

Rapport de stage

Pour le diplôme d'ingénieur de l'Ecole des Ingénieurs de la Ville de Paris

Année 2022-2023

Étude hydraulique des Barres et des Marais

Modélisations et propositions d'aménagements contre les inondations sur la commune de Serves-sur-Rhône

SAMAH--RIBEIRO Lucile

Promotion 62

02/2023 – 06/2023

Sous la direction de :

GUILMIN Emmanuel, Maître de stage

DUPIN Romain, Tuteur EIVP

Notice bibliographique

AUTEUR du mémoire			
NOM	SAMAH--RIBEIRO		
Prénom	Lucile		
ORGANISME de stage			
NOM organisme	ARCHE AGGLO		
NOM, Prénom du maître de stage	GUILMIN, Emmanuel		
NOM, Prénom du tuteur EIVP	DUPIN, Romain		
ANALYSE			
TITRE du mémoire	Rapport de stage sur l'étude hydraulique des Barres et des Marais		
TITLE	Internship report on the hydraulic study of Barres and Marais		
RÉSUMÉ	<p>J'ai effectué mon Travail de Fin d'Etudes, au sein de la communauté d'agglomération Arche Agglo, au service prévention des inondations. Ce rapport vise à présenter le travail effectué durant le stage, quatrième stage réalisé au cours de ma formation d'ingénieur. Après la présentation de l'organisme d'accueil, du projet et des missions qui m'ont été confiées, je contextualise, présente et analyse les différents points sur lesquels j'ai travaillé.</p> <p>En intégrant le service prévention des inondations 2 projets m'ont été confiés comprenant diverses missions. Pour chacun des projets, la première étape était de comprendre le contexte, établir les besoins et faire les demandes d'études complémentaires. Ensuite, les demandes de subventions ont été réalisées, si nécessaires, suivies des études hydrologiques. Puis des modélisations hydrauliques ont été faites dans l'état actuel, et avec des propositions d'aménagements. Ces aménagements ont été estimés et dimensionnés. Toutes ces informations, ainsi que des cartographies des zones inondables ont été intégrées à un rapport, pour chaque projet, à destination de la mairie de la commune concernée par le projet. Enfin des présentations en mairie ont eu lieu pour présenter le travail réalisé, les propositions d'aménagements, afin d'obtenir leur retour et un possible accord sur un scénario.</p>		
ABSTRACT	<p>I did my end-of-study work within the Arche Agglo agglomeration, in the flood prevention department. The aim of this report is to present the work I did during my internship, which was my fourth during my engineering training. After presenting the host organisation, the project and the assignments I was given, I contextualise, present and analyse the various points I worked on.</p> <p>When I joined the flood prevention department, I was given 2 projects involving various tasks. For each project, the first stage was to understand the context, establish the needs and request additional studies. Then, if necessary, applications for funding were made, followed by hydrological studies. Hydraulic modelling was then carried out, based on the current situation, and with proposals for improvements. These amenities were estimated and sized. All this information, together with maps of flood-prone areas, was incorporated into a report for each project, which was sent to the town hall of the municipality affected by the project. Finally, presentations were made to the town hall to present the work carried out and the development proposals, in order to obtain their feedback and possible agreement on a scenario.</p>		
Mots-clés du thesaurus Archirès	Inondation - Hydraulique - Aménagement		
Keyword thesaurus	Flood - Hydraulic - Urban planning		
Références			
	Nb de pages du mémoire	Annexes(nombre de p.)	Bibliogr. : nb de références
	40	V	8

Remerciements

Cette période de stage a été une expérience très enrichissante et positive.

Je tiens à remercier pour ce stage tous les membres d'Arche Agglo que j'ai côtoyés pendant ce stage, en particulier les membres du service Rivières.

Merci à Julien CHAPIER, directeur du pôle environnement, pour son accueil au sein de la structure.

Merci à Emmanuel GUILMIN, chargé de mission hydraulique, pour m'avoir permis d'effectuer ce stage à ses côtés, pour son accompagnement et ses conseils sur l'approche globale d'un projet d'hydraulique.

Table des matières

Remerciements	1
Liste des illustrations.....	4
Liste des tableaux	4
Liste des abréviations	5
Introduction	6
Partie 1 : Présentation générale	7
1. L'organisme d'accueil	7
2. Présentation des missions	8
3. Descriptif du sujet traité	9
3.1. Contexte.....	9
3.2. Méthode de travail.....	11
Partie 2 : Réponse à la problématique	13
1. Contexte hydrographique	13
2. Etude hydrologique	14
2.1. Caractéristiques générales des bassins versants	14
2.2. Temps de concentration.....	15
2.3. Pluviométrie	15
2.4. Débits retenus	16
3. Modélisation hydraulique.....	19
3.1. Visite de terrain	19
3.2. Données topographiques	19
3.3. Données piézométriques.....	19
3.4. Données géotechniques	20
3.5. Construction (et calage) du modèle.....	20
4. Etude d'impact hydraulique	23
4.1. Résultats de l'état initial	23
5. Propositions d'aménagements	27
5.1. Bassin de rétention avec conduite	29
5.2. Bassin de rétention avec fossé.....	31
6. Comparaison des scénarios	33
6.1. Coûts des aménagements.....	33
6.2. Procédure réglementaire.....	34
6.3. Avantages et inconvénients	35
Partie 3 : Analyse critique	36
1. Difficultés rencontrées et solutions apportées.....	36
2. Apports et perspectives	38
Conclusion.....	39
Bibliographie/Webographie-Sitographie	40
Annexes	41

Annexes

Annexe I : Détails des formules de calcul du temps de concentration	41
Annexe II : Détails des formules de calcul de débits	42
Annexe III : Hydrogrammes des débordements suivants les différentes crues.....	44
Annexe IV : Détails des prix pour les 2 scénarios	46
Annexe V : Tableau des rubriques de la loi sur l'eau sur les travaux.....	48

Liste des illustrations

Figure 1 : Carte de situation Arche Agglo (source : archeagglo.fr).....	7
Figure 2 : Organigramme des pôles technique et environnement d'Arche Agglo (source : interne Arche Agglo).....	8
Figure 3 : Carte de contexte	9
Figure 4 : Ruisseau des Barres - RN7 - 06/09/2008.....	10
Figure 5 : Schéma de situation	10
Figure 6 : Planning du travail pendant le stage	12
Figure 7 : Tronçons modélisés	13
Figure 8 : Occupation du sol sur les bassins versants des Barres et des Marais	14
Figure 9 : Hydrogrammes basés de projet.....	21
Figure 10 : Hydrogrammes basés sur les pluies de 2013	21
Figure 11 : Hydrogrammes basés sur une pluie de durée 1h30 (via InfoWorks RS).....	21
Figure 12 : Hydrogrammes basés sur les pluies d'octobre 2008	22
Figure 13 : Zone potentiellement inondable établie à partir de différentes crues, avant création du chenal	24
Figure 14 : Zone potentiellement inondable établie à partir des différentes crues, après création du chenal	25
Figure 15 : Schéma des aménagements envisagés	27
Figure 16 : Schéma du moine.....	28
Figure 17 : Profil en long des aménagements d'un bassin avec une vidange en conduite	29
Figure 18 : Carte de la zone potentiellement inondable avec aménagement d'un bassin et d'une vidange en conduite.....	30
Figure 19 : Profil en long des aménagements d'un bassin et d'un passage en fossé	31
Figure 20 : Carte de la zone potentiellement inondable après aménagement d'un bassin et d'un passage en fossé	32
Figure 21 : Schéma d'implantation des sondages géotechniques.....	36
Figure 22 : Hydrogrammes des débordements au niveau des ruisseaux suivants les différentes crues	44
Figure 23 : Hydrogrammes des débordements au niveau des regards suivant les différentes crues	45

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des différents bassins versants.....	14
Tableau 2 : Estimation des temps de concentration d'après différentes formules.....	15
Tableau 3 : Coefficient de Montana de la station de Marsaz (1990 - 2006)	16
Tableau 4 : Estimation des débits décennaux par la méthode empirique.....	16
Tableau 5 : Caractéristiques du bassin versant du Gervans	17
Tableau 6 : Estimation des débits centennaux par la méthode empirique	17
Tableau 7 : Débits centennaux obtenus par la méthode GRADEX	18
Tableau 8 : Estimation des coûts des aménagements avec études complémentaires.....	33
Tableau 9 : Dossier réglementaire nécessaire pour les aménagements.....	34
Tableau 10 : Avantages et inconvénients suivant le scénario	35

Liste des abréviations

PAPI : Plan d'Actions de Préventions des Inondations

GEMAPI : GEstion des Milieux Aquatiques et Préventions des Inondations

RN : Route Nationale

SNCF : Société Nationale des Chemins de Fer Français

CNR : Compagnie Nationale du Rhône

SIG : Système d'Information Géographique

NGF : Nivellement Général de la France

SDA : Schéma Directeur d'Assainissement

DT : Demande de Travaux

PPRi : Plan de Prévention du Risque Inondation

MNT : Modèle Numérique de Terrain

MOE : Maîtrise d'Œuvre

CDD : Contrat à Durée Déterminée

Introduction

Le stage présenté dans ce rapport, a eu lieu durant une période de 6 mois au sein de la structure Arche Agglo, communauté d'agglomération située en Drôme Ardèche.

Le stage s'est articulé autour des aménagements contre les inondations. Il s'est intégré dans le PAPI Veaunes, Bouterne, Torras et petits affluents du Rhône de 2019 – 2024 mené par Arche Agglo. Une des fiches actions du PAPI concerne la mise en place d'aménagements contre les inondations sur la commune de Serves-sur-Rhône, qui concerne une des deux études réalisées pendant le stage. La deuxième étude s'est concentrée sur la modélisation et les propositions d'aménagements sur la commune de Chantemerle-les-Blés, sur le ruisseau de la Ratte. Cette dernière ne fait pas partir du PAPI en cours mais doit être inscrite dans le prochain.

Le présent rapport détaille l'étude réalisée sur la commune de Serves-sur-Rhône via la problématique suivante.

Comment gérer les inondations provenant des ruisseaux des Barres et des Marais sur la commune de Serves-sur-Rhône ?

Pour y répondre la méthode employée a été d'identifier les différents enjeux et contraintes sur la zone d'étude. Définir le débit de crue, pour le niveau de protection contre les inondations, souhaité. Identifier les besoins en études complémentaires (géotechniques et topographiques). Enfin proposer et modéliser des aménagements.

Ce rapport comporte 4 parties et rend compte du travail effectué au cours du stage. La première partie présente brièvement la structure d'accueil et explique plus précisément le sujet traité et les missions confiées. La seconde présente la méthode de travail. Les parties suivantes s'intéressent aux résultats obtenus durant le stage, leur première analyse et enfin une discussion critique plus globale sur les résultats et le stage.

2. Présentation des missions

La communauté d'agglomération possède la compétence GEMAPI et gère un PAPI. Le PAPI comporte diverses fiches actions pour la mise en place d'aménagements pour la gestion des inondations.

Une des fiches actions du PAPI 2019 - 2024 concerne la mise en place d'aménagements sur la commune de Serves-sur-Rhône. La mission confiée durant le stage était la réalisation d'une étude de faisabilité pour la protection des inondations sur cette commune. Elle avait pour objectifs, la définition du débit de crue des ruisseaux provoquant les inondations, pour le niveau de protection souhaité ; La demande d'études topographiques et géotechniques ; La proposition d'aménagements en accord avec le contexte communal. Les résultats attendus de cette étude sont la présentation d'aménagements concrets à la commune, de la modélisation, du dimensionnement, et du chiffrage.

L'étude de faisabilité peut être réalisée en régie aux vues des compétences de l'agglomération. Cependant par manque de temps du chargé de mission hydraulique et dans un souci financier l'agglomération essaie chaque année de confier ce type d'étude à un stagiaire.

Une deuxième étude avec globalement les mêmes missions m'a été confiée sur le ruisseau de la Ratte à Chantemerle-les-Blés. Cette seconde étude a, de nouveau, pour but de proposer des aménagements pour la réduction des inondations. Le type d'aménagements proposé est différent de celui du premier projet. Ces aménagements feront l'objet d'une fiche action dans le prochain PAPI qui sera mené par l'agglomération.

Pour effectuer ses missions j'ai intégré le pôle environnement et plus particulièrement le service Préventions des Inondations.



Figure 2 : Organigramme des pôles technique et environnement d'Arche Agglo (source : interne Arche Agglo)
Samah--Ribeiro Lucile

3. Descriptif du sujet traité

3.1. Contexte

Le secteur d'étude se situe au niveau de la commune de Serves-sur-Rhône, dans le département de la Drôme, sur la partie aval des ruisseaux des Barres et des Marais. Plusieurs ouvrages se situent sur ce secteur.

La commune de Serves-sur-Rhône est sujette à des inondations sur la partie Sud, liées aux ruisseaux des Barres et des Marais. Ces cours d'eau de très petite taille traversent une combe boisée sur moins d'un kilomètre avant de passer sous une voie SNCF puis sous la RN7 jusqu'au contre canal CNR. Ils s'écoulent de l'Est vers l'Ouest.



Figure 3 : Carte de contexte

Les travaux de canalisation du Rhône dans les années 50/60 ont entraîné une augmentation de la hauteur du Rhône. Le linéaire des deux ruisseaux a été au $\frac{3}{4}$ canalisé et busé dans la partie aval ainsi qu'à leur confluence. L'écoulement naturel des eaux des ruisseaux de Serves vers le Rhône n'est plus possible. Ils rejoignent désormais tous le contre canal.

Ces deux cours d'eau sont busés à partir de leur passage sous la RN7, via 2 buses faisant chacune 600 mm de diamètre. Après un parcours via des canalisations avec des changements de section, ils se rassemblent à l'aval du village, via 2 buses dans un regard de désensablage, (diamètre 500 mm pour les Marais et diamètre 600 mm pour les Barres). Ils en repartent par une buse de diamètre 600 mm, contournant sur plus de 600 m un remblai déposé par la CNR, avant de se jeter dans le contre canal.

Cette situation hydraulique incohérente et artificielle a causé :

- Une absence de biodiversité et de ripisylve.
- Des débordements à plusieurs reprises dont un en 2008, avec plus 50 cm d'eau dans la plaine ;



Figure 4 : Ruisseau des Barres - RN7 - 06/09/2008
(Source : PPRi Servès-sur-Rhône)

Ces photos montrent la surverse qui a lieu par-dessus la RN7 au niveau du ruisseau des Barres. Le ruisseau s'écoule entre deux murs, et arrivent sur les buses qui ne peuvent faire passer tout le débit. L'eau vient alors s'écouler par-dessus la route.

En 2022, Arche Agglo a réalisé des travaux qui consistent à ouvrir le remblai CNR afin d'évacuer les eaux de débordement. Cependant, ces travaux n'empêchent pas les débordements des ruisseaux dès l'aval de la voie ferrée. Ce débordement s'épand sur les zones pavillonnaires et artisanales de part et d'autre de la RN7, coupant également cette dernière comme ce fut le cas lors de la crue de 2008.



Figure 5 : Schéma de situation

Sur la figure précédente deux zones sont identifiées pour la mise en place potentielle de bassin de rétention. Cependant, sur la zone située à l'ouest, qui est actuellement un verger, la mairie prévoit depuis plusieurs années la mise en place d'une zone pavillonnaire et souhaite donc une autre installation que celle d'un bassin. De même, sur la zone entre les 2 emplacements de bassins, aujourd'hui bétonnée et inexploitée, la création d'une zone artisanale et commerciale est en cours d'étude. Un permis de construire a déjà été déposé pour cette seconde zone, en fin d'année 2022. Ce permis a été refusé dans un premier temps du fait d'une gestion hydraulique inadéquate. En effet, le projet prévoit la mise en place de vides sanitaires sous les bâtiments, avec des barbacanes pour la circulation des eaux entre les différents vides sanitaires. Les chaussées sont prévues avec un remblaiement de la zone ce qui pose problème du fait de la situation en zone inondable. De plus, le dimensionnement des barbacanes et des vides sanitaires était sous-évalué dans un premier temps et ne permettait pas de compenser la partie remblayée. Cela aurait donc augmenté la vulnérabilité des maisons alentours qui recevraient plus d'eau en cas de crue des ruisseaux.

Ces problèmes ayant été pris en compte, un dernier persistait quant à la gestion de l'exutoire des vides sanitaires. Le projet prévoyait le raccordement aux canalisations d'eaux pluviales existantes, qui sont en fait les busages des ruisseaux. Ces derniers étant déjà en charge, il n'était pas concevable d'y ajouter de l'eau, qui le cas échéant ne pourrait s'évacuer et viendrait déborder.

Le but était donc de répondre à la problématique : Comment gérer les inondations provenant des ruisseaux des Barres et des Marais sur la commune de Serves-sur-Rhône ?, en prenant en compte les différents éléments cités ci-dessus.

3.2. Méthode de travail

Dans un premier temps les besoins en études topographiques et géotechniques ont été définis. Après avoir réalisé des demandes de subventions pour en financer une partie, j'ai commencé les études. La demande de subvention était possible du fait de la présence d'un avenant concernant cette étude dans le PAPI. Le financement sollicité est celui du fond Barnier à 50%.

En attendant les résultats de la topographie, pour la réalisation du modèle hydraulique, l'étude hydrologique a été réalisée. Elle permet d'établir les débits de pointe de crue des ruisseaux, qui seront ensuite injectés dans le modèle. Les données sur les réseaux ont été récupérées via les DT (Déclaration de projet de Travaux) et le service assainissement de l'agglomération pour les données SIG des réseaux d'eaux pluviales et du réseau d'assainissement sur la commune. Ces données permettent de bien identifier le parcours des ruisseaux et de voir les réseaux qui seraient impactés par la mise en place des futurs aménagements. D'autres sources ont été utilisées pour les études notamment les PPRi des communes de Serves-sur-Rhône et de Chantemerle-les-Blés, pour les observations lors des crues précédentes notamment (exemple : Figure 4).

Une fois les résultats de la topographie obtenus et les données sur les réseaux récupérées, l'état initial du modèle a été réalisé. S'en suit la réalisation de la carte de la zone potentiellement inondable. Cette carte est établie d'après les résultats du modèle, les témoignages et ressources sur les crues antérieures.

De façon globale le travail sur le stage s'est organisé selon le tableau ci-dessous :

Tâches	Temps prévu (en jour)	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14	Sem 15	Sem 16	Sem 17	Sem 18	Sem 19	Sem 20	Sem 21	Sem 22	Sem 23	Sem 24	Sem 25
T1	3	■																								
T2	3		■																							
T3	3			■																						
T4	2				■																					
T5	3					■																				
T6	2						■																			
T7	2							■																		
T8	1								■																	
T9	2									■																
T10	2										■															
T11	16											■														
T12	11												■													
T13	3													■												
T14	3														■											
T15	1															■										
T16	2																■									
T17	8																	■								
T18	5																		■							
T19	1																			■						
T20	0,5																				■					
T21	2																					■				
T22	3																						■			
T23	0,5																							■		
T24	1																								■	
T25	3																									■
T26	2																									■
T27	1																									■
T28	11																									■
Total (j)	97	3	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	5	3	4	3	5	3	5	4	5	4	0	0	5

T1	Délimitations du cadre de l'étude, contextualisation, définition des objectifs du travail et de la problématique
T2	Recherche documentaire, tri des informations
T3	Etablir les besoins en études topographiques et géotechniques Serves-sur-Rhône
T4	Demande de subvention études Serves-sur-Rhône
T5	Etablir les besoins en études topographiques et géotechniques Chantemerle-les-Blés
T6	Passages sur le terrain Serves
T7	Passages sur le terrain Chantemerle
T8	Demande de DT
T9	Etude hydrologique Serves
T10	Etude hydrologique Chantemerle
T11	Modélisation état initial, calage du modèle Serves
T12	Modélisation des aménagements Serves
T13	Réalisation des cartes de zones inondables
T14	Rédaction du rapport pour la mairie de Serves
T15	Réunion à la mairie de Serves
T16	Suivi des études géotechniques
T17	Modélisation état initial, calage du modèle Chantemerle
T18	Modélisation des aménagements Chantemerle
T19	Elaboration du plan du rapport de stage
T20	Validation par le tuteur
T21	Réalisation des cartes de zones inondables Chantemerle
T22	Rédaction du rapport pour la mairie de Chantemerle
T23	Réunion à la mairie de Chantemerle
T24	Points avec le tuteur école
T25	Rédaction du rapport de stage
T26	Corrections
T27	Relecture
T28	Autres (Réunions de service, observations chantiers, réunions publiques, ...)

Figure 6 : Planning du travail pendant le stage

Partie 2 : Réponse à la problématique

1. Contexte hydrographique

Les Barres et les Marais prennent leurs sources sur la commune de Serves-sur-Rhône. Leurs bassins versants respectifs couvrent une superficie de 0,3 km² et 0,25 km², avec une altitude qui varie entre 128 à 375 m NGF. Le schéma suivant représente le linéaire modélisé. Pour le ruisseau des Barres le modèle commence après la voie SNCF, pour celui des Marais il commence un peu plus en amont. Ce choix s'explique par la présence d'enjeux (habitations) à partir de ces points-là.



Figure 7 : Tronçons modélisés

2. Etude hydrologique

2.1. Caractéristiques générales des bassins versants

B.V.	Superficie (ha)	Coefficient de ruissellement	Longueur hydraulique L (m)	Altitude max Hmax (m)	Altitude min Hmin (m)	Pente moyenne ((Hmax-Hmin)/L) (%)
Barres	30	0,22	1 435	373	128	17,1
Marais	25	0,18	980	375	128	25,2

Tableau 1 : Caractéristiques des différents bassins versants

Les caractéristiques des bassins versants ont été établies à partir du logiciel QGIS et de fonds de plan SCAN 25@ (source : géoservices.ign.fr). Les bassins versants sont tracés en fonction des courbes de niveau. Les caractéristiques des bassins versants servent à l'estimation du temps de concentration et au débit de pointe.

La longueur hydraulique correspond au cheminement le plus long sur le bassin versant, auquel sont associées les altitudes maximales et minimales.

Le coefficient de ruissellement a été établi à partir de l'occupation du sol (source : CorineLandCover 2012). Pour chaque type d'occupation du sol, un coefficient de ruissellement est associé en fonction de la pente. Le coefficient global est calculé au prorata des surfaces.

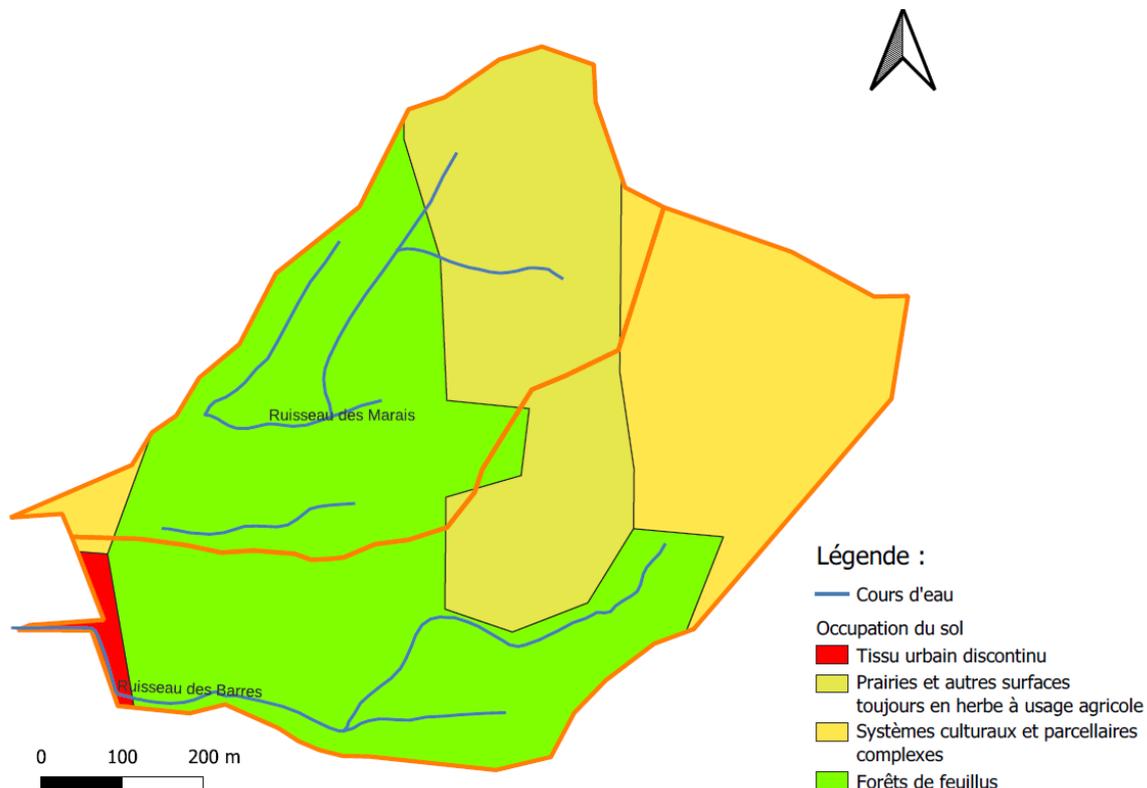


Figure 8 : Occupation du sol sur les bassins versants des Barres et des Marais

2.2. Temps de concentration

Le temps de concentration représente le temps nécessaire aux écoulements pour parcourir l'ensemble du bassin versant. Il permet ainsi de déterminer l'instant où le débit sera maximal pour une pluie constante, il permet également de déterminer l'intensité de pluie à prendre en compte pour obtenir une estimation d'un débit.

Il existe différentes méthodes pour calculer le temps de concentration, en fonction des caractéristiques du bassin versant. Les formules usuelles sont celles de Kirpich, de Passini, de Ventura et de Bransby. Le détail des formules est présenté en annexe I.

Bassins	Temps de concentration				Retard de ruissellement (min)	Moyenne Tc (min)	Tc retenu (min)
	Kirpich (min)	Passini (min)	Ventura (min)	Bransby (min)			
Barres	15	12	10	33	15	33	30
Marais	13	9	8	23	15	28	30

Tableau 2 : Estimation des temps de concentration d'après différentes formules

Le temps de concentration a été estimé par une moyenne entre les résultats de ces différentes méthodes, en prenant en compte un retard de ruissellement de 15 minutes. Cette valeur est issue d'un retour d'expérience en interne, notamment sur les petits BV, où elle correspond aux témoignages. En effet, les premières précipitations sont interceptées par les sols et la végétation, le ruissellement débutant donc plus tard que la pluie. De plus, ce temps de concentration est cohérent avec les observations faites par la mairie lors de crues précédentes.

2.3. Pluviométrie

La station météorologique la plus proche du secteur d'étude, est celle de Marsaz qui fournit les données des précipitations à faible pas de temps.

Au regard des temps de concentration des bassins versants, il est nécessaire d'avoir les coefficients de Montana. Ces coefficients permettent de déterminer une intensité de pluie pour une durée de précipitation supérieure ou égale à 30 minutes à l'aide de la formule suivante :

$$i = a \cdot Tc^{-b}$$

Avec :

- i = l'intensité de pluie en mm/h
- Tc = le temps de concentration en minute
- a et b = les coefficients de Montana

Durée d'averses		
30 min à 3h		
Période de retour	a	b
10 ans	6,08	0,54
100 ans	2,29	0,18

Tableau 3 : Coefficient de Montana de la station de Marsaz (1990 - 2006)

2.4. Débits retenus

De même que pour le temps de concentration, il existe plusieurs formules pour estimer le débit centennal d'un cours d'eau. Celles qui ont été utilisées sont les suivantes (détails des formules en annexe 1) :

- Crue décennale (méthode empirique):
 - Rationnelle : valable pour des bassins versants de surface inférieure à 1 km², extension de la validité jusqu'à 3 km² ;
 - Crupédix/Crupédix nouveau : valable pour des bassins versants de surface comprise entre 10 et 2 000 km² (Nationale)/de surface inférieure à 90 km² (Sud-Est de la France) ;
 - Socose : valable pour des bassins versants de surface comprise entre 2 et 200 km² ;
 - Transfert de bassin : établie à partir des données sur des bassins versants voisins, au fonctionnement similaire (idéalement avec un rapport inférieur à 2 en terme de superficie entre le bassin versant étudié et celui de référence).

- Crue centennale :
 - La méthode empirique ;
 - La méthode GRADEX : établie en considérant qu'à partir d'un certain seuil de pluie, le sol est saturé, c'est-à-dire que le surplus tombé participe intégralement au ruissellement.

2.4.1. Crue décennale

Bassin	Superficie (km ²)	Débit décennal (Q10 (m ³ /s))					Moyenne Débits décennaux (m ³ /s)	Débit décennal SDA (m ³ /s)
		Rationnelle	Crupédix	Crupédix nouveau	Socose	Transfert de bassin		
Barres	0,31	1,30	/	0,88	/	1,36	1,18	2,46
Marais	0,24	0,87	/	0,70	/	1,15	0,91	1,75

Tableau 4 : Estimation des débits décennaux par la méthode empirique

Le SDA (Schéma Directeur d'Assainissement collectif des eaux usées) est un document de programmation sur la gestion des eaux usées collectives et pluviales. Celui de Servas-sur-Rhône a été mis à jour à partir d'août 2019, différents rapports ont été rendus en 2020, 2021 et 2022. Le rapport de la phase 1 : « Recueil de données » en date du 18/11/2020 présente une étude hydrologique et les débits reportés dans les tableaux suivants et précédents.

Les débits de pointe retenus pour une crue décennale sont de 1,18 m³/s pour le ruisseau des Barres et de 0,91 m³/s pour le ruisseau des Marais.

La formule de Crupédix et celle de Socose n'ont pas été utilisées, leur domaine d'application n'étant pas valable aux vues des caractéristiques des bassins versants. Le bassin versant utilisé pour la méthode de transfert de bassin est celui du ruisseau du Gervans, situé sur la commune du même nom, à 3 km au sud de la commune de Servas-sur-Rhône. Ses caractéristiques, tirées d'une étude de faisabilité réalisée en 2021 au sein de l'agglomération, sont les suivantes :

Bassin	Superficie (km ²)	Coefficient de ruissellement	Longueur hydraulique L (m)	Altitude max Hmax (m)	Altitude min Hmin (m)	Pente moyenne ((Hmax-Hmin)/L) (%)	Débit décennal (Q10 (m ³ /s))	Débit centennal (PPRi) (Q100 (m ³ /s))
Gervans	2,98	0,2	3 600	377	132	6,8	5,3	19

Tableau 5 : Caractéristiques du bassin versant du Gervans

Ce bassin versant a été choisi du fait de sa proximité avec ceux étudiés et des données disponibles dans le secteur. Ces données sont extraites du PPRi de Gervans, approuvé en 2013 et du Rapport sur les Aménagements hydrauliques du ruisseau du Gervans, Arche Agglo, 2021

2.4.2. Crue centennale

- La méthode empirique :

Bassin	Superficie (km ²)	Débit centennal (Q100 (m ³ /s))					Moyenne Débits centennaux (m ³ /s)	Débit centennal SDA (m ³ /s)
		Rationnelle	Crupédix	Crupédix nouveau	Socose	Transfert de bassin		
Barres	0,31	3,34	/	1,65	/	3,90	2,96	4,18
Marais	0,235	2,24	/	1,32	/	3,21	2,26	3,12

Tableau 6 : Estimation des débits centennaux par la méthode empirique

Comme pour le débit décennal la formule de Crupédix et celle de Socose n'ont pas été utilisées, leur domaine d'application n'étant pas valable aux vues des caractéristiques des bassins versants.

- La méthode GRADEX :

Bassin	Débit centennal Gradex (m³/s)	Débit centennal SDA (m³/s)
Barres	2,59	4,18
Marais	1,98	3,12

Tableau 7 : Débits centennaux obtenus par la méthode GRADEX

Nous retiendrons les débits obtenus par la méthode empirique, pour la création d'hydrogrammes de projet. En effet, ceux-ci sont plus sécuritaires, et nous ne possédons que 10 années de pluies avec le détail journalier sur la station de Marsaz, ce qui est assez faible pour l'utilisation de la méthode du Gradex.

Les débits centennaux établis dans le Schéma Directeur d'Assainissement (SDA) sont similaires aux débits milléniaux que l'on trouve par extrapolation des débits décennaux et centennaux. Cette différence importante peut s'expliquer par l'utilisation, dans le schéma directeur, d'un temps de concentration très faible de l'ordre d'une dizaine de minutes. Les coefficients de Montana ainsi que l'intensité de pluie calculée ne sont pas les mêmes. Le temps de concentration de 30 minutes utilisé dans ce rapport est cohérent avec les retours sur les pluies de 2008 et 2013. De plus d'autres incohérences ont été identifiées dans le SDA, tels que des débits de capacité de conduite bien supérieur aux débits obtenus par calcul ou disponible sur des abaques.

Les débits retenus en crue centennale pour le modèle sont donc de 2,96 m³/s pour le ruisseau des Barres et de 2,26 m³/s pour le ruisseau des Marais.

3. Modélisation hydraulique

Les écoulements des ruisseaux des Barres et des Marais ont été modélisés avec le programme InfoWorks RS V17. Cette modélisation est utilisée pour prévoir les cotes d'eaux ainsi que les vitesses atteintes lors des évènements extrêmes.

3.1. Visite de terrain

Des passages sur site ont été réalisés le 6 et 14 février 2023 par de bonnes conditions météorologiques. Ces passages ont permis d'identifier différents ouvrages sur les tronçons modélisés des ruisseaux :

- Les Barres :
 - L'ouvrage SNCF ;
 - L'entrée dans le réseau d'eaux pluviales avec une chute et 2 buses de diamètre 600 mm.
- Les Marais :
 - Un pont et un seuil présents sur la propriété au 135 cheminement des Marais, parcelle C17 ;
 - Le pont traversant le cheminement des Marais ;
 - Le pont du champ du Truc ;
 - L'ouvrage SNCF ;
 - L'entrée dans le réseau d'eaux pluviales par une buse de diamètre 600 mm.
- Réseaux d'eaux pluviales :
 - L'exutoire du réseau dans le contre-canal du Rhône via une buse en 600 mm, proche de la station de traitement.

3.2. Données topographiques

Les données topographiques utilisées pour la modélisation sont les suivantes :

- Des données SIG du réseau d'eaux pluviales fournies par la SAUR, diamètre des canalisations, profondeur et radier des regards ;
- Des profils en travers espacés et coupes d'ouvrages, issus du levé topographique terrestre réalisé par DMN Géomètres Experts, en février 2023.

Les profils en travers sont directement importés dans le logiciel, les ouvrages doivent quant à eux être créés directement dans le logiciel via les données disponibles.

3.3. Données piézométriques

Lors du premier passage sur site un piézomètre appartenant à la CNR a été identifié sur le ruisseau des Barres. La CNR a fourni le résultat d'une mesure réalisée le 10 février 2023 sur ce piézomètre. La nappe est située à 10,63 m de profondeur à une cote de 119,53 m NGF.

Ainsi la nappe est suffisamment profonde pour que l'infiltration soit possible, si la perméabilité du sol le permet.

3.4. Données géotechniques

Des essais géotechniques ont été réalisés en 2023 par SAGE ingénierie. Ces essais ont pour objectif de déterminer la nature des sols à l'emplacement potentiel du futur bassin de rétention (sur les parcelles D121 à 123, de Serves-sur-Rhône), la stabilité des terrains aux efforts de cisaillement au niveau de la voie SNCF et la perméabilité des sols. Les résultats de l'étude font ressortir la présence de terrains très peu perméables au niveau du fond du bassin, avec une présence de limon de 0 à 5,15m. La perméabilité estimée de 1,5 à 2,5 m est de $8,7.10^{-9}$ m/s. Les horizons suivants sont : du sable limoneux de 5,15 m à 6 m ; du sable grossier de 6 à 7 m et enfin des graves sablo-limoneuses (alluvions) de 7 à 8 m. Au-delà de 5-6 m de profondeur, l'horizon est caractérisé par une perméabilité moyenne de 10-5 m/s et une compacité élevée à très élevée. L'horizon perméable est donc trop profond pour permettre l'infiltration au niveau du bassin. Le décaissement « jusqu'au toit des graves sableuses moyennement perméables pourrait être envisagé. » Cependant, le niveau d'eau rencontré à partir de 6,0 m de profondeur limitera l'infiltration.

Au regard de la réglementation et des analyses effectuées, les terrains ne sont pas pollués et peuvent être considérés comme déchets inertes. Les déblais pourront aussi être réemployés sur site, en remblai d'aménagement paysager uniquement.

Les sols au niveau des zones de déblais sont meubles et peu compacts. Les terrassements pourront donc être réalisés à la pelle mécanique. Les pentes des talus dans les limons seront de 3H/2V en provisoire et de 2H/1V en définitif.

3.5. Construction (et calage) du modèle

Le modèle réalisé est un modèle 1D pour une crue centennale en régime permanent et transitoire.

Les conditions limites amont, à savoir les points d'injections dans les ruisseaux des Barres, des Marais et des Coffins, sont modélisées par des hydrogrammes de crues simplifiés. Il a été considéré une concomitance des pointes de crues des différents sous-bassins versants, ce qui est plutôt sécuritaire. L'injection dans le contre-canal du Rhône est modélisée par un débit constant au cours du temps de $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Le débit dans le contre-canal est faible et varie peu d'après les observations terrain. Le contre-canal est largement dimensionné pour des crues du Rhône, l'influence des Barres et des Marais est très faible. Ainsi pour faciliter la modélisation, les risques induit par les ruisseaux étant négligeable, le débit a été choisi constant.

Différents hydrogrammes ont été utilisés pour les injections de débit dans les ruisseaux. Tout d'abord des hydrogrammes simplifiés basés sur l'hydrologie présentée précédemment avec des débits de pointes de 3,0 et 2,3 m³/s respectivement pour les ruisseaux des Barres et le bassin versant des Marais (Marais + Coffins).

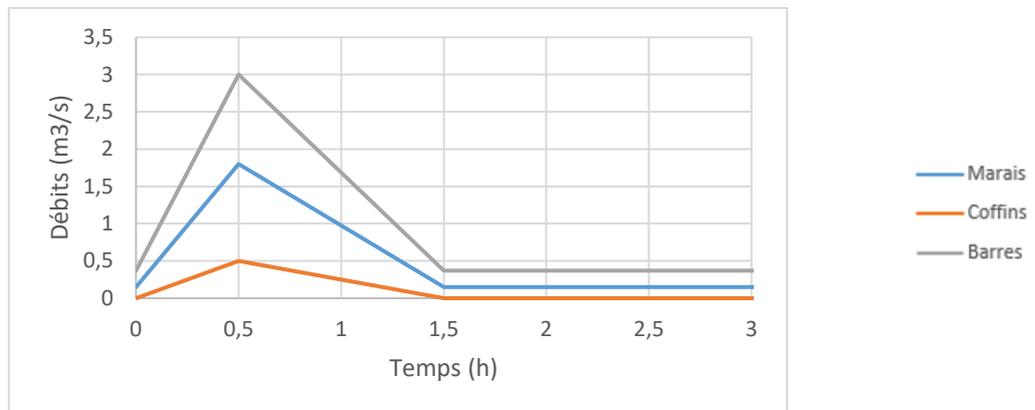


Figure 9 : Hydrogrammes basés de projet

Ensuite des hydrogrammes ont été construits à partir du logiciel InfoWorks RS. En entrant les données des pluies, de 2008 et 2013, enregistrées à la station de Marsaz, et les caractéristiques des bassins versants, le logiciel InfoWorks est capable de construire des hydrogrammes pour chaque point d'injection. Ces hydrogrammes sont les suivants :

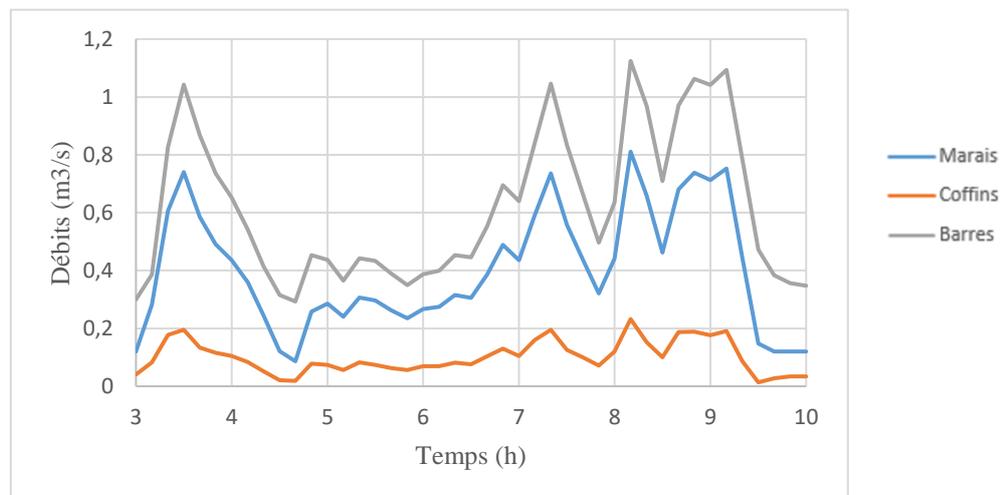


Figure 10 : Hydrogrammes basés sur les pluies de 2013

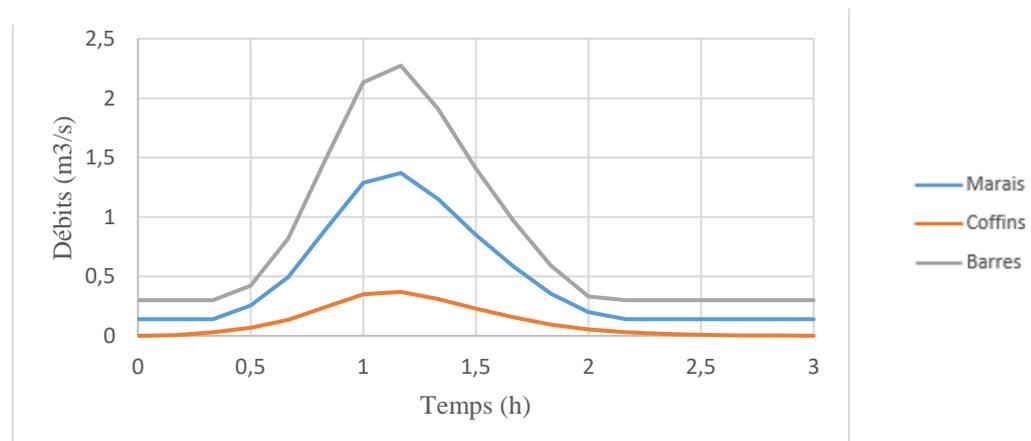


Figure 11 : Hydrogrammes basés sur une pluie de durée 1h30 (via InfoWorks RS)

De la même façon un hydrogramme a été construit en entrant une pluie théorique de durée 1h30.

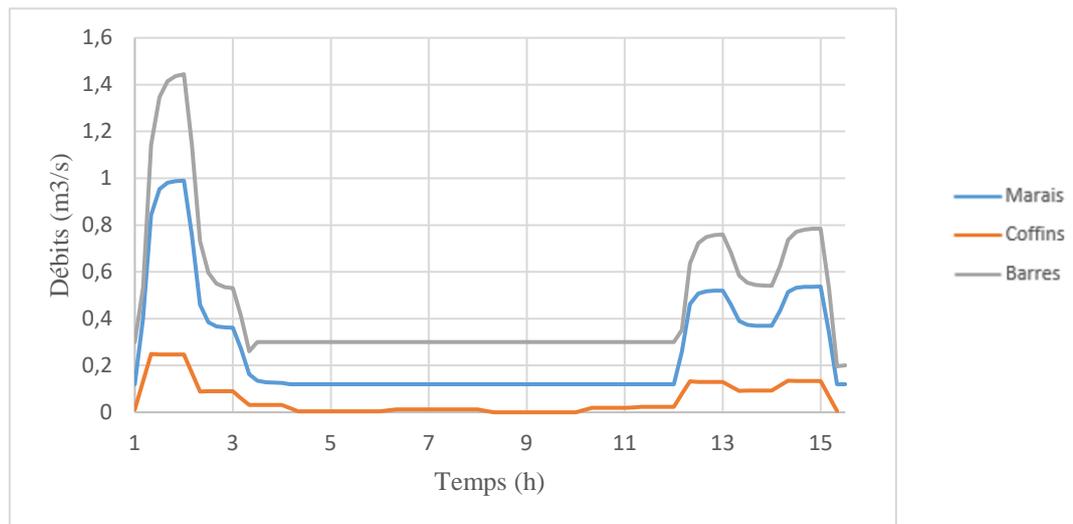


Figure 12 : Hydrogrammes basés sur les pluies d'octobre 2008

La modélisation des pluies de 2008 et 2013 sert au calage du modèle, le but étant de reproduire au plus proche ce qu'il s'est passé lors de ces crues, d'après les témoignages.

L'utilisation de différents hydrogrammes permet aussi de voir l'influence sur la zone inondable, avec des pluies plus longue et moins intense et des crues plus courtes et intense, le volume d'eau à stocker n'étant pas le même selon le cas de figure.

La condition limite aval de l'écoulement se situe dans le contre-canal et est modélisée par une hauteur fixe dans le temps de 121,7 m NGF. Cette valeur a été estimée à partir de la formule de Manning-Strickler pour une injection dans le canal de 3 m³/s.

Les coefficients de rugosité ont été estimés à $K=0,05$ pour les berges et à $K=0,03$ pour le lit mineur des ruisseaux, ce qui correspond à des berges et un lit, végétalisés. Pour les conduites le coefficient de rugosité a été fixé à $K=0,013$, qui correspond à des conduites béton.

Le calage du modèle s'est fait par la variation de la rugosité au niveau des canalisations et la variation des coefficients de seuils au niveau de divers profils de déversement.

Il convient de rappeler qu'un modèle est une représentation limitée de la réalité. Les résultats sont conditionnés par la quantité et la précision des données d'entrée. Par ailleurs, les variations locales de la ligne d'eau ne sont pas prises en compte dans le processus de transfert de l'onde de crue (obstacles, charriage des matériaux, ...).

4. Etude d'impact hydraulique

4.1. Résultats de l'état initial

La zone inondable a été déterminée à partir des différentes zones obtenues après modélisation avec les différents hydrogrammes. Le modèle utilisé est un modèle 1D avec casiers pour les écoulements liés aux débordements. Cette méthode de construction du modèle ne permet pas de visualiser directement les écoulements à la surface sur le logiciel, ni d'en connaître leur vitesse. Les casiers se remplissent par le fond et les déversements ont lieu lorsque la hauteur d'eau atteint l'altitude limite d'un casier.

La zone potentiellement inondable correspond globalement à celle de la modélisation de la pluie de 2008 sur les 2 jours et à celle de la pluie de projet. En effet, les zones impactées sont différentes. Les vitesses des écoulements sont faibles sur la zone urbanisée et la topographie assez plane, de ce fait si le débit de pointe est plus important des débordements peuvent avoir lieu sur d'autres zones. De même, du fait de la topographie pour une crue plus longue le volume à stocker, sera plus important, certaines zones en viennent donc à déborder après accumulation d'un plus gros volume.

La zone exposée aux débordements est assez étendue. Plus d'une centaine de constructions sont touchées (117) ce qui représentent environ 270 personnes situées en zone inondable.

En 2022, Arche Agglo a créé un chenal dans le remblai CNR pour limiter les inondations, les eaux de débordements issues du regard à la confluence entre les conduites des Barres et des Marais sont redirigées vers ce chenal. Les débordements obtenus sont les mêmes. À l'Est la zone inondable est inchangée. Sur la zone à l'Ouest, dans le quartier de l'Hospitalière, les débordements sont repris par le chenal.

Après modélisation en régime transitoire, les zones potentiellement inondables et les débordements, avant et après création du chenal sont les suivantes :

Carte de la zone inondable (mosaïque de différentes crues) par les ruisseaux des Barres et des Marais, sur la commune de Servès-sur-Rhône, avant la création du chenal

Légende :

- Bâti
- Cours d'eau
- Parcelles
- Débordements des ruisseaux
- Débordements du réseau d'eaux pluviales

Hauteur d'eau (m) :

- 0,01
- 0,3
- 0,5
- 1,00

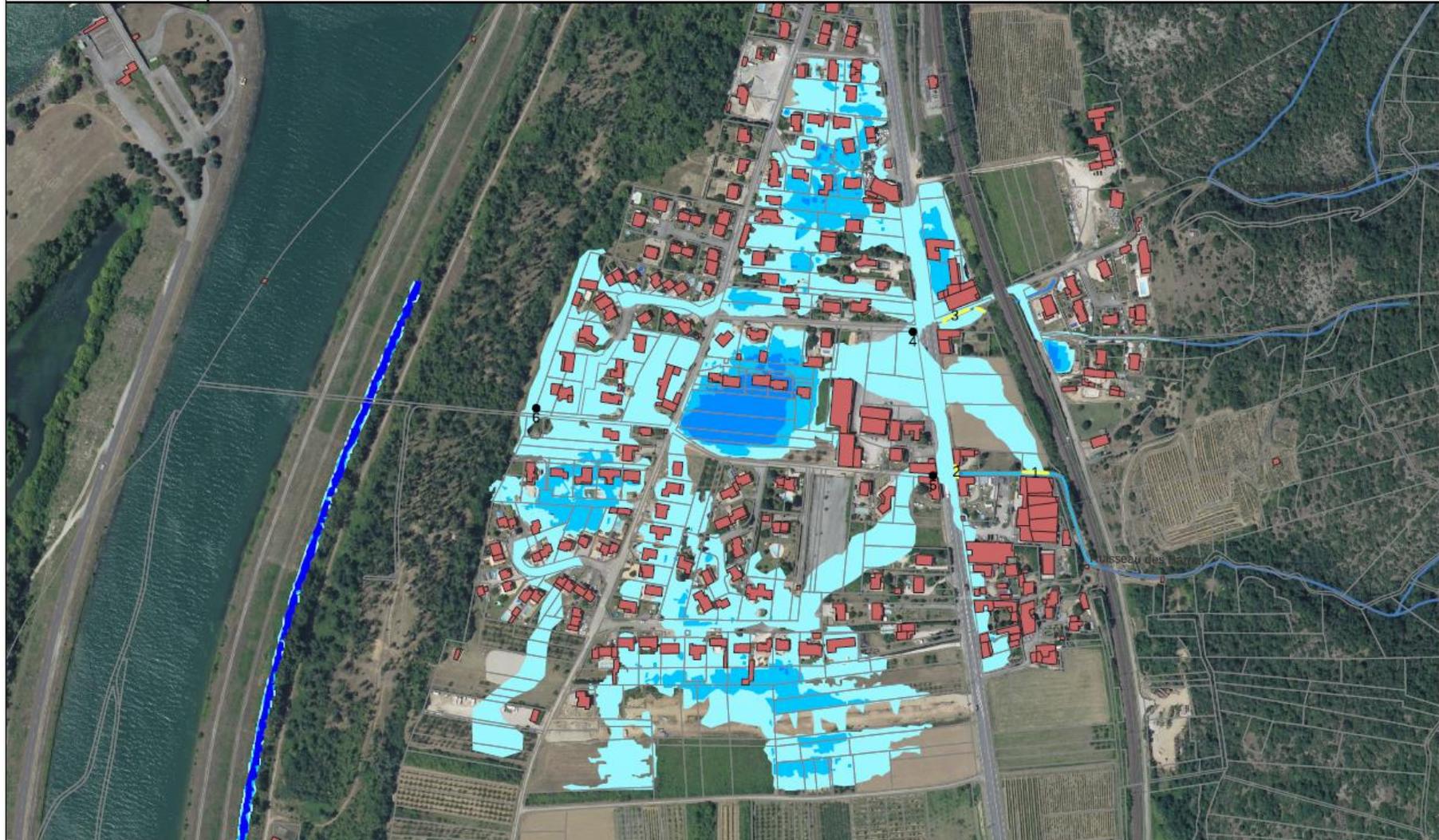
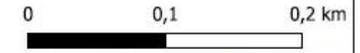


Figure 13 : Zone potentiellement inondable établie à partir de différentes crues, avant création du chenal

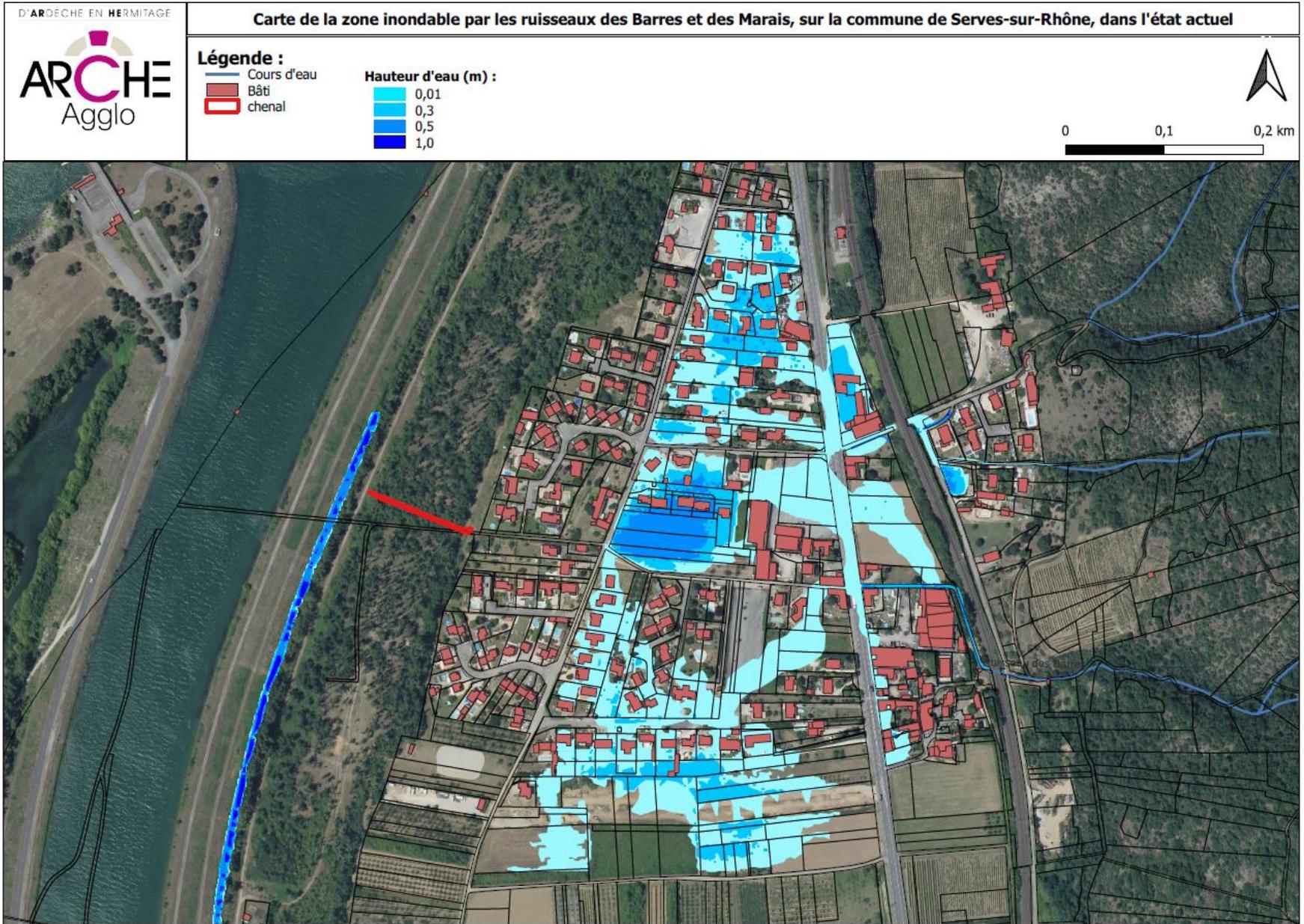


Figure 14 : Zone potentiellement inondable établie à partir des différentes crues, après création du chenal

Sam:

Les cartes précédentes montrent l'impact de la création du chenal réalisé en 2022. Celui-ci permet d'éviter les inondations sur le quartier de l'Hospitalière à l'Ouest, ce qui permet de limiter le nombre de bâtis touchés, à 95.

Les hauteurs d'eau sont assez faibles avec moins de 50 cm sur la majorité de la zone, avec une zone de rétention à 70 cm au niveau du verger. Ces résultats correspondent globalement aux observations faites lors de la crue de 2008 et 2013. Des questions se posent sur la zone inondée au nord certains témoignages n'indiquant pas d'eau dans cette zone, et une étendue plus importante au sud. Cependant, d'autres incohérences dans le témoignage avaient lieu, notamment la RN7 qui n'aurait pas été coupée au niveau du ruisseau des Barres. Alors que, la photo d'archive Figure 4, montre le contraire.

L'utilisation du modèle 1D peut être mis en cause dans l'inondation de la zone au nord qui n'a pas forcément lieu selon les dires. En effet, la présence des murs possiblement présents en limite de propriété ne sont pas pris en compte dans le modèle 1D.

Au niveau de l'étude de faisabilité, cela ne pose pas de problème particulier, le but étant de proposer des scénarios d'aménagements en évaluant les impacts sur les débordements. Cependant, pour l'étude d'avant-projet, l'utilisation d'un modèle 2D sera à privilégier pour des résultats plus précis. Les ruisseaux étant de faible gabarit l'utilisation d'un modèle 2D unique aurait été peu précis les mailles du MNT étant de 1m, ce qui est supérieur au gabarit des ruisseaux par endroit. L'utilisation d'un modèle 1D/2D serait donc préférable, car il permet de modéliser de façon précise le lit mineur (1D) et d'observer les écoulements sur les zones de débordements (2D). Ici il n'a pas été utilisé du fait de l'utilisation d'une version restreinte d'InfoWorks RS et de la supervision non réalisable sur le logiciel HEC-RAS. Cependant, en première approche la modélisation 1D est suffisante. Comme expliqué précédemment, le modèle est construit à partir de casiers et de profils de déversements basés sur le MNT (Modèle Numérique de Terrain). Ces casiers se remplissant par le fond, les écoulements entre les différents casiers peuvent être différents de la réalité. La topographie plane de la zone permet cependant d'en rester proche.

5. Propositions d'aménagements

Différents scénarios d'aménagements ont été modélisés, ils permettent la limitation des débordements et le stockage des eaux en amont de la RN7 :

- 1 bassin de rétention en aval de la voie SNCF et une vidange par conduite ;
- 1 bassin de rétention en aval de la voie SNCF, une vidange par conduite avec un passage en fossé sur le verger en amont du Chemin de la Plaine ;

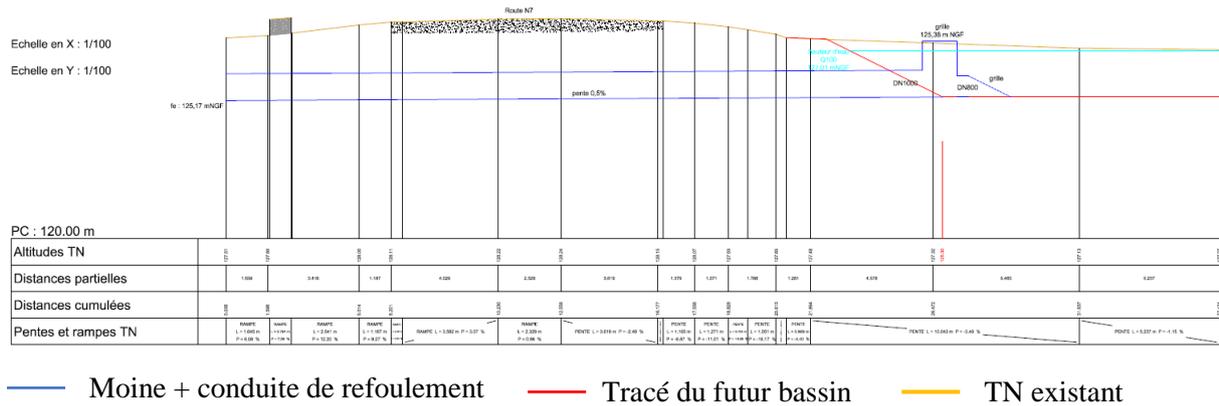
Dans un premier temps d'autres aménagements avaient été envisagés tels que la création de 2 bassins de rétention, le schéma suivant présente ces diverses possibilités d'aménagements.



Figure 15 : Schéma des aménagements envisagés

Les solutions qui ont finalement été modélisées sont celles ne comportant qu'un seul bassin de rétention, celui entre la voie ferrée et la RN7, la mairie souhaitant la construction d'un lotissement à l'emplacement du verger. Aux vues de la topographie plane de la zone et des contraintes réseaux, le passage en fossé de vidange en amont de l'ouverture dans le remblai n'était pas réalisable. Ce tronçon est donc modélisé par le remplacement de la conduite d'eaux pluviales existante par un cadre béton 2x1 m. Ainsi le second bassin de rétention (au niveau du verger) est remplacé par une conduite Φ 1000 mm ou un fossé.

De cette façon, les eaux des Barres et des Marais seraient redirigées vers le bassin avec la création de déversoir, de fossés et d'un busage dans le cours d'eau à l'aval des déversoirs respectivement de $\Phi 500$ mm et $\Phi 400$ mm. Les busages sont choisis en fonction des dimensions des canalisations existantes, en aval, qui limitent les écoulements. Ils permettent la surverse dans le bassin et la limitation du débit à l'entrée du réseau existant. La vidange du bassin serait contrôlée par la présence d'un moine avec une entrée en $\Phi 800$ mm et une sortie sur la conduite de vidange en $\Phi 1000$ mm. Le moine permet la régulation du débit en sortie du bassin. La mise en place d'un orifice de fond de diamètre 800 mm a été privilégiée, car l'utilisation d'une buse en 1000 mm engendrait des débordements en aval, au niveau de la création du fossé notamment.



— Moine + conduite de refoulement — Tracé du futur bassin — TN existant

Figure 16 : Schéma du moine

D'autres scénarios ont été évoqués, voir modélisés, toutefois, ils ont été écartés du fait d'un certain nombre de contraintes. Les principales sont :

- Le projet de lotissement sur le verger et le passage contraint pour rejoindre le regard à la confluence : cela écartait la création d'un fossé plus large au niveau du verger. De même, la création d'un deuxième bassin, pour une gestion simplifiée des pentes a été écarté ;
- Le budget limité : Le remplacement des canalisations existantes représenterait des travaux trop important et coûteux pour l'agglomération et la commune. Les subventions seraient différentes et moins importantes ;
- La topographie plane de la zone : En première approche il était prévu, dans le cas de la création d'un seul bassin, un passage en fossé depuis l'amont du verger, jusqu'au regard à la confluence. Néanmoins, la pente ne pouvait être suffisante pour assurer l'écoulement des eaux et des décrochages étaient nécessaires.

5.1. Bassin de rétention avec conduite

La création d'un bassin de rétention avec une vidange par conduite, permettrait de pallier en grande partie aux débordements qui ont lieu en aval de la voie SNCF. Un débordement d'une centaine de mètres cubes pourrait persister en amont de la voie SNCF, lié au pont du Champ du Truc, qui est limitant. Le débit de pointe serait de 160 L/s. Pour pallier l'inondation, il serait possible de créer un dos d'âne juste en aval du pont de la SNCF, qui dirigerait les eaux de débordements dans le bassin de rétention, en passant par le déversoir sur le ruisseau des Marais.

Les autres inondations modélisées sont dues au débordement du regard des Marais situé en aval de la RN7 du fait du passage de deux buses de diamètre $\Phi 600$ mm à une buse de diamètre $\Phi 400$ mm. Ce débordement de moins de 400 m³, avec un débit de pointe de 100 L/s, pourrait être repris par les vides sanitaires envisagés pour la création de la zone artisanale et commerciale. Les eaux du vide sanitaire pourraient ensuite être renvoyées dans le $\Phi 1000$ mm. Les inondations ont été modélisées pour les différentes crues. Cependant, la zone retenue (représentée sur la carte) et la plus étendue correspond à l'injection dans le modèle des hydrogrammes simplifiés (pluie de projet).

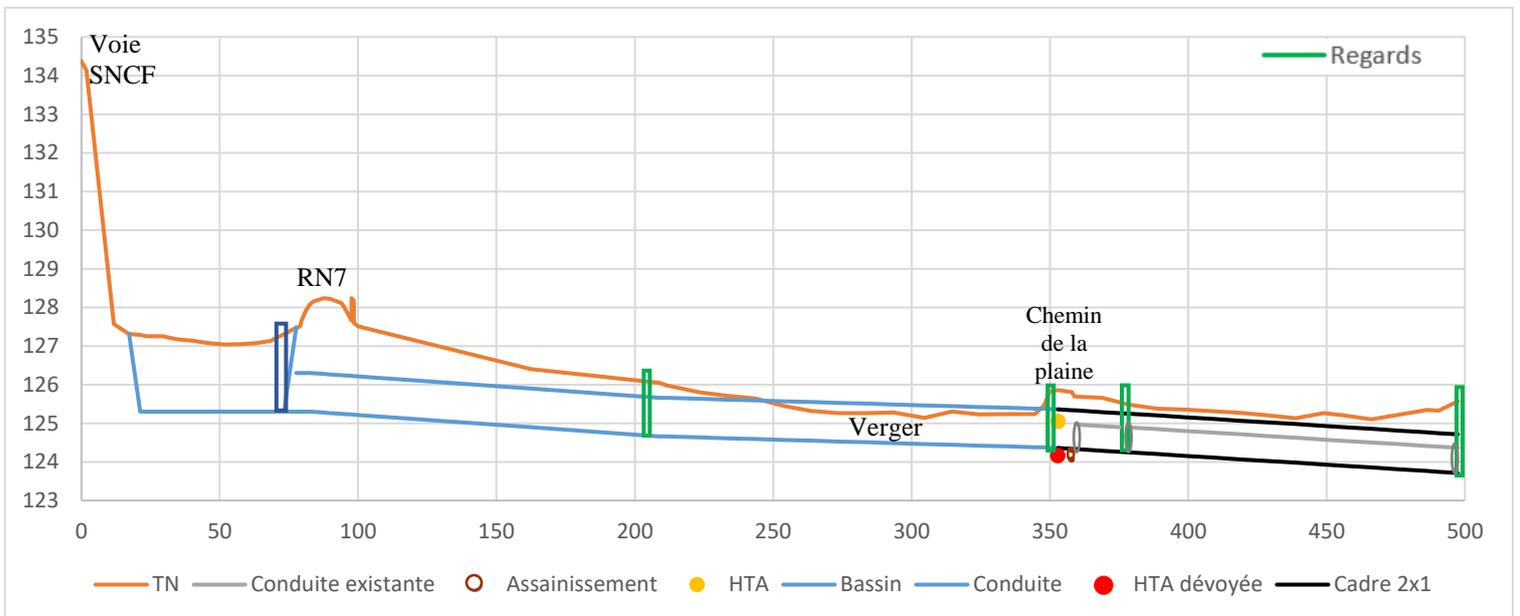


Figure 17 : Profil en long des aménagements d'un bassin avec une vidange en conduite

La zone étant très contrainte la pente de la conduite est assez faible et une partie de celle-ci affleure au niveau du terrain naturel actuel. Il sera donc envisagé de remblayer une partie du verger en amont du chemin de la plaine pour permettre le passage de la conduite.

Le réseau de haute tension actuel devra être dévié de manière à respecter les contraintes de distance entre réseau. Elle ne pourra être placée au-dessus de la future conduite et devra donc passer en dessous de cette dernière. La distance avec la conduite d'assainissement sera à vérifier avec un repérage plus précis du réseau. Le dévoiement semble être évitable pour ce réseau.

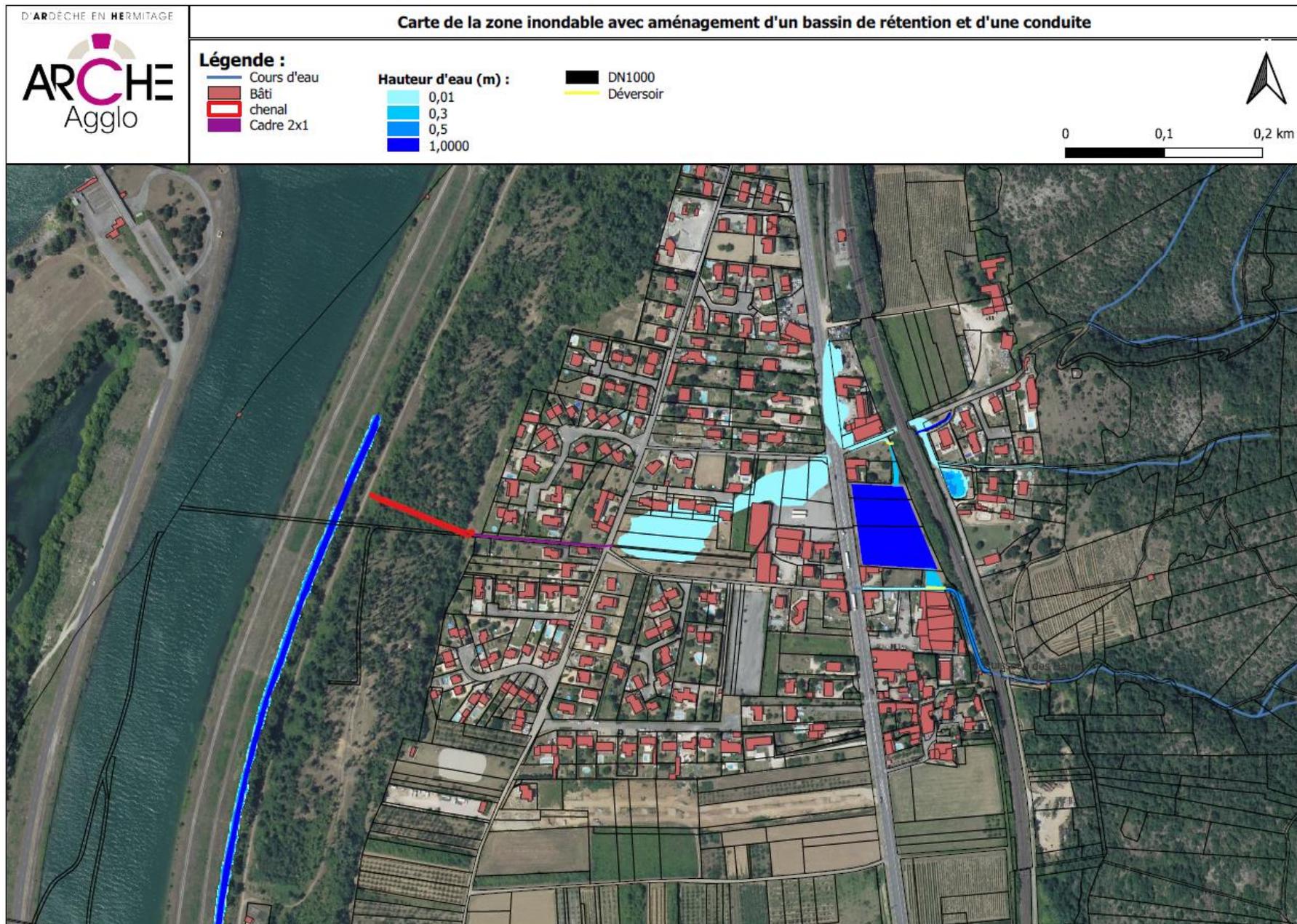
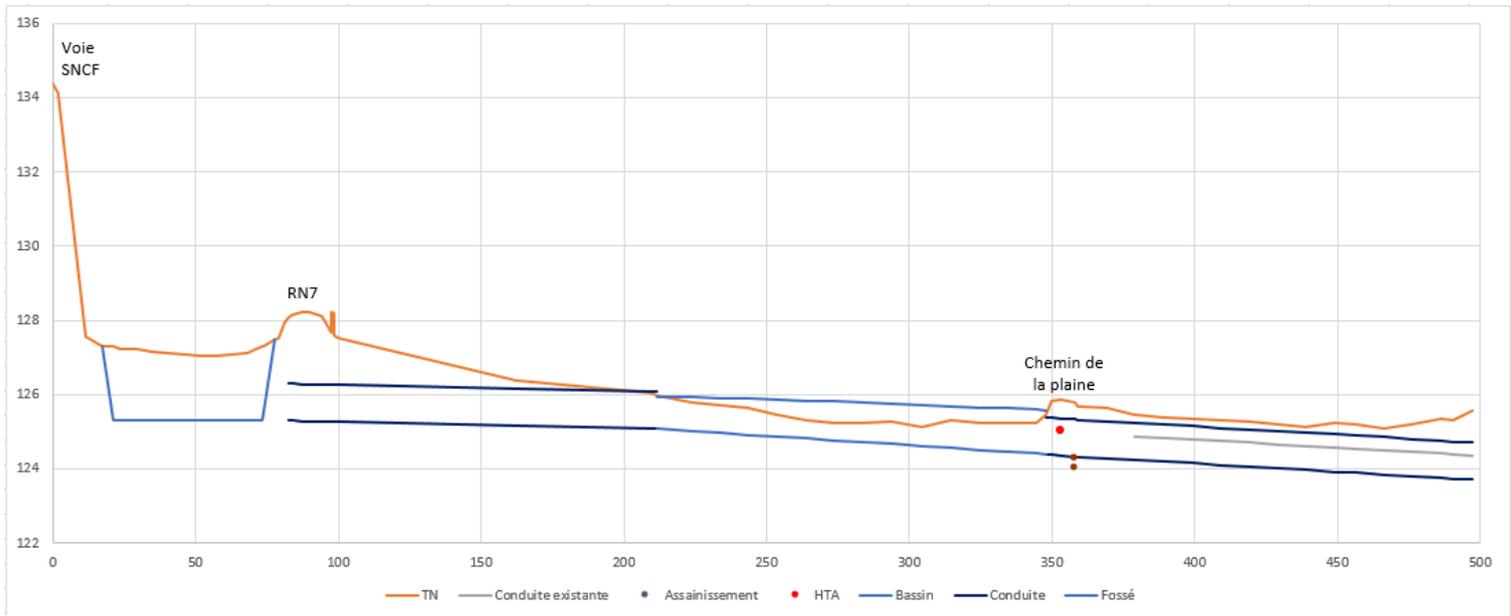


Figure 18 : Carte de la zone potentiellement inondable avec aménagement d'un bassin et d'une vidange en conduite

5.2. Bassin de rétention avec fossé

La création d'un bassin de rétention avec un passage en fossé, permettrait de pallier les débordements de manière quasi équivalente au passage en conduite. Le débordement au niveau des parcelles D105, D576, 574 et 572 (verger en amont du chemin de la plaine), est légèrement plus important que lors du passage en conduite.



De même que pour le passage en conduite une partie du verger devra être remblayé pour permettre le passage en fossé sans débordement de celui-ci. Les mêmes solutions que celles du scénario précédent, dos d'âne et utilisation des vides sanitaires, sont envisagées pour la gestion des débordements résiduels.

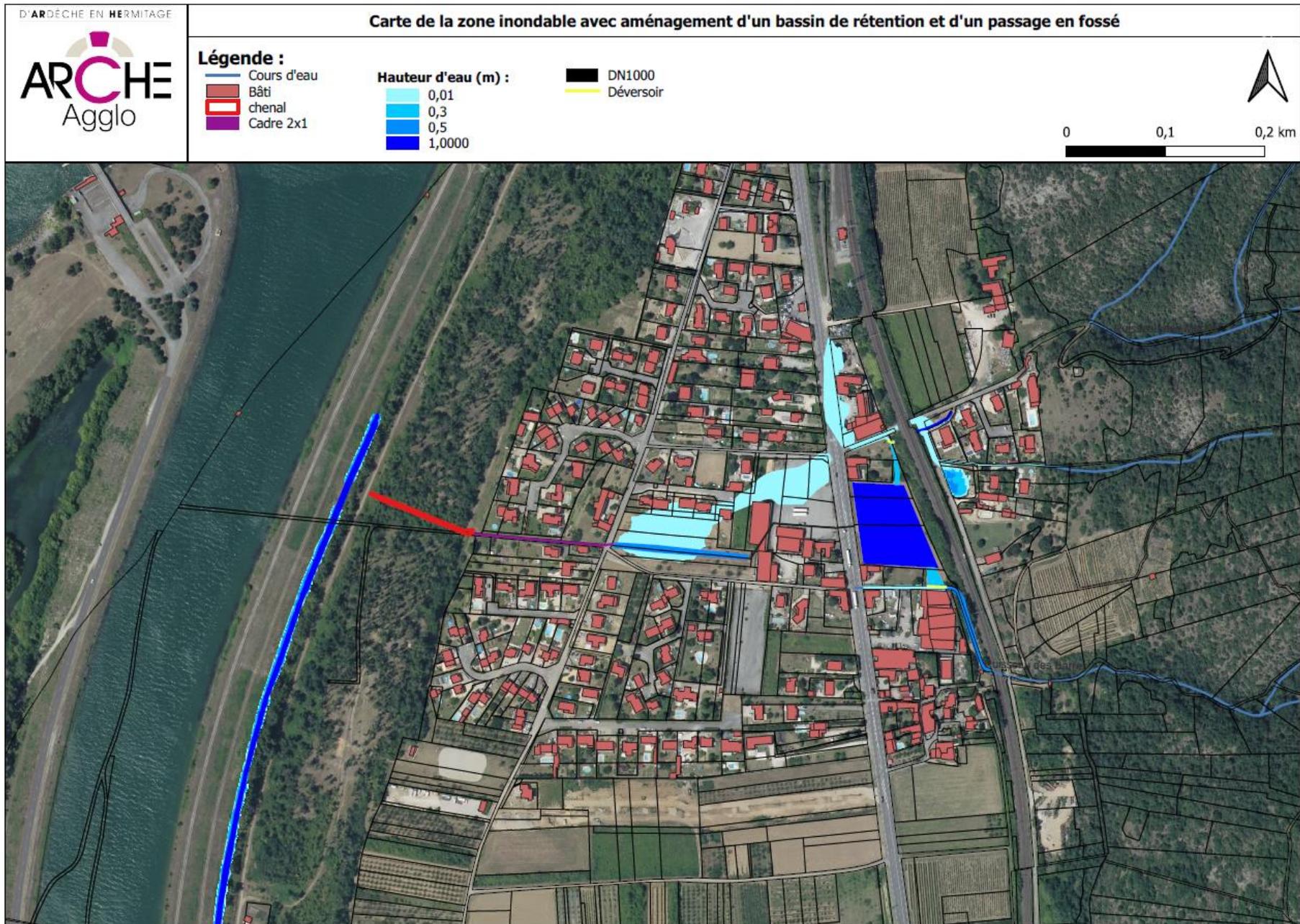


Figure 20 : Carte de la zone potentiellement inondable après aménagement d'un bassin et d'un passage en fossé

6. Comparaison des scénarios

Pour les 2 solutions, les résultats et les dimensionnements proposés sont valables pour une crue centennale. En cas de crue supérieure telle qu'une crue millénaire le bassin de rétention continu de jouer son rôle, jusqu'à la surverse au-dessus de la RN7. Les débordements liés au pont du Champ du Truc sont toujours présents et plus importants, la zone nord de la plaine se retrouve à nouveau inondée.

6.1. Coûts des aménagements

Le coût des aménagements varie en fonction du scénario étudié d'environ 888 540 € H.T. à 969 860 € H.T.. Ces montants tiennent compte uniquement des travaux. Il faut ensuite prendre en compte la maîtrise d'œuvre, les dossiers réglementaires, études complémentaires (topographiques et géotechniques) et l'achat des parcelles.

Poste	1 bassin + conduite	1 bassin + fossé
Travaux	969 860 €	888 540 €
MOE + DLE	130 000 €	130 000 €
Géotechnique	50 000 €	50 000 €
Topographie	20 000 €	20 000 €
Achat parcelles	200 000 €	200 000 €
Total H.T.	1 145 000 €	1 064 000 €

Tableau 8 : Estimation des coûts des aménagements avec études complémentaires

Le détail des coûts pour chacun des scénarios est présenté en annexe IV. Le projet sera financé en partie par la communauté d'agglomération qui fera appel à des subventions. Le prix est donc un critère important. A impact équivalent l'agglomération se positionne sur le scénario le moins coûteux et donc celui avec un passage en fossé. Cependant, la mairie souhaite limiter au maximum l'emprise du projet sur les parcelles en verger, pour pouvoir poursuivre son projet de lotissement sur cette zone. Cette partie sera discuté avec le lotisseur qui aura la charge de l'aménagement de ce secteur. Si le choix se porte sur le passage en conduite une compensation financière sera négociée par Arche Agglo. Aux vues des projets envisagés et en cours sur la commune, un autre point important est le délai de réalisation des aménagements, en lien avec les procédures réglementaires, présentés dans la partie suivante.

6.2. Procédure réglementaire

La création de ces aménagements semble être soumise à autorisation au titre de la loi sur l'eau.

Rubrique	Seuils	Bassin
3.1.1.0 Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :	1° Un obstacle à l'écoulement des crues (Autorisation)	Soumis
	2° Un obstacle à la continuité écologique : (...) (A ou D)	Non soumis
3.1.2.0 Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m (A)	Non soumis
	2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D)	Soumis
3.2.3.0 Plans d'eau, permanents ou non :	1° Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha (A)	Non soumis
	2° Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha (D)	Soumis
3.2.6.0 Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions :	système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 (Autorisation)	Non soumis
	aménagement hydraulique au sens de l'article R. 562-18 (Autorisation)	Soumis
Type de dossier réglementaire nécessaire		Autorisation

Tableau 9 : Dossier réglementaire nécessaire pour les aménagements

Ce tableau répertorie les rubriques devant intervenir dans le dossier loi sur l'eau. Les rubriques auxquelles les aménagements ne sont pas soumis sont indiquées en annexe. Ces rubriques sont issues du code de l'environnement, article R214-1 Titre III, relatif aux « impacts sur le milieu aquatique ou sur la sécurité publique ». Ce titre de l'article concerne principalement les aménagements et travaux dans ou à proximité d'un cours d'eau.

L'aménagement fait intervenir diverses rubriques de la loi sur l'eau. Bien que deux d'entre elles soient soumises à déclaration, c'est l'autorisation qui prévaut. La nécessité d'un dossier d'autorisation implique un délai de traitement au minimum d'un an. De plus, la fiche du PAPI de 2019-2024 ne prévoit que l'étude de faisabilité. Ainsi, la maîtrise d'œuvre (MOE) et le dépôt de dossier loi sur l'eau n'auront pas lieu avant 2025, 2026.

6.3. Avantages et inconvénients

	Avantages	Inconvénients
Bassin + conduite	Réduction des inondations.	Inondations persistantes au nord de la RN7 dues au débordement en amont de l'ouvrage SNCF. Et inondations au niveau du verger dues au débordement du regard des Marais en aval de la RN7. (Solutions possibles pour gérer ces débordements)
Bassin + fossé	Réduction des inondations. Coût moins élevé	Inondations persistantes au nord de la RN7 dues au débordement en amont de l'ouvrage SNCF. Et inondations au niveau du verger dues au débordement du regard des Marais en aval de la RN7. (Solutions possibles pour gérer ces débordements)

Tableau 10 : Avantages et inconvénients suivant le scénario

Parmi les différents scénarios proposés celui d'un bassin avec passage en fossé est le plus intéressant à mettre en œuvre pour la collectivité. En effet, les scénarios sont équivalents au niveau de la zone inondable, cependant le coût par un passage en fossé est moins élevé. Le passage ou non en fossé au niveau du verger situé en amont de la route communale, pourra être discuté avec le futur promoteur pour le projet de création d'un lotissement sur cette zone. L'agglomération ayant intérêt à limiter ces coûts, si le promoteur souhaite un passage en conduite une négociation quant à sa contribution financière devra être engagée.

Concernant la mise en place de la conduite de vidange du bassin en $\Phi 1000$ mm, elle est en négociation avec le promoteur du projet de zone artisanale. En effet, le permis de construire et le dossier loi sur l'eau qui ont été déposés, ont reçus des avis négatifs, du fait d'une mauvaise gestion hydraulique (voir Contexte). La mise en place de la conduite, permettrait de créer un exutoire de la zone artisanale au verger, en attendant que l'agglomération réalise l'intégralité des aménagements contre les inondations ne soit réalisée. La possibilité de réguler le débit provenant des vides sanitaires vers le verger permettrait de contraindre la sur inondation que dans cette zone non habitée.

Dans tous les cas, les aménagements proposés en l'état ne permettent pas de pallier toutes les inondations. La mise en place d'un dos d'âne sur le chemin du Marais en aval de la voie SNCF pour diriger les débordements en amont vers le bassin est envisageable. Le débordement du regard des Marais en amont de la RN pourrait possiblement être repris dans les vides sanitaires envisagés par l'aménageur de la zone artisanale. Ces 2 solutions complémentaires pourront être étudiées plus précisément par la MOE.

Partie 3 : Analyse critique

1. Difficultés rencontrées et solutions apportées

Différentes difficultés ont été rencontrées au cours du stage.

La première étant la gestion des études géotechniques sur les projets. Pour le projet de Serves-sur-Rhône les parcelles entre la RN7 et la voie SNCF, à l'emplacement de la création d'un bassin de rétention sont en exploitation. L'agriculteur a été contacté une première fois en février pour lui parler du projet et lui décrire les études géotechniques. Il a alors indiqué son intention de semer de la luzerne début mars. Le plus simple était alors la réalisation des essais géotechniques avant le semi. Cependant, l'agglomération était en cours de passation d'un accord cadre géotechnique. La réalisation de bon de commande n'était possible qu'à partir de mi-mars, l'agglomération ayant des projets plus urgents sur les digues du Rhône à Tain-l'Hermitage. Le bureau d'étude avait indiqué l'impossibilité de réaliser les sondages sur Serves-sur-Rhône avant mi-avril. L'agriculteur avait donc déjà semé, ce qui d'après les informations à ma disposition concernant l'impact des sondages géotechniques sur le champ, ne posait pas de problème.

Finalement, le bureau d'étude a proposé un rendez-vous sur site, en dernière minute, le 22 mars, pour voir avec l'agriculteur comment réaliser les sondages, en impactant le moins possible son champ. Les sondages qui seraient effectués la semaine d'après. Cependant, le jour du rendez-vous les foreurs étaient présents sur site. Ayant été prévenue la veille, je n'avais pas pu en informer l'agriculteur. L'agriculteur avait semé 10 jours avant ce rendez-vous. À la vue de la foreuse pour les sondages carottés, il lui paraissait inenvisageable de forer dans le champ après 10 jours de semi. Dans le cas contraire il demandait une compensation pour pouvoir semer à nouveau. La solution trouvée lors de cette rencontre a été la réalisation, en bordure de champs côté RN7, d'un des sondages prévus, pour éviter le déplacement inutile des foreurs, et la réalisation des profils électriques. Les autres sondages prévus, carottés et pénétromètres proches de la voie SNCF, ont été réalisés dans un second temps, en juin, après la première récolte, comme présenté sur le schéma suivant.



Le carottage en rouge a été réalisé en juin. Ainsi que des pénétromètres dans son alignement le long de la voie SNCF.

Figure 21 : Schéma d'implantation des sondages géotechniques

Les premiers résultats ont permis de présenter quelques informations à la mairie, notamment sur l'impossibilité d'utiliser le futur bassin comme bassin d'infiltration, les graves étant situées trop profondément. Les autres forages ont pu être réalisés le 29 juin. Les résultats n'ont pas pu être fournis avant la fin du stage. De même, pour le second projet, l'étude géotechnique ayant tardé à être lancée. Le bon de commande avait pourtant été effectué fin mars et les derniers sondages géotechniques ont été effectués le 29 juin.

Un certain manque d'organisation et de communication a impacté ces études, mais des solutions ont été trouvées pour obtenir des résultats intermédiaires à présenter en mairie avant la fin du stage. Tous les résultats géotechniques n'ayant pas été fournis avant la fin du stage un CDD de 1 mois m'a été proposé à la suite du stage pour obtenir ces résultats et les intégrer au rapport car les équipes n'avaient pas de temps à y consacrer.

Une autre difficulté a été la construction du premier modèle sur InfoWorks. L'ordinateur sur lequel se trouve le logiciel est tombé en panne et a dû être remplacé. Je n'ai donc pas pu travailler sur le modèle pendant plus de 2 semaines et recommencer par la suite ce qui avait déjà été fait. Cela m'a fait prendre 1 mois de retard. Par la suite, la création du modèle 1D était assez complexe, car l'utilisation de casiers successifs crée des instabilités. L'utilisation d'un modèle 2D aurait été plus rapide mais l'encadrement sur un autre logiciel tel que Hec-Ras n'était pas possible. Ainsi, cela fût plus long mais avec l'aide de mon maître de stage, j'ai pu finaliser le modèle.

Enfin, le projet sur Servas-sur-Rhône faisait intervenir différents acteurs. Il était d'abord difficile d'appréhender tous les liens entre eux et leur rôle à jouer. Le projet d'aménagement de la zone artisanale et celui du lotissement se font sur des temporalités différentes, mais étaient à prendre en compte. Des discussions avaient déjà eu lieu durant l'été 2021 avec la commune, un promoteur immobilier et l'agglomération, concernant les aménagements contre les inondations dans cette zone. À la suite de ces conversations, il avait été conclu qu'il fallait une étude de faisabilité pour statuer sur 1 ou 2 bassins. Cette étude devait être intégrée dans le PAPI par avenant, ainsi que d'autres modifications du PAPI. Il a fallu un an et demi pour aboutir à l'avenant. En parallèle, la possibilité de faire cette étude en interne en faisant appel à un stage, a été étudié.

2. Apports et perspectives

J'ai choisi ce stage après avoir été recontactée par Emmanuel GUILMIN, qui a été mon maître de stage sur un précédent stage de 3 mois réalisé en été 2021. Forte de cette expérience qui avait été très enrichissante, la possibilité d'approfondir et de développer mes compétences au sein de cette structure m'a semblée intéressante.

Effectivement, ce second stage m'a permis de réaliser de nouvelles tâches par moi-même, une confiance m'était accordée. J'ai appris à réaliser des demandes de subventions, des commandes pour des études géotechniques et topographiques. J'ai pu renforcer mes connaissances concernant des procédés géotechniques, gérer le contact et les problématiques liées à la réalisation de ces études. J'ai pu renforcer mon utilisation du logiciel InfoWorks avec des projets plus complexes.

En parallèle des missions qui m'étaient attribuées, j'ai assisté à diverses réunions d'équipe, dont plusieurs sur la mise en place de la surveillance des ouvrages en période de crues. Et observer les difficultés et solutions apportées pour la mise en place de cette surveillance. J'ai vu l'importance de la communication et appris à avoir plus confiance en moi et à moins hésiter à solliciter de l'aide. Une partie de la perte de temps sur la réalisation du premier projet était le manque de sollicitation de mon maître de stage, lorsque j'étais en difficulté avec le modèle. J'ai pu faire évoluer, en partie, ce point-ci avec le deuxième projet. Des efforts seront donc à faire lors de mon premier emploi pour ne pas hésiter à demander de l'aide lorsque c'est nécessaire. J'ai aussi dû réaliser les présentations en mairie, pour travailler mon aisance à l'oral. Je me suis ainsi améliorée lors de la présentation du second projet. Ce stage m'a permis de travailler ma communication lors de temps d'échanges avec mes collègues, que ce soit professionnellement ou de manière informelle, mais aussi lors d'échanges avec les prestataires extérieurs, particuliers, Bien que je doive encore m'améliorer, j'ai pu progresser sur ce point.

Les études qui m'ont été confiées pendant le stage seront reprises par la suite dans le prochain PAPI mené par l'agglomération. Toutefois il était nécessaire qu'elles soient entièrement finalisées à la fin de mon stage, car aucun autre agent n'a de temps à y consacrer.

Concernant mon projet professionnel, à l'issue de ce stage je souhaite continuer à travailler dans l'aménagement du territoire en lien avec l'hydraulique. Je souhaiterais diversifier mes compétences sur les domaines de l'eau autres que les inondations, telles que l'assainissement, l'eau potable, et la gestion intégrée des eaux pluviales. Je préfère m'orienter vers des filières techniques, vers une activité de MOE ou vers une entreprise travaux, plus qu'en maîtrise d'ouvrage.

Conclusion

J'ai effectué mon stage de fin d'études, de mon double diplôme ENGEES - EIVP, en aménagement contre les inondations au sein de la communauté d'agglomération Arche Agglo. Lors de ce stage de 6 mois j'ai pu mettre en pratique mes connaissances théoriques acquises durant ma formation, et j'ai fait face à quelques problématiques.

Ce stage a été une expérience très enrichissante et m'a permis de répondre à la problématique : Comment gérer les inondations provenant des ruisseaux des Barres et des Marais sur la commune de Serves-sur-Rhône ? Le travail s'est construit en commençant par une demande de subvention et d'études complémentaires géotechniques et topographiques, suivi d'une étude hydrologique et d'observations de terrain. Cette première phase était réalisée en parallèle pour cette étude et celle d'une autre commune que j'ai étudiée durant le stage. Ensuite, j'ai réalisé le modèle hydraulique, via InfoWorks RS, modélisé, dimensionné et chiffré, des solutions face aux inondations. A la suite de deux réunions en mairie les propositions ont été validées par la mairie. Le projet sera inscrit dans le prochain PAPI et le choix entre les solutions sera discuté par la suite avec un promoteur immobilier, dont un programme de lotissement se trouve sur l'emprise. Le rapport complet concernant les études géotechniques, n'a pas été reçu avant la fin de la période de stage, j'ai donc continué sur un CDD pour ajouter ces résultats et réaliser d'autres tâches.

Forte de cette expérience, je souhaiterai par la suite axer mon projet professionnel sur l'aménagement en lien avec l'hydraulique. Ce stage m'a permis de comprendre que j'aimais réaliser des tâches variées. Ainsi j'aimerai élargir mes compétences à l'hydraulique urbaine, en plus de l'hydraulique fluviale.

Bibliographie/Webographie-Sitographie

Direction Départementale des Territoires (DDT) de la Drôme. (Dossier approuvé le 25/01/2013). *Plan de Prévention des Risques - inondation, Commune de SERVES-sur-RHÔNE* (1 - Note de présentation).

https://www.drome.gouv.fr/contenu/telechargement/7260/67248/file/Serves-sur-Rhone_note_presentation_V4-0.pdf

DDT de la Drôme. (25/01/2013). *PPRNi, Commune de SERVES-SUR-RHÔNE* (2 - Plan de zonage réglementaire).

<https://www.drome.gouv.fr/contenu/telechargement/7261/67253/file/Serves-sur-Rhone-3.pdf>

DDT de la Drôme. (10/12/2014). *PPRNi, Commune de GERVANS* (1 - Note de présentation).

https://www.drome.gouv.fr/contenu/telechargement/7860/70248/file/Gervans_note_presentation_V4-0.pdf

DDT de la Drôme. (10/12/2014). *PPRNi, Commune de GERVANS* (2 - Plan de zonage réglementaire).

https://www.drome.gouv.fr/contenu/telechargement/7859/70243/file/zonage_approbation_gervans.pdf

DDT de la Drôme. (29/09/2011). *PPRNi, Commune de CHANTEMERLE-LES-BLES* (1 - Note de présentation).

<https://www.drome.gouv.fr/contenu/telechargement/6524/63568/file/Chantemerle0.pdf>

DDT de la Drôme. (29/09/2011). *PPRNi, Commune de CHANTEMERLE-LES-BLES* (2 - Plan de zonage réglementaire).

<https://www.drome.gouv.fr/contenu/telechargement/6520/63548/file/Chantemerle-2.pdf>

Législation Code de l'environnement. Article R214-1 (Version en vigueur depuis le 01/07/2023).

https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000046519587#:~:text=Le%20front%20de%20salinit%C3%A9%20est,%C3%A0%201%20pour%201%20000.

ARCHE Agglo. (2023). *L'Agglo*. Arche Agglo. <https://www.archeagglo.fr/lagglo/>

D'autres ressources fournies en interne ont été utilisées, elles sont mentionnées dans le texte mais ne sont pas accessibles pour le lecteur.

Annexes

Annexe I : Détails des formules de calcul du temps de concentration

- **Formule de Kirpich**

$$t_c = 3,97 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$$

Avec :

- Tc = le temps de concentration en minute
- L = le trajet hydraulique le plus long en km
- S = la pente du trajet hydraulique le plus long en m/m

- **Formule de Passini**

$$t_c = 6,48 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{S}}$$

Avec :

- Tc = le temps de concentration en minute
- A = la surface du bassin versant en km²
- L = le trajet hydraulique le plus long en km
- S = la pente du trajet hydraulique le plus long en m/m

- **Formule de Ventura**

$$t_c = 7,62 \cdot \sqrt{\frac{A}{S}}$$

Avec :

- Tc = le temps de concentration en minute
- A = la surface du bassin versant en km²
- S = la pente du trajet hydraulique le plus long en m/m

- **Formule de Bransby**

$$t_c = 14,6 \cdot L \cdot A^{-0,1} \cdot S^{-0,2}$$

Avec :

- Tc = le temps de concentration en minute
- L = le trajet hydraulique le plus long en km
- A = la surface du bassin versant en km²
- S = la pente du trajet hydraulique le plus long en m/m

Annexe II : Détails des formules de calcul de débits

Méthode rationnelle

$$Q = C \cdot I \cdot S / 360$$

Avec :

- C : le coefficient de ruissellement
- I : l'intensité de pluie en mm/h
- S : la surface du bassin versant en ha

Méthode Crupédix

$$Q = S^{0,8} \cdot (P_j / 80)^2 \cdot R$$

Avec :

- S : la surface du bassin versant en km²
- P_j : la pluie journalière maximale annuelle en mm (sur la période de retour considérée)
- R : le coefficient régional de Crupédix (ici 1)

Méthode Crupédix nouveau

$$Q = S^{0,8} \cdot (P_j / 73)^{1,5} \cdot R$$

Avec :

- S : la surface du bassin versant en km²
- P_j : la pluie journalière maximale annuelle en mm (sur la période de retour considérée)
- R : le coefficient régional de Crupédix (ici 1)

Méthode Socose

D(h) : durée caractéristique de crue du bassin versant en h

$$D(h) = -0,69 + 0,32 \ln(S) + 2,2 \cdot (P_a / (P_j \cdot T))^{0,5}$$

J : interception potentielle en mm

$$J = 260 + 21 \ln(S / L) - 54 (P_a / P_j)^{0,5}$$

K : indice pluviométrique

$$K = 24^b \cdot P_j / (21 \cdot (1 + S^{0,5} / 30 / D(h))^{1/3})$$

ρ : coefficient intermédiaire

$$\rho = 1 - 0,2 \cdot J / (K \cdot (1,25 \cdot D(h))^{1-b})$$

$$Q = \xi(\rho, b) \cdot S \cdot K \cdot \rho^2 / ((1,25 \cdot D(h))^b \cdot (15 - 12 \cdot \rho))$$

Avec :

- S : la surface du bassin versant en km²
- P_j : la pluie journalière maximale annuelle en mm
- P_a : la pluie annuelle en mm
- T : la température en °C
- L : la longueur hydraulique en km
- b : coefficient de Montana (ici 0,679 en décennal, et 0,689 en centennal)

Méthode transfert de bassin versant

$$Q = Q_{10_{ref}} \cdot (S / S_{ref})^{\alpha}$$

Avec :

- Q_{10_{ref}} : le débit décennal du bassin versant de référence en m³/s
- S : la surface du bassin versant en km²
- S_{ref} : la surface du bassin versant de référence en km²
- α : coefficient déterminé à partir de 2 stations ou en fonction de la forme et de la réaction des bassins versants. (α=0,7)

Méthode du Gradex

$$Q_{100} = Q_{10} + r \cdot (u_{100} - u_{10}) \cdot G_{qD}$$

Avec :

- r = coefficient de pointe caractéristique de l'hydrogramme, soit 1,9
- u_t = la variable réduite de Gumble pour le temps de retour considéré
- G_{qD} = le gradex des débits pour le temps caractéristique considéré
-

$$G_{qD} = G_{pD} \cdot S / D / 3.6$$

- G_{pD} = le gradex des pluies pour le temps caractéristique considéré
- S = la surface du bassin versant
- D = le temps caractéristique de la crue = temps pour lequel le débit est supérieur à Q_{max} / 2, soit 1.5 T_c

$$G_{pD} = G_{pj} \cdot (D / 24)^b \cdot 24 / 21$$

- ❖ G_{pj} = gradex des pluies journalières, soit 32,2

b = le coefficient de Montana pour la période de retour recherché

Annexe III : Hydrogrammes des débordements suivants les différentes crues

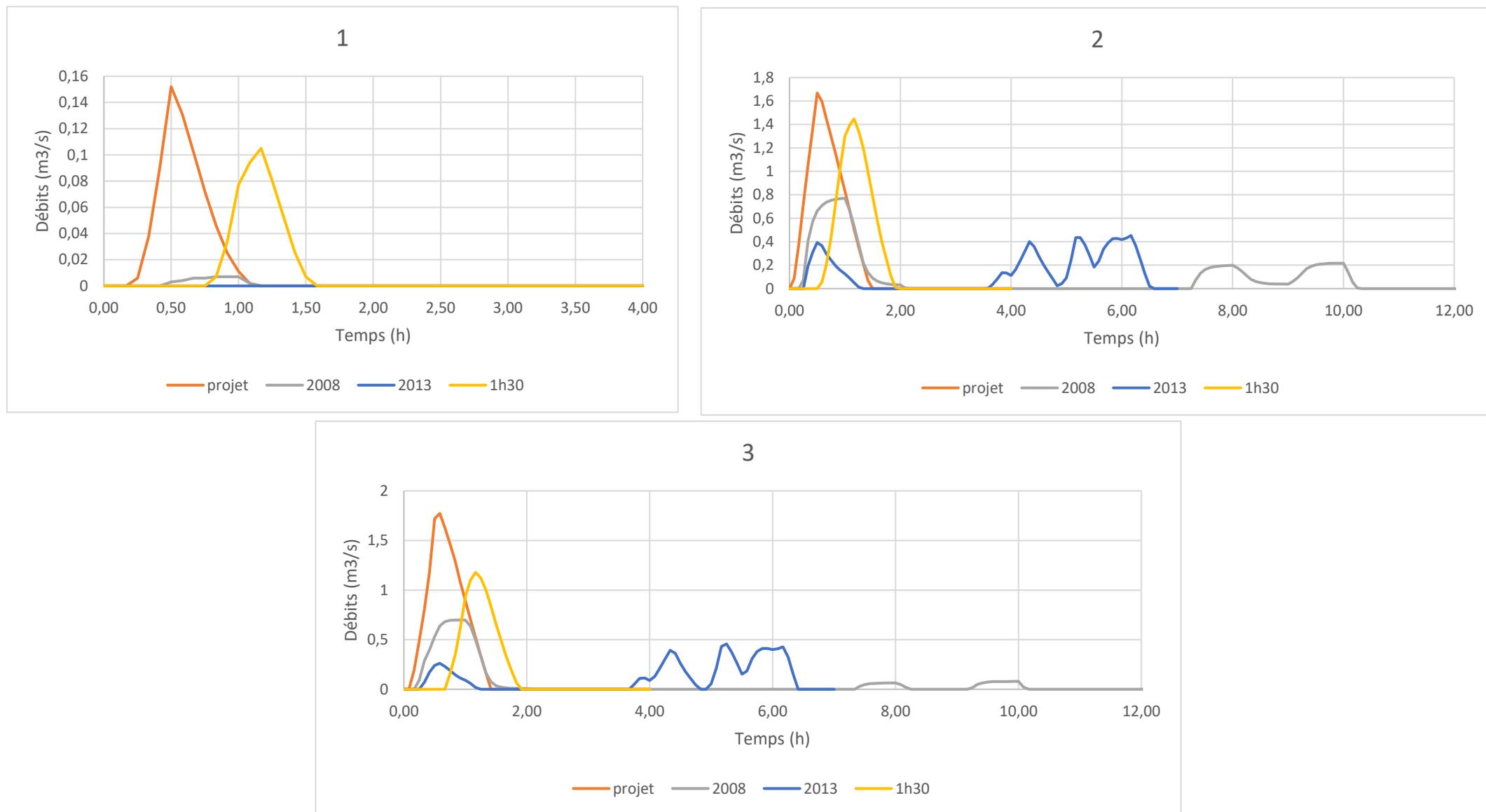


Figure 22 : Hydrogrammes des débordements au niveau des ruisseaux suivants les différentes crues

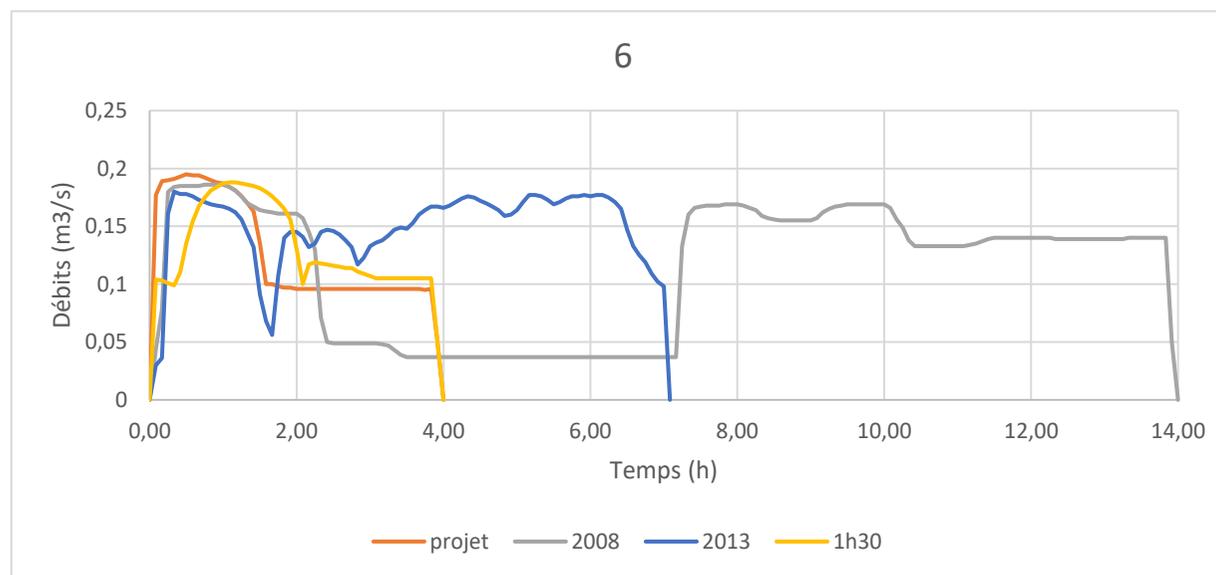
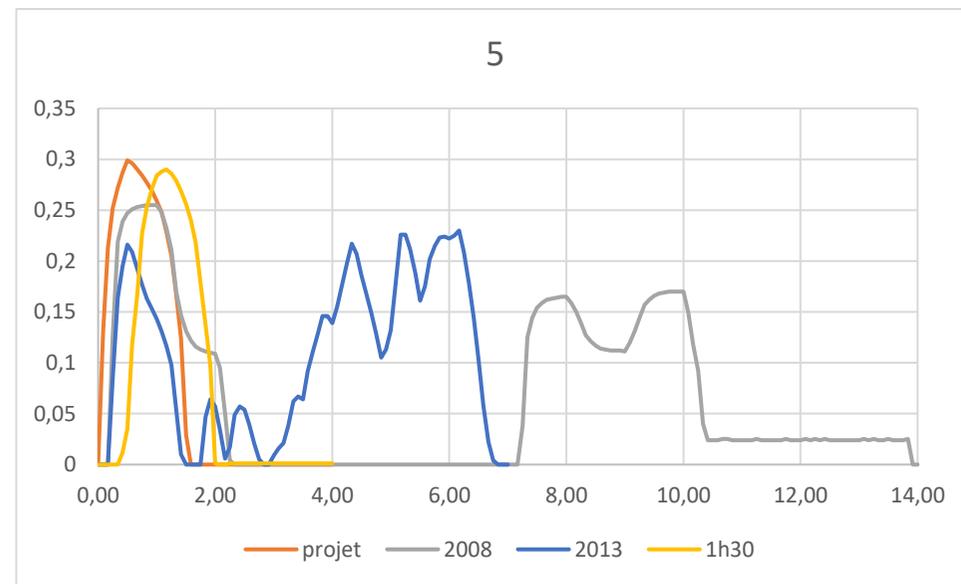
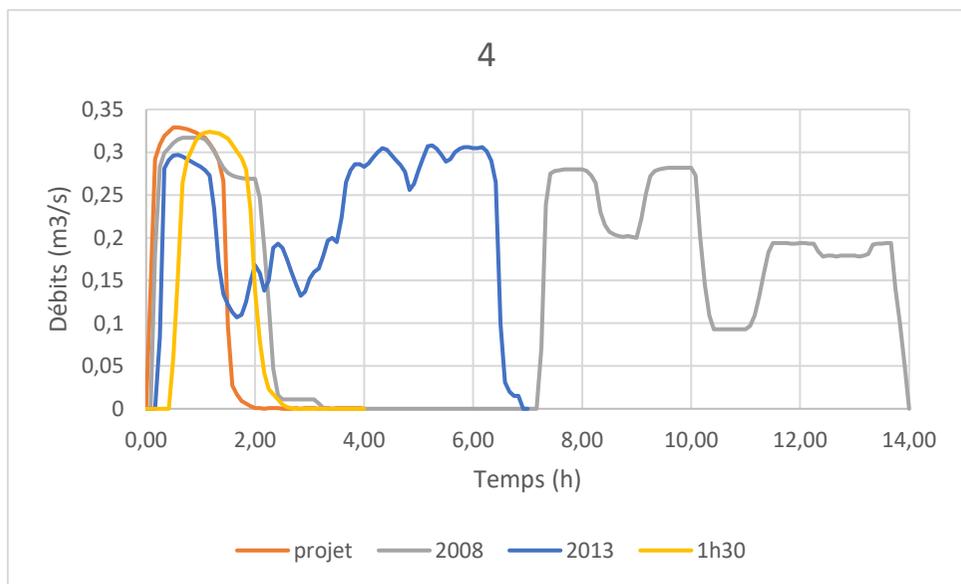


Figure 23 : Hydrogrammes des débordements au niveau des regards suivant les différentes crues

Annexe IV : Détails des prix pour les 2 scénarios

Scénario 1 :

Numéro de Prix	Libellé	Unité	Quantités Prévue	Prix Unitaire H.T.	Montant H.T.	
1	INSTALLATIONS DE CHANTIER	forf	1,00	50 000,00	50 000,00	
Bassin de rétention avec fossé						
1. Travaux préparatoires						
	Débroussaillage	m ²	7 000,00	1,00	7 000,00	
	Abbatage / Dessouchage	u	40,00	30,00	1 200,00	
	Décapage et reprise terre végétale	m ²	7 000,00	2,80	19 600,00	
1. Travaux préparatoires					TOTAL	27 800,00
2. Bassin de rétention et ouvrage de régulation						
	Dévoisement réseaux, si nécessaire (eau potable ou irrigation (SAUR))	forf	1,00	4 300,00	4 300,00	
	Terrassement en déblais (bassin + fossés d'écoulement)	m ³	9 500,00	7,00	66 500,00	
	Mise en décharge	m ³	9 500,00	10,00	95 000,00	
	Enrochements liés	m ³	150,00	200,00	30 000,00	
	Buse béton armé Ø400 mm	ml	4,00	150,00	600,00	
	Buse béton armé Ø500 mm	ml	4,00	200,00	800,00	
	Ouvrage de régulation spécifique	m ²	1,00	10 000,00	10 000,00	
2. Bassin de rétention et ouvrage de régulation					TOTAL	207 200,00
3. Conduite Ø1000 mm						
	Dévoisement réseaux, si nécessaire (eau potable, télécom)	forf	1,00	4 300,00	4 300,00	
	Chaussée RN7	m ²	60,00	100,00	6 000,00	
	Terrassement en déblais / remblai	m ³	1 400,00	15,00	21 000,00	
	Conduite béton armé Ø1000 mm	ml	123,00	500,00	61 500,00	
3. Conduite Ø1000 mm					TOTAL	92 800,00
4. Suite conduite Ø1000						
	Terrassement en déblais / remblai	m ³	520,00	15,00	7 800,00	
	Conduite béton armé Ø1000 fourniture	ml	137,00	500,00	68 500,00	
4. Suite conduite Ø1000					TOTAL	76 300,00
5. Cadre 2x1						
	Dévoisement réseaux, si nécessaire (HTA, assainissement Ø200 mm, eau potable, éclairage public, télécom)	forf	4,00	4 300,00	17 200,00	
	Dépose de la conduite existante	ml	139,00	75,00	10 425,00	
	Terrassement en déblais	m ³	1 040,00	7,00	7 280,00	
	Mise en décharge	m ³	278,00	10,00	2 780,00	
	Cadre béton armé 2x1	ml	139,00	2 000,00	278 000,00	
	Remblais	m ³	762,00	8,00	6 096,00	
5. Cadre 2x1					TOTAL	321 781,00
Bassin de rétention avec fossé					TOTAL	725 881,00
Montant H.T.					775 881,00	
Montant H.T. + Aléa					25%	969 851,25

Scénario 2 :

Numéro de Prix	Libellé	Unité	Quantités Prévue	Prix Unitaire H.T.	Montant H.T.	
1	INSTALLATIONS DE CHANTIER	forf	1,00	50 000,00	50 000,00	
Bassin de rétention avec fossé						
1. Travaux préparatoires						
	Débroussaillage	m ²	7 000,00	1,00	7 000,00	
	Abbatage / Dessouchage	u	40,00	30,00	1 200,00	
	Décapage et reprise terre végétale	m ²	7 000,00	2,80	19 600,00	
1. Travaux préparatoires					TOTAL	27 800,00
2. Bassin de rétention et ouvrage de régulation						
	Dévoisement réseaux, si nécessaire (eau potable ou irrigation (SAUR))	forf	1,00	4 300,00	4 300,00	
	Terrassement en déblais (bassin + fossés d'écoulement)	m ³	9 500,00	7,00	66 500,00	
	Mise en décharge	m ³	9 500,00	10,00	95 000,00	
	Enrochements liés	m ³	150,00	200,00	30 000,00	
	Buse béton armé Ø400 mm	ml	4,00	150,00	600,00	
	Buse béton armé Ø500 mm	ml	4,00	200,00	800,00	
	Ouvrage de régulation spécifique	m ²	1,00	10 000,00	10 000,00	
2. Bassin de rétention et ouvrage de régulation					TOTAL	207 200,00
3. Conduite Ø1000 mm						
	Dévoisement réseaux, si nécessaire (eau potable, télécom)	forf	1,00	4 300,00	4 300,00	
	Chaussée RN7	m ²	60,00	100,00	6 000,00	
	Terrassement en déblais / remblai	m ³	1 400,00	15,00	21 000,00	
	Conduite béton armé Ø1000 mm	ml	123,00	500,00	61 500,00	
3. Conduite Ø1000 mm					TOTAL	92 800,00
4. Fossé						
	Terrassement en déblais / remblai	m ³	350,00	15,00	5 250,00	
	Remblais (issu bassin)	m ³	600,00	10,00	6 000,00	
4. Fossé					TOTAL	11 250,00
5. Cadre 2x1						
	Dévoisement réseaux, si nécessaire (HTA, assainissement Ø200 mm, eau potable, éclairage public, télécom)	forf	4,00	4 300,00	17 200,00	
	Dépose de la conduite existante	ml	139,00	75,00	10 425,00	
	Terrassement en déblais	m ³	1 040,00	7,00	7 280,00	
	Mise en décharge	m ³	278,00	10,00	2 780,00	
	Cadre béton armé 2x1	ml	139,00	2 000,00	278 000,00	
	Remblais	m ³	762,00	8,00	6 096,00	
5. Cadre 2x1					TOTAL	321 781,00
Bassin de rétention avec fossé					TOTAL	660 831,00
Montant H.T.					710 831,00	
Montant H.T. + Aléa					25%	888 538,75

Annexe V : Tableau des rubriques de la loi sur l'eau sur les travaux

Rubrique	Seuils	Bassin
3.1.1.0 Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :	1° Un obstacle à l'écoulement des crues (Autorisation)	Soumis
	2° Un obstacle à la continuité écologique : (...) (A ou D)	Non soumis
3.1.2.0 Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m (A)	Non soumis
	2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m (D)	Soumis
3.1.3.0. Installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité nécessaire au maintien de la vie et de la circulation aquatique dans un cours d'eau	1° Supérieure ou égale à 100 m (A)	Non soumis
	2° Supérieure ou égale à 10 m et inférieure à 100 m (D)	
3.1.4.0. Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :	1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m (A)	Non soumis
	2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m (D)	
3.1.5.0. Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, (...) :	1° Destruction de plus de 200 m ² de frayères (A)	Non soumis
	2° Dans les autres cas (D)	
3.2.1.0. Entretien de cours d'eau ou de canaux, (...), le volume des sédiments extraits étant au cours d'une année :	1° Supérieur à 2 000 m ³ (A)	Non soumis
	2° Inférieur ou égal à 2 000 m ³ dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1 (A)	
	3° Inférieur ou égal à 2 000 m ³ dont la teneur des sédiments extraits est inférieure au niveau de référence S1 (D)	
3.2.2.0. Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :	1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m ² (A)	Non soumis
	2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m ² et inférieure à 10 000 m ² (D)	
3.2.3.0 Plans d'eau, permanents ou non :	1° Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha (A)	Non soumis
	2° Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha (D)	Soumis
3.2.5.0 Barrage de retenue et ouvrages assimilés relevant des critères de classement prévus par l'article R. 214-112 :		Non soumis
3.2.6.0 Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions :	système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 (Autorisation)	Non soumis
	aménagement hydraulique au sens de l'article R. 562-18 (Autorisation)	Soumis
3.2.7.0. Piscicultures d'eau douce mentionnées à l'article L. 431-6 (D)		Non soumis
Type de dossier réglementaire nécessaire		Autorisation