

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz

Rapport de phase 1

CONSULTING

SAFEGE
Le Beverly
15, Rue de Copenhague
67300 SCHILTIGHEIM

Agence Est

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

Sommaire

1.....	Contexte de l'étude	1
1.1	Phasage de l'étude	1
1.2	Description du secteur d'étude	2
1.3	Présentation du déversoir d'orage Strolz	3
2.....	Etudes existantes	5
2.1	Schéma Directeur des Eaux Pluviales (SDEP)	5
2.2	Modélisation 3D du déversoir d'orage Strolz	5
3.....	Analyse du fonctionnement des réseaux de la zone d'étude	6
3.1	Délimitation du bassin versant en amont du déversoir Strolz.....	6
3.2	Conditions hydrauliques du fonctionnement du déversoir Strolz	8
3.3	Réseau pluvial de l'avenue d'Alsace	9
3.4	Réseau de collecte de la rue Mieg	14
3.5	Volumes déversés par le système de collecte	15
4.....	Realisation d'une campagne de mesures hydrauliques	16
4.1	Objectifs de la campagne	16
4.2	Localisation et appareillage des points de mesures	16
4.3	Durée de la campagne de mesures.....	18
4.4	Analyse générale des résultats de la campagne de mesures.....	18
4.5	Analyse détaillée des résultats de la campagne de mesures	22
5.....	Modélisation hydraulique	34
5.1	Reprise du modèle Mike Urban existant.....	35
5.2	Transposition du modèle Mike Urban vers Infoworks	36
5.3	Vérification du modèle transposé	37
6.....	Actualisation du modèle transposé	40
6.1	Intégration du réseau pluvial	40



6.2	Modélisation du siphon Strolz.....	41
6.3	Modélisation sommaire du déversoir A2 du système de traitement	42
6.4	Intégration du débit de temps sec	43
7.....	Calage du modèle du secteur Strolz.....	46
7.1	Principe du calage	46
7.2	Calage de temps sec	46
7.3	Calage par temps de pluie	47
8.....	Diagnostic hydraulique du réseau d'assainissement	51
8.1	Analyse du fonctionnement du secteur Strolz	51
8.2	Analyse du fonctionnement du collecteur eaux pluviales de l'avenue d'Alsace 62	
9.....	Analyse des contraintes	69
10 ...	Piste d'actions a mener	73
10.1	Actions à mener sur le secteur de l'avenue d'Alsace.....	73
10.2	Actions à mener sur le secteur Strolz	77
11 ...	Conclusion	80

Tables des illustrations

Figure 1 : Décomposition de l'étude	1
Figure 2 : Secteur d'étude	2
Figure 3 : Répartition des volumes annuels déversés en 2019 pour les 13 déversoirs soumis à autosurveillance.....	3
Figure 4 : Vue du déversoir Strolz (source : modélisation 3D réalisée par l'entreprise 3DEau).....	4
Figure 5 : Géométrie de l'ouvrage (source : modélisation 3D réalisée par l'entreprise 3D Eau).....	4
Figure 6 : Modélisation 3D du déversoir d'orage Strolz (source : Etude 3DEau).....	5
Figure 7 : Secteur d'étude	7
Figure 8 : Lois de déversement du déversoir d'orage Strolz (source 3D EAU)	8
Figure 9 : Collecteur pluvial de l'avenue d'Alsace et de la rue des Lavandières	10
Figure 10 : Plan du maillage Jaurès - Lavandières (source : SDEP 2016-2019).....	12
Figure 11 : Déversoir hydraulique du collecteur pluvial vers le réseau unitaire	12
Figure 12 : Dalot au droit du déversoir d'orage Jaurès-Lavandières	13
Figure 13 : Vue aérienne des collecteurs de la rue Mieg	14
Figure 14 : Vue vers l'amont des collecteurs Nord et Sud sous l'intersection Mieg / Maréchal juin	14
Figure 15 : Volumes collectés et déversés par le système raccordé à la STEP de Belfort entre 2017-2019 (source : Bilan annuel d'autosurveillance).....	15
Figure 16 : Points de mesures et des bassins versants collectés	17
Figure 17 : Points de mesures P2 (à gauche) et situation du point P3 (à droite).....	18

Figure 18 : Emplacement du pluviomètre par rapport à la zone d'étude	19
Figure 19 : Pluviométrie journalière à la STEP de Belfort	20
Figure 20 : Répartition des jours de pluie selon le cumul journalier précipité	20
Figure 21 : Synoptique de fonctionnement du déversoir Strolz	23
Figure 22 : Débit amont, aval et déversé au droit du déversoir Strolz	24
Figure 23 : Débit déversé en fonction de la hauteur amont	25
Figure 24 : Débit déversé en fonction du débit amont	25
Figure 25 : Courbe de fonctionnement du déversoir Strolz	26
Figure 26 : Hauteur amont en fonction du débit conservé du déversoir Strolz	27
Figure 27 : Evènements pluvieux du 17 Juin 2020	28
Figure 28 : Evènements pluvieux du 17 Juin 2020 – sondes Point P1	29
Figure 29 : Trop-plein de l'étang Bull (losange rouge)	30
Figure 30 : Influence de la vidange de l'étang sur le débit à l'amont du déversoir Strolz	30
Figure 31 : Collecteurs unitaires de la rue Mieg à Belfort	31
Figure 32 : Répartition des volumes générés par point de mesures - secteur Mieg	32
Figure 33 : Collecteurs de l'avenue d'Alsace et de la rue des Lavandières	33
Figure 34 : Principaux chiffres du modèle existant	35
Figure 35 : Modèle existant Mike Urban	36
Figure 36 : Modèle transposé sous Infoworks	36
Figure 37 : Hyétogramme des pluies utilisées pour comparer les deux modèles	37
Figure 38 : Points du système utilisés pour la comparaison entre le modèle Infoworks et Mike Urban	38
Figure 39 : Maillage au droit du carrefour Jaurès / Lavandières	40
Figure 40 : Lois Hauteur-Débit représentant le fonctionnement du déversoir d'orage Strolz	41
Figure 41 : Modélisation du siphon Strolz sous Infoworks	42
Figure 42 : Modélisation des déversoirs de tête de STEP	42
Figure 43 : Répartition du temps sec en fonction points de mesures	43
Figure 44 : Profil adimensionnel de temps sec	44
Figure 45 : Injections de temps sec pour les communes situées en amont du réseau modélisé	45
Figure 46 : Profil adimensionnel du temps sec inséré dans le modèle hydraulique	45
Figure 47 : Pluies retenues pour le calage	47
Figure 48 : Comparaison courbes mesurées et simulées - Amont DO Strolz	48
Figure 49 : Résultat du calage au droit du P1 pour la pluie 8	49
Figure 50 : Résultat du calage à l'amont Strolz pour la pluie 1	49
Figure 51 : Profil en long au droit du déversoir Strolz pour la pluie du 16/06/2020	52
Figure 52 : Taux de remplissage du secteur en amont du déversoir d'orage Strolz pour une pluie de période de retour 1 semaine	52
Figure 53 : Période de retour de la pluie du 19/10/2019	53
Figure 54 : Comparaison entre la simulation et la mesure pour la pluie du 19/10/2020	53
Figure 55 : Synoptique de fonctionnement de la zone d'étude lors de la pluie d'Octobre 2019	54
Figure 56 : Répartition des volumes en fonction de leur origine	54
Figure 57 : Répartition des volumes au droit du déversoir d'orage Strolz	54
Figure 58 : Hauteur d'eau dans les collecteurs de la rue MIEG	55
Figure 59 : Débit dans les collecteurs de la rue MIEG	55
Figure 60 : Tracé du profil en long Mieg Strolz	55
Figure 61 : Profil en long Mieg-Strolz	56
Figure 62 : Nombre d'évènements pluvieux enregistrés par le pluviomètre de la STEP Belfort en 2019	57
Figure 63 : Pluies de projet	58
Figure 64 : Synoptique de fonctionnement de la zone d'étude lors d'une pluie décennale	59
Figure 65 : Répartition des volumes en fonction de leur origine	59
Figure 66 : Répartition des volumes au droit du déversoir d'orage Strolz	59
Figure 67 : Hydrogramme pour la pluie décennale	60
Figure 68 : Taux de remplissage et risques de débordements (Pluie de projet 10 ans)	61
Figure 69 : Réseau d'eaux pluviales de l'avenue d'Alsace	62
Figure 70 : Photos et schéma du déversoir Bohn	63
Figure 71 : Photos et schéma du déversoir d'orage Ribeauvillé	64

Figure 72 : Photos du Maillage Jaurès Lavandières	64
Figure 73 : Schéma du maillage Jaurès Lavandières	65
Figure 74 : Photos et schéma du déversoir d'orage Tilleul Lavandières	65
Figure 75 : Profil en long des collecteurs pluviaux pour une pluie décennale	67
Figure 76 : Profil en long des collecteurs pluviaux pour une pluie vingtennale	67
Figure 77 : Profil en long des collecteurs pluviaux pour une Pluie cinquantennale	68
Figure 78 : Hydrogramme au droit des déversoirs pour une pluie décennale	68
Figure 79 : Rue Strolz au droit du déversoir et siphon	69
Figure 80 : Réseau électrique au droit du déversoir Strolz	70
Figure 81 : Réseau GRDF au droit du déversoir Strolz	70
Figure 82 : Réseau de fibre optique - Orange	71
Figure 83 : Réseau fibre optique de la Ville de Belfort	71
Figure 84 : Plan du réseau d'eau potable (AEP)	72
Figure 85 : Profil en travers collecteur avenue d'Alsace	74
Figure 86 : Zoom sur le passage sous le collecteur unitaire de l'avenue Jean Jaurès	75
Figure 87 : Zoom sur le passage en siphon sous le maillage de l'avenue Jaurès	76
Figure 88 : Scénario proposé N°1	77
Figure 89 : Principe de la gestion du seuil proposé	78
Figure 90 : Exemple de vanne StockO	79
Figure 91 : Schéma du scénario N°3	79

Table des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des déversoirs présents sur le réseau pluvial de l'avenue d'Alsace / rue des Lavandières	9
Tableau 2 : Pluies marquantes pendant la période de campagne de mesures	20
Tableau 3 : Synthèse des résultats de la campagne de mesures	21
Tableau 5 : Caractéristiques des pluies utilisées pour comparer les deux modèles	37
Tableau 6 : Résultats de la comparaison des modèles Mike Urban et Infoworks	39
Tableau 7 : Répartition de la population des communes en amont du réseau raccordée à la station de Belfort	44
Tableau 8 : Seuils de validation pour le calage	46
Tableau 9 : Caractéristiques des pluies de calage	47
Tableau 10 : Résultats du calage du temps de pluie	48
Tableau 11 : Pluie réelle analysée	51
Tableau 12 : Coefficients de Montana (source : station Bale Mulhouse, Météo France)	58
Tableau 13 : Détail des modes fonctionnels du futur ouvrage Strolz	77
Tableau 14 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'amont du déversoir Strolz	86
Tableau 15 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'aval du déversoir Strolz	86
Tableau 16 : Comparaison entre les résultats MU et ICM pour la conduite déversée du déversoir Strolz	86
Tableau 17 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'amont du déversoir Jaurès Lavandières	87
Tableau 18 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'aval du déversoir Jaurès Lavandières	87
Tableau 19 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'amont du déversoir De Gaulle	88
Tableau 20 : Comparaison entre les résultats MU et ICM pour les conduites déversées du déversoir De Gaulle	88
Tableau 21 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'amont de l'exutoire du système	88

Table des annexes

Annexe 1 Fiche déversoir Strolz

Annexe 2 Atlas des points de mesures

Annexe 3 Comparaison des modèles hydrauliques

Annexe 4 Listing de modifications apportées au modèle

Annexe 5 Résultats du calage de temps sec

Annexe 6 Résultats du calage par temps de pluie

Annexe 7 Courbes de calage par temps de pluie

Annexe 8 Plan de synthèse des contraintes au droit du siphon Strolz

Annexe 9 Synoptiques de fonctionnement de la zone d'étude

Annexe 10 Fiches maillages

1 CONTEXTE DE L'ETUDE

Grand Belfort Communauté d'Agglomération (GBCA) regroupe 52 communes réparties en 13 agglomérations d'assainissement. Elle est propriétaire des infrastructures d'assainissement collectif et assure la gestion des systèmes de collecte et de traitement des eaux usées.

Les effluents de la commune de Belfort ainsi que de 7 communes périphériques sont traités à la STEP de Belfort, dont la capacité est de 110 000 EH.

Par temps de pluie, une partie des volumes collectés sont déversés vers le milieu récepteur grâce à une série de déversoirs d'orage présents sur le réseau.

Le Grand Belfort a lancé la présente étude visant à réduire voire supprimer les déversements rejetés par un des déversoirs d'orage majeurs du système, le déversoir Strolz.

Les objectifs plus spécifiques de l'étude sont :

- Analyser le fonctionnement du déversoir d'orage Strolz et son réseau amont ;
- Proposer des pistes d'actions pour réduire l'impact sur le milieu récepteur ;
- Elaborer un outil de modélisation avec le logiciel de modélisation.

1.1 Phasage de l'étude

L'étude est structurée en deux phases présentées dans le schéma suivant :

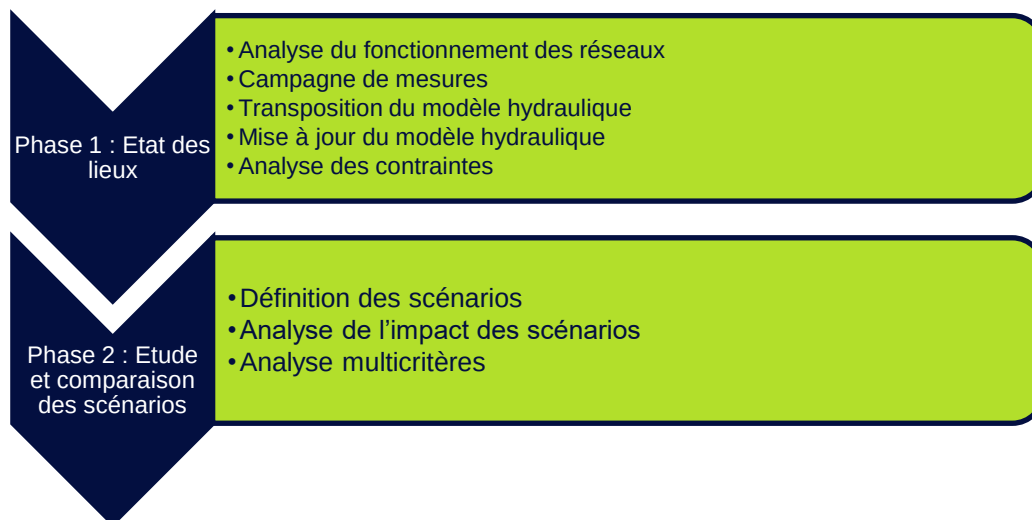


Figure 1 : Décomposition de l'étude

1.2 Description du secteur d'étude

Le secteur d'étude est délimité par le secteur d'apport du déversoir d'orage Strolz ainsi que le secteur du projet de la Goutte Cheneau (cf. figure suivante).

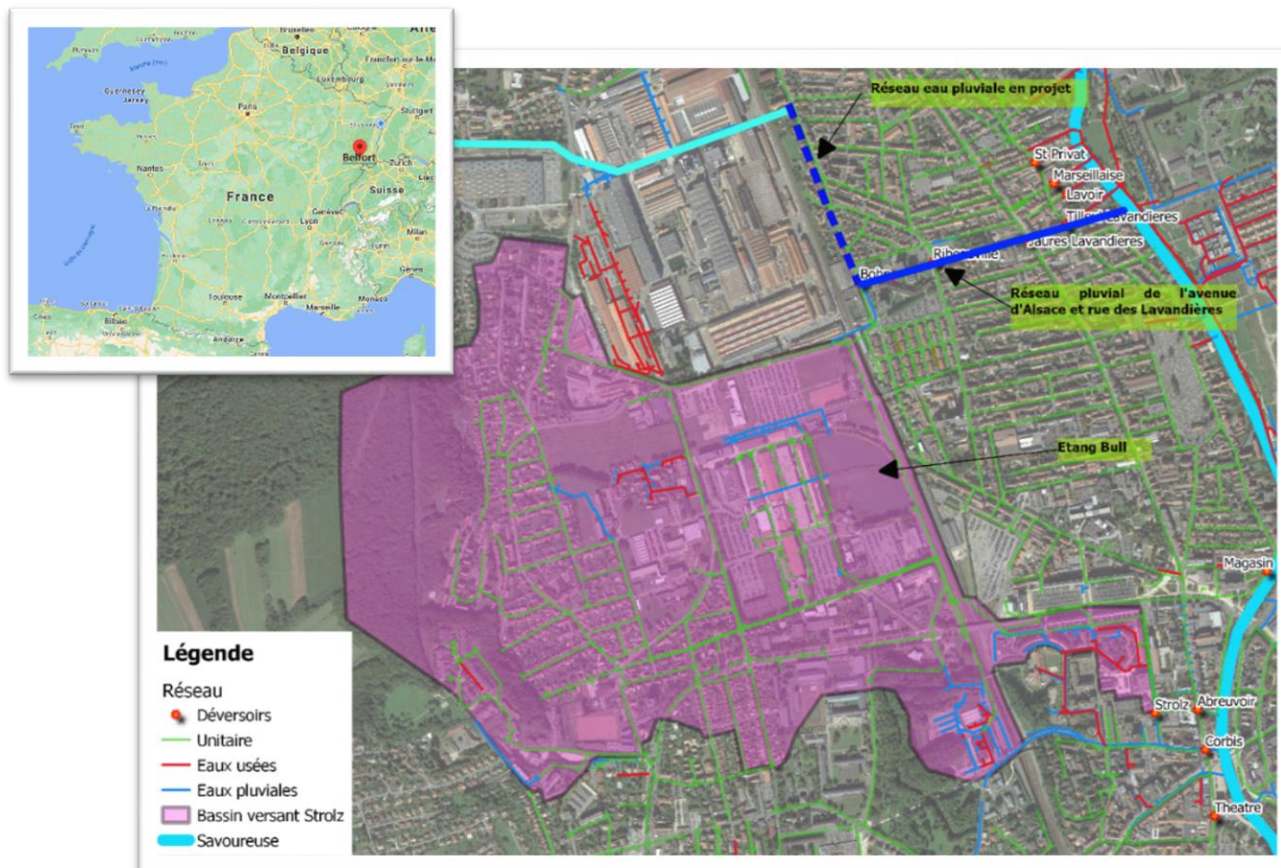


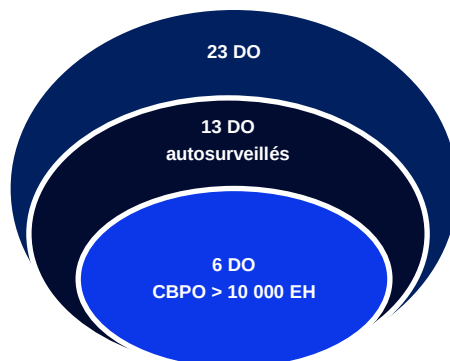
Figure 2 : Secteur d'étude

Des travaux de mise en séparatif du ruisseau de la Goutte Chéneau sont prévus dans le bassin d'apport. Ces travaux prévoient le raccordement du futur réseau d'eaux pluviales sur le réseau existant de l'avenue d'Alsace.

Les scénarios d'aménagement à définir en phase 2 de la présente étude tiendront compte de ce projet et de son impact sur le niveau de remplissage des collecteurs pluviaux de l'avenue d'Alsace et de la rue des Lavandières.

1.3 Présentation du déversoir d'orage Strolz

Le réseau d'assainissement belfortain est essentiellement unitaire. Il possède 23 déversoirs d'orage (DO) dont 13 sont soumis à déclaration à la DDT au titre de l'arrêté du 21 Juillet 2015.



Le déversoir d'orage Strolz se situe dans la catégorie d'ouvrages ayant une charge organique raccordée entre 2 000 et 10 000 EH. Il fait ainsi l'objet d'un suivi réglementaire.

Il représente, à lui seul, environ 40% des volumes déversés par les 13 déversoirs autosurveillés (selon les données d'autosurveillance 2019) et pour cette raison il fait l'objet d'une étude spécifique.

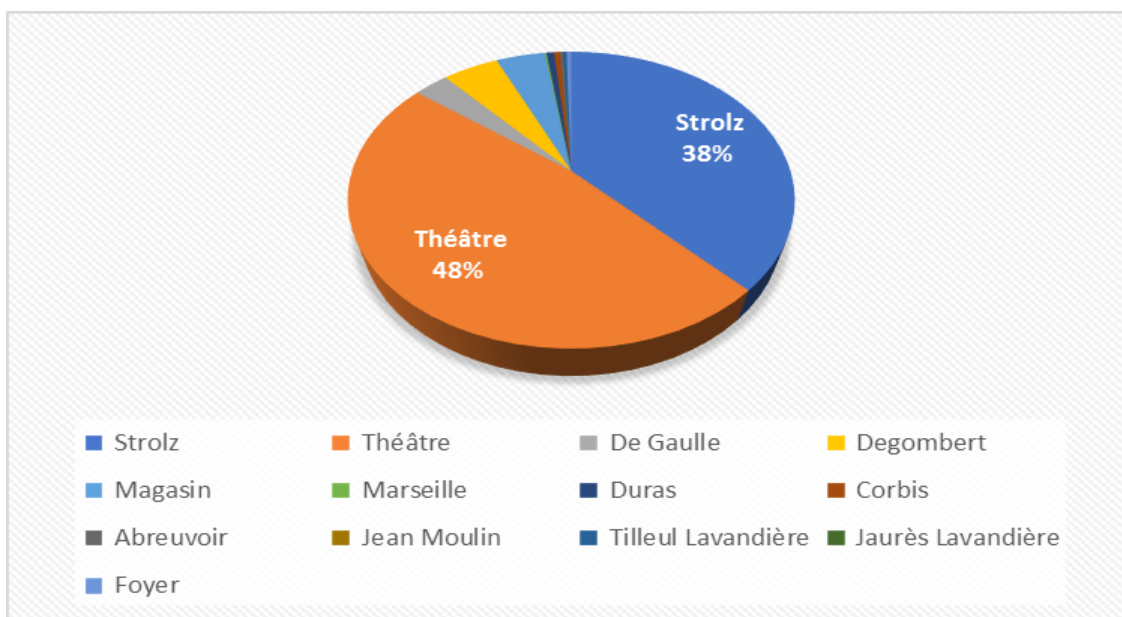


Figure 3 : Répartition des volumes annuels déversés en 2019 pour les 13 déversoirs soumis à autosurveillance.

Il s'agit d'un ouvrage complexe du point de vue hydraulique composé d'un seuil frontal situé à proximité d'un siphon de taille importante.

Les images ci-dessous sorties de l'étude réalisée en 2019 par le bureau d'étude 3DEau montrent en détail la configuration du déversoir.

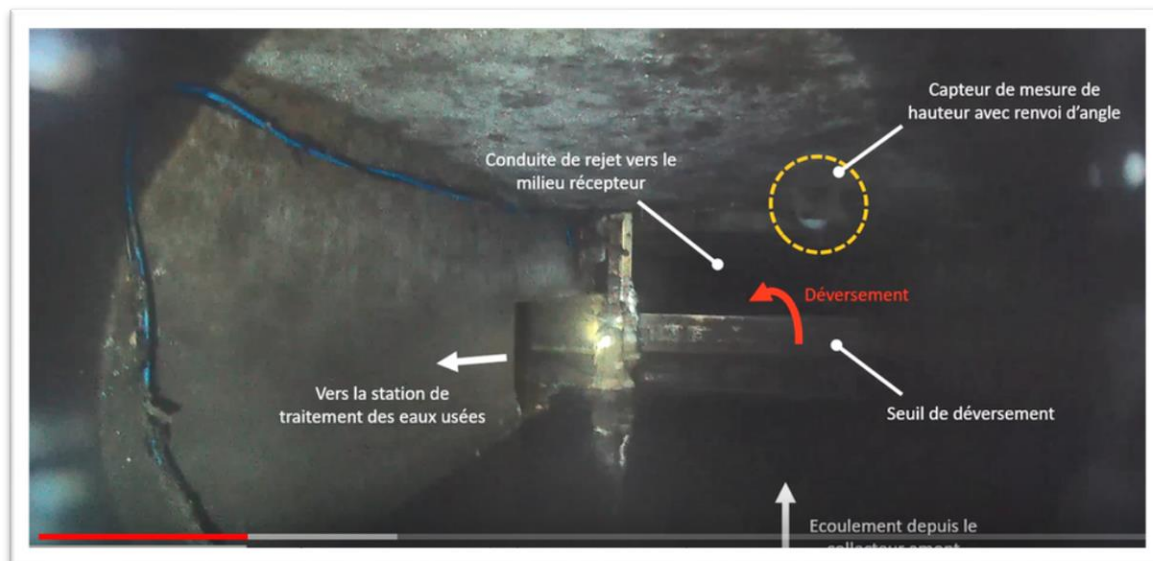


Figure 4 : Vue du déversoir Strolz (source : modélisation 3D réalisée par l'entreprise 3DEau)

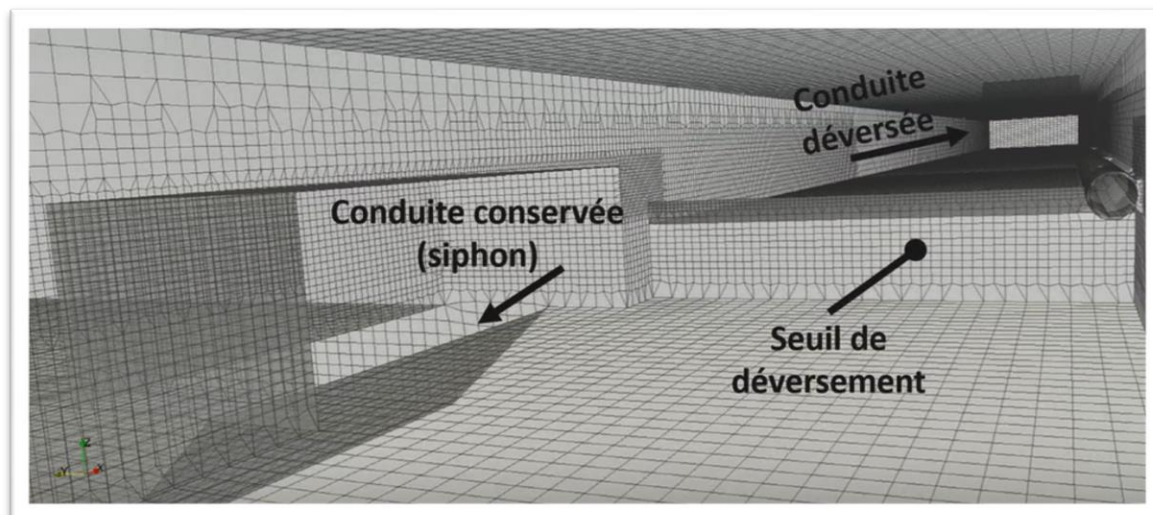


Figure 5 : Géométrie de l'ouvrage (source : modélisation 3D réalisée par l'entreprise 3D Eau)

La fiche ouvrage du déversoir Strolz est disponible en Annexe 1.

2 ETUDES EXISTANTES

2.1 Schéma Directeur des Eaux Pluviales (SDEP)

Un Schéma Directeur des Eaux Pluviales du Grand Belfort a été réalisé entre 2016 et 2019 par la collectivité. Cette étude a permis de :

- Collecter les principales caractéristiques des ouvrages ;
- Créer un outil de modélisation ;
- Réaliser un premier diagnostic du système raccordé à la station d'épuration ;
- Proposer une série d'actions.



Un modèle hydraulique des réseaux unitaires de l'agglomération de Belfort a été construit lors du SDEP sous Mike Urban 2016-2019. Aujourd'hui, le Grand Belfort s'est doté d'un nouveau logiciel, Infoworks ICM.

Une partie de notre mission consiste à transposer le modèle depuis Mike Urban vers le modèle Infoworks et l'utiliser pour l'analyse des différents scénarios d'aménagements permettant d'améliorer le fonctionnement hydraulique du système. L'ensemble de la démarche est décrit par la suite dans le présent mémoire.

2.2 Modélisation 3D du déversoir d'orage Strolz

Le déversoir Strolz est un ouvrage complexe qui a fait l'objet d'une modélisation 3D réalisée par le bureau d'études 3DEau dans le cadre de la fiabilisation de l'autosurveillance de l'ouvrage.

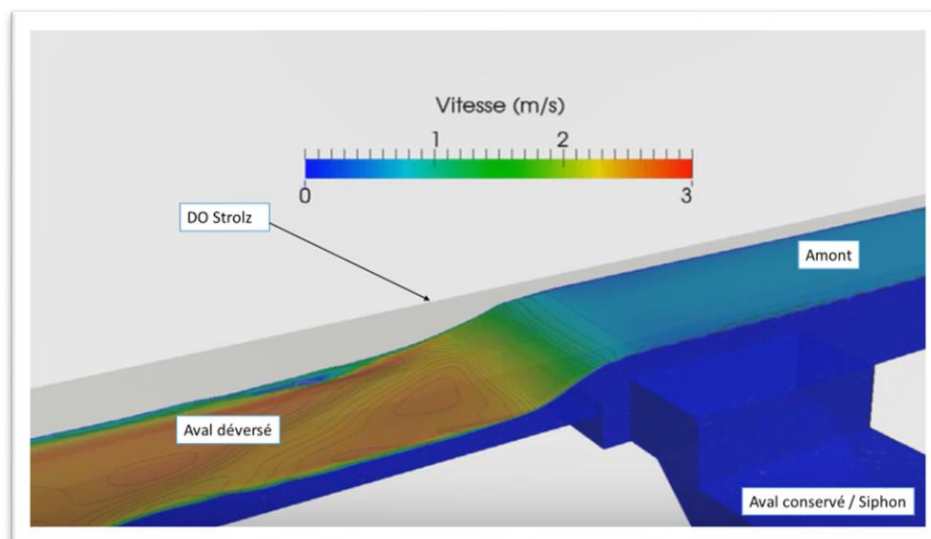


Figure 6 : Modélisation 3D du déversoir d'orage Strolz (source : Etude 3DEau)

Cette étude a permis de déterminer les lois de déversement de l'ouvrage Strolz en fonction du type de fonctionnement hydraulique de l'ouvrage (cf. chapitre 3.2).

3 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DES RESEAUX DE LA ZONE D'ETUDE

3.1 Délimitation du bassin versant en amont du déversoir Strolz

Le bassin d'apport du déversoir Strolz a été délimité grâce à l'analyse de la zone desservie par les réseaux d'assainissement et à l'analyse topographique du terrain naturel qui a permis d'identifier les apports des secteurs périurbains pouvant s'injecter dans le réseau de collecte.

Ci-dessous les principales caractéristiques du bassin versant du déversoir Strolz :

- Surface de 1,7 km² soit environ 20% de la surface totale contributrice au ruissellement de la commune de Belfort ;
- Un réseau presque entièrement unitaire, en effet, 95% de la surface de la zone d'étude est raccordée à un réseau unitaire ;
- Cinq bassins d'orage, les bassins d'orage existant permettent principalement de lisser les apports d'eaux pluviales :
 - Les deux bassins à l'ouest du secteur d'étude permettent de réguler les ruissellements provenant du secteur périurbain ;
 - Les deux bassins situés sur le site Bull permettent de stocker les volumes générés dans les parkings du site industriel. Le bassin situé à côté du gymnase « Le Phare » permet de réguler les ruissellements provenant d'une partie du bois d'Essert et du parking du gymnase.
- Un étang nommé Bull sur lequel peut se vidanger le réseau d'eaux pluviales de la zone d'étude ;
- La zone d'étude est principalement résidentielle, seul le site Bull (ancienne zone industrielle) présente quelques industries, aujourd'hui sans consommation d'eau potable dans leurs process industriel ;
- Un dessableur situé à proximité du pont Jean Legay situé quelques centaines de mètres à l'amont du déversoir Strolz.

La Figure 7 ci-après présente les limites géographiques de cette définition.

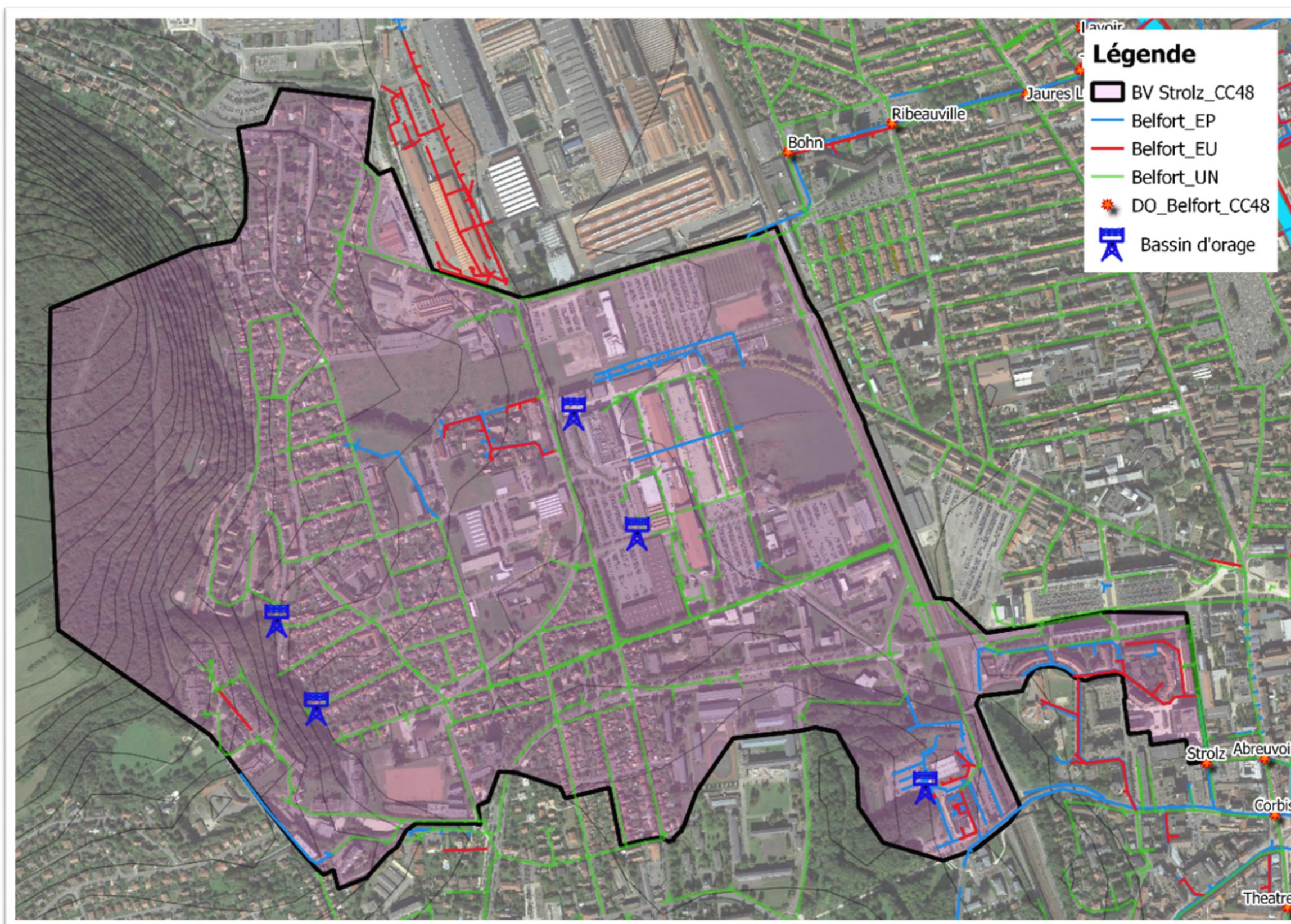


Figure 7 : Secteur d'étude

3.2 Conditions hydrauliques du fonctionnement du déversoir Strolz

Le déversoir Strolz permet de délester le réseau d'assainissement par temps de pluie avant qu'il rejoigne la branche principale du réseau de la commune de Belfort.

Il a fait l'objet de plusieurs analyses permettant de caractériser son fonctionnement.

Loi de déversement calculée dans le cadre de la modélisation 3D

L'étude de modélisation 3D a permis de définir les lois de fonctionnement de l'ouvrage. Elles sont détaillées ci-après. Deux modes de fonctionnement hydraulique (Dénoyé et Noyé) ont été identifiés en fonction des conditions hydrauliques imposées par la canalisation située à l'aval du seuil.

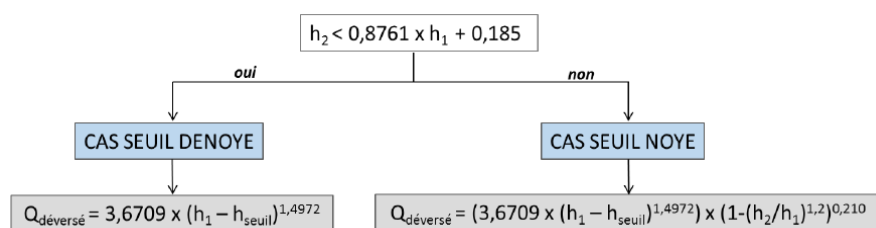


Figure 8 : Lois de déversement du déversoir d'orage Strolz (source 3D EAU)

Régime hydraulique à proximité de l'ouvrage

En parallèle de l'analyse réalisée dans le cadre de la modélisation 3D, nous avons réalisé dans le cadre de la présente mission une étude hydraulique spécifique sur le régime hydraulique à proximité de l'ouvrage.

Nous avons notamment évalué le type de régime hydraulique et la présence / absence d'un ressaut hydraulique pouvant impacter le fonctionnement de l'ouvrage.

La démarche suivie a été structurée en deux temps : Premièrement, nous avons évalué la gamme de débits pour laquelle le régime d'écoulement à proximité du déversoir d'orage Strolz est torrentiel et puis dans un second temps, nous avons évalué les conditions hydrauliques afin de déterminer la position du ressaut dans la conduite. Voici les résultats :

- D'après les caractéristiques physiques de la conduite en amont du déversoir, le régime d'écoulement est torrentiel lorsqu'il le débit est compris entre 0.7 et 2 m³/s.
- Un ressaut apparaît lorsque le régime d'écoulement passe d'un régime torrentiel à un régime fluvial. Son positionnement est défini en fonction du débit :
 - ▷ Pour un débit de 0.7 m³/s les conditions sont les suivantes :
 - Hauteur d'eau amont = Hauteur d'eau normale. Elle est calculée avec la formule de Manning Strickler (H= 0.23 m) ;
 - Hauteur d'eau aval = hauteur du seuil (Hs = 0.45 m) + hauteur d'eau de la lame déversante (H = 0.23 m pour 0.7 m³/s, calculée à partir de la loi de déversement de l'ouvrage).

- **Positionnement du ressaut hydraulique** : L'analyse a permis de mettre en évidence la présence d'un ressaut hydraulique. D'après nos calculs, le ressaut apparaît à environ 150 m à l'amont du déversoir d'orage Strolz.

► Pour un débit de 2 m³/s les conditions hydrauliques sont les suivantes :

- Hauteur d'eau amont = 0.48 m ;
- Hauteur d'eau aval = 1.1 m.
- **Positionnement du ressaut hydraulique** : D'après nos calculs, le ressaut apparaît à environ 90 m à l'amont du déversoir d'orage Strolz.

D'après ces résultats, nous observons l'absence d'influence du ressaut hydraulique sur le fonctionnement du déversoir d'orage Strolz et sur le point de mesures permanents installé à l'amont de cet ouvrage. L'emplacement de cet appareil de mesures semble adapté.

3.3 Réseau pluvial de l'avenue d'Alsace

Le réseau pluvial de l'Avenue d'Alsace et de la rue des Lavandières permet le délestage d'un certain nombre de collecteurs unitaires via quatre déversoirs d'orage, décrits dans le tableau suivant de l'amont vers l'aval :

Tableau 1 : Caractéristiques des déversoirs présents sur le réseau pluvial de l'avenue d'Alsace / rue des Lavandières

Nom ouvrage	Numéro	Charge de TS estimée	Type de déversoir	Hauteur de crête (m)	Longueur de crête (m)
Bohn	Bel-DO 4	< 120 kg/j de DBO5	Déversoir latéral	0.1	1
Ribeauvillé	Bel-DO 5	< 120 kg/j de DBO5	Déversoir frontal	0.15	0.5
Jaurès Lavandières	Bel-DO 6	120 < X < 600 kg/j de DBO5	Déversoir latéral	0.65	1.4
Tilleul Lavandières	Bel-DO 7	120 < X < 600 kg/j de DBO5	Déversoir latéral	0.9	1

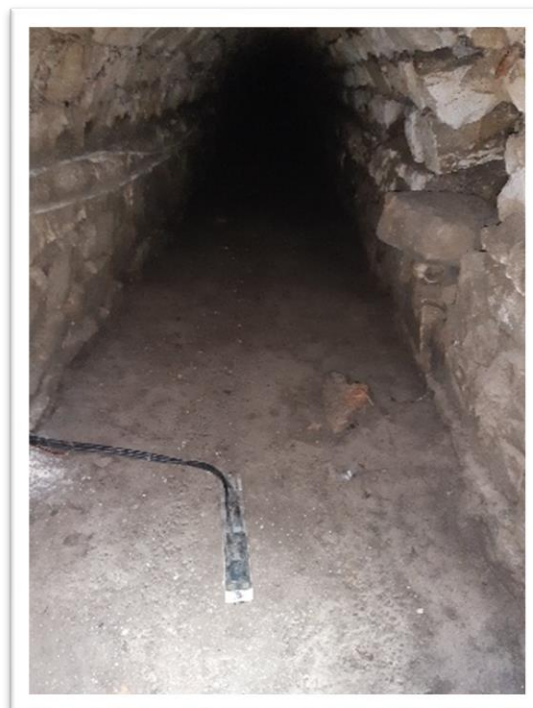
Le réseau pluvial se rejette dans la Savoureuse au bout de la rue des Lavandières (cf. figure suivante).



Figure 9 : Collecteur pluvial de l'avenue d'Alsace et de la rue des Lavandières

Le collecteur pluvial de la rue d'Alsace comporte 3 parties distinctes :

- **Première partie**, entre le **déversoir Bohn** et le **déversoir Jaurès-Lavandières** : Il s'agit d'un vieux dalot voûté de 1400/1000 qui récupère les surverses des déversoirs Bohn et Ribeauvillé.



- **Deuxième partie**, entre le déversoir **Jaurès-Lavandières et Tilleul-Lavandières** : Il s'agit d'un prolongement du dalot précédent. A ce niveau, la section du collecteur s'agrandit (1400/1300) pour récupérer les déversements du déversoir Jaurès Lavandières.



- **Troisième partie**, entre le **déversoir Tilleul-Lavandières et la Savoureuse** : Le collecteur est matérialisé par une conduite en DN 800.

Au droit du déversoir Jaurès-Lavandières, il y a une connexion complexe entre les deux réseaux (EP/UN) qui limite de façon importante la capacité du collecteur pluvial.

Le fonctionnement hydraulique du maillage est décrit ci-après :

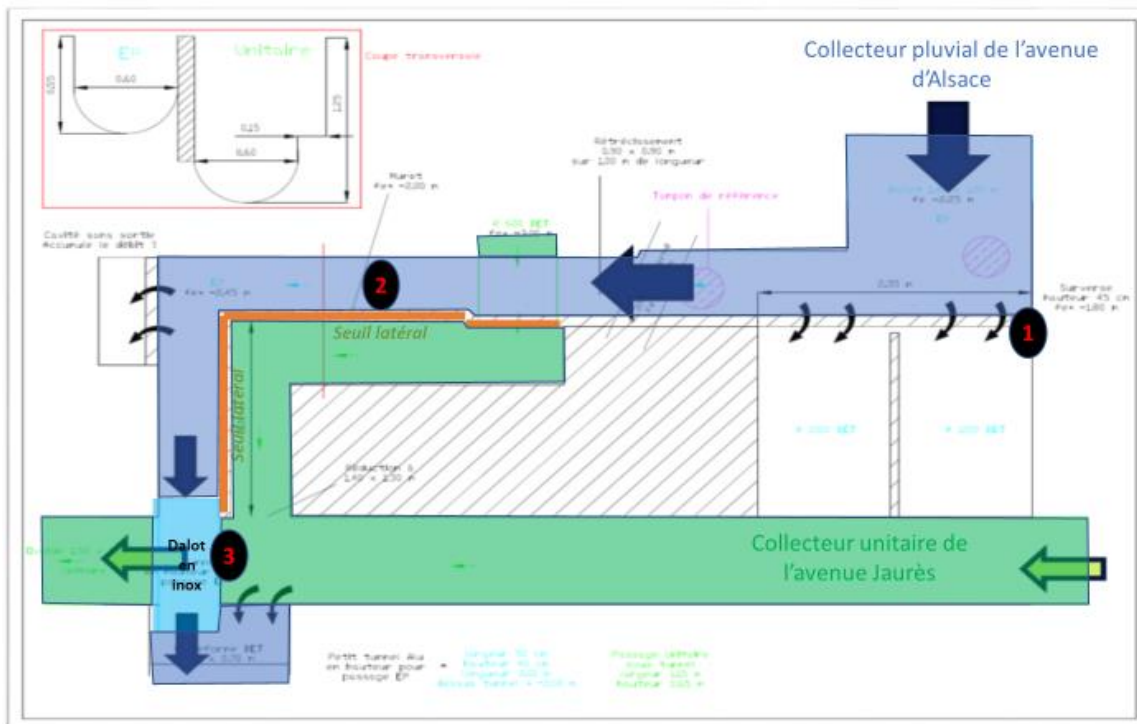


Figure 10 : Plan du maillage Jaurès - Lavandières (source : SDEP 2016-2019)

- Dans un premier temps, un déversoir permet le déversement des eaux pluviales provenant du collecteur pluvial de l'av. d'Alsace (1^{ère} partie) vers le collecteur unitaire de l'avenue Jaurès.



Figure 11 : Déversoir hydraulique du collecteur pluvial vers le réseau unitaire

- Dans un second temps, les effluents transitent par une cunette le long de laquelle se trouve un seuil latéral d'une longueur totale de 6 m. (en orange sur la Figure 10).
- Dans un 3^{ème} temps, les effluents doivent passer dans un dalot en inox à section réduite (500/400).



Figure 12 : Dalot au droit du déversoir d'orage Jaurès-Lavandières

- Les eaux pluviales excédentaires (ne pouvant pas passer dans le dalot en aluminium) rejoignent le collecteur unitaire de l'avenue Jaurès et en partie la STEP.



Ce qu'il faut retenir...

Le collecteur pluvial de l'avenue d'Alsace a pour objectif de délester par temps de pluie les collecteurs unitaires de la partie Nord du Grand Belfort et d'emmener les eaux pluviales vers la Savoureuse.

Aujourd'hui, il remplit son premier rôle pour les déversoirs Bohn et Ribeauvillé, cependant il conduit la majeure partie de ces eaux pluviales vers le collecteur unitaire de l'avenue Jaurès (EP -> UN) et non pas vers le milieu naturel.

La seconde et la troisième partie du collecteur pluvial sont mis à contribution partiellement lors des événements pluvieux à cause de la faible capacité de transfert des eaux pluviales à travers le dalot en inox (EP -> EP) et les surverses exceptionnelles du déversoir Jaurès-Lavandières (UN -> EP).

Avant d'engager un éventuel raccordement d'eaux pluviales issues de l'amont et notamment en lien avec le projet de raccordement de la Goutte Cheneau, il faudra augmenter la capacité hydraulique du collecteur au droit de ce maillage afin d'éviter que les eaux pluviales ne retournent dans le collecteur unitaire de l'avenue Jaurès.

3.4 Réseau de collecte de la rue Mieg

Un autre secteur important de la zone d'étude se situe le long de la rue Mieg. Trois collecteurs unitaires collectent les effluents du secteur Ouest de la zone d'étude pour les amener vers le collecteur de l'avenue des usines et ensuite vers le secteur Strolz. Il s'agit de :

- Collecteur site Bull (DN800) ;
- Collecteur Nord de la rue Mieg (section variable : ovoïde T130 / DN1300 / DN1000) ;
- Collecteur Sud de la rue Mieg (Dalot 1200/1100).

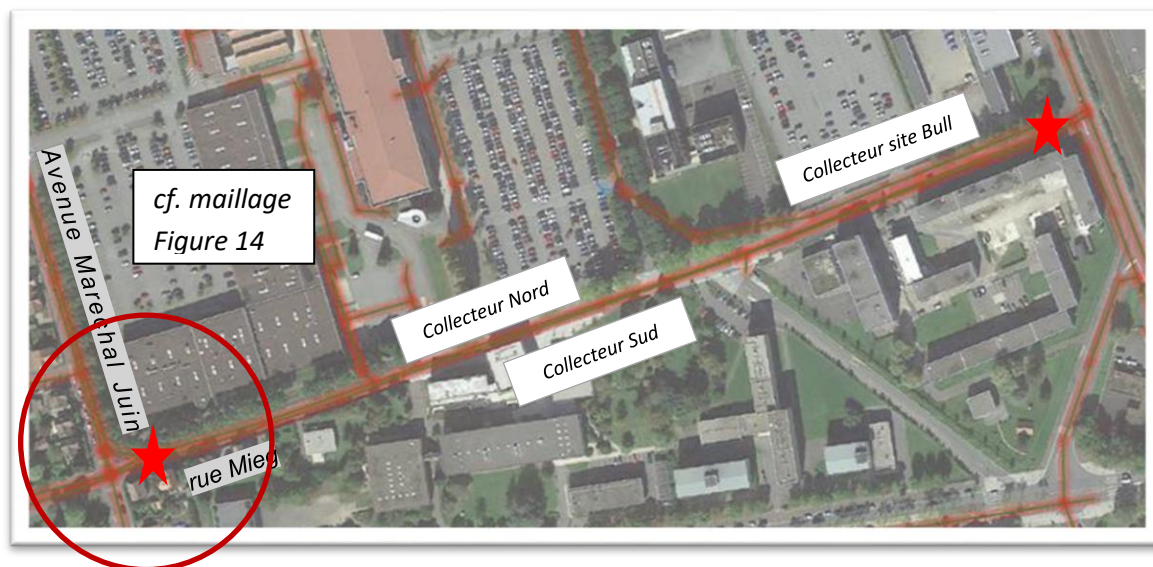


Figure 13 : Vue aérienne des collecteurs de la rue Mieg

Les deux collecteurs, nord et sud, ont une capacité hydraulique importante. Ils sont connectés en deux points présentés dans la carte ci-dessus (étoiles rouge). Le maillage principal est situé sous l'intersection de l'avenue du Maréchal Juin et rue Mieg (cf. photo extraite de l'inspection des collecteurs réalisée en 2018).

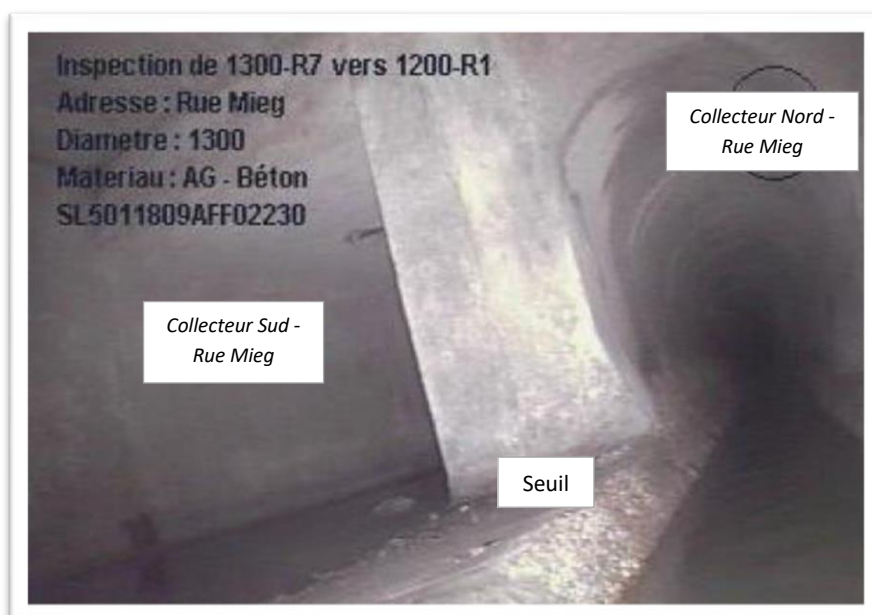


Figure 14 : Vue vers l'amont des collecteurs Nord et Sud sous l'intersection Mieg / Maréchal juin

Lors des visites de terrain, nous avons pu constater que les apports d'eaux usées provenant du site Bull ne sont pas raccordés aux collecteurs DN 800 qui longe le site mais sur un des deux collecteurs de la rue Mieg. Des nouvelles investigations complémentaires, en intégrant la réalisation des ITV, devront être réalisées pour éclaircir ce sujet.

3.5 Volumes déversés par le système de collecte

Par temps de pluie, le système déverse des volumes non négligeable (compris entre 3 et 9% du volume acheminé vers la station de traitement) vers le milieu récepteur, la Savoureuse.

Le graphe montre les résultats de trois dernières années :

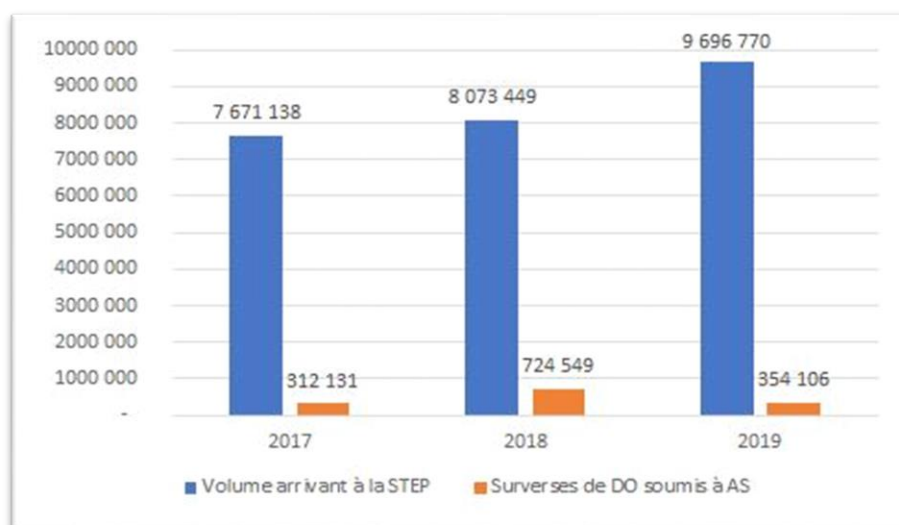


Figure 15 : Volumes collectés et déversés par le système raccordé à la STEP de Belfort entre 2017-2019 (source : Bilan annuel d'autosurveillance)

L'analyse de la répartition des volumes met en évidence le rôle majeur des deux ouvrages clés du système :

- DO Strolz ;
- DO Théâtre.

En 2019, ils représentent 75% des déversements du système de collecte raccordé à la STEP de Belfort.

4 REALISATION D'UNE CAMPAGNE DE MESURES HYDRAULIQUES

Une campagne de mesures hydrauliques a été réalisée par notre équipe de projet dans le cadre de la première phase de l'étude afin de collecter des informations précises sur le fonctionnement du réseau et des ouvrages de la zone d'étude. Nous présentons le contenu et les résultats ci-après.

4.1 Objectifs de la campagne

Les objectifs de cette campagne sont :

- Quantifier les débits et volumes collectés par temps sec et temps de pluie ;
- Estimer les volumes d'Eaux Claires Parasites Permanentes (dilution des eaux usées par les eaux de nappes) ;
- Estimer les volumes d'Eaux Claires Météoriques (collecte des eaux de pluie dans les collecteurs d'eaux usées) ;
- Comprendre le fonctionnement hydraulique du bassin versant et du déversoir Strolz par temps sec et par temps de pluie ;
- Collecter les informations permettant le calage du modèle hydraulique.

4.2 Localisation et appareillage des points de mesures

Voici la liste des points de mesures installés, leur rôle par rapport aux objectifs de la campagne et les secteurs contrôlés :

- **Point 1 (P1)** : Appareil de mesures H/V ayant pour but de mesurer le fonctionnement du réseau à l'aval du siphon Strolz. Il permet de déterminer le débit conservé par le déversoir Strolz ;
- **Point 2 et point 3 (P2 et P3)** : Appareils de mesures H/V installés pour mesurer les écoulements des collecteurs de la rue Mieg. Ils permettent de mesurer les effluents d'une bonne partie du bassin versant Amont Strolz ;
- **Point 4 (P4)** : Appareil H/V installé pour évaluer le fonctionnement du collecteur provenant du site Bull (rue Mieg) ;
- **Point 5 (P5)** : Appareil de mesures H/V installé sur le collecteur de l'avenue des Usines, à l'amont du maillage entre la rue Mieg et l'avenue des Usines ;
- **Point 6 (P6)** : Appareil de mesures H/V installé sur le collecteur de vidange de l'étang Bull.
- **Point 7 (P7)** : Appareil de mesures H/V sur le collecteur pluvial de la rue des Lavandières, à l'aval du déversoir Jaurès/Lavandières. Il permet notamment d'évaluer le fonctionnement du dalot 400/500 par soustraction de la mesure du débit déversé depuis le collecteur unitaire de l'avenue Jean Jaurès ;
- **Point 8 (P8)** : Sonde de mesures H/V installée sur le collecteur pluvial Avenue d'Alsace, entre le déversoir Bohn et le déversoir Ribeauvillé ;
- **Point 9 (P9)** : Appareil de mesures H/V installé sur le collecteur pluvial Avenue d'Alsace, entre le déversoir Ribeauvillé et le déversoir Jaurès-Lavandières.

Ci-dessous la carte avec l'emplacement des points de mesures, ainsi que les bassins versants rattachés à chaque point de mesures du bassin versant Strolz.

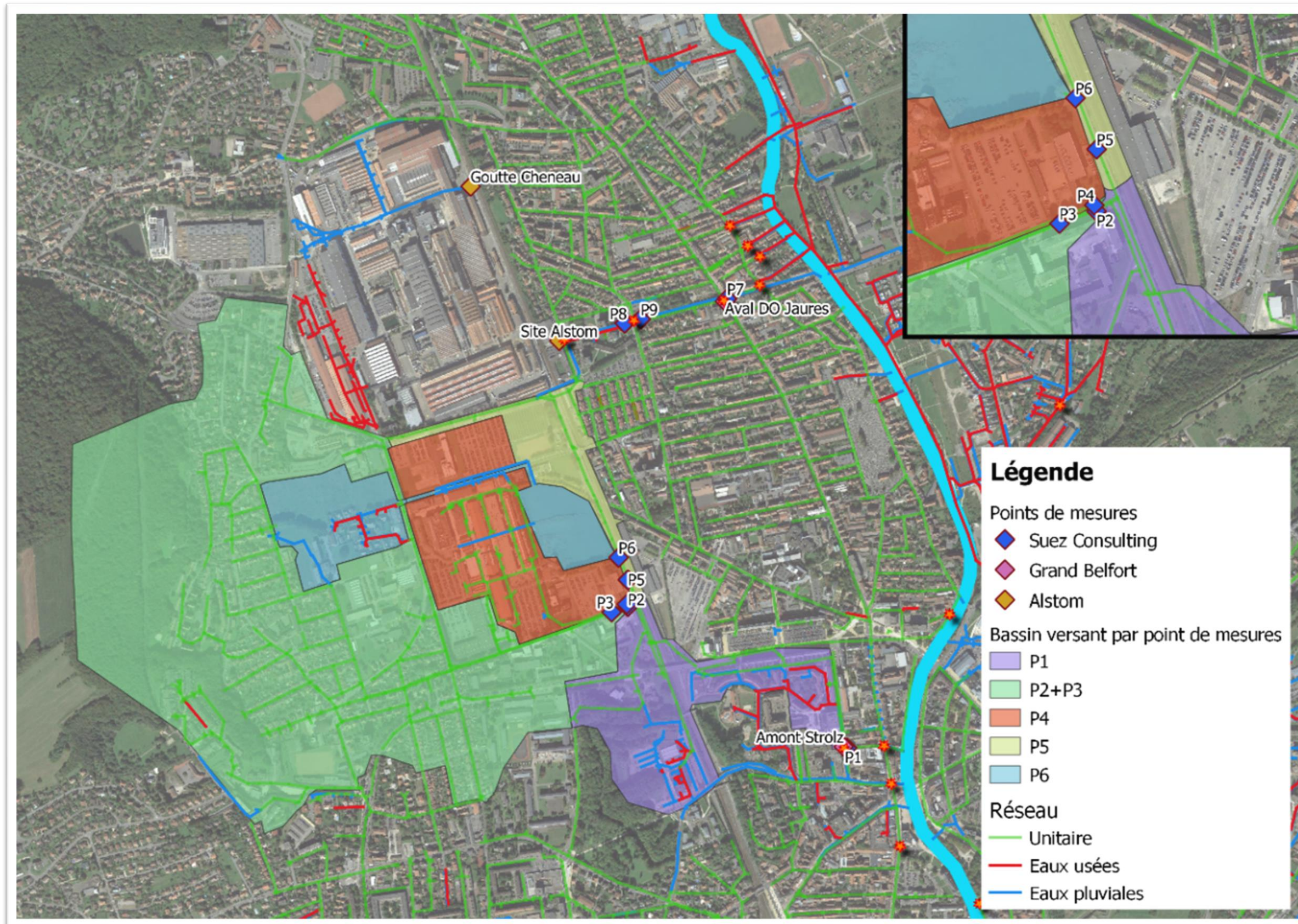


Figure 16 : Points de mesures et des bassins versants collectés

En complément de ces points, nous avons récupéré et analysé les points permanents installés par le Grand Belfort pour l'autosurveillance. Il s'agit des appareils suivants :

- Une sonde hauteur/vitesse en amont du déversoir Strolz ;
- Une sonde de hauteur dans la canalisation de surverse du déversoir Strolz ;
- Une sonde hauteur/vitesse du côté conservé du déversoir Jaurès/Lavandières ;
- Une sonde de hauteur au niveau de la crête du déversoir Jaurès/Lavandières.



Figure 17 : Points de mesures P2 (à gauche) et situation du point P3 (à droite)

4.3 Durée de la campagne de mesures

La campagne de mesures hydrauliques a eu une durée de 5 semaines, entre le 16 juin et 28 juillet 2020.

4.4 Analyse générale des résultats de la campagne de mesures

La campagne de mesures s'est globalement bien déroulée. Plus d'une dizaine d'évènements pluvieux ont été enregistrés lors de la campagne.

4.4.1 Analyse de la pluviométrie

Les données pluviométriques sont issues des pluviomètres permanents installés par le Grand Belfort et proches de la zone d'étude. Le pluviomètre permanent le plus proche de la zone d'étude est le pluviomètre situé à la station d'épuration de Belfort.



A noter que

Le pluviomètre utilisé est celui placé au droit de la station d'épuration de Belfort, à environ 2,5 km de la zone d'étude. Il faut apporter une attention particulière à la représentativité des données pluviométriques collectées.

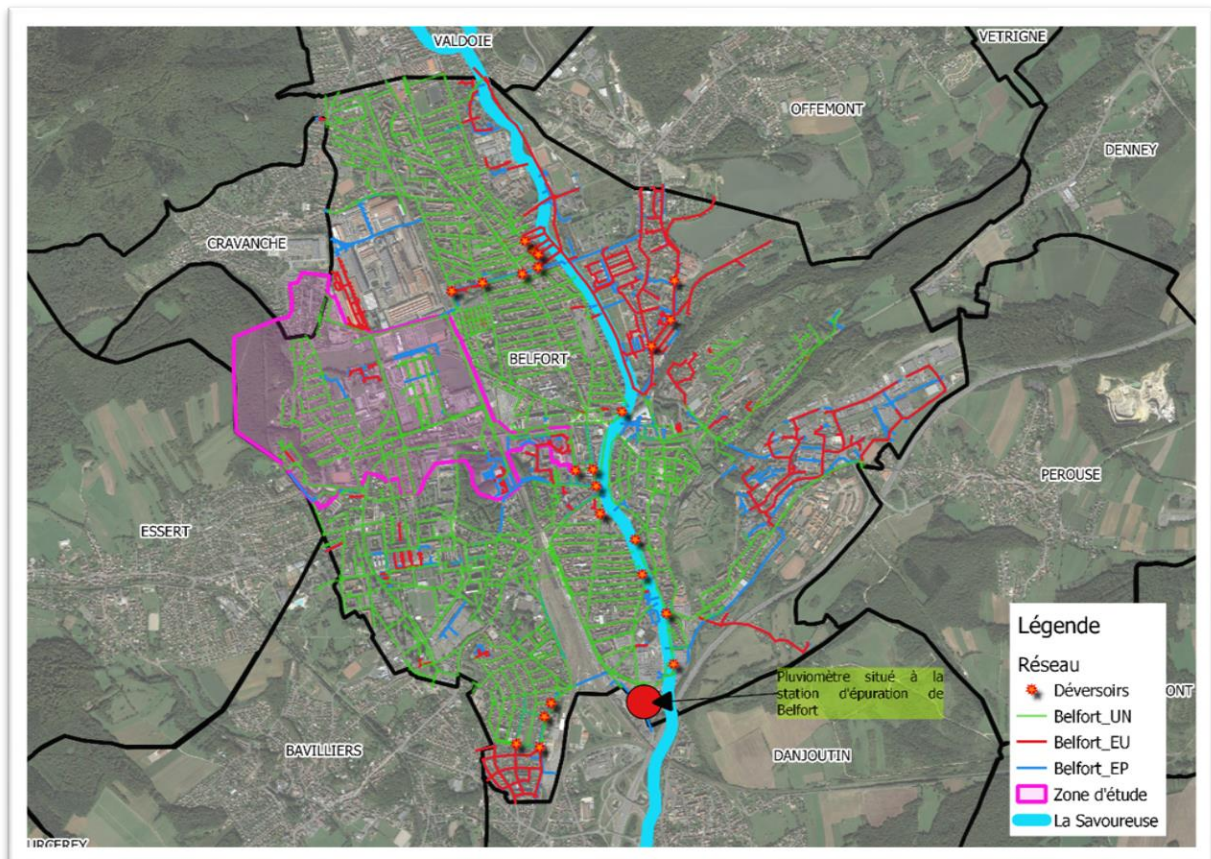


Figure 18 : Emplacement du pluviomètre par rapport à la zone d'étude

Nous observons, sur le graphique ci-après, les pluies enregistrées lors de la campagne de mesures.

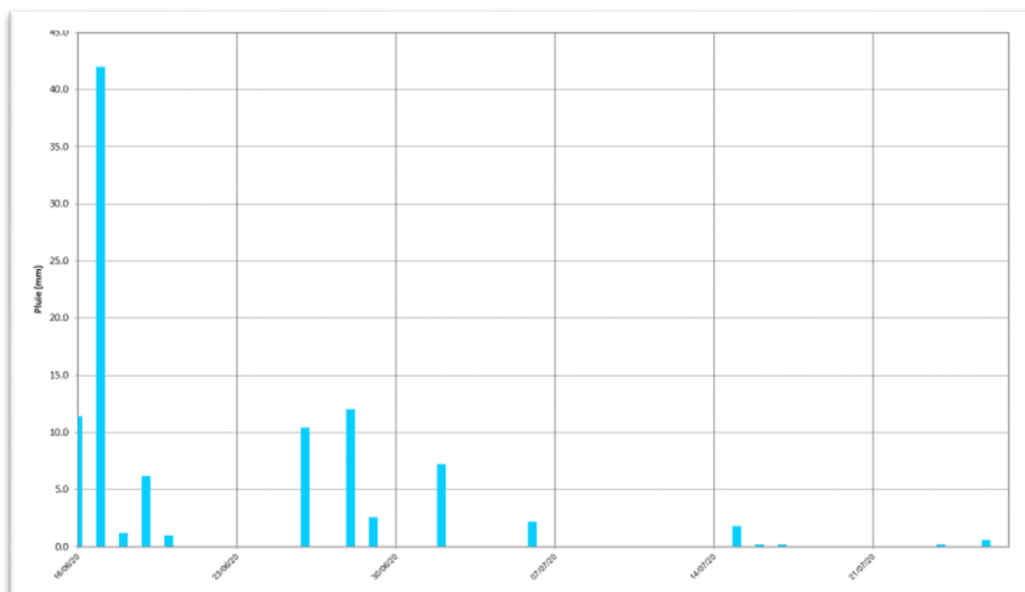


Figure 19 : Pluviométrie journalière à la STEP de Belfort

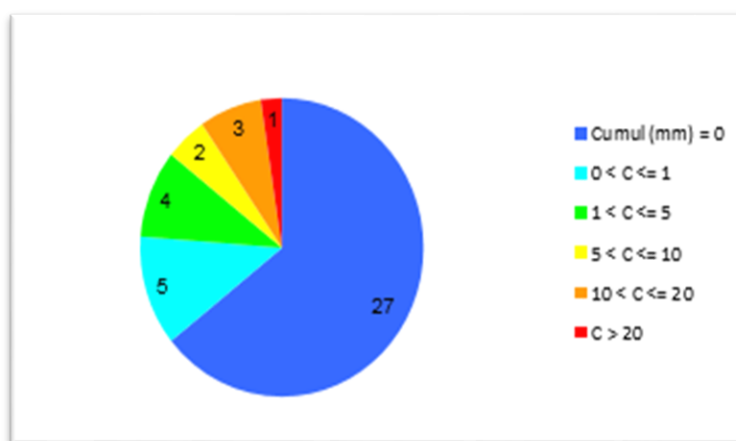


Figure 20 : Répartition des jours de pluie selon le cumul journalier précipité

Plusieurs évènements pluvieux marquants ont été identifiés. Ils sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Pluies marquantes pendant la période de campagne de mesures

	Date de début	Date de fin	Cumul (en mm)	Durée	Type	Occurrence sur 2 heures	Occurrence sur la durée totale de la pluie
Pluie 1	16/06/20 14:35	16/06/20 17:05	11.4	02:30	Pluie longue	2 mois	2mois
Pluie 2	17/06/20 04:20	17/06/20 17:10	42.0	12:50	Pluie longue	1 an	2 ans < X < 5 ans
Pluie 7	26/06/20 07:15	26/06/20 08:05	10.4	00:50	Pluie courte	2 mois	3mois<X<6mois
Pluie 8	28/06/20 02:45	28/06/20 03:05	4.2	00:20	Pluie courte	1 semaine	1 mois
Pluie 9	28/06/20 18:45	28/06/20 22:50	7.8	04:05	Pluie longue	2 semaines <X< 1mois	1 semaine < X < 2 semaine

4.4.2 Analyse hydraulique des points de mesures

Une analyse des mesures collectées sur chaque point de mesures a été réalisée à l'issue de la campagne.

Cette analyse a consisté premièrement à valider la qualité des données collectées et dans un deuxième temps à calculer un certain nombre de paramètres hydrauliques permettant de mieux comprendre le fonctionnement du bassin versant en amont du déversoir Strolz.

Les principales caractéristiques hydrauliques des points sont décrites ci-dessous :

- **V effluent** : Volume effluent moyen journalier par temps sec.
- **Nombre EH** : Volume d'eaux usées moyen journalier / volume généré par un habitant et par jour. Ce paramètre permet d'estimer la pollution raccordée à chaque point de mesure ;
- **Infiltration d'eaux claires parasites permanentes (ECPP)** : Volume ECPP moyen journalier par km de réseau à l'amont du point de mesures. Il permet d'identifier les zones sensibles à cette thématique et de cibler les secteurs pour lesquels des investigations complémentaires de recherche d'infiltration d'ECPP peuvent s'avérer pertinentes ;
- **Surface active** : Ce paramètre permet de traduire sous forme de surface, le volume généré sur chaque point de mesure par temps de pluie.
- **Coefficient de ruissellement (Cr)** : Paramètre hydraulique majeur (= Surface active du point de mesures / Surface totale du bassin versant raccordé). Il permet d'évaluer les apports par temps de pluie et identifier, in fine, les zones où le potentiel de mise en place de techniques alternatives pour l'évacuation des eaux pluviales est le plus important ;

Les informations détaillées concernant l'ensemble des points de mesures sont disponibles en **Annexe 2**. Une synthèse des résultats obtenus est présentée ci-après :

Tableau 3 : Synthèse des résultats de la campagne de mesures

Nom	Réseau	Emplacement	V effluent (m3/j)	V ECPP (m3/j)	V EU strictes (m3/j)	Nombre d'EH	Surface Active (ha)	Coefficient de ruissellement
Aval DO Jaurès	UN	Aval DO Jaurès	3577	1734	1843		74.8	
Amont Strolz	UN	Amont DO Strolz	1553	513	1040	8667	58.3	0.30
P1	UN	Aval Siphon Strolz					10.3	
P2	UN	Rue Mieg Sud	318	110	208	1733	45.5	0.43
P3	UN	Rue Mieg Nord	385	246	139	1158	6.1	
P4	UN	Bull	-	-	-	-	1.8	-
P5	UN	Avenue des usines	269	184	85	708	3.3	0.45

Les résultats montrent :

- P1 : La surface active est plafonnée suite aux surverses du déversoir d'orage Strolz. Le calcul de surface active devient moins pertinent dans ce cas de figure ;
- Les coefficients de ruissellement des bassins versant des points P2, P3 et P5 sont relativement importants. Si des études de mise en place de techniques alternatives pour l'infiltration des eaux pluviales déversoirs devaient être réalisées, il faudrait viser en priorité ces bassins versants ;
- P4 : Les volumes de temps sec sur ces points sont nuls. Les apports d'eaux usées provenant du site Bull ne sont pas raccordés aux collecteurs DN 800 qui longe le site mais sur un des deux collecteurs de la Mieg ;
- Le bassin versant en amont du point P5 a tendance à générer une quantité importante d'ECPP par rapport au linéaire de réseau collecté. Une campagne nocturne de recherche d'eaux claires parasites peut être menée sur ce bassin versant. Elle peut être complétée par des inspections télévisuelles afin de déterminer les travaux à effectuer pour améliorer l'étanchéité des conduites d'assainissement ;
- Les point P6 et P7 n'ont pas été intégrés car ce sont des collecteurs pluviaux strictes (absence de temps sec).

4.5 Analyse détaillée des résultats de la campagne de mesures

4.5.1 Fonctionnement du déversoir d'orage Strolz

Le déversoir Strolz est l'ouvrage majeur du secteur d'étude. Trois appareils de mesures ont permis de collecter les déversoirs données hydrauliques pendant la campagne de mesures :

- Un appareil hauteur vitesse situé à l'amont du déversoir installé dans le cadre du suivi permanent ;
- Une sonde de hauteur au droit du déversoir installée dans le cadre du suivi permanent ;
- Un appareil hauteur vitesse situé du côté conservé du déversoir (aval siphon) installé à titre provisoire lors de notre campagne de mesures (Point de mesures P1).

Ces appareils ont permis de comprendre en détail le fonctionnement du déversoir et du siphon Strolz.

Ci-dessous un synoptique montrant de manière schématique le réseau sur ce secteur et le positionnement des appareils de mesures.

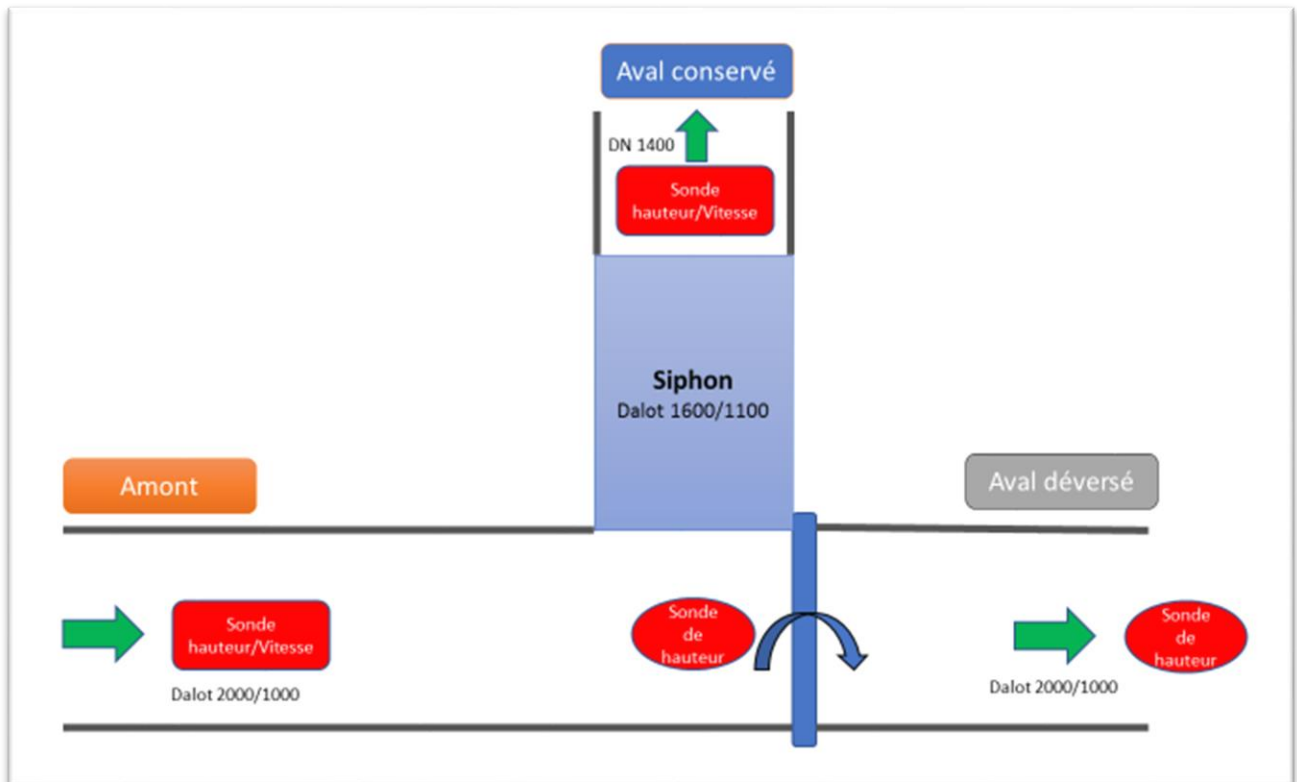


Figure 21 : Synoptique de fonctionnement du déversoir Strolz

○ Fonctionnement du déversoir Strolz par temps de pluie

Lors des 5 semaines de campagne de mesures, 9 évènements ont provoqués des surverses au niveau du déversoir Strolz. Ils ont pu être enregistrés par les appareils de mesures sur place et sont présentés dans le graphique suivant :

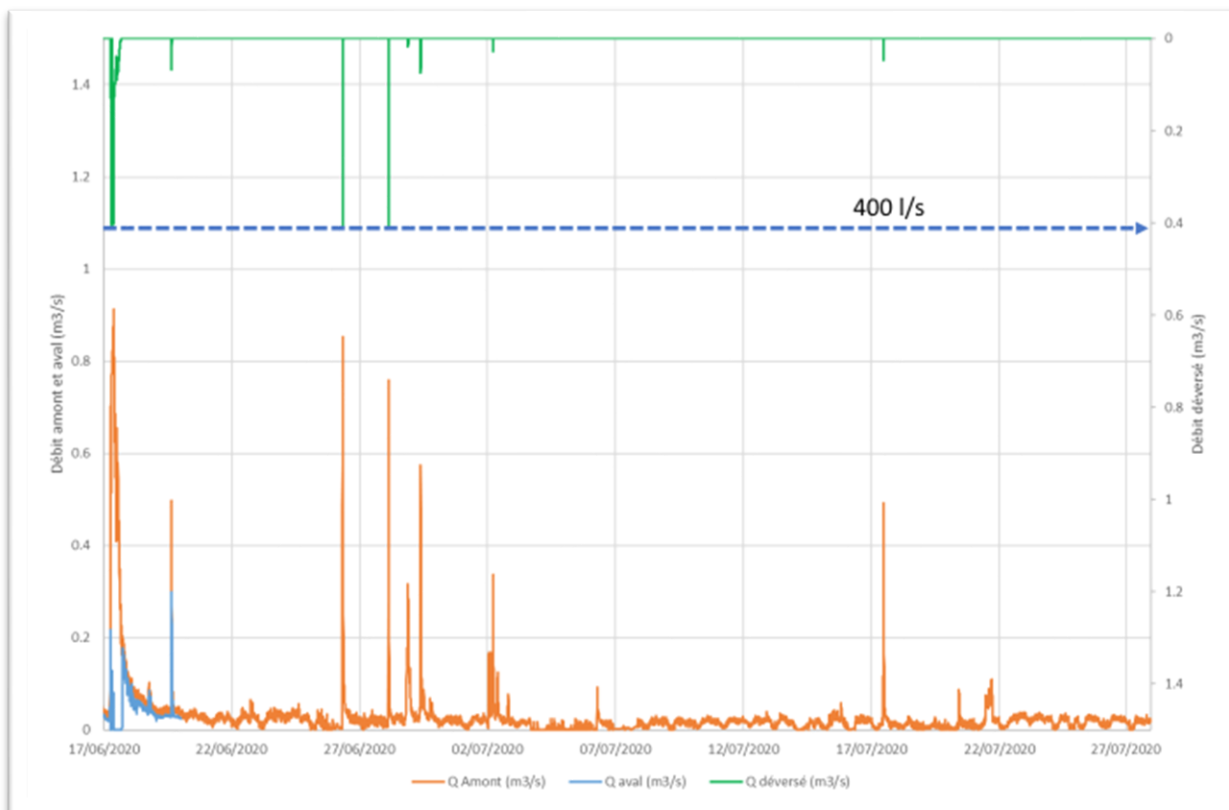


Figure 22 : Débit amont, aval et déversé au droit du déversoir Strolz

Sur le graphique ci-dessus, nous observons que le débit surversé (en vert) ne dépasse pas 400 l/s. Cela s'explique par le fait que la sonde de hauteur située en amont du déversoir, qui permet de mesurer le débit déversé, possède une zone morte au-delà d'une certaine hauteur : Les mesures de hauteur et des débits déversés sont ainsi plafonnées.

En analysant en détail les débits sur les différents collecteurs, nous avons pu réaliser deux types de courbes :

- Hauteur amont / Débit déversé ;
- Débit amont / Débit déversé.

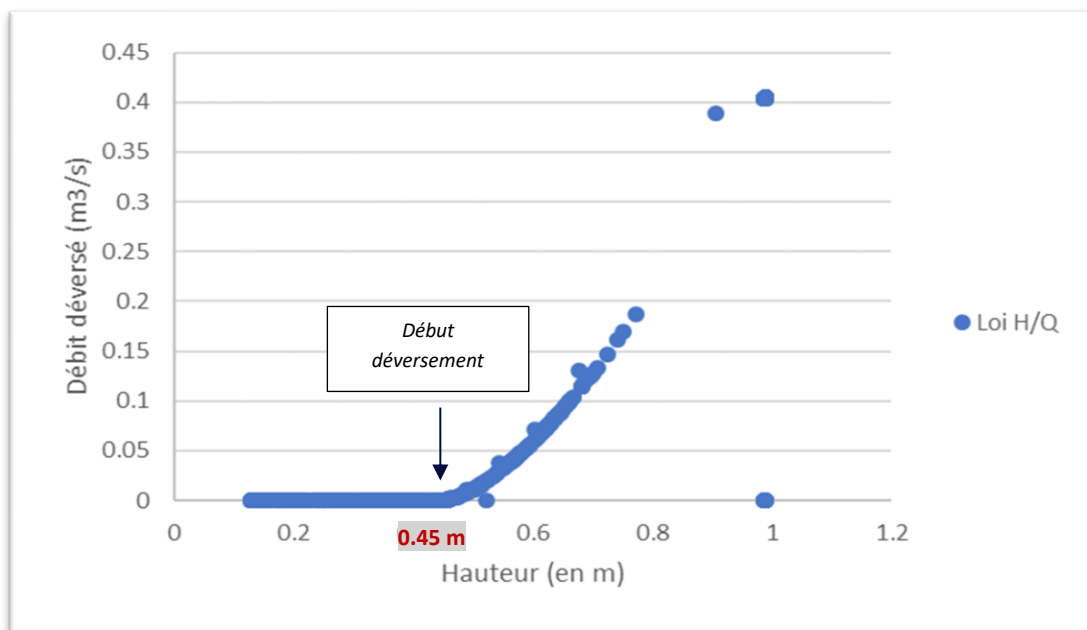


Figure 23 : Débit déversé en fonction de la hauteur amont

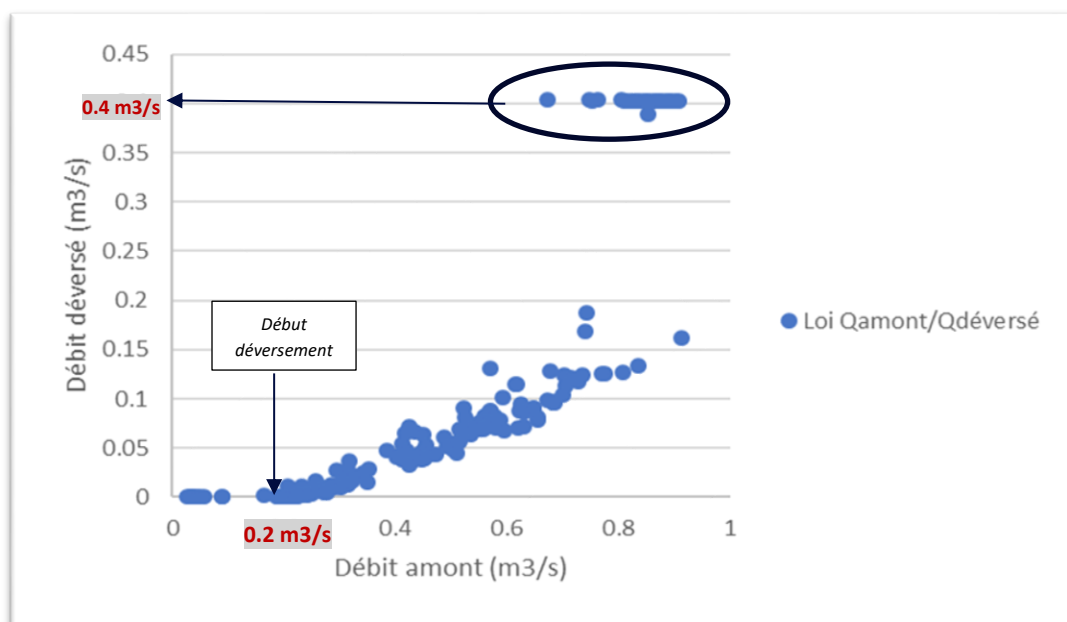


Figure 24 : Débit déversé en fonction du débit amont

Sur les graphiques ci-dessus nous observons les phénomènes suivants :

- le déversoir commence à déverser à partir de 45 cm (Figure 21), ce qui correspond à la hauteur de la crête du déversoir et pour un débit d'environ 200 l/s (Figure 22) ;
- le débit déversé est plafonné à 400 l/s à cause du positionnement de la sonde de hauteur évoqué précédemment.

Pour en savoir plus sur le fonctionnement du déversoir, la corrélation entre le débit amont et le débit aval a été tracé sur le graphe suivant :

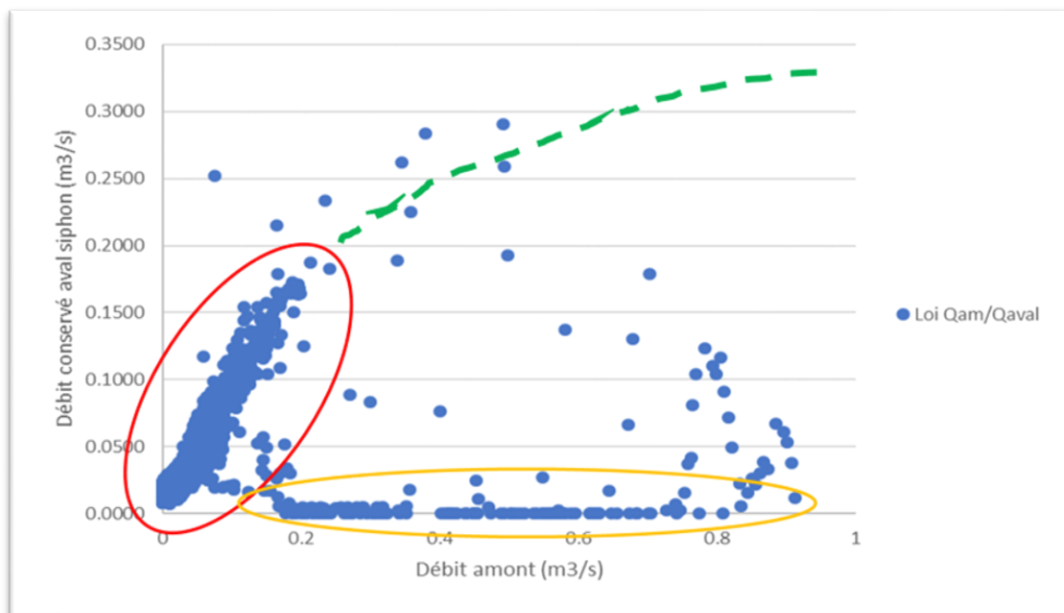


Figure 25 : Courbe de fonctionnement du déversoir Strolz

Nous identifions deux plages différentes :

- une première partie (ici entourée en rouge) qui montre qu'entre 0 et environ 200 l/s le débit amont est toujours égal au débit conservé :
 - **Absence de surverses**
- une seconde partie (ici entourée en jaune) où on observe un débit conservé nul (pour une majorité de cas) lorsque le débit amont dépasse 200 l/s.

Pour essayer de comprendre ce phénomène (débit nul dans le collecteur conservé), la hauteur à l'amont du déversoir a été comparée au débit aval conservé.

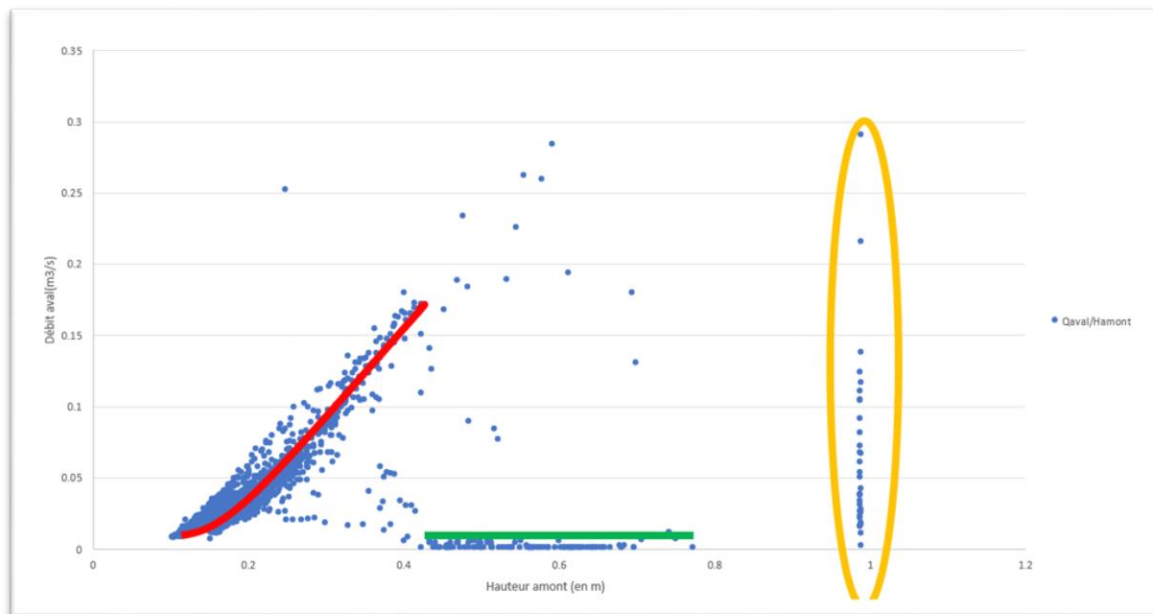


Figure 26 : Hauteur amont en fonction du débit conservé du déversoir Strolz

En comparant la hauteur à l'amont et le débit à l'aval du déversoir, on peut distinguer les 3 phases présentées précédemment :

Phase 1	• $0 < h_{\text{amont}} < 0.4 \text{ m}$
Phase 2	• $0.4\text{m} < h_{\text{amont}} < 1 \text{ m}$ • Débit conservé est nul
Phase 3	• $h_{\text{amont}} > 1\text{m}$ • Débit faible

Pour approfondir encore l'analyse et essayer de comprendre ce phénomène hydraulique, une série d'événements pluvieux de la campagne de mesures a été analysée de manière indépendante. Ci-après, l'analyse d'un événement pluvieux spécifique, celui du 17/06/2020.

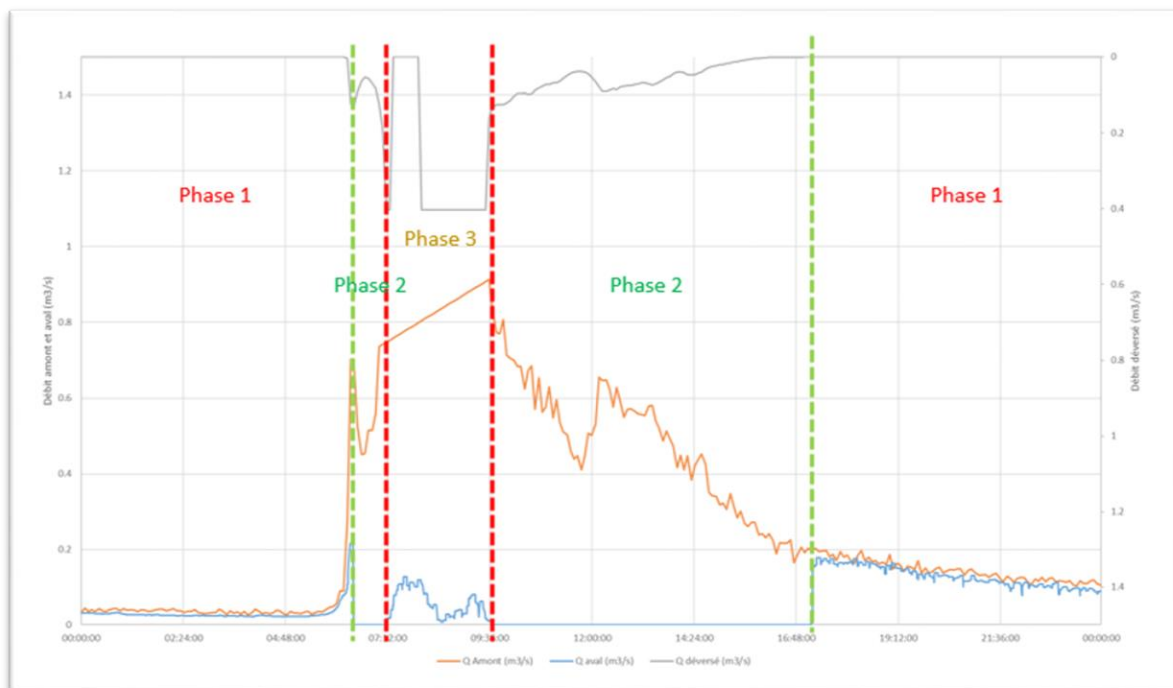


Figure 27 : Evènements pluvieux du 17 Juin 2020

Le graphique ci-dessus confirme le constat évoqué précédemment :

- en Phase 1, jusqu'à 200 l/s les débits amont (courbe orange) et conservé (courbe bleue) sont identiques car pas de déversements constatés ;
- à partir d'un débit de 200 l/s (Phase 2) l'appareil situé à l'aval du déversoir et du siphon ne mesure plus aucun débit (courbe bleue) ;
- lorsque le débit revient à 200 l/s et que le déversement s'arrête, l'écoulement à travers le siphon reprend (Phase 1) ;
- lorsque le débit amont est supérieur à environ 700 l/s ou une hauteur amont supérieure à 1 m, le débit conservé reprend (Phase 3) .

Nous tenons à signaler que ce constat a été mis en évidence par les deux sondes (hauteurs et vitesse) indépendantes installées sur site (cf. figure suivante). En effet, les vitesses et les hauteurs chutent fortement et de manière concomitante lors de la phase 2 de fonctionnement du siphon.

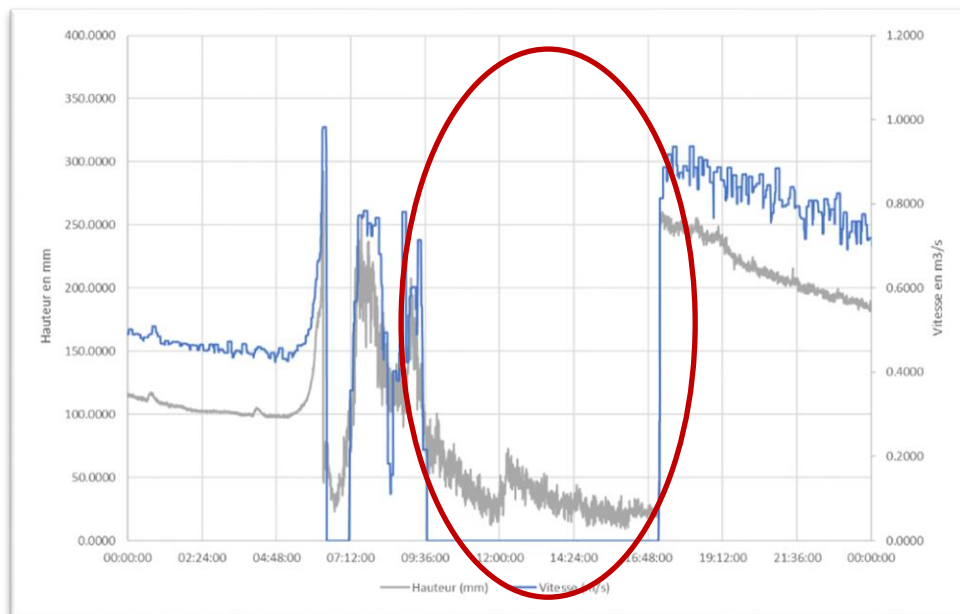


Figure 28 : Evénements pluvieux du 17 Juin 2020 – sondes Point P1



Ce qu'il faut retenir...

L'analyse des données de la campagne nous permettent de mettre en évidence un phénomène hydraulique à l'aval du siphon Strolz : Le débit à l'aval du siphon est nul dès que le débit amont est supérieur à 200 l/s.

*L'appareil de mesures installé à l'aval est composé de deux sondes indépendantes (une sonde de pression pour la hauteur, et une sonde doppler pour la vitesse) qui permettent d'écarter la probabilité d'une erreur de mesures. En effet, les trois plages de fonctionnement ont été détectées par les deux sondes et **lors de chaque évènement majeur mesuré.***

En l'absence de vérification in situ, nous proposons quelques pistes pour l'interprétation de ces résultats, qui resteront certainement à vérifier par la collectivité. Une hypothèse plausible permettant d'expliquer cette situation peut venir du côté des pertes de charge dans l'ouvrage. Dès que le débit augmente de manière significative, la vitesse augmente à l'amont et les pertes de charges peuvent devenir trop importantes, ce qui pourrait entraîner une baisse du débit dans le siphon.

4.5.2 Apports de l'étang Bull

Un point de mesures (P6) a été installé en sortie de l'étang Bull pour évaluer le lien hydraulique entre cette retenue d'eau et le réseau d'assainissement connecté au déversoir Strolz.

Le niveau de l'étang est régulé par un trop-plein. Lorsque le niveau de l'étang devient trop important, le trop plein est sollicité et les rejets sont évacués directement vers le réseau unitaire, ce qui peut aggraver la situation hydraulique à l'aval et provoquer des surverses au droit du déversoir Strolz.

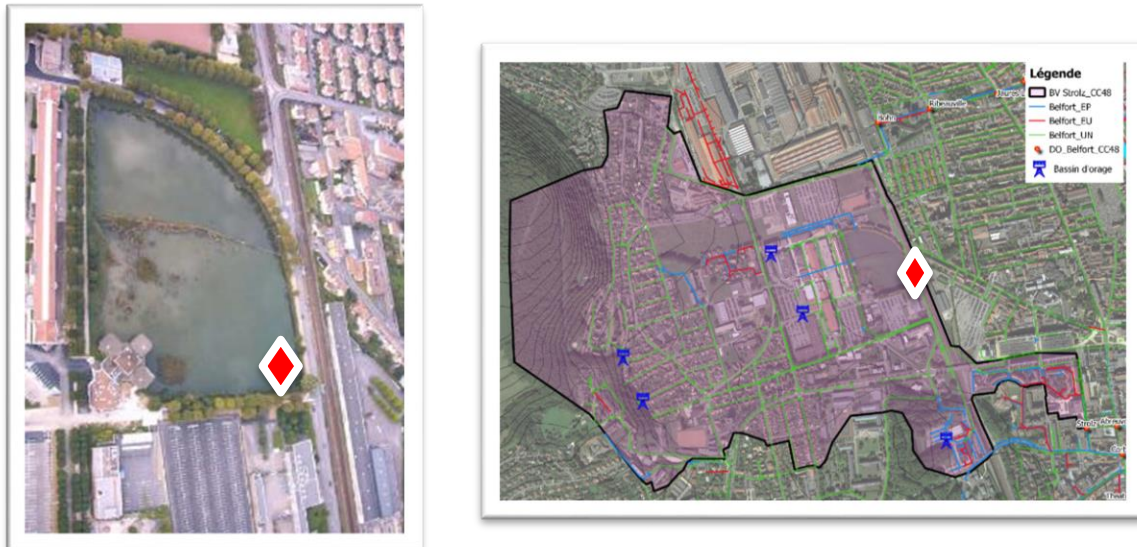


Figure 29 : Trop-plein de l'étang Bull (losange rouge)

Durant la période de mesures, l'étang a répondu une seule fois à la précipitation. L'évènement pluvieux du 17/06/2020 a généré 42 mm de pluie (relevé par le pluviomètre de la station d'épuration de Belfort). La réponse de l'étang pour cet évènement a été mesurée sur une durée supérieure à 4 jours (cf. figure ci-dessous).

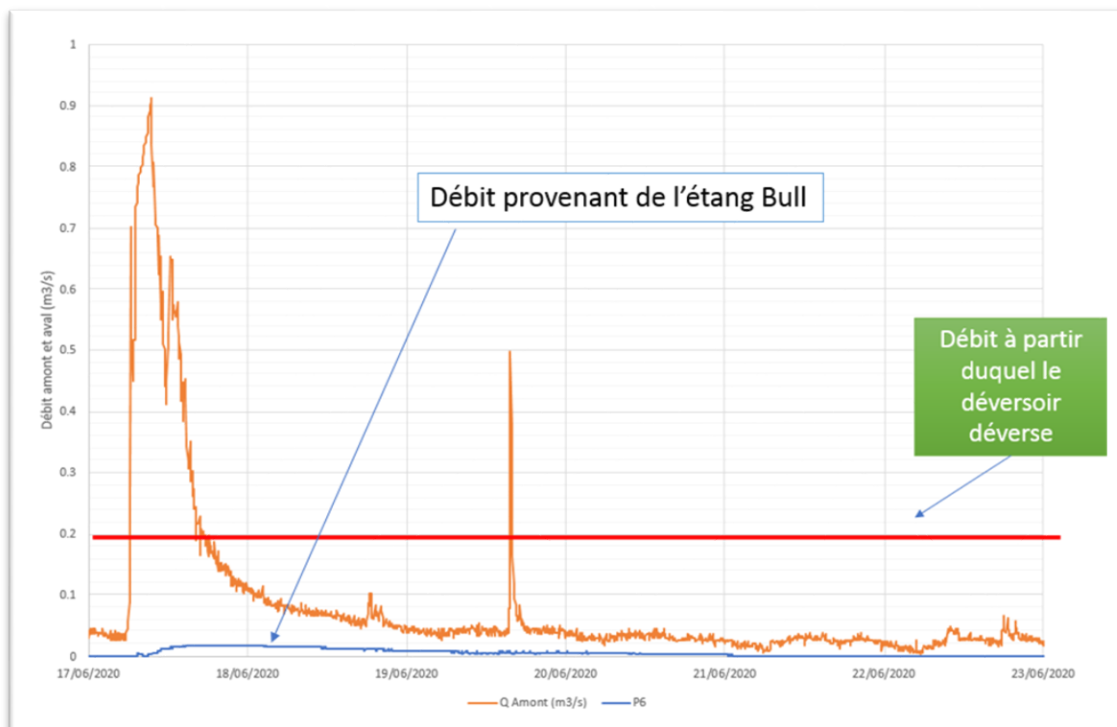


Figure 30 : Influence de la vidange de l'étang sur le débit à l'amont du déversoir Strolz

Le débit maximum provenant de l'étang relevé par la campagne de mesure est faible (18 l/s). Ce débit ne provoque pas de surverses au droit du déversoir Strolz. Pour rappel, le déversoir Strolz commence à surverser pour un débit supérieur à 200 l/s.

La vidange de l'étang n'a pas été à l'origine des surverses au droit du déversoir Strolz lors de la campagne de mesures, malgré un évènement de période de retour 6 mois.

4.5.3 Fonctionnement des collecteurs unitaires de la rue Mieg

○ Apports par temps de pluie

Les apports hydrauliques des collecteurs de la rue Mieg ont été également estimés grâce à la campagne de mesures.

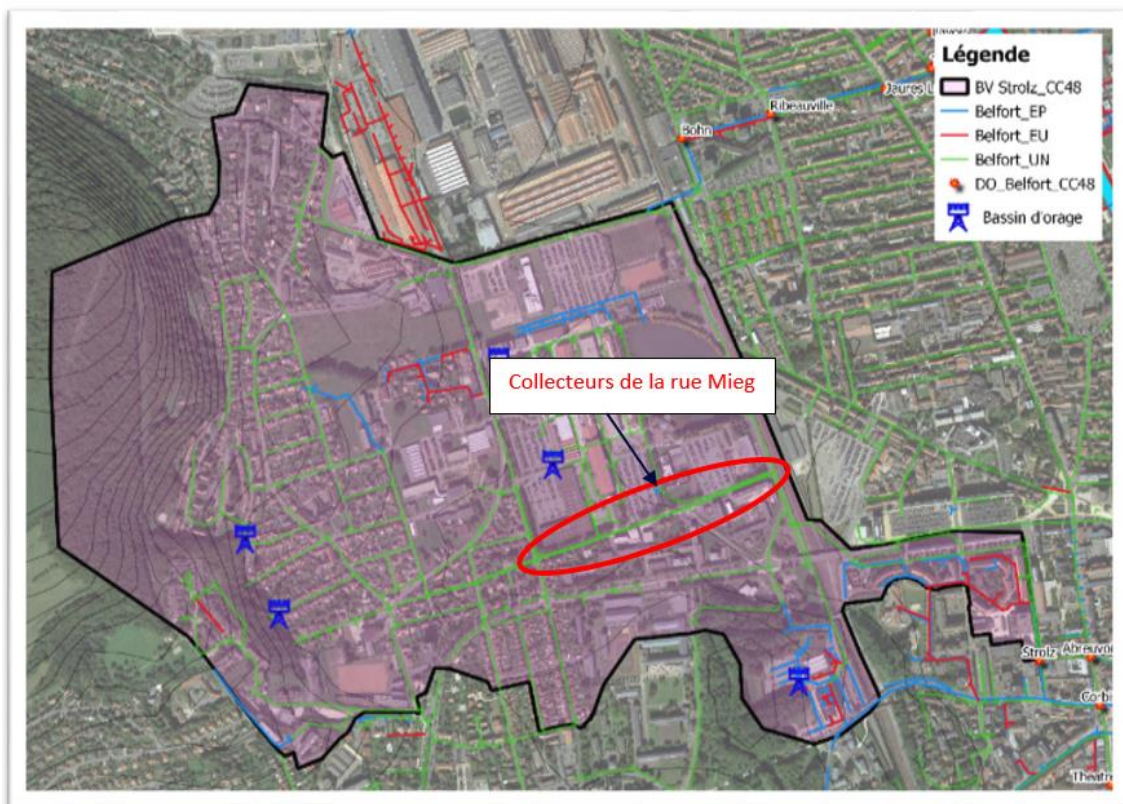


Figure 31 : Collecteurs unitaires de la rue Mieg à Belfort

D'après les résultats de la campagne de mesures, **90% des volumes arrivant au déversoir Strolz lors des évènements pluvieux proviennent du double collecteur de la rue Mieg et donc du bassin versant à l'amont.**

En analysant les volumes générés par différentes pluies, nous observons la répartition suivante :

- 70% du volume généré par les pluies passe par le collecteur Sud (P2)
- 20% par le collecteur Nord (P3).

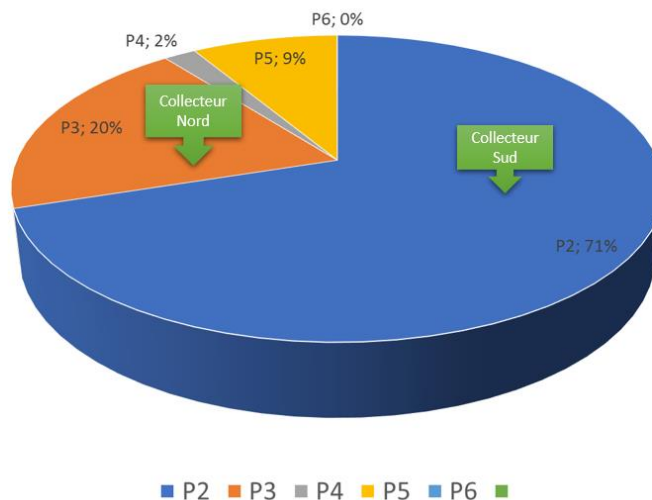


Figure 32 : Répartition des volumes générés par point de mesures - secteur Mieg

○ Taux de remplissage lors des événements pluvieux de la campagne

La sollicitation des deux collecteurs de la rue Mieg par temps de pluie est relativement importante. Pour l'évènement du 26 Juin 2020 (occurrence comprise entre 3 et 6 mois) le taux de remplissage du collecteur Sud et Nord est d'environ 50% et 90% respectivement.

Ce qu'il faut retenir...

Les collecteurs de la rue Mieg sont à l'origine de 90% du volume ruisselé sur le bassin versant. C'est donc le secteur où la réalisation d'actions visant la réduction de la surface de ruissellement pourra être utile.

4.5.4 Apports des collecteurs pluviaux de l'avenue d'Alsace et de la rue des Lavandières

Pendant l'état des lieux et les visites de terrain, nous avons pu vérifier la présence d'un frein hydraulique notamment au droit du maillage Jaurès Lavandières.

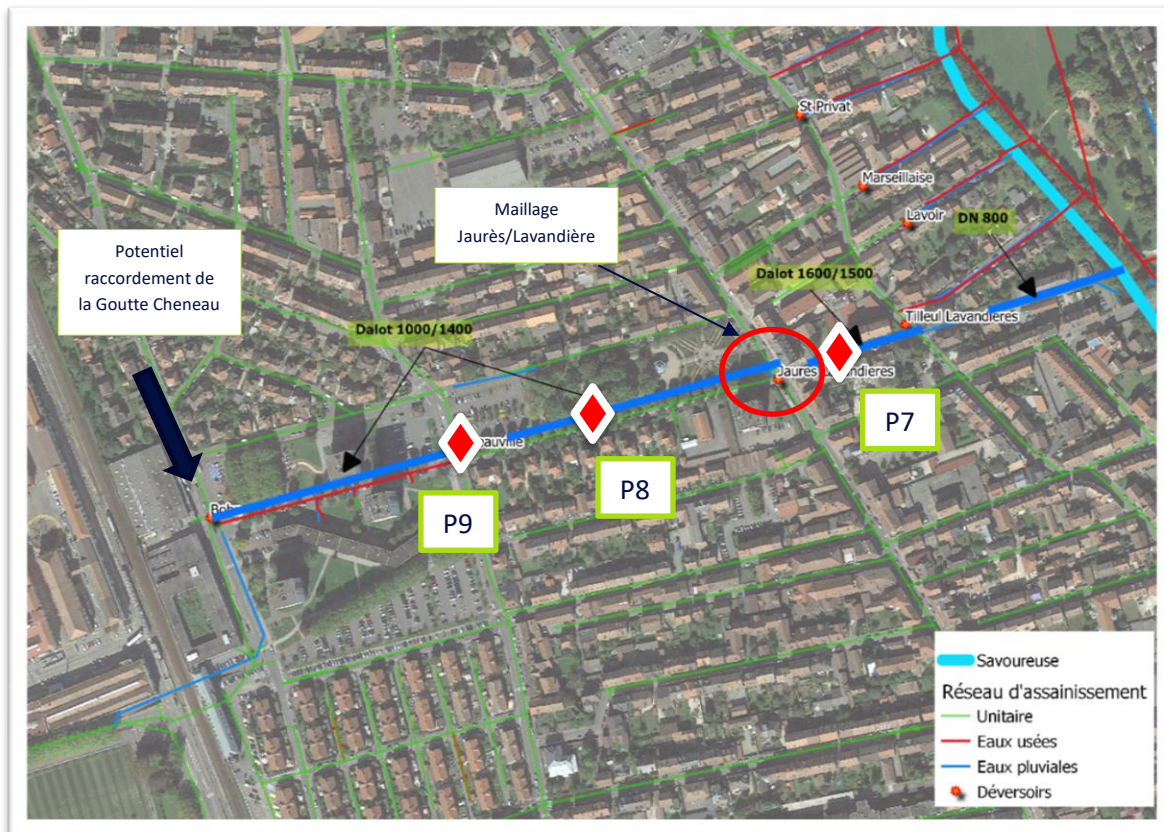


Figure 33 : Collecteurs de l'avenue d'Alsace et de la rue des Lavandières

Les données d'autosurveillance montrent que le déversoir Jaurès Lavandières a peu surversé lors de la campagne et que le débit maximal à l'aval direct du maillage (P7) pour la pluie de période de retour 6 mois est d'environ 450 l/s.

La capacité maximale théorique du dalot en aluminium déterminée lors de la campagne de mesures est d'environ 400 l/s.

On peut donc en conclure que la capacité maximale du dalot en aluminium est déjà atteinte pour des événements d'occurrence 6 mois.



Ce qu'il faut retenir...

Tout raccordement supplémentaire en situation actuelle au collecteur pluvial de l'avenue d'Alsace pourrait provoquer des déversements supplémentaires vers le collecteur unitaire de l'avenue Jaurès.

Il faudra analyser en détail des solutions pour améliorer la capacité de transfert du collecteur pluvial pour limiter les échanges avec le collecteur unitaire et, in fine, les apports vers la STEP.

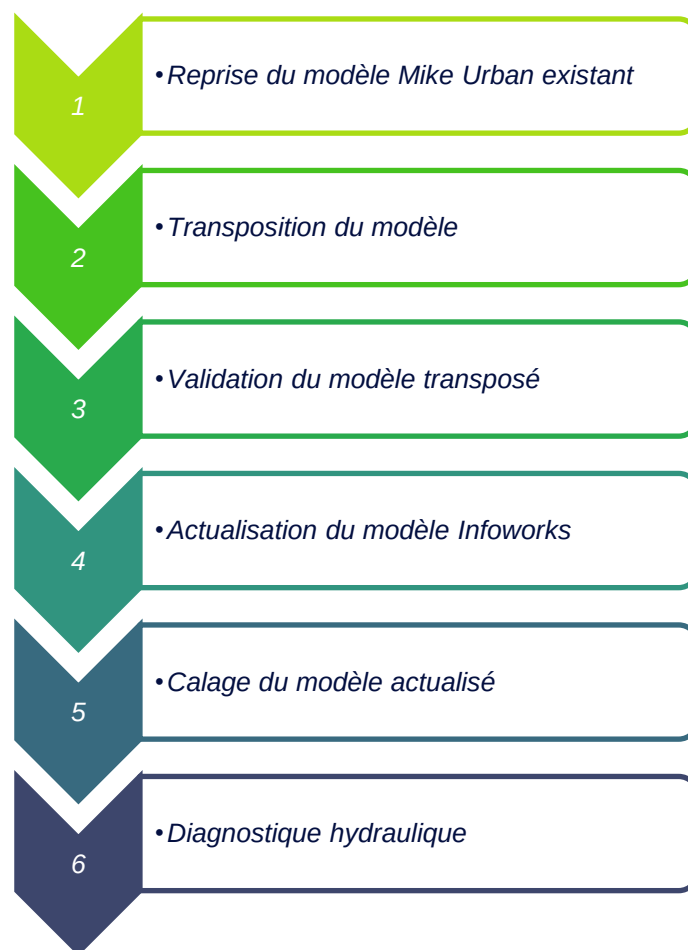
Les points de mesures P8 et P9, installés sur ce secteur, pendant une semaine, n'ont pas enregistré d'événements pluvieux.

5 MODELISATION HYDRAULIQUE

Dans le cadre du Schéma Directeur Eaux Pluviales réalisé entre 2016 et 2019, un modèle hydraulique des réseaux unitaires de l'agglomération d'assainissement de Belfort a été construit à l'aide du logiciel **Mike Urban** et calé à partir d'une campagne hydraulique spécifique.

Tel que signalé lors de la présentation du contexte d'étude, le Grand Belfort a fait l'acquisition du logiciel **Infoworks ICM** et souhaite profiter de la présente étude pour actualiser et transposer le modèle existant.

La démarche de modélisation suivie dans le cadre de la présente mission est présentée dans le logigramme suivant :



5.1 Reprise du modèle Mike Urban existant

Le modèle hydraulique existant, réalisé sur le logiciel Mike Urban, présente les caractéristiques suivantes :

- **Réseau modélisé** : Le modèle porte sur le réseau de la commune de Belfort raccordé à la station de traitement des eaux usées ;
- **Type de réseau modélisé** : Le modèle représente uniquement le réseau unitaire et le réseau séparatif eaux usées de la ville de Belfort. **Le réseau pluvial de la commune de Belfort n'a pas été intégrée** ;
- **Conditions aux limites** : Les débits provenant des communes extérieures au secteur d'étude ont été modélisés sous forme d'injections de débits avec des valeurs propres à chaque pluie modélisée ;
- **Temps sec** : Absence de débits de temps sec ;
- **Rugosité de canalisations** : La rugosité des canalisations du modèle est unique et d'une valeur de 85 (rugosité de Strickler) ;
- **Représentation des ouvrages** : Les ouvrages de déversement ont été modélisés sous forme de déversoir d'orage et d'orifice. Aucune influence aval générée par le milieu récepteur n'a été modélisée. Le siphon à l'aval du déversoir d'orage Strolz a été modélisé comme une conduite DN 300, afin certainement de représenter les pertes de charges singulières ;
- **Découpage des bassins versants** : Définition des bassins de collecte réalisée directement par méthode graphique (sous une approche identique à la méthode des polygones de Thiessen, ne correspondant pas à l'occupation de sols).

Le schéma suivant synthétise les principales informations du modèle hydrologique et hydraulique existant.

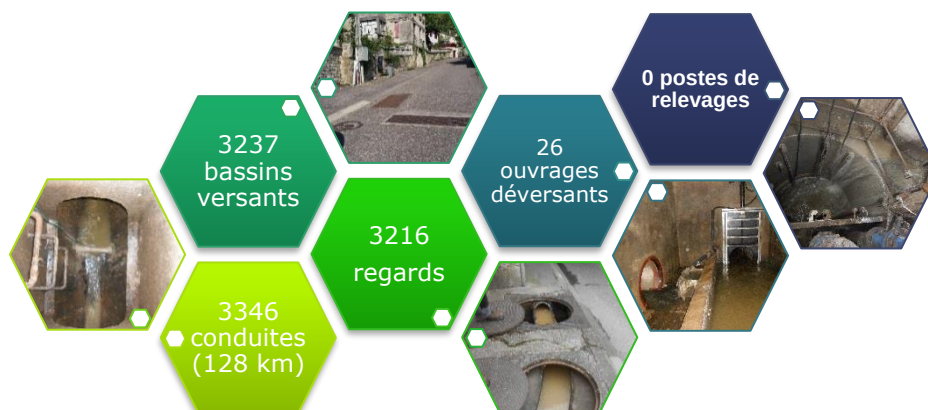


Figure 34 : Principaux chiffres du modèle existant

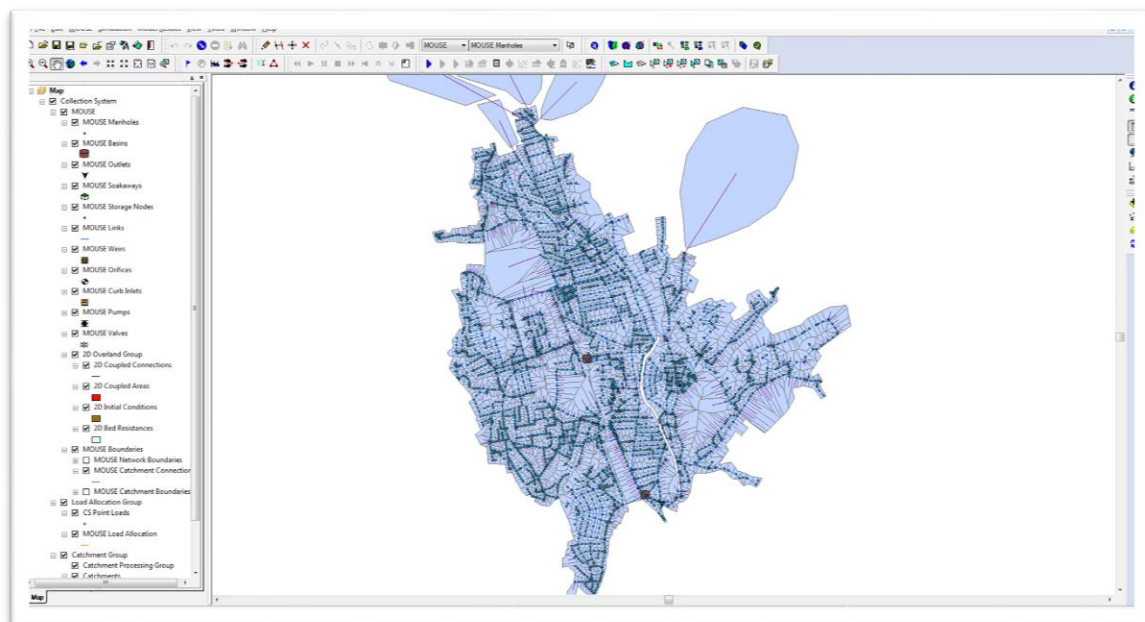


Figure 35 : Modèle existant Mike Urban

5.2 Transposition du modèle Mike Urban vers Infoworks

Cette étape consiste à transférer le modèle du SDEP depuis Mike Urban vers Infoworks. Un travail exhaustif de validation de la procédure a été réalisée, étape par étape, ce qui a permis notamment de vérifier la bonne prise en compte des subtilités de chaque logiciel.

Le but a été d'adopter les meilleures hypothèses de modélisation pour reproduire le plus fidèlement possible le modèle existant, sans apporter à ce stade des modifications structurelles ni hydrauliques.

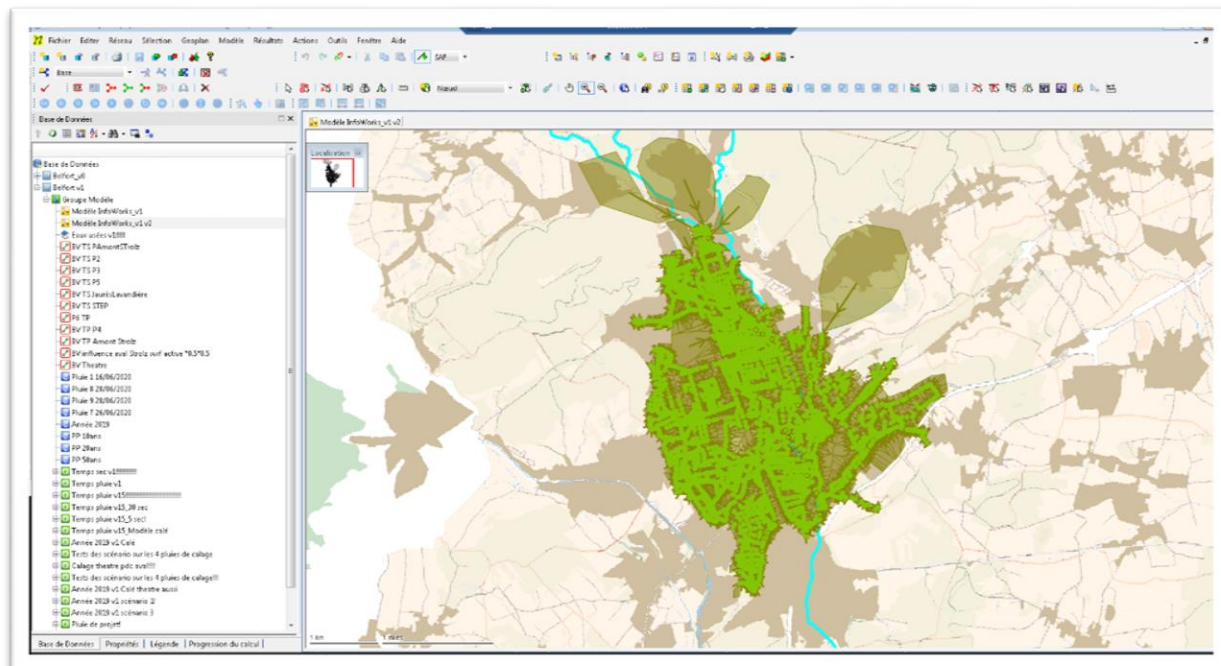


Figure 36 : Modèle transposé sous Infoworks

5.3 Vérification du modèle transposé

La dernière étape de la validation de la procédure de transfert du modèle a consisté à comparer les résultats issus des deux logiciels pour les mêmes événements pluvieux.

Différentes pluies ont été ainsi simulées, puis les résultats ont été comparés à plusieurs niveaux afin de valider la similitude entre les deux modèles et confirmer la représentativité du nouveau modèle transposé.

○ Pluies de vérification

Trois pluies différentes ont été sélectionnées pour la vérification. Il s'agit des événements suivants :

- Pluie du 16/06/2020 (Pluie 1 de la campagne) : Pluie plutôt courte et d'intensité moyenne ;
- Pluie du 28/06/2020 (Pluie 9 de la campagne) : Pluie longue et de faible intensité ;
- Pluie de projet de période de retour 1 an : Pluie courte et très intense.

Les caractéristiques des pluies utilisées pour la comparaison des deux modèles sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Caractéristiques des pluies utilisées pour comparer les deux modèles

Pluies	Date de début	Date de fin	Cumul (mm)	Durée	Occurrence
Pluie 1	16/06/20 14:35	16/06/20 17:05	11.4	02:30	2 mois
Pluie 9	28/06/20 18:45	28/06/20 22:50	7.8	04:05	1 semaine < X < 2 semaines
Pluie de projet 1 an	01/01/00 00:00	01/01/00 04:00	26.5	04:00	1 an

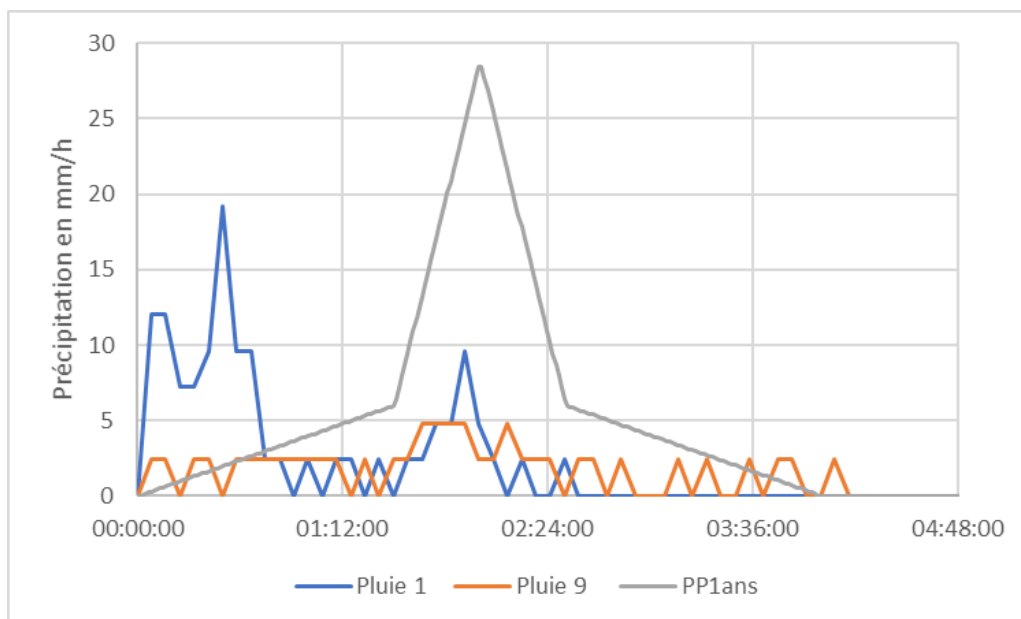


Figure 37 : Hyétogramme des pluies utilisées pour comparer les deux modèles

Points de comparaison des modèles

Les deux modèles ont été comparés au niveau de 5 points du système (cf. carte ci-après) :

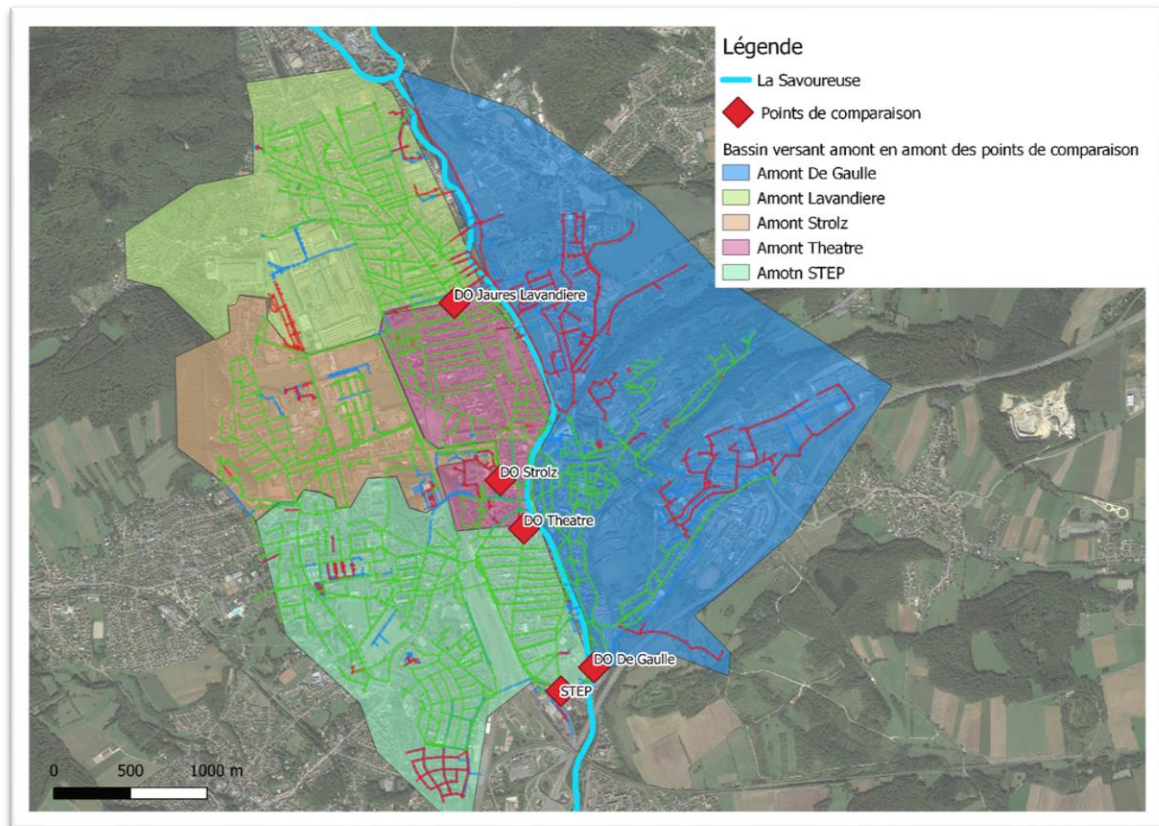


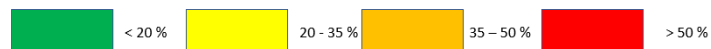
Figure 38 : Points du système utilisés pour la comparaison entre le modèle Infoworks et Mike Urban

5.3.1 Résultats de la comparaison

Les résultats des simulations et les écarts entre les deux modèles sont présentés dans le tableau ci-dessous et de manière détaillée dans l'Annexe 4.

Tableau 5 : Résultats de la comparaison des modèles Mike Urban et Infoworks.

	Pluie 1						Pluie 9						Pluie de projet 1an					
	Débit (m3/s)			Volume (K m3)			Débit (m3/s)			Volume (K m3)			Débit (m3/s)			Volume (K m3)		
	MU	ICM	Différence	MU	ICM	Différence	MU	ICM	Différence	MU	ICM	Différence	MU	ICM	Différence	MU	ICM	Différence
Amont Strolz	1.2	1.2	4%	4.6	4.0	-14%	0.4	0.4	1%	1.3	1.2	-14%	2.4	2.3	-6%	4.3	3.8	-15%
Aval Strolz	0.2	0.2	2%	0.7	0.6	-7%	0.1	0.1	11%	0.8	0.9	5%	0.2	0.2	0%	0.8	0.8	-5%
Déversé Strolz	1.0	1.1	3%	1.3	1.1	-19%	0.3	0.3	1%	0.5	0.4	-36%	2.3	2.2	-6%	3.6	3.0	-18%
Amont Jaurès	1.2	1.2	4%	5.3	5.0	-7%	0.4	0.5	13%	3.8	3.9	2%	1.7	2.0	14%	11.6	10.5	-10%
Aval Jaurès	0.6	0.6	8%	4.4	4.6	3%	0.6	0.6	8%	4.4	4.6	3%	2.1	2.5	13%	13.6	12.8	-7%
Déversé Jaurès	Pas de déversement																	
Amont De Gaulle	0.9	0.8	-10%	6.0	5.8	-3%	0.4	0.5	12%	3.9	4.5	12%	1.7	1.7	-5%	10.9	9.8	-11%
Aval de Gaulle A (1)	0.2	0.2	19%	2.8	3.4	16%	0.2	0.2	20%	2.7	3.2	17%	1.0	1.0	-3%	6.5	6.3	-3%
Aval de Gaulle B (2)	0.8	0.6	-17%	3.2	2.4	-30%	0.3	0.3	6%	1.3	1.3	0%	0.7	0.6	-27%	1.8	1.0	-84%
Amont Théâtre	2.4	2.3	-5%	13.0	11.2	-16%	1.1	1.1	2%	9.3	9.2	-1%	3.7	3.0	-21%	23.5	20.0	-18%
Aval Théâtre	1.9	1.9	0%	12.1	10.5	-16%	1.1	1.1	2%	9.2	9.1	-1%	2.2	2.3	3%	16.9	17.0	1%
STEP	3.6	3.9	6%	10.7	9.6	-11%	2.0	2.1	3%	8.6	7.3	-17%	6.4	7.2	11%	19.5	17.9	-9%



Nous pouvons observer que les écarts entre les deux modèles sont faibles et que le modèle initial a été correctement transposé.

- (1) Aval de Gaulle A correspond au déversement du premier seuil (vers un autre collecteur unitaire)
- (2) Aval de Gaulle B correspond au déversement du second seuil (vers le milieu naturel)

6.2 Modélisation du siphon Strolz

Le mode de fonctionnement de la conduite à l'aval du siphon Strolz est particulier. Il a été présenté dans le chapitre 3.2.

La modélisation de ce nœud sous Infoworks ICM a nécessité la définition de deux lois permettant de représenter la corrélation entre la hauteur à l'amont du siphon et le débit à l'aval de l'ouvrage en lien avec les deux phases de fonctionnement identifiées :

- La première phase est associée à une hauteur d'eau amont comprise entre 0 et 45 cm ;
- La seconde phase se produit quand la hauteur d'eau à l'amont de l'ouvrage est supérieure à 1 m.

Ces deux lois sont représentées dans le graphe ci-dessous :

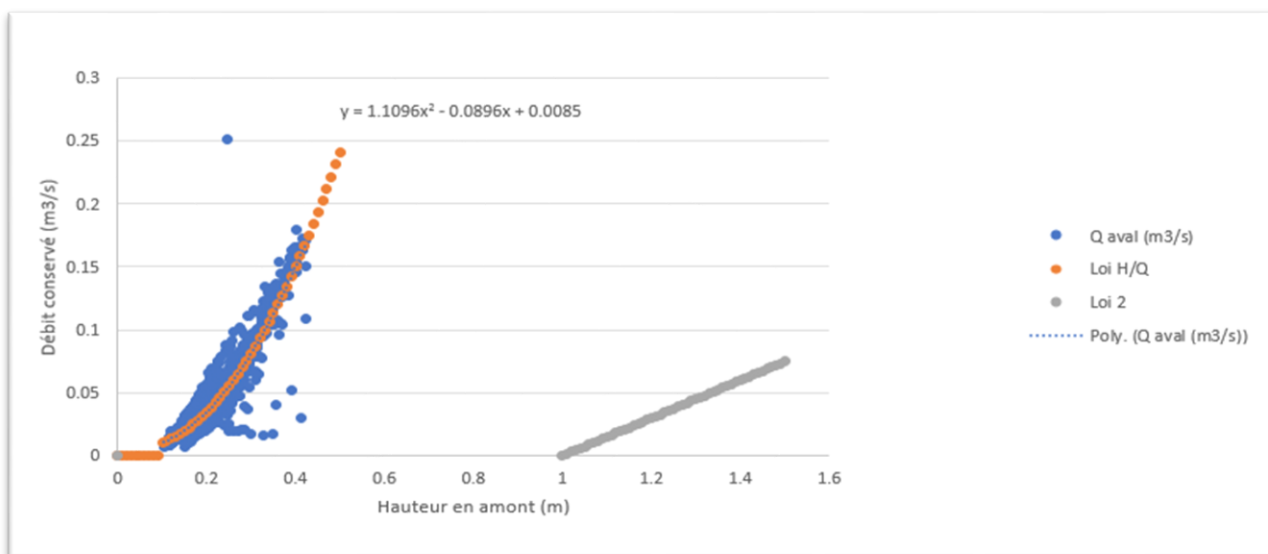


Figure 40 : Lois Hauteur-Débit représentant le fonctionnement du déversoir d'orage Strolz

- La première loi a été déterminée à partir des données mesurées à l'amont et à l'aval du siphon pour une plage de données inférieure à la hauteur du seuil ;
- La seconde loi a été déterminée en utilisant les mesures de hauteur à l'amont du siphon pour des valeurs supérieures à 1 m et les débits traversant le siphon.

Ces deux lois ont été intégrées dans le modèle ICM sous forme de deux pompes différentes, contrôlées par des consignes spécifiques de fonctionnement définies dans le module RTC (Real Time Control) du logiciel.

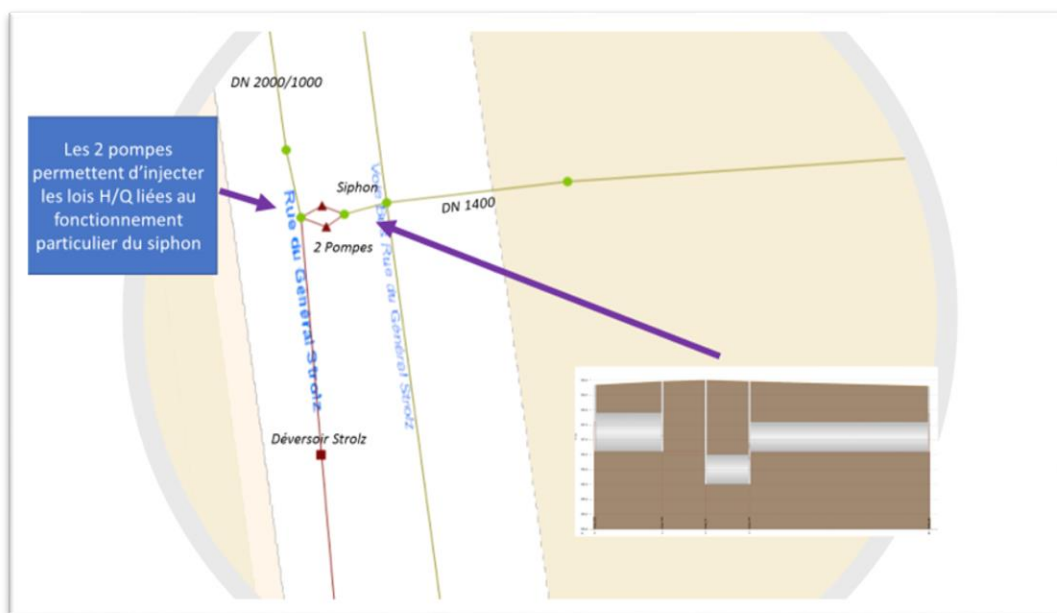


Figure 41 : Modélisation du siphon Strolz sous Infoworks

6.3 Modélisation sommaire du déversoir A2 du système de traitement

Même si l'ouvrage est situé en dehors du périmètre d'étude, nous avons ajouté au modèle les ouvrages en tête de STEP permettant de by-passer les débits excédentaires par temps de pluie avant le prétraitement de la station de traitement des eaux usées.

Le point A2 du système d'assainissement de l'agglomération d'assainissement du Grand Belfort correspond à l'addition du flux déversé par les deux déversoirs en tête de station : un premier déversoir en entrée de station et une deuxième surverse à l'amont du bassin d'orage (cf. graphe ci-après).

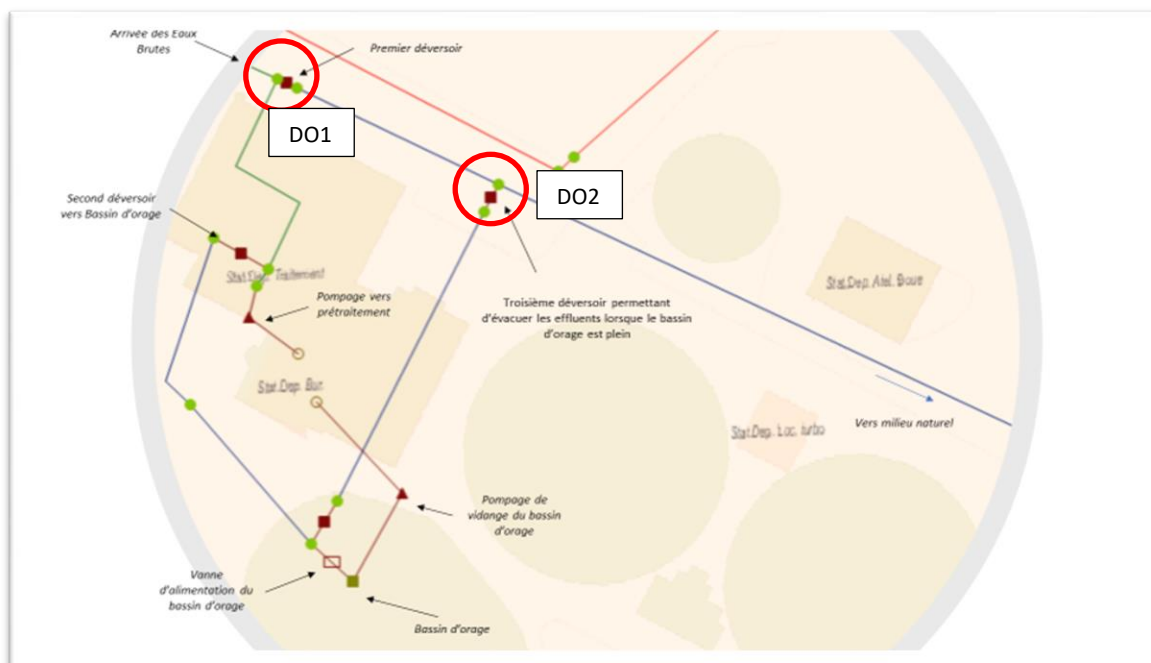


Figure 42 : Modélisation des déversoirs de tête de STEP

Afin de modéliser correctement le fonctionnement des flux avant l'arrivée dans la partie de traitement de la station d'épuration, nous avons intégré des consignes de fonctionnement spécifiques à ces ouvrages :

- Consigne 1 : ouverture/ fermeture de la vanne permettant le remplissage du bassin d'orage.
- Consigne 2 : démarrage/arrêt de la pompe de vidange du bassin d'orage.

6.4 Intégration du débit de temps sec

Le temps sec a été intégré de la façon suivante :

- Sur la zone d'étude, le temps sec provient des mesures réalisées lors de la campagne et de son exploitation ;
- Pour les apports provenant des communes d'Offemont et Valdoie (y compris les communes situées en amont), le temps sec a été déterminé à l'aide du nombre d'habitants raccordés au réseau ;
- Sur l'ensemble de la commune de Belfort (à l'exception du bassin versant Strolz et l'amont du déversoir Jaurès-Lavandières), le temps sec a été déterminé à l'aide des mesures disponibles en entrée de station d'épuration.

6.4.1 Intégration du débit de temps sec dans la zone d'étude

Concernant les débits de temps sec de la zone d'étude, il a été déterminé au niveau de quatre points de mesures :

- En amont du déversoir Strolz ;
- Au droit du point P2 ;
- Au droit du point P3 ;
- Au droit du point P5.

Voici la répartition des débits de temps sec par point de mesures :

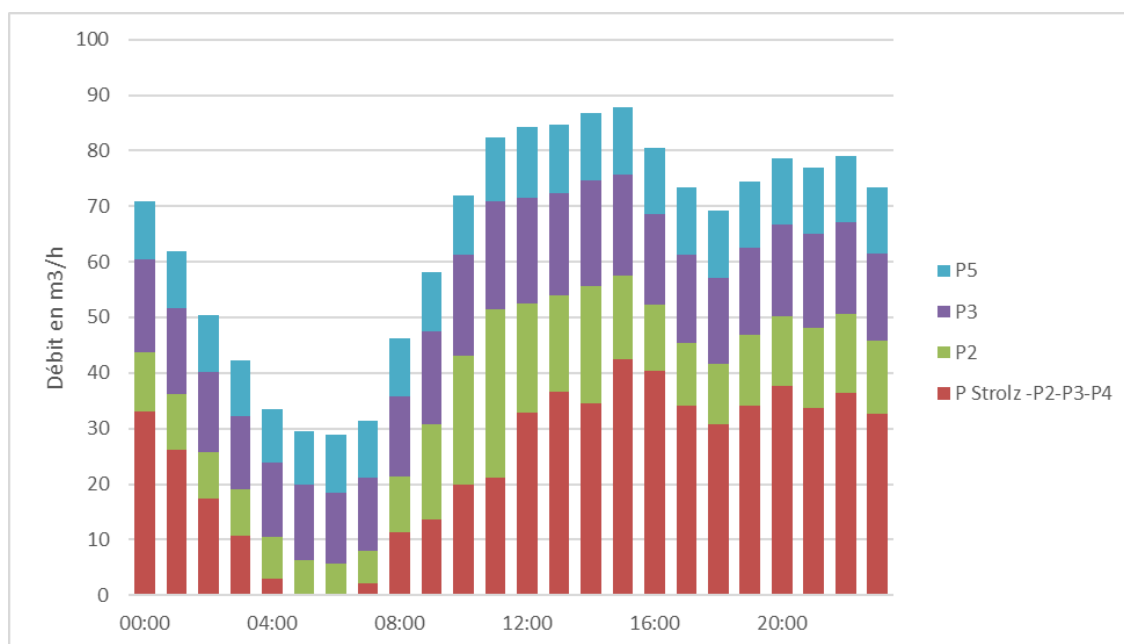


Figure 43 : Répartition du temps sec en fonction points de mesures

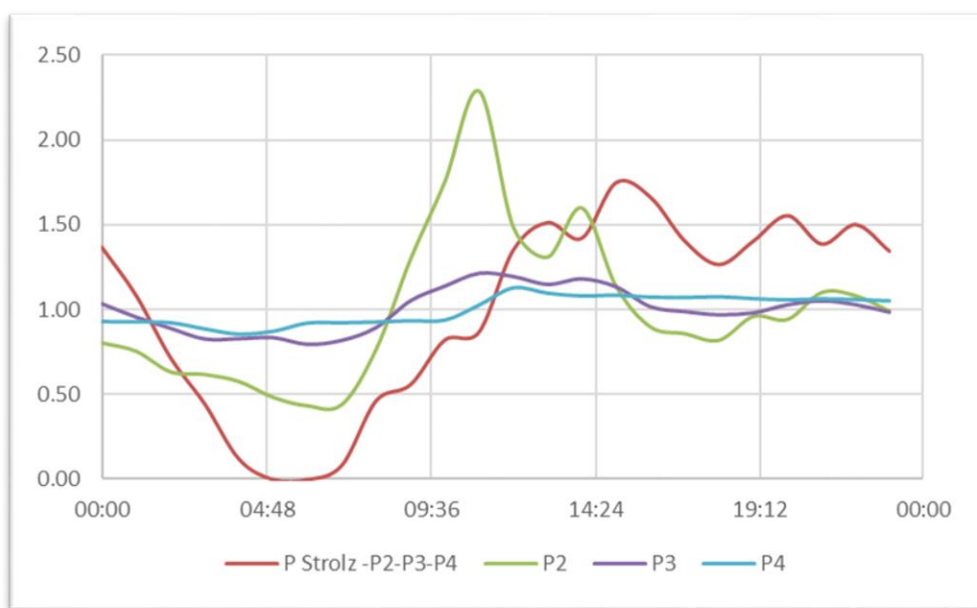


Figure 44 : Profil adimensionnel de temps sec

6.4.2 Intégration du débit de temps sec provenant des communes d'Offemont et Valdoie

Dans le modèle hydraulique du Schéma Directeur des Eaux Pluviales 2016-2019, nous retrouvons 5 injections différentes afin de représenter les arrivées d'eaux usées provenant des communes d'Offemont (4) et de Valdoie (1) .

Les populations raccordées des communes situées en amont du réseau de la commune de Belfort sont réparties suivant le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Répartition de la population des communes en amont du réseau raccordée à la station de Belfort

Injection	Communes	Population raccordée à la STEP	Pourcentage	Population	Pop/injection
Offemont	Offemont	3825	100%	3825	4458
	Vettrigne	633	100%	633	
Valdoie 1	Valdoie	5384	25%	1346	1346
Valdoie 2	Valdoie	5384	25%	1346	2386
	Evette Salbert	1040	100%	1040	
Valdoie 3	Valdoie	5384	25%	1346	2132
	Sermamagny	786	100%	786	
Valdoie 4	Valdoie	5384	25%	1346	2274
	Eloie	928	100%	928	

La population raccordée à la STEP de Belfort de la commune de Valdoie a été divisée et répartie équitablement entre les 4 injections provenant de la commune de Valdoie.

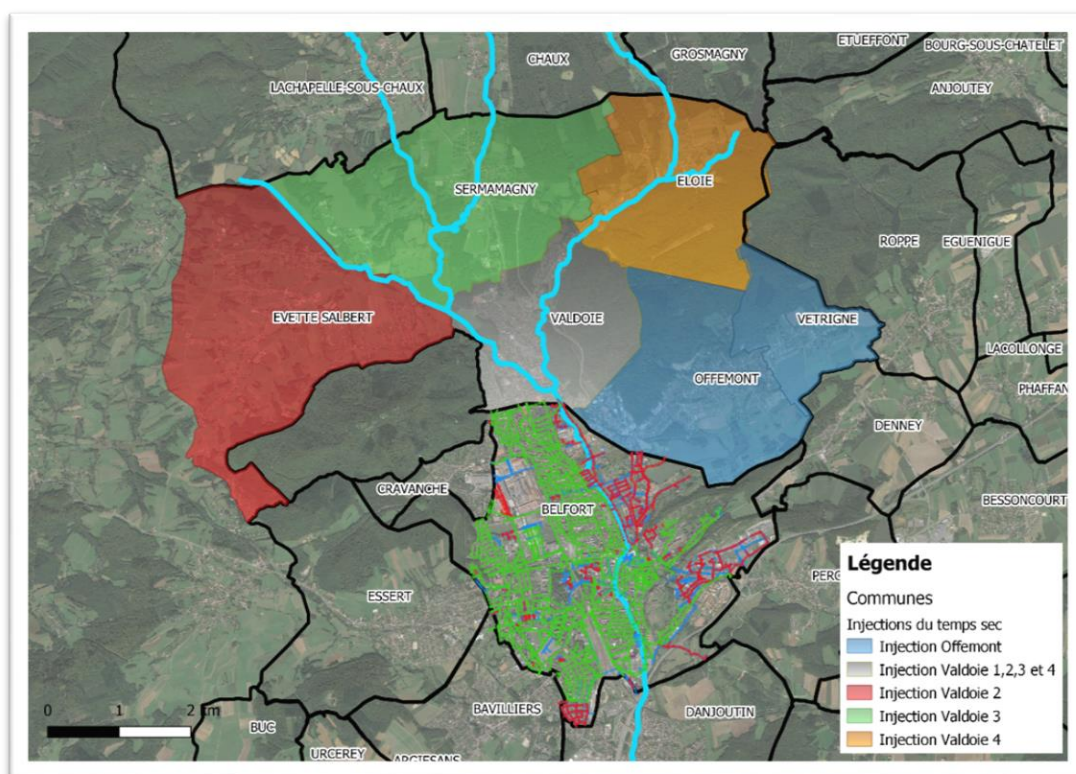


Figure 45 : Injections de temps sec pour les communes situées en amont du réseau modélisé

Le profil de temps sec pour les injections des débits provenant des différentes communes a été déterminé à l'aide du profil de temps sec moyen au niveau de la mesure d'autosurveillance la plus proche.

Le volume rejeté par habitant a été défini à partir des données de la littérature, à savoir 120 l/j/EH.

6.4.3 Intégration du débit de temps sur le reste de la commune de Belfort

Sur les parties restantes de la commune de Belfort, non contrôlés par des points de mesures, le volume de temps sec moyen a été estimé à partir du volume arrivant à la station d'épuration (environ 12 500 m³) auquel a été soustrait le volume de temps sec contrôlé par les points de mesures de la campagne.

Le volume obtenu a ainsi été réparti sur les bassins versants restants.

Le profil de débit de temps sec moyen de la station de traitement des eaux usées a été appliqué aux bassins versants restant.

Le profil de temps sec inséré et le volume correspondant sont issus des données d'autosurveillance de la station du 25/04/2020.

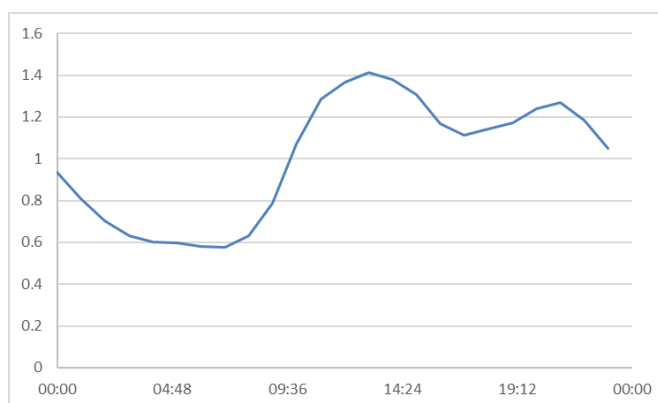


Figure 46 : Profil adimensionnel du temps sec inséré dans le modèle hydraulique.

7 CALAGE DU MODELE DU SECTEUR STROLZ

Le calage du modèle a été réalisé uniquement sur la zone d'étude, c'est-à-dire sur le bassin versant d'apports du déversoir Strolz.

7.1 Principe du calage

La phase de calage du modèle est une étape indispensable afin de s'assurer de la bonne représentativité du réseau modélisé. Elle consiste à comparer les résultats d'une simulation avec les mesures réalisées en réseau sur la même période et à ajuster les paramètres du modèle en fonction des éventuels écarts obtenus pour rapprocher le fonctionnement du modèle des réseaux d'assainissement de la réalité.

Le calage est réalisé en deux temps :



Le calage du temps sec dans un modèle peut paraître superflu, mais dans le cadre de l'évaluation de l'impact sur le milieu naturel, les quelques centimètres induits par le temps sec seront peut-être l'élément déclencheur d'un déversement.

Les critères de validation du calage concernent les limites de tolérance admissibles des écarts entre les valeurs observées et simulées. Trois degrés de précision sont proposés pour évaluer la précision du calage du modèle.

Tableau 7 : Seuils de validation pour le calage

Critère	Seuil	Caractérisation
Pour les pointes de débit, de hauteur et le volume total	Ecart < 20%	Précis
	20% < écart < 35%	Correcte
	35% < écart < 50%	Médiocre
	Ecart > 50%	Mauvais

Les priorités du calage sont dans l'ordre suivant :

- Le débit de pointe ;
- La hauteur de pointe ;
- Le volume.

7.2 Calage de temps sec

Afin de vérifier que le temps sec a été correctement réparti sur l'ensemble des bassins versants, nous avons comparé le profil de temps sec mesuré et les résultats de la simulation de temps sec.

Les écarts ainsi obtenus ont été tous inférieurs à 3% en termes de volume et inférieur à 10% en termes de débit de pointe.

Les résultats du calage de temps sec sont disponibles en **Annexe 5**.

7.3 Calage par temps de pluie

7.3.1 Choix des pluies de calage

Le calage par temps de pluies a été fait à l'aide de 4 pluies différentes ayant eu lieu pendant la campagne.

Ces quatre pluies ont été sélectionnées à partir des critères suivants :

- Il s'agit de pluies enregistrées par une majorité d'appareils de mesures ;
- la forme des hydrogrammes mesurés par les appareils de mesures ressemble à celle de hyétogrammes mesurés par le pluviomètre de référence (STEU de Belfort) ;
- l'hétérogénéité en cumul et intensité des événements pluvieux choisis.

Tableau 8 : Caractéristiques des pluies de calage

	Date de début	Date de fin	Cumul (mm)	Durée (hh:mm)	Type	Occurrence sur 2H
Pluie 1	16/06/2020 14:35	16/06/2020 17:05	11.4	02:30	Pluie courte	2 mois
Pluie 7	26/06/2020 07:15	26/06/2020 08:05	10.4	00:50	Pluie très courte	2 mois
Pluie 8	28/06/2020 02:45	28/06/2020 03:05	4.2	00:20	Pluie très courte	1 semaine
Pluie 9	28/06/2020 18:45	28/06/2020 22:50	7.8	04:05	Pluie courte	2 semaines < X < 1 mois

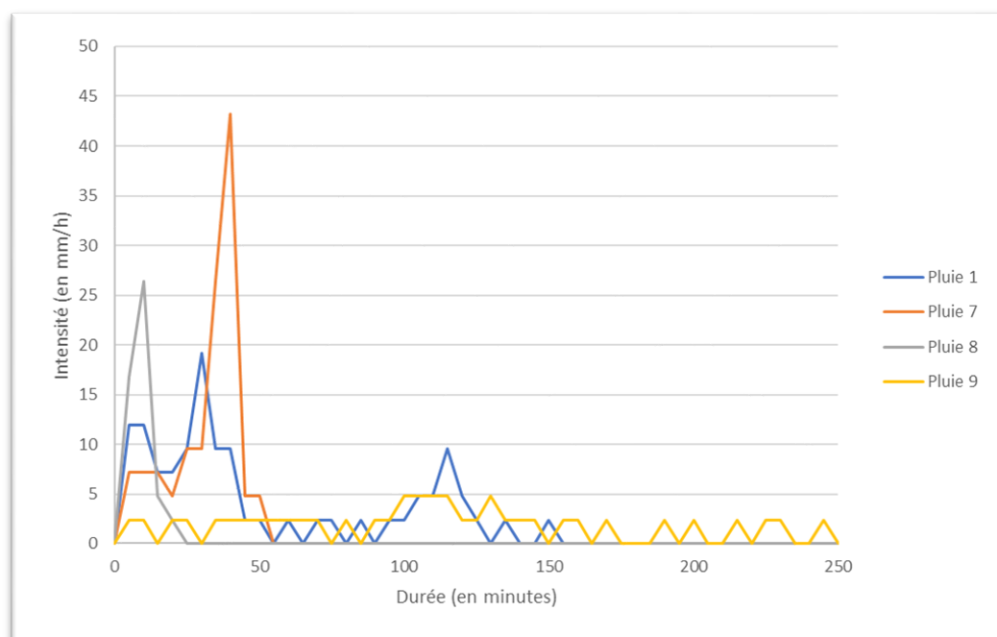


Figure 47 : Pluies retenues pour le calage

7.3.2 Résultats du calage

Le calage de la modélisation d'assainissement a été réalisé sur les 7 points de la campagne de mesures ainsi que sur les appareils d'autosurveillance du Grand Belfort, situés au droit des déversoirs Strolz et Jaurès-Lavandières.

Les résultats du calage sont présentés de manière détaillée dans l'**Annexe 6**. Ils sont synthétisés dans le tableau et figures suivants.

Tableau 9 : Résultats du calage du temps de pluie

	% Erreur Volume	% Erreur Qmax	% Erreur Hmax
P1	+44%	+41%	+24%
P2	+14%	+19%	+9%
P3	+24%	+10%	+15%
P4	+9%	+17%	+4%
P5	+22%	+16%	+29%
P6	+/- 112%	+5%	+57%
P7	+27%	+36%	+4%
Amont Strolz	+18%	+22%	+42%
Aval Jaurès	+19%	+8%	+3%

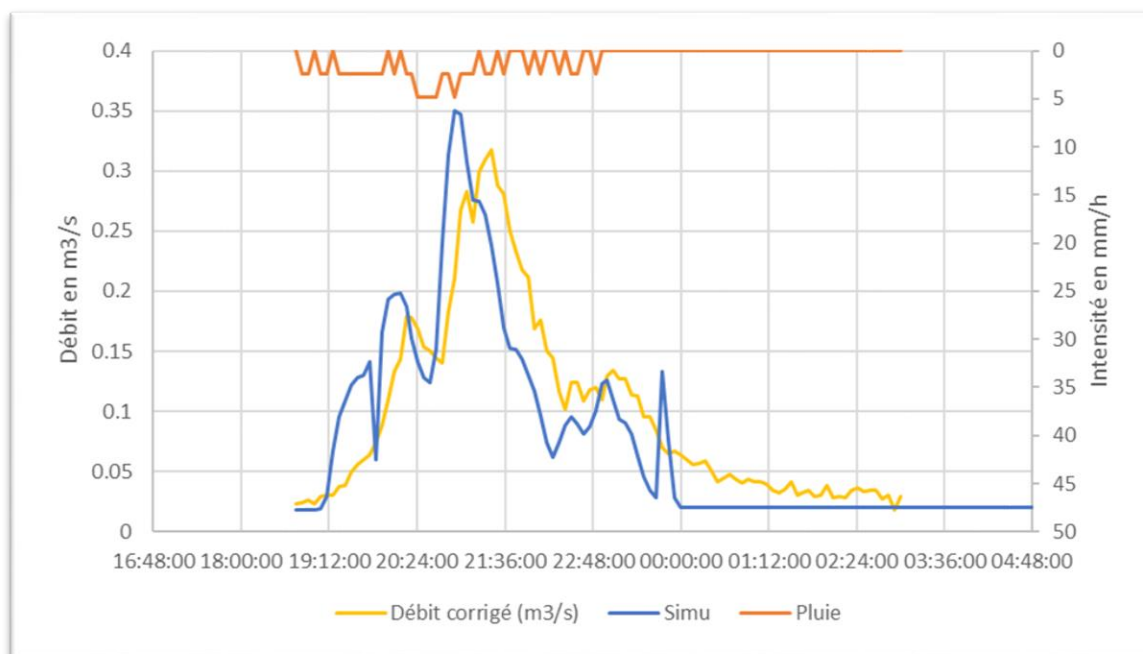


Figure 48 : Comparaison courbes mesurées et simulées - Amont DO Strolz

Nous observons un calage globalement précis. Des écarts raisonnables sont constatés au droit des points P1, P6 et Amont Strolz :

- Concernant P1, les écarts de volumes à l'aval du déversoir d'orage Strolz (P1) s'expliquent par le fait d'un long ressuyage après la pluie, partiellement représenté par le modèle hydraulique (cf. graphique ci-dessous) ;

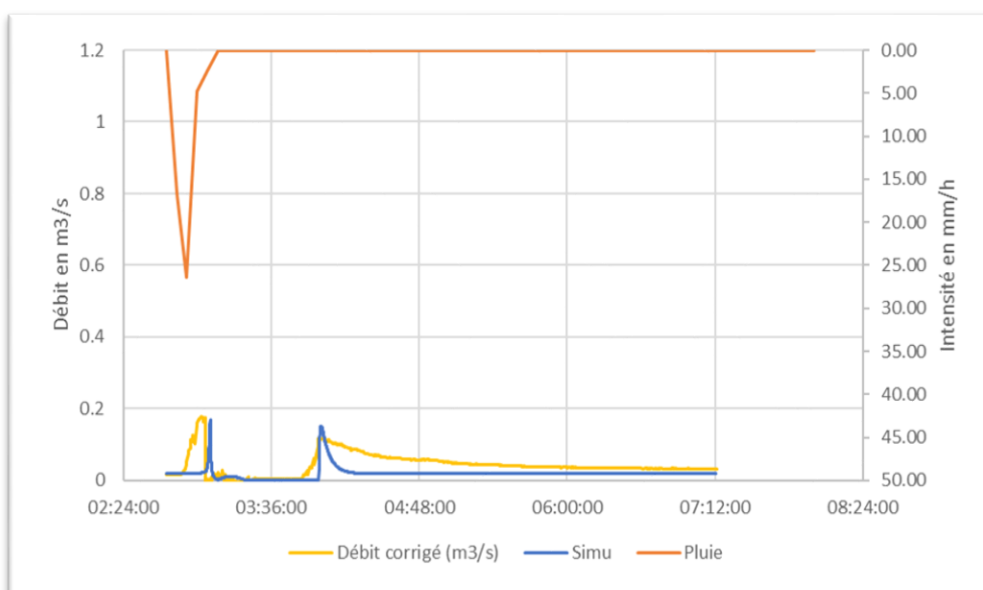


Figure 49 : Résultat du calage au droit du P1 pour la pluie 8

- Concernant P6, les écarts de volumes sont importants de façon relative, mais en absolu les débits de pointes sont très faibles (inférieures à quelques litres par secondes) ;
- Concernant l'amont du déversoir d'orage Strolz, nous observons un écart au niveau de la hauteur maximale (+42 %). Cela s'explique par le fait que les mesures de hauteur de l'appareil du Grand Belfort sont limitées à 1 m alors que en réalité la hauteur peut continuer à monter (Cf graphique ci-dessous).

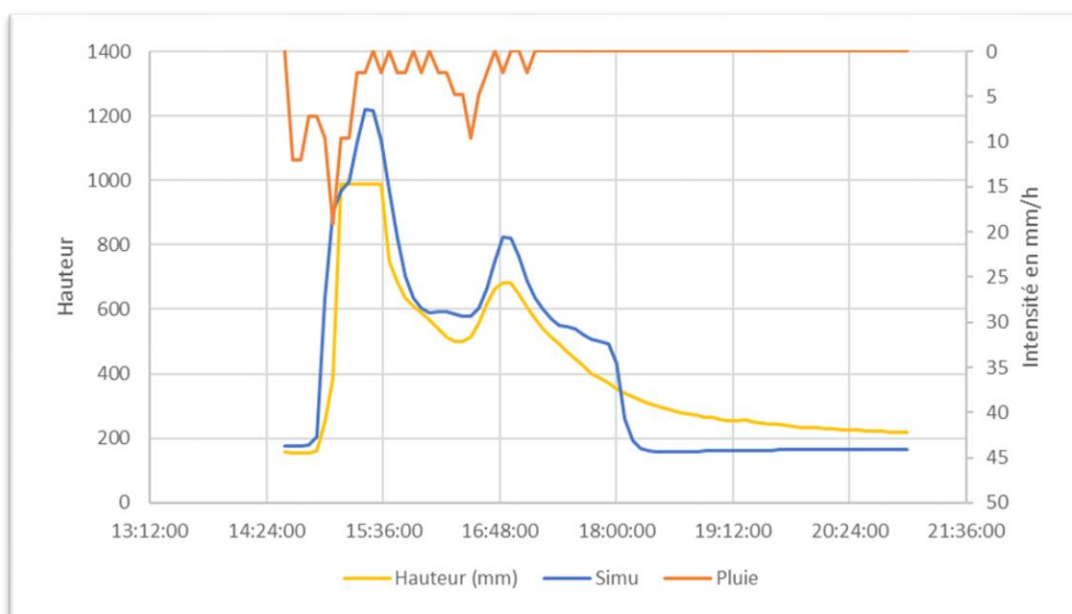


Figure 50 : Résultat du calage à l'amont Strolz pour la pluie 1



Ce qu'il faut retenir...

Les résultats du calage de temps sec et temps de pluie sont satisfaisants.

Par temps sec, les écarts entre les valeurs mesurées et modélisées sont négligeables.

Par temps de pluie, nous observons un bon ajustement général des points. Néanmoins, certains écarts de volume persistent. Ils sont principalement liés à la différence entre la pluie réellement tombée sur le bassin versant en amont du point de mesures concerné et la pluie mesurée par le pluviomètre, mais aussi au ressuyage du réseau, difficile à reproduire avec le modèle.

Au vu de ces résultats, on peut considérer que le modèle numérique représente correctement le fonctionnement hydraulique des réseaux d'assainissement sur le secteur d'étude en période de nappe basse.

8 DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT

8.1 Analyse du fonctionnement du secteur Strolz

Une fois le modèle hydraulique validé, un diagnostic hydraulique du système a été réalisé.

Nous avons testé le réseau pour deux types d'évènements pluvieux :

- Pluies courantes issues de la campagne de mesures ;
- Pluies exceptionnelles issues d'une définition théorique (dites « Pluies de projet »).

8.1.1 Analyse des pluies courantes

Des simulations ont été réalisées pour des pluies courantes, tombées pendant la campagne, plus précisément, le 16/06/2020 et 28/06/2020 :

Tableau 10 : Pluie réelle analysée

	Date de début	Date de fin	Cumul (mm)	Durée en heures	Occurrence sur durée total de la pluie
Pluie	16/06/20 20 14:35	16/06/20 20 17:05	11.4	2 h 30	2 mois
Pluie	28/06/20 20 18:45	28/06/20 20 22:50	7.8	4 h	1 semaine < X < 2 semaines

Les simulations ont permis de constater que :

- Le déversoir Strolz déverse dès qu'une pluie génère un débit supérieur à 200 l/s, ce qui correspond en période de nappe basse à une pluie d'occurrence 1 semaine.
Ce déversement est dû principalement aux particularités de l'ouvrage Strolz (déversoir+ siphon) :
 - Coude à 90 pour le débit conservé ;
 - Grille empêchant le passage d'objet dans le siphon ;
 - Niveau potentiel d'encrassement du siphon (non constaté lors de nos visites).
- Les pertes de charges à l'amont du siphon sont relativement importantes. A titre d'exemple, elles sont d'environ 80 cm pour un débit de 850 l/s.

Les débits et les hauteurs d'eau pour chaque pluie de calage (« pluies courantes ») sont présentés en **Annexe 9**.

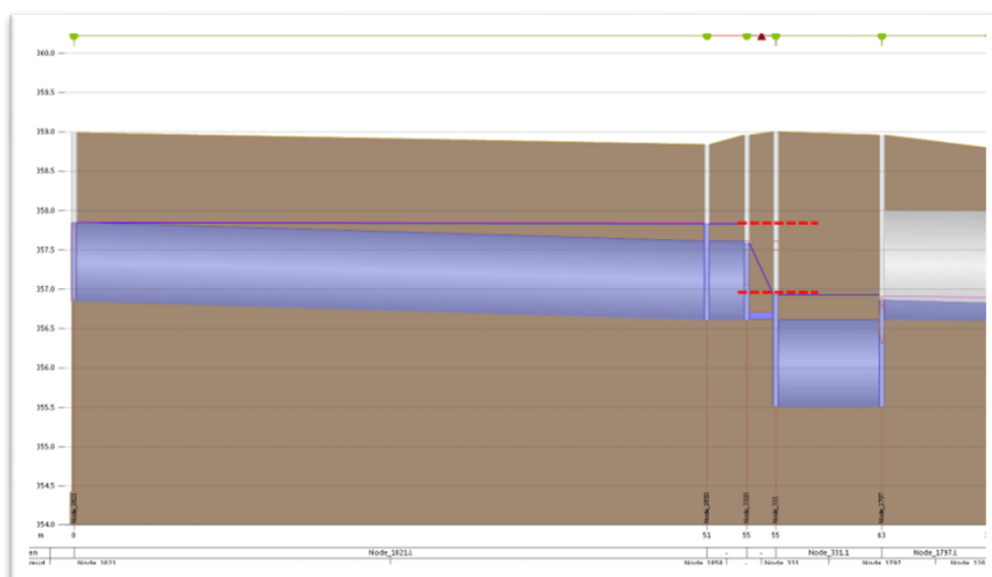


Figure 51 : Profil en long au droit du déversoir Strolz pour la pluie du 16/06/2020

- L'analyse du taux de remplissage du réseau en amont du déversoir Strolz pour une pluie courante (période de retour d'environ 1 semaine) montre que le secteur en amont du déversoir Strolz présente un taux de remplissage faible (inférieur à 20%), excepté à l'amont direct du déversoir Strolz où le taux de remplissage est d'environ 50% et provoque déjà des déversements vers le milieu naturel. Cela est dû principalement à l'influence du siphon Strolz et aux caractéristiques du déversoir.

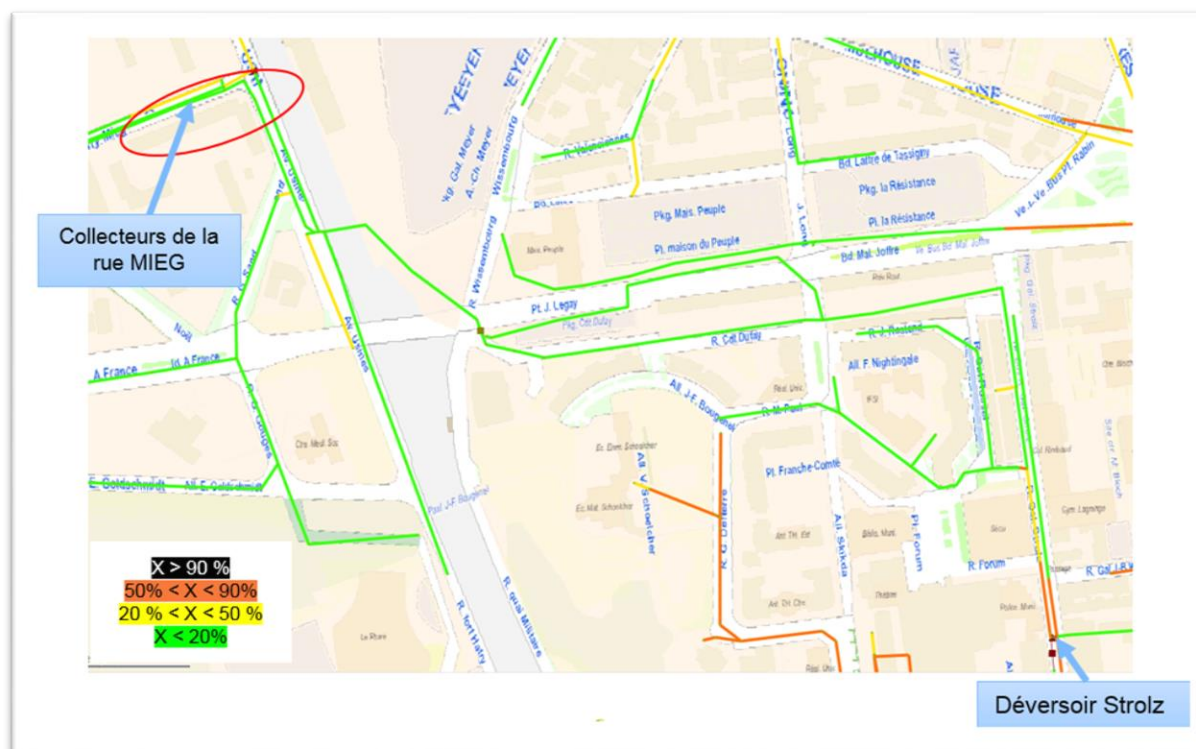


Figure 52 : Taux de remplissage du secteur en amont du déversoir d'orage Strolz pour une pluie de période de retour 1 semaine

8.1.2 Analyse de la pluie 19/10/2019

Nous avons réalisé la simulation de l'évènement pluvieux de 19 octobre 2019, évènement qui a sollicité fortement le réseau d'assainissement. Il a été classé selon les coefficients de montana de Bâle-Mulhouse entre 6 mois et 1 an de période de retour pour une durée de 6 heures.

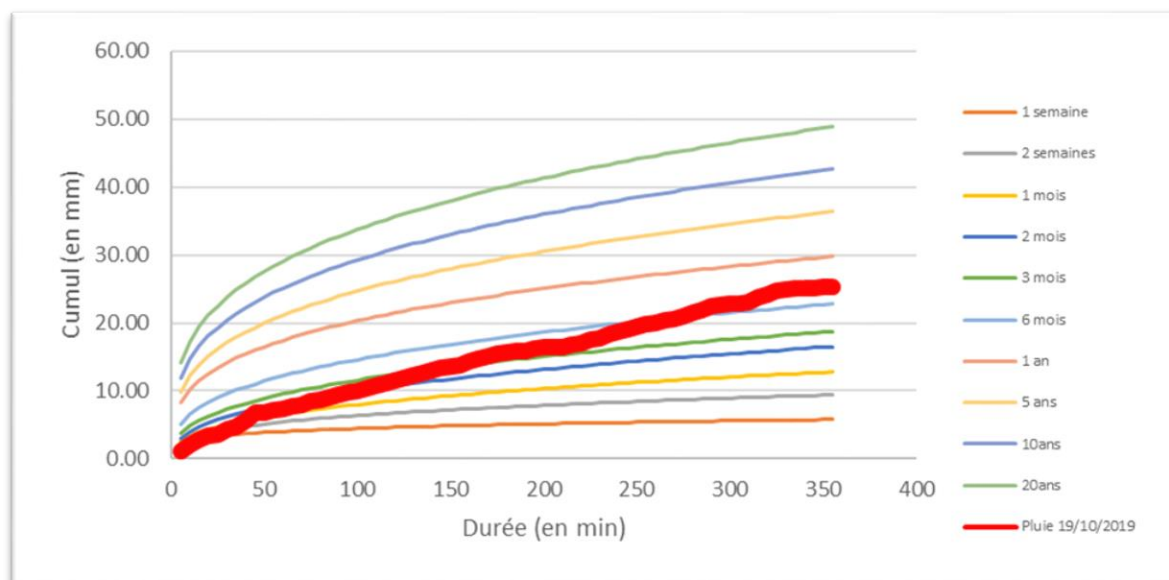


Figure 53 : Période de retour de la pluie du 19/10/2019

Nous tenons à signaler que les jours qui ont précédé et succédé la journée du 19/10/2019 ont été pluvieux.

Le graphe suivant montre le fonctionnement du réseau à l'amont du déversoir d'orage Strolz réalisé grâce au modèle hydraulique.

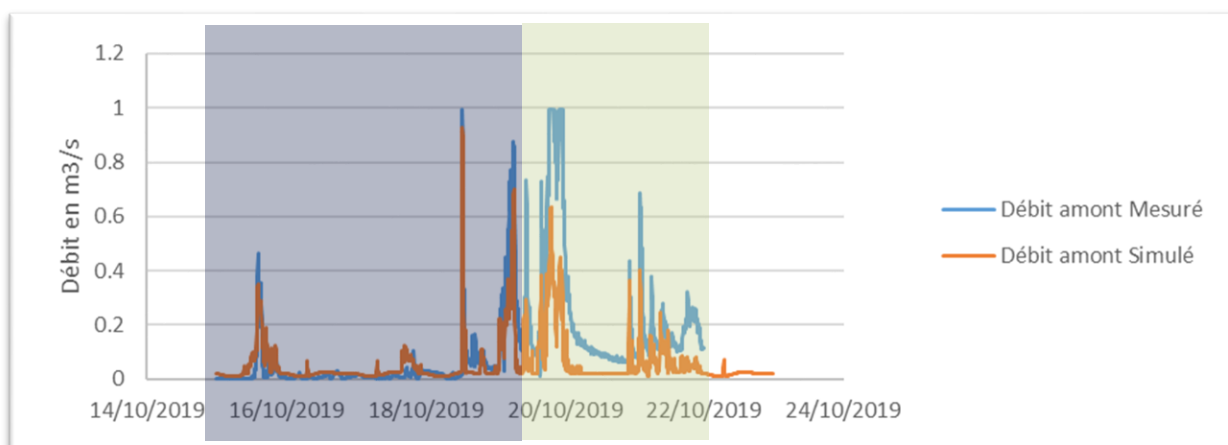


Figure 54 : Comparaison entre la simulation et la mesure pour la pluie du 19/10/2020

Nous observons le comportement suivant :

- le modèle s'ajuste bien à la mesure lors des premières journées de pluie entre le 16/10/2019 et 19/10/2019 ;
- A partir du 19/10, le modèle sous-estime les volumes mesurés par les appareils en place. Nous expliquons cela par les limites du modèle à représenter correctement la saturation des

sols après plusieurs jours de pluie et l'évolution dans le temps des coefficients de ruissellement.

8.1.2.1 Débits et volumes provenant des « sous-secteurs » du bassin versant amont Strolz

La figure ci-dessous montre les débits max et les volumes provenant des différents sous-secteurs.

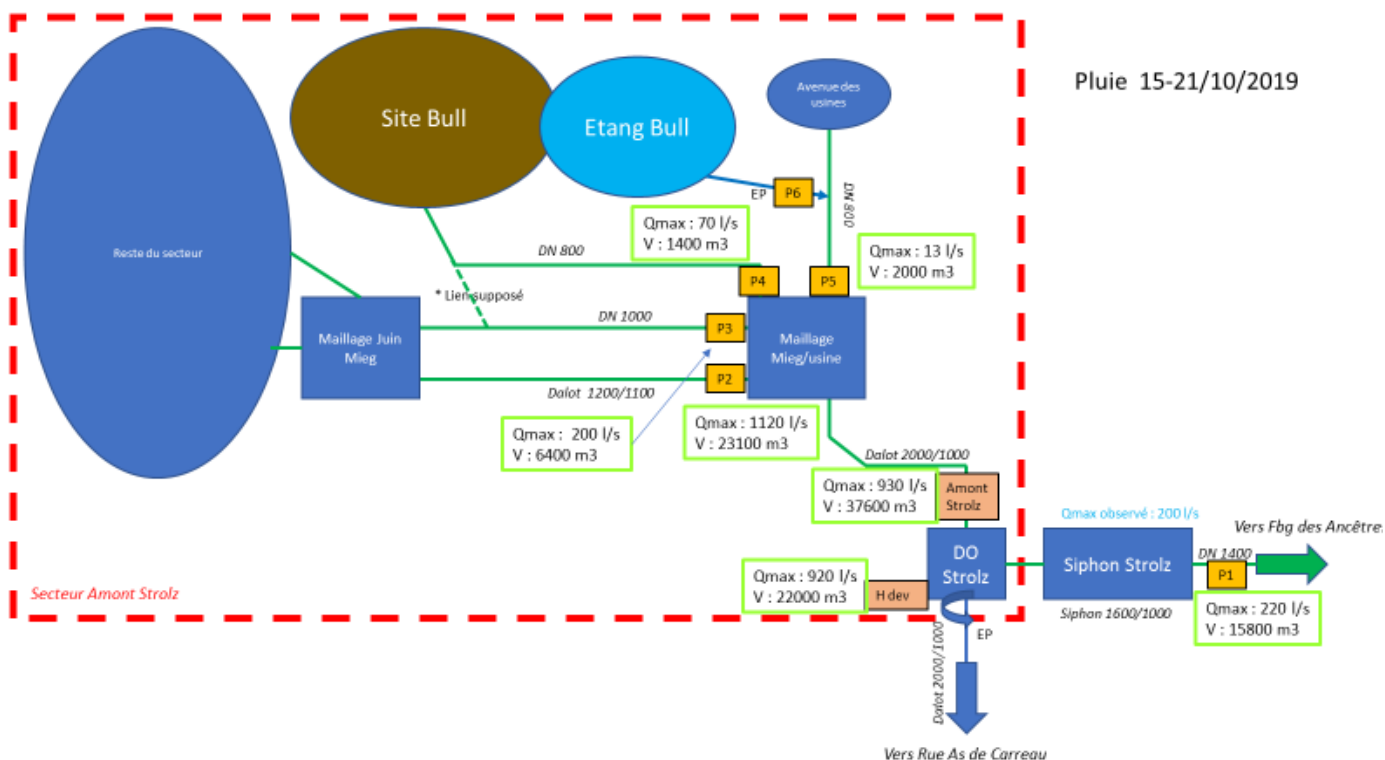


Figure 55 : Synoptique de fonctionnement de la zone d'étude lors de la pluie d'Octobre 2019

Nous observons que presque 80% des volumes arrivant au déversoir Strolz proviennent des collecteurs de la rue Mieg.

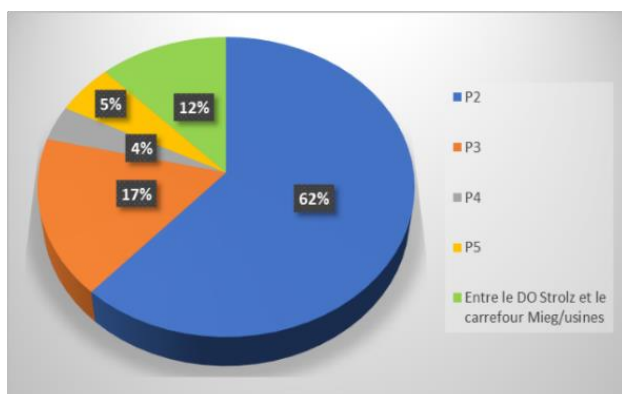


Figure 56 : Répartition des volumes en fonction de leur origine

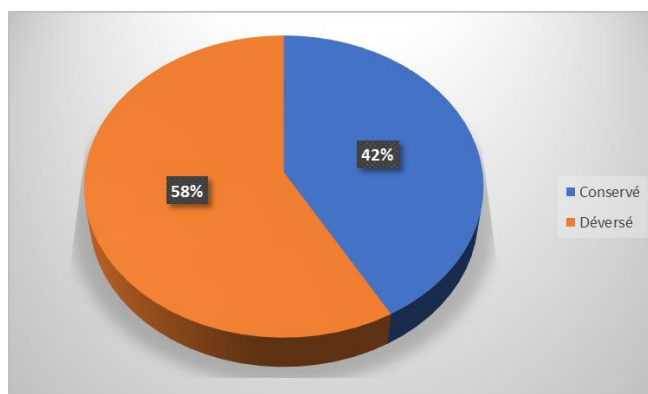


Figure 57 : Répartition des volumes au droit du déversoir d'orage Strolz

8.1.2.2 Hauteur d'eau et débit dans les collecteurs de la rue Mieg

Sur les graphiques ci-dessous on peut voir les hauteurs d'eau et les débits des collecteurs de la rue Mieg lors de la pluie d'Octobre 2019.

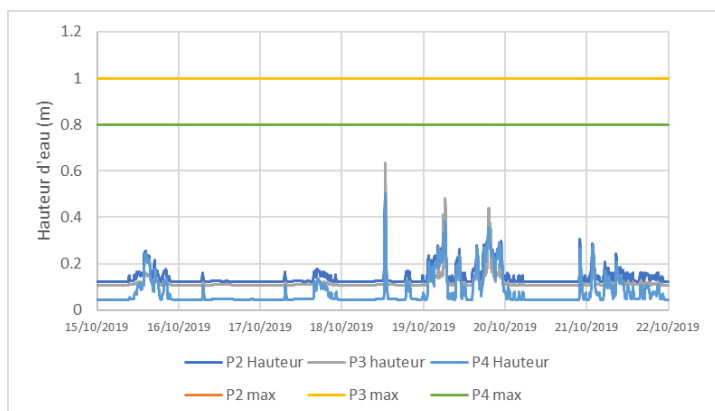


Figure 58 : Hauteur d'eau dans les collecteurs de la rue MIEG

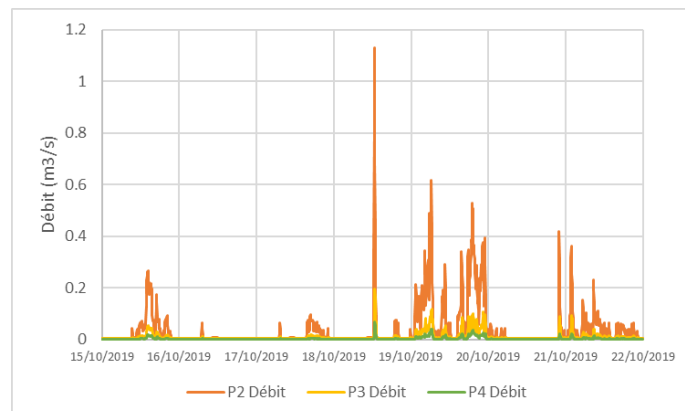


Figure 59 : Débit dans les collecteurs de la rue MIEG

Les hauteurs d'eau dans les collecteurs de la rue MIEG sont relativement faibles. Les collecteurs sont sollicités au maximum à 60% alors que les débits déversés au droit du déversoir Strolz sont conséquents.

8.1.2.3 Profil en long depuis la rue Mieg jusqu'à l'aval du déversoir d'orage Strolz

La figure ci-dessous montre sur un plan le tracé du profil en long réalisé.

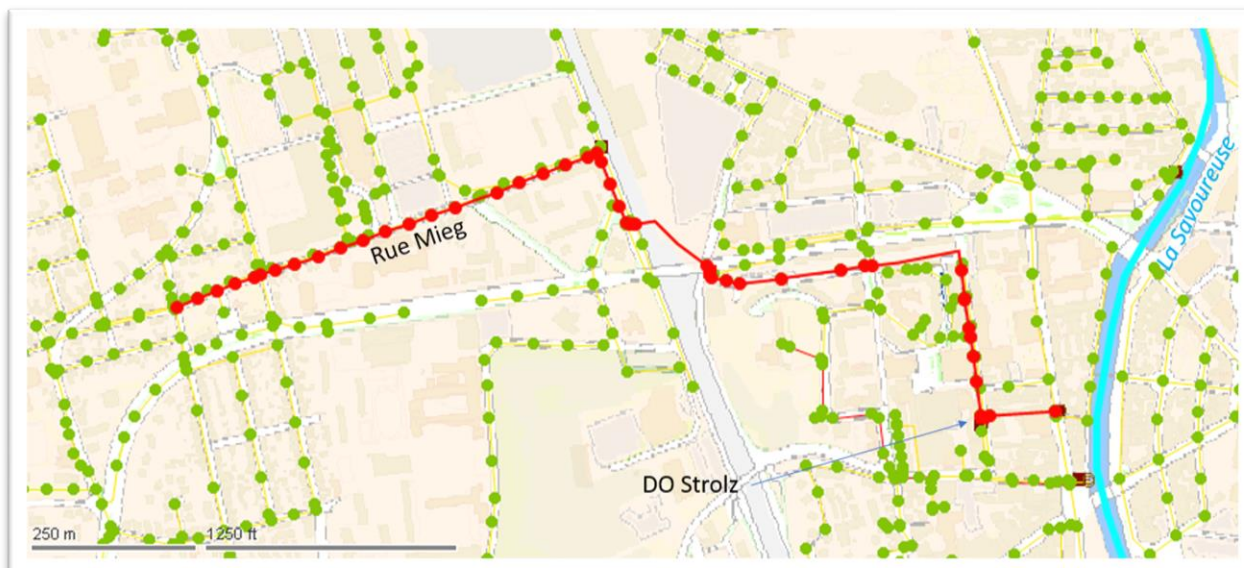


Figure 60 : Tracé du profil en long Mieg Strolz

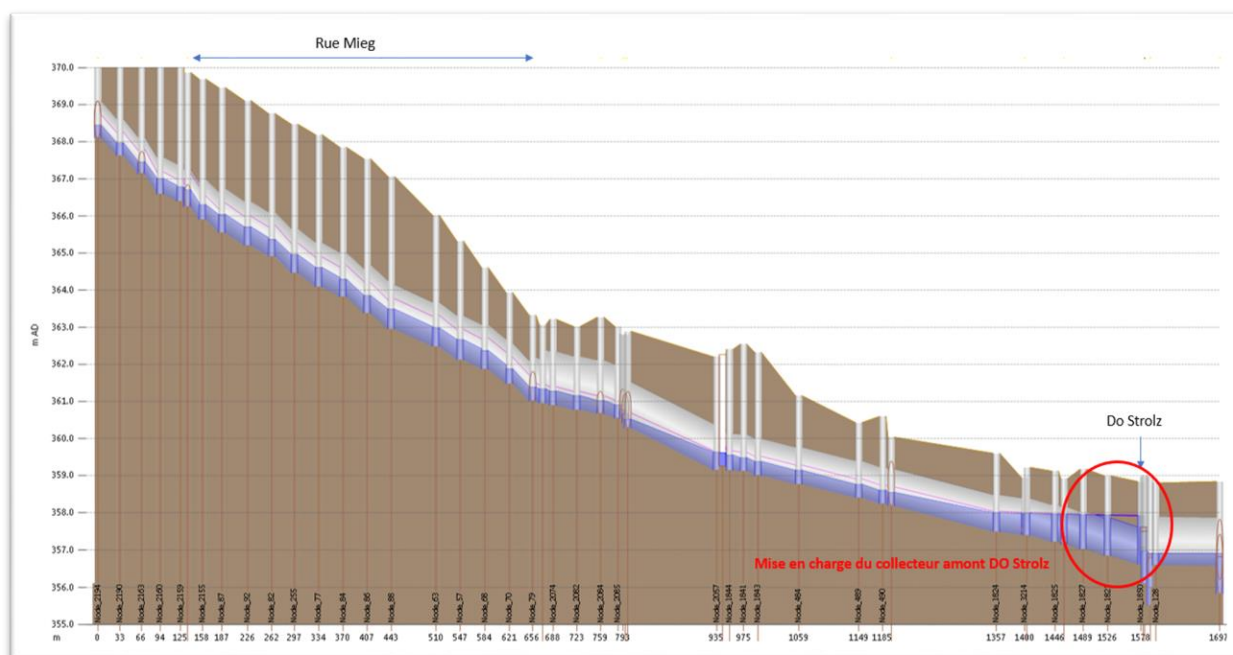


Figure 61 : Profil en long Mieg-Strolz

On peut constater que :

- Le déversoir Strolz provoque un frein hydraulique et fait remonter la ligne d'eau à l'amont ;
- Pour l'évènement d'octobre 2019, le collecteur à l'amont du déversoir d'orage Strolz est en charge ;
- La capacité des collecteurs de la rue Mieg est loin d'être atteinte (taux de remplissage max de 50% pour le collecteur Sud et 60% pour le collecteur Nord).

8.1.3 Analyse de l'année 2019

Finalement, nous avons complété le diagnostic avec la réalisation d'une simulation de longue durée pour estimer avec le modèle les volumes déversés sur une année pluviométrique.

Nous présentons ci-dessous les données collectées par le pluviomètre de la STEP de Belfort en 2019. Nous observons le nombre d'évènements pluvieux suivants :

- Cumul inférieur à 5 mm : 54 évènements ;
- Cumul entre 5 et 10 mm : 28 évènements ;
- Cumul entre 10 et 20 mm : 29 évènements ;
- Cumul supérieur à 20 mm : 11 évènements.
- **Total de évènements en 2019 : 122.**

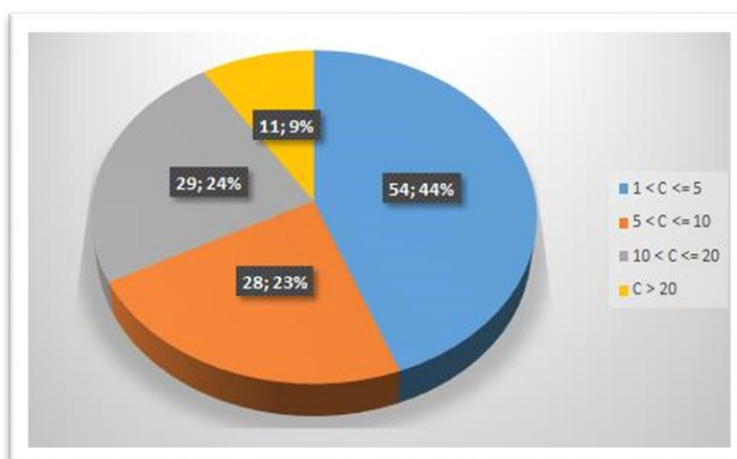


Figure 62 : Nombre d'événements pluvieux enregistrés par le pluviomètre de la STEP Belfort en 2019

Nous présentons ci-dessous les résultats de la simulation hydrologique et hydraulique de l'année 2019. Les surverses au niveau du DO Stolz ont été quantifiées sous forme de volume et de nombre de jours de déversement :

- Nombre de jours de déversement selon le modèle : 91
- Volumes déversés selon le modèle (et comparaison avec les données d'autosurveillance) :

DO Stolz	
Volume mesuré m3	139 054
Volume simulé m3	160 949
Ecart %	16

Ces résultats mettent en évidence la bonne représentativité du modèle hydraulique construit.

8.1.4 Analyse des pluies exceptionnelles

Le fonctionnement hydraulique des réseaux d'assainissement pour des événements pluvieux exceptionnels a été évalué afin d'évaluer la capacité d'évacuation du système et d'identifier les zones à risque de débordement.

8.1.4.1 Définition des pluies de projet

L'évaluation de la capacité hydraulique des réseaux a été réalisée pour 3 pluies théoriques à caractère exceptionnel, dites « pluies de projet ».

Les pluies de projet utilisées sont de type « double triangle » centrées (construites suivant la formule de Desbordes adaptée par Chocat, 1981). Ces pluies ont les caractéristiques suivantes :

- Pluie généralisée à l'ensemble de la zone d'étude ;
- Pluie de projet définie de type double triangle centré avec une durée intense de 1 heure, correspondant au temps de concentration des grands bassins versants, et une durée totale de 4 heures, afin d'intégrer une contrainte volumique dans l'analyse de fonctionnement des ouvrages.

De telles pluies offrent une bonne représentativité de la structure réelle des précipitations. Elles sont actuellement utilisées dans le dimensionnement des ouvrages d'assainissement de façon unanime et permettent de vérifier le comportement hydraulique des réseaux pour une pluie de référence.

Les caractéristiques des pluies de projet utilisées sont définies par les coefficients de Montana (a et b) à la station Bale Mulhouse, Météo France. Ceux-ci ont été déterminés à partir de l'analyse statistique de la pluviométrie sur la période 1982-2016 et permettent de calculer la hauteur de pluie précipitée h (mm) en fonction de la durée t (min) de l'événement pluvieux et de la période de retour de celui-ci.

La hauteur précipitée h est calculée d'après la formule suivante :

$$h = a * t^{1-b}$$

Les coefficients de Montana utilisés et les cumuls de pluies calculés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Coefficients de Montana (source : station Bale Mulhouse, Météo France)

Pluie de projet (Durée Total = 4 heures / Durée intense = 1 heure)				
Période de retour	Montana		Cumul de pluie	
	a	b	Cumul total mm	Cumul intense mm
10 ans	7.38	0.701	38	29
20 ans	8.8	0.708	44	33
50 ans	10.78	0.716	51	38

Le graphe ci-dessous synthétise les pluies de projet retenues pour la simulation hydraulique de phénomènes pluvieux exceptionnels.

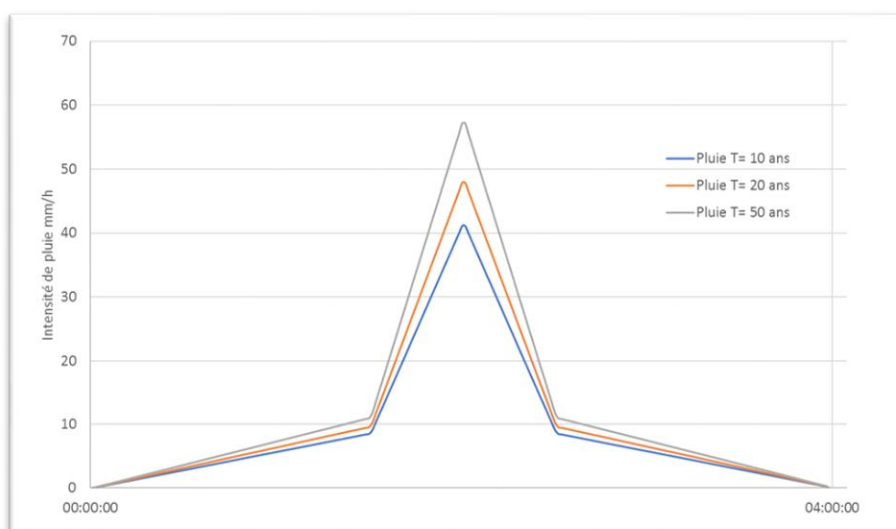


Figure 63 : Pluies de projet

8.1.4.2 Résultats hydrauliques

Les résultats obtenus pour les différentes simulations hydrologiques et hydrauliques effectuées pour des pluies de projet (10, 20, et 50 ans) sont présentés à partir de deux paramètres : taux de remplissage et risque de débordement.

○ Répartition des débits et des volumes provenant des « sous-secteurs » du bassin versant amont Strolz

La figure ci-dessous montre les débits max et les volumes provenant des différents sous-secteurs pour la pluie de projet de période de retour 10 ans.

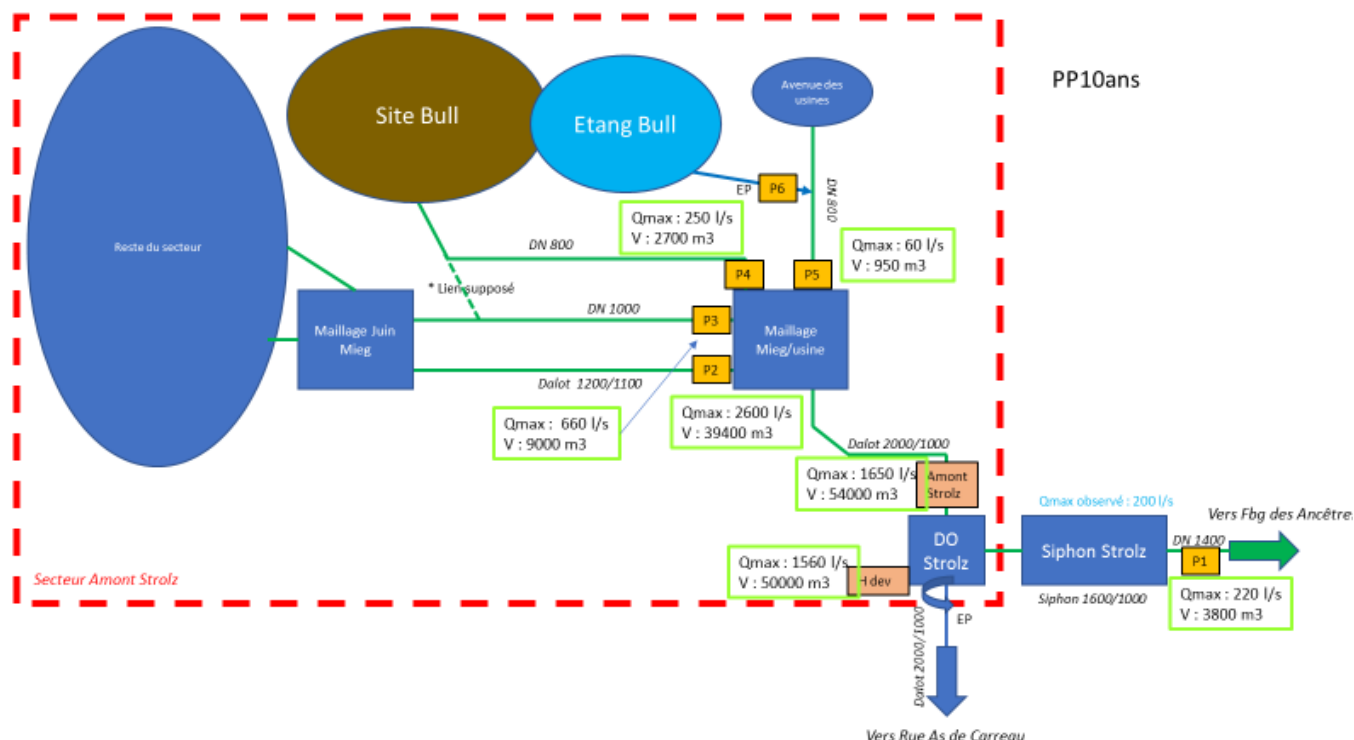


Figure 64 : Synoptique de fonctionnement de la zone d'étude lors d'une pluie décennale

Les résultats montrent que 90 % des volumes arrivant au déversoir Strolz proviennent des collecteurs de la rue Miege.

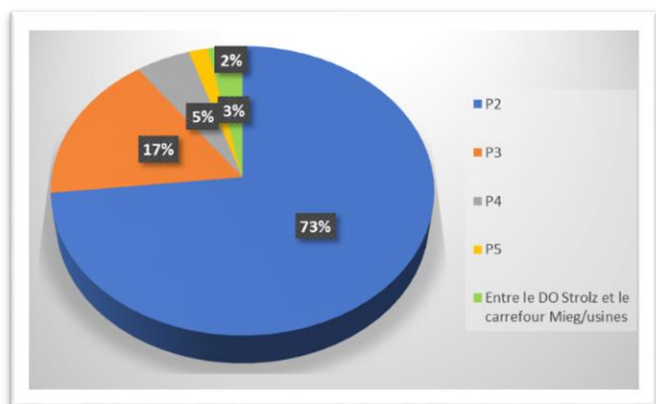


Figure 65 : Répartition des volumes en fonction de leur origine

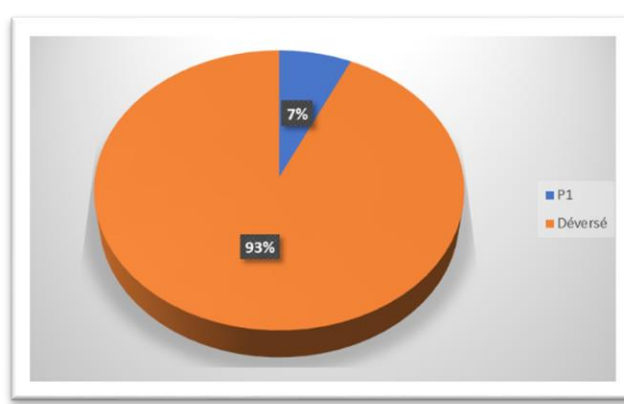


Figure 66 : Répartition des volumes au droit du déversoir d'orage Strolz

Hydrogramme au niveau des différents secteurs

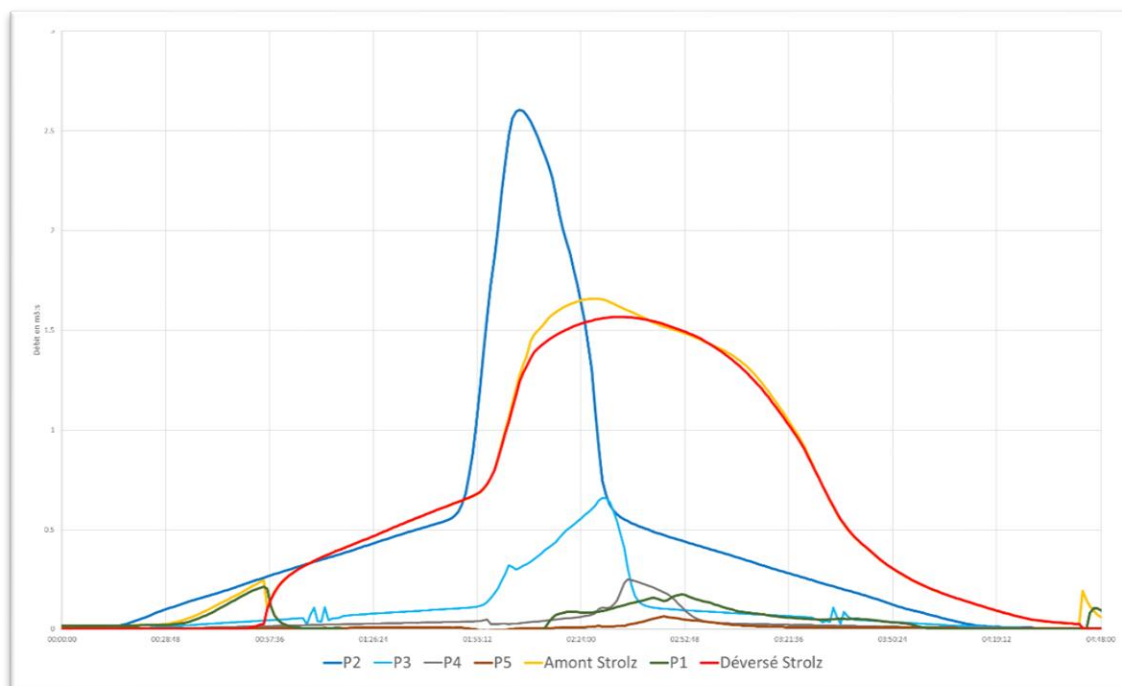


Figure 67 : Hydrogramme pour la pluie décennale

Le graphique ci-dessus montre que les capacités hydrauliques du collecteur déversé et du collecteur conservé du déversoir Strolz sont plus faibles que la capacité hydraulique des collecteurs de la rue Mieg. Cela provoque une montée de la ligne d'eau et un stockage en ligne dans la rue Strolz.

Taux de remplissage maximum

La carte ci-après montre la sollicitation hydraulique des conduites pour les événements pluvieux testés. Les résultats sont présentés selon la palette de couleurs suivante :

- Taux supérieur à 100 % → conduite très en charge et fortement sollicitée (couleur rouge) ;
- Taux entre 80 % et 100 % → conduite en limite de mise en charge (couleur orange) ;
- Taux entre 40 % et 80 % → pas de mise en charge (couleur jaune) ;
- Taux inférieur à 40 % → conduite peu sollicitée, pas de mise en charge (couleur bleu).

Risques de débordement

La carte représente également les hauteurs d'eau maximales dans les nœuds pendant la pluie. Les résultats sont présentés selon la palette de couleurs suivante :

- Nœuds ayant une hauteur d'eau à moins de 20 cm du terrain naturel ou le dépassant → conduite très en charge et fortement sollicitée et risque de débordement élevé (couleur rouge) ;
- Nœuds ayant une hauteur d'eau à plus de 20 cm en dessous du terrain naturel → conduite moyennement ou faiblement en charge avec un risque de débordement modéré (couleur vert).

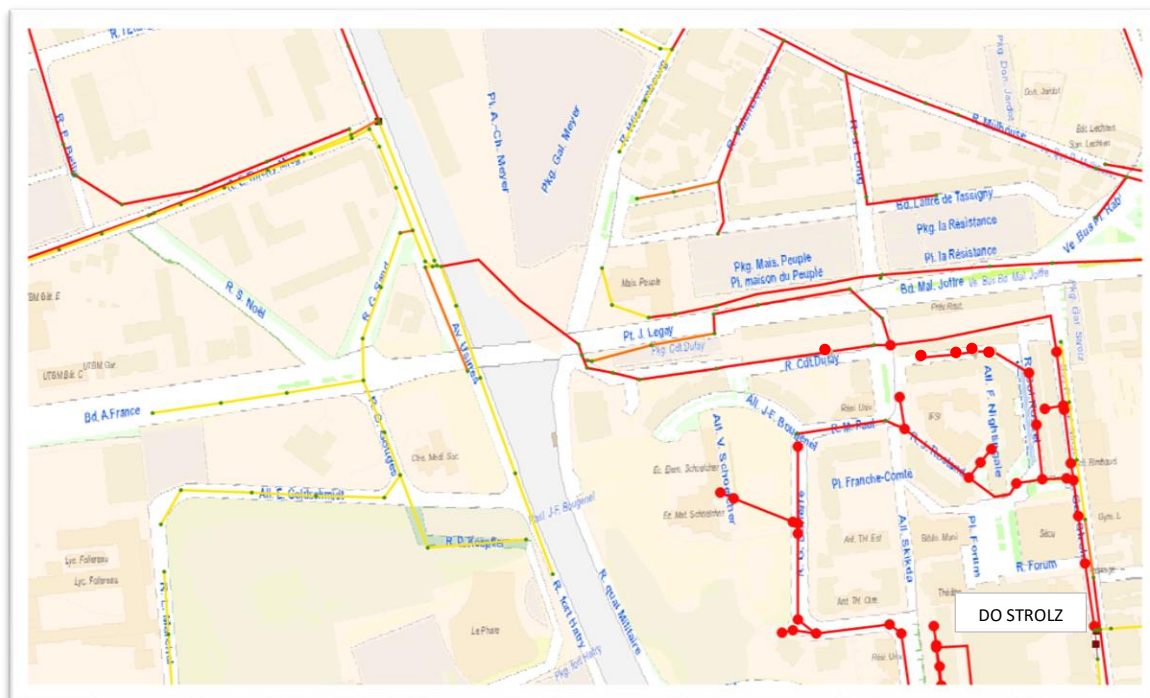


Figure 68 : Taux de remplissage et risques de débordements (Pluie de projet 10 ans)

La simulation hydraulique de la pluie décennale met en évidence les aspects suivants :

- De manière générale, nous constatons des risques de débordements élevés sur le secteur aval du périmètre d'étude, entre le boulevard Maréchal Joffre et la rue Strolz. La ligne d'eau monte rapidement au droit du collecteur de la rue Strolz et peut atteindre le terrain naturel qui est situé à moins de 1,5 m au-dessus de la conduite. Cette zone constitue un point sensible aux débordements.
- Le secteur amont de la zone d'étude, entre la rue Mieg et l'avenue des Usines, présente des taux de remplissage modéré à fort. Pour la pluie décennale, les principales canalisations du secteur ont une capacité hydraulique résiduelle, faisant preuve de leur bon dimensionnement.

Les cartes des débordements pour les pluies 20 ans et 50 ans sont disponibles en **Annexe 11**.

8.2 Analyse du fonctionnement du collecteur eaux pluviales de l'avenue d'Alsace

Le réseau pluvial de l'avenue d'Alsace puis de la rue des Lavandières permet le délestage d'un certain nombre de collecteurs unitaires via quatre déversoirs d'orage pour finir par se rejeter dans la Savoureuse.



Figure 69 : Réseau d'eaux pluviales de l'avenue d'Alsace

Les travaux dits de « La Goutte Cheneau » ont pour objectif de raccorder les eaux pluviales de ce secteur et d'une partie du site Alstom vers le réseau eaux pluviales de l'avenue d'Alsace.

Dans le cadre de l'étude, nous avons intégré au modèle existant le collecteur pluvial de l'avenue d'Alsace depuis le déversoir Bohn jusqu'à son exutoire afin de déterminer la capacité actuelle du réseau EP de l'avenue d'Alsace puis de la rue des Lavandières afin de déterminer la possibilité d'y raccorder la goutte Cheneau.

La campagne de mesure a montré que la capacité max de ce collecteur était d'environ 400 l/s. Ces 400 l/s correspondent à la capacité de transfert du collecteur pluvial à travers le maillage situé au croisement entre l'avenue Jaurès et Lavandières.

Outre cette capacité limitée nous avons étudié l'impact d'une augmentation du débit sur ce collecteur eaux pluviales au droit des différents déversoirs afin de déterminer si des fonctionnements inversés pouvait avoir lieu. (déversement du réseau eaux pluviales vers le réseau unitaire).

8.2.1 Le déversoir d'orage Bohn

Le déversoir Bohn est le déversoir le plus à l'amont du collecteur de l'avenue d'Alsace. Il est composé d'une petite crête d'environ 10 centimètres favorisant l'écoulement des eaux usées provenant du site Alstom et de la rue Charles Bohn vers le collecteur unitaire de l'avenue d'Alsace situé en contrebas.

Etant donné la faible hauteur de la crête et la faible pente du collecteur Eaux pluviales de l'avenue d'Alsace, si la goutte Cheneau était raccordée à l'avenue d'Alsace à l'aval du déversoir il y **aurait des risques de fonctionnement inversé du déversoir.**

Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en am

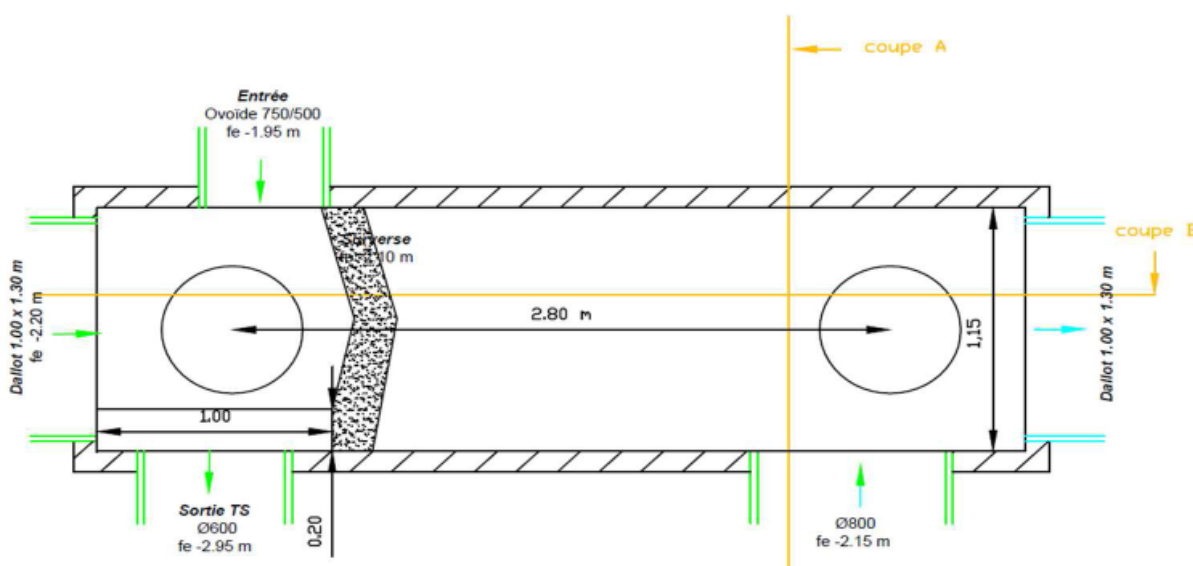
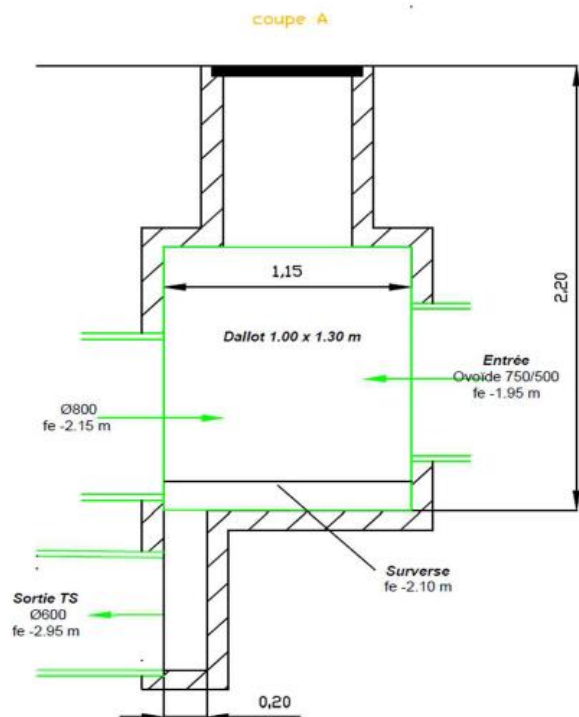


Figure 70 : Photos et schéma du déversoir Bohn

8.2.2 Le déversoir d'orage Ribeauvillé

Le déversoir Ribeauvillé est le second déversoir de l'avenue d'Alsace. Il permet de limiter les effluents provenant de la rue de Ribeauvillé et allant vers le réseau unitaire de l'avenue d'Alsace. Même constat que pour le déversoir d'orage Bohn, il y a **possibilité que ce déversoir ait un fonctionnement inversé** du fait de la hauteur de la lame qui est de 15 cm. Etant donné la configuration du déversoir, le débit déversé en fonctionnement inversé serait relativement limité.



Figure 71 : Photos et schéma du déversoir d'orage Ribeauvillé

8.2.3 Le déversoir d'orage Jaurès Lavandières

Le déversoir Jaurès Lavandières est situé à l'aval du maillage Jaurès Lavandières et permet de limiter le flux passant dans le collecteur de l'avenue Jaurès. Il ne peut actuellement pas fonctionner de manière inversé car le dalot en aluminium limite déjà le débit d'eaux pluviales provenant de l'avenue d'Alsace (400 l/s).

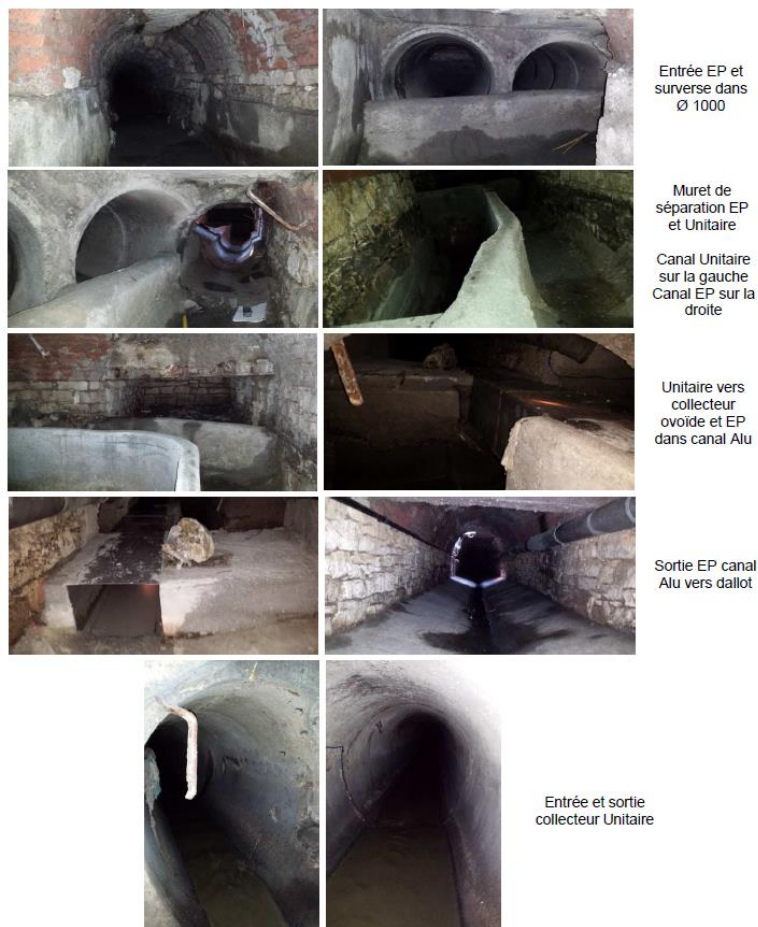


Figure 72 : Photos du Maillage Jaurès Lavandières

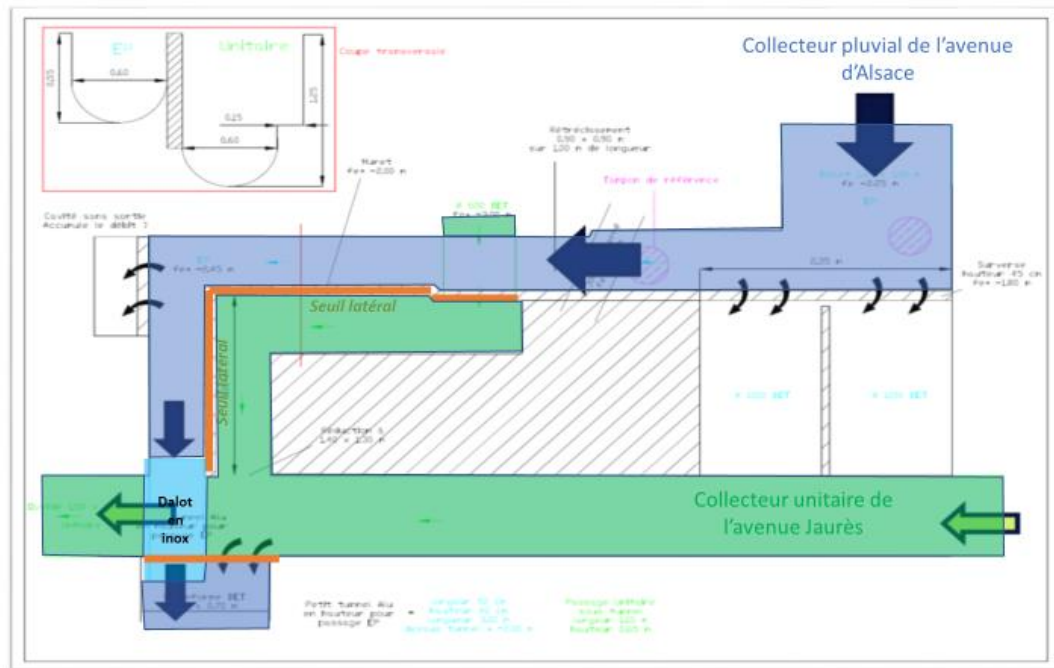


Figure 73 : Schéma du maillage Jaurès Lavandières

8.2.4 Le déversoir d'orage Tilleul Lavandières

Le déversoir d'orage Tilleul Lavandières est le dernier ouvrage de surverse du tronçon concerné. Il permet de limiter le flux passant dans le collecteur de la rue des Tilleuls. Ce déversoir ne pourrait à priori pas fonctionner de manière inversée car la côte de déversement est bien supérieure au radier de la conduite du collecteur pluvial de la rue de Lavandières (environ +1,5m). Le niveau d'eau atteint pour une pluie cinquantennale est situé à 1 mètre en dessous de la lame de déversement (pas de fonctionnement inverse pour une forte pluie). Cependant, il faut noter que les simulations ont été réalisés sans l'influence aval de la Savoureuse.



Figure 74 : Photos et schéma du déversoir d'orage Tilleul Lavandières

Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz

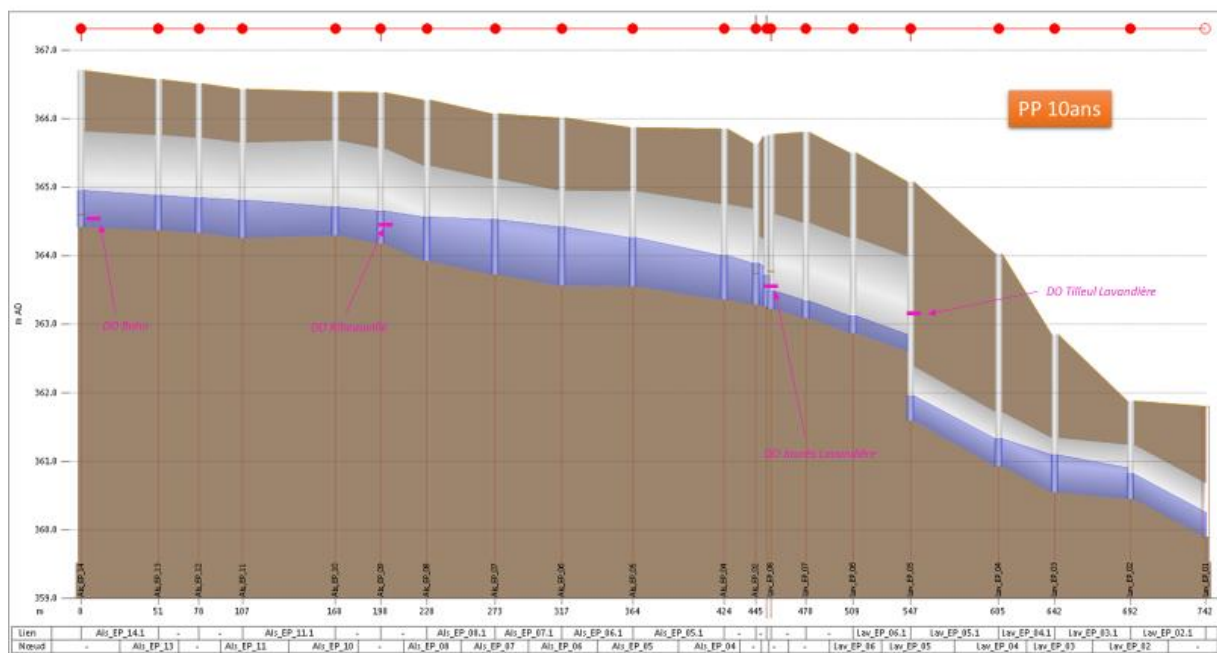


Figure 75 : Profil en long des collecteurs pluviaux pour une pluie décennale

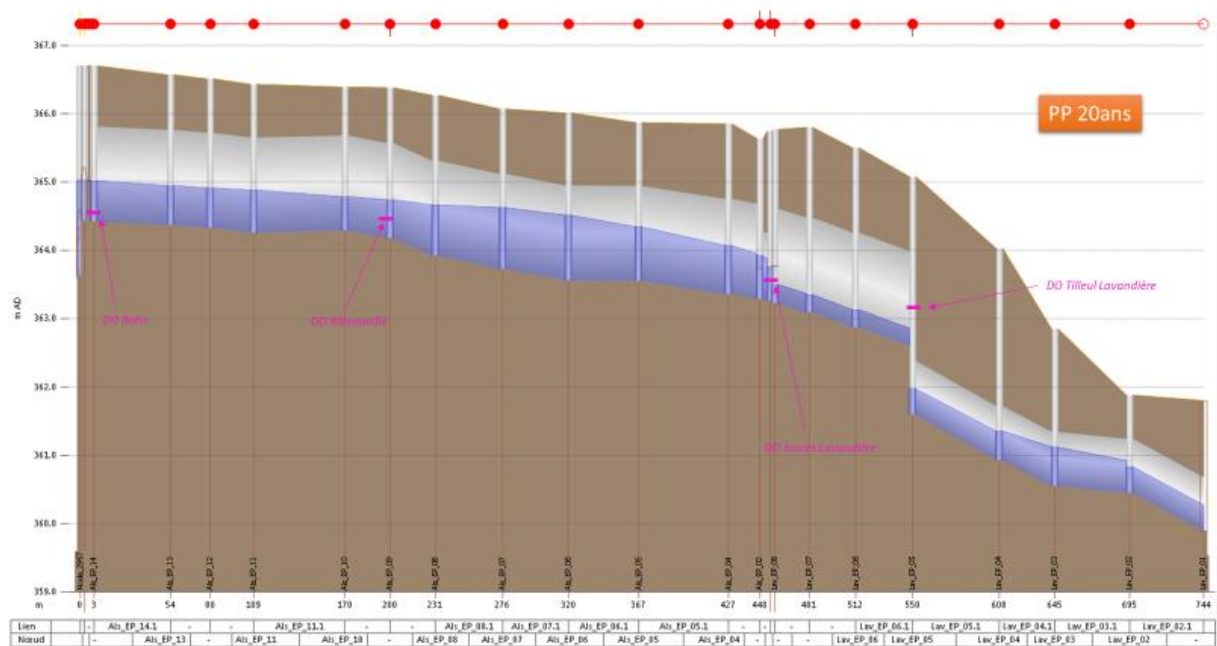


Figure 76 : Profil en long des collecteurs pluviaux pour une pluie vingtennale

9 ANALYSE DES CONTRAINTES

Les contraintes au droit du déversoir et du siphon Strolz sont nombreuses de par sa localisation (cf. figure ci-dessous).

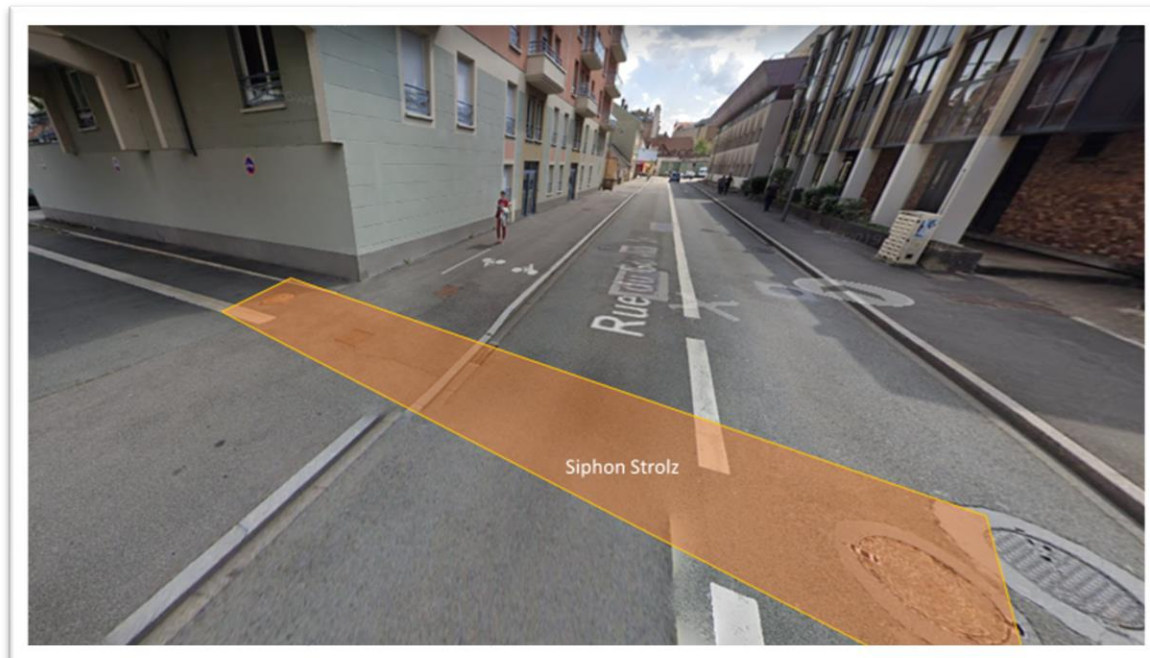


Figure 79 : Rue Strolz au droit du déversoir et siphon

D'après les déclarations de travaux (DT) récupérées à ce jour nous dénombrons les contraintes suivantes :

○ Transport public

La rue Strolz est une rue empruntée par les lignes 4 et 5 de bus de l'agglomération belfortaine.

○ Réseau sec

Les réseaux secs présents au droit du siphon Strolz sont les suivants :

- Réseau Basse Tension (d'après ENEDIS) ;
- Réseau de Gaz Moyenne pression (d'après GRDF) ;
- Trois conduites de fibre (d'après Orange) ;
- Un réseau fibre souterrain (d'après la ville de Belfort) ;
- Deux réseaux AEP DN 100 et DN 200 (d'après les plans transmis par le Grand Belfort).

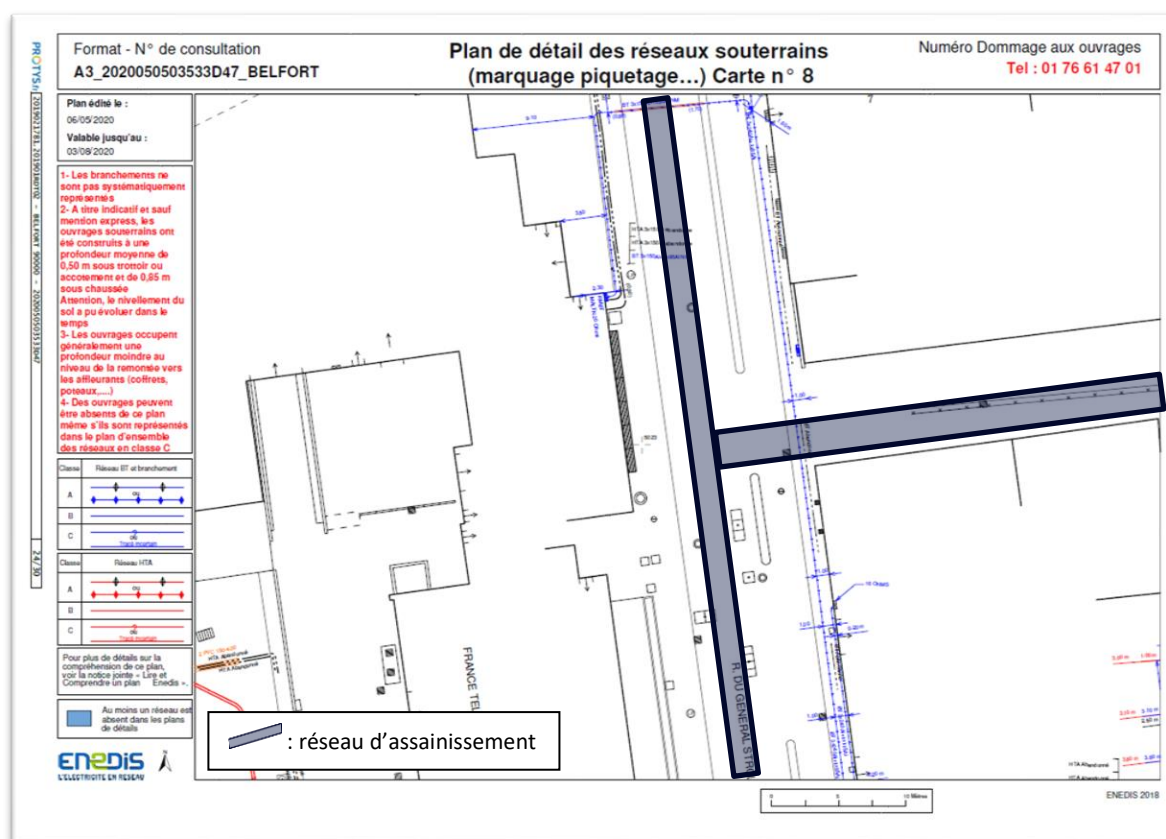


Figure 80 : Réseau électrique au droit du déversoir Strolz

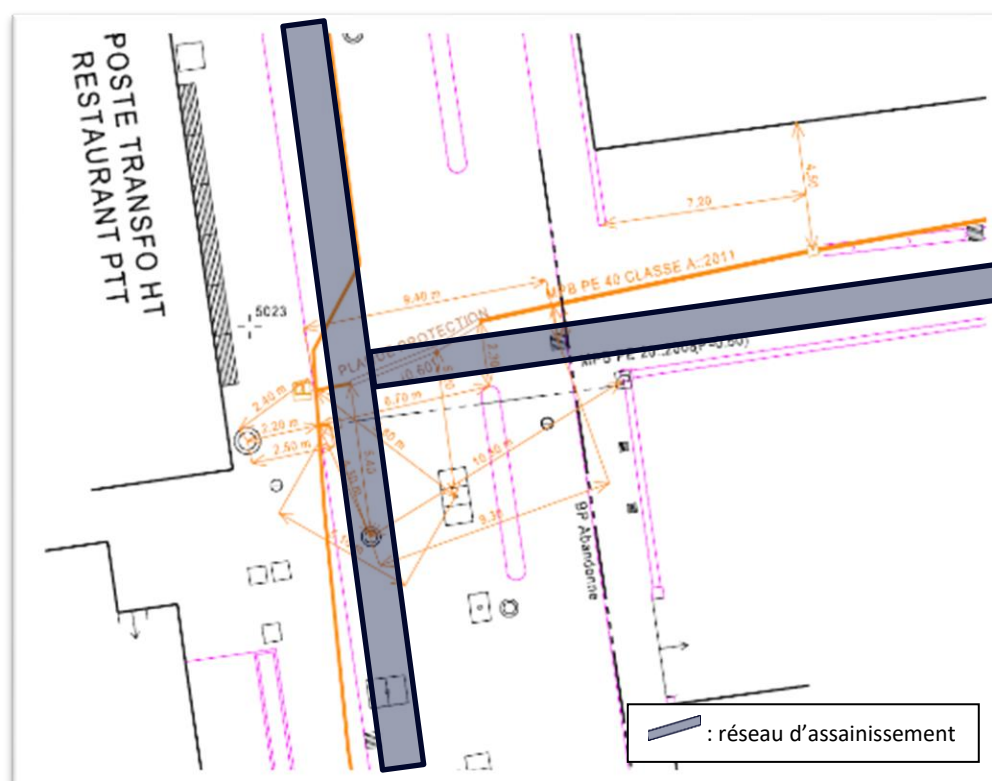


Figure 81 : Réseau GRDF au droit du déversoir Strolz



Figure 82 : Réseau de fibre optique - Orange

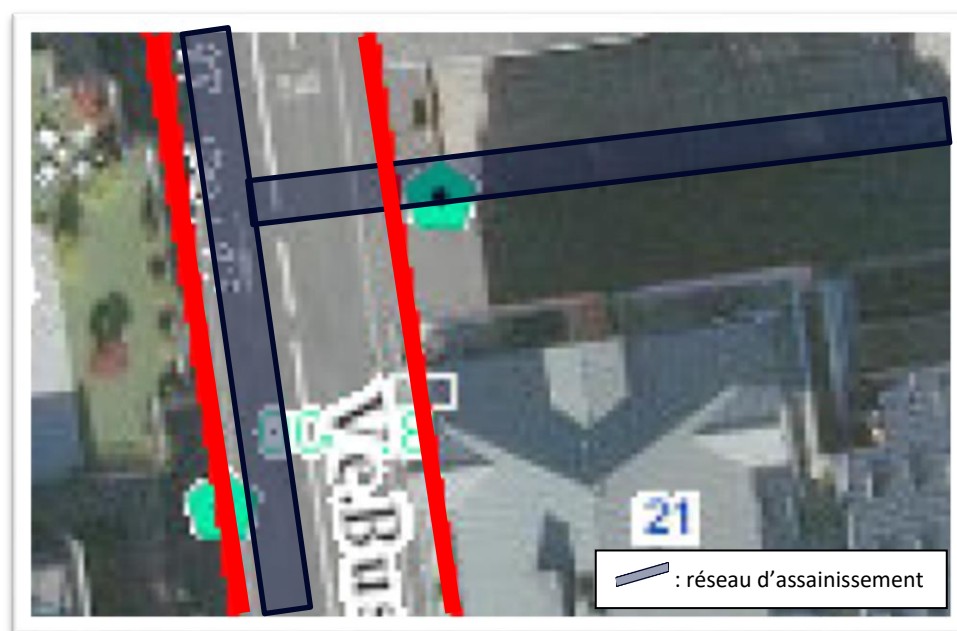


Figure 83 : Réseau fibre optique de la Ville de Belfort

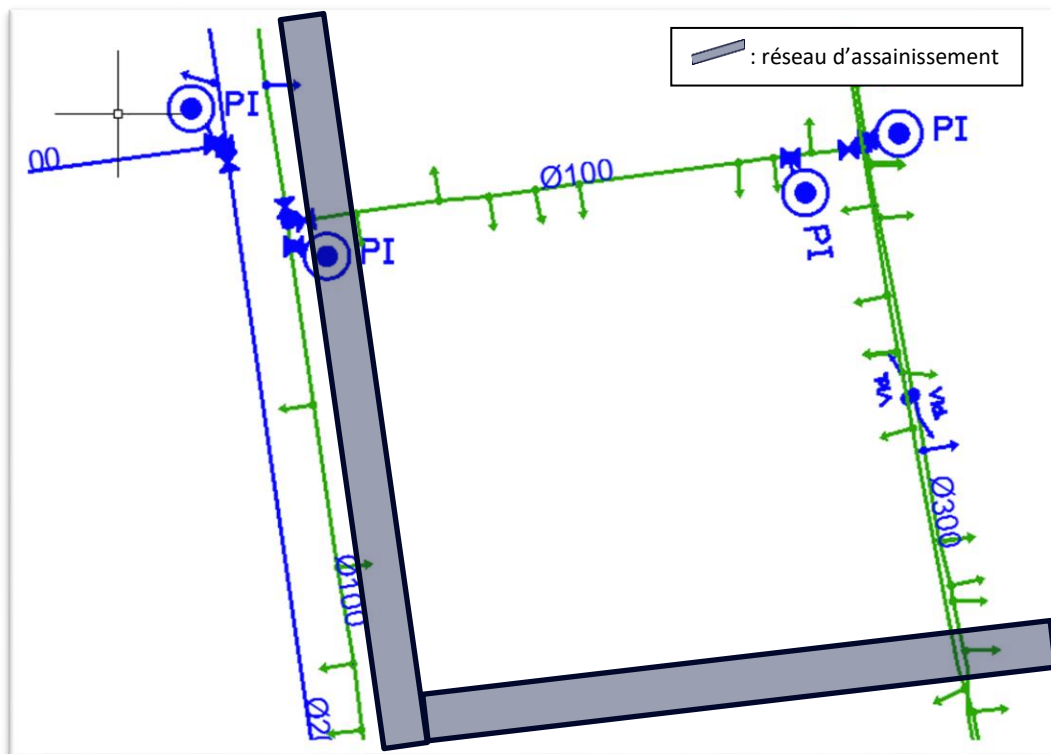


Figure 84 : Plan du réseau d'eau potable (AEP)

Nous constatons de nombreux réseaux passant au-dessus du réseau au niveau du siphon et déversoir Strolz. Un regard plus détaillé devra être porté lors de la définition du projet pour définir la faisabilité des actions proposées et les coûts associés.

10 PISTE D'ACTIONS A MENER

L'objectif des actions proposées dans ce chapitre est de diminuer, voir supprimer les déversements au droit du déversoir Strolz, tout en limitant l'impact hydraulique engendré dans d'autres secteurs.

Pour comparer les avantages des différentes propositions, il a été décidé d'analyser plusieurs critères :

- Volume déversé au droit du déversoir Strolz ;
- Volume déversé sur les déversoirs situés entre le déversoir Strolz et la STEP ;
- Taux de remplissage des collecteurs ;
- Risque de débordement.

Ci-après nous présentons trois solutions permettant de limiter les déversements au niveau de l'ouvrage. Elles ont été définies après avoir fixé, en commun accord avec le COPIL, une hypothèse forte, à savoir, **le siphon Strolz ne peut pas être déplacé, modifié ou supprimé en raison du faisceau de câbles essentiellement de télécom traversant la rue.**



A noter...

La solution visant à déconnecter des réseaux pluviaux strictes et leurs raccordements sur l'E'P de l'avenue d'Alsace a été abandonnée car les débits mesurés lors de la campagne de mesures ont montré un apport limité de ces collecteurs pluviaux : environ 20 l/s en pointe lors des mois de Juin et Juillet 2020 (issue du trop-plein de l'étang Bull).

10.1 Actions à mener sur le secteur de l'avenue d'Alsace

Nous avons analysé des actions pour éviter le maillage Jaurès Lavandières et augmenter la capacité de transfert du collecteur pluvial de l'avenue d'Alsace vers le collecteur de la rue des Lavandières.

10.1.1 Passage classique sous le maillage de l'avenue Jaurès

La possibilité de passer sous le maillage de l'avenue Jaurès a été évoquée, voici ci-dessous le scénario ajouté au profil en long des collecteurs pluviaux.

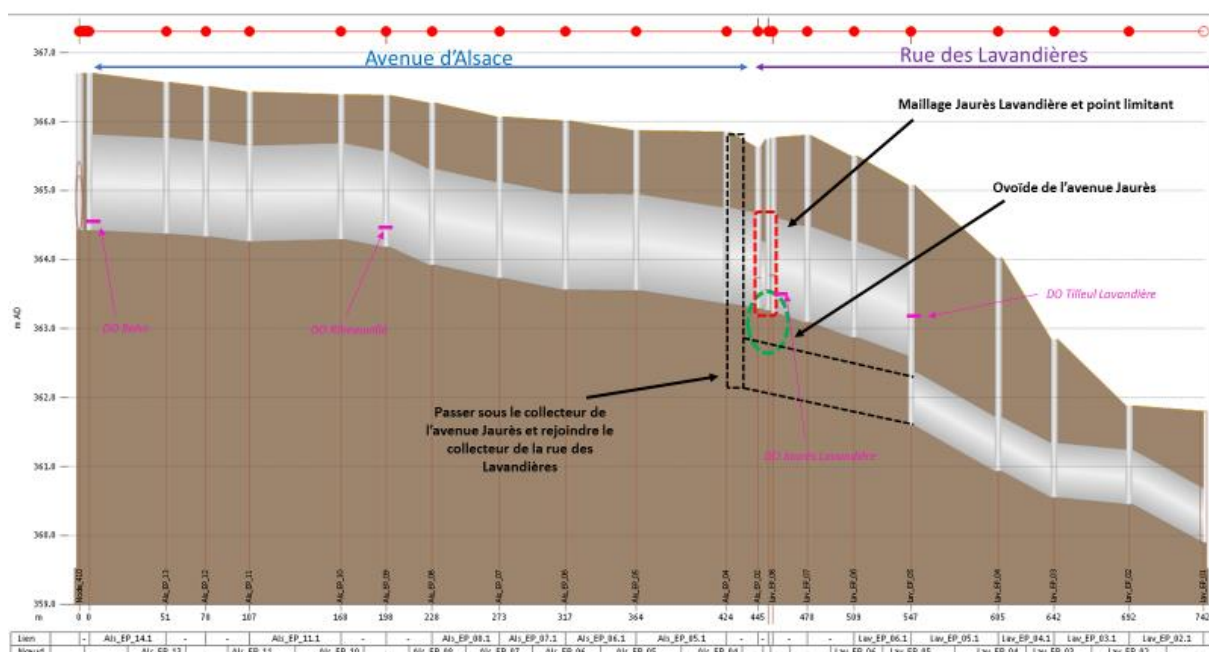


Figure 85 : Profil en travers collecteur avenue d'Alsace

Le radier de la conduite UN de l'avenue Jean Jaurès est situé à 362,57m NGF (au droit du maillage Jaurès/Lavandières). Le radier de la conduite pluviale à « rattraper » est situé juste avant le passage sous l'ovoïde de la rue des Tilleul à une côte de 361.59mNGF.

Si l'on veut obtenir une pente minimale de la futur conduite EP de 0.20.%. Le radier de la future conduite EP passant sous la conduite unitaire de l'avenue Jean Jaurès sera de 361.8mNGF.

La fenêtre de passage sous l'ovoïde sera alors d'une hauteur maximale de **70 cm** (Radier de l'UN – Futur radier de l'EP – épaisseur de la conduite).

Si les dimensions de la conduite EP de l'avenue d'Alsace sont conservées, il y aura un rétrécissement de la section de passage de la conduite EP au droit du passage sous la conduite unitaire.

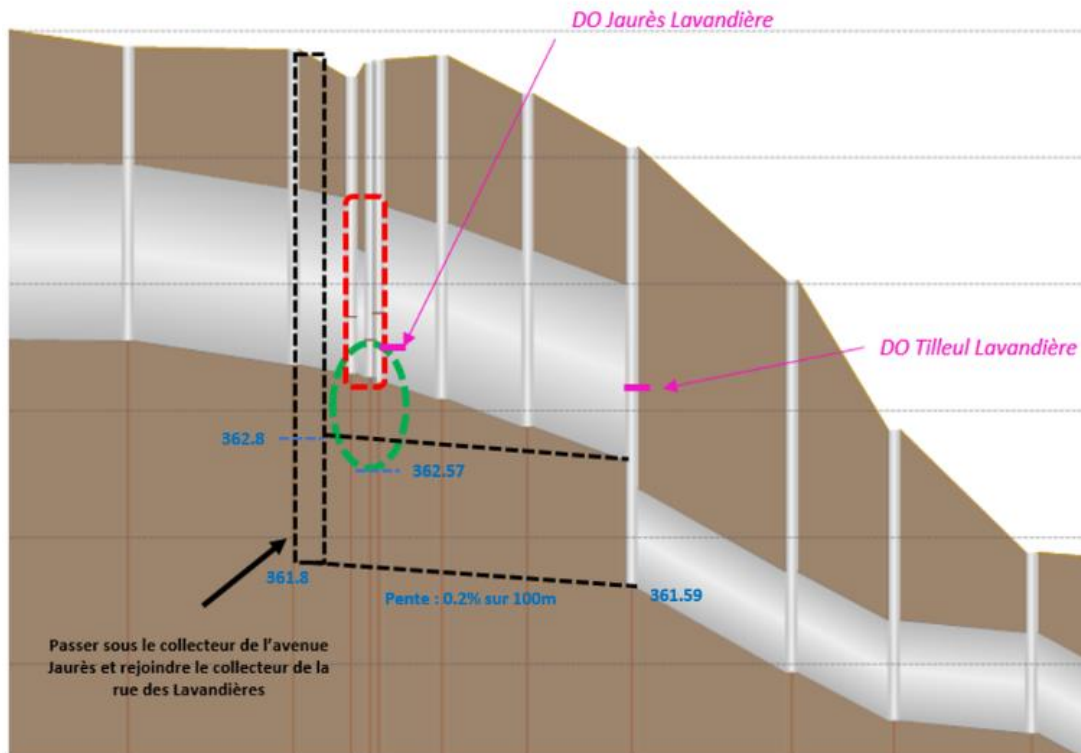


Figure 86 : Zoom sur le passage sous le collecteur unitaire de l'avenue Jean Jaurès

10.1.2 Passage en siphon sous le maillage de l'avenue Jaurès

Le passage en siphon nécessitera de réaliser des travaux plus profonds que dans le scénario précédent (361.4 contre 361.8mNGF) afin de faire passer le siphon sous l'ovoïde de réseau UN de l'avenue Jaurès, avec une conduite de DN 1000.

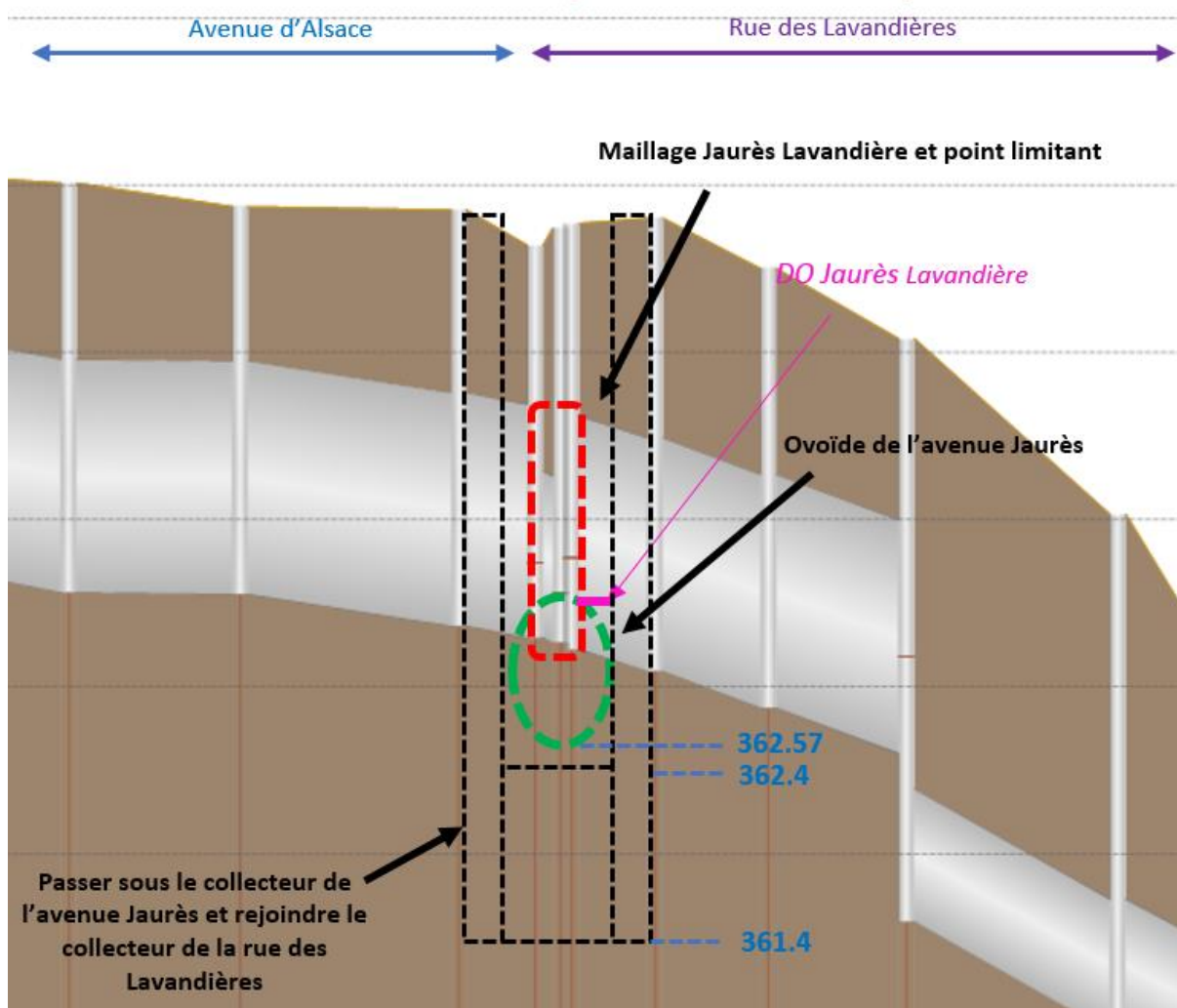


Figure 87 : Zoom sur le passage en siphon sous le maillage de l'avenue Jaurès

Un passage en siphon nécessitera un suivi régulier de l'encrassement du siphon de manière à garantir sa capacité de transit.

L'avenue Jaurès étant très passante et empruntée régulièrement par plusieurs lignes de bus, « l'entrée » et la « sortie » du siphon devront se faire de part et d'autre du carrefour (Avenue d'Alsace/Avenue Jaurès/rue des Lavandières) afin de permettre un accès plus simple pour réaliser l'entretien du siphon.

10.2 Actions à mener sur le secteur Strolz

Nous allons évaluer dans le cadre de la phase suivante de l'étude les actions à mener au niveau du déversoir Strolz.

Nous présentons ici, en guise de préambule, les scénarios qui seront testés.

10.2.1 Scénario N°1 : Création d'un nouveau déversoir Strolz régulé

Ce scénario consiste à remplacer le déversoir d'orage Strolz (actuellement à lame fixe) par un seuil ou une vanne régulée.

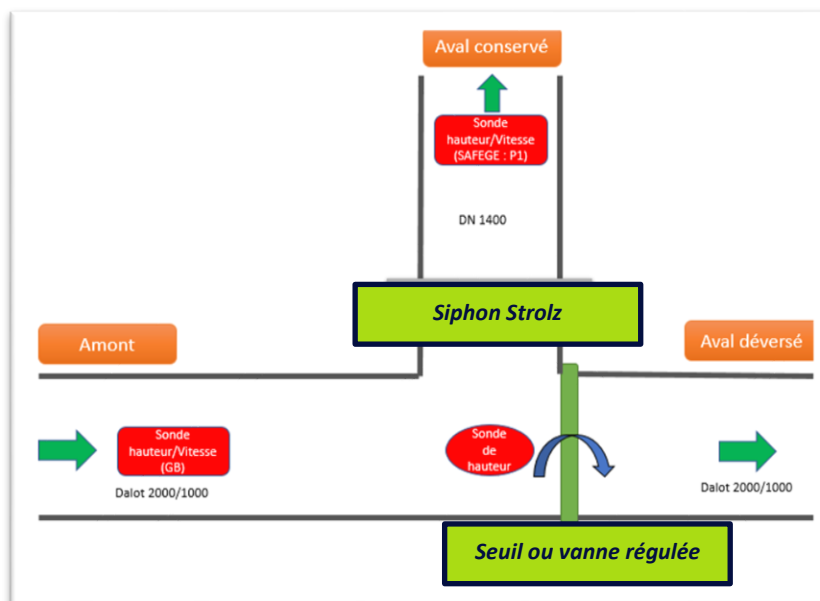


Figure 88 : Scénario proposé N°1

L'intérêt est de créer du stockage en ligne à l'amont immédiat du déversoir Strolz grâce à la rehausse de la lame déversante de l'ouvrage existant.

La gestion du futur ouvrage suivra deux stratégies en fonction de la météorologie et des conditions hydrauliques dans le réseau proche, présentée dans le tableau ci-après :

Tableau 12 : Détail des modes fonctionnels du futur ouvrage Strolz

Stratégie de gestion	Météo	Objectif
Temps sec et Depollution	Temps sec et Pluie faible à modérée	Stockier au maximum dans le réseau, traiter à la STEP et limiter les déversements au milieu naturel
Inondation	Pluie forte	Favoriser les écoulements hydrauliques et limiter les inondations

Le schéma ci-après illustre le principe de manœuvre du seuil ou vanne en fonction du mode retenu.

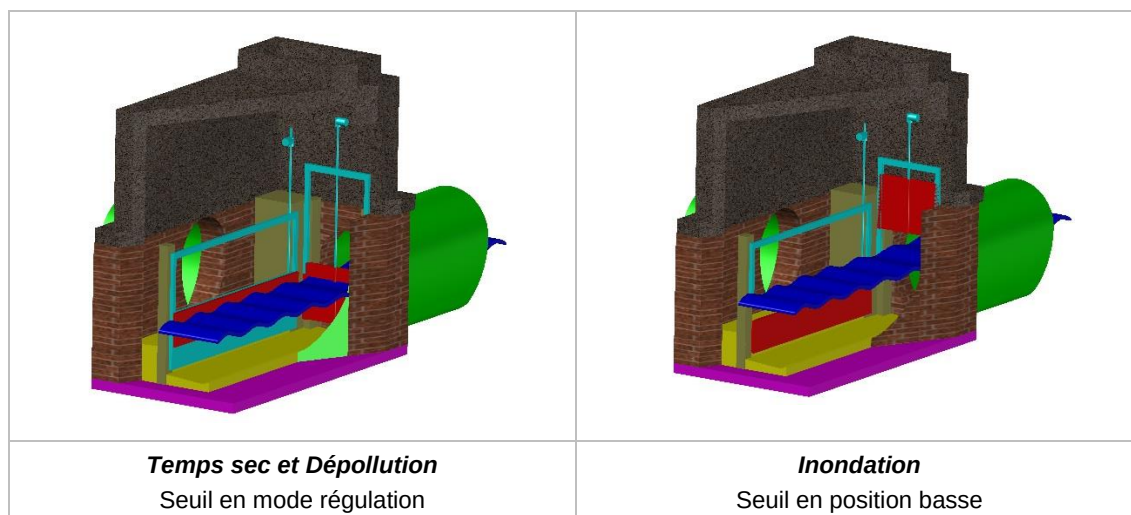


Figure 89 : Principe de la gestion du seuil proposé

La consigne généralement appliquée sera probablement la suivante :

- Par temps sec et pour des pluies faibles le seuil ou vanne sera en **position stockage-régulation** pour empêcher tout déversement avant d'obtenir une hauteur d'eau supérieure à environ 80% du collecteur en amont du déversoir Strolz ;
- Lorsque le remplissage du collecteur dépassera 80%, l'ouvrage régulé s'efface en se mettant (**mode inondation**) en créant un effet chasse d'eau pour faire baisser rapidement le niveau et limiter le risque de mise en charge.

10.2.2 Scénario N°2 : Régulation en ligne des volumes générés par temps de pluie

Le taux de remplissage des collecteurs en amont étant relativement faible pour des événements pluvieux d'intensité faible à moyenne, nous pensons à ce stade pertinent d'évaluer le potentiel de stockage en ligne du réseau notamment sur les collecteurs à l'amont du déversoir d'orage Strolz afin de limiter les débits arrivants et de mettre en place des équipements permettant d'assurer le stockage sur les collecteurs identifiés.

Ce que nous appelons à ce stade Scénario N°2.

Plusieurs types d'ouvrage et technologie sont présents actuellement dans le marché permettant de réaliser ce type de gestion des effluents. A titre d'exemple, les vannes de type **StockO** ou **F-Reg** permettent de réguler le débit jusqu'à une certaine hauteur de consigne pour ensuite s'effacer en limitant ainsi les risques de mise en charge.



Figure 90 : Exemple de vanne StockO

10.2.3 Scénario N°3 : Suppression du déversoir d'orage Strolz

La troisième proposition consiste à supprimer le déversoir Strolz et raccorder la canalisation de déversement au collecteur unitaire de la rue As de Carreau ou directement sur le collecteur du Faubourg des ancêtres.

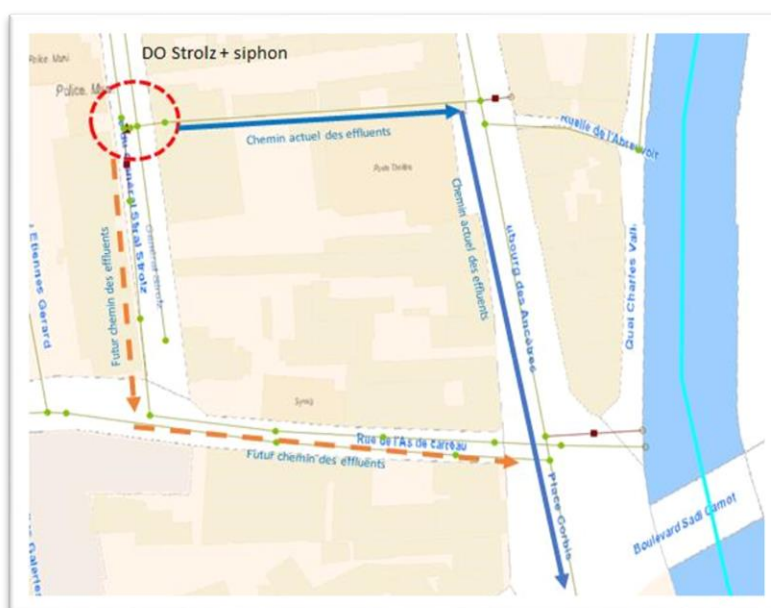


Figure 91 : Schéma du scénario N°3

La faisabilité technique de cette solution devra être regardé en détail car la capacité de collecteurs de la rue As de Carreau est significativement plus faible que le collecteur de la rue de Strolz.

Dans tous les cas, cette solution provoquera un transfert (partiel ou complet) vers l'aval du système des volumes actuellement déversés à Strolz qui pourrait impacter le fonctionnement des déversoirs Corbis et/ou Théâtre.

Les différentes solutions proposées seront intégrées au modèle lors de la prochaine phase de l'étude afin d'évaluer leur impact hydraulique en vue de la diminution des déversements du système de collecte raccordé à la STEP de Belfort.

11 CONCLUSION

Les principales conclusions de la première phase de l'étude sont :

○ Campagne de mesures

L'analyse des données de la campagne de mesures que nous avons réalisée entre juin et juillet 2020 nous a permis de mettre en évidence un phénomène hydraulique à l'aval du siphon Strolz : le débit après le siphon est nul quand que le débit amont est supérieur à 200 l/s.

Nous tenons à signaler qu'il s'agit d'un constat réalisé sur une campagne de courte durée qui devra être validé sur le long terme avec des nouvelles investigations de terrain et peut-être avec la mise en place d'une caméra de suivi du fonctionnement hydraulique de l'ouvrage.

Cependant, l'appareil de mesures que nous avons installé pendant la campagne à l'aval du siphon est composé de deux sondes indépendantes (une sonde de pression pour la hauteur, et une sonde doppler pour la vitesse) qui ont confirmé ce phénomène.

En attendant des vérifications in situ, nous avons quelques explications potentielles qui resteront certainement à vérifier par la collectivité. Une hypothèse plausible permettant d'expliquer cette situation peut venir du côté des pertes de charges dans l'ouvrage. Dès que le débit augmente de manière significative, la vitesse augmente et les pertes de charges peuvent devenir trop importantes, ce qui pourrait entraîner la chute du débit traversant le siphon.

○ Modélisation hydraulique

Le modèle hydraulique existant, créé lors du Schéma Directeur des Eaux Pluviales 2016-2019, a été transféré vers le logiciel Infoworks ICM pour répondre à la demande du Grand Belfort.

Une fois transposé, une série de modification a été apportée au modèle hydraulique pour améliorer sa représentativité.

La liste de correction est présentée ci-dessous et dans l'Annexe 4. Nous signalons ci-dessous à titre indicatif les principales modifications apportées :

- ▶ Intégration dans le modèle du débit de temps sec ;
- ▶ Intégration du réseau pluvial de l'avenue d'Alsace et aval DO Strolz ;
- ▶ Modélisation du siphon Strolz.

○ Calage du modèle

Les résultats du calage réalisé par temps sec et par temps de pluie sont satisfaisants.

Par temps sec, les écarts entre les valeurs mesurées et modélisées sont négligeables.

Par temps de pluie, on observe un bon ajustement général des points. Néanmoins, certains écarts de volume persistent. Ils sont principalement liés à la différence entre la pluie réellement tombée sur le bassin versant en amont du point de mesures concerné et la pluie mesurée par le pluviomètre, mais aussi au ressuyage du réseau, difficile à reproduire avec le modèle.

Au vu de ces résultats, on peut considérer que le modèle numérique représente correctement le fonctionnement hydraulique des réseaux d'assainissement sur le secteur d'étude en période de nappe basse.

○ Diagnostic hydraulique

Une fois le modèle hydraulique validé, un diagnostic hydraulique du système a été réalisé. Nous avons testé le réseau pour deux types des évènements pluvieux :

- Pluies courantes issues de la campagne de mesures ;
- Pluies exceptionnelles issues d'une définition théorique (dites « Pluies de projet »).

Les simulations ont permis de constater que :

- Le déversoir Strolz déverse dès qu'une pluie génère un débit supérieur à 200 l/s, ce qui correspond en période de nappe basse à une pluie d'occurrence 1 semaine.
- L'analyse du taux de remplissage du réseau en amont du déversoir Strolz pour une pluie courante (période de retour d'environ 1 semaine) montre que le secteur en amont de la zone d'étude présente un taux de remplissage faible (inférieur à 20%), excepté à l'amont direct du déversoir Strolz où le taux de remplissage est d'environ 50% et provoque déjà des déversements vers le milieu naturel. Cela est dû principalement à l'influence du siphon Strolz et aux caractéristiques du déversoir.
- Pour les pluies exceptionnelles, le constat est similaire, à savoir : de manière générale nous constatons des risques de débordements élevés sur le secteur aval du périmètre d'étude, entre le boulevard Maréchal Joffre et la rue Strolz. La ligne d'eau monte rapidement au droit du collecteur de la rue Strolz et peut atteindre le terrain naturel qui est situé à moins de 1,5 m au-dessus de la conduite. Cette zone constitue un point sensible aux débordements. Le secteur amont de la zone d'étude, entre la rue Mieg et l'avenue des Usines, présente des taux de remplissage modéré à fort. Pour la pluie décennale, les principales canalisations du secteur ont une capacité hydraulique résiduelle, faisant preuve de leur bon dimensionnement.

○ Piste d'actions à mener

Des actions sont proposées dans le présent document pour diminuer les déversements au droit du déversoir Strolz :

- Scénario N°1 : Création d'un nouveau déversoir Strolz régulé ;
- Scénario N°2 : Régulation en ligne des volumes générés par temps de pluie,
- Scénario N°3 : Suppression du déversoir d'orage Strolz et transfert des effluents vers le collecteur de la rue As de Carreau ou Faubourg des ancêtres.

Elles seront comparées dans la phase 2 de l'étude en fonction des critères suivants :

- Volume déversé au droit du déversoir Strolz ;
- Volume déversé sur les déversoirs situés entre le déversoir Strolz et la STEP ;
- Taux de remplissage des collecteurs ;
- Risque de débordement.

ANNEXE 1

FICHE DEVERSOIR STROLZ

ANNEXE 2

ATLAS DES POINTS DE MESURES

ANNEXE 3

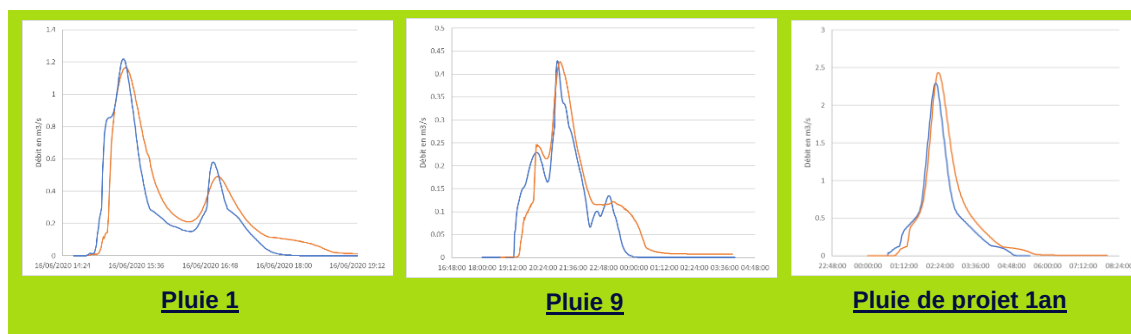
COMPARAISON DES MODELES HYDRAULIQUES

Pour l'ensemble des figures de l'annexe 3 :

- les courbes bleues sont issues des résultats du modèle Mike-Urban (modèle initial du Schéma Directeur des Eaux Pluviales 2016-2019),
- les courbes orange sont issues des résultats du modèle ICM (modèle transposé).

○ Déversoir Strolz :

Tableau 13 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'amont du déversoir Strolz



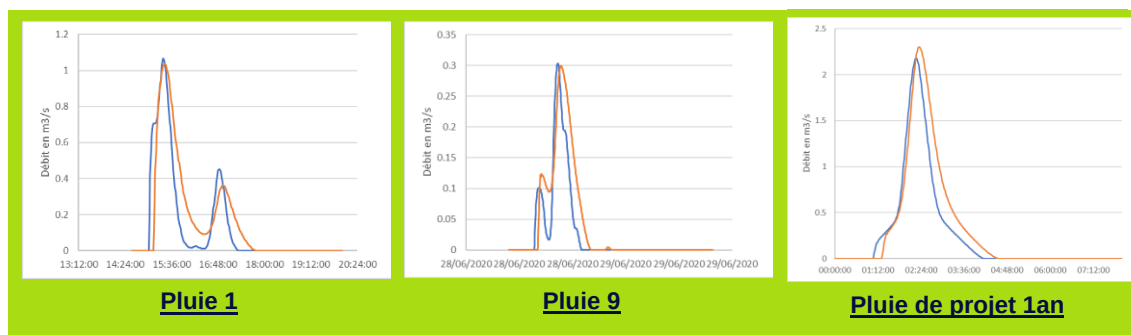
□ A l'aval :

Tableau 14 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'aval du déversoir Strolz



□ Déversé

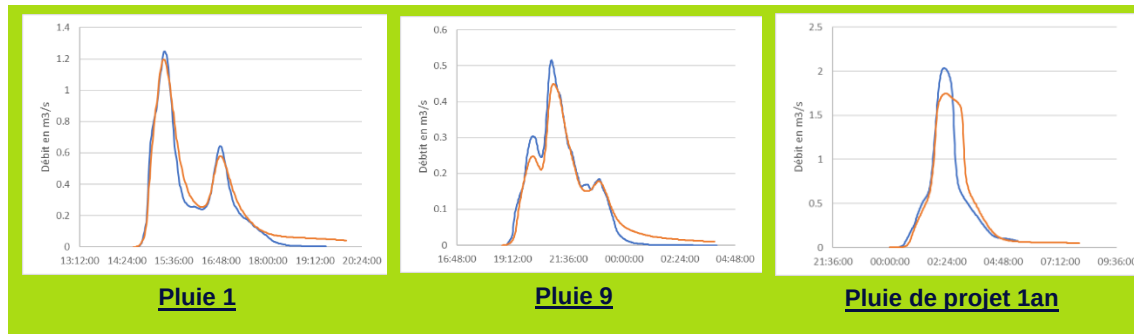
Tableau 15 : Comparaison entre les résultats MU et ICM pour la conduite déversée du déversoir Strolz



○ Déversoir Jaurès Lavandières

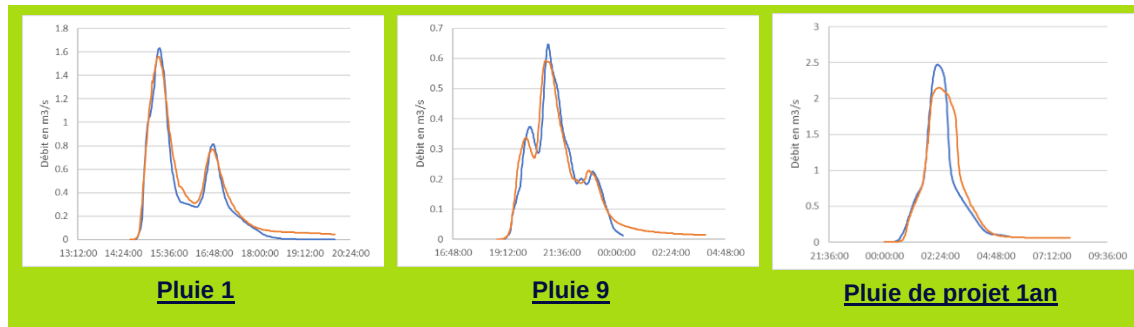
□ A l'amont

Tableau 16 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'amont du déversoir Jaurès Lavandières



□ A l'aval

Tableau 17 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'aval du déversoir Jaurès Lavandières



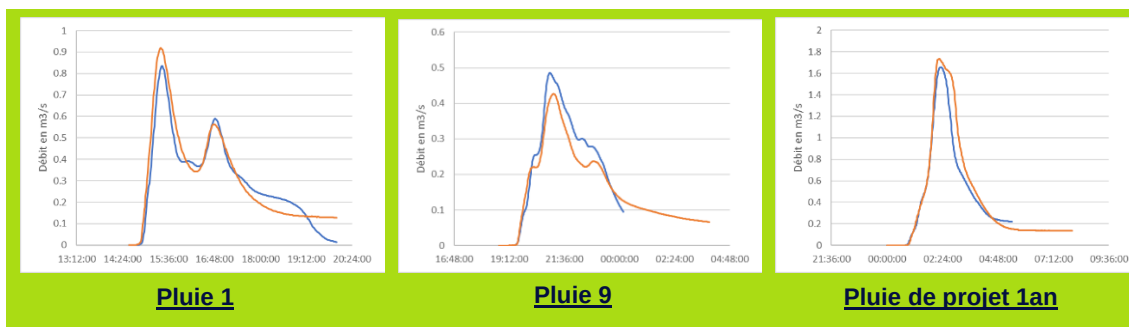
□ Déversé

Aucun déversement pour les pluies utilisées

○ Déversoir De Gaulle

□ A l'amont

Tableau 18 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'amont du déversoir De Gaulle

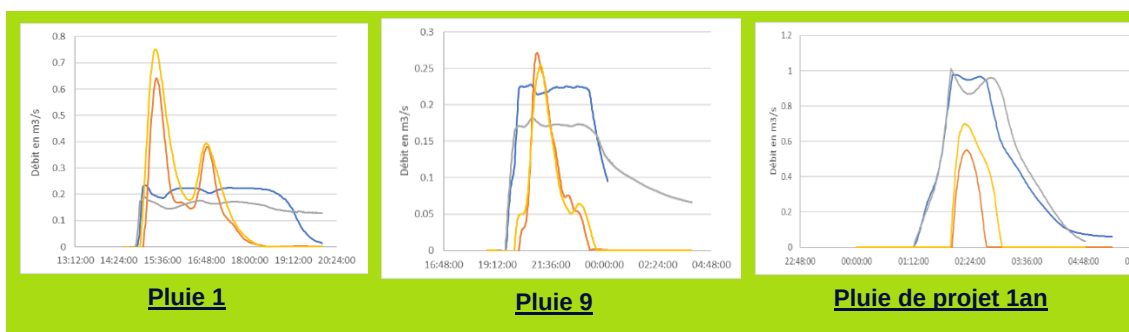


□ A l'aval : (deux déversoirs différents)

Pour l'ensemble des figures de l'annexe 3 :

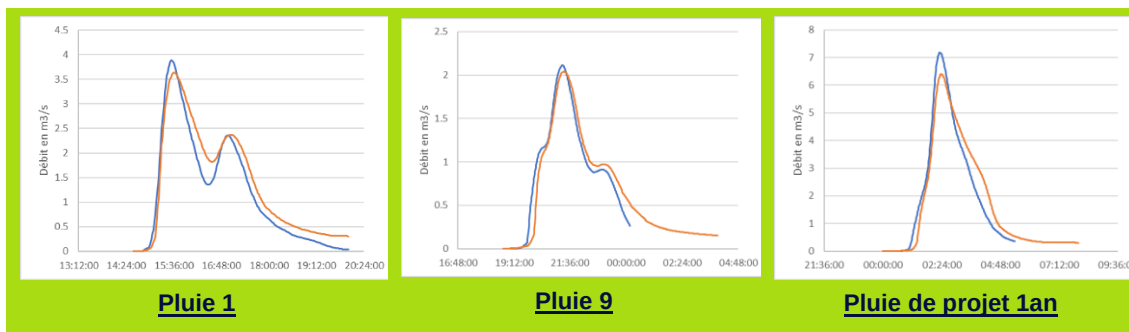
- les courbes en orange le premier déversoir version MU et en jaune la version ICM.
- les courbes en bleu le second déversoir version MU et en gris la version ICM.

Tableau 19 : Comparaison entre les résultats MU et ICM pour les conduites déversées du déversoir De Gaulle



□ Amont Step

Tableau 20 : Comparaison entre les résultats MU et ICM à l'amont de l'exutoire du système



ANNEXE 4

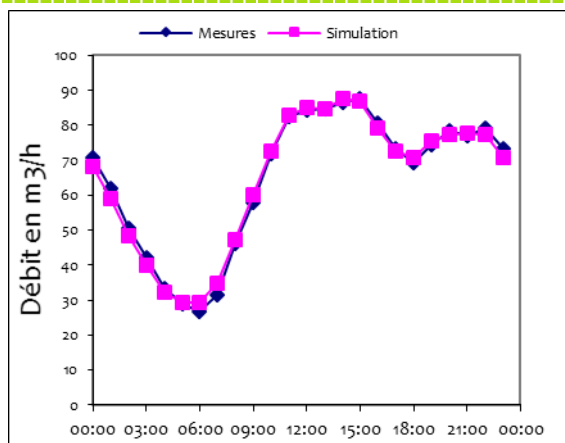
LISTING DE MODIFICATIONS APPORTEES AU MODELE

ANNEXE 5

RESULTATS DU CALAGE DE TEMPS SEC

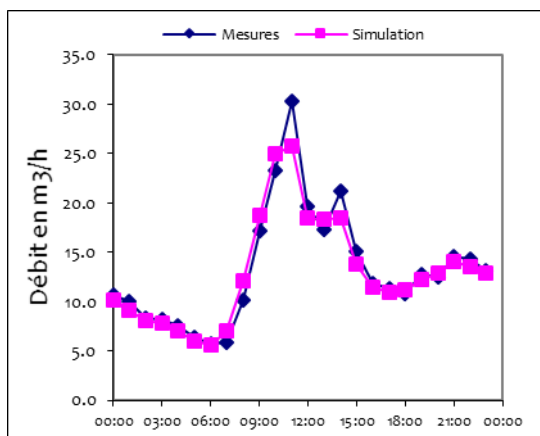
Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Stolz



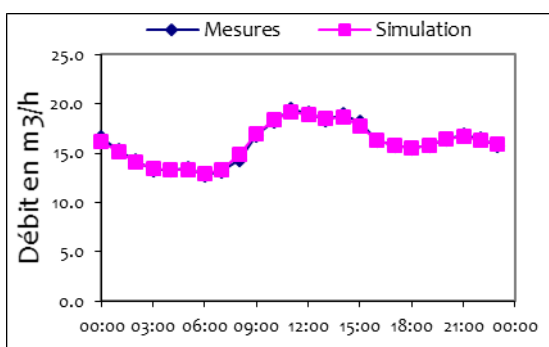
Profils de temps sec en amont du déversoir d'orage Stolz

(Différence sur le volume total : 0.22%)



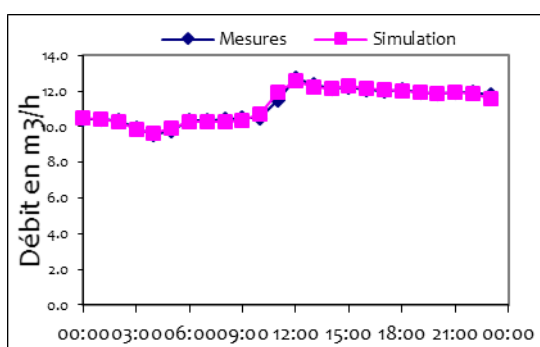
Profil de temps sec au P2

(Différence sur le volume total : 2.25%)



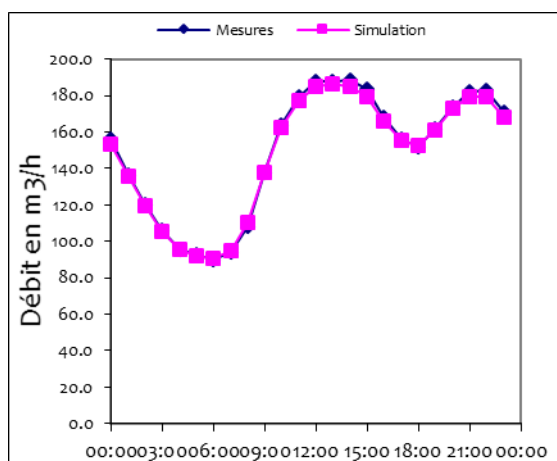
Profil de temps sec au P3

(Différence sur le volume total : 0.22%)



Profil de temps sec au P5

(Différence sur le volume total : 0.01%)



Profil de temps à l'aval du déversoir d'orage Jaurès/Lavandières (0.83%)

ANNEXE 6

RESULTATS DU CALAGE PAR TEMPS DE PLUIE

Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz

Erreur Volume								
	Pluie 1		Pluie 8		Pluie 9		Pluie 7	
	Ecart en m3	Ecart en %	Ecart en m3	Ecart en %	Ecart en m3	Ecart en %	Ecart en m3	Ecart en %
P1	- 609	+65%	- 269	+39%	- 388	+28%		
P2	-1 358	+35%	+ 3	+0%	+ 250	+17%	+ 121	+6%
P3			- 126	+35%	- 151	+29%	+ 41	+9%
P4			+ 1	+2%			- 28	+16%
P5			+ 18	+41%	+ 3	+4%	+ 13	+21%
P6	+ 0	+11%					+ 4	+213%
P7	- 330	+29%	- 82	+24%				
Amont Strolz	-1 293	+26%	- 161	+9%	- 244	+9%	+ 739	+29%
Aval Jaurès	-2 094	+32%	- 510	+23%	+ 37	+1%		
Erreur Débit de pointe								
	Pluie 1		Pluie 8		Pluie 9		Pluie 7	
	Ecart en m3/s	Ecart en %	Ecart en m3/s	Ecart en %	Ecart en m3/s	Ecart en %	Ecart en m3/s	Ecart en %
P1	- .12	+39%	+ .04	+30%	+ .078	+56%		
P2	- .29	+26%	+ .22	+27%	+ .043	+18%	+ .043	+5%
P3			- .03	+16%	- .001	+2%	- .001	+12%
P4			+ .01	+24%	+ .		+ .	+10%
P5			- .00	+29%	+ .	+0%	+ .	+19%
P6	+ .	+10%			+ .		+ .	+0%
P7	- .03	+11%	+ .11	+60%	+ .			
Amont Strolz	+ .12	+16%	+ .07	+9%	+ .033	+10%	+ .033	+51%
Aval Jaurès	+ .06	+7%	+ .07	+11%	- .03	+7%		
Erreur Hauteur de pointe								
	Pluie 1		Pluie 8		Pluie 9		Pluie 7	
	Ecart en mm	Ecart en %	Ecart en mm	Ecart en %	Ecart en mm	Ecart en %	Ecart en mm	Ecart en %
P1	+ 2	+1%	+ 34	+17%	+ 91	+52%		
P2	+ 12	+4%	+ 79	+18%	+ 19	+11%	+ 21	+5%
P3			+ 11	+2%	- 112	+41%	+ 26	+3%
P4			+ 34	+8%			+ 4	+0%
P5			- 196	+37%	+ 29	+13%	- 319	+38%
P6	- 57	+56%					+ 31	+57%
P7	- 13	+7%	- 2	+1%				
Amont Strolz	+ 232	+23%	+ 145	+15%	+ 173	+34%	+ 970	+98%
Aval Jaurès	- 151	+28%	- 45	+12%	- 125	-32%		

La formule utilisée pour calculer le % d'écart est la suivante : valeur absolue de (valeurs observé - valeur simulé)/valeur observé.

Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz

	Pluie1					
	V simulé (m3)	V mesuré (m3)	Qmax simulé (m3)	Qmax mesuré (m3)	Hmax simulée (m)	Hmax mesurée (m)
P1	329.9	939	0.193	0.315	246	244
P2	2511	3869	0.820	1.110	315	303.4
P3						
P4						
P5						
P6	4	4	0.002	0.002	44	101
P7	792	1 122	0.260	0.293	173	186
Amont Strolz	3 609	4 902	0.860	0.740	1 221	989
Aval Jaurès	4 519	6 613	0.839	0.782	386	537

	Pluie8					
	V simulé (m3)	V mesuré (m3)	Qmax simulé (m3)	Qmax mesuré (m3)	Hmax simulée (m)	Hmax mesurée (m)
P1	418	687	0.170	0.131	229	195
P2	955	952	1.050	0.830	527	448
P3	237	363	0.181	0.215	605	594
P4	59	58	0.061	0.049	466	432
P5	62	44	0.010	0.014	328	524
P6						
P7	256	338	0.288	0.180	182	184
Amont Strolz	1 561	1 722	0.828	0.760	1 134	989
Aval Jaurès	1 724	2 234	0.679	0.614	342	387

	Pluie9					
	V simulé (m3)	V mesuré (m3)	Qmax simulé (m3)	Qmax mesuré (m3)	Hmax simulée (m)	Hmax mesurée (m)
P1	1015	1403	0.218	0.140	265	174
P2	1749	1499	0.281	0.238	191	172
P3	373	524	0.054	0.055	161	273
P4						
P5	70	67	0.006	0.006	257	228
P6						
P7						
Amont Strolz	2 539	2 783	0.350	0.317	687	514
Aval Jaurès	3 700	3 663	0.400	0.430	271	396

	Pluie7					
	V simulé (m3)	V mesuré (m3)	Qmax simulé (m3)	Qmax mesuré (m3)	Hmax simulée (m)	Hmax mesurée (m)
P1						
P2	2291	2170	1.580	1.664	486	465
P3	510	469	0.301	0.341	831	805
P4	151	179	0.143	0.159	818	814
P5	74	61	0.025	0.021	528	847
P6	7	2	0.004	0.004	85	54
P7						
Amont Strolz	3 272	2 533	1.285	0.853	1 959	989
Aval Jaurès						

ANNEXE 7

COURBES DE CALAGE PAR TEMPS DE PLUIE

ANNEXE 8

PLAN DE SYNTHÈSE DES CONTRAINTES AU DROIT DU SIPHON STROLZ

Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz



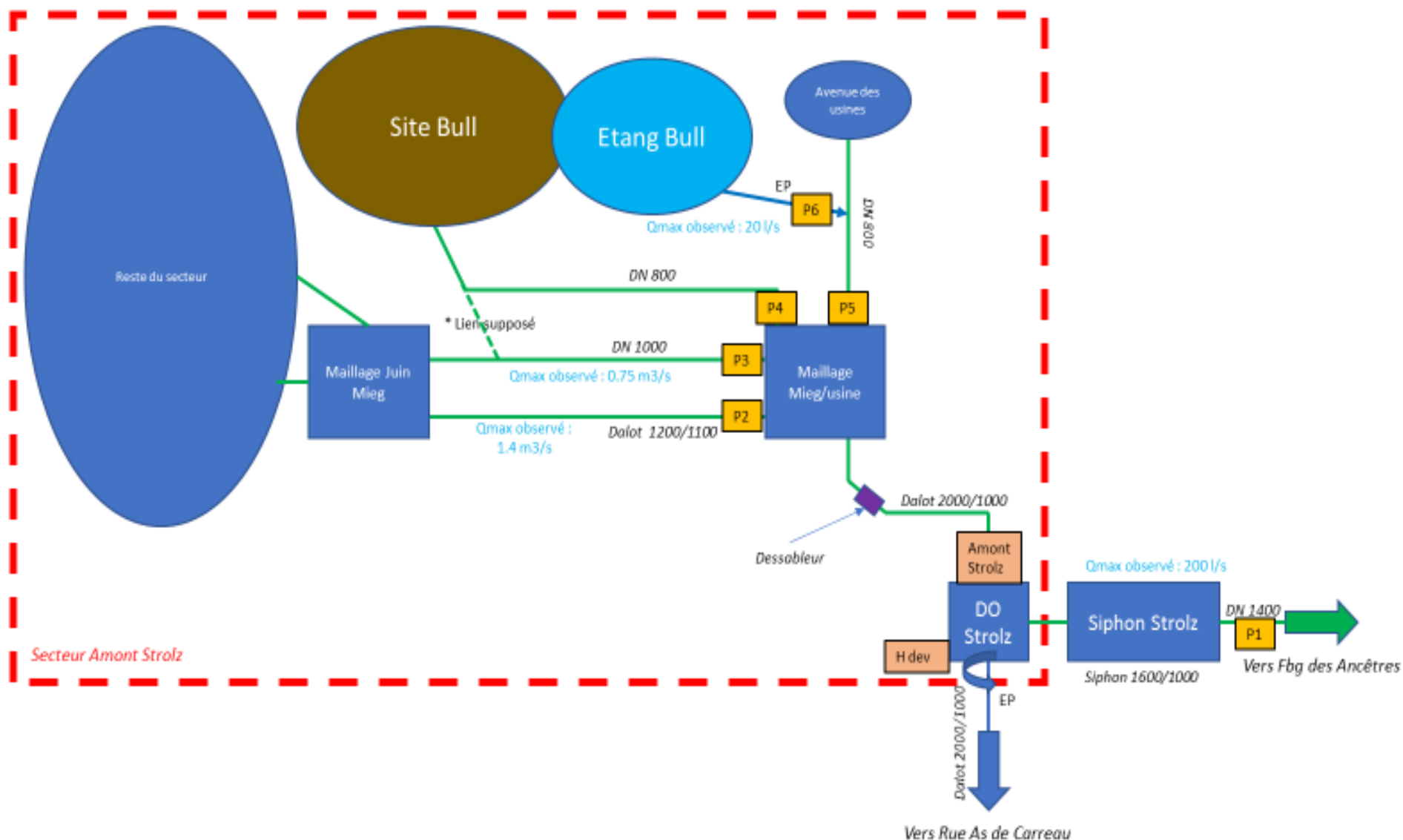
ANNEXE 9

SYNOPTIQUES DE FONCTIONNEMENT DE LA ZONE D'ETUDE

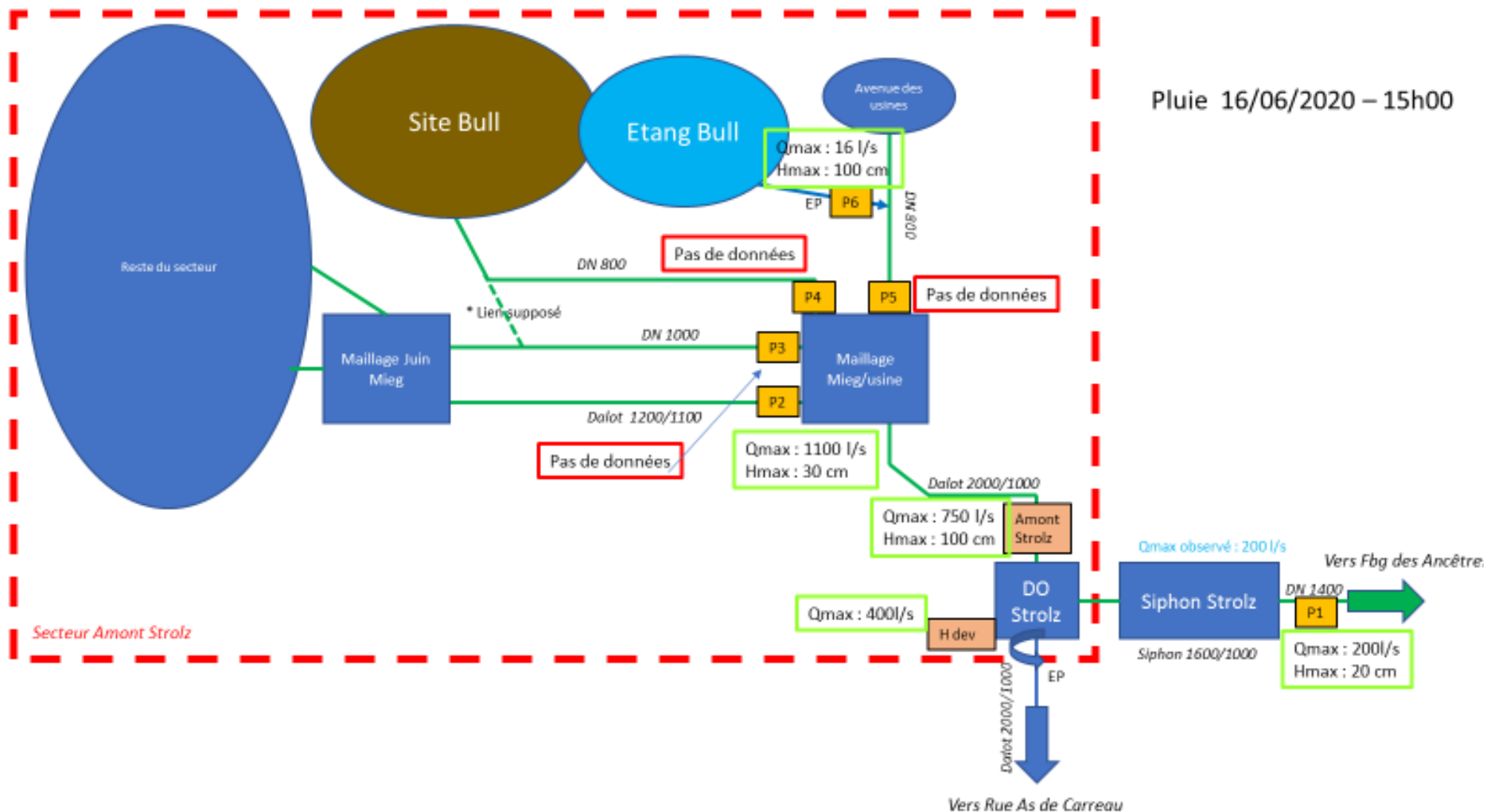


Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz

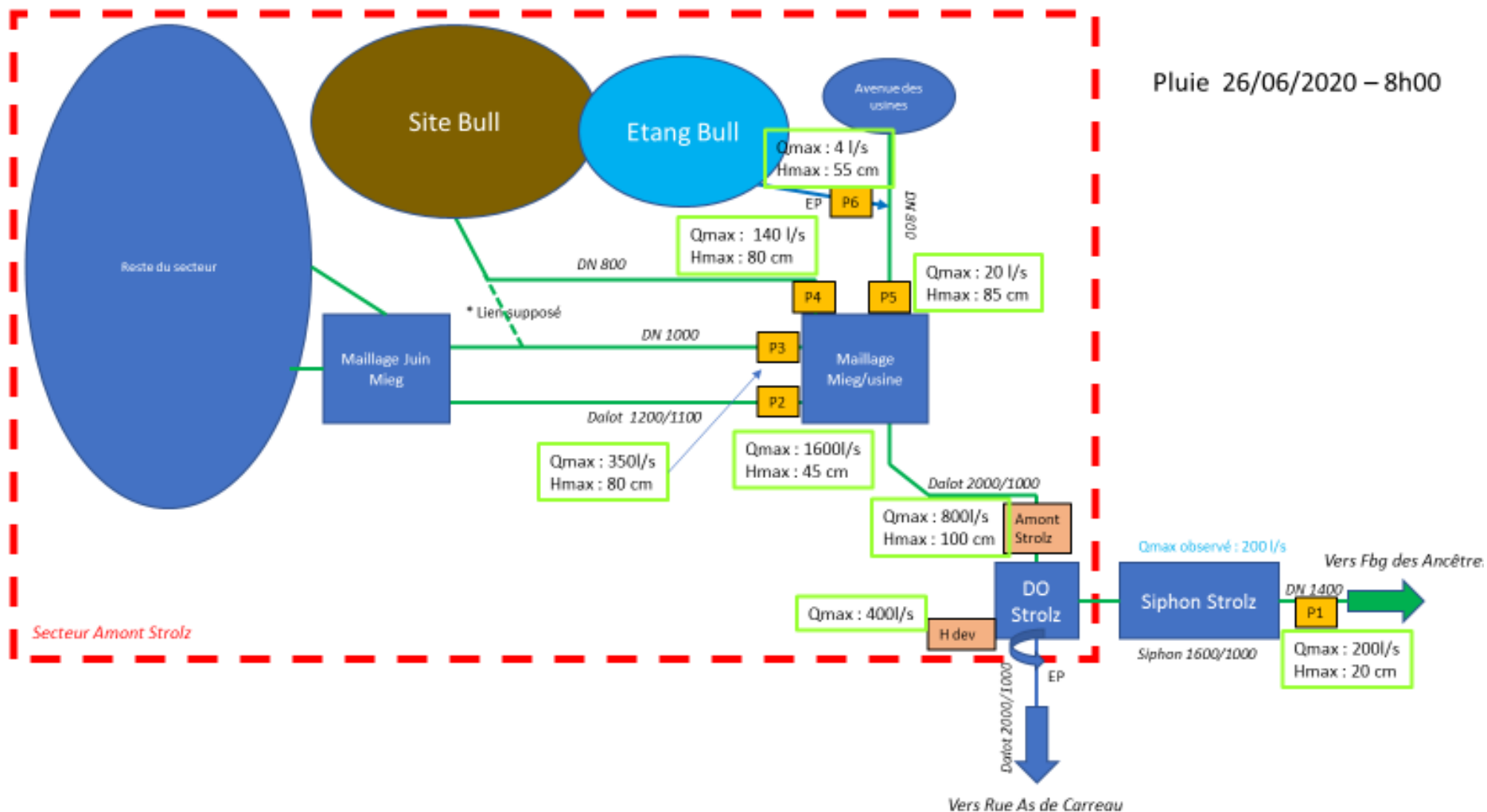


Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz



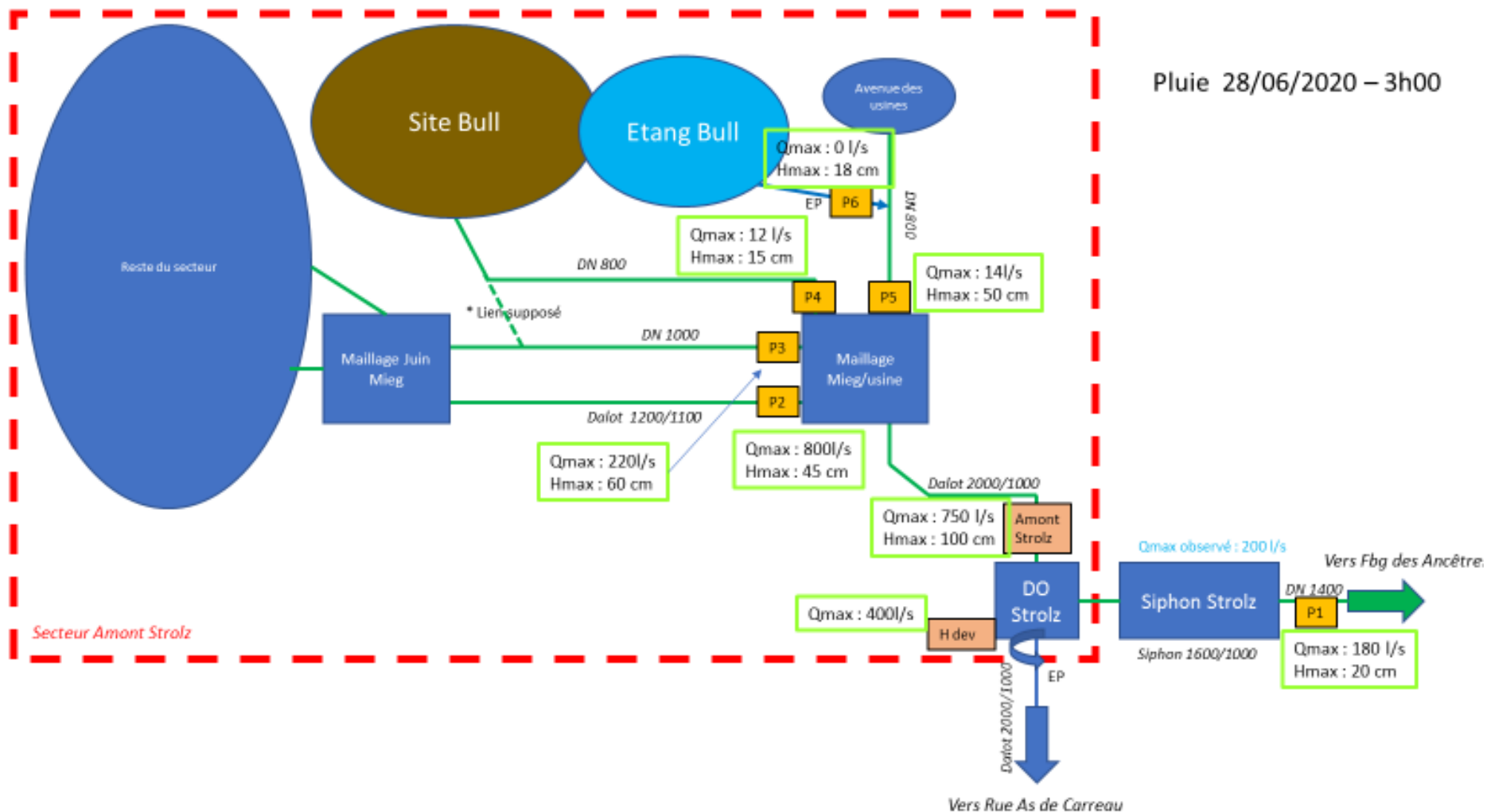
Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz



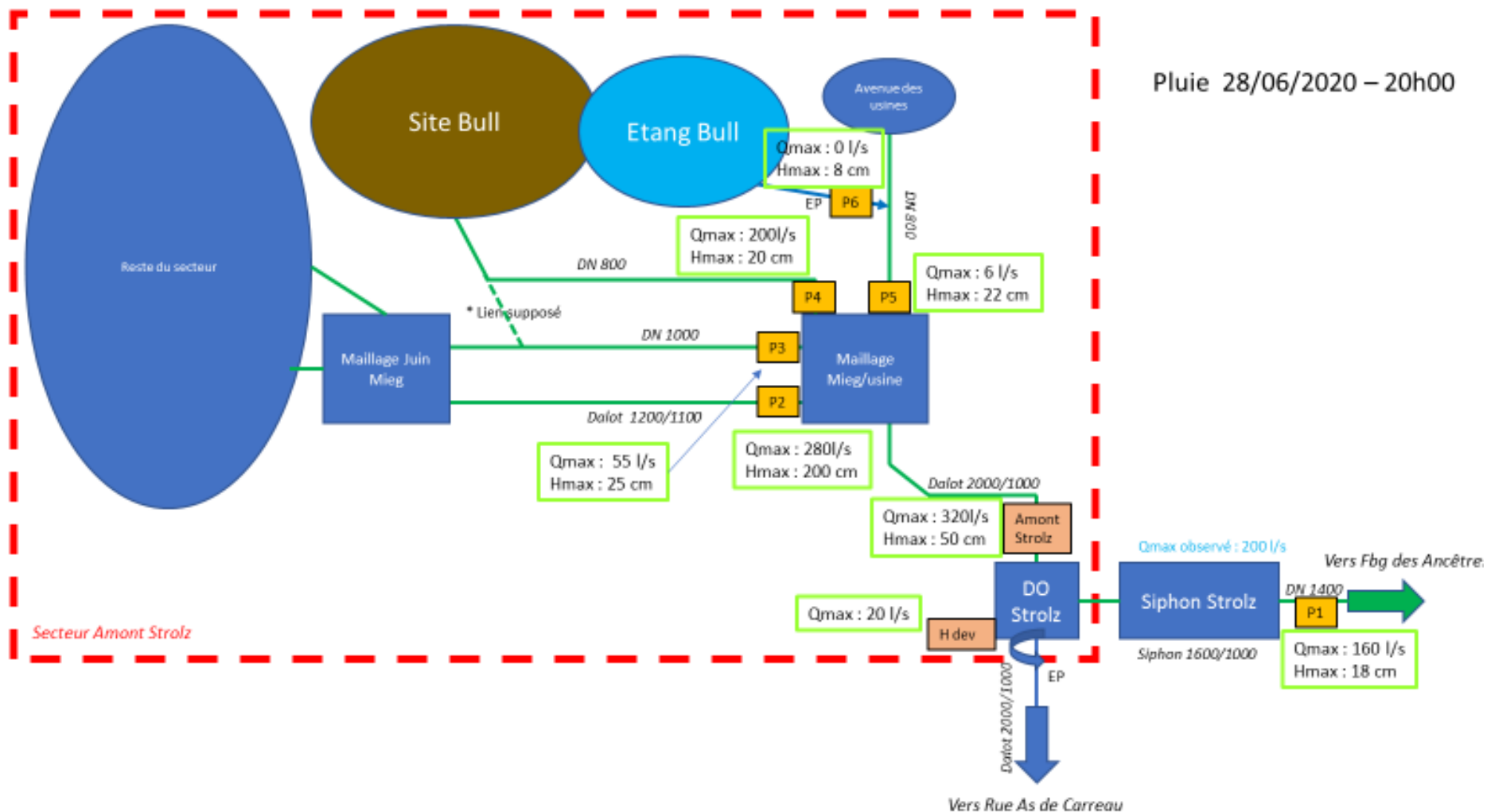
Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz



Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz



ANNEXE 10

FICHES MAILLAGES



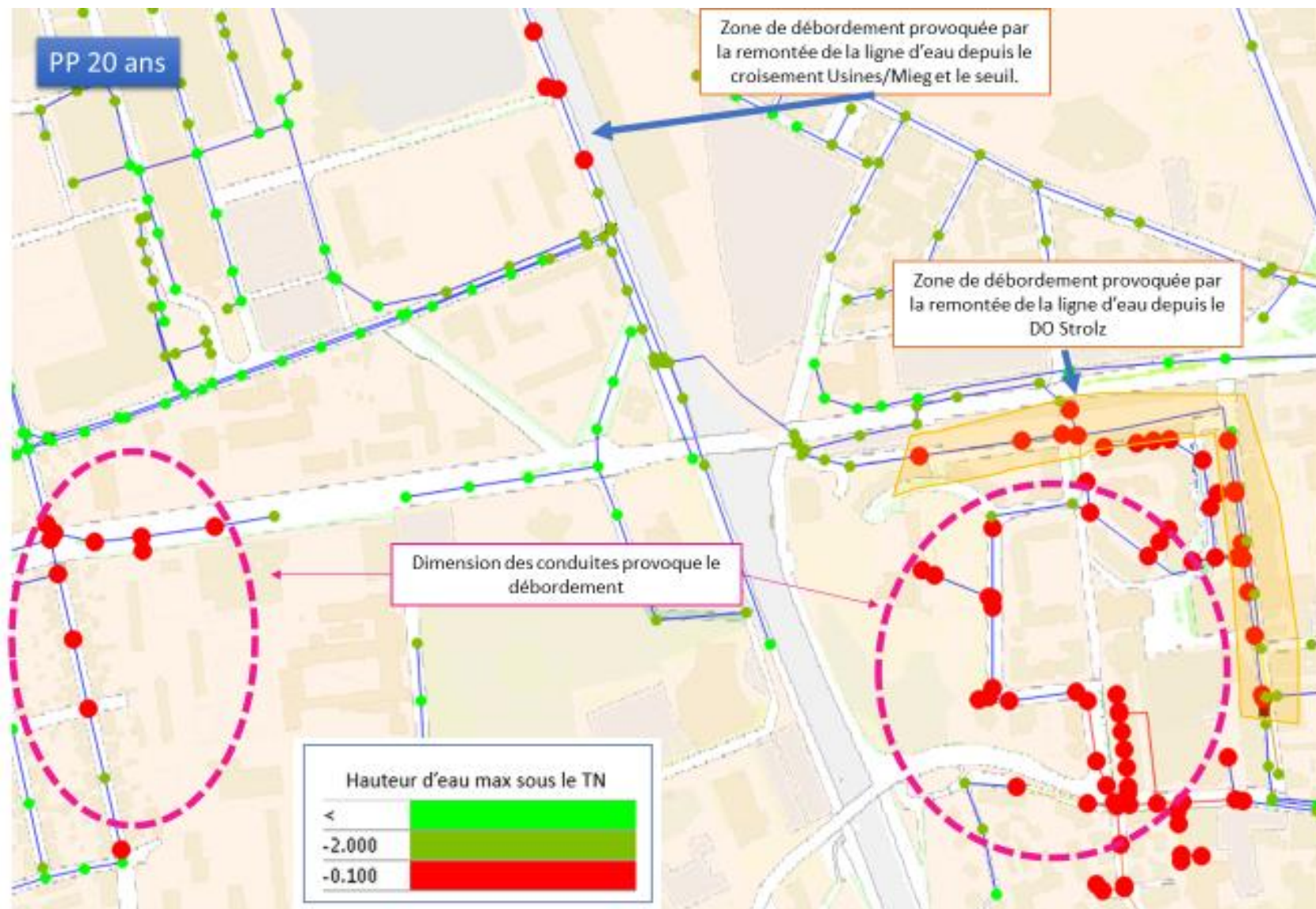
ANNEXE 11

ZONE DE DEBORDEMENT POUR LES PLUIES 20 ET 50 ANS.



Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz



Rapport de phase 1

Diagnostic de fonctionnement des réseaux en amont du déversoir d'orage Strolz

