COMPARATIF DES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS 53

TABLEAUX

Tableau 1 : Données pluviométriques disponibles 12
Tableau 2 : Ouvrages hydrauliques 15
Tableau 3 : Caractéristiques des sous-bassins versants du ruisseau du Bois de Beaulieu 18
Tableau 4 : Coefficients de Montana, station de Nantes Bouguenais 19
Tableau 5 : Cumuls de pluie selon la durée de l'événement et la période de retour 19
Tableau 6 : Pluie du 01/03/2020 20
Tableau 7 : Estimation du débit par les méthodes empiriques par sous-bassin versant 21
Tableau 8 : Moyenne des débits calculés 21
Tableau 9 : Débits simulés pour chaque pluie de projet 22
Tableau 10 : Débits caractéristiques retenus 22
Tableau 11 : Débits de pointe - Pluies de calage 23
Tableau 12 : Débits de pointe à l'exutoire des plans d'eau 26
Tableau 13 : Cote maximale des plans d'eau 26
Tableau 14 : Lame d'eau maximale sur les déversoirs 26
Tableau 15 : Laisses de crue 31
Tableau 16 : Incidences hydrauliques des différents scénarios (Q100) 53
Tableau 17 : Comparaison des différents scénarios 53

FIGURES

Figure 1 : Localisation du site d'étude 10
Figure 2 : Localisation précise du site d'étude 11
Figure 3 : Levés topographiques (1/2) 13
Figure 4 : Levés topographiques (2/2) 14
Figure 5 : Ouvrages hydrauliques 15
Figure 6 : Découpage en sous-bassins versants 18
Figure 7 : Architecture du modèle 1D 24
Figure 8 : Hydrogramme des sous-bassins versants – T = 100 ans - modélisation CANOE 25
Figure 9 : Hydrogrammes à l'exutoire des plans d'eau (plan d'eau aval) 27
Figure 10 : Architecture du modèle 2D 28
Figure 11 : Hydrogrammes de la crue centennale 29
Figure 12 : Occupation du sol et coefficient de Manning n correspondant (ARTELIA) 30
Figure 13 : Résultat de la modélisation – Hauteurs d'eau – Calage (crue centennale) 32
Figure 14 : Période de retour 10 ans - Résultat de la modélisation – Hauteurs d'eau 34
Figure 15 : Période de retour 30 ans - Résultat de la modélisation – Hauteurs d'eau 35
Figure 16 : Période de retour 100 ans - Résultat de la modélisation – Hauteurs d'eau 36
Figure 17 : Lignes d'eau – Etat actuel 37
Figure 18 : Profil en long de l'affluent 38
Figure 19 : Niveau d'eau (zone de rétention) lors des premiers débordements amont (Q100) .. 39
Figure 20 : Mises en vitesse au passage de la route 39
Figure 21 : Inondabilité en aval de la route 40
Figure 22 : Scénario Ino1 - MNT état projeté 43
Figure 23 : Scénario Ino1 – Schéma de principe 44
Figure 24 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino1) 44
Figure 25 : Scénario Ino2 – Schéma de principe 45
Figure 26 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino2) 46
Figure 27 : Scénario Ino3 – Schéma de principe 46
Figure 28 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino4) 47
Figure 29 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino1_4) 47
Figure 30 : Hydrogramme (Q100) à l'exutoire du plan d'eau aval 48
Figure 31 : Scénario Ino5 – Schéma de principe 48
Figure 32 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino5) 49
Figure 33 : Scénario Compl_1 – Schéma de principe 49
Figure 34 : Hydrogramme de débordement pour Q100 50
Figure 35 : Profil en long – Scénarios 1 à 4 51
Figure 36 : Profil en long – Scénarios 1_4 et 5 52



A. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le ruisseau des étangs de Bourgneuf prend sa source au nord-est du bourg de Bourgneuf-en-Retz (commune nouvelle de Villeneuve-en-Retz). D'une longueur d'environ 5 km, son exutoire se situe directement dans la zone de marais (Marais Breton). Son linéaire a été historiquement anthropisé, avec notamment la présence de 3 plans d'eau fil d'eau, altérant fortement le compartiment continuité (diagnostic REH) de la masse d'eau fortement modifiée (MEFM) de Millac. Ces plans d'eau forment à ce jour des obstacles à la continuité écologique (piscicole et sédimentaire).

A l'aval immédiat de sa confluence avec l'affluent rive droite, le cours d'eau traverse le bourg de Bourgneuf-en-Retz. Cette zone est sensible au phénomène de débordement de cours d'eau, en particulier au droit des rues de la Gare et des Trois Ponts (zone du stade) ainsi que de l'impasse de la Gare.L'événement météorologique récent du 1er mars 2020 a entraîné l'inondation d'une vingtaine de maisons, d'une crèche ainsi que du transformateur et groupe électrogène de l'Ehpad.

La présente étude a ainsi pour objectif de :

- Caractériser la problématique « continuité écologique » sur le linéaire impacté par les trois plans d'eau fil d'eau, afin de proposer des aménagements permettant la restauration de la continuité piscicole et sédimentaire ;
- Caractériser la problématique « inondation » dans le bourg de Bourgneuf-en-Retz afin de proposer des aménagements permettant une protection pour une période de retour minimum de 30 ans.

Les aménagements devront prendre en compte les différentes propositions du programme de travaux de restauration hydroécologique déjà disponible.

La présente étude comprend quatre phases distinctes :

☑ Phase 1 : Etat des lieux / Diagnostic

- La caractérisation fine des bassins versants (découpage, occupation du sol, pente) sur la base des données topographiques disponibles (LIDAR) ;
- Le diagnostic du fonctionnement hydrologique des bassins versants (modélisation hydrologique concernant les événements météorologiques récents ainsi que les périodes de retour 10, 30 et 100 ans) ;
- Le diagnostic du fonctionnement hydro-écologique des plans d'eau (continuité piscicole et sédimentaire en particulier) ;
- Le diagnostic du fonctionnement hydraulique en crue (modélisation hydraulique concernant les périodes de retour 10, 30 et 100 ans) pour le secteur ;
- La cartographie des zones inondables pour les périodes de retour modélisées (caractérisation de l'aléa et hauteur d'eau) pour le secteur modélisé ;

☑ Phase 2 : Proposition de scénarios (stade faisabilité)

La phase d'état des lieux / diagnostic aura permis de mettre en avant les éléments caractéristiques faisant obstacle à la continuité écologique pour le linéaire des étangs et les phénomènes d'inondation et de ruissellement dans le bourg de Bourgneuf-en-Retz. L'objectif de cette seconde phase est de proposer des aménagements (étude de faisabilité) permettant d'une part la restauration de la continuité piscicole et sédimentaire, et d'autre part de réduire les débordements, et plus particulièrement de protéger les habitations pour la période de retour 30 ans. La proposition d'aménagements sera étudiée au stade faisabilité.

Les scénarios « continuité écologique » et « réduction du risque inondation » seront étudiés séparément.

☑ Phase 3 : Etudes Avant-Projet (AVP) du scénario hydro-écologique retenu

La phase de proposition de scénarios de restauration de la continuité écologique et de réduction du risque inondation aura permis le choix d'un scénario global à l'échelle de la zone d'étude.
Ce scénario d'aménagement sera étudié au stade AVP (Avant-Projet).

☑ Phase 4 : Etudes réglementaires (tranches optionnelles)

Une analyse en concertation avec les services police de l'eau de la DDTM de Loire-Atlantique permettra de définir le type d'étude réglementaire à effectuer :

- Simple porté à connaissance dans le cas où les travaux peuvent bénéficier de l'autorisation préfectorale pour le programme de restauration de la masse d'eau de Millac;
- Dossier Loi sur l'Eau dans le cas contraire (Déclaration dans le cas où les aménagements rentrent dans le champ d'application de la rubrique 3.3.5.0 (mise en place en 2020) de la nomenclature R.214-1 du Code de l'Environnement).

Le présent rapport concerne les phases 1 et 2 du volet inondation sur le bourg de Bourgneuf-en-Retz.



B. PHASE 1 : ETAT DES LIEUX / DIAGNOSTIC

1. DONNEES GENERALES

1.1. LOCALISATION DU SITE D'ETUDE

L'emprise d'étude représente le bourg de Bourgneuf-en-Retz, en particulier la partie située sur la traversée du ruisseau des étangs de Beaulieu. La prise en compte des plans d'eau situés en amont sur un linéaire d'environ 2,5 km permet dans l'étude du risque inondation de statuer sur le rôle écrêteur des trois étangs.

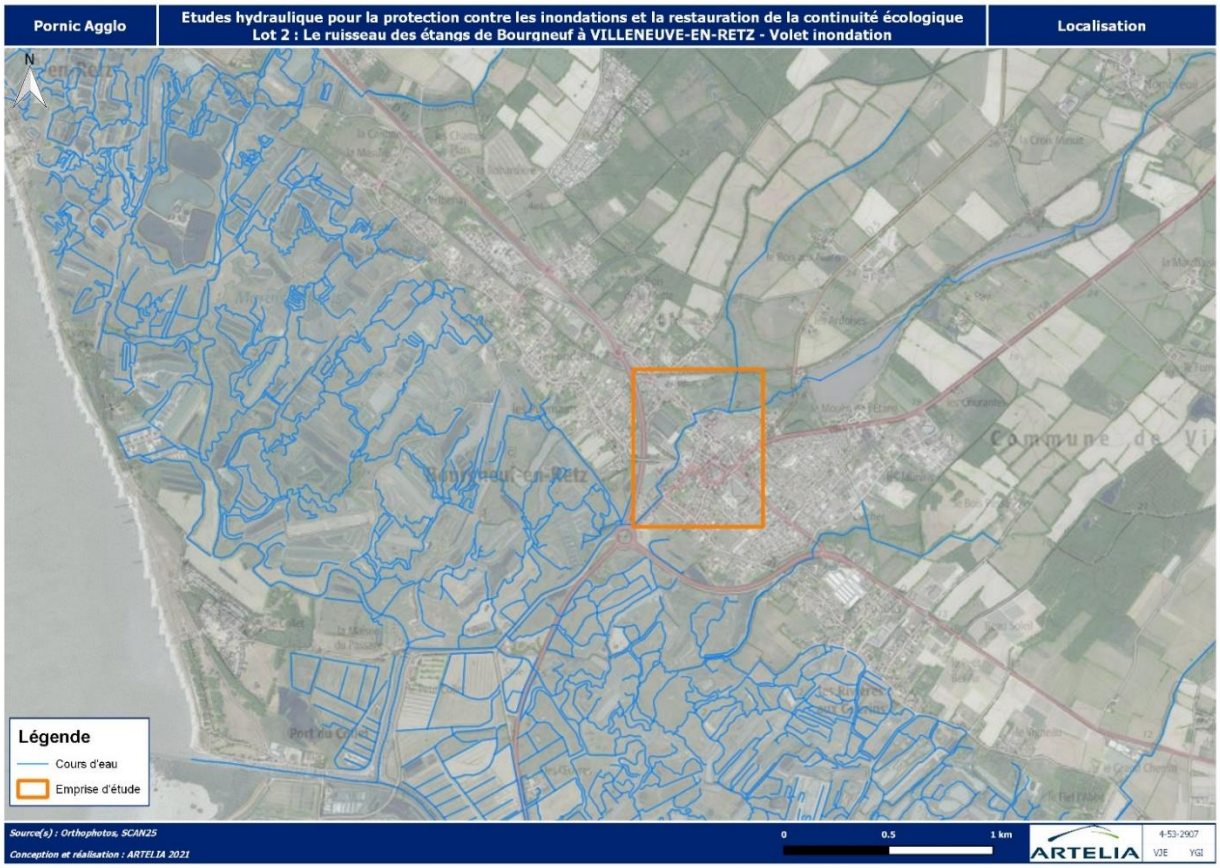


Figure 1 : Localisation du site d'étude

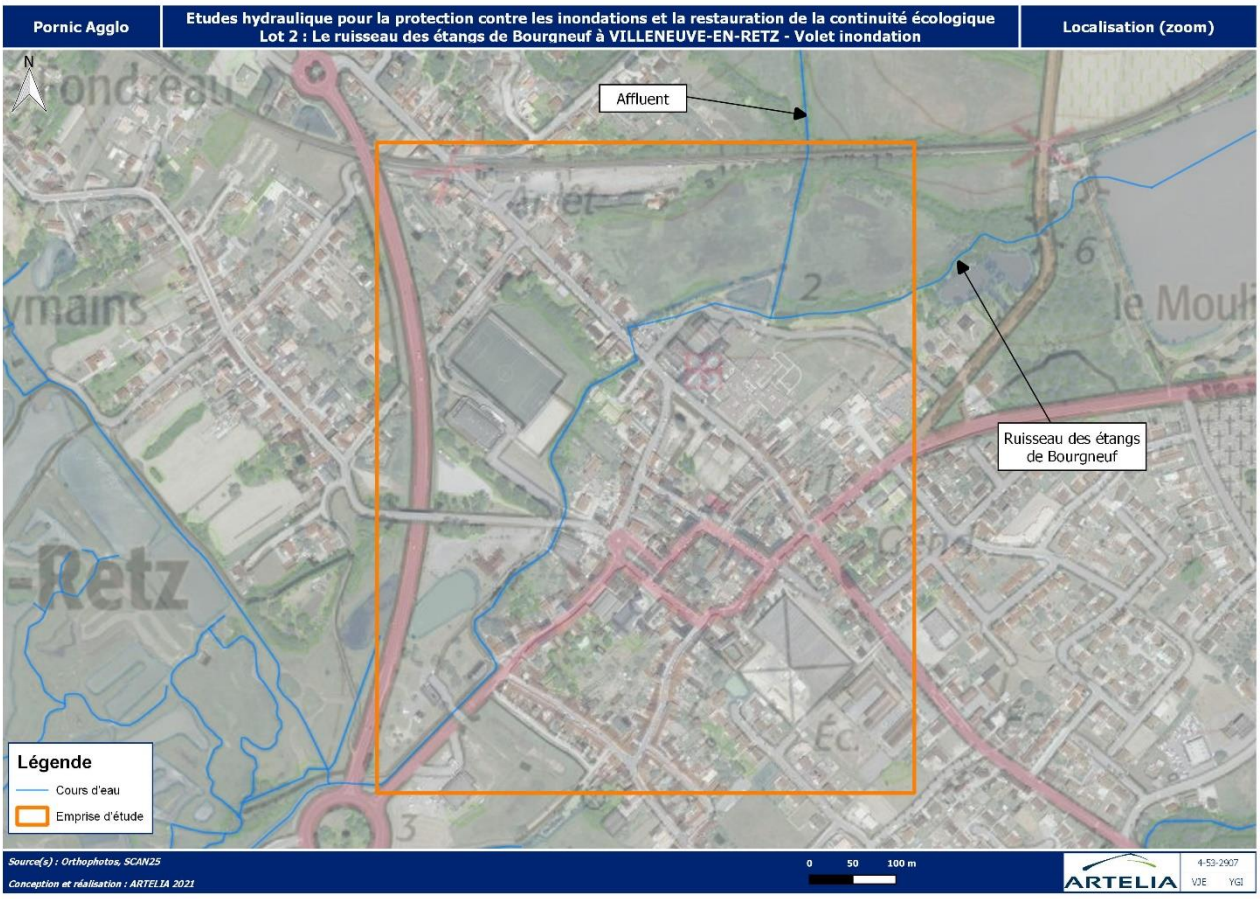


Figure 2 : Localisation précise du site d'étude

1.2. RECUEIL DE DONNEES

Les données suivantes ont pu être récupérées et analysées dans le cadre de l'étude :

- Diagnostic REH (Réseau d'Evaluation des Habitats) réalisé par SEREMA en 2020 ;
- Données pluviométriques : coefficients de Montana de la station Nantes-Bouguenais, données concernant les événements récents sur les communes de Nantes, Saint-Même le Tenu, le Pellerin et Pornic (source Météociel), ainsi que sur les communes de Arthon en Retz, Rouans et Saint-Pazanne (source Pornic Agglo) ;
- Modèle Numérique de Terrain (MNT LIDAR, RGE ALTI 1m) ;
- Levés topographiques effectués par TOPDESS ;
- Témoignages et laisses des crues repérées par les riverains.

Ces données permettent d'établir l'analyse hydrologique et hydraulique sur le bassin versant.

1.3. ÉVENEMENTS PLUVIOMETRIQUES RECENTS

Sur la base des témoignages des riverains, différents événements météorologiques récents ont pu être mis en avant :

- 1er et 5 mars 2020 ;
- 12 janvier 2021 (pas d'inondation observée).

Les stations météorologiques et les relevés pluviométriques aux différentes stations de traitement des eaux usées permettent un bon encadrement de la zone d'étude. Les différentes données récupérées par Artelia sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Données pluviométriques disponibles

		Station Pluviométrique							
Evénement	**Pas de temps**	**Nantes**	**Saint-Même le Tenu**	**Le Pellerin**	**Pornic**	**Arthon en Retz**	**Rouans**	**Sainte-Pazanne**	**Brains**
Pluie de mars 2020	6 min	X	X	X	-	X	X	X	X
	1 h	X	X	X	-	X	X	X	X
	24 h	X	X	X	-	X	X	X	X

La description des événements pluviométriques est disponible dans la partie *Analyse hydrologique*.

Il est à noter que l'ensemble des laisses de crue et témoignages (photographies, vidéos) les plus pertinents concernent mars 2020.

2. CAMPAGNE DE LEVES TOPOGRAPHIQUES

Des levés topographiques ont été effectués du 07 au 09/12/21 par le cabinet TOPDESS. Ces derniers ont par ailleurs été complétés par une inspection de l'ouvrage situé sous le parking de l'EHPAD effectuée par Atlantique Scaphandre. Ils concernent :

- Le profil en long des cours d'eau concernés et douves associées (sur un linéaire global de 5 km, bathymétrie des plans d'eau comprise) ;
- 35 profils en travers du lit mineur des cours d'eau et plans d'eau concernés ;
- Les caractéristiques géométriques de l'ensemble des ouvrages hydrauliques (passerelles, franchissements routiers, passages busés, ouvrages de vidange des plans d'eau) ;
- Les seuils des maisons potentiellement inondées ;
- Les laisses de crue identifiées lors de la phase d'expertise de terrain.

Les cartes suivantes illustrent la localisation de ces levés :

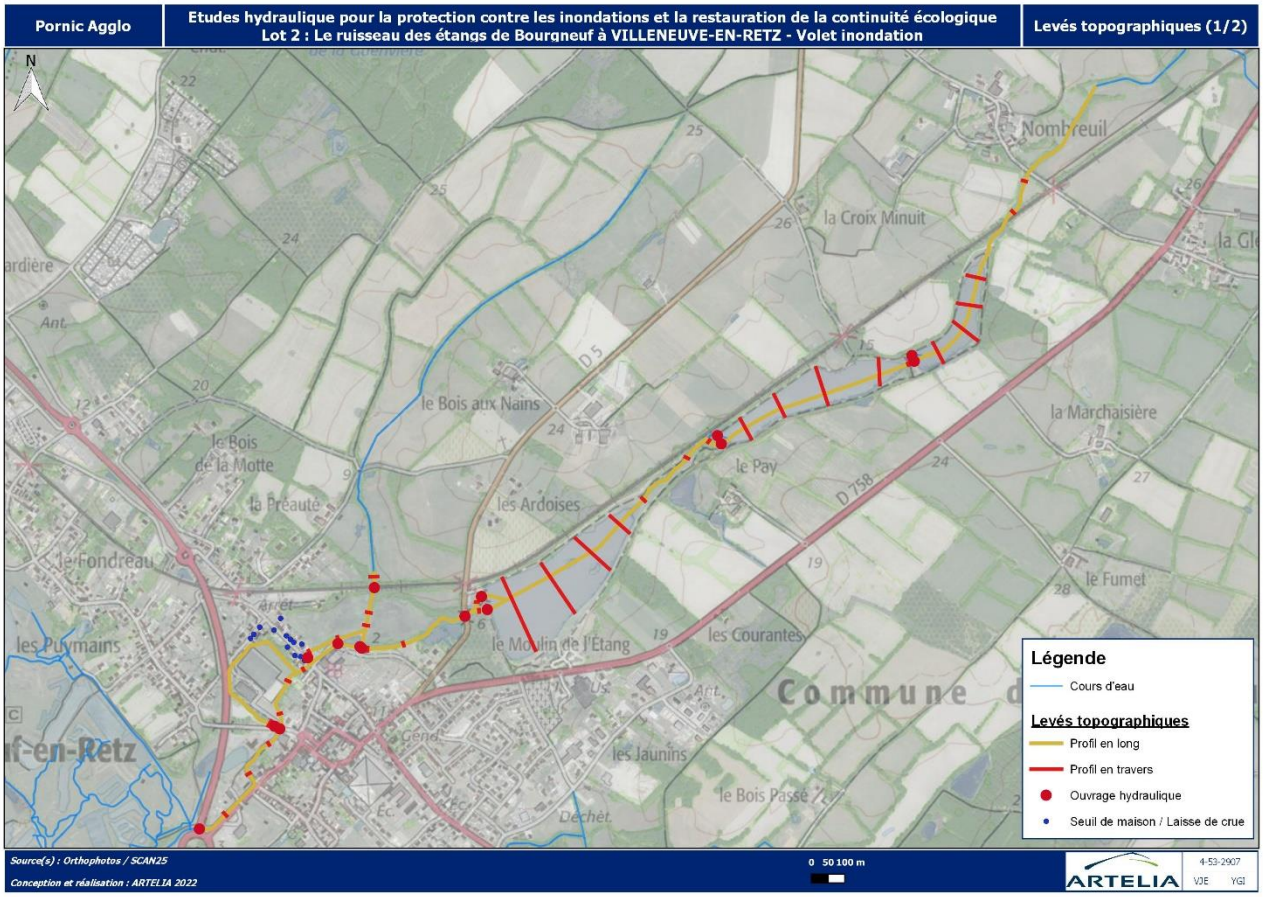


Figure 3 : Levés topographiques (1/2)

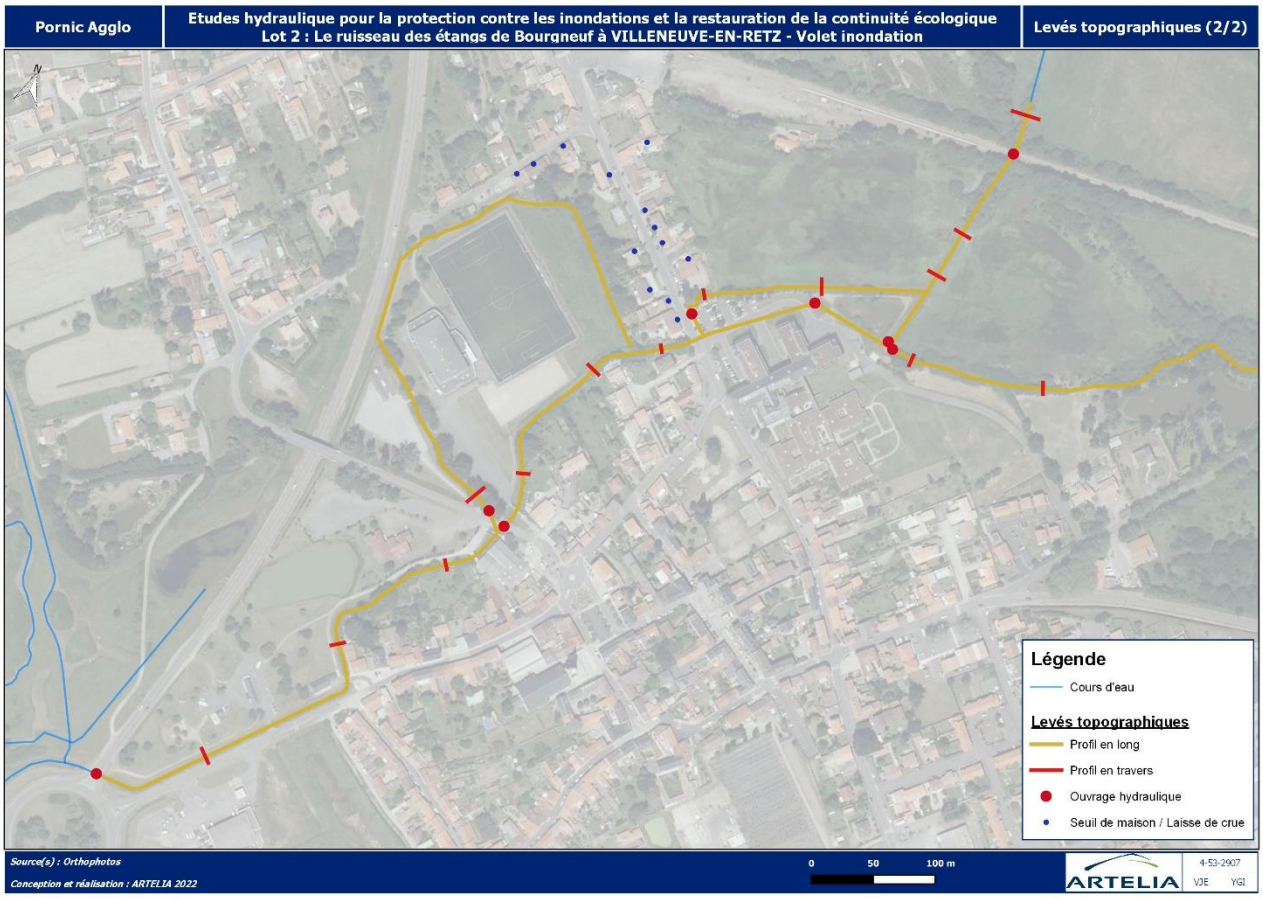


Figure 4 : Levés topographiques (2/2)

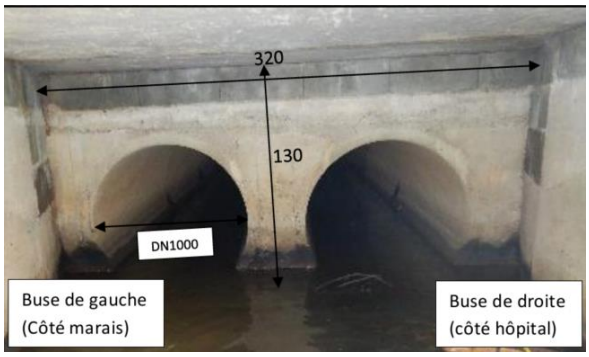
Le tableau suivant illustre la localisation et les caractéristiques géométriques de l'ensemble des ouvrages hydrauliques impactants présents sur le linéaire étudié.

L'ensemble des ouvrages de vidange des trois plans d'eau situés en amont de la zone d'étude sont décrits dans le rapport relatif à la problématique « continuité écologique ». Le présent rapport, relatif à la problématique « inondation », prend en compte les ouvrages de décharge de type « déversoir » lors de la modélisation amont.



Figure 5 : Ouvrages hydrauliques

Tableau 2 : Ouvrages hydrauliques

OH1 <u>Affluent</u> Ouvrage ferroviaire	3 sections identiques : Largeur : 0.7 m Hauteur : 1.1 m Longueur : 11 m	
OH2 <u>Ruisseau des étangs de Bourgneuf</u> Franchissement de l'EHPAD (partie amont)	2 buses : Diamètre : 1 m Longueur : 74 m	

OH3 <u>Affluent</u> Confluence amont	Confluence de la douve amont (affluent) directement dans l'ouvrage OH2 (décharge) : Diamètre : 300 mm Longueur estimée : 7 m	
OH4 <u>Ruisseau des étangs de Bourgneuf</u> Franchissement de l'EHPAD (partie aval)	Cadre (extrême aval en forme d'arche) : Hauteur : 1.5 m Largeur : 2 m Longueur : 111 m	
OH5 <u>Affluent</u> Confluence aval	Buse de diamètre 400 mm confluant dans le réseau d'eaux pluviales (diamètre 600 mm) posée à pente négative sur la partie amont	
OH6 <u>Ruisseau des étangs de Bourgneuf</u> Franchissement Rue des 3 Ponts	2 buses : Diamètre : 1.5 m Longueur : 12 m	

OH7 <u>Douve</u> Confluence	Buse : Diamètre : 400 mm Longueur : 25 m	
OH8 <u>Ruisseau des étangs de Bourgneuf</u> Franchissement routier	Pont cadre : Largeur : 3.2 m Hauteur : 1.5 m Longueur : 21 m	

3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

3.1. CARACTERISATION DES SOUS-BASSINS VERSANTS

Les bassins versants du ruisseau des étangs de Bourgneuf au droit de chaque plan d'eau et de son affluent ont été délimités sur la base du MNT et du SCAN25. La figure suivante illustre le découpage.

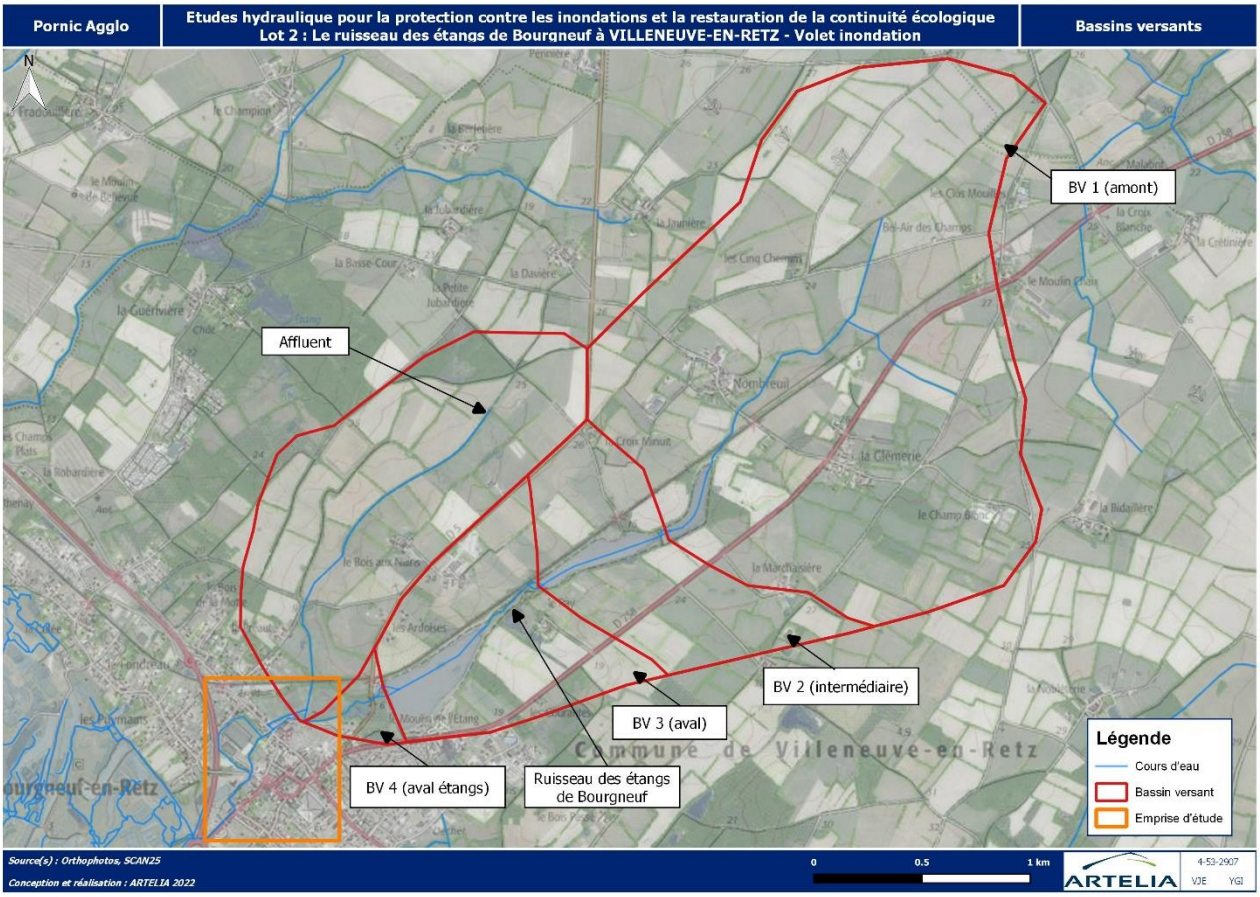


Figure 6 : Découpage en sous-bassins versants

Une cartographie de l'occupation des sols sur ces bassins versants permet de déterminer le coefficient de ruissellement associé. Les caractéristiques de ces sous-bassins sont données dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Caractéristiques des sous-bassins versants du ruisseau du Bois de Beaulieu

BV	Superficie (ha)	Longueur du plus long chemin hydraulique (m)	Pente (%)	Coefficient de ruissellement	Temps de concentration (min)
Ruisseau des étangs de Bourgneuf	550	4 780	0.50%	33%	171
BV1	383	2 860	0.44%	31%	165
BV2	78	1 590	0.87%	35%	64
BV3	80	1 385	1.26%	39%	52
BV4	9	590	1.04%	31%	29
Affluent	148	2 360	0.98%	29%	80

Le temps de concentration est calculé par la méthode « SOGREAH », généralement utilisée pour les temps de concentration des petits bassins versants ruraux.

3.2. DONNEES METEOROLOGIQUES

3.2.1. Coefficients de Montana – Nantes Bouguenais

Les coefficients de Montana de la station Nantes Bouguenais (statistiques sur la période 1972-2018) ont été récupérés auprès de Météo France en mars 2021. Ils permettent de calculer la hauteur de pluie correspondant à un événement pluvieux d'une durée et d'une période de retour donnée.

Tableau 4 : Coefficients de Montana, station de Nantes Bouguenais

PERIODE DE RETOUR	PLUIE DE 6MN A 2H		PLUIE DE 2H A 12H		PLUIE DE 6H A 24H	
	a	b	a	b	a	b
5 ans	3.97	0.583	8.03	0.753	4.9	0.673
10 ans	4.83	0.57	11.68	0.778	7.58	0.709
20 ans	5.47	0.542	16.92	0.802	12.58	0.755
30 ans	5.8	0.524	20.82	0.815	17.45	0.787
50 ans	6.1	0.495	27.1	0.83	27.45	0.833
100 ans	6.45	0.454	38.1	0.848	52.45	0.9

Tableau 5 : Cumuls de pluie selon la durée de l'événement et la période de retour

Période de retour	Cumul selon la durée de pluie (mm)						
	6 min	30 min	1h	2h	6h	12h	24h
5 ans	8.4	16.4	21.9	29.2	34.4	40.8	52.8
10 ans	10.4	20.9	28.1	37.8	43.1	51.4	62.9
20 ans	12.4	26.0	35.7	49.0	54.3	63.1	74.7
30 ans	13.6	29.3	40.7	56.6	61.9	70.9	82.1
50 ans	15.1	34.0	48.2	68.4	73.7	82.4	92.5
100 ans	17.2	41.3	60.3	88.1	93.2	101.3	108.5

3.2.2. Pluviométrie de mars 2020

Les données de 8 stations (stations météorologiques et données pluviométriques issues des relevés au droit de STEP) ont pu être récupérées. La localisation de chacune d'elle permet de bien encadrer la zone d'étude.

Sur la base des données disponibles, l'analyse de l'événement pluviométrique récent a permis de caractériser la période de retour (tableau suivant). Les périodes de retour correspondent aux données théoriques de la station de Nantes-Bouguenais.

Tableau 6 : Pluie du 01/03/2020

Stations	Caractéristiques de la pluie du 1/03/2020													
	5 à 6 min		30 min		1h		2h		6h		12h		24h	
	Cumul (mm)	Période de retour	Cumul (mm)	Période de retour	Cumul (mm)	Période de retour	Cumul (mm)	Période de retour	Cumul (mm)	Période de retour	Cumul (mm)	Période de retour	Cumul (mm)	Période de retour
Nantes	3.7	<5ans	9.1	<5ans	17.1	<5ans	26.1	<5ans	31.5	<5ans	31.7	<5ans	47.4	<5ans
St Même le Tenu	1.2	<5ans	3.0	<5ans	5.2	<5ans	7.4	<5ans	9.4	<5ans	17.4	<5ans	29.4	<5ans
Arthon en Retz	3.4	<5ans	15.2	<5ans	21.6	5 ans	**31.0**	**<10 ans**	33.2	<5ans	33.4	<5ans	46.4	<5ans
Rouans	3.0	<5ans	5.0	<5ans	10.0	<5ans	18.0	<5ans	29.0	<5ans	30.0	<5ans	45.0	<5ans
Saint Pazanne	2.2	<5ans	7.4	<5ans	14.6	<5ans	23.0	<5ans	29.2	<5ans	31.6	<5ans	45.0	<5ans
Brains	4.8	<5ans	15.0	<5ans	21.8	5 ans	**32.3**	**<10 ans**	**41.4**	**<10 ans**	**42.4**	**<10 ans**	52.3	5 ans

La pluie du 1er mars 2020 est caractéristique d'une pluie de période de retour inférieure à 10 ans (valeurs maximales observées à Brains) au droit des stations de mesure, et ce malgré les phénomènes d'inondation observés.

En conclusion, l'analyse des données pluviométriques sur les 8 stations situées autour des sites d'étude a permis de mettre en avant que les événements récents (mars 2020) sont relativement limités (période de retour inférieure à 10 ans), et ce malgré les observations concernant le ruissellement et les inondations. **Il est à noter qu'un événement très local a pu se produire sur la zone d'étude sans que les stations ne l'enregistrent.**

3.3. DEBITS CARACTERISTIQUES

3.3.1. Méthodes empiriques

Dans un premier temps, les débits caractéristiques d'événements de période de retour 10, 30 et 100 ans ont été estimés par application de formules empiriques (méthode rationnelle, application des formules Crupédix et Socose, méthode SCS). Seuls les bassins versants globaux sont détaillés par la suite.

Tableau 7 : Estimation du débit par les méthodes empiriques par sous-bassin versant

Sous-bassin versant	Débit de pointe calculé (m^3/s)							
	Q10				Q30		Q100	
	Méthode rationnelle	Crupédix	Socose	SCS	Méthode rationnelle	Crupédix	Méthode rationnelle	Crupédix
Ruisseau des étangs de Bourgneuf	6.43	2.42	3.17	8.43	9.47	3.56	28.68	10.81
Affluent	2.85	0.85	1.37	1.81	4.19	1.25	12.24	3.63

Tableau 8 : Moyenne des débits calculés

Sous-bassin versant	Débit de pointe calculé (m^3/s) - Moyenne		
	Q10	Q30	Q100
Ruisseau des étangs de Bourgneuf	5.11	6.52	19.75
Affluent	1.72	2.72	7.94

La méthode rationnelle surestime usuellement les débits des bassins versants ruraux.

3.3.2. Modélisation hydrologique

Une modélisation hydrologique (transformation pluie-débit) a été réalisé avec le logiciel CANOE afin d'obtenir des hydrogrammes correspondant aux périodes de retour étudiées. Ainsi, les débits de pointe simulés ont pu être comparés aux débits empiriques de références. Seuls les bassins versants globaux sont détaillés par la suite.

Les pluies suivantes ont donc été modélisées sur différentes durées :

- Pluie double triangle théorique de périodes de retour 10, 30 et 100 ans ;
- Durée de pluie : 1h, 2h, 6h et 12h.

La durée de la pluie retenue varie en fonction des caractéristiques du bassin versant auquel elle est appliquée (en pratique une durée de pluie de 5 Lag Time est utilisée). Dans le cas présent, **une pluie de 6h est caractéristique des bassins versants étudiés** (superficie proche ou supérieure à 100 ha).

Le tableau suivant illustre les débits de pointes issus de la simulation :

Tableau 9 : Débits simulés pour chaque pluie de projet

		Ruisseau des étangs de Bourgneuf	Affluent
10 ans	1h	0.73	0.65
	2h	1.73	0.98
	6h	**2.21**	**1.19**
	12h	2.38	1.21
30 ans	1h	1.38	1.29
	2h	3.07	1.79
	6h	**3.69**	**2.22**
	12h	3.9	2.19
100 ans	1h	3.84	3.99
	2h	8.45	5.41
	6h	**9.95**	**6.97**
	12h	10.78	7.24

Les débits modélisés sont du même ordre de grandeur que les valeurs issues des méthodes empiriques (hors méthode rationnelle).

3.3.3. Débits caractéristiques retenus

Les débits caractéristiques retenus sont ceux obtenus par la simulation hydrologique, ce qui permet d'obtenir des hydrogrammes injectables dans le modèle.

Par ailleurs, la modélisation hydrologique permet de mieux prendre en compte le ruissellement sur les sous-bassins versants. Le tableau suivant illustre les débits de pointe pris en compte dans la suite de l'étude, en détaillant les apports par sous-bassin versant (au droit de chaque plan d'eau) :

Tableau 10 : Débits caractéristiques retenus

Sous-bassin versant	Débit (m^3/s)		
	Q10	Q30	Q100
BV1	1.80	3.21	9.39
BV2	0.97	1.79	4.94
BV3	1.34	2.47	6.27
BV4	0.23	0.41	1.22
Affluent	1.19	2.22	6.97

3.3.4. Débits de calage

Les données disponibles permettent d'effectuer un calage du modèle hydraulique pour les événements récents (2020 et 2021). Les hyétogrammes de pluie du 1er mars 2020 et du 21 janvier 2021 (pas de temps 6 minutes) ont été intégrés à la modélisation hydrologique. Le tableau suivant illustre les débits de pointe simulés pour les deux sous-bassins versants principaux.

Tableau 11 : Débits de pointe - Pluies de calage

Sous-bassin versant	Débit de pointe calculé (m^3/s)	
	Pluie du 1er mars 2020	Pluie du 21 janvier 2021
Ruisseau des étangs de Bourgneuf	1.5	0.34
Affluent	0.89	0.14

Les résultats mettent en avant des débits relativement limités en utilisant les hyétogrammes disponibles. Les débits simulés sont inférieurs à un événement décennal, en particulier concernant l'événement de 2021.

3.4. CONCLUSION

En conclusion, les sous-bassins versants étudiés, majoritairement ruraux et de pente moyenne, ne sont pas particulièrement propices à des phénomènes de ruissellement fort. Des phénomènes pluviométriques extrêmes peuvent cependant créer des événements hydrologiques importants et des inondations dans le bourg de Bourgneuf en Retz.

Les derniers événements vécus (2020 et 2021) ne paraissent pas bien caractérisés par les données pluviométriques disponibles.

4. MODELISATION HYDRAULIQUE

Le présent chapitre a pour objectifs :

- De présenter les modèles hydrauliques qui ont été construits au droit du site d'étude : données utilisées, construction et calage ;
- D'analyser le fonctionnement hydraulique : zones de débordements et influence des ouvrages.
- De dimensionner des aménagements de lutte contre les inondations.

Deux modèles hydrauliques ont ainsi été construits :

- Un modèle amont, caractérisant le fonctionnement hydraulique des plans d'eau en crue (modèle simplifié 1D) ;
- Un modèle aval, caractérisant les phénomènes de crue sur la partie urbanisée (modèle 2D).

4.1. LOGICIEL UTILISE

Le logiciel de simulation retenu pour cette étude est le logiciel HEC-RAS, développé par l'US ARMY CORPS OF ENGINEERS. Ce logiciel permet de simuler des écoulements mono et bidirectionnels dans des rivières ramifiées ou et maillées. La simulation peut se faire à débit constant (régime permanent) ou à débit variable dans le temps (régime transitoire).

Ce logiciel permet également de prendre en compte l'ensemble des éléments pouvant modifier les écoulements (seuil, déversoir latéral, pont, passage busé, …).

Les modèles hydrauliques de la présente étude sont construits sous la version 6.0 d'HEC-RAS. Le choix concernant la modélisation s'est orienté vers une modélisation 1D pour la partie amont (plans d'eau) et 2D (écoulement bidimensionnels) pour la partie aval urbanisée.

4.2. MODELE AMONT 1D

La modélisation du fonctionnement hydraulique des plans d'eau, non prévue initialement, permet de caractériser finement l'incidence des étangs sur l'hydrologie du ruisseau de Bourgneuf. En particulier, elle permettra lors de la phase de définition des aménagements, de tester différentes gestions du niveau des plans d'eau avant les crues et ainsi de statuer sur les possibilités d'écrêtement. En état actuel, il a été considéré que les plans d'eau étaient pleins lors de l'événement hydrologique. Ceci considère une approche sécuritaire réaliste.

4.2.1. Construction du modèle

4.2.1.1. Architecture

L'architecture du modèle 1D est basée sur les données suivantes et décrite dans la figure suivante :

- Levés topographiques effectués du 07 au 09/12/21 par TOPDESS (lit mineur des cours d'eau, ouvrages hydrauliques et bathymétrie des plans d'eau) ;
- Les relevés de terrain ARTELIA (dimensions géométriques des ouvrages et compréhension globale du fonctionnement hydraulique).

Les données relatives à la bathymétrie actuelle des plans d'eau sont disponibles dans le rapport concernant la problématique « continuité écologique ».

Seuls les déversoirs de décharge ont été intégrés au modèle, étant donné les conditions hydrologiques en présence.

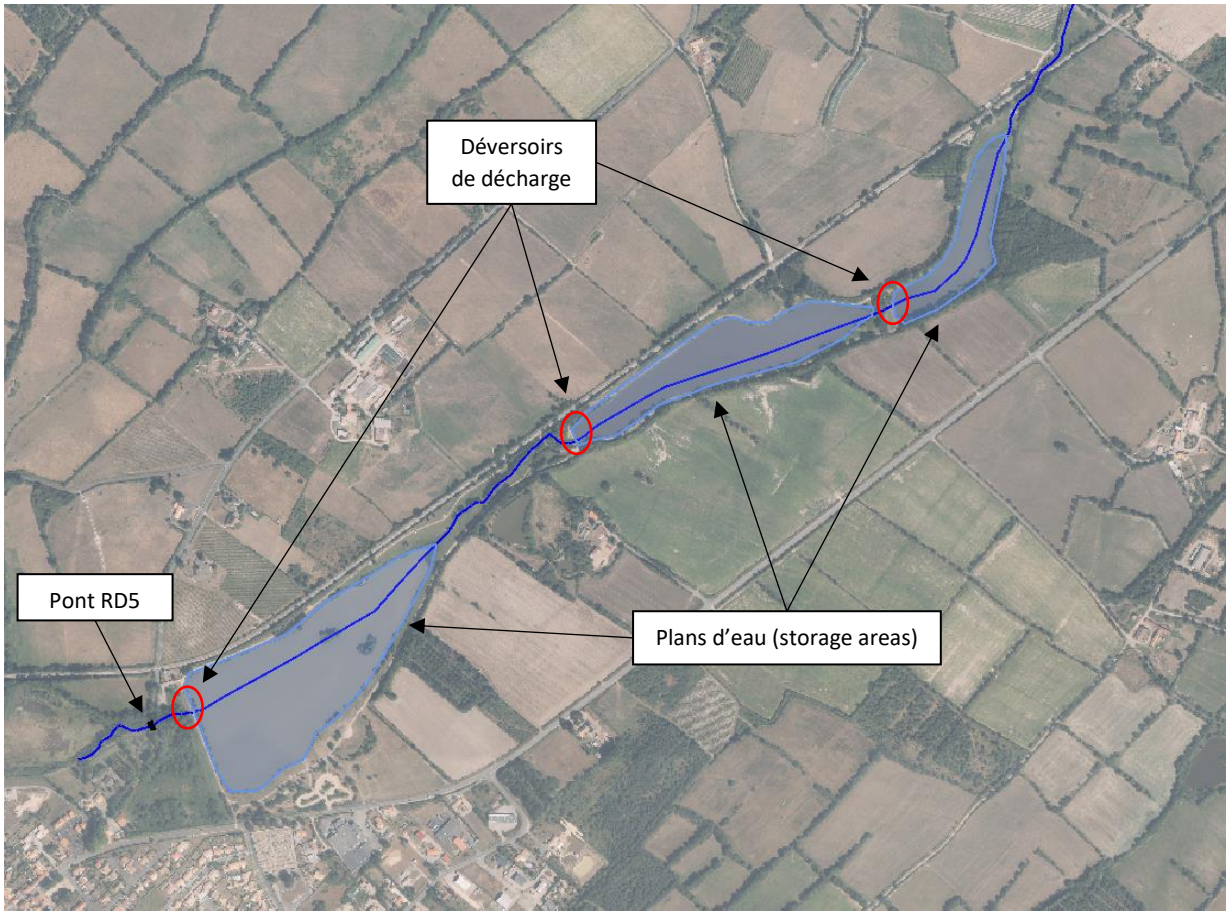


Figure 7 : Architecture du modèle 1D

4.2.1.2. Conditions aux limites

La condition limite amont est caractérisée par l'injection des hydrogrammes issues de l'analyse hydrologique pour chaque sous-bassin versant (au droit de chaque plan d'eau).

Pour rappel, les événements simulés correspondent aux périodes de retour 10, 30 et 100 ans.

Les hydrogrammes utilisés (exemple de la crue centennale) sont les suivants :

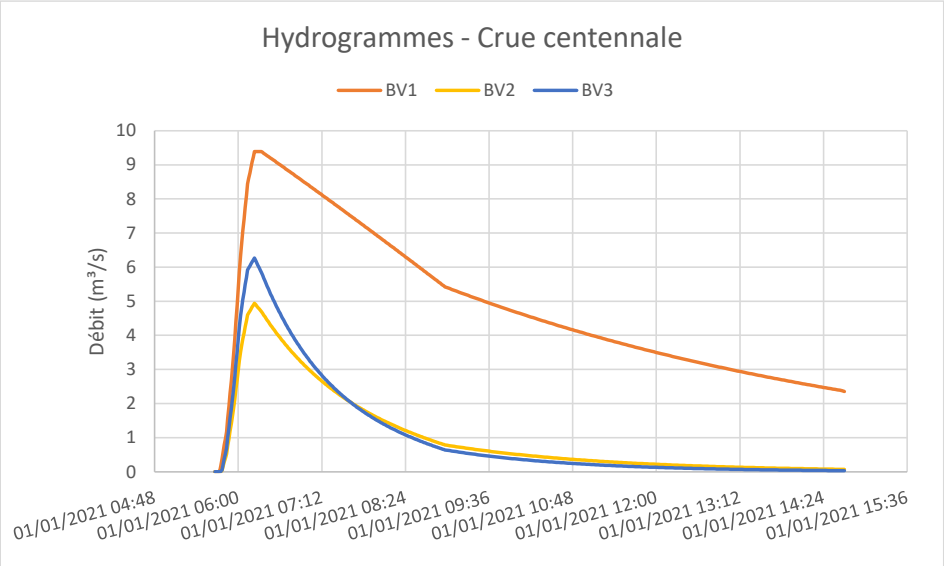


Figure 8 : Hydrogramme des sous-bassins versants – T = 100 ans - modélisation CANOE

La condition limite aval est définie par une loi de hauteur normale (pente d'énergie de 0.5%).

Les conditions initiales sont particulièrement importantes dans le cadre de ce modèle. En effet, le niveau d'eau initial de chaque plan d'eau définit le volume disponible permettant d'écrêter les crues. **Dans le cas présent, une approche sécuritaire et maximaliste est retenue, à savoir l'ensemble des plans d'eau à leur cote de déversement (remarque réaliste dans le cas de l'inondation de mars 2020 suite à l'hiver précédent).**

Ces conditions initiales pourront être modifiées dans la phase suivante, lors de la recherche d'aménagements permettant de limiter l'impact des crues.

4.2.1.3. Paramètres divers

Au-delà des éléments structurels topographiques et des éléments hydrologiques, sont renseignés dans le modèle numérique les paramètres suivants :

- La rugosité en lit mineur, traduisant le comportement de l'écoulement (granulométrie, végétation, etc.) ;
- La rugosité dans les ouvrages hydrauliques traduisant le(s) matériau(x) de composition de l'ouvrage (béton, acier, etc.) mais également son éventuel envasement ou la présence d'embâcles.

4.2.2. Calage du modèle

L'unique information permettant de caler le modèle provient d'une vidéo de l'exutoire du plan d'eau aval lors de l'événement de mars 2020. Néanmoins, aucune certitude n'existe sur le fait que l'information a été prise au pic de crue, et le niveau est difficilement estimable. Aucun calage ne sera effectué.

4.2.3. Résultats de modélisation

Les résultats de modélisation sont illustrés dans le tableau et le graphe suivants. En particulier, ils permettent de définir les débits à injecter dans le modèle 2D (hydrogrammes aval du modèle 1D) présentés par la suite pour l'ensemble des conditions hydrologiques considérées.

Tableau 12 : Débits de pointe à l'exutoire des plans d'eau

	Débit de pointe à l'exutoire (m^3/s)		
	Q10	Q30	Q100
Plan d'eau amont	1.39	2.44	7.85
Plan d'eau intermédiaire	1.32	2.42	8.06
Plan d'eau aval	1.01	1.93	6.69

Tableau 13 : Cote maximale des plans d'eau

	Cote maximale du plan d'eau (m IGN69)		
	Q10	Q30	Q100
Plan d'eau amont	14.83	14.95	15.29
Plan d'eau intermédiaire	13.43	13.55	14.00
Plan d'eau aval	7.72	7.82	8.17

Tableau 14 : Lame d'eau maximale sur les déversoirs

	Niveau d'eau maximal sur le déversoir (m)		
	Q10	Q30	Q100
Plan d'eau amont	0.29	0.41	0.75
Plan d'eau intermédiaire	0.25	0.37	0.82
Plan d'eau aval	0.17	0.27	0.62

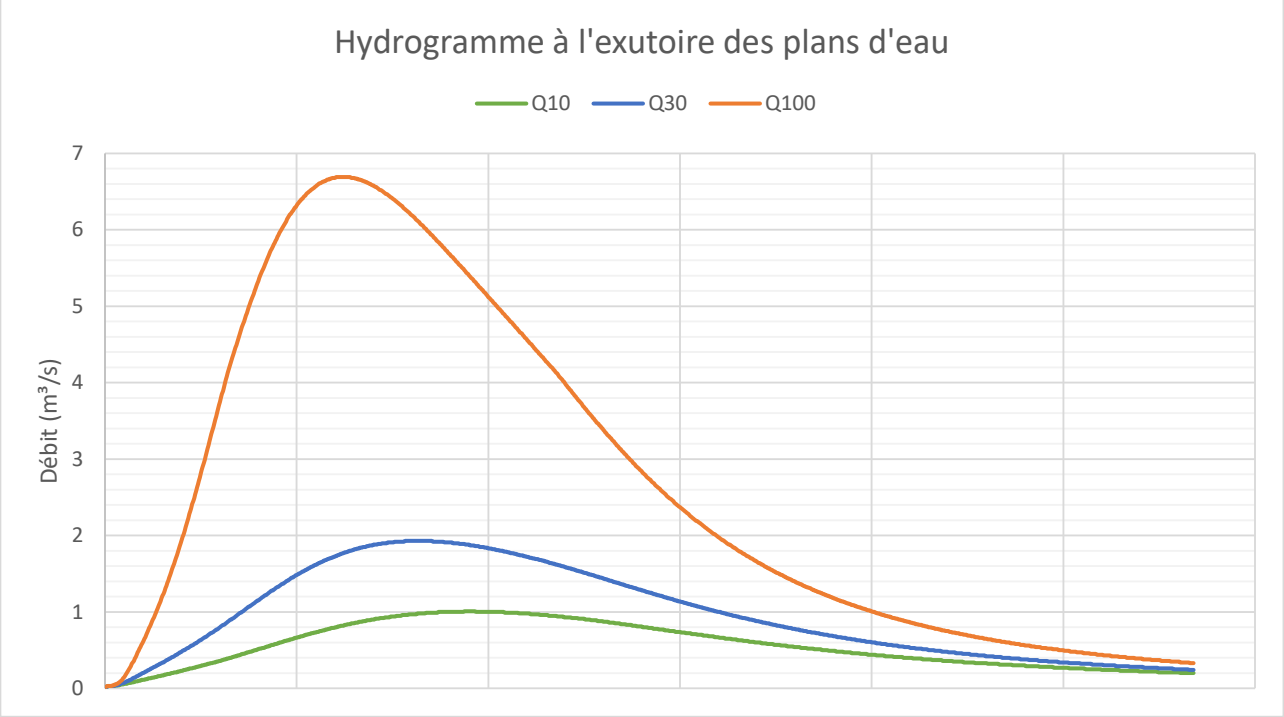


Figure 9 : Hydrogrammes à l'exutoire des plans d'eau (plan d'eau aval)

A noter le rôle de rétention de l'ensemble des plans d'eau, en particulier le plan d'eau aval, considérant le débit de pointe.

4.3. MODELE AVAL 2D

4.3.1. Construction du modèle

4.3.1.1. Architecture

L'architecture du modèle 2D est basée sur les données suivantes :

- Modèle Numérique de Terrain (RGE Alti 1 m) de résolution 1 m ;
- Levés topographiques effectués du 07 au 09/12/21 par TOPDESS (lit mineur des cours d'eau et ouvrages hydrauliques) ;
- Les relevés de terrain ARTELIA (dimensions géométriques des ouvrages et compréhension globale du fonctionnement hydraulique).

La figure en page suivante illustre l'architecture du modèle HEC RAS 2D, en particulier la prise en compte des ouvrages hydrauliques principaux (renommés OH1 à OH4).

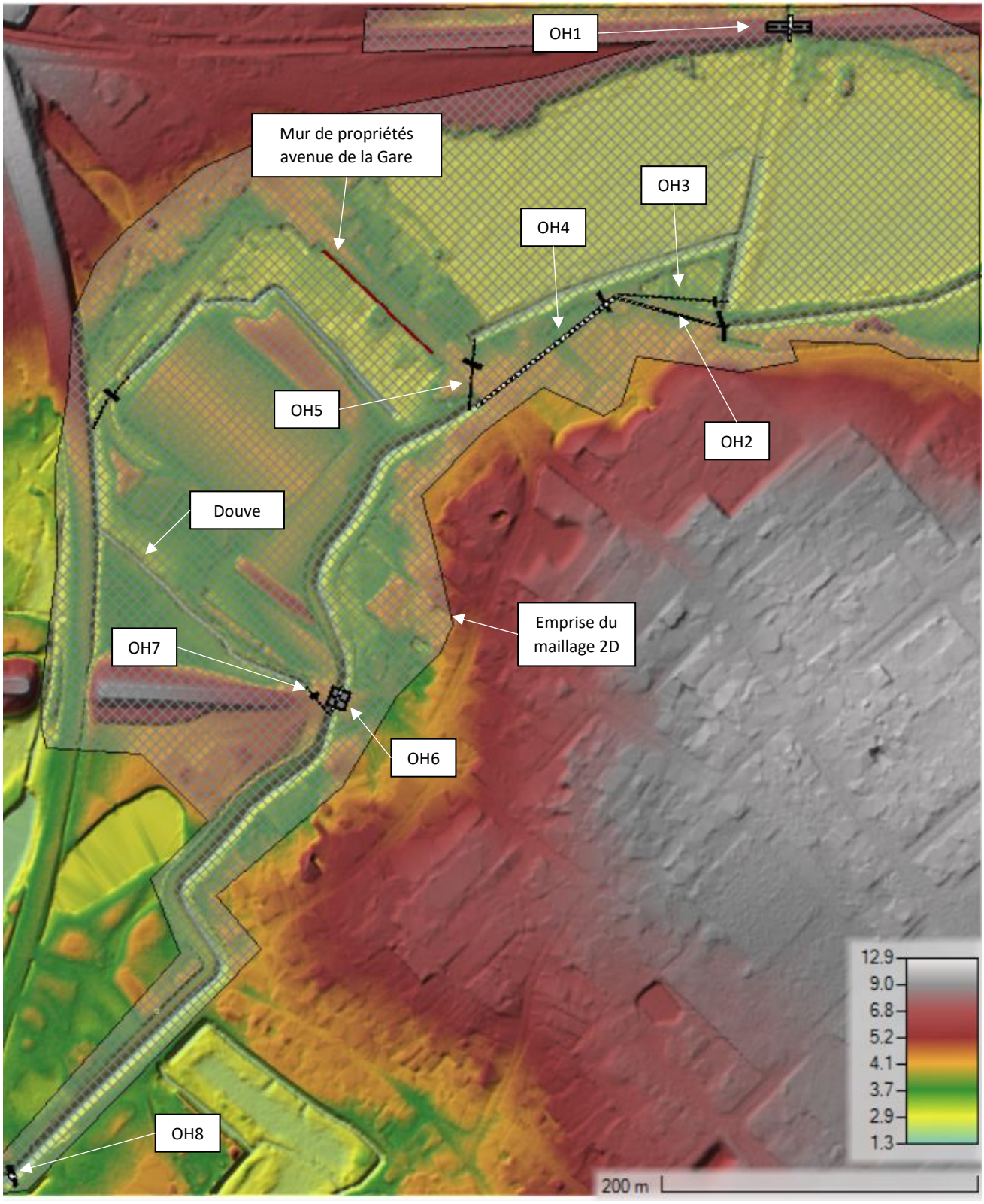


Figure 10 : Architecture du modèle 2D

4.3.1.2. Conditions aux limites

La condition limite amont est caractérisée par l'injection des hydrogrammes issues de l'analyse hydrologique pour l'affluent et du modèle 1D des étangs pour le cours d'eau principal.

Pour rappel, les événements simulés correspondent aux périodes de retour 10, 30 et 100 ans.

Les hydrogrammes utilisés (exemple de la crue centennale) sont les suivants :

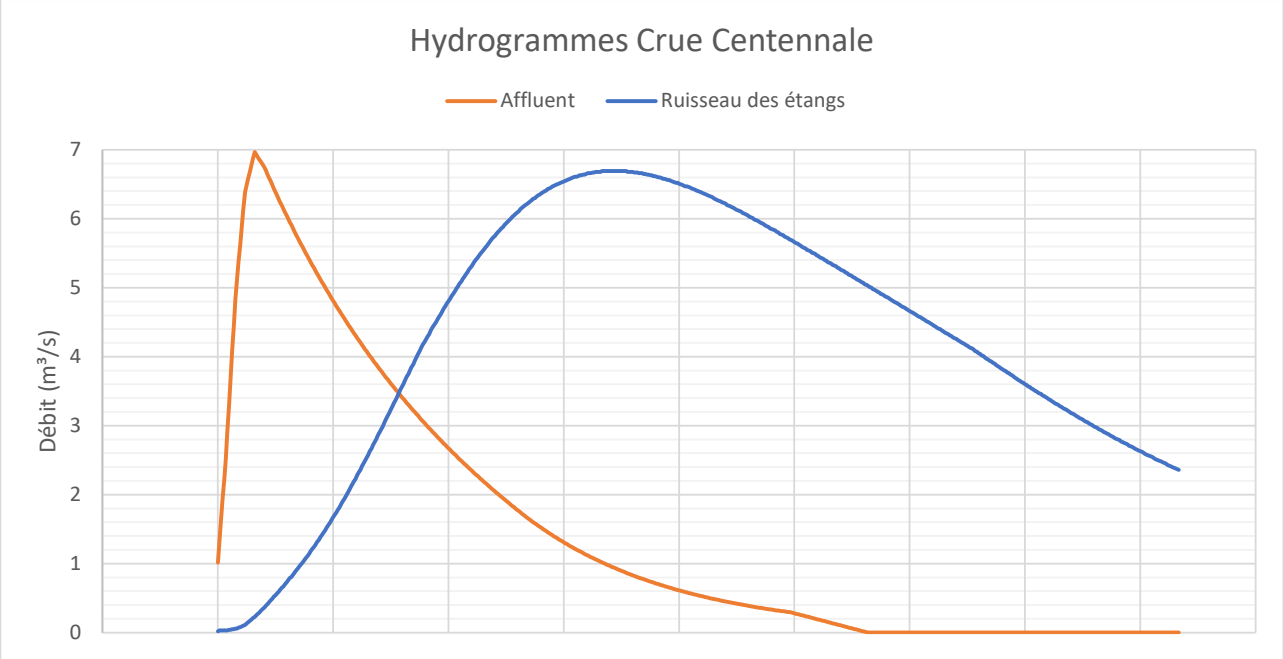


Figure 11 : Hydrogrammes de la crue centennale

A noter l'influence non négligeable des étangs permettant l'étalement de la crue du ruisseau des étangs de Bourgneuf, dont la valeur du pic de crue est inférieure à celle de l'affluent (volume largement supérieur cependant). Par ailleurs, la modélisation prend en compte une pluie concomitante sur l'ensemble des bassins versants, entraînant un décalage des pics de crue.

La condition limite aval est définie dans le modèle 2D par un niveau d'eau constant du marais, à savoir 2.1 m IGN69.

4.3.1.3. Paramètres divers

Au-delà des éléments structurels topographiques et des éléments hydrologiques, sont renseignés dans le modèle numérique les paramètres suivants :

- La rugosité en lit mineur, traduisant le comportement de l'écoulement (granulométrie, végétation, etc.) ;
- La rugosité dans les ouvrages hydrauliques traduisant le(s) matériau(x) de composition de l'ouvrage (béton, acier, etc.) mais également son éventuel envasement ou la présence d'embâcles ;
- La rugosité en lit majeur : la zone maillée est associée à une cartographie d'occupation du sol afin de déterminer précisément la rugosité en tout point. La prise en compte des bâtiments a été effectuée en se basant sur le cadastre.

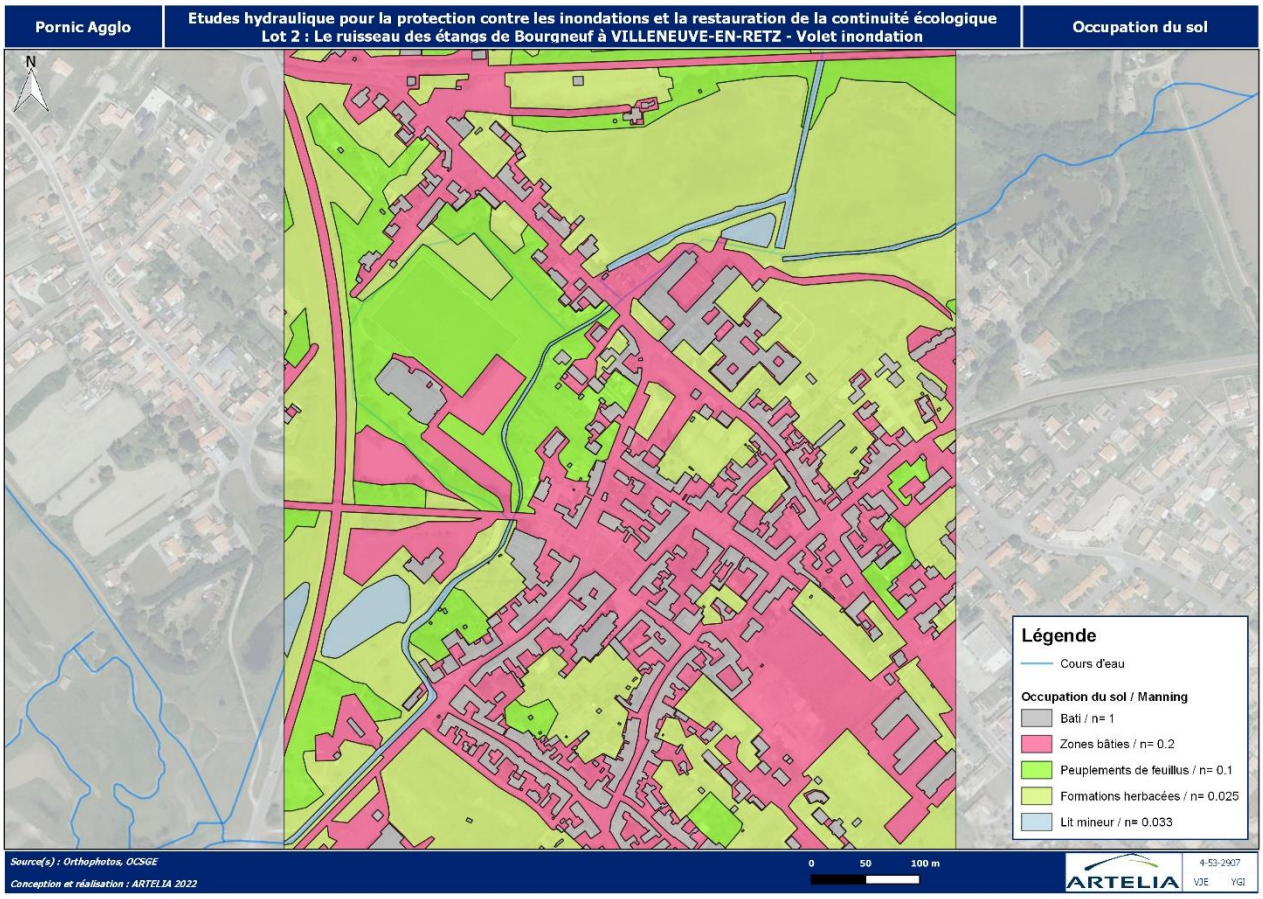


Figure 12 : Occupation du sol et coefficient de Manning n correspondant (ARTELIA)

4.3.2. Calage du modèle

Pour rappel, les hyétogrammes disponibles concernant les événements caractéristiques connus et disposant d'observations et laisses de crues fiables sont proche d'une période de retour 10 ans.

En effet, les débits simulés lors de l'analyse hydrologique représentent mal les événements vécus. Pour rappel, l'analyse hydrologique a pu mettre en avant une forte disparité entre les observations de terrain des événements météorologiques 2020 et 2021 et les relevés pluviométriques des stations situées proches de la zone d'étude. Ils ne permettent ainsi pas de caractériser les inondations observées.

L'ensemble des crues caractéristiques a été testé (Q10, Q30 et Q100), ainsi que différentes conditions initiales et aux limites (un seul cours d'eau en crue par exemple). La cartographie des écoulements de crue décennale (Q10) ne coïncide pas avec les observations de terrain (pas de débordement de la zone inondable amont).

Par ailleurs, il est important de noter que les conditions d'écoulement au droit des ouvrages de franchissement lors de l'événement de 2020 sont méconnues. En particulier, la présence d'embâcles n'est pas à exclure.

Le calage consiste dans ces conditions à analyser l'ensemble des paramètres caractéristiques des écoulements aux différentes périodes de retour :

- Emprise de zones inondées ;
- Chemins hydrauliques préférentiels ;
- Hauteurs d'eau en différents points (en particulier la comparaison entre les hauteurs aux points renseignés) : prise en compte des laisses de crue.

Le tableau suivant illustre les laisses de crue identifiées (événement de mars 2020) :

Tableau 15 : Laisses de crue

Code	Description	Cote (m IGN69)
1	Niveau d'eau amont au 3 avenue de la Gare	3.94
2	Niveau d'eau amont au 1 avenue de la Gare	3.94
3	Niveau d'eau aval au 4bis avenue de la Gare	3.72

La carte en page suivante illustre l'inondabilité de la zone d'étude pour la crue centennale, ainsi que les hauteurs d'eau observées lors de l'épisode de mars 2020 aux points caractéristiques.

Il en résulte que la modélisation hydraulique traduit correctement les phénomènes de ruissellement observés lors des dernières inondations. En particulier :

- Zone inondable amont : rôle d'écrêtement limité, le plan d'eau formé déborde largement dans les jardins situés au nord de la route ;
- Avenue de la Gare : débordement généralisé sur la route, avec mises en vitesse pour évacuation au droit des ouvertures de type portail vers le sud ;
- Zone inondable aval : jardin situés au sud de la route largement inondés, ainsi que les habitations les plus basses.

Les différentes modélisations mettent en avant que l'épisode de mars 2020 semble avoir une période de retour située entre 30 et 100 ans.

Le calage est satisfaisant, l'emprise inondable et les conditions d'écoulement reflètent les observations recensées.

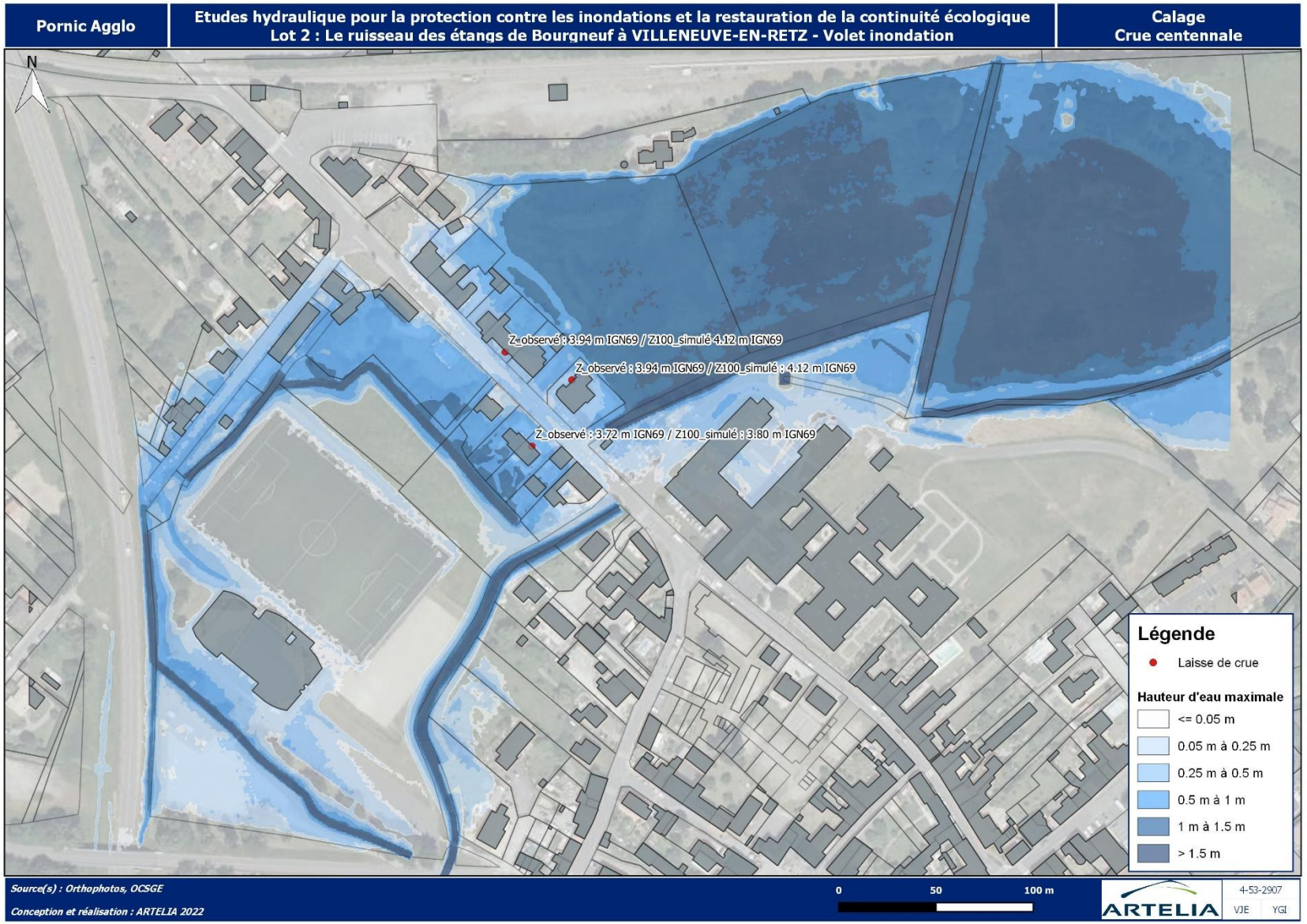


Figure 13 : Résultat de la modélisation – Hauteurs d'eau – Calage (crue centennale)

4.3.3. Résultats de modélisation

4.3.3.1. Cartographie de zones inondables

Les résultats de modélisation en état actuel sont présentés dans les cartographies suivantes (hauteurs d'eau maximales).



Figure 14 : Période de retour 10 ans - Résultat de la modélisation – Hauteurs d'eau

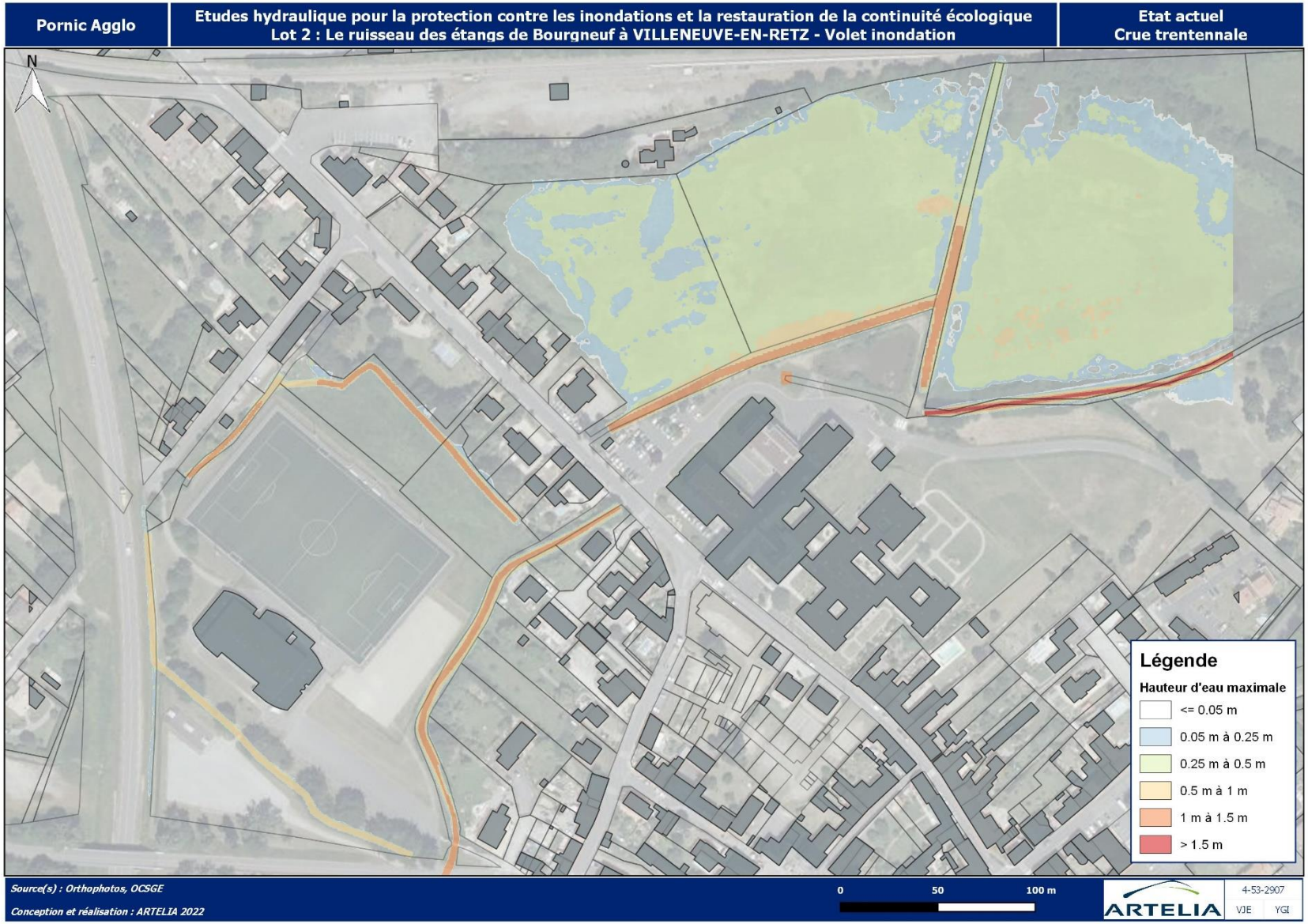


Figure 15 : Période de retour 30 ans - Résultat de la modélisation – Hauteurs d'eau

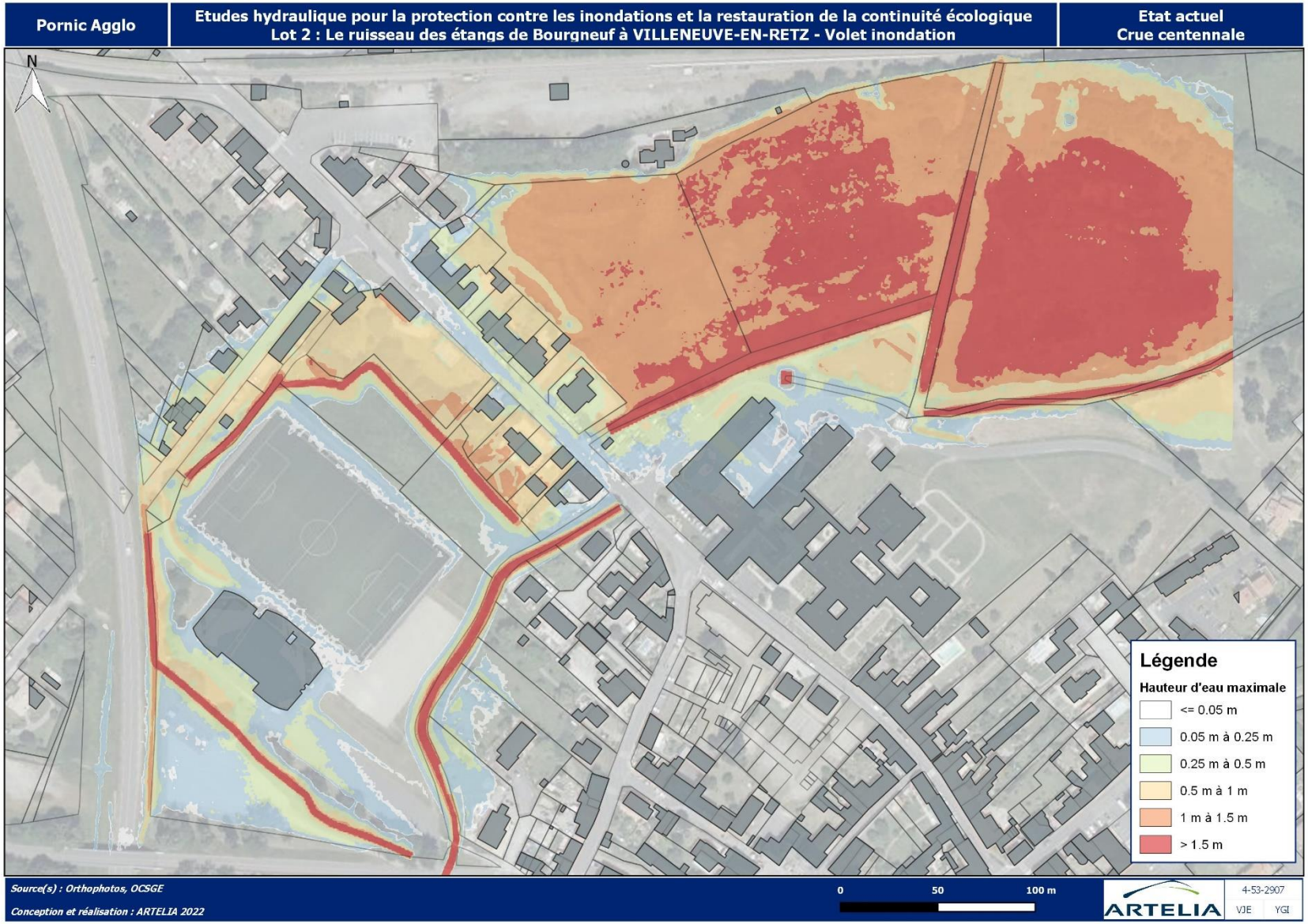


Figure 16 : Période de retour 100 ans - Résultat de la modélisation – Hauteurs d'eau

4.3.3.2. Profils en long

La figure suivante illustre le profil en long du cours d'eau (fil d'eau, terrain naturel et niveau d'eau) pour les trois périodes de retour considérées.

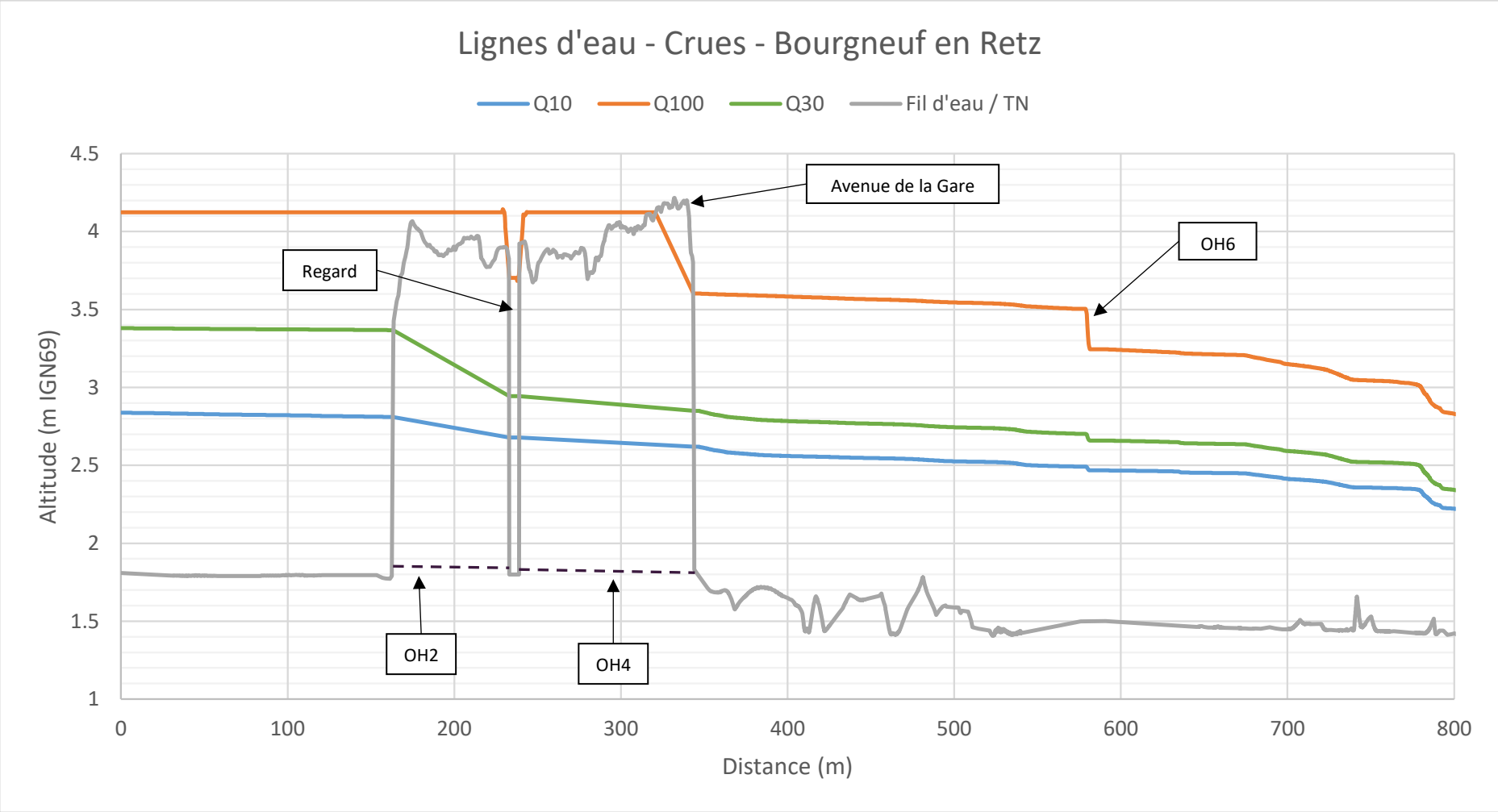


Figure 17 : Lignes d'eau – Etat actuel

4.3.3.3. Analyse des résultats

Fonctionnement hydraulique en crue :

Le présent chapitre illustre les écoulements en crue, de l'amont vers l'aval.

Le fonctionnement hydraulique en crue de la zone d'étude est largement impacté par la présence de l'avenue de la Gare, jouant le rôle de digue. On distingue ainsi deux points sur la partie amont :

- L'évacuation du ruisseau des étangs de Bourgneuf :

  Le ruisseau transite via l'ouvrage OH2 (deux buses Ø1000), présentant un débit capable à pleins bords d'environ 2 m^3/s (dépendant de l'influence aval du modèle). Au-delà de cette valeur, le cours d'eau se met en charge sur le linéaire amont et finit par déborder en rive droite en direction du champ d'expansion lorsqu'il atteint la cote de 3.34 m IGN69. **Cela est observé dès la crue trentennale**.

- L'évacuation de l'affluent :

  L'affluent transite par l'ouvrage de franchissement ferroviaire, dont l'influence sur l'écrêtement des crues est très limitée, puis s'étale rapidement dans l'ensemble du champ d'expansion. En effet, tel que le montre le profil en long suivant, le lit de l'affluent n'est pas marqué voire inexistant sur le linéaire amont (environ 100 m).

  Par ailleurs, les deux ouvrages d'évacuation, de dimension limitée, ne permettent pas l'évacuation du volume de crue, et tendent à laisser la zone d'expansion se remplir continuellement.

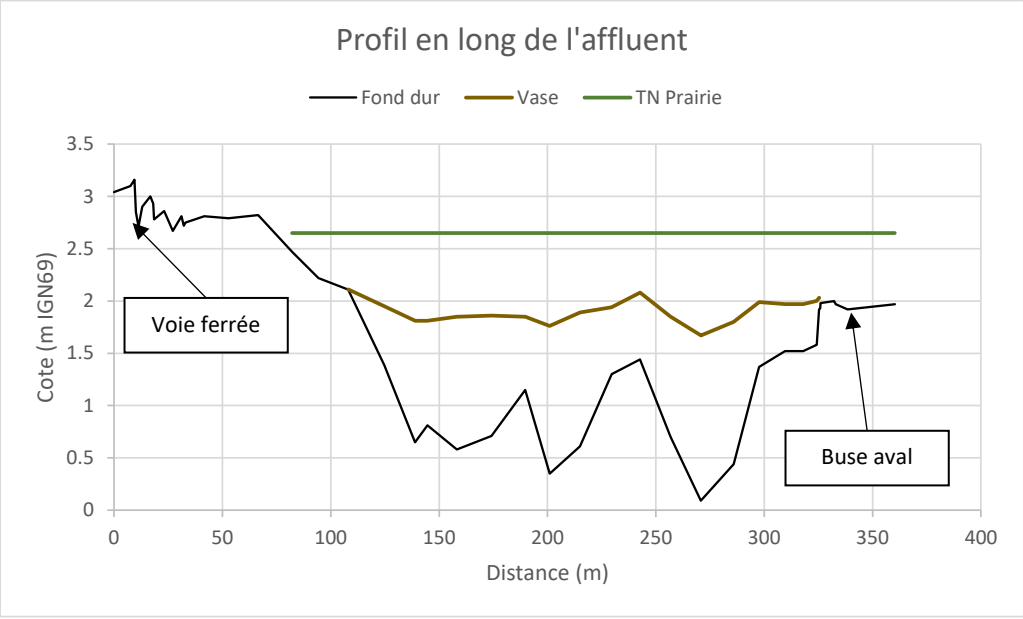


Figure 18 : Profil en long de l'affluent

Les différents débordements entrainent ainsi le remplissage de la zone d'expansion (prairie humide), dont le niveau monte tant que les apports sont supérieurs au faible débit capable des ouvrages aval. L'unique exutoire de cette zone de rétention, hormis les ouvrages hydrauliques déjà en charge, est l'avenue de la Gare, jouant le rôle de déversoir de crue. Dans le cas présent, seule la crue centennale représente un volume suffisamment élevé pour entraîner un débordement sur la route, dont le point bas se situe à la cote de 3.80 m IGN69.

Les différentes simulations (et tests associés) mettent en avant le constat suivant : le décalage des pics de crue des deux sous-bassins versants entraînent un remplissage prématuré de la zone de rétention par l'affluent. Ainsi, lors des premiers débordements du ruisseau des étangs de Bourgneuf en rive droite, la zone de rétention est déjà un plan d'eau à la cote 2.95 m IGN69 pour la crue trentennale et 3.21 m IGN69 pour la crue centennale.

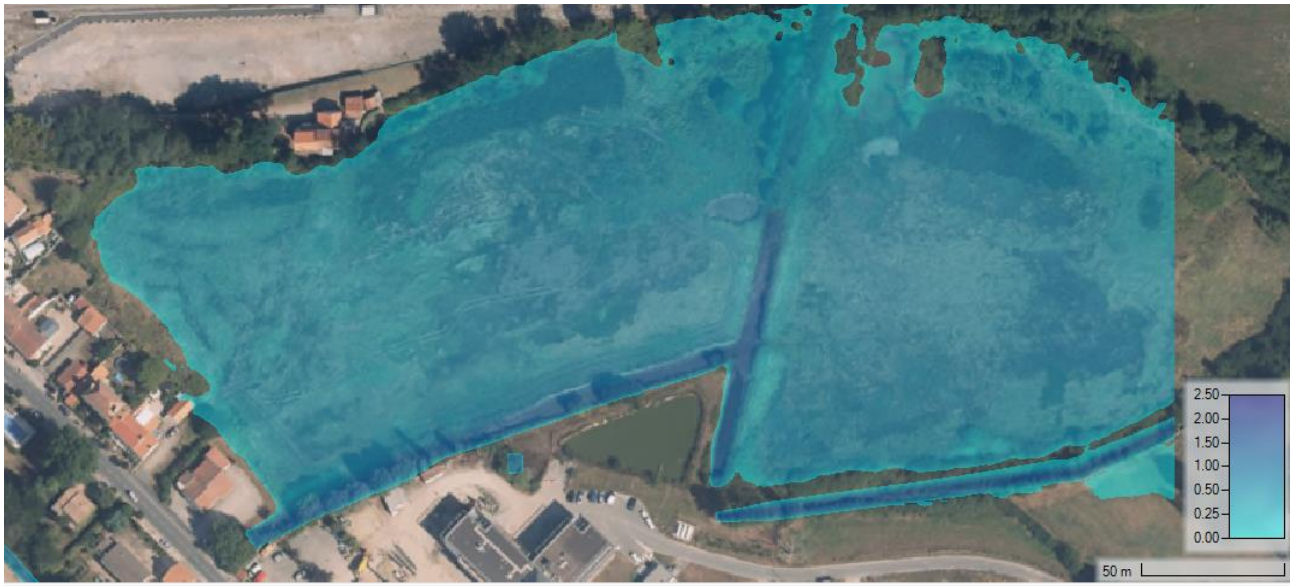


Figure 19 : Niveau d'eau (zone de rétention) lors des premiers débordements amont (Q100)

Les débordements sur la route (crue centennale) entraînent des mises en vitesse au droit des zones d'évacuation, à savoir les différents portails d'accès aux propriétés (la présence de murs limite l'évacuation et entraîne une surélévation du niveau amont).

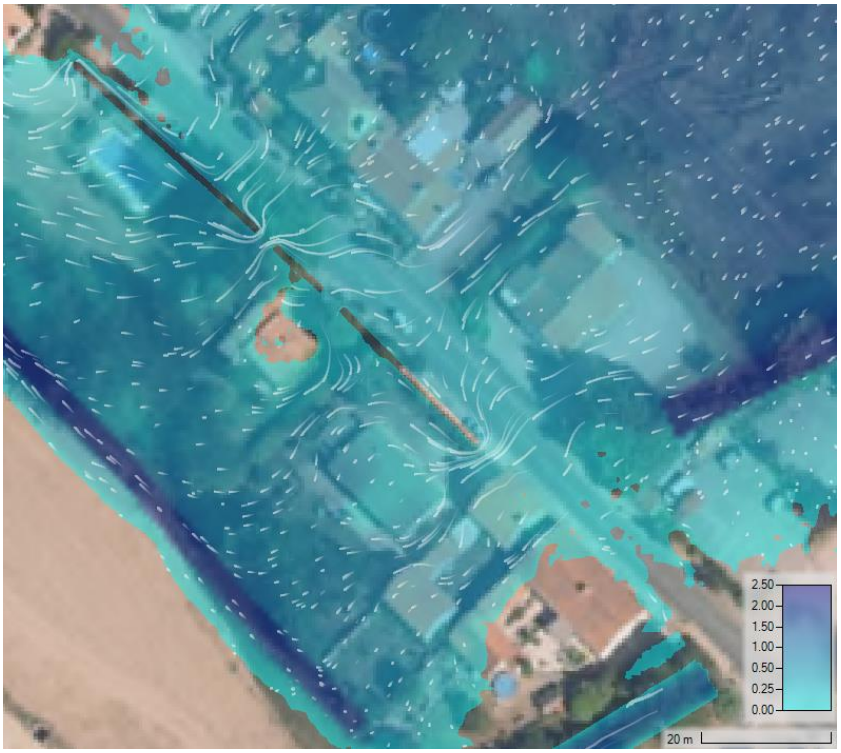


Figure 20 : Mises en vitesse au passage de la route

Concernant la partie aval, un important volume débordé sur l'avenue de la Gare (crue centennale) rejoint les fonds de jardins et la douve faisant le tour du stade. Cette dernière n'étant connectée au cours d'eau que d'un côté (sud), et via une buse de diamètre limité (Ø400), le débordement reste généralisé sur l'ensemble des parties basses (impasse de la Gare notamment).

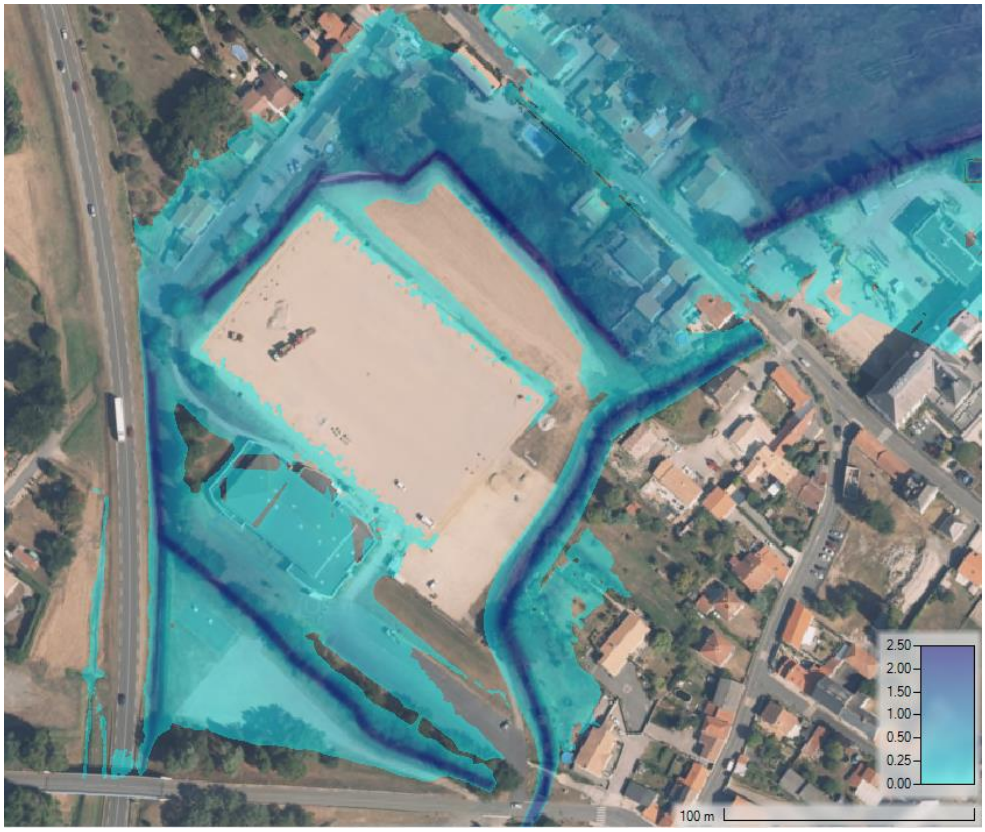


Figure 21 : Inondabilité en aval de la route

Caractérisation des zones inondées :

Au global, vingt habitations, l'EHPAD ainsi que le bâtiment du stade sont concernées par le risque inondation pour la crue centennale. La modélisation des événements décennal et trentennal ne montre pas de risque particulier (problématique d'ouvrage hydraulique obstrué mis à part).

4.3.3.4. Conclusion

Les différentes simulations mettent en avant l'importance du volume ruisselé sur le fonctionnement hydraulique du secteur en crue. En effet, les débordements sont acceptables dans la limite du remplissage de la zone d'expansion. Les difficultés d'évacuation de cette dernière entraînent de forts débordements sur les parcelles concernées, via le déversement sur l'avenue de la Gare.

A noter en particulier la présence d'ouvrages hydrauliques de taille limitée permettant la connexion de l'affluent au cours d'eau principal.



C. PHASE 2 : ETUDE DE FAISABILITE

1. ANALYSE HYDRAULIQUE PREALABLE DES SCENARIOS ETUDIES

Divers aménagements génériques permettent de limiter les débordements de cours d'eau selon le contexte des écoulements étudiés : augmentation de la section débitante des ouvrages, augmentation du gabarit du cours d'eau, rétention d'un volume en amont de la zone concernée, reconnexion du lit majeur, etc.

Dans le cas présent, l'état des lieux a permis de mettre en avant :

- Les problématiques liées à l'affluent : lit mineur non marqué, remplissage de la zone de rétention dès l'arrivée de la pluie, connexion au cours d'eau via un ouvrage au débit capable très faible ;
- Les problématiques liées au cours d'eau principal : ouvrage amont au débit capable limité, débordement du lit perché dans une zone déjà remplie ;
- Le fonctionnement hydraulique global : remplissage de la zone de rétention sans exutoire suffisant ;
- Le décalage des pics de crue (horloge des crue) entre l'affluent et le cours d'eau principal.

Les différents aménagements susceptibles de limiter les débordements sont les suivants :

- Scénario Ino1 : renaturation du cours d'eau principal (remise en fond de vallée) associé à la reconnexion de l'affluent ;
- Scénario Ino 2 : redimensionnement de l'ouvrage OH2 (remplacement des buses par un pont cadre de même dimension que l'OH4) associé à la reconnexion de l'affluent ;
- Scénario Ino 3 : aménagement d'un exutoire de la zone de rétention amont sous l'avenue de la Gare ;
- Scénario Ino 4 : maintien d'un niveau d'eau 30 cm sous le niveau des déversoirs pour l'ensemble des plans d'eau (via l'aménagement d'une échancrure) ;
- Scénario Ino 5 : redimensionnement de l'ouvrage OH5 ;

Des aménagements complémentaires peuvent être considérés afin de limiter les inondations sur la partie aval :

- Compl_1 : Reconnexion amont de la douve au cours d'eau ;
- Compl_2 : redimensionnement de l'ouvrage de franchissement de la rue des 3 ponts.

Par ailleurs, les scénarios étudiés dans le cadre des aménagements de restauration de la continuité écologique pourront avoir des incidences sur l'hydrogramme de crue du ruisseau des étangs de Bourgneuf, et ainsi sur les inondations aval (tel que le scénario Ino4). Une attention particulière sera portée au scénario retenu et étudié en phase 3 concernant l'enjeu inondation.

Les différents aménagements ont été intégrés à la modélisation, seuls ou combinés. Les scénarios permettant un gain hydraulique significatif ont été étudiés au stade faisabilité.

Pour l'ensemble des scénarios, l'incidence hydraulique concernant la crue centennale est détaillée dans les parties suivantes

1.1. SCENARIO INO1 : RENATURATION DU LINEAIRE AMONT

Définition des aménagements

Le scénario considère :

- La remise en fond de vallée du ruisseau des étangs de Bourgneuf sur un linéaire d'environ 500 m (pente 0.1%, gabarit du cours d'eau PT14) ;
- La reprise du profil en long et en travers de l'affluent sur le linéaire amont (lit non marqué) afin de concentrer les écoulements ;
- La connexion de l'affluent avec la section de cours d'eau créée ;
- La connexion des cours d'eau à l'OH4 via un cadre de même dimensions (largeur 2 m, hauteur 1.5 m) en aval du regard actuel ;
- Le remblaiement des douves actuelles.

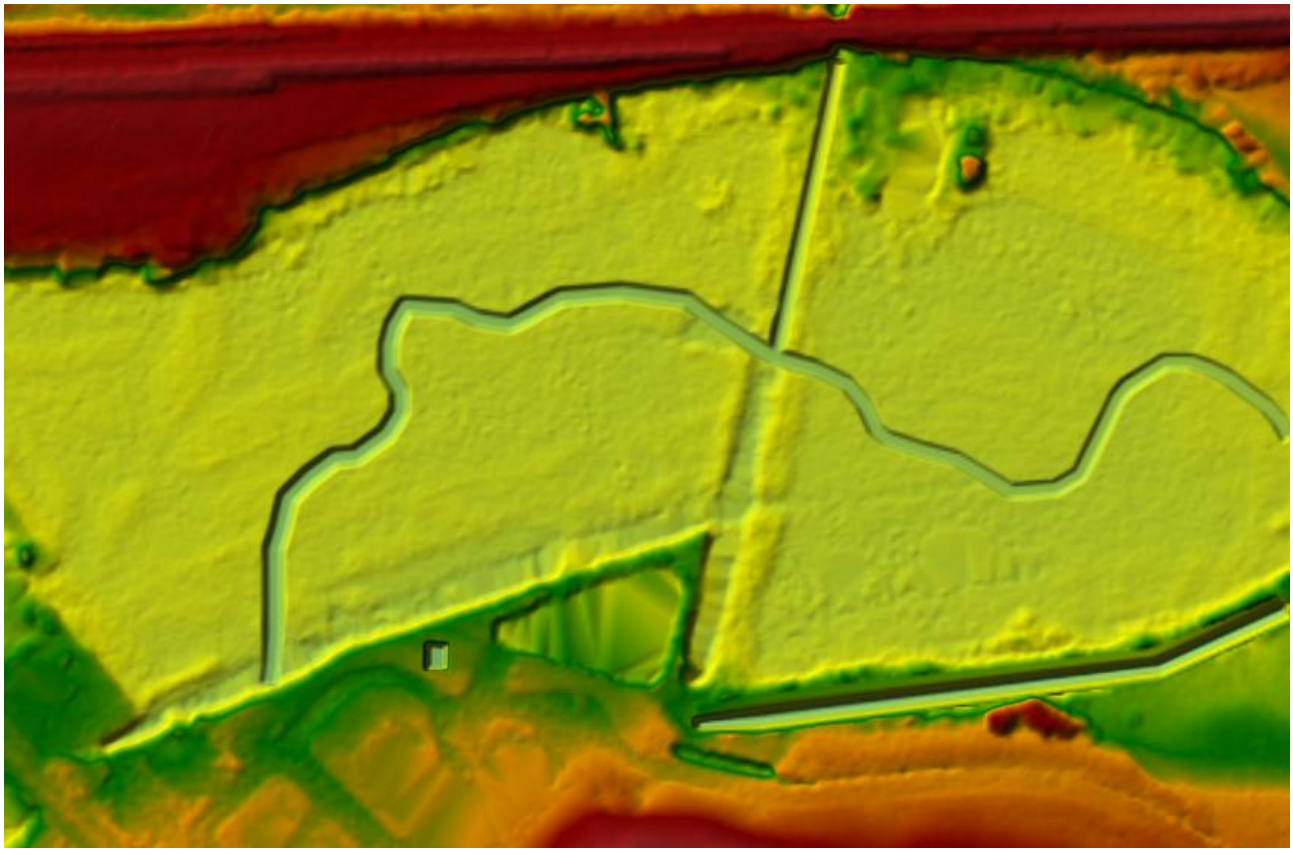


Figure 22 : Scénario Ino1 - MNT état projeté

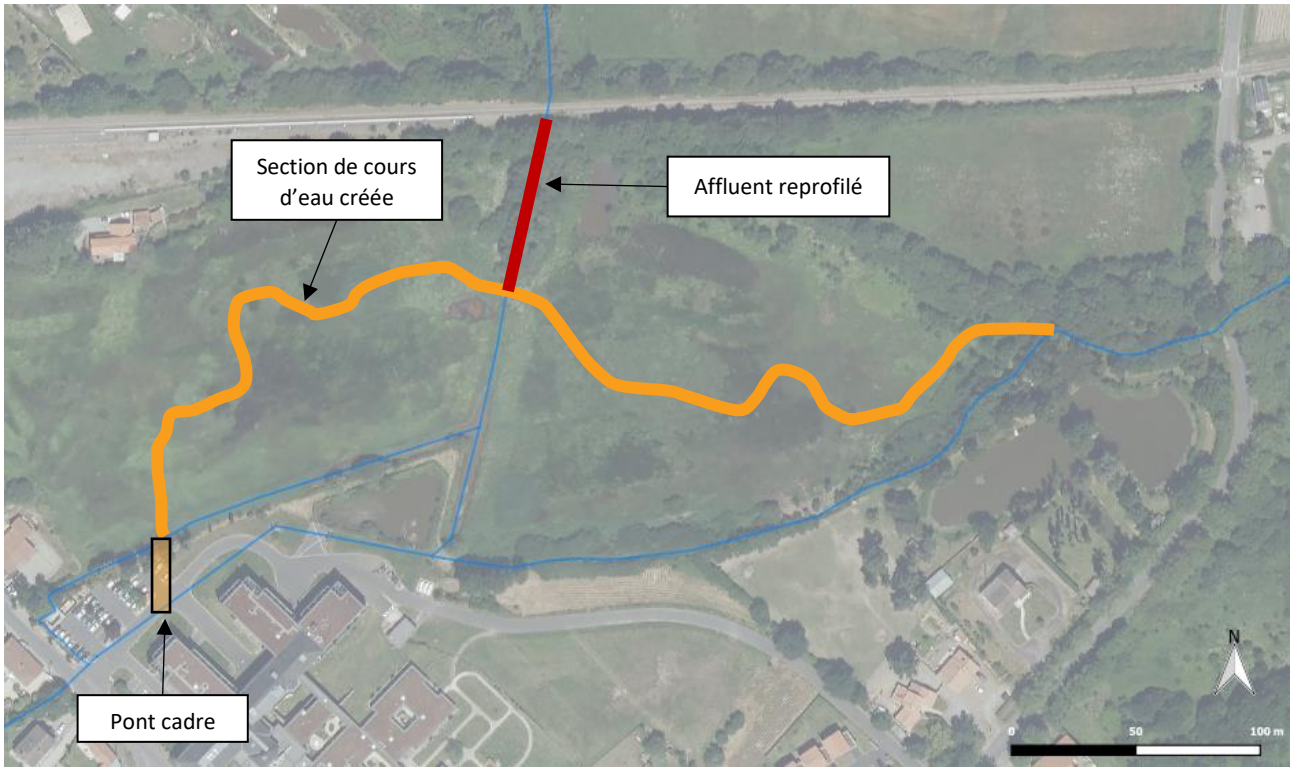


Figure 23 : Scénario Ino1 – Schéma de principe

Incidences hydrauliques (Q100)

Les aménagements permettent l'abaissement du niveau d'eau de 18 cm en amont de l'avenue de la Gare et de 45 cm dans la zone inondée aval. L'emprise de la zone inondée est légèrement plus petite, mais le débordement avenue de la Gare très largement diminué.

Les figures suivantes illustrent ce point. Le profil en long et l'hydrogramme de débordement avenue de la Gare pour les scénarios principaux sont présentés par la suite.

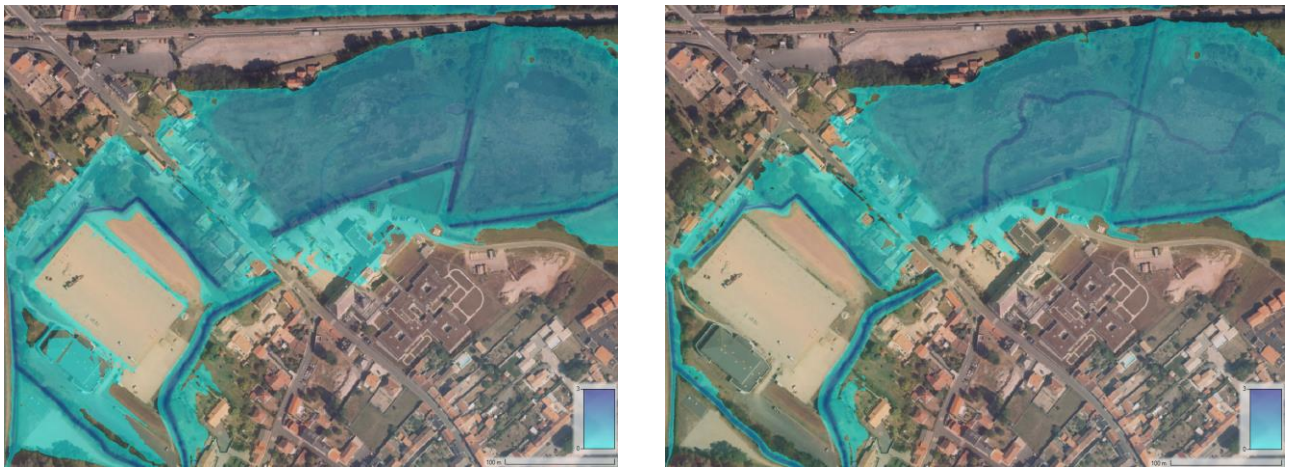


Figure 24 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino1)

1.2. SCENARIO INO2 : REDIMENSIONNEMENT DU BUSAGE AMONT

Définition des aménagements

Le scénario considère :

- Le remplacement du busage amont (OH2) par un cadre de même dimensions que l'OH4 (largeur 2 m, hauteur 1.5 m) ;
- La reprise du profil en long et en travers de l'affluent sur le linéaire amont (lit non marqué) afin de concentrer les écoulements ;
- La connexion (réouverture) de l'affluent en amont de l'OH2.

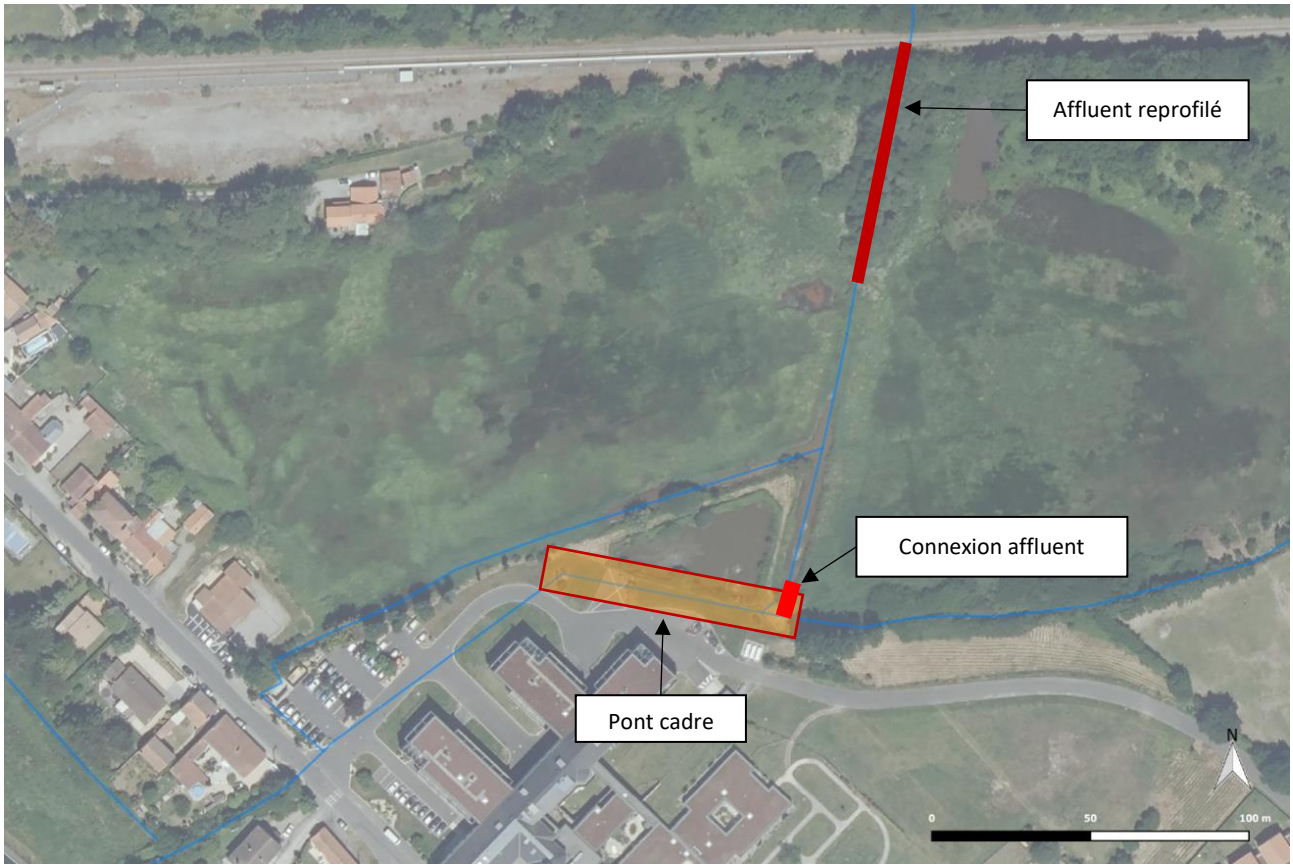


Figure 25 : Scénario Ino2 – Schéma de principe

Incidences hydrauliques (Q100)

Les aménagements permettent l'abaissement du niveau d'eau de 10 cm en amont de l'avenue de la Gare et de 12 cm dans la zone inondée aval. L'emprise de la zone inondée est très légèrement plus petite, mais le débordement avenue de la Gare fortement diminué.

Les figures suivantes illustrent ce point. Le profil en long et l'hydrogramme de débordement avenue de la Gare pour les scénarios principaux sont présentés par la suite.

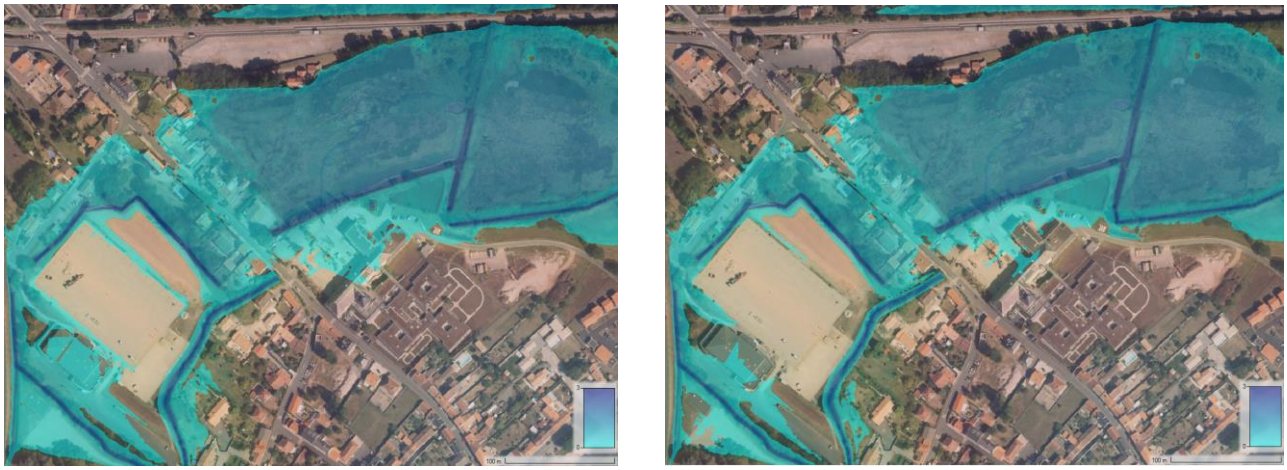


Figure 26 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino2)

1.3. SCENARIO INO3 : OUVRAGE DE VIDANGE SOUS LA RUE DE LA GARE

Définition des aménagements

Le scénario considère l'aménagement d'un ouvrage de vidange (conduite Ø1000 mm avec clapet anti-retour) sous l'avenue de la Gare.

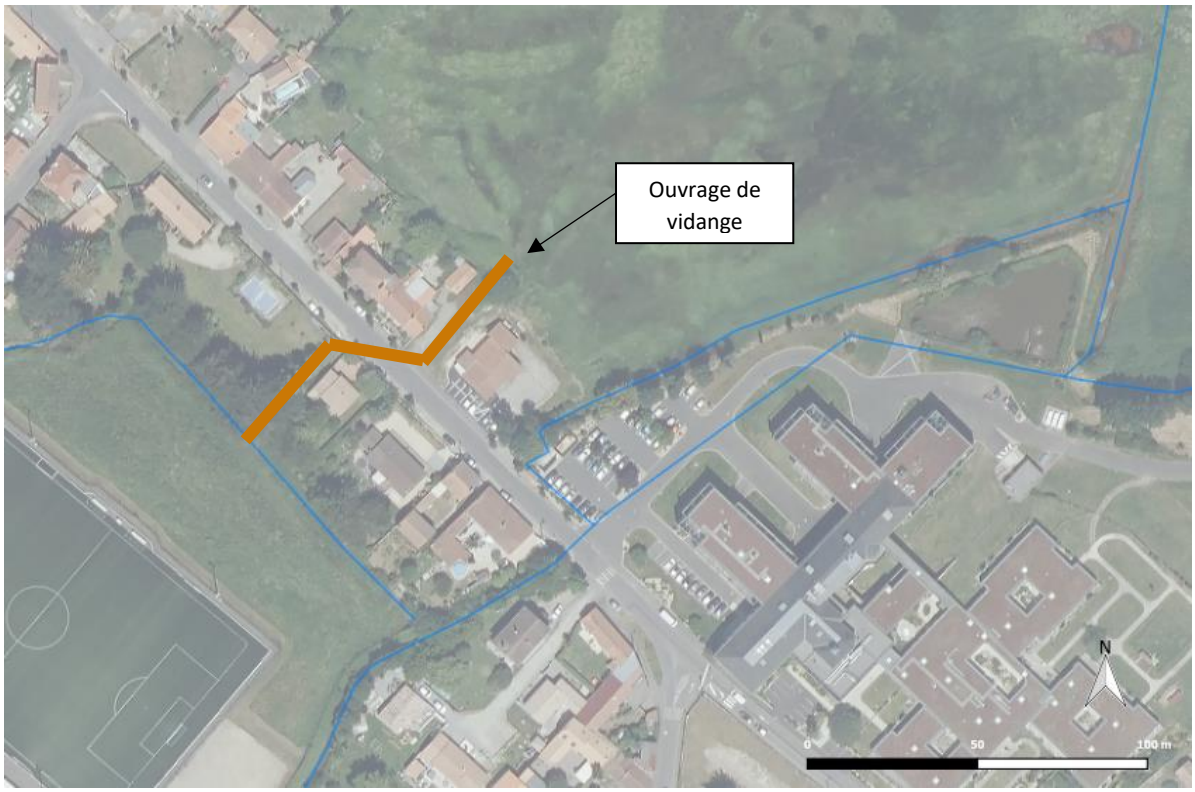


Figure 27 : Scénario Ino3 – Schéma de principe

Incidences hydrauliques (Q100)

L'aménagement permet de diminuer le débordement avenue de la Gare mais ne modifie pas l'emprise de la zone inondable. L'abaissement des niveaux d'eau est limité (4 cm en amont, rehausse de 1 cm en aval).

1.4. SCENARIO INO4 : ABAISSEMENT DU NIVEAU DES PLANS D'EAU (RCE1)

Définition des aménagements

Le scénario considère la modification de la gestion des plans d'eau situés en amont de la zone d'étude, à savoir le maintien des 3 plans d'eau à un niveau 30 cm inférieur à la cote des déversoirs. Les modalités de gestion ne sont pas définies à ce stade, et pourront directement découler du scénario de restauration de la continuité écologique retenu.

Par ailleurs, le scénario Ino1_4, dont les résultats sont aussi présentés ci-après, couple les aménagements du scénario In1 et la gestion du niveau des plans d'eau du scénario Ino4.

Incidences hydrauliques (Q100)

Les aménagements permettent l'abaissement du niveau d'eau de 10 cm en amont de l'avenue de la Gare et de 11 cm dans la zone inondée aval. L'emprise de la zone inondée est très légèrement plus petite, mais le débordement avenue de la Gare fortement diminué.

Concernant le scénario Ino1_4, l'incidence hydraulique est nettement plus forte (-51 cm en amont et -75 cm en aval) : le débordement avenue de la Gare est supprimé. Le débit de point à l'exutoire du plan d'eau aval est diminué de 25 %.

Les figures suivantes illustrent ces points. Le profil en long et l'hydrogramme de débordement avenue de la Gare pour les scénarios principaux sont présentés par la suite.

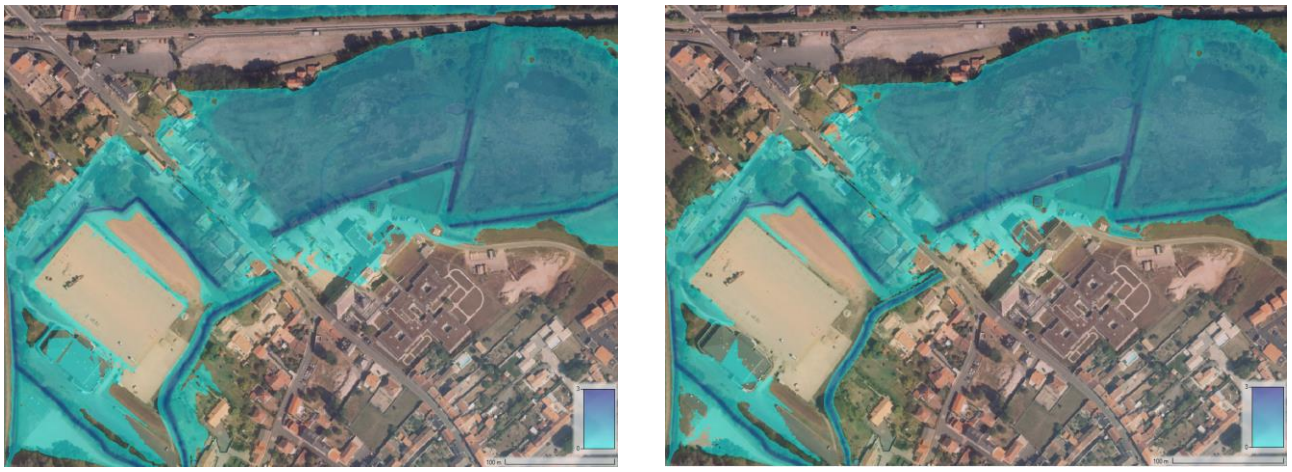


Figure 28 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino4)



Figure 29 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino1_4)

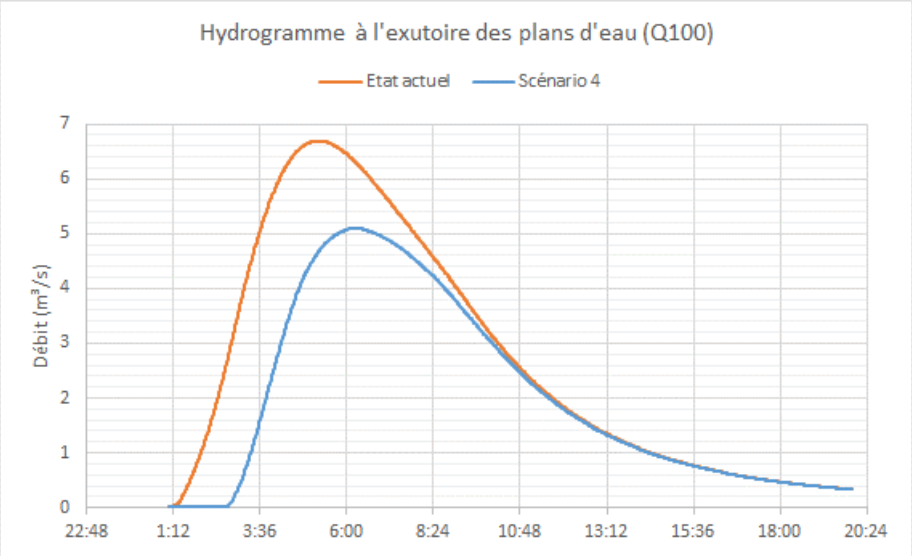


Figure 30 : Hydrogramme (Q100) à l'exutoire du plan d'eau aval

1.5. SCENARIO INO5 : REDIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE OH5

Définition des aménagements

Le scénario considère le remplacement de l'ouvrage OH5 (connexion de l'affluent au cours d'eau principal, actuellement une buse Ø400 à Ø600 mm via le réseau d'eaux pluviales) par un pont cadre de dimensions importantes (largeur 1.5 m, hauteur 1 m).

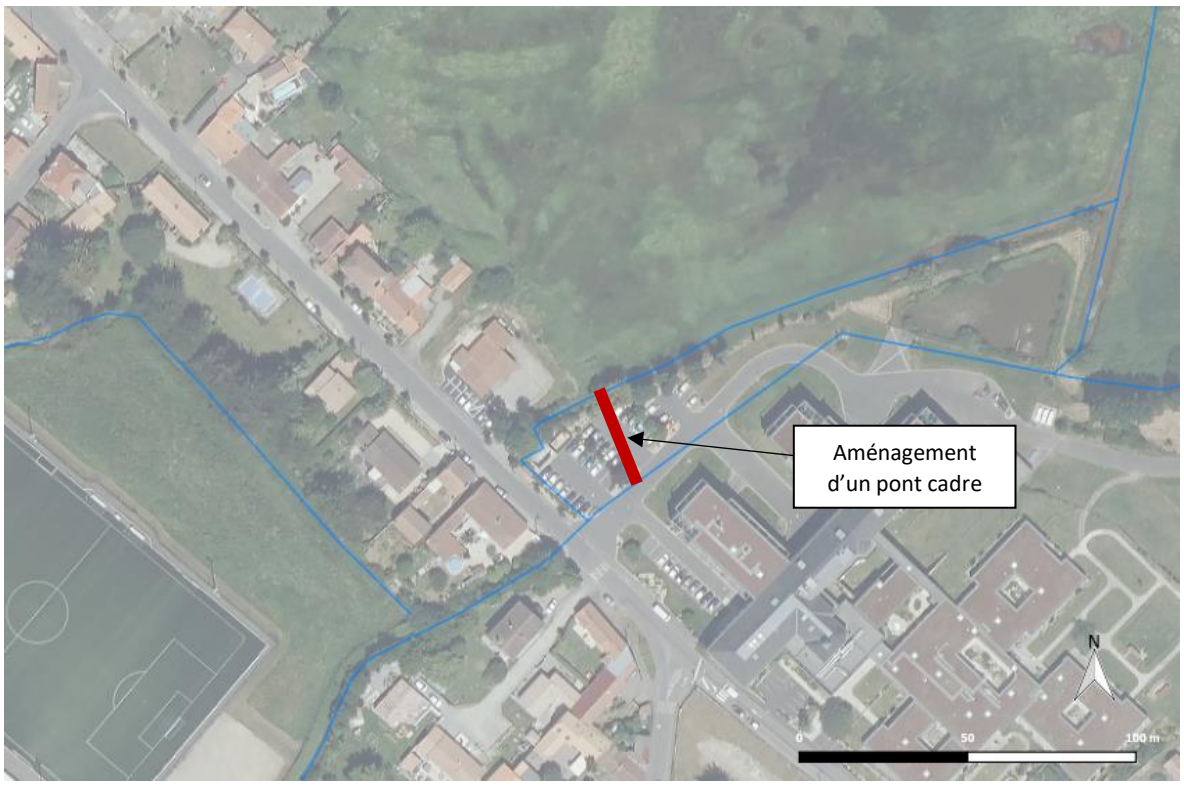


Figure 31 : Scénario Ino5 – Schéma de principe

Incidences hydrauliques (Q100)

Les aménagements permettent l'abaissement du niveau d'eau de 15 cm en amont de l'avenue de la Gare et de 37 cm dans la zone inondée aval. L'emprise de la zone inondée est légèrement plus petite, mais le débordement avenue de la Gare largement diminué.

Les figures suivantes illustrent ce point. Le profil en long et l'hydrogramme de débordement avenue de la Gare pour les scénarios principaux sont présentés par la suite.

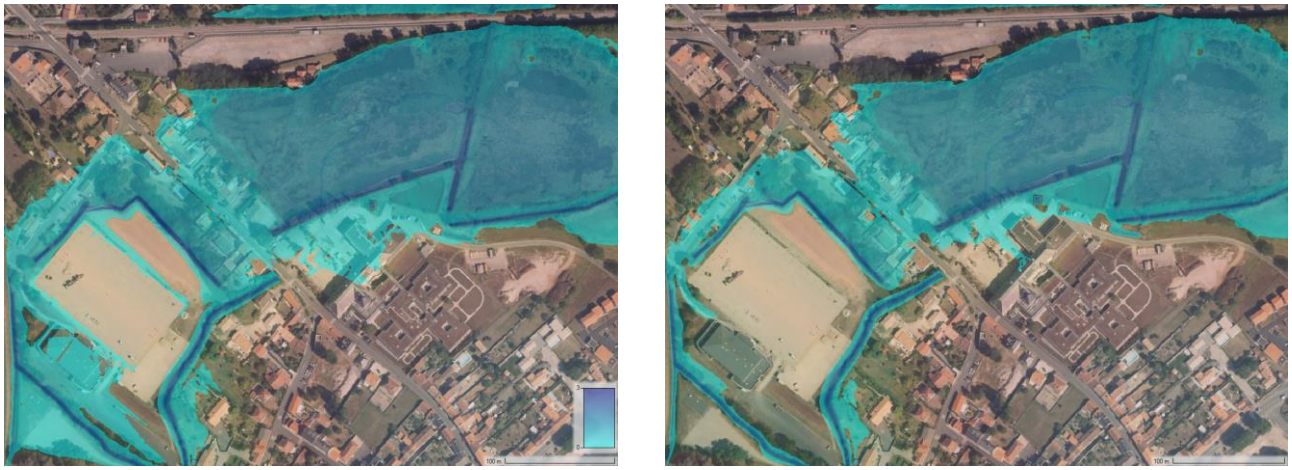


Figure 32 : Enveloppe de crue centennale (état actuel / scénario Ino5)

1.6. AMENAGEMENTS COMPLEMENTAIRES

1.6.1. Compl_1 : Ouverture douve amont

Définition des aménagements

Le scénario considère la reconnexion nord de la douve située au droit du terrain de football (busage Ø800 mm).

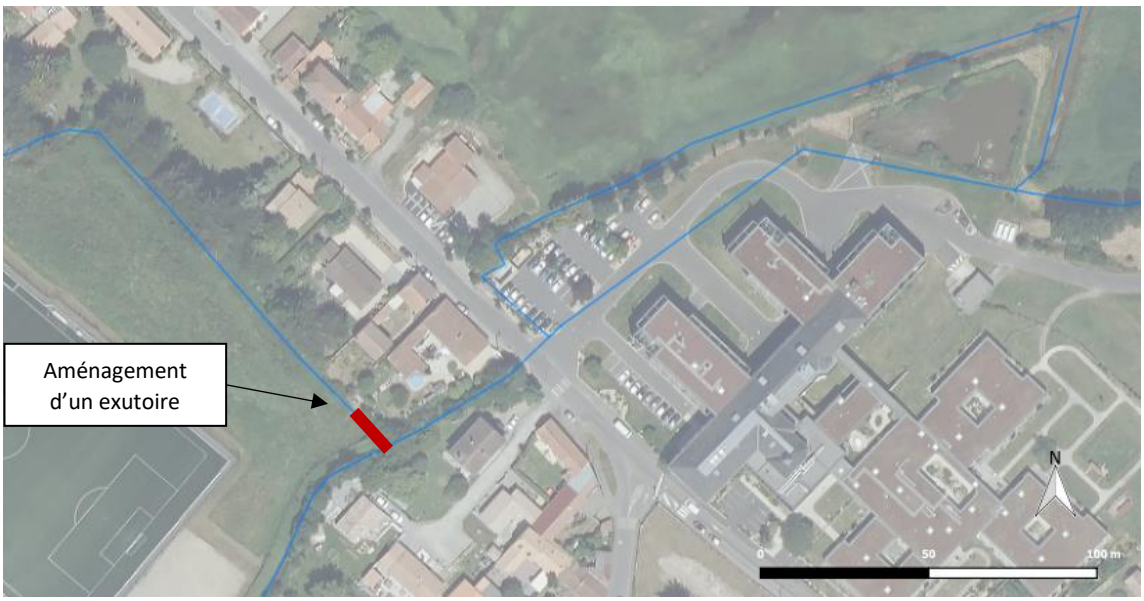


Figure 33 : Scénario Compl_1 – Schéma de principe

Incidences hydrauliques (Q100)

Les incidences hydrauliques sont nulles concernant les phénomènes d'inondations fluviales. L'aménagement permet cependant un meilleur fonctionnement des écoulements pluviaux et la vidange d'une partie des douves.

1.6.2. Compl_2 : Redimensionnement du franchissement des 3 ponts

Définition des aménagements

Le scénario considère le remplacement de l'ouvrage OH6 (franchissement de la rue des 3 Ponts, actuellement 2 buses Ø1500 mm) par un pont cadre (largeur 3.5 m, hauteur 1.5 m).

Incidences hydrauliques (Q100)

L'aménagement permet la diminution de la perte de charge observée en phase diagnostic sur le profil en long, en particulier pour la crue centennale. Les incidences sont cependant marginales sur le niveau d'eau au droit des zones inondées.

1.7. CONCLUSIONS

La modélisation de l'ensemble des scénarios envisagés permet d'établir le profil en long et l'hydrogramme de débordement avenue de la Gare pour la crue centennale (comparaison pour les scénarios dont l'incidence est visible). Par ailleurs, le tableau suivant illustre les gains hydrauliques et écologiques des différents aménagements.

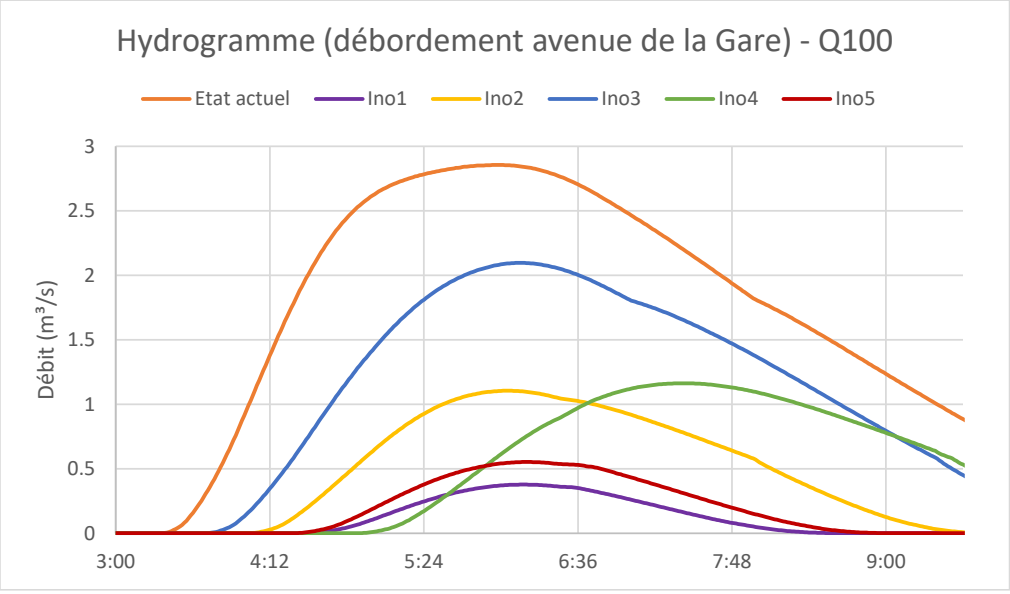


Figure 34 : Hydrogramme de débordement pour Q100

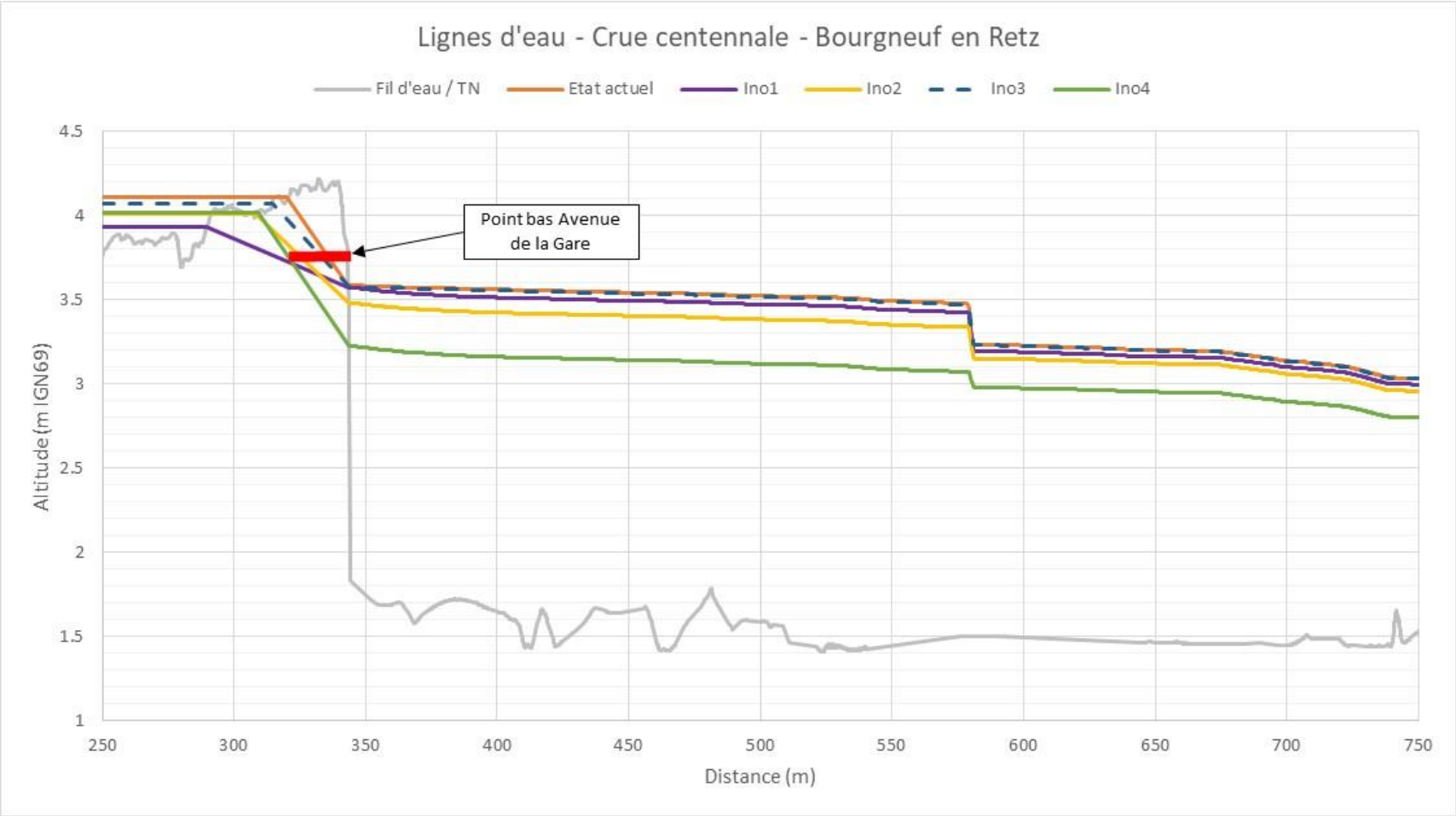


Figure 35 : Profil en long – Scénarios 1 à 4

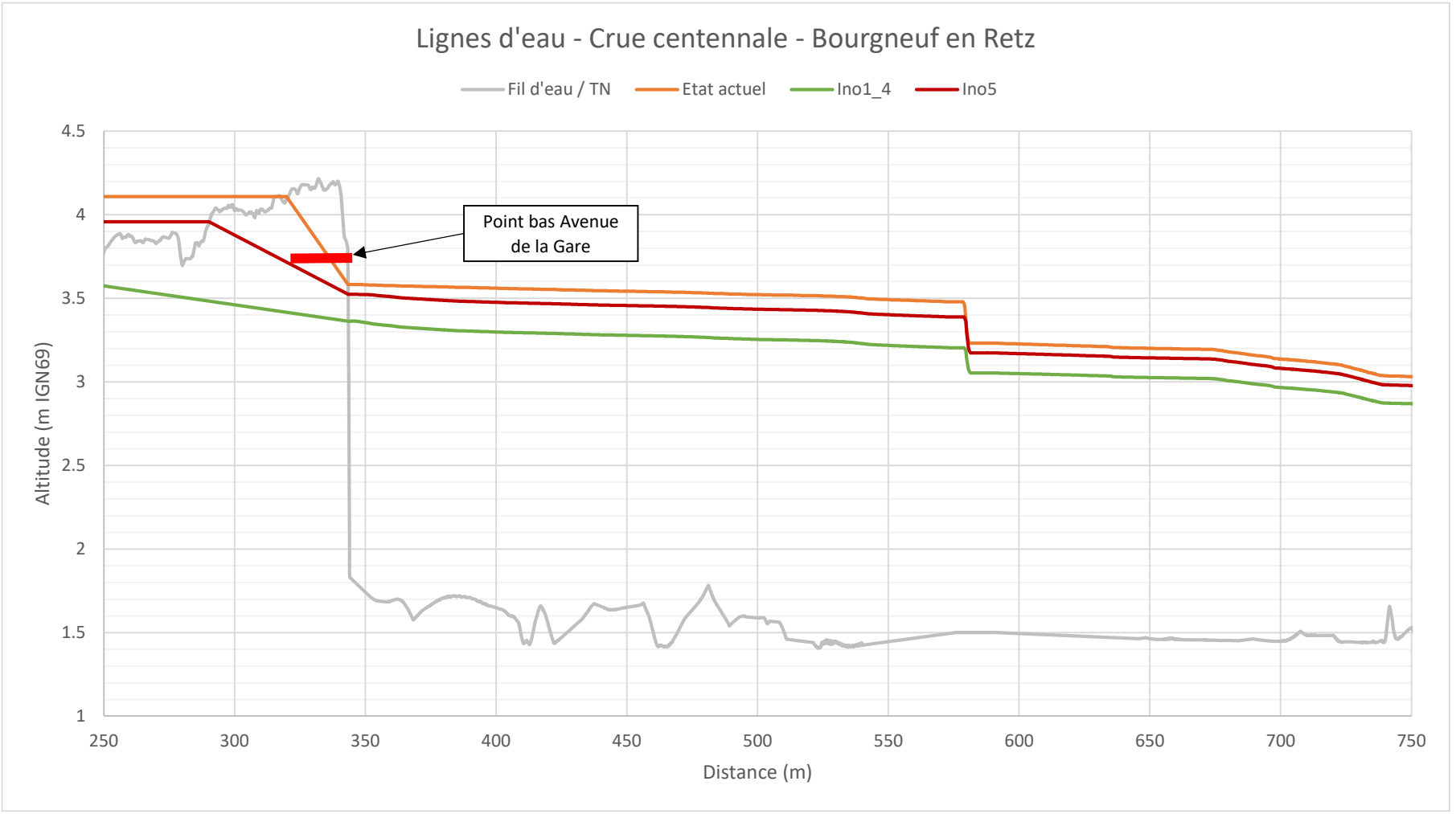


Figure 36 : Profil en long – Scénarios 1_4 et 5

Tableau 16 : Incidences hydrauliques des différents scénarios (Q100)

		Niveau d'eau (en m IGN69)		Nombre de maisons potentiellement inondées*
		Zone inondable amont	Zone inondable aval	
Etat actuel		4.11	3.79	17
Ino1	Renaturation	**3.93 (-18 cm)**	**3.34 (-45 cm)**	13
Ino2	Redimensionnement busage amont	4.01 (-10 cm)	3.67 (-12 cm)	17
Ino3	Décharge sous voirie	4.07 (-4 cm)	3.80 (+1 cm)	17
Ino4 (RCE1)	Abaissement niveau des plans d'eau	4.01 (-10 cm)	3.68 (-11 cm)	17
Ino5	Redimensionnement busage affluent	**3.96 (-15 cm)**	**3.42 (-37 cm)**	14
Ino1_4	Renaturation / Abaissement niveau des plans d'eau	**3.60 (-51 cm)**	**3.04 (-75 cm)**	4

** Le nombre de maisons inondées est estimé via la cartographie. L'altimétrie des seuils de maison n'est pas représentative de l'inondabilité des habitations (inondation par l'arrière).*

L'ensemble des données précédentes met en avant l'influence hydraulique importante de la reconnexion de l'affluent au cours d'eau principal via un ouvrage aux dimensions adaptées (scénarios 1, 4 et 5). Les niveaux d'eau maximaux au droit des zones inondées sont plus faibles, en particulier en aval de l'avenue de la Gare (déversement sur la route largement inférieur).

Par ailleurs, la modification de la gestion des niveaux des plans d'eau peut permettre de diminuer fortement l'inondabilité de la zone d'étude, en particulier si couplée à un scénario déjà favorable.

2. COMPARATIF DES DIFFERENTS SCENARIOS

Tableau 17 : Comparaison des différents scénarios

		Incidences hydrauliques (inondations)	Intérêt écologique	Estimation financière	Financement CT Eau
Ino1	Renaturation	++	+++	190 000 €HT	Oui
Ino2	Redimensionnement busage amont	+	=	Non estimée	Non
Ino3	Décharge sous voirie	=	=	Non estimée	Non
Ino4 (RCE1)	Abaissement niveau des plans d'eau	+	=	125 000 €HT	Oui
Ino5	Redimensionnement busage affluent	++	+	110 000 €HT	Non
Ino1_4	Renaturation / Abaissement niveau des plans d'eau	+++	+++	315 000 €HT	Oui