



HAL
open science

Participation au schéma directeur d'assainissement de la commune de Millau, comprenant un diagnostic permanent et une modélisation hydraulique du réseau

Chaimae Zazouli

► To cite this version:

Chaimae Zazouli. Participation au schéma directeur d'assainissement de la commune de Millau, comprenant un diagnostic permanent et une modélisation hydraulique du réseau. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2020. dumas-03611960

HAL Id: dumas-03611960

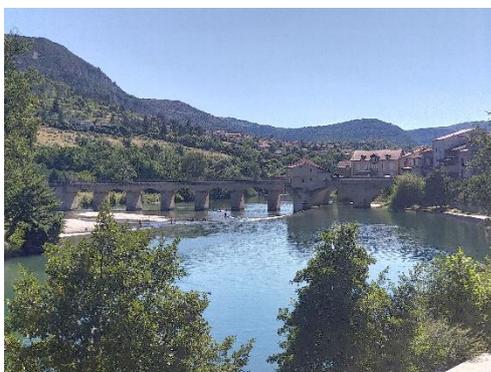
<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03611960>

Submitted on 17 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Participation au schéma directeur d'Assainissement de la commune de Millau, comprenant un diagnostic permanent et une modélisation hydraulique du réseau



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme :

Mastère spécialisé

Eau Potable et Assainissement de l'ENGEES

Stage réalisé par :

ZAZOULI Chaimae

Entreprise d'accueil :

AQUALTER
Siège social - Chartres

Maitres de stage :

-Tuteur école : Gilles ISENMANN
-Tuteur Entreprise : Vincent DARRAS

Dates du stage : 01 Juin au 27 Novembre
2020

Soutenance : le 11 Décembre 2020

Membres du Jury : M. Gilles ISENMANN- ENGEES

M. Thierry BAUER - BEREST

M. Matthieu TRAUTMANN- HYDRATEC

Remerciements

Avant tout développement de cette expérience professionnelle que j'ai vécue, je ne peux pas manquer d'adresser mes remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué à l'aboutissement et à la réussite de ce travail.

Tout d'abord, je tiens à remercier Monsieur Vincent DARRAS, Directeur Général Etudes et Développement Technique du groupe Aqualter, de m'avoir accordé ce stage et de m'avoir encadré malgré ses engagements et occupations. Je le remercie de sa disponibilité, et de sa confiance pour me faire participer à un tel projet qui a beaucoup enrichi mes connaissances.

Je remercie également Monsieur Youssef MOUACHA, Ingénieur Etudes à l'agence de Vendargues pour son grand soutien, le temps et l'aide qu'il m'a accordés tout au long de mon stage.

Mes vifs remerciements s'étendent également à Monsieur Thierry POVEDA, Directeur Technique au sein du bureau d'études, et Madame Angélique DRUART, Assistante Bureau d'études et Travaux à l'agence de Chartres, qui se sont toujours montrés à disposition pour répondre à mes questions de manière très cordiale.

Je profite de cette occasion pour remercier aussi Monsieur Stéphane GIROUD, Chef de projet chez AQUA Consulting, pour sa disponibilité et son aide, ainsi que le personnel de l'agence de Millau notamment Monsieur Valentin BRETOU, et Monsieur Yves BERTRAND qui m'ont accompagné lors de mes visites sur terrain à Millau.

Je tiens à adresser mes remerciements également à mon tuteur au sein de l'ENGEES, Monsieur Gilles ISENMANN pour son encadrement, ses remarques précieuses et pour la qualité de son enseignement sans oublier les autres professeurs et le personnel de l'école.

Enfin, à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail, merci du fond du cœur.

Résumé

L'ancien schéma directeur d'assainissement de la commune de Millau date de 1991. Ce document est réalisé sur une partie du réseau actuel et ne représente pas une étude générale. De ce fait, la présente étude s'inscrit dans le cadre d'une amélioration de la gestion du système d'assainissement et l'élaboration d'une reconnaissance assez complète des ouvrages et équipements d'une part, et la mise en place d'un outil fiable de diagnostic permanent selon l'exigence de l'arrêté du 21 Juillet 2015 *modifié*, d'autre part.

Ainsi, et dans l'objectif de répondre à ces obligations, AQUALTER, en tant qu'exploitant et assistant technique de l'étude du schéma directeur, a mis en place de nouveaux points de mesure et a mis à jour les anciens équipements afin de fiabiliser les données métrologiques qui alimentent un outil de calcul développé en interne. C'est un outil qui permet le traitement et l'analyse d'une base de données solide. Les résultats obtenus ont été complétés par une modélisation hydraulique du réseau d'assainissement sous PCSWMM.

Abstract

The old water sanitation master plan of the commune of Millau dates back to 1991. This document is carried out on a part of the current network and does not represent a general study. Therefore, the aim of this study is firstly, the improvement of the sewerage system management and the development of a complete identification of structures and equipment, and secondly, the implementation of a reliable and permanent tool for diagnosis in accordance with the requirements of "the decree of 21 July 2015 *amended*".

In order to meet these obligations, AQUALTER, as operator and technical assistant of the master plan study, has set up new measurement points and updated the old equipment to make the metrological data reliable, which inputs a calculation tool developed by the office. The tool allows the processing and analysis of a solid database. These results have been complemented by an hydraulic modeling of the sewerage network under PCSWMM.

Sommaire

Remerciements	1
Résumé	2
Abstract	2
Sommaire	3
Table des Figures.....	5
Table des Tableaux.....	6
Glossaire	7
Introduction.....	8
Chapitre 1 : Présentation de l'Entreprise d'accueil.....	9
I. Organigramme juridique du groupe.....	9
II. Chiffres d'affaires	10
III. Implantations.....	10
Chapitre 2 : Etat de l'art.....	11
I. Diagnostic du système d'assainissement	11
1. Arrêté du 21 Juillet 2015	11
2. Autourveillance du système d'assainissement.....	11
3. Conformité du système de collecte : Conformité ERU	13
II. Diagnostic permanent.....	13
1. Contexte général.....	13
2. Etude du diagnostic permanent	14
III. Modélisation Hydraulique	21
1. Présentation du Logiciel de modélisation.....	21
2. Etapes de la modélisation Hydraulique d'un réseau d'Assainissement	22
Chapitre 3 : Recueil des données, analyse et pré diagnostic	24
I. Périmètre d'étude.....	24
1. Présentation de la commune	24
2. Evolution démographique.....	24
3. Milieu récepteur	25
II. Pré-diagnostic du Réseau d'assainissement.....	25
1. Données générales.....	25
2. Synoptique du réseau.....	28
3. Autosurveillance.....	28
4. Pré-diagnostic du réseau	30
III. Pré-diagnostic de la Station de traitement	33

1. Données générales.....	33
2. Fonctionnement de la Station de traitement	36
Chapitre 4 : Fonctionnement du système d'assainissement- Etude du diagnostic permanent..	38
I. Campagne de mesures.....	38
1. Equipements utilisés.....	38
2. Délimitation des Bassins versants	39
II. Diagnostic des postes de relevage.....	40
III. Diagnostic des Eaux Claires Parasites.....	42
1. Méthodologie adoptée	42
2. Etude de la pluviométrie.....	42
3. Bilans et Analyse des résultats de 2019 et 2020.....	44
Chapitre 5 : Modélisation Hydraulique du réseau d'assainissement sous PCSWMM.....	56
I. Objectifs de la modélisation pour cette étude	56
II. Calage du modèle hydraulique.....	56
1. Choix des points de calage.....	56
2. Calage du modèle par temps sec	57
3. Calage du modèle par temps de pluie.....	60
III. Diagnostic du réseau.....	64
1. Diagnostic par temps sec	64
2. Diagnostic par temps de pluie (petites pluies)	65
IV. Proposition d'aménagements	68
1. Aménagements pour les problématiques de débordements et mises en charge.....	68
2. Aménagements conçus pour la conformité ERU	70
3. Vérification de la conformité ERU après aménagements.....	72
V. Limites du modèle et aménagements	72
Conclusion générale	73
Liste bibliographique	74
Annexes	76

Table des Figures

Figure 1 : Organigramme du groupe AQUALTER.....	9
Figure 2: Evolution du chiffre d'affaire d'AQUALTER.....	10
Figure 3: Implantations des agences d'AQUALTER au niveau national.....	10
Figure 4: Points du système d'assainissement soumis à une autosurveillance réglementaire (Source : SANDRE 2009).....	12
Figure 5 : Origines des eaux claires parasites (Source : King Country Government, Washington).....	16
Figure 6 : Exemple de calcul de la surface active – DO Saint-Antoine (présentée sur Power BI).....	20
Figure 7: Localisation de la zone d'étude	24
Figure 8 : Principaux rivières et ruisseaux au niveau de Millau (Mapbox).....	25
Figure 9: Réseau d'assainissement de Millau.....	26
Figure 10: Synoptique du réseau d'assainissement de Millau.....	28
Figure 11 : Carte d'Emplacement des ouvrages autosurveillés	29
Figure 12: Exemples de raccordement du réseau séparatif EP dans un réseau unitaire (KIS) .	30
Figure 13: Exemple d'un regard mixte EU et EP	30
Figure 14 : Exemple d'un DO fictif	31
Figure 15 : Exemples d'intrusion d'ECPP.....	31
Figure 16: Déversement au niveau du DO Richard II.....	32
Figure 17: Localisation de la Station de Traitement de Millau.....	33
Figure 18: Synoptique de la station de traitement.....	35
Figure 19 : Type de Sonde US utilisé sur le Réseau d'assainissement de Millau	38
Figure 20: Carte représentant les équipements utilisés pour l'étude du diagnostic permanent (sous QGIS).....	39
Figure 21: Sectorisation du réseau d'assainissement de Millau en bassins versants	40
Figure 22 : Emplacement des Postes de relevage instrumentés sur le réseau d'Assainissement	41
Figure 23 : Emplacements des deux nouveaux pluviomètres Stade et Ecole	43
Figure 24 : Pluviométrie mensuelle enregistrée au niveau des deux pluviomètres Ecole et Stade de Juin 2019 au Juin 2020.....	43
Figure 25 : Schéma représentant la Hiérarchisation des sondes utilisées pour l'étude du diagnostic permanent.....	45
Figure 26: Localisation des points sensibles aux ECPP	48
Figure 27: Résultats du diagnostic des ECP sur la période étudiée- Sonde DO Vieux Crès....	54
Figure 28: Résultats du diagnostic des ECP sur la période étudiée- Sonde Avenue de l'Europe	54
Figure 29 : Exemple de Patterns horaires (sonde DO Vieux Crès à gauche et sonde Avenue de l'Europe à droite).....	57
Figure 30 : Patterns des ECPP et des Industriels	58
Figure 31: Exemples de courbes de calage en TS (Sondes Avenue de l'Europe à gauche et DO Vieux Crès à droite).....	59
Figure 32: Courbes IDF des pluies de calage	61
Figure 33: Courbe de calage du Débitmètre Tannerie (pluie du 5 Juin)	62
Figure 34: Vérification du calage du Débitmètre Tannerie (pluie du 20 Juillet)	62
Figure 35: Calage du Débitmètre Tannerie (pluie du 31 Octobre)	63

Figure 36 : Exemples de canalisations ne respectant pas le recouvrement minimal (C351 à C354 ; C357_3 à C358)	64
Figure 37 : Débordements constatés.....	66
Figure 38 : Canalisations mises en charge.....	67
Figure 39 : Avant et après aménagements (intersection de l'Avenue Edouard Alfred Martel et Rue Paul Delmet)	69
Figure 40 : Emplacement du bassin de dépollution sur le réseau (sous PCSWMM).....	71

Table des Tableaux

Tableau 1 : Obligations d'autosurveillance au niveau du système de collecte.....	12
Tableau 2 : Quelques méthodes utilisées pour quantifier les ECP (source : REF [7] ET [8])	17
Tableau 3 : historique de la population de Millau (INSEE)	24
Tableau 4: Les communes raccordées au système de Collecte (INSEE 2017).....	26
Tableau 5 : Les industriels raccordés au réseau d'assainissement de Millau (source : MAS) .	27
Tableau 6 : Suivi des rejets des industriels raccordés au réseau d'assainissement	27
Tableau 7: Linéaires du réseau d'assainissement de Millau (source : RAD 2019)	27
Tableau 8 : DO et Trop-pleins soumis à une autosurveillance réglementaire	28
Tableau 9: Caractéristiques des DO autosurveillés.....	29
Tableau 10 : Evaluation de la conformité ERU pour l'année 2019	32
Tableau 11: Capacités de traitement de la STEU en temps sec et e temps de pluie	34
Tableau 12: Normes de rejet de la STEU de Millau (source : Arrêté préfectoral)	34
Tableau 13 : Flux hydrauliques mesurés à l'entrée de la station d'épuration	36
Tableau 14 : Flux polluant et taux de charge de la station	36
Tableau 15 : Production annuelle des sous-produits de l'épuration (2018-2019).....	36
Tableau 16 : Performances épuratoires de la Station de Traitement pour l'année 2019	37
Tableau 17: Nombre de mesures effectuées sur l'année 2019 (Source : RAD 2019).....	37
Tableau 18 : Caractéristiques des postes de relevage.....	41
Tableau 19: Affectation des points de mesures aux pluviomètres Stade et Ecole	44
Tableau 20: Classement des Bassins versants selon la sensibilité aux ECPP.....	46
Tableau 21: Type du réseau d'assainissement au niveau de chaque point de mesure	49
Tableau 22: Classement des BV selon le facteur de sensibilité aux ECPM (Approche globale)	50
Tableau 23 : Classement BV selon le facteur de sensibilité aux ECPM (Approche sectorielle)	53
Tableau 24: BV les plus sensibles aux ECP	55
Tableau 25 : Les points de mesures utilisés pour le calage du modèle hydraulique.....	56
Tableau 26 : Résultats du calage en TS	58
Tableau 27 : Vérification du calage au niveau des PR en TS	59
Tableau 28 : Caractéristiques des pluies du calage	60
Tableau 29 : Résultats du calage en TP (Pluies du 5 Juin et 20 Juillet 2019)	61
Tableau 30 : Résultats de la validation du calage en TP par la pluie du 31 Octobre 2019	63
Tableau 31: Caractéristique de la pluie de projet adoptée.....	65
Tableau 32 : Evaluation de la conformité ERU selon le premier critère.....	68
Tableau 33 : Vérification de la conformité ERU selon le troisième critère	68
Tableau 34 : Canalisations renforcées pour limiter les débordements et mises en charge au niveau de la zone Stade.....	69
Tableau 35 : Aménagements effectués pour la conformité ERU.....	70
Tableau 36 : Vérification du 3ème critère de la conformité ERU après aménagements.....	72

Glossaire

- BV : Bassin versant
- CCTG : cahier des clauses techniques générales
- DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours
- DCE : Directive cadre sur l'eau
- DCO : Demande chimique en oxygène
- DDC : Dessableur- Dégraisseur combiné
- DERU : Directive sur les Eaux RésiduaireS UrbaineS
- DO : Déversoir d'orage
- DSP : Délégation de service publique
- EPI : Eaux parasites d'infiltration
- ECP : Eaux claires parasites
- EPC : Eaux parasites de captage
- ECPM : Eaux claires parasites météoriques
- ECPP : Eaux claires parasites permanentes
- EH : Equivalent habitant
- EP : Eaux pluviales
- EU : Eaux usées
- EUS : Eaux usées strictes
- HS : Hors service
- ILI : Indice linéaire d'infiltration
- ITV : Inspection télévisée
- MAS : Manuel d'autosurveillance
- MES : Matières en suspension
- MN : Milieu naturel
- NTK : Azote total kjeldahl
- PNRGC : Parc Naturel Régional des Grands Causses
- PR : Poste de relevage / refoulement
- Pt : Phosphore total
- RAD : Rapport annuel du délégataire
- Sa : surface active
- SAGE : Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau
- SDAGE : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
- SIG : Sciences de l'information géographique
- STEU : Station de traitement des eaux usées
- TP : Temps de pluie / Trop-plein
- TS : Temps sec
- US : ultra-son

Introduction

La réalisation du schéma directeur Assainissement de la commune de Millau fait partie des obligations contractuelles d'AQUALTER. Elle est menée par son bureau d'études.

C'est un document qui vise principalement à :

- ✓ Améliorer et optimiser le fonctionnement du système d'assainissement de Millau
- ✓ Réduire les apports des eaux claires parasites
- ✓ Réduire les rejets et limiter leurs impacts sur le milieu naturel
- ✓ Comprendre et limiter les dysfonctionnements
- ✓ La mise en conformité ERU et DCE du système d'assainissement
- ✓ Respecter les objectifs du SDAGE ADOUR GARONNE et SAGE TARN AMONT
- ✓ Etudier et améliorer le comportement du réseau face au risque d'inondation
- ✓ Réduire les surcoûts d'exploitation

En vue de répondre à ces objectifs l'étude doit :

- ✓ Etablir une reconnaissance complète du système d'assainissement : Faire un état des lieux de l'ensemble des ouvrages, définir leurs modes de fonctionnement et mettre à jour les données du système d'assainissement, évaluer l'état structurel des canalisations, établir une étude particulière des ouvrages de déversement ...
- ✓ Evaluer les volumes des eaux usées et flux de pollution rejetés dans le milieu récepteur
- ✓ Etablir une étude détaillée sur le diagnostic des eaux claires parasites
- ✓ Programmer des investigations complémentaires sur les zones critiques et définir un programme de travaux priorisé pour réduire l'intrusion des apports parasites.
- ✓ Constituer un modèle hydraulique du réseau d'assainissement

Ma contribution dans cette étude s'est articulée autour de quatre parties principales :

- ✓ La première partie du travail concerne le contexte général du stage, la bibliographie adoptée, et en particulier le contexte réglementaire de l'étude.
- ✓ La deuxième partie consiste à présenter les données générales de l'étude et à établir un pré-diagnostic du système d'assainissement
- ✓ La troisième partie concerne l'étude du diagnostic permanent du réseau d'assainissement qui porte essentiellement sur le diagnostic des eaux claires parasites dont l'objectif principal est de déterminer les zones sensibles aux ECPM et ECPP
- ✓ Enfin, la dernière partie de ce travail consiste à faire une modélisation hydraulique du réseau d'assainissement afin d'étudier son comportement hydraulique, de compléter les résultats du diagnostic permanent, d'identifier d'autres dysfonctionnements et de proposer quelques aménagements.

Chapitre 1 : Présentation de l'Entreprise d'accueil

Le groupe Aqualter est né fin 2010 du rapprochement, par la Caisse des dépôts et la société CITEE, de deux sociétés qu'elles détenaient dans le secteur de l'eau :

- ALTEAU, spécialisée dans l'exploitation de DSP, créée en 1992. En 2016, Alteau prend le nom d'AQUALTER EXPLOITATION.
- TERNOIS, centrée sur la construction d'ouvrages, créée en 1970, devenue en 2013 AQUALTER CONSTRUCTION.

Ces deux sociétés ont fusionné début 2020 au sein d'une seule société dénommée « AQUALTER ». REF [11]

I. Organigramme juridique du groupe

L'organisation générale du groupe AQUALTER est présentée comme suit :

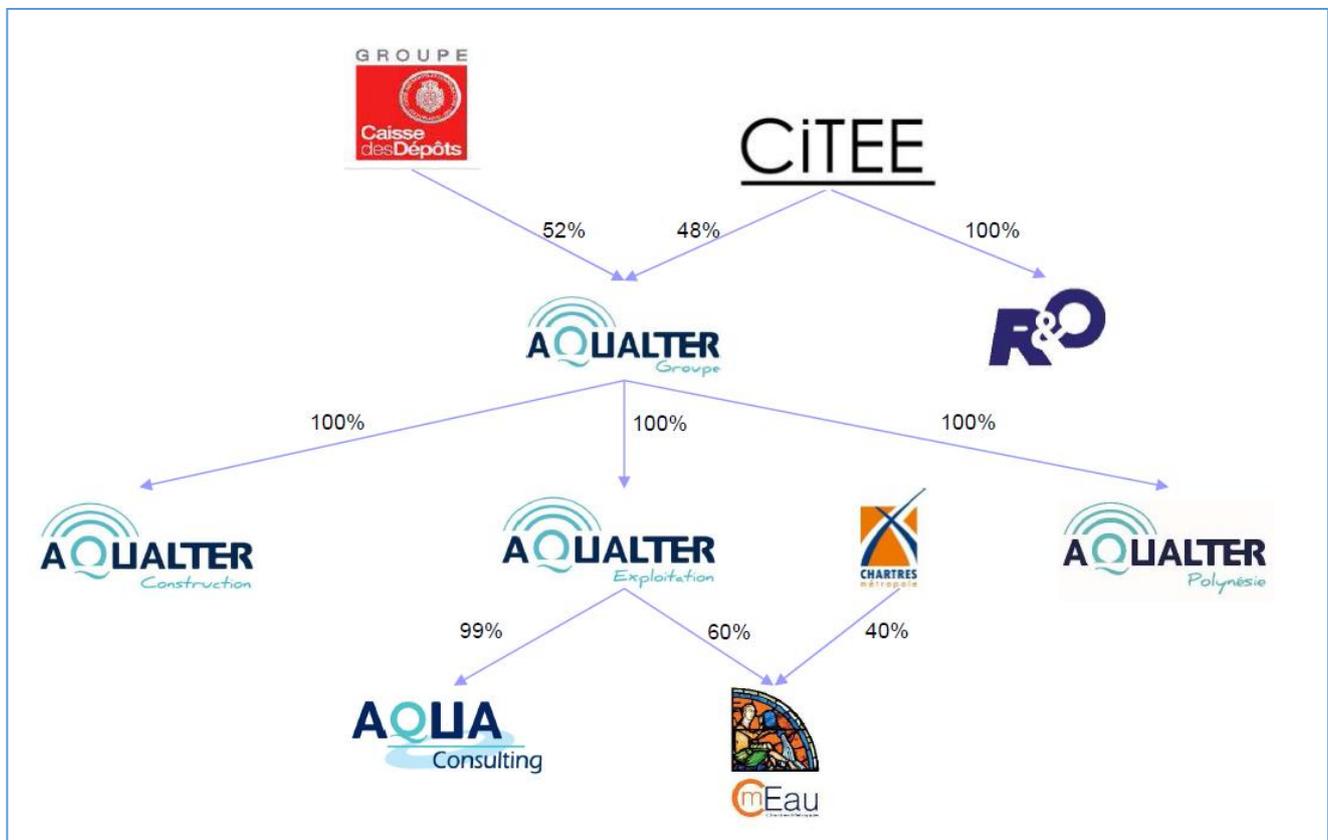


Figure 1 : Organigramme du groupe AQUALTER

II. Chiffres d'affaires

L'évolution du chiffre d'affaires du groupe sur les quatre dernières années est donnée dans la figure suivante :

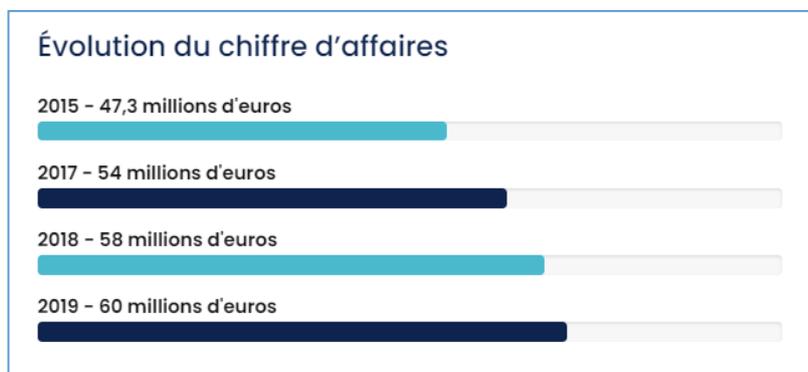


Figure 2: Evolution du chiffre d'affaire d'AQUALTER

III. Implantations

Le siège du groupe est situé à Chartres. Les autres agences sont représentées sur la figure ci-dessous :

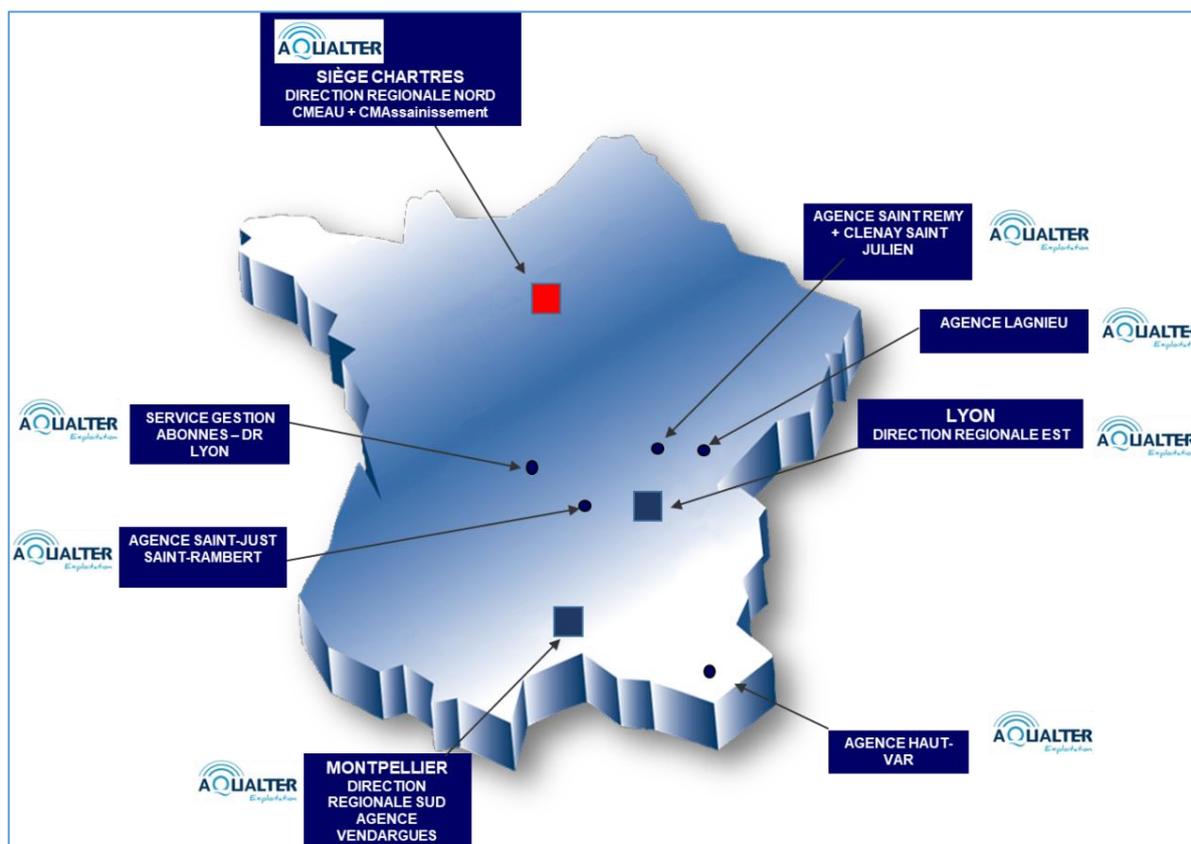


Figure 3: Implantations des agences d'AQUALTER au niveau national

Chapitre 2 : Etat de l'art

I. Diagnostic du système d'assainissement

1. Arrêté du 21 Juillet 2015

L'arrêté du 21 Juillet 2015, *relatif aux systèmes d'assainissement [...] modifié* comprend les différents aspects de la conception jusqu'à la surveillance et contrôle des systèmes d'assainissement.

Ce dernier apporte plusieurs indications relatives à l'autosurveillance des systèmes d'assainissement, à la gestion alternative des eaux pluviales, au suivi régulier des ouvrages et réseaux d'assainissement, etc.

2. Autourveillance du système d'assainissement

2.1.Principe de l'autosurveillance

L'autosurveillance du système d'assainissement s'inscrit dans le cadre de la protection de l'environnement qui incite les maîtres d'ouvrage à respecter les règles environnementales imposées afin de mieux maîtriser les effluents et déchets rejetés dans les conditions normales du fonctionnement du système de traitement, voire exceptionnelles.

Ainsi, le Maître d'ouvrage est amené à respecter trois obligations :

- Il doit équiper le système de collecte et la station de traitement en vue de mesurer ou estimer selon le cas les volumes et/ ou flux de pollution à traiter, déversés
- Le maître d'ouvrage ou le mandataire doit aussi respecter toute opération prévue par la réglementation
- Il doit mettre à jour et à disposition les documents.

Le respect des règles précitées permet de mieux connaître le fonctionnement du système d'assainissement, de limiter les contrôles directs et de permettre un suivi continu des résultats obtenus par l'exploitant qui les compare aux objectifs fixés et vérifie leur adéquation. REF [4]

2.2.Points réglementaires soumis à une autosurveillance

Les points réglementaires soumis à une autosurveillance sur le système d'assainissement sont représentés sur le schéma suivant :

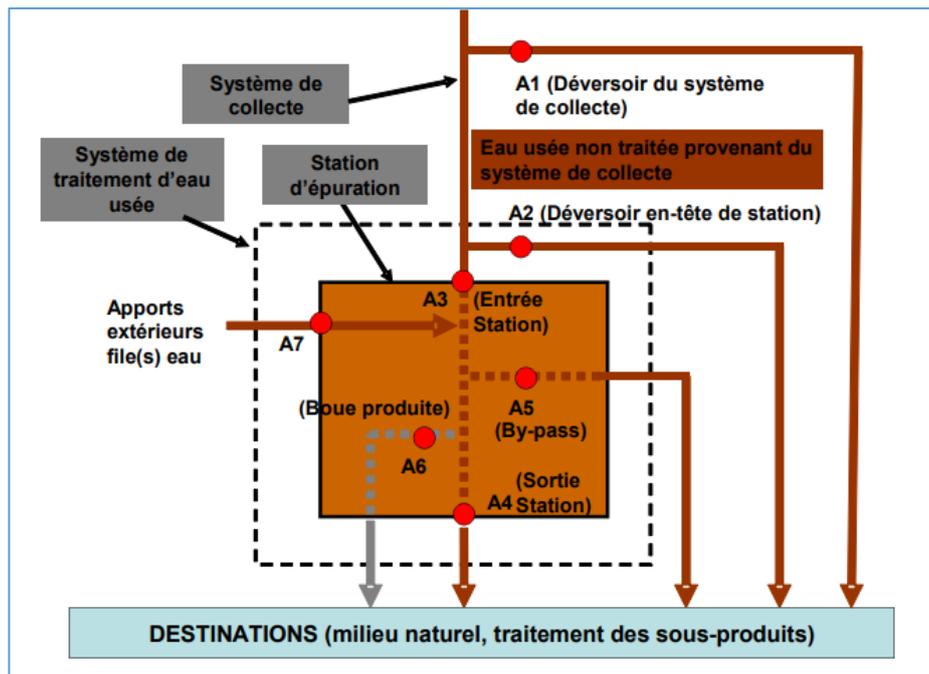


Figure 4: Points du système d'assainissement soumis à une autosurveillance réglementaire (Source : SANDRE 2009)

2.3. Autosurveillance du système de collecte

Selon le chapitre 3, article 17 de l'arrêté du 21 Juillet 2015, l'autosurveillance du système de collecte concerne les déversoirs d'orage en général et trop-pleins (système séparatif) qui sont situés à l'aval d'un tronçon et destinés à collecter une charge brute de pollution organique supérieure ou égale à 120kg/j de DBO₅. REF [2]

Tableau 1 : Obligations d'autosurveillance au niveau du système de collecte

Nature de l'ouvrage	Charge polluante par temps sec (Kg/j de DBO ₅)	Niveau de surveillance
Déversoir d'orage	<120	Aucun
Déversoir d'orage	≥120	-Mesurer le temps de déversement journalier -Estimer les débits déversés.
Déversoir d'orage	≥ 600 et déversant plus de 10 jours calendaires par an (en moyenne quinquennale)	-Mesurer et enregistrer les débits déversés en continu -Estimer la charge polluante rejetée (DBO ₅ , DCO, MES, NTK, Ptot)
Trop-pleins d'un système de collecte séparatif	≥120	-Mesurer le temps de déversement journalier

Source : Guide pratique – Mise en place de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement AERM

2.4. Autosurveillance de la station de traitement

Le même chapitre présente les modalités d'autosurveillance sur les stations de traitement et explicite en annexe 1 les paramètres suivis et les fréquences de mesures qui varient selon la capacité de traitement de la station.

Cette autosurveillance concerne les déversoirs en tête de la station et by-pass vers le milieu récepteur, les effluents à l'entrée et à la sortie de la station sur la file eau, apports extérieurs (matières de vidange, de curage...), sous-produits générés (refus dégrillage, sables...), boues, consommations de réactifs et d'énergie, eaux usées traitées réutilisées. REF [2]

3. Conformité du système de collecte : Conformité ERU

Selon la note technique et l'article 22 de l'arrêté du 21 Juillet 2015 modifié, la conformité du système de collecte par temps de pluie est évaluée par l'un des critères suivants :

- Les volumes rejetés par temps de pluie représentent moins de 5% du volume annuel d'eaux usées produit
- Les effluents rejetés par temps de pluie représentent moins de 5% du flux de pollution annuel produit par l'agglomération d'assainissement
- Moins de 20 déversements durant l'année par déversoir d'orage autosurveillé REF [3]

Pour les deux premiers critères :

$$\frac{\sum \text{volumes ou flux de pollution au niveau des A1}}{\sum \text{volumes ou flux de pollution au niveau des A1 et A2 et A3}} \times 100 \leq 5$$

II. Diagnostic permanent

1. Contexte général

1.1. Contexte réglementaire

L'article 12 de l'arrêté du 21 Juillet 2015 modifié souligne clairement l'obligation de mettre en place un diagnostic permanent du système d'assainissement pour les agglomérations produisant une charge brute de pollution organique supérieure ou égale à 120 kg/j de DBO₅ au plus tard le 31 Décembre 2024. Pour les agglomérations d'assainissement produisant une charge brute de pollution organique supérieure ou égale à 600 kg/j de DBO₅ ce dernier doit être établi au plus tard le 31 Décembre 2021. Par ailleurs, le diagnostic périodique est indispensable pour tous les systèmes d'assainissements et sa révision ne doit pas dépasser dix ans. REF [1]

1.2. Objectifs du diagnostic permanent

Les objectifs principaux du diagnostic permanent sont :

- La **connaissance en continu** du fonctionnement du système d'assainissement et de son état structurel.
- L'**identification** et la **prévention** des dysfonctionnements du système dans les meilleurs délais.
- Le **suivi** et l'**évaluation** de l'efficacité des actions préventives ou correctrices prises.
- L'exploitation du système d'assainissement dans une logique d'**amélioration continue**.
REF [1]

1.3. Contenu du diagnostic permanent :

Le diagnostic permanent regroupe l'ensemble des moyens qui permettent de suivre en continu l'état structurel et le fonctionnement hydraulique du système d'assainissement dans un objectif d'optimisation de son exploitation ainsi que la préservation du milieu naturel en limitant les rejets du système de collecte.

Il consiste principalement à identifier et puis sectoriser les différents dysfonctionnements et points problématiques afin de mettre en place un programme hiérarchisé des actions d'exploitation et d'investissement nécessaires pour maintenir un bon fonctionnement du système d'assainissement. REF [6]

2. Etude du diagnostic permanent

2.1. Diagnostic des postes de relevage

Le diagnostic des postes de relèvement/ refoulement consiste à étudier le fonctionnement hydraulique des différents postes (marnage, trop-pleins...) ainsi que le fonctionnement des pompes.

➤ Calcul des débits réels de pompage :

On remarque un écart entre les débits nominaux des pompes et les débits réels.

Pour le calcul des débits réels de pompage, on a utilisé la méthode suivante :

$$Q_{\text{pompage}} = \frac{V_{\text{Marnage}}}{\text{Temps de remplissage}} + \frac{V_{\text{Marnage}}}{\text{Temps de vidange}}$$

➤ Calcul des volumes pompés :

Les volumes pompés sont calculés comme suit :

$$V_{\text{pompé}} (\text{m}^3) = Q_{\text{pompage}} \times \text{Temps de marche}$$

➤ Estimation des volumes déversés par les trop-pleins :

La loi utilisée pour l'estimation des volumes déversés au niveau des trop-pleins est la **loi d'orifice** définie comme suit :

$$Q = C_d \times S \times \sqrt{2g} \times h^{\frac{1}{2}}$$

Avec C_d : coefficient de débit qui varie entre 0.61 et 0.65. On prend souvent une valeur de 0.62.

2.2. Diagnostic des déversoirs d'orage

Au niveau du diagnostic des déversoirs d'orage, les relations utilisées pour le calcul des volumes déversés sont :

➤ Pour les déversoirs d'orage latéraux :

Le calcul des volumes déversés pour les déversoirs latéraux est fait en utilisant la relation de **Dominguez** : REF [9]

$$Q = m \varphi L h \sqrt{2gh}$$

Avec :

m : coefficient dépendant des caractéristiques du déversoir

φ : coefficient dépendant du régime d'écoulement

L : longueur du seuil

h : lame déversante

➤ Pour les déversoirs d'orage frontaux :

La relation utilisée pour le calcul des volumes déversés pour les déversoirs frontaux est celle de **Kindsvater-Carter** définie comme suit : REF [10]

$$Q = \mu C_v \sqrt{2g} B h_e^{\frac{3}{2}}$$

Avec :

h_e : hauteur effective

C_v : Coefficient de vitesse d'approche

μ : coefficient de débit

B : Longueur du seuil

Ces formules sont détaillées dans l'Annexe 1

2.3. Diagnostic des eaux claires parasites

○ Définitions et origines

Les eaux claires parasites sont, comme leur nom l'indique, les eaux non désirées transitant dans un système d'assainissement non conçu pour les recevoir. On distingue deux types d'ECP :

- Eaux claires parasites météoriques (ECPM) : Ce sont les apports d'eaux pluviales dans les réseaux séparatifs EU par ruissellement (mauvais branchements provenant des réseaux d'eaux pluviales, regards défectueux...), ou par ressuyage (infiltration des eaux pluviales qui ont pénétré le sol).
- Eaux claires parasites permanentes (ECPD) : Elles correspondent aux eaux s'infiltrant dans les réseaux d'assainissement unitaires ou séparatifs faute d'étanchéité ou à cause des défauts structurels (fissures, casses, emboitement...) provenant des nappes, captage des sources...

Un autre couple d'acronyme est utilisé pour classer les Eaux claires parasites. Il s'agit d'Eaux parasites d'infiltration EPI liées à des anomalies structurelles (intrusion des eaux de nappe, les eaux pluviales issues de l'effet de ressuyage...) et les Eaux parasites de captage EPC issues de différentes sources (des branchements incorrects des réseaux d'eaux pluviales dans le réseau

EU, captage des sources, des drains, des rejets de piscines...). Ces deux types classent les ECP selon leurs origines. REF [6]

Pour cette étude on va utiliser la première classification.

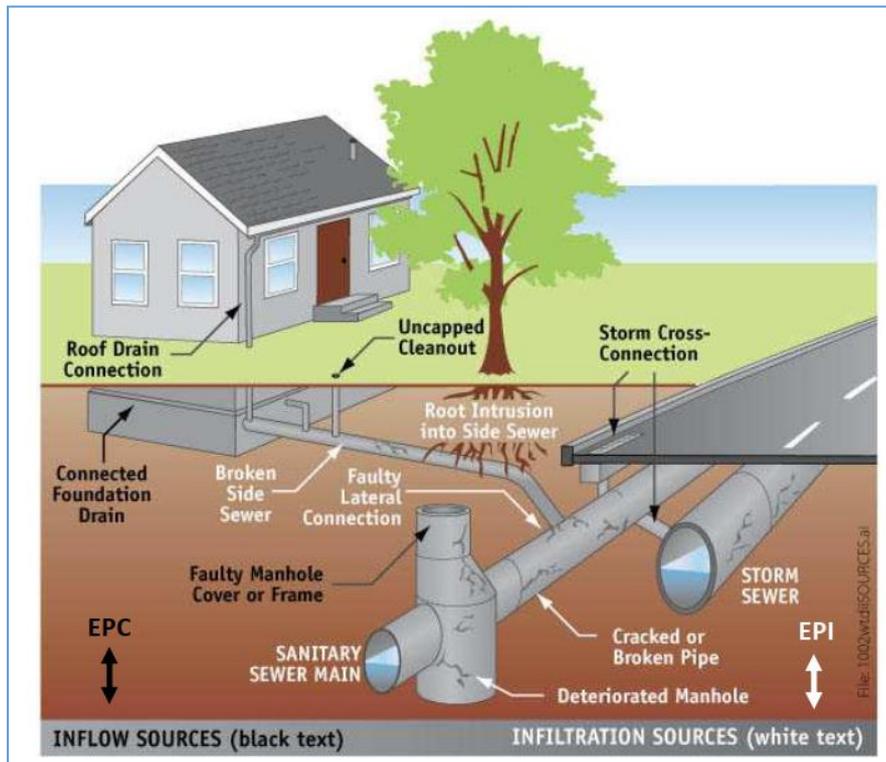


Figure 5 : Origines des eaux claires parasites (Source : King Country Government, Washington)

o Conséquences des ECP

Les eaux claires parasites engendrent plusieurs problèmes sur le fonctionnement des systèmes d'assainissement :

➤ **Sur le système de collecte :**

- Déstabilisation des réseaux d'assainissement par l'entraînement des sols ou autres matériaux vers les collecteurs.
- Dégradation des canalisations (fissures...), et ouvrages notamment les pompes à cause des sur-débits et surpressions.
- La mise en charge des collecteurs et poste de relèvement ce qui peut entraîner des débordements et augmenter les consommations énergétiques au niveau de ces derniers par l'augmentation des temps de pompage.
- Augmentation des volumes déversés ce qui peut engendrer la non-conformité du réseau d'assainissement vis-à-vis de la DERU.

➤ **Sur la station de traitement :**

- Baisse des performances épuratoires des stations de traitement due à la dilution des eaux usées.
- Surcharges hydrauliques sur les STEU ce qui peut augmenter le volume des eaux usées non traitées by-passées ou prétraitées rejetées dans le milieu naturel et donc l'augmentation du risque de déclassement de la qualité du MN.
- Augmentation des dépenses énergétiques et coûts d'exploitation.

○ Méthodes de Quantification des ECP

Tableau 2 : Quelques méthodes utilisées pour quantifier les ECP (source : REF [7] ET [8])

	Méthode	Données d'entrée	Hypothèses	Avantages	Inconvénients
<u>Méthodes débitométriques</u>	Débit de temps sec	-Consommation annuelle en eau potable -Débit total journalier -pluviométrie	-Le débit d'EUS est considéré constant et calculé à partir de la consommation en eau potable -Extrapolation pour les événements pluvieux	Utilisation simple	Ne prend pas en compte la variation journalière et saisonnière de la consommation en eau potable (EUS constant)
	Méthode du triangle (Weiss et al 2002)	-Consommation annuelle en eau potable -Débit journalier -Pluviométrie	-ECP sont maximums en début des événements pluvieux	-Représentation graphique -Séparation des ECP liées aux événements pluvieux -Comparaison des apports d'ECP sur différents points de mesures	Ne prend pas en compte la variation journalière et saisonnière de la consommation en eau potable (EUS constant)
	Méthode du Minimum Mobile (Weiss et al 2002)	- consommation annuelle en eau potable -Débit journalier -Pluviométrie	Le débit d'EUS est considéré constant et calculé à partir de la consommation en eau potable	-Utilisation simple - Prise en compte de la variabilité des ECP	Méthode conceptuelle
	Méthode du débit nocturne minimum (Renault, 1983)	-Hydrogramme journalier -Pluviométrie	-Apports d'EPI constants sur une journée -Le Q_{EUS} nocturne est nul -Pas de rejets industriels continus	- Q_{EUS} journalier n'est pas constant Ainsi que le débit des EPI.	La surestimation du débit des ECPP vu l'hypothèse : « Q_{EUS} nocturne est nul » -prend compte aussi des Eaux parasites non permanentes (fuites d'eau potable...)
	Méthode du débit nocturne minimum corrigé (Renault, 1983)	-Hydrogramme journalier -Pluviométrie -Pente + linéaire du réseau	Mêmes hypothèses que la méthode précédente mais en considérant $Q_{EUS, \text{ nocturne}} = K Q_{EU, \text{ moyen}}$ avec K : coefficient de débit résiduel d'EUS	En sus des avantages de la méthode précédente, cette méthode prend en compte le débit des EUS résiduel	La valeur du débit résiduel reste approximative car la valeur de K n'est pas assez précise

	Méthode	Données d'entrée	Hypothèses	Avantages	Inconvénients
Méthodes chimiques	Méthode d'Imhoff (Renault, 1983)	-Débit total journalier -Mesures journalières des polluants notamment DBO et DCO -Consommation annuelle d'eau potable	- Utilisation des ratios standards de la pollution journalière produite par l'EH (valeurs de référence)	-Utilisation simple	-Méthode très approximative (ne considère pas la variabilité des EUS)
	La méthode Hybride (BE Horizon 1992)	Mesures des débits horaires diurnes et nocturnes du DCO et DBO (en général)	-La teneur en polluant est négligeable dans les ECP	Pas d'utilisation des valeurs de référence de la pollution journalière produite par EH	Echantillonnage complexe + Hypothèse

2.4. Le diagnostic permanent développé par AQUALTER

o Présentation de l'outil de calcul

L'outil a été développé par AQUALTER avec l'assistance d'AQUA-Consulting, sa filiale de services informatiques.

Il permet d'estimer les ECP permanentes et météoriques sur la période choisie et ceci pour chaque point de mesure. Les résultats sont ensuite représentés sur Power BI qui à son tour permet de visualiser les courbes des EUS et ECP et aussi d'établir de nouvelles fonctions de calcul.

Les données d'entrée de l'outil sont les données brutes extraites à partir du superviseur TOPKAPI, qui concernent les sondes, postes de relevages et pluviomètres, ainsi qu'un fichier de paramétrage.

o Traitement des données extraites

Après l'extraction des données brutes il faut les traiter avant de les intégrer dans l'outil de calcul.

Pour ceci, il faut vérifier les mesures au niveau des sondes (hauteurs d'eau) qui doivent être présentées avec un pas de temps de 5min comme programmé dans l'outil de calcul.

Concernant les postes de relevage, les mesures préparées sont les volumes horaires pompés.

Il faut aussi préparer les mesures horaires au niveau des débitmètres et pluviomètres. On peut aussi intégrer les volumes journaliers déversés au niveau des DO et Trop-pleins.

○ Typage des périodes Temps sec/Temps de pluie

Un événement pluvieux est déclenché dès que le cumul de la pluviométrie dépasse 1mm sur 4 heures consécutives.

La durée de ressuyage considérée est de 48 heures.

○ Fonctions de calcul utilisées

Calcul des ECPP

Le calcul des eaux claires parasites permanentes est effectué selon la formule suivante :

$$Q_{ECPP} = K (0.7) \times [\text{valeur la plus faible de la période}]$$

Avec :

- K : coefficient de correction pris égal à 70%
- Pour la valeur la plus faible, on prend le deuxième percentile des valeurs dans la période [-7j ; +7j] autour de chaque point.

Le choix du deuxième centile a été considéré pour ne pas prendre des valeurs erronées (par exemple on peut avoir des valeurs nulles issues d'une erreur ou rupture de mesure).

Calcul des Eaux usées strictes

Les eaux usées strictes correspondent aux eaux usées produites par l'agglomération d'assainissement. Elles sont calculées comme suit :

- En temps sec :

$$Q_{EUS} = Q_{TS} - Q_{ECPP}$$

- En temps de pluie :

Pour déterminer le volume des eaux usées (strictes et ECPP) en temps de pluie, on fait la moyenne des valeurs de la semaine d'avant et de la semaine d'après à la même heure qui sont en temps sec.

Si aucune valeur n'est disponible ou qu'on est à nouveau dans une période de pluie, il faut chercher une semaine plus loin (avant ou après). La recherche se renouvelle ainsi jusqu'à 10 fois (10 semaines).

Si aucune valeur n'est trouvée, la recherche se fait cette fois en s'écartant d'un jour au lieu d'une semaine. La recherche se renouvelle jusqu'à 20 fois.

Pour les PR Discontinus, on prend la moyenne constatée sur la période [-7j ; +7j] pour les mesures existantes en période sèche.

Calcul des ECPM

Lors d'un événement pluvieux, comme prédéfini, le débit des ECPM est calculé comme suit :

$$Q_{ECPM} = Q_{Total} - Q_{EUS} - Q_{ECP}$$

Surface active

La surface active d'un bassin versant correspond à la surface qui contribue au ruissèlement des eaux pluviales. C'est le produit entre la surface du bassin versant et le coefficient de ruissèlement.

Elle correspond aussi au coefficient directeur de la droite de régression linéaire du volume d'ECPM mesuré au niveau de la sonde en fonction du cumul pluviométrique pour chaque événement pluvieux.

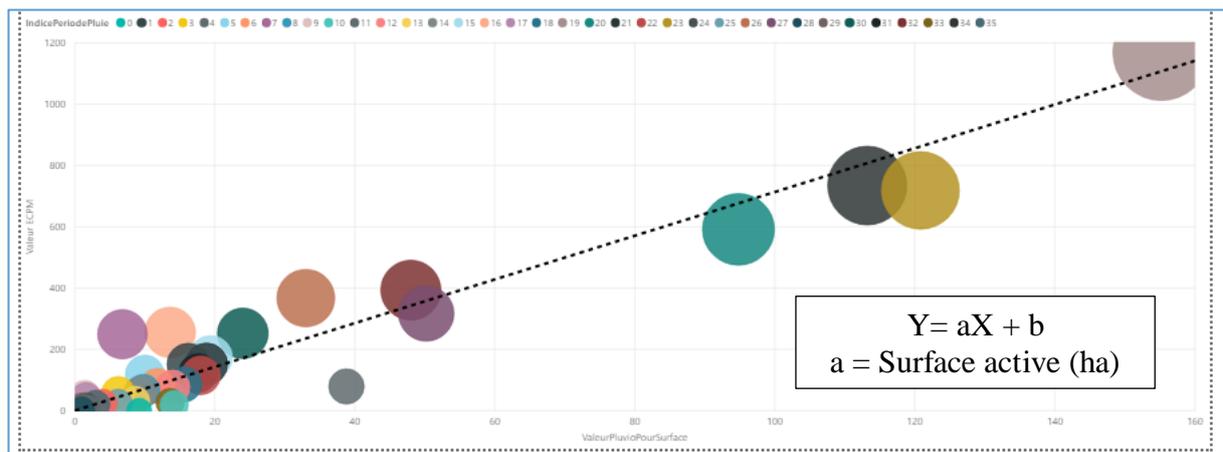


Figure 6 : Exemple de calcul de la surface active – DO Saint-Antoine (présentée sur Power BI)

Indice linéaire d'infiltration

L'indice linéaire d'infiltration correspond au volume journalier d'ECPM introduit et rapporté au linéaire du réseau d'assainissement :

$$ILI \text{ (m}^3\text{/j/km)} = \frac{V_{ecpp} \text{ [m}^3\text{/j]}}{\text{Linéaire [km]}}$$

○ Paramétrage

En sus des données brutes d'entrée (mesures sur 5min au niveau des sondes, volumes horaires pompés au niveau des PR, pluviométrie et mesure des débitmètres) un autre fichier de paramétrage est intégré dans l'outil qui contient les différents attributs des équipements de mesure (sondes, PR et débitmètres) ainsi que l'algorithme de calcul utilisé.

Parmi les informations apportées :

- Nom et identifiant de la sonde, débitmètre, ou PR.
- Coordonnées GPS.
- Pluviomètre
- Linéaire amont
- Identifiant de la sonde avale et de la canalisation de déversement
- Paramètres de calcul...

Pour les sondes hauteur, les paramètres d'entrée sont ceux de la formule de Manning Strickler (rugosité, pente, et diamètre) utilisée pour le calcul du débit (*voir Annexe 1*)

○ Limites de la méthode développée par AQUALTER

La méthode développée par AQUALTER pour estimer les eaux claires parasites reste contrainte à quelques limites :

- C'est une méthode non fiable à 100% qui recourt à l'interpolation pour combler les vides vu la discontinuité que peut présenter les mesures sur quelques sondes. (Interpolation pour 10 trous voire plus).
- C'est une méthode qui ne permet pas une variabilité précise des ECPP (lissage sur 15 jours).
- Méthode approximative des EUS en temps de pluie et des ECPP (le coefficient pris égal à 70% n'est pas assez précis).
- Les apports d'ECP peuvent être surestimés notamment les ECPP et ceci revient principalement aux décalages des valeurs minimums au niveau des PR qui sont en cascade notamment le PR Cabre et PR de transfert.

III. Modélisation Hydraulique

1. Présentation du Logiciel de modélisation

Le logiciel de modélisation utilisé par le bureau d'études d'AQUALTER est PCSWMM. Ce dernier fait partie des logiciels les plus performants de la modélisation hydraulique qui permet de :

- Représenter les écoulements à surface libre et en charge (rivières et/systèmes d'assainissement), et constituer un modèle hydraulique complet avec tous les ouvrages hydrauliques associés (pompes, bassins, déversoirs, vannes...).
- Effectuer des simulations pour tous les types des réseaux : séparatifs eaux usées, eaux pluviales et unitaires.
- Effectuer des simulations de la pollution et constituer des pollutogrammes.
- Modéliser un double drainage (modélisation couplée des réseaux enterrés avec le système superficiel).

- Créer des pluies de projet ou intégrer des pluies réelles.
- Simuler l'infiltration par trois modèles (Horton, Green Ampt, SCS).
- Utiliser un outil de calage très pratique.
- Utiliser un module SIG puissant qui permet d'utiliser directement des fonds de plan géo-référencés et/ou d'importer d'autres fichiers.

REF [12]

2. Etapes de la modélisation Hydraulique d'un réseau d'Assainissement

1) Construction du modèle Hydraulique : Cette phase consiste à créer un modèle représentatif du réseau d'assainissement en reportant les données géo référencées du SIG, les données structurelles des principaux collecteurs (Types, diamètres, pentes, rugosités, cotes, regards...) ainsi que les données structurelles et fonctionnelles des ouvrages spéciaux (Postes de relevage, bassins, déversoirs d'orage...) et les données de base.

2) Calage et validation du modèle hydraulique : Le calage consiste à faire correspondre les valeurs simulées aux valeurs mesurées en hydraulique et/ ou en pollution à deux niveaux : qualitatif et quantitatif en temps sec et en temps de pluie. Une étape de validation est nécessaire et doit être effectuée sur d'autres événements. REF [17]

3) Utiliser le modèle pour faire le Diagnostic du réseau d'assainissement : le diagnostic se fait en temps sec et en temps de pluie.

A- En temps sec : Il s'agit de vérifier le bon fonctionnement du réseau d'assainissement en temps sec.

Ceci concerne les débits en TS, eaux claires parasites, fonctionnement des ouvrages, conditions d'auto-curage, recouvrement minimal exigé, etc.

Conditions d'auto-curage : REF [5]

Le réseau d'assainissement doit respecter les conditions d'auto-curage pour éviter l'encrassement des canalisations à travers la sédimentation des dépôts.

Pour ceci, plusieurs paramètres peuvent être pris en compte notamment :

- La pente
- La vitesse d'écoulement
- La contrainte de cisaillement

Les deux critères les plus utilisés sont ceux de la pente et la vitesse d'écoulement :

✚ **Critère de la pente :**

Selon SANDER 1994

Ce critère consiste à vérifier les conditions suivantes :

- $I_{\min} \text{ (m/m)} = 1.2/D \text{ (mm)}$ si $D < 1\text{m}$
- $I_{\min} \text{ (m/m)} = 0.12\%$ si $D > 1\text{m}$

Selon Schütz

- $I_{\min} \text{ (m/m)} = 1/D \text{ (mm)}$

Mais il est recommandé d'utiliser des pentes de plus de 0.3%

Critère de la vitesse :

Selon l'IT 77/284, les conditions qu'il faut respecter concernant ce critère sont :

En réseau séparatif :

- A pleine ou à demi section ; $V \geq 0.7\text{m/s}$ ou $V \geq 0.5\text{m/s}$ (extrême rigueur)
- Pour $H = 0.2 D$; $V \geq 0.3\text{m/s}$ (avec H est la hauteur de remplissage de la canalisation)
- $H \geq 0.2 D$ pour le débit moyen actuel

En réseau unitaire :

- Pour 1/10 du débit à pleine section, la vitesse est de l'ordre de 0.6m/s
- Pour 1/100 du débit à pleine section la vitesse est de l'ordre de 0.3m/s
- Pour le débit moyen de temps sec, la vitesse est de l'ordre de 0.3m/s.

Ces limites sont respectées avec des vitesses à pleine section de l'ordre de **1m/s**

Recouvrement minimal : REF [5]

Une hauteur de recouvrement minimal de 0.8m est exigée et ceci à partir de la génératrice supérieure de la canalisation (Fascicule 70 du C.C.T.G. Titre 1) avec des mises en œuvre particulières (enrobage en béton...) pour celles subissant des charges roulantes pour éviter le phénomène d'ovalisation ou/et cassures au niveau des conduites.

B- En temps de pluie : le diagnostic peut être fait sur plusieurs niveaux de service :

-Niveaux N1-N2 : qui concerne les petites pluies (la partie étudiée dans ce travail) et qui vise essentiellement à protéger le milieu naturel en maîtrisant les déversements à deux niveaux : conformité ERU (précitée dans le premier chapitre) et Conformité DCE qui étudie l'impact des rejets sur la qualité du milieu naturel.

-Niveau N3 : Qui concerne les fortes pluies et dont l'objectif principal est de maîtriser les débordements.

-Niveau N4 : Ce niveau concerne les pluies exceptionnelles et vise la protection des personnes et biens contre les inondations. REF [18]

4) Faire des simulations pour identifier des dysfonctionnements pour chaque niveau étudié et proposer des aménagements.

Remarque :

Pour les résultats de calage, les paramètres présentés dans cette étude sont l'écart entre les volumes mesurés et simulés pour le calage quantitatif et la performance erreur intégrale au carré (ISE) pour le calage qualitatif. D'autres paramètres sont présentés en annexes au niveau des courbes de calage.

Chapitre 3 : Recueil des données, analyse et pré diagnostic

I. Périmètre d'étude

1. Présentation de la commune

La commune de Millau est située en région Occitanie, dans le département de l'Aveyron à 70 km au sud-est de Rodez, et à 111 km de Montpellier, elle fait partie de l'ancienne province du Rouergue. (Voir la figure ci-dessous)

La commune représente environ 25000 équivalent habitants.



Figure 7: Localisation de la zone d'étude

2. Evolution démographique

Millau est considérée comme une ville moyenne en nombre d'habitants reconnue par une activité touristique importante puisqu'elle est située au cœur du Parc Naturel Régional des Grands Causses (PNRGC).

Son évolution démographique de 1982 à 2017 est donnée dans le tableau ci-dessous. Les prévisions pour 2020 sont estimées à 25 211 habitants. REF [13]

Tableau 3 : historique de la population de Millau (INSEE)

	1982	1990	1999	2007	2012	2017
Population	21 695	21 788	21 339	22 041	22 013	22 109
Densité moyenne (hab. /km²)	129	129,5	126,8	131,0	130,9	131,4

3. Milieu récepteur

Le Milieu récepteur des rejets d'eaux usées traitées ou déversées est principalement le Tarn. Ce dernier prend sa source au Mont Lozère et se jette dans la Garonne. Son bassin versant Tarn-Aveyron est situé dans le bassin hydrographique Adour-Garonne d'une superficie totale d'environ 15700 Km² et d'une longueur d'environ 380Km.

Le bassin versant du Tarn au niveau de Millau est d'une superficie de 2170 km². La Dourbie constitue l'un de ses principaux affluents. La superficie de son bassin versant est de 568km². Le Tarn reçoit aussi les eaux de plusieurs ruisseaux notamment Ruisseau Ladoux.



Figure 8 : Principaux rivières et ruisseaux au niveau de Millau (Mapbox)

II. Pré-diagnostic du Réseau d'assainissement

1. Données générales

1.1. Présentation du réseau

Le réseau d'assainissement collectif de Millau est de type mixte majoritairement séparatif (80%). Il s'étend jusqu'à Mostuéjols (18km au Nord-Est de Millau) sur le Tarn et jusqu'à Monna (7km à l'Est) sur la Dourbie. Le réseau unitaire est concentré au centre.

Toutes les eaux usées évacuées rejoignent le PR de transfert et ensuite pompées vers la station de traitement.

La figure suivante présente le réseau d'assainissement de Millau :

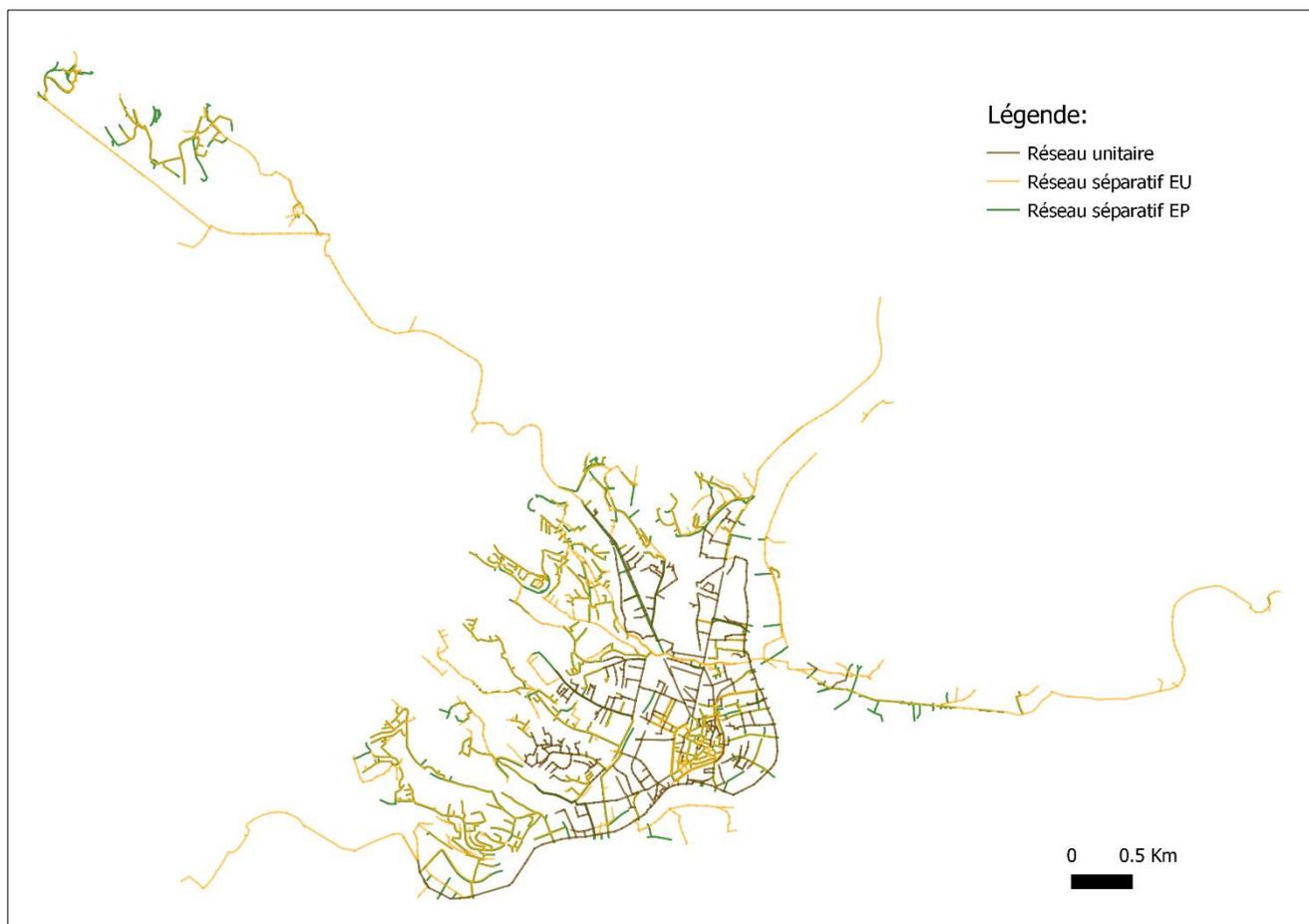


Figure 9: Réseau d'assainissement de Millau

1.2. Les communes raccordées

Les communes raccordées au système de collecte sont données dans le tableau ci-après. Les eaux usées collectées sont ensuite acheminées vers la Station de Traitement située à Creissels.

Tableau 4: Les communes raccordées au système de Collecte (INSEE 2017)

N° INSEE	Commune ou partie de commune	Population totale
12145	Millau	22844
12002	Aguessac	867
12070	Compeyre	530
12084	Creissels	1638
12086	La Cresse	331
12160	Mostuéjols	320
12200	Rivière sur Tarn	1066
12178	Paulhe	398
Total	-	27994

1.3. Les industriels raccordés

Le réseau d'assainissement de Millau dessert aussi des établissements industriels dont les eaux usées rejetées présentent des caractéristiques physico-chimiques différentes des effluents domestiques et qui peuvent présenter un risque pour l'environnement et notamment le milieu récepteur. D'où la mise en place des conventions de rejets qui imposent des seuils à respecter et redevances de rejet dans le réseau collectif de Millau.

Les grands industriels présents sur le territoire de Millau sont notamment des mégisseries (Tannage des peaux). Ces derniers sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 5 : Les industriels raccordés au réseau d'assainissement de Millau (source : MAS)

Entreprise	Domaine d'activité	Consommations (m ³ /j)	Année de convention
Mégisserie LAURET	Travail de cuir/ tannerie	20	2001
Mégisserie RICHARD	Travail de cuir/ tannerie	52	2007
Mégisserie ALRIC	Travail de cuir/ tannerie	46	2001
Tanneries nouvelles PECHDO	Travail de cuir/ tannerie	171	2001
Blanchisserie	Inter hospitalière	50	2013

Quatre industriels sont suivis selon les termes établis par les conventions précitées pour ne pas perturber la capacité de traitement et les performances épuratoires de la STEU.

Les facteurs suivis sont :

- Qi : Volume moyen journalier rejeté par l'industriel
- DCOi : Flux moyens journaliers en DCO rejetés par l'industriel
- Cri : Flux moyens journaliers en Chrome rejetés par l'industriel
- Ni : Nombre de jour d'activité de l'industriel
- Jd : Nombre de jour de dépassement des normes de chrome fixées (<1.5g de Cr/l)

Le tableau ci-dessous résume les données des industriels courant l'année 2019 :

Tableau 6 : Suivi des rejets des industriels raccordés au réseau d'assainissement

	Qi (m ³ /j)	DCOi (kg/j)	Cri (kg/j)	Ni (j)	Jd (j)	Volume annuel (m ³)
ALRIC	46.1	88.8	0.05	224	10	10 330
RICHARD	52.2	193.9	0.074	228	9	11 909
LAURET	19.1	24.5	0.017	228	3	4 351
PECHDO	171.2	539.8	0.254	212	8	36 299

1.4. Caractéristiques du réseau d'assainissement de Millau :

Le linéaire total du réseau d'assainissement EU de Millau est d'environ 130 km majoritairement gravitaire. La répartition des réseaux le constituant est donnée dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Linéaires du réseau d'assainissement de Millau (source : RAD 2019)

Linéaires des réseaux (km)					
Réseau séparatif		Réseau unitaire		Réseau pluvial	
Gravitaire	Refoulement	Gravitaire	Refoulement	Gravitaire	Refoulement
86	7.4	36.5	-	65	-

2. Synoptique du réseau

La figure suivante représente un schéma synoptique du réseau d'assainissement de Millau :

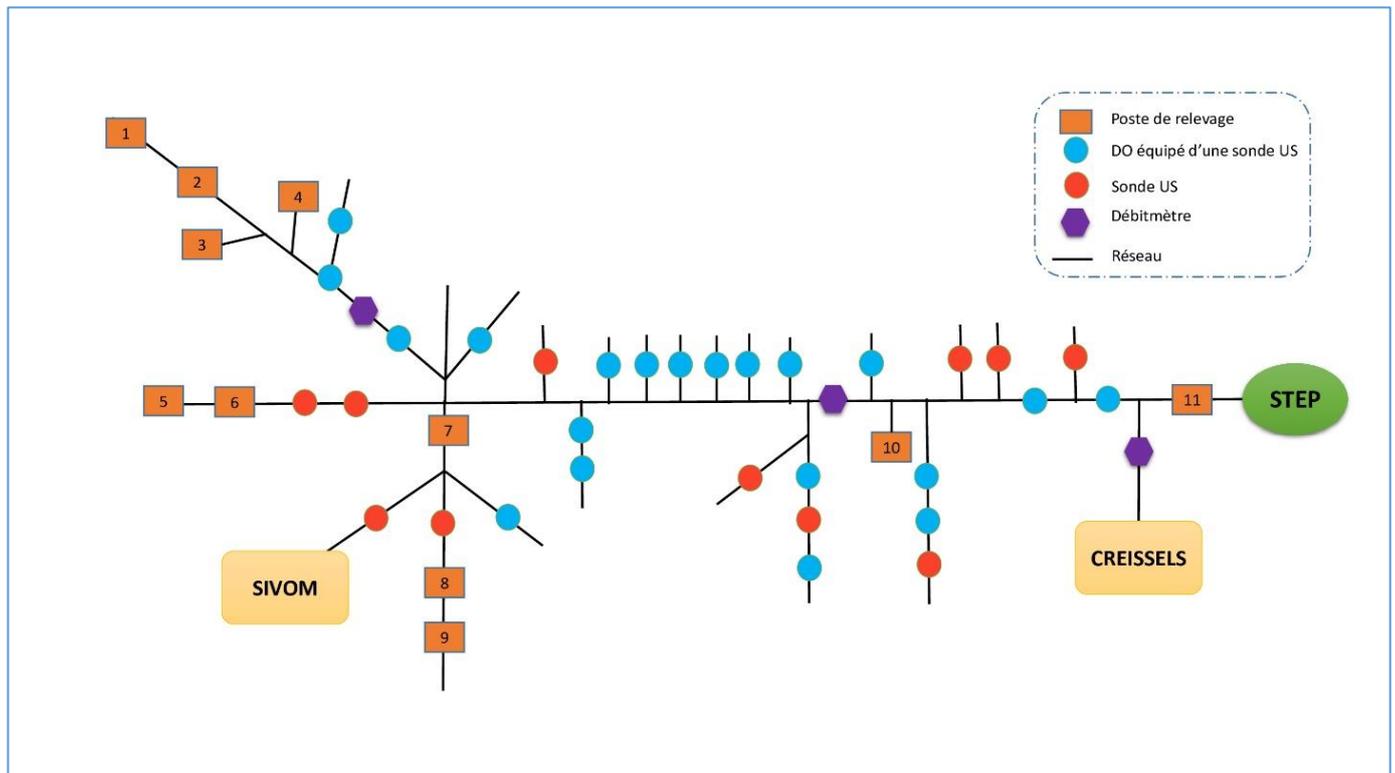


Figure 10: Synoptique du réseau d'assainissement de Millau

3. Autosurveillance

Les ouvrages de rejet (déversoirs d'orage et trop-pleins) du système de collecte qui sont soumis à une autosurveillance selon l'exigence de l'arrêté du 21 Juillet 2015 modifié, (voir la partie bibliographique) sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : DO et Trop-pleins soumis à une autosurveillance réglementaire

Code Sandre	Nomination Usuelle	Charges (Kg/j de DBO ₅)	Milieu récepteur
DO_1	DO Ecreteur Step	>600	Tarn
DO_3	DO Ecreteur des Ondes	>600	Tarn
DO_7	DO Gabriac	120<Charge<600	Tarn
DO_7A	DO Rue de Roc	120<Charge<600	Réseau Pluvial
DO_17	DO Tannerie	120<Charge<600	Tarn
DO_31A	DO Jean Jaurès	120<Charge<600	Réseau Pluvial
DO_31D	DO Charles de Gaulle	120<Charge<600	Réseau Pluvial
PR_CABRE	PR de la Cabre	120<Charge<600	Tarn

Source : Arrêté préfectoral du 27 Avril 2012

➤ Carte d'emplacement des DO et PR autosurveillés:



Figure 11 : Carte d'Emplacement des ouvrages autosurveillés

➤ Caractéristiques des déversoirs d'orage auto-surveillés :

Tableau 9: Caractéristiques des DO autosurveillés

Code Sandre	Nomination Usuelle	Type	hauteur de crête (cm)	longueur (m)	Epaisseur (mm)
DO_1	DO Ecreteur Step	DO latéral à crête haute	359	1,98	5
DO_3	DO Ecreteur des Ondes	DO latéral à crête haute	217	2,18	30
DO_7	DO Gabriac	DO Latéral à crête basse. double côtés de déversement	18	1,54	50
DO_7A	DO Rue de Roc	orifice (D=0,3m) à une hauteur de 35cm du radier	-	-	-
DO_17	DO Tannerie	DO frontal	39	0,4	200
DO_31A	DO Jean Jaurès	DO latérale à crête haute	40	1,13	25
DO_31D	DO Charles de Gaulle	DO latérale à crête basse	44	0,5	50

4. Pré-diagnostic du réseau

4.1. Dysfonctionnements

○ Sur le réseau

Parmi les problématiques rencontrées sur le réseau d'assainissement de Millau est le raccordement du réseau séparatif EP dans un réseau unitaire dans quelques endroits et donc le réseau séparatif à ce niveau ne remplit pas sa fonction principale qui est de diminuer le flux hydraulique sur la station de traitement. Ceci revient principalement à une difficulté de mise en place de deux réseaux surtout en centre-ville où les ruelles sont très étroites, et donc on garde un réseau unitaire.

Aussi, on peut constater des cas de raccordement du réseau unitaire directement dans le réseau séparatif EP, ou bien encore des regards mixtes pour les deux types du réseau EU et EP, ce qui impacte l'état du milieu naturel vu que les points de rejet du réseau EP sont notamment le Tarn.

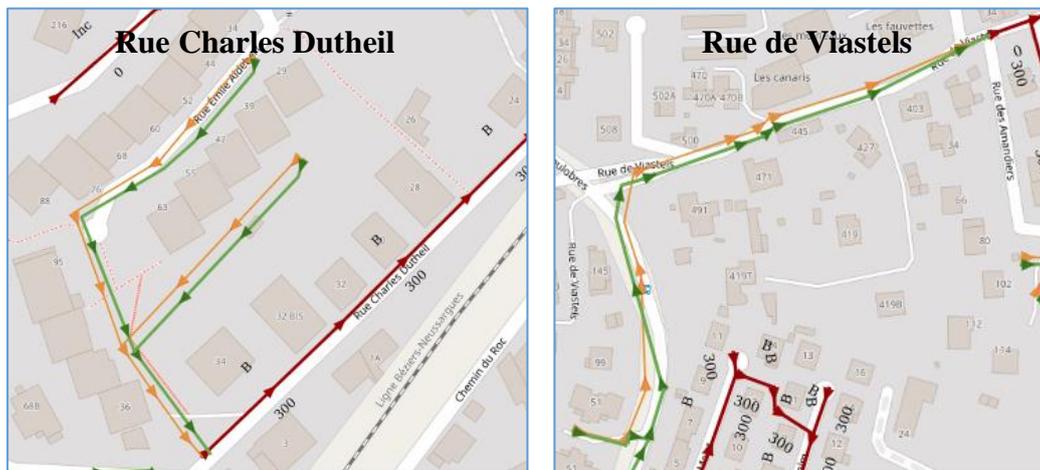


Figure 12: Exemples de raccordement du réseau séparatif EP dans un réseau unitaire (KIS)



Figure 13: Exemple d'un regard mixte EU et EP

○ Ouvrages

Plusieurs DO qui ont été recensés ne constituent pas de vrais DO ou qui sont HS. Aussi plusieurs DO n'ont pas été encore visités.

Exemple d'un faux DO :



Figure 14 : Exemple d'un DO fictif

4.2. Eaux claires parasites ECP :

Le réseau d'assainissement de Millau connaît des intrusions importantes d'ECP.

Eaux claires parasites permanentes ECPP :

Le niveau des nappes à Millau peut être très haut par constatations sur le terrain et l'état des canalisations n'est pas bon à certains endroits (fissures, introduction de racines...), d'où l'infiltration des eaux de nappes dans le réseau d'assainissement.

L'illustration à gauche montre un niveau très haut de la nappe au niveau de Saint-Euzébit et la photo à droite montre un exemple d'intrusion d'ECPP.



Figure 15 : Exemples d'intrusion d'ECPP

Eaux claires parasites Météoriques ECPM :

En période de pluie, certains déversements ont été constatés sur des points séparatifs qui peuvent être dus aux mauvais branchements du réseau EP dans le réseau séparatif EU, ce qui confirme la sensibilité du réseau aux ECPM.



Figure 16: Déversement au niveau du DO Richard II

4.3. Déversements – Conformité ERU

En évaluant la conformité ERU en se basant sur les mesures effectuées sur l'année 2019, et ceci selon le troisième critère qui concerne le nombre de déversements annuel par ouvrage on trouve que le système de collecte de Millau n'est pas conforme. (Voir tableau ci-dessous)

Tableau 10 : Evaluation de la conformité ERU pour l'année 2019

DO Autosurveillance- Nombre de déversements/DO							
PR cabre	Ecreteur Step	DO Gabriac	DO rue de Roc	DO Tannerie	DO Charles de Gaulle	DO Ecreteur des ondes	DO Jean Jaurès
Nbre Dévers.	Nbre Dévers.	Nbre Dévers.	Nbre Dévers.	Nbre Dévers.	Nbre Dévers.	Nbre Dévers.	Nbre Dévers.
0	51	74	1	34	14	82	46
<20	>20	>20	<20	>20	<20	>20	>20
conforme	Non conforme	Non conforme	conforme	Non conforme	conforme	Non conforme	Non conforme

Mais il faut signaler que les volumes déversés ont été estimés en utilisant des lois hauteur débit et ne représentent pas la réalité du terrain et ceci est lié à plusieurs raisons :

- Certains DO ont subi des modifications qui n'ont pas été rapportées sur les sondes.
- Lois hydrauliques (hauteur débit) réajustées.
- **Pluviométrie non représentative** : Les données de pluviométrie utilisées correspondent aux deux pluviomètres situés au niveau de la STEU et le PR de Transfert qui ne reflètent pas la réalité de la pluviométrie enregistrée sur l'année et donc plusieurs

jours ont été déclarés à tort temps sec. Ainsi, deux pluviomètres ont été installés en Avril 2019.

- **Effet aval du Tarn** : Tous les déversoirs situés au niveau du collecteur principal (Gabriac, Tannerie, Ecreteur Step, Ecreteur des Ondes) ne sont pas équipés de clapets anti-retour et donc subissent un retour des eaux du Tarn, et notamment Ecreteur Step et Ecreteur des ondes, car le niveau de ce dernier dépasse le collecteur principal en période de fortes pluies.

Par conséquent, l'évaluation de la conformité ERU ne peut pas être tenue en compte vu l'absence de mesures fiables et représentatives. Une évaluation est donc rapportée dans la partie de la modélisation mais plus dans l'objectif de proposer des aménagements.

III. Pré-diagnostic de la Station de traitement

1. Données générales

1.1 Présentation de la station de traitement

La nouvelle station de traitement de Millau a été construite par Degrémont et mise en service en 2003. Elle est située en plein vallée du Tarn, lieu-dit Babounenc,

Elle traite les eaux domestiques et industrielles issues des communes de Millau, Creissels, Aguessac, Mostuejols, Compeyre, Rivière sur Tarn, Paulhe et la Cresse,

La station a été dimensionnée pour une capacité de traitement de 77.733 EH, qui tenait compte aussi des tanneurs mégissiers. Or, la majorité de ces usines ont été fermées ces dernières années, et donc la station fonctionne largement en dessous de sa capacité de traitement.

- Localisation de la STEU de Millau :



Figure 17: Localisation de la Station de Traitement de Millau

1.2. Filière de Traitement

La filière de traitement adoptée est de type « boues activées en aération prolongée ». Elle est composée de deux files eau et intègre le traitement des sous-produits de vidanges, des graisses, des sables et produits de curage des réseaux d'eaux usées. (Voir synoptique et l'[Annexe 2](#))

1.3. Capacités de traitement

Les capacités de traitement de la STEU de Millau en termes de volumes et flux de pollution en temps sec et en temps de pluie sont données dans le tableau suivant :

Tableau 11: Capacités de traitement de la STEU en temps sec et e temps de pluie

Paramètres	Temps sec (TS)	Temps de pluie (TP)
DBO₅ (Kg/j)	3 530	4 516
DCO (Kg/j)	7 724	10 889
MES (Kg/j)	3 707	7 422
NTK (Kg/j)	737	834
Pt (Kg/j)	126	165
Débit moyen journalier (m³/j)	6 676	10 976
Débit moyen horaire (m³/h)	385	576
Débit de pointe horaire (m³/h)	785	1 170 *
Equivalent habitants organique (EH)	62 345	75 265

*: soit pendant 4h, c'est-à-dire jusqu'à le remplissage sur la station d'épuration du bassin tampon. Après cette période et si l'évènement pluvieux perdure, le by-pass du poste de transfert principal surversera les surcharges hydrauliques.

Source : Arrêté préfectoral du système d'assainissement collectif de l'agglomération de Millau-Creissels du 27 Avril 2012

1.4. Normes de rejets

Les effluents traités de la STEU de Millau, rejetés dans le Milieu Naturel (Tarn) doivent respecter les valeurs limites de rejet suivantes :

Tableau 12: Normes de rejet de la STEU de Millau (source : Arrêté préfectoral)

Paramètres	Concentration maximale	Rendement minimal	Concentration rédhibitoire
DBO₅	≤ 25 mg/l	≥ 80 %	≤ 50 mg/l
DCO	≤ 125 mg/ l	≥ 75 %	≤ 250 mg/l
MES	≤ 35 mg/ l	≥ 90 %	≤ 85 mg/l
NTK	≤ 33 mg/l	≥ 70 %	*
Pt	≤ 2mg/ l	*	*

- Les valeurs des paramètres DBO₅, DCO et MES sont données en moyenne journalières.
- Les valeurs des paramètres NTK et Pt sont données en moyenne annuelle.
- Le pH des effluents rejetés doit être compris entre 6 et 8.5 et la température ne doit pas dépasser 25°C.

1.5. Mode de fonctionnement actuel (synoptique)

Le fonctionnement de la station de traitement de Millau est détaillé dans le synoptique suivant :

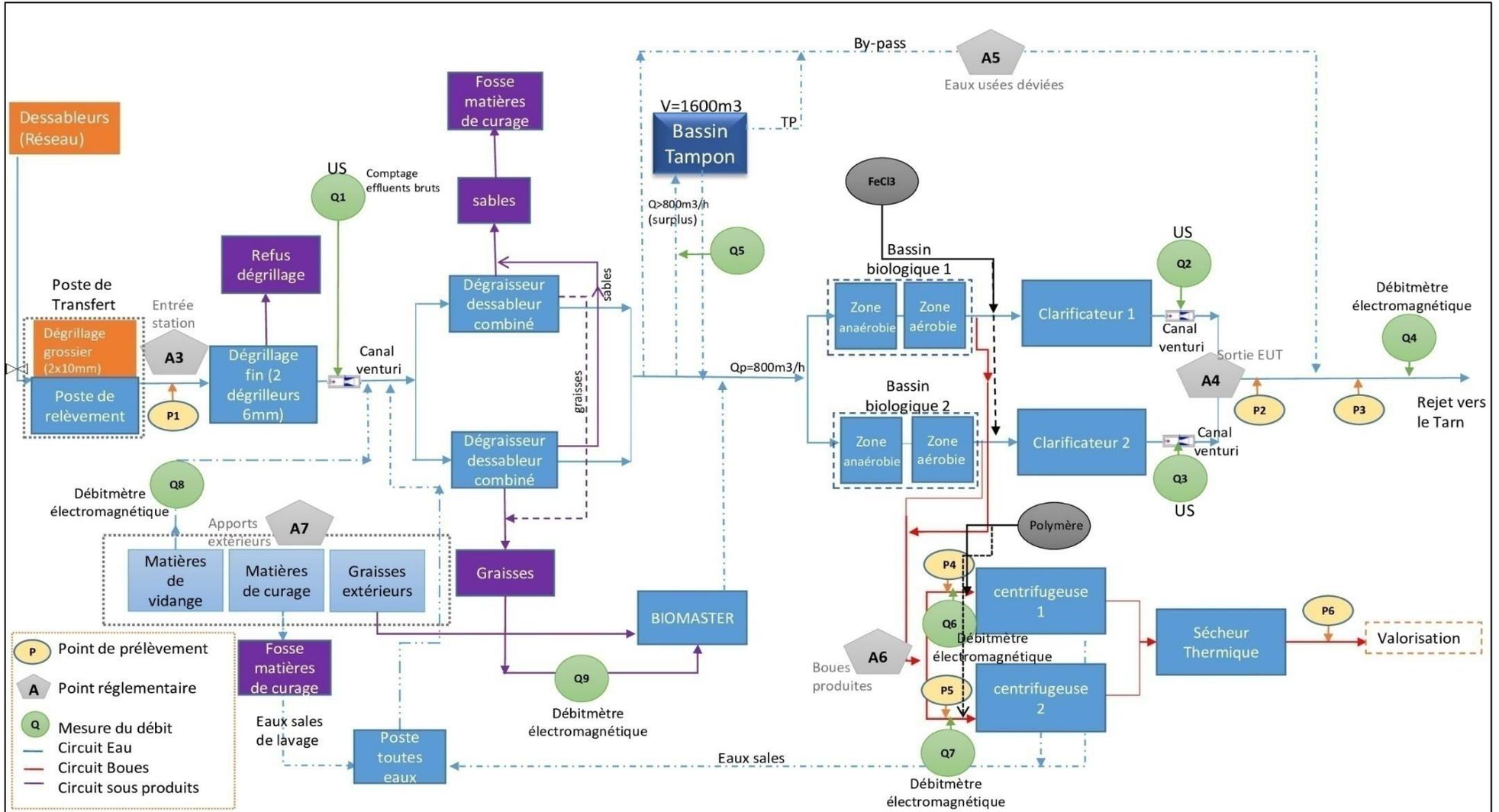


Figure 18: Synoptique de la station de traitement

2. Fonctionnement de la Station de traitement

2.1. Bilans des flux en entrée de la station

○ Flux Hydraulique

Tableau 13 : Flux hydrauliques mesurés à l'entrée de la station d'épuration

Flux journalier (m3/j)	2016	2017	2018	2019	2018 à 2019
mini	1197	1180	2659	2546	2602,5
moyen	1558,3	1509,2	5370,6	4664,8	5017,7
maxi	9105	5071	14692	9027	11859,5
Percentile 95	1980	1855,4	8396,4	6554	7475,2
Capacité hydraulique TP (m3/j)	10976	10976	10976	10976	10976

Le volume de rejet autorisé par l'arrêté préfectoral est de 10976 m3/j en Temps de Pluie. L'analyse des données de 2018 et de 2019 montrent que ce volume est respecté au moins pour 95% du temps.

Remarque :

Le tableau ci-dessus montre un grand écart entre les données fournies par l'ancien exploitant (2016 et 2017) et les données actuelles.

○ Flux de pollution

Le bilan des flux moyens reçus par la station d'épuration pour 2018 et 2019 est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 14 : Flux polluant et taux de charge de la station

Flux journalier (Kg/j)	DBO5	DCO	MES	NTK	Pt
Minimal	273,8	746,9	19,9	118,3	7,1
Moyen	1113,0	2014,3	1017,1	226,4	23,4
Percentile 95	1746,2	3234,1	2087,0	303,8	33,7
Maximal journalier	2481,5	4310,9	4161,2	362,0	42,2
Charge nominale de l'installation TP	4516	10889	7422	834	165
Taux de charge	55%	40%	56%	43%	26%

2.2. Bilan de production des sous-produits

Le bilan des sous-produits de traitement est établi à partir des données des RAD 2018-2019 :

Tableau 15 : Production annuelle des sous-produits de l'épuration (2018-2019)

Année	Boues (t MS)	Sous-produits évacués		Apports extérieurs		
		Refus de grille (t)	Sables	Matières de curage (m3)	Matière de vidange (m3)	Graisses (m3)
2018	650	8,5	53	411	300	-
2019	476	23,4	69	433,6	366,4	234,3
Moyenne	563	15,9	61	422,3	333,2	-

2.3. Qualité des rejets et autosurveillance

○ Performances épuratoires

Le tableau ci-après résume les performances épuratoires de la station de traitement sur l'année 2019 :

Tableau 16 : Performances épuratoires de la Station de Traitement pour l'année 2019

Flux journalier	DBO5	DCO	MES	NTK	Pt
Charge moyenne d'entrée (kg/j)	1150	2958	1484	304	35
Charge maximale d'entrée (kg/j)	2666	7023	3845	477	67
Charge nominale de l'installation (kg/j)	3530	7724	3707	737	126
Concentrations moyennes en entrée (mg/l)	241,9	622,1	312,1	63,9	7,4
Concentrations moyennes en sortie (mg/l)	1,87	32,1	3,3	3,19	0,17
Norme de rejet (mg/l)	25	125	35	33	2
Rendement épuratoire	99%	94%	99%	95%	98%
Rendement minimum exigé	80%	75%	90%	70%	

○ Programme d'autosurveillance

Selon l'arrêté préfectoral du 27/04/2012, l'autosurveillance sur les paramètres : Débit, DBO5, DCO, MES, NTK, NH4, NO3, NO2, Pt et Boues est effectuée sur des échantillons 24 h et doit respecter les obligations réglementaires données dans le tableau ci-après :

Tableau 17: Nombre de mesures effectuées sur l'année 2019 (Source : RAD 2019)

Station d'épuration	Q	DBO ₅	DCO	MES	NTK	NH ₄	NO ₃	NO ₂	Pt	Boues
Obligations réglementaires	365	52	104	104	52	52	52	52	52	104
Réalisés en 2019	365	104	104	104	52	52	52	52	52	261
Concentrations maximales (mg/l)	-	25	125	35	33*				2*	
Rendement minimal (%)	-	80	75	90	70					
Concentrations réductrices (mg/l)	-	50	250	85	-					
Nombre maximal de non-conformités autorisées/an	-	5	9	9	5	5	5	5	5	9
Nombre de non conformités 2019		0	0	0	0	0	0	0	0	0

* Sur moyenne annuelle

Conclusion :

D'après les résultats présentés ci-dessus, On peut constater que pour l'année 2019 :

- Les concentrations mesurées dans les échantillons moyens journaliers respectent les valeurs limites de rejet ainsi que les rendements épuratoires qui sont au-delà des attentes.
- Le nombre des mesures réalisées dépasse les obligations réglementaires et le nombre de non-conformités est nul.

Donc on peut conclure que la station de traitement de Millau ne présente aucun dysfonctionnement à déclarer pour l'année 2019.

Chapitre 4 : Fonctionnement du système d'assainissement- Etude du diagnostic permanent

I. Campagne de mesures

1. Equipements utilisés

Le diagnostic du réseau d'assainissement et notamment le diagnostic permanent nécessite une base de données assez consistante et fiable en termes de mesures.

Le réseau d'assainissement de Millau est équipé par plusieurs ouvrages qui assurent un fonctionnement correct à un certain niveau. L'écoulement est principalement gravitaire.

La partie refoulée est assurée par **11 Postes de relevage**. Ces derniers sont équipés par des sondes hauteur et des poires de niveau.

20 DO sont équipés par des sondes US dont 7 sont autosurveillés selon l'exigence de l'arrêté du 21 Juillet 2015.

11 autres sondes US sont installées sur le réseau à différents endroits.

Donc, le réseau est équipé au total, en plus du **débitmètre** situé à l'**entrée de la STEP**, par 42 sondes dont 16 ont été installées par AQUALTER (6 de remplacement et 10 nouvelles sondes) pour affiner les mesures nécessaires à l'étude du diagnostic permanent et de la modélisation hydraulique ; les autres sondes ont été installées par l'ancien prestataire VEOLIA.

Les sondes US utilisées sont des sondes de niveaux de type SOFREL LACROIX qui permettent de mesurer la hauteur d'eau par rapport au radier de la canalisation (voir la figure ci-dessous) :



Figure 19 : Type de Sonde US utilisé sur le Réseau d'assainissement de Millau

Aussi, AQUALTER a investi pour la location de **trois débitmètres** hauteur vitesse qui ont été installés sur les grands axes du réseau courant 2019 pour caler les sondes et qui ont servi par la suite au calage du modèle hydraulique.

Les différentes sondes installées sur le réseau d'assainissement de Millau ont permis de constituer une base de données solide de mesures en temps sec et en temps de pluie.

La carte ci-dessous représente l'emplacement des différentes sondes installées sur le réseau d'assainissement de Millau (sur les déversoirs d'orages, PR et autres sondes sur le réseau)

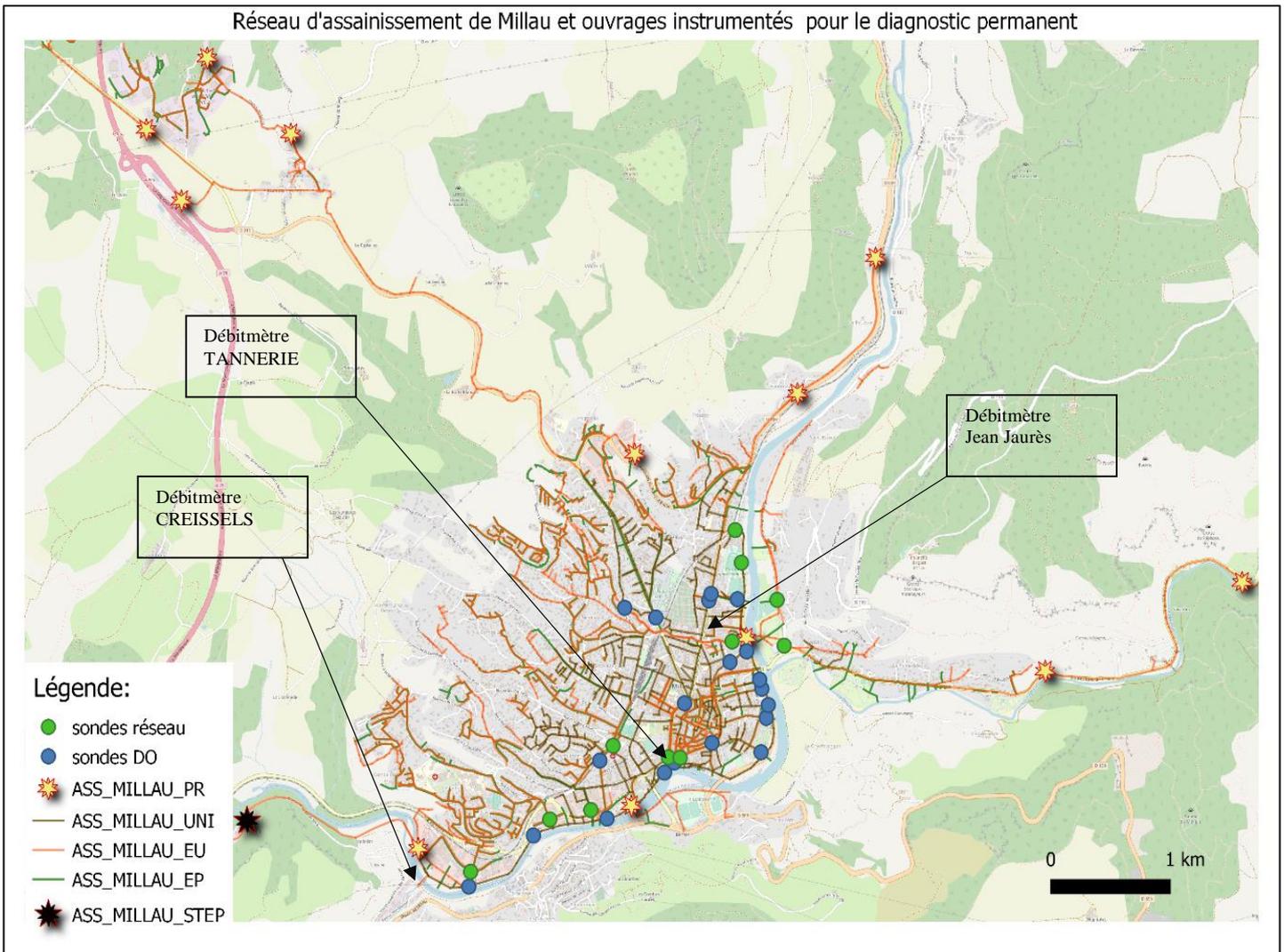


Figure 20: Carte représentant les équipements utilisés pour l'étude du diagnostic permanent (sous QGIS)

2. Délimitation des Bassins versants

L'objectif de la sectorisation du réseau et la délimitation des sous bassins versants est de faciliter le diagnostic du réseau pour mieux hiérarchiser prioritairement les travaux d'intervention afin de remédier aux dysfonctionnements identifiés.

Le principe de la sectorisation est d'attribuer à chaque exutoire de chaque bassin versant une sonde de mesure fiable et ce, en se basant sur les anciennes études hydrologiques et sur le réseau des eaux pluviales.

Le réseau d'assainissement a été sectorisé en 38 bassins versants (voir carte ci-dessous)

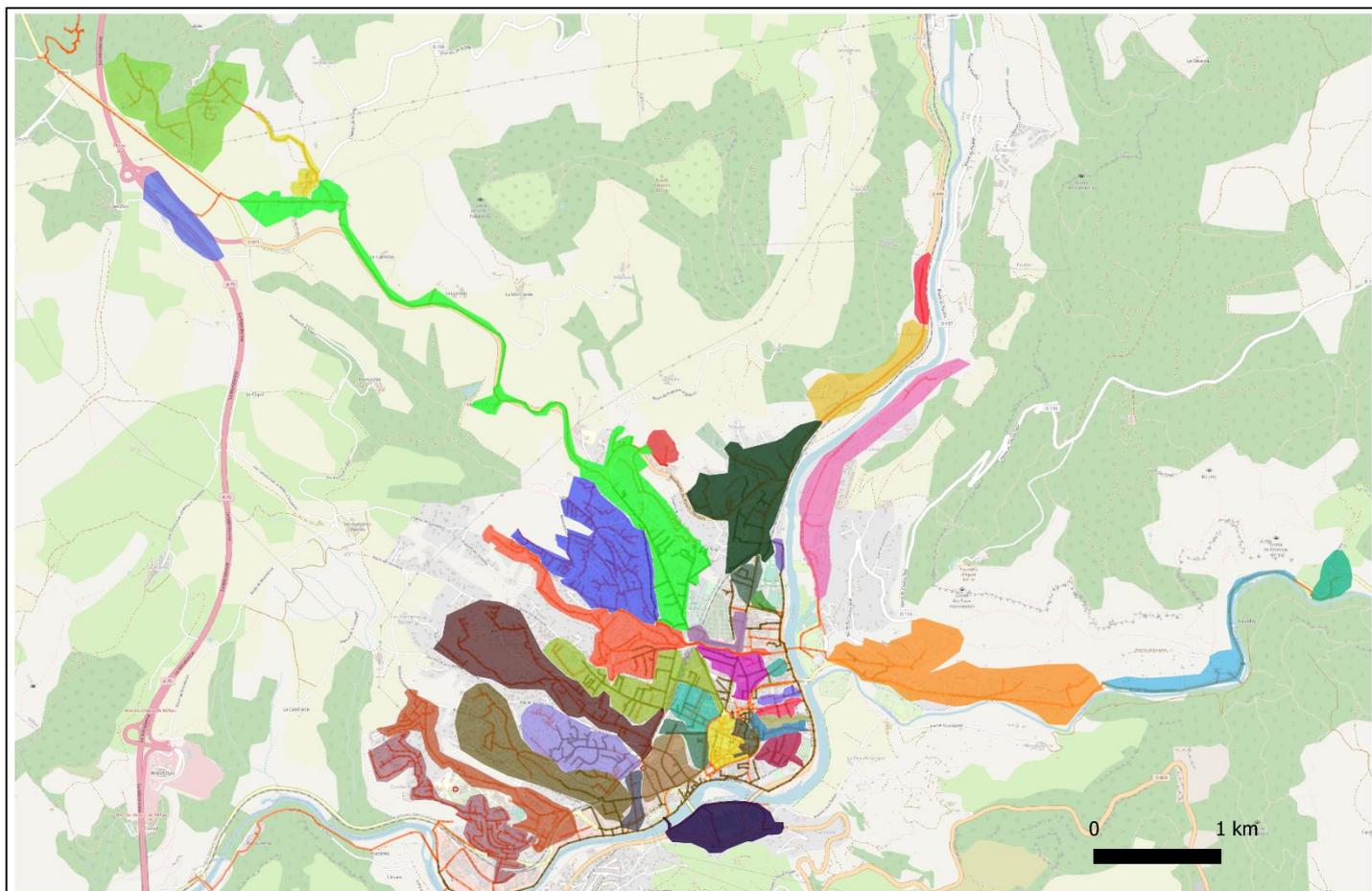


Figure 21: Sectorisation du réseau d'assainissement de Millau en bassins versants

(Voir Annexe 6)

II. Diagnostic des postes de relevage

Les pompes de chaque poste de relevage sont identiques et fonctionnent en alternance dans le cas normal, ou en parallèle dans le cas dégradé (fortes pluies), sauf pour le PR de Transfert, la troisième pompe est une pompe de secours.

Le réseau de Millau est constitué de 11 PR qui fonctionnent et qui sont aussi instrumentés par des sondes/poires de mesure. (Voir figure ci-après)

Pour le calcul des ECP au niveau des postes de relevage, on se base sur les volumes pompés.

Le volume pompé correspond à la production des eaux usées du réseau amont en sus des ECP au niveau du poste (pluies fortes par exemple).

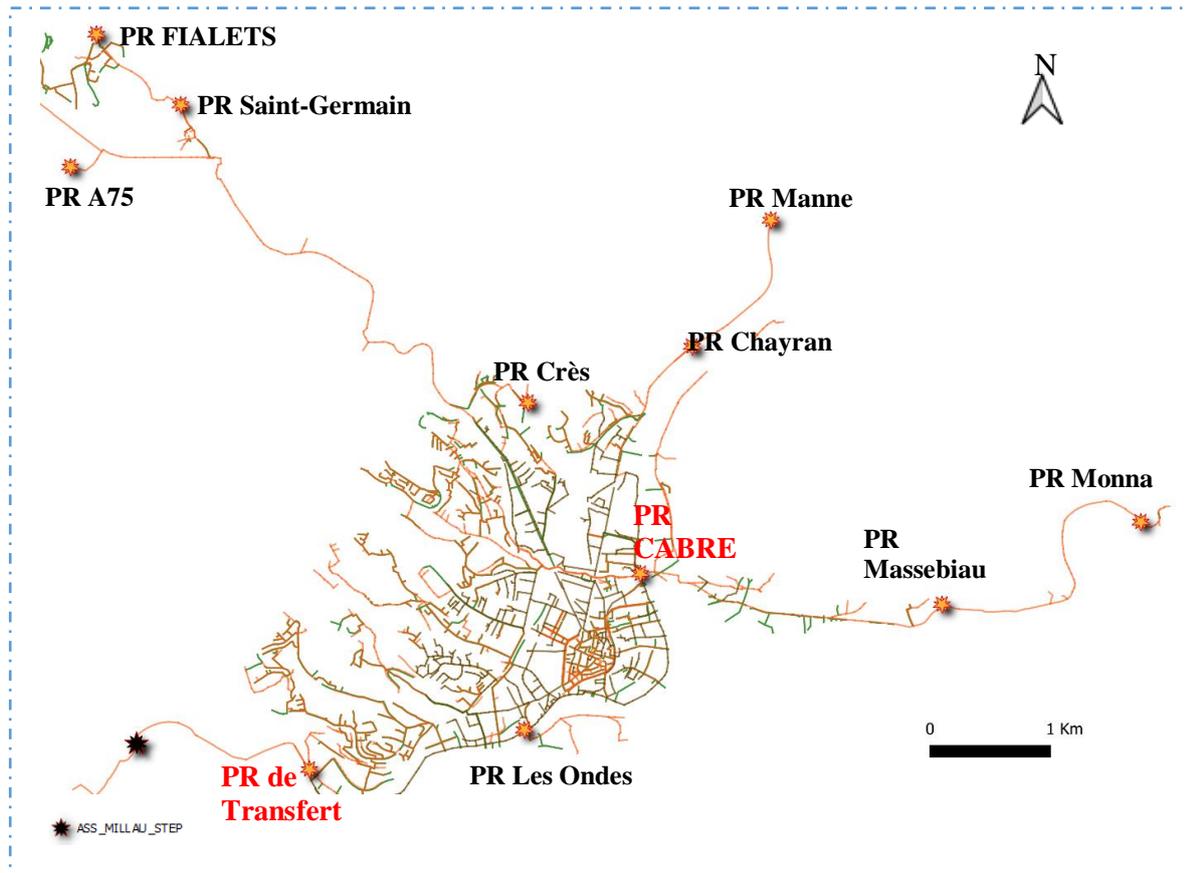


Figure 22 : Emplacement des Postes de relevage instrumentés sur le réseau d'Assainissement

Les débits réels de pompage ont été calculés par la relation présentée en partie bibliographique en se basant sur les données extraites via le système de télégestion TopKapi.

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques de ces postes ainsi que les débits retenus après validation sur plusieurs périodes de fonctionnement :

Tableau 18 : Caractéristiques des postes de relevage

Poste	Forme	Surface (m ²)	Profondeur (m)	Nombre de pompes	Débit P1 (m ³ /h)	Marnage (D/A)	TP
PR A75	Cylindrique	0.79	3	2	2	0.9 / 0.4	non
PR FIALETS	Cylindrique	5.73	3	2	20	1 / 0.7	oui
PR ST GERMAIN	Cylindrique	5.73	3	2	45	1.25 / 0.75	oui
PR MASSEBIEAU	Cylindrique	3.8	6.55	2	35	1.1 / 0.4	oui
PR CHAYRAN	Cylindrique	1.13	2.8	2	15	1 / 0.5	non
PR CRES	Cylindrique	0.85	2.9	2	4	1 / 0.5	non
PR MANNE	Cylindrique	1.13	2.8	2	15	1.05 / 0.67	oui

Poste	Forme	Surface (m ²)	Profondeur (m)	Nombre de pompes	Débit P1 (m ³ /h)	Marnage (D/A)	TP
PR MONNA	Cylindrique	0.87	5.5	2	7	1 / 0.6	oui
PR CABRE	Cubique	6.18	9.63	3	137	6 / 1.2	oui
PR ONDES	Cylindrique	1.65	4.93	2	60	1.2 / 0.9	oui
PR TRANSFERT	Cubique	25.65	5.8	3 dont une de secours	740	3.18 / 1.65	oui

III. Diagnostic des Eaux Claires Parasites

1. Méthodologie adoptée

Le diagnostic des eaux claires parasites est effectué selon les étapes suivantes :

- 1- Extraction des données via le superviseur TopKapi pour la période étudiée.
- 2- Préparation et mise en forme des données brutes extraites (les hauteurs d'eau mesurées toutes les 5min, Volumes horaires pompés au niveau des postes de relevage, la pluviométrie).
- 3- Intégration des données brutes préparées et le fichier de paramétrage dans l'outil de calcul.
- 4- Vérification et validation des données : cohérence résultats/observations réelles du système d'assainissement, identification des valeurs non représentatives ou erronées.
- 5- Représentation des résultats sous Power Bi qui permet de visualiser les données de manière claire et synthétique et qui permet aussi d'intégrer d'autres fonctions de calcul.
- 6- Analyse des résultats, et classification des bassins versants selon leur sensibilité aux eaux claires parasites.

2. Etude de la pluviométrie

2.1. Pluviomètres

L'étude de la pluviométrie de la zone d'étude est nécessaire pour la quantification des ECPM captées par le réseau d'assainissement.

Deux pluviomètres ont été installés au centre-ville de Millau en Avril 2019 car les anciens pluviomètres étant situés à la STEP et au niveau du poste de Transfert ne reflètent pas la réalité de la pluviométrie sur toute la ville ; il y a un grand écart entre la pluviométrie enregistrée au niveau de la STEP et le centre-ville. Parmi les problèmes qui étaient rencontrés c'est la déclaration du TS en temps de pluie.

Les nouveaux pluviomètres installés sont : le pluviomètre du Stade, situé au toit du stade municipal de Millau et le pluviomètre Ecole situé au niveau de l'école élémentaire Jean Henri Fabre (voir la figure ci-après)



Figure 23 : Emplacements des deux nouveaux pluviomètres Stade et Ecole

La période étudiée pour le diagnostic des eaux claires parasites est de Juin 2019 au Juin 2020. Le graphe ci-joint représente le cumul mensuel des précipitations au niveau des deux pluviomètres Stade et Ecole.

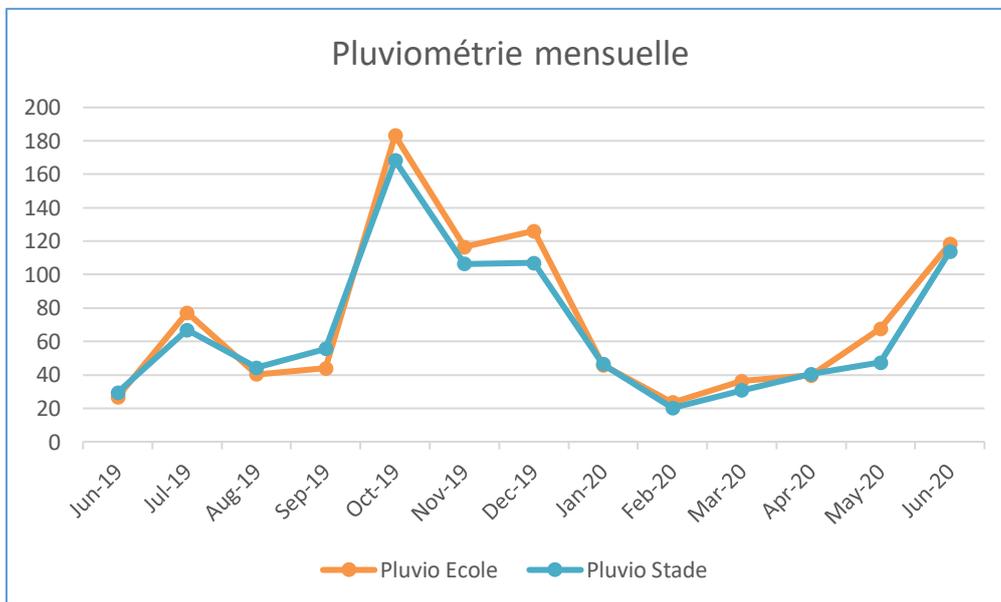


Figure 24 : Pluviométrie mensuelle enregistrée au niveau des deux pluviomètres Ecole et Stade de Juin 2019 au Juin 2020

Une différence de 68 mm est quantifiée au niveau des deux pluviomètres pour la période étudiée. Ceci revient à l'hétérogénéité de la pluviométrie à Millau, et donc l'objectif pour la suite de l'étude est d'affecter chaque sonde au pluviomètre le plus proche.

Le tableau suivant résume l'affectation des 42 points de mesure aux deux pluviomètres :

Tableau 19: Affectation des points de mesures aux pluviomètres Stade et Ecole

Pluviomètre Ecole	Pluviomètre Stade
Sonde DO Gabriac	Sonde DO Jean Jaurès
Sonde DO Charles de Gaulle	Sonde DO Rajol
Sonde DO Champ prieur	Sonde DO Rond-point des stades
Sonde DO Jolival	Sonde DO Résidence des stades
Sonde DO Rue de Roc	Sonde DO Usine Mercier
Sonde DO Saunerie	Sonde DO Vieux crès
Sonde DO Saint-Antoine	Sonde DO Paulèle
Sonde DO Tannerie	Sonde Ruisseau Ladoux
Sonde DO Toyota	Sonde Avenue Millau Plage
Sonde DO Richard	Sonde Golf
Sonde DO Mandarous	Sonde Piscine
Sonde DO Ecreteur Step	Sonde Saint Euzébit
Sonde DO Ecreteur des Ondes	PR Cabre
Sonde Agora	PR Chayran
Sonde Avenue de l'Europe	PR Manne
Sonde Collège Aymard	PR Massebiau
Sonde Mazars	PR Monna
Sonde Place Bompaire	PR Crès
Sonde Talweg	
PR A75	
PR Fialets	
PR Saint Germain	
PR Les Ondes	
PR Transfert	

2.2. Définition des événements pluvieux

Comme précité, une période de pluie est déclenchée quand le cumul pluviométrique sur 4 heures dépasse 1mm.

Le temps de ressuyage étant fixé à 48h, 35 événements pluvieux ont été définis sur cette période (Voir Annexe 7)

3. Bilans et Analyse des résultats de 2019 et 2020

L'établissement des bilans concernant l'étude du diagnostic des eaux claires parasites sert à identifier les bassins versants sensibles aux ECPM et aux ECPP

3.1. Hiérarchisation des sondes

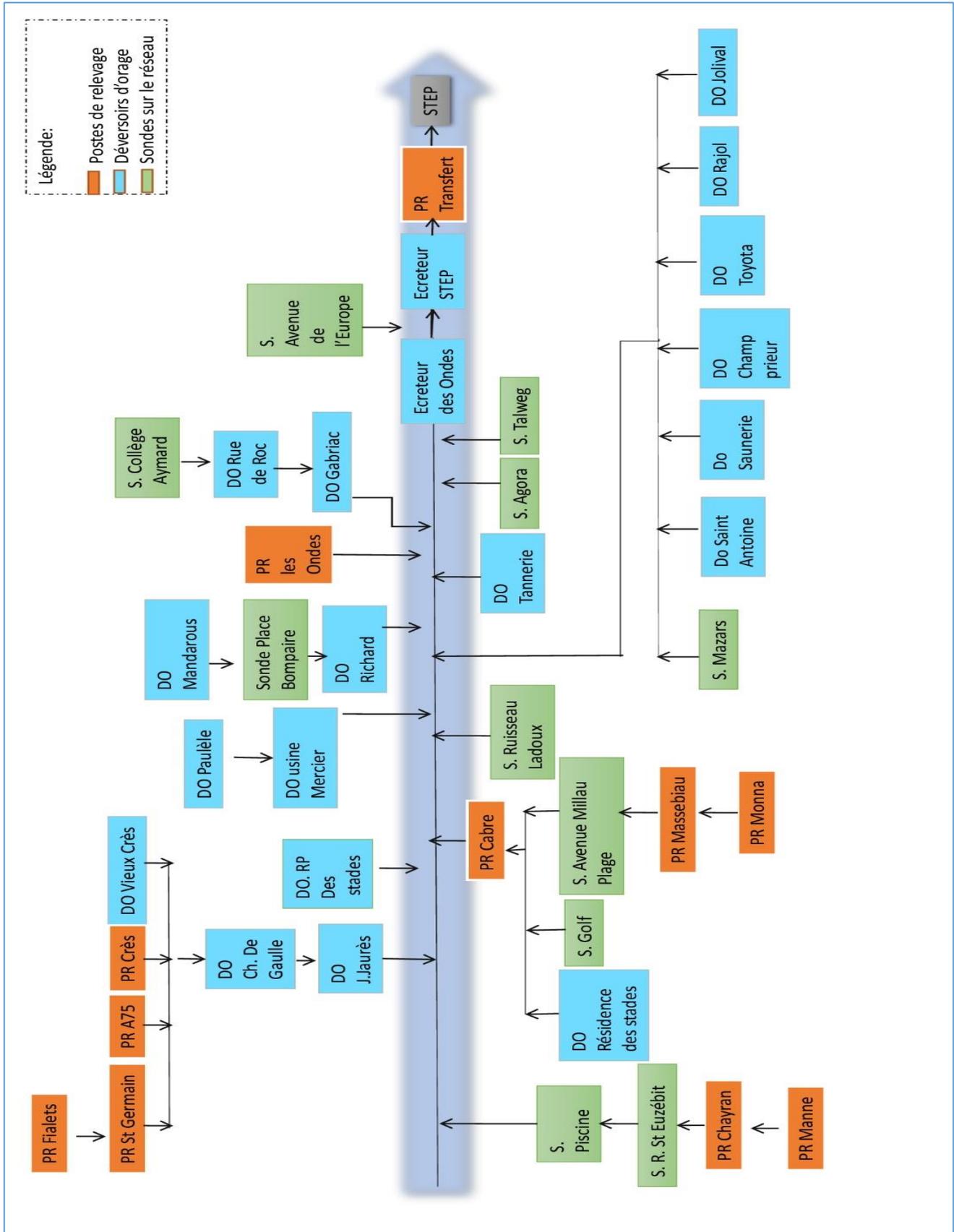


Figure 25 : Schéma représentant la Hiérarchisation des sondes utilisées pour l'étude du diagnostic permanent

3.2. Etude de la sensibilité des Bassins versants aux ECP

L'étude des ECP se fait à deux niveaux :

- L'évaluation des apports d'ECPP sur tout le réseau d'assainissement (unitaire et séparatif)
- L'évaluation des ECPM drainées par le réseau séparatif EU.

○ Eaux Claires Parasites Permanentes

Au niveau de Millau, aucun piézomètre n'est installé et donc c'est difficile de vérifier les ECPP.

Pour évaluer l'impact des ECPP sur le réseau d'assainissement on peut se baser sur plusieurs facteurs :

- Pour déterminer les bassins versants critiques aux ECPP, on les classe selon l'**ILI**, c'est un indice qui détermine le volume journalier infiltré par Km du réseau amont de chaque sonde. Il permet donc de classer les différents bassins versants selon leurs sensibilités aux apports d'Eaux claires d'infiltration et selon la vétusté du réseau d'assainissement.
- Le **volume** par contre peut donner une idée sur les zones du réseau qui reçoivent beaucoup d'eau et où on peut avoir des mises en charge ou des déversements qui sont problématiques vis-à-vis la conformité réglementaire du système.
- Le **pourcentage** des ECPP par rapport au volume total des eaux usées permet de déterminer le facteur principal qui rend le bassin versant problématique. Par exemple si on constate beaucoup de mises en charge au niveau d'un réseau, la répartition des eaux usées et ECP permet de déterminer quel type des apports génère ce problème.

Le tableau ci-après représente le classement des Bassins versants selon l'Indice linéaire d'infiltration sur les 13 mois étudiés.

Le classement des bassins versants par volume et pourcentage de ces apports est donné en (Annexe 8)

Tableau 20: Classement des Bassins versants selon la sensibilité aux ECPP

BV	ILI (m ³ /j/Km)	Linéaire Amont (ml)
Sonde DO Jolival	94,0	495
Sonde DO Usine Mercier	74,4	2024
Sonde DO Rondpoint des stades	60,7	904
Sonde DO Toyota	51,8	428
Sonde Golf	31,2	2520
Sonde Place Bompaire	29,9	7986
Sonde DO Mandarous	28,0	5396
Sonde DO Saunerie	25,9	1243
Sonde Mazars	24,5	2976
Sonde DO Champ prieur	22,6	795
Sonde Ruisseau Ladoux	16,9	7524
Sonde DO St Antoine	15,9	1520
Sonde DO Richard	13,8	8982
Sonde DO Paulèle	11,5	1841
Sonde Avenue de l'Europe	9,9	7190

BV	ILI (m ³ /j/Km)	Linéaire Amont (ml)
Sonde Piscine	9,8	8876
Sonde Talweg	8,9	5105
Sonde DO Charles de Gaulle	8,3	24837
Sonde DO Gabriac	5,9	11142
Sonde DO Rue de Roc	5,6	10369
Sonde Agora	5,5	4725
Sonde DO Rajol	5,5	633
PR Crès	5,2	306
Sonde Avenue Millau Plage	4,8	7601
Sonde DO Jean Jaurès	4,0	25778
Sonde DO Ecreteur Ondes	3,8	119530
Sonde Collège Aymard	3,2	5979
PR Les Ondes	3,0	1630
Sonde DO Tannerie	1,7	2125
Sonde DO Vieux crès	1,7	9262
PR Manne	1,3	199
Sonde DO Ecreteur Step	1,2	128014
PR Saint Germain	0,8	5063
PR Fialet	0,8	3350
PR Monna	0,7	417
PR A75	0,5	199
PR Cabre	0,4	13144
PR Massebiau	0,3	3101
PR Chayran	0,2	1795
Sonde St Euzébit	0,0	8567

Indicateurs de priorisation considérés pour les ECPP

	Non sensible (ILI <5)
	Moyennement sensible ($5 \leq \text{ILI} < 10$)
	Sensible ($10 \leq \text{ILI} < 15$)
	Très sensible (ILI ≥ 15)

Commentaires :

- La sonde DO Résidence des Stades n'a pas été présentée sur le tableau ci-dessus vu qu'elle montre une valeur très importante d'intrusions d'ECPP qui est de **497 m³/j/Km**. Ceci peut être dû à un encrassement au niveau de la sonde ou à un effet aval ou tout simplement à une erreur de mesure. Ce point nécessite d'être vérifié.
- Pour les autres points, cet indice varie entre **0** et **94 m³/j/Km** ce qui montre un écart important sur la sensibilité du réseau d'assainissement de Millau aux eaux claires parasites permanentes. Les bassins versants les plus critiques sont situés du côté du Tarn (points bas) et rejoignent le collecteur principal. (voir la carte ci-après)

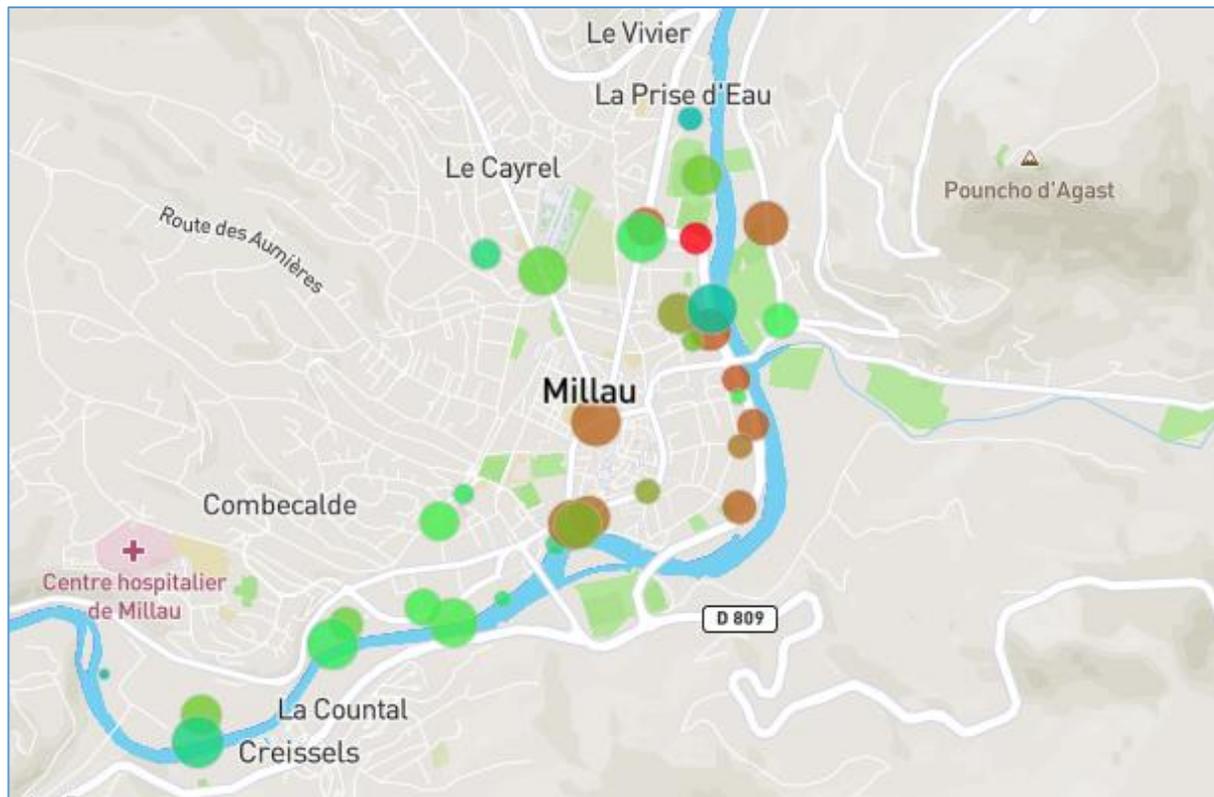


Figure 26: Localisation des points sensibles aux ECPP

La carte ci-dessus représente les différentes sondes du réseau selon la sensibilité aux ECPP :

- Les points rouges/ marron représentent les points critiques.
- Les points verts représentent les points avec une criticité inférieure.
- Les points bleu/ bleu-vert représentent les points avec une criticité faible voire très faible.

○ Eaux Claires Parasites Météoriques

L'objectif de la quantification des ECPM dans le réseau d'assainissement est d'éliminer en premier lieu les eaux pluviales provenant des mauvais branchements.

Pour classer les BV selon leurs sensibilités aux ECPM, il faut d'abord écarter les sondes dont le réseau amont est totalement unitaire qui est normalement conçu pour collecter les eaux pluviales aussi.

Donc il faut commencer par classer les sondes selon leurs emplacements sur le réseau d'assainissement : BV unitaire, séparatif ou mixte.

Le classement ci-dessous est basé sur le réseau Amont, directement lié à chaque point de mesure :

Tableau 21: Type du réseau d'assainissement au niveau de chaque point de mesure

BV (Réseau unitaire)	BV (réseau séparatif)	BV (réseau Mixte)	
		Sonde	Pourcentage du réseau séparatif amont
DO Toyota	PR Manne	DO Mandarous	16%
DO Tannerie	PR Chayran	DO Saint Antoine	87%
DO résidence des Stades	PR Monna	DO Paulèle	14%
DO Rondpoint des Stades	PR Massebiau	DO Rajol	62%
DO Jean Jaurès	PR Crès	DO Champ prieur	78%
Sonde Piscine	PR Fialet	DO Saunerie	39%
	PR Saint-Germain	DO Jolival	55%
	PR A75	DO Richard	56%
	PR	DO Rue du Roc	32%
	PR Les Ondes	DO Charles de Gaulle	64%
	PR de Transfert	DO Ecreteur des Ondes	29%
	DO Usine mercier	DO Ecreteur STEP	-
	DO Gabriac	Sonde Avenue Millau Plage	93%
	DO du Vieux Crès	Sonde Ruisseau ladoux	81%
	Sonde Golf	Sonde Agora	73%
	Sonde collège Aymard	Sonde place Bompaire	74%
	Sonde Avenue de l'Europe	Sonde ruisseau Saint Euzébit	73%
	Sonde Talweg	Sonde Mazars	92%

Points problématiques

Avant d'entamer l'analyse des apports d'ECPM, il faut signaler quelques points problématiques :

- Les points de mesure DO Ecreteur STEP, Ecreteur des Ondes, PR de transfert ne reflètent pas la réalité des apports d'ECPM car ils subissent un effet aval du Tarn.

Aussi, l'analyse des volumes totaux d'ECPM mesurés permet de soulever d'autres points de mesures incohérents :

- Le volume au niveau du **DO Mandarous** est plus grand que celui de la sonde Place Bompaire, sachant qu'il est situé à l'amont de cette dernière chose qui peut être due à un encrassement au niveau du DO Mandarous.
- **DO Richard**, situé à l'aval de la sonde place Bompaire mesure un volume plus petit.
- Le volume au niveau de la sonde **Saint Euzébit** est plus grand que celui de piscine qui est à l'aval.

Pour le détail des volumes mesurés et classement des sondes par rapport à ce facteur (voir *Annexe 9*)

Donc, on écarte ces points pour la suite de l'étude au niveau desquels des constatations sur terrain ont validé la non-conformité des mesures.

Bassins versants critiques

➤ Calcul de la surface active

Le classement des bassins versants selon les Surfaces actives calculées est donné en *Annexe 10*

La surface active locale représente la surface imperméabilisée de chaque BV séparément.

➤ Facteur de sensibilité :

Pour classer les bassins versants selon leur sensibilité aux ECPM, on se base sur un facteur en (m^3/ml) calculé comme suit :

$$\text{Le facteur de sensibilité} = \frac{V_{\text{ECPM}}}{\text{Linéaire du réseau amont}}$$

C'est un facteur qui met en relation la surface active de chaque bassin versant, qui est un rapport entre le volume d'ECPM et la pluviométrie, au linéaire amont du réseau d'assainissement lié au point de mesure.

▪ Facteur de sensibilité : Approche globale.

Un premier calcul de ce facteur sert à classer tous les bassins versants du réseau d'assainissement selon le volume global mesuré au niveau de chaque sonde et le linéaire total amont (sans tenir compte du type du réseau) :

Tableau 22: Classement des BV selon le facteur de sensibilité aux ECPM (Approche globale)

Nom	TOTAL ECPM sur 13 mois (m^3)	Linéaire total amont (ml)	Facteur ECPM (m^3/ml)	Type réseau du BV
Sonde DO Saunerie	21660	1243	17,4	Mixte
Sonde DO Champ prieur	13755	795	17,3	Mixte
Sonde DO Jolival	6391	495	12,9	Mixte
Sonde Mazars	35575	2976	12,0	Mixte
Sonde Place Bompaire	80929	7986	10,1	Mixte
Sonde Golf	22662	2520	9,0	Séparatif
Sonde Agora	39785	4725	8,4	Mixte
Sonde DO Rajol	5114	633	8,1	Mixte
PR Cabre	76746	13144	5,8	séparatif
PR Les Ondes	9313	1630	5,7	séparatif
Sonde DO St Antoine	6654	1520	4,4	Mixte

Nom	TOTAL ECPM sur 13 mois (m ³)	Linéaire total amont (ml)	Facteur ECPM (m ³ /ml)	Type réseau du BV
Sonde DO Gabriac	46281	11142	4,2	Séparatif
Sonde DO Usine Mercier	5491	2024	2,7	séparatif
Sonde Avenue Millau Plage	19267	7601	2,5	Mixte
Sonde Talweg	12781	5105	2,5	séparatif
Sonde DO Jean Jaurès	57894	25778	2,2	unitaire
PR Crès	677	306	2,2	séparatif
Sonde Ruisseau Ladoux	16017	7524	2,1	Mixte
PR A75	401	199	2,0	Séparatif
PR Monna	829	417	2,0	Séparatif
Sonde DO Paulèle	3225	1841	1,8	Mixte
PR Fialets	5216	3350	1,6	Séparatif
Sonde DO Vieux crès	13874	9262	1,5	Séparatif
Sonde Collège Aymard	8894	5979	1,5	Séparatif
PR Saint Germain	7096	5063	1,4	Séparatif
Sonde DO Rue de Roc	14461	10369	1,4	Mixte
Sonde Avenue de l'Europe	7706	7190	1,1	Séparatif
PR Massebiau	2646	3101	0,9	Séparatif
Sonde DO Charles de Gaulle	17942	24837	0,7	Mixte
PR Manne	54	199	0,3	Séparatif
PR Chayran	107	1795	0,1	Séparatif

▪ **Facteur de sensibilité : Approche locale**

A ce niveau, on va s'intéresser à la typologie du réseau constituant chaque bassin versant.

On s'intéresse en premier lieu aux bassins séparatifs qui apportent plus d'ECPM et aux bassins mixtes en deuxième lieu.

Le calcul des apports d'ECPM introduites localement au niveau du bassin versant concerné se fait de la manière suivante :

$$V_{\text{local}} = V_{\text{sonde}} - (V_{\text{sonde amont}} - V_d)$$

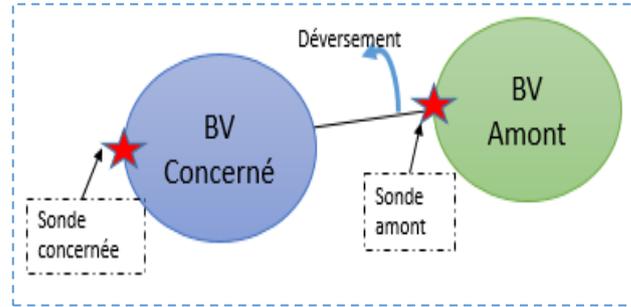
Avec :

V_{local} : Volume d'ECPM introduit au niveau du bassin versant concerné (m³)

V_{sonde} : Volume mesuré au niveau de la sonde (m³)

$V_{\text{sonde amont}}$: Volume mesuré au niveau de la sonde amont (m³)

V_d : Volume déversé amont (m³)



Pour les sondes précédées des déversoirs où le volume déversé n'est pas mesuré on garde le facteur relatif au volume total.

Pour les bassins versants constitués d'un réseau mixte, l'objectif est d'évaluer le volume d'ECPM correspondant à la partie du réseau séparatif EU. Car deux bassins versants avec le même facteur de sensibilité global mais avec un pourcentage différent du réseau Séparatif EU n'ont pas la même sensibilité aux ECPM. Donc, un premier facteur qui est le pourcentage du réseau séparatif du bassin est attribué au calcul du facteur local.

Un deuxième facteur est considéré pour mieux cibler les bassins les plus problématiques et qui sert à pondérer la contribution des apports du réseau séparatif EU par rapport au réseau unitaire de chaque BV. Il est calculé en se basant sur la relation de Manning Strickler :

$$C_p = (D_S / D_U)^{8/3}$$

Avec :

D_S : Diamètre moyen des canalisations de la partie du réseau séparatif EU du BV

D_U : Diamètre moyen des canalisations de la partie du réseau unitaire du BV

$$\text{Le facteur de sensibilité local} = \frac{V_{\text{local}}}{\text{Linéaire amont local}} \times (\% \text{ R. séparatif}) \times C_p$$

Pour les BV totalement constitués en réseau séparatif $C_p = 1$.

Le tableau ci-dessous présente le classement des sondes selon le facteur de sensibilité aux ECPM, et ce en adoptant le spectre de sensibilité suivant :

	Non sensible ($Y < 2$)
	Moyennement sensible ($2 \leq Y < 4$)
	Sensible ($4 \leq Y < 6$)
	Très sensible ($Y \geq 6$)

Avec Y : le facteur de sensibilité calculé

Tableau 23 : Classement BV selon le facteur de sensibilité aux ECPM (Approche sectorielle)

Nom	Volume Déversé (m ³)	Volume ECPM local (m ³)	Linéaire amont local (ml)	Pourcentage Séparatif ajusté	Coefficient réseau Séparatif	Facteur local (m ³ /ml)
Sonde DO Gabriac	91490	31827	773	100%	1	41,17
Sonde Golf	0	22662	2520	100%	1	8,99
Sonde DO Champ prieur	0	13755	795	78%	0,6	8,1
PR Cabre	74274	-	2872,53	100%	1	5,84
Sonde Agora	0	39785	4725	73%	0,6	3,7
Sonde DO St Antoine	0	6654	1520	87%	0,8	3
Sonde DO Rajol	0	5114	633	62%	0,6	3
Sonde DO Saunerie	0	21660	1243	40%	0,4	2,8
Sonde DO Usine Mercier	0	-	183,3	100%	1	2,71
Sonde Talweg	0	12781	5105	100%	1	2,5
Sonde Mazars	0	35575	2976	92%	0,22	2,4
PR Crès	0	677	306	100%	1	2,21
Sonde Avenue Millau Plage	0	16621	4500	93,5%	0,63	2,2
PR A75	0	401	199	100%	1	2,02
PR Monna	0	829	417	100%	1	1,99
PR Fialets	0	5216	3350	100%	1	1,56
Sonde DO Vieux crès	0	13874	9262	100%	1	1,5
Sonde Collège Aymard	0	8894	5979	100%	1	1,49
Sonde Avenue Europe	0	7706	7190	100%	1	1,07
Sonde Place Bompaire	0	-	7986	74%	0,13	1
Sonde Ruisseau Ladoux	0	16017	7524	81,5%	0,4	0,7
PR Massebiau	0	1817	2684	100%	1	0,68
Sonde DO Jolival	0	6391	495	55%	0,09	0,6
PR Saint Germain	0	1880	4646	100%	1	0,4
PR Manne	0	54	199	100%	1	0,27
Sonde DO Rue de Roc	7	5567	4390	32%	0,57	0,2
Sonde DO Charle de Gaulle	155	-	13357	64%	0,4	0,2
Sonde DO Paulèle	0	3225	1841	14%	0,6	0,1
PR Chayran	0	53	1596	100%	1	0,03

○ [Exemples de Résultats présentés sur Power BI :](#)

Les figures ci-après présentent quelques exemples de résultats représentés sur Power BI :

D'autres rapports sont donnés en (*Annexe II*)

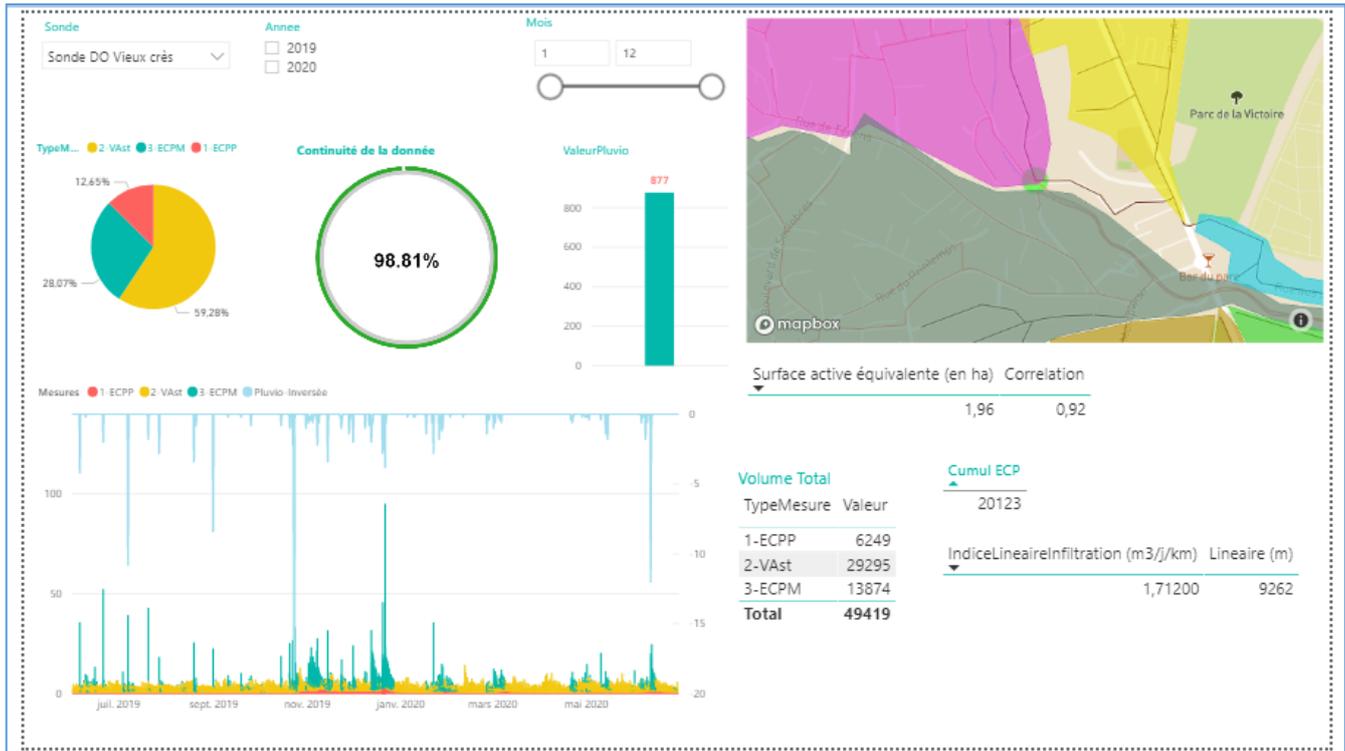


Figure 27: Résultats du diagnostic des ECP sur la période étudiée- Sonde DO Vieux Crès

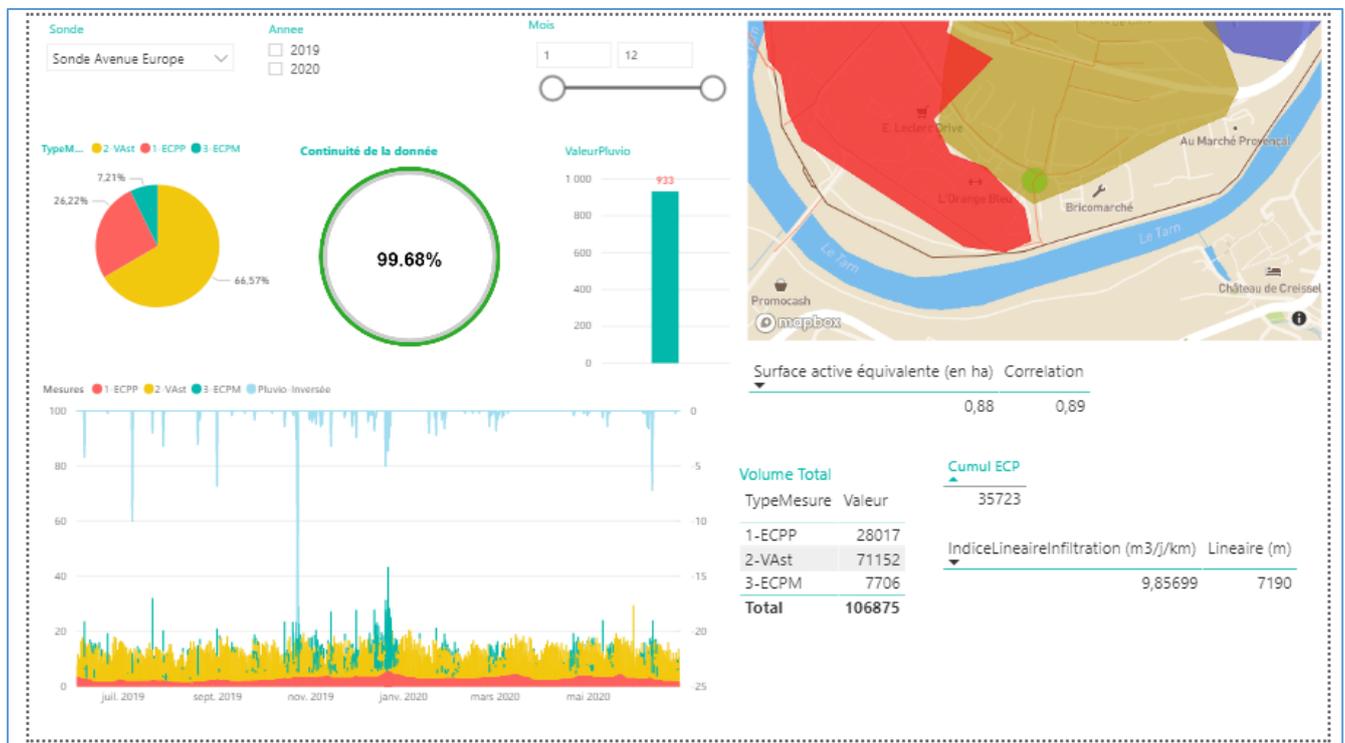


Figure 28: Résultats du diagnostic des ECP sur la période étudiée- Sonde Avenue de l'Europe

3.3. Conclusion

D'après l'analyse des résultats, on peut conclure que les bassins versants les plus sensibles aux ECP sont les suivants :

Tableau 24: BV les plus sensibles aux ECP

BV sensibles aux ECPP		BV sensibles aux ECPM		
BV	ILI (m3/j/km)	BV	Facteur de sensibilité (m3 sur 13mois/ml)	Type du réseau amont
Sonde DO Jolival	94,0	Sonde DO Gabriac	41,2	R. séparatif
Sonde DO Usine Mercier	74,4	Sonde Golf	9,0	R. séparatif
Sonde DO Rondpoint des stades	60,7	Sonde DO Champ prieur	8,1	R. Mixte
Sonde DO Toyota	51,8	PR Cabre	5,8	R. séparatif
Sonde Golf	31,2	Sonde Agora	3,7	R. Mixte
Sonde Place Bompaire	29,9	Sonde DO St Antoine	3,0	R. Mixte
Sonde DO Saunerie	25,9	Sonde DO Rajol	3,0	R. Mixte
Sonde Mazars	24,5	Sonde DO Saunerie	2,8	R. Mixte
Sonde DO Champ prieur	22,6	Sonde Do usine mercier	2,7	R. séparatif
Sonde Ruisseau Ladoux	16,9	Sonde Talweg	2,5	R. séparatif
Sonde DO St Antoine	15,9	Sonde Mazars	2,4	R. Mixte
Sonde DO Paulèle	11,5	PR Crès	2,2	R. séparatif
		Sonde Avenue Millau Plage	2,2	R. Mixte
		PR A75	2,02	R. séparatif

Dès lors, l'étude du diagnostic permanent des ECP sur la période de Juin 2019 au Juin 2020 a permis de souligner des apports très importants d'ECPP et d'ECPM sur les réseaux séparatifs EU.

Ces résultats restent toutefois théoriques et approximatifs et nécessitent une validation par des investigations sur terrain en temps sec et en temps de pluie.

Perspectives :

A l'issue de ces résultats, et dans l'objectif de limiter ces apports afin d'améliorer le fonctionnement du système d'assainissement, il faut :

- Pour limiter les apports des ECPP : Programmer des ITV, tests d'étanchéité et des campagnes nocturnes au niveau des bassins sensibles aux ECPP identifiés.
- Pour limiter les apports des ECPM : Programmer des tests à la fumée ou au colorant au niveau des bassins sensibles aux ECPM pour la mise en conformité des mauvais branchements notamment.
- Pour une meilleure qualité des mesures : Il faut déplacer les sondes qui présentent des mesures incohérentes sur d'autres points plus fiables
- Contrôler les volumes rejetés par les industriels à travers une révision des autorisations de rejet dans le réseau.

Chapitre 5 : Modélisation Hydraulique du réseau d'assainissement sous PCSWMM

I. Objectifs de la modélisation pour cette étude

L'objectif de la modélisation hydraulique du réseau d'assainissement est de compléter les données fournies par l'outil du diagnostic permanent afin de constituer une connaissance plus complète du fonctionnement du réseau et ouvrages d'assainissement notamment les mises en charge, déversements et débordements.

Mon travail dans cette partie consiste à faire le calage du modèle hydraulique en temps sec et en temps de pluie, mettre en exergue quelques dysfonctionnements pour les petites pluies et évaluer la conformité du système de collecte vu la non représentativité des volumes mesurés pour l'année 2019.

II. Calage du modèle hydraulique

1. Choix des points de calage

Le choix des points de calage du modèle hydraulique est basé sur la fiabilité et la continuité des mesures au niveau des sondes.

Les points de calage utilisés sont :

Tableau 25 : Les points de mesures utilisés pour le calage du modèle hydraulique

TS	TP
Sonde Avenue Millau Plage	Sonde Avenue Millau Plage
Sonde Golf	Sonde Golf
Sonde DO Usine Mercier	Sonde DO Usine Mercier
Sonde Place Bompaire	Sonde Place Bompaire
Sonde Mazars	Sonde Mazars
Sonde Avenue de l'Europe	Sonde Avenue de l'Europe
Sonde Piscine	Sonde Piscine
Sonde Talweg	Sonde Talweg
Sonde AGORA	Sonde AGORA
Sonde Collège Aymard	Sonde Collège Aymard
Sonde Champ prieur	Sonde Champ prieur
Sonde DO vieux crès	Sonde DO vieux crès
Sonde Débitmètre Jean-Jaurès	Sonde Débitmètre Jean-Jaurès
Sonde Débitmètre tannerie	Sonde Débitmètre tannerie
Sonde Débitmètre Pont de fer	Sonde Débitmètre Pont de fer
Sonde DO RAJOL	DO Saint Antoine
Sonde DO Gabriac	DO RP Stade
Sonde DO Tannerie	DO Saunerie

2. Calage du modèle par temps sec

2.1. Méthodologie adoptée

- ⇒ **Choix du jour de (TS) :** Le jour de temps sec choisi pour le calage est le 1^{er} Juillet 2019. C'est un jour précédé de plus de 7 jours de temps sec (l'événement pluvieux précédent prend fin le 21 juin).
- ⇒ Ensuite, il faut calculer les débits moyens en temps sec au niveau de chaque sonde. Pour cela on se base sur le nombre d'équivalent habitant sur chaque BV en adoptant la dotation moyenne de 135 l/j/EH pour les domestiques, et on se base sur le tableau des rejets précités dans la partie du pré diagnostic pour les industriels.

Pour l'affectation du nombre d'EH pour chaque BV, le modèle a été sectorisé en 4 zones selon la densité de la population :

- Zone A, la plus dense (centre-ville) de densité 177 EH/ha
- Zone B de densité moyenne de 53 EH/ha
- Zone C (vallée) de densité 9 EH/ha
- Zone industrielle de densité 9 EH/ha

Ces densités servent dans un premier temps d'estimer le nombre d'EH par bassin versant (**Densité × Superficie**) et puis le débit moyen de temps sec (**Rejet moyen × Nombre d'EH**) injecté dans chaque bassin versant.

- ⇒ Il faut aussi accorder un Pattern horaire pour chaque point de calage. Ces patterns sont calculés en prenant une moyenne de différents jours de temps sec à partir des valeurs mesurées au niveau du diagnostic permanent. Le pattern correspond à un coefficient qui reflète la variation du débit moyen sur la journée (y compris l'heure de pointe).

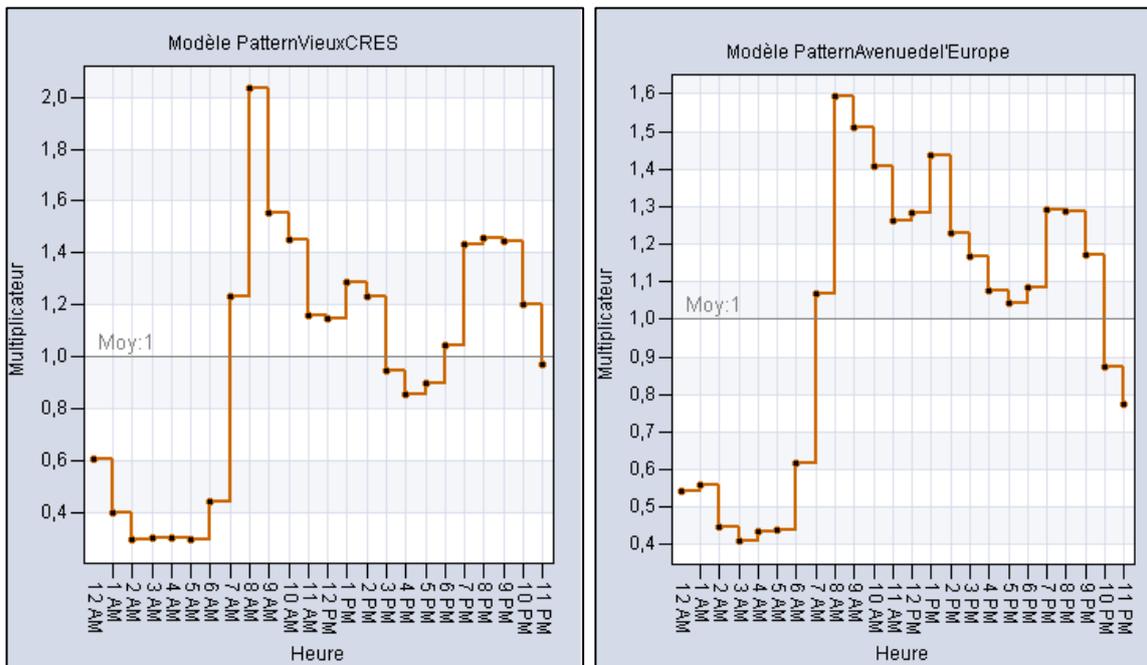


Figure 29 : Exemple de Patterns horaires (sonde DO Vieux Crès à gauche et sonde Avenue de l'Europe à droite)

⇒ Il faut aussi injecter les valeurs moyennes des ECPP et consommations des industriels au niveau de chaque sonde. Pour les ECPP, les patterns sont mensuels et calculés à partir des résultats du diagnostic permanent.

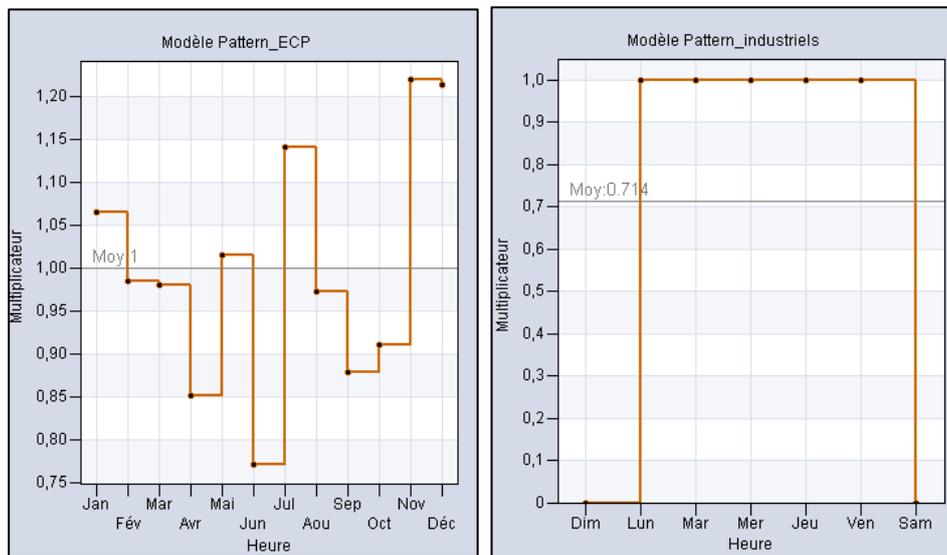


Figure 30 : Patterns des ECPP et des Industriels

- ⇒ Après on cale le modèle en ajustant les valeurs simulées et ce en se référant aux valeurs mesurées au niveau des points de calage choisis par un coefficient initial = $\frac{\text{Valeur mesurée}}{\text{Valeur simulée}}$ qui permet de modifier le nombre d'EH du bassin versant total correspondant à chaque point de mesure, et par la suite on réaffecte des nouvelles valeurs pour chaque sous bassin versant et ce en ajustant la densité de chaque zone de manière pondérée.
- ⇒ Finalement, il faut vérifier les volumes pompés au niveau des Postes de relevage et les déversements au niveau des trop-pleins et déversoirs d'orage.

2.2. Résultats du calage

Tableau 26 : Résultats du calage en TS

Sonde	Volume simulé (m ³)	Volume mesuré (m ³)	Ecart	Performance ISE
Avenue Millau Plage	112	111	0%	Bon
Golf	368	368	0%	TB
DO RAJOL	22	22	1%	TB
DO Usine Mercier	221	218	1%	Excellent
Place Bompaire	630	631	0%	TB
Mazars	183	186	1%	TB
Avenue de l'Europe	273	273	0%	TB
Piscine	160	160	0%	TB
Talweg	131	132	1%	TB
AGORA	105	106	1%	TB
Collège Aymard	47	47	1%	Excellent
Champ prieur	58	57	1%	Excellent
DO vieux crès	85	85	0%	TB

Sonde	Volume simulé (m ³)	Volume mesuré (m ³)	Ecart	Performance ISE
DO Gabriac	221	220	0%	TB
DO Tannerie	13	12	1%	Excellent
Débitmètre Jean-Jaurès	508	508	0%	Bon
Débitmètre tannerie	3275	3276	0%	Bon
Débitmètre Pont de fer	75	73	3%	

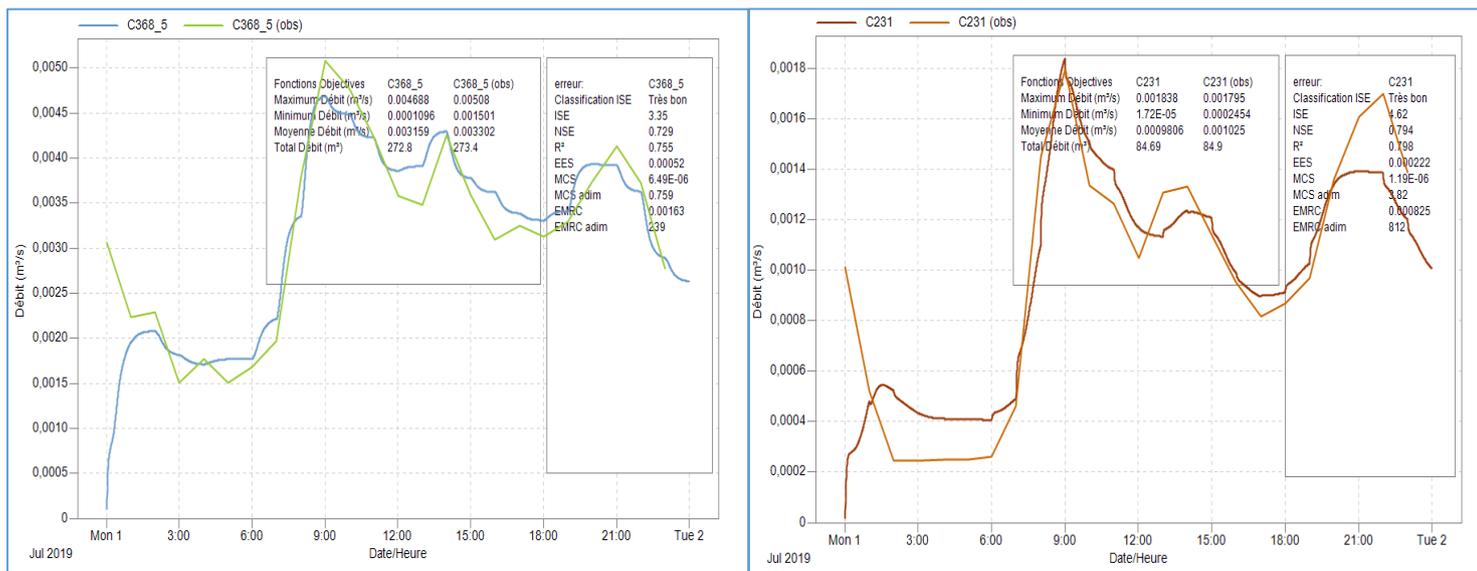


Figure 31: Exemples de courbes de calage en TS (Sondes Avenue de l'Europe à gauche et DO Vieux Crès à droite)

Les autres courbes de calage sont données en (Annexe I2)

Remarque : Les valeurs (obs) représentent les valeurs observées ou mesurées

2.3. Vérification au niveau des PR

Le calage des postes de relevage est basé sur les volumes journaliers pompés et le nombre de démarrage des pompes.

Tableau 27 : Vérification du calage au niveau des PR en TS

Poste de relevage	Volume simulé (m ³)	Volume mesuré (m ³)	Ecart
PR de Transfert	4211	4296	2%
PR CABRE	561	525	7%
PR les ondes	17,4	17	2%
PR Fialets	110	111	1%
PR Saint-Germain	137	140	2%
PR Crès	8,9	9	1%
PR A75	4,9	5	3%
PR Manne	3,6	3	20%
PR Chayran	8	7	14%
PR Monna	5	6	9%
PR Massebiau	13	14	8%

Au niveau des sondes, on constate que l'écart entre les volumes mesurés et simulés ne dépasse pas 3 % avec une performance ISE de Bon à Excellent et donc ces points sont bien calés qualitativement et quantitativement.

Pour les PR on remarque que l'écart entre les volumes mesurés et simulés est inférieur à 10% pour 9 PR et inférieur à 20% pour 2 Postes de relevage qui représentent un volume négligeable.

Ainsi, et après vérification de la fréquence de démarrage au niveau de chaque PR, on peut conclure que les postes de relevage sont bien calés en temps sec.

2.4. Validation du calage par TS

Le modèle a été vérifié et validé sur d'autres jours de temps sec et ce en se référant aux résultats du diagnostic permanent. Donc on peut dire que le modèle est bien calé en TS.

3. Calage du modèle par temps de pluie

3.1. Paramètres du calage

Le calage du modèle hydraulique est fait principalement sur le coefficient de ruissellement. Ce dernier est attribué pour les sous bassins versants en considérant les surfaces actives calculées au niveau du diagnostic permanent.

Il faut prendre en compte aussi le type du réseau pour chaque sous bassin versant (attribuer un coefficient plus grand pour les bassins versants unitaires, et ceci en considérant aussi le réseau des eaux pluviales)

3.2. Pluies de calage

Les pluies choisies pour le calage du modèle hydraulique sont :

- Calage par la pluie du 5 Juin 2019
- Vérification par la pluie du 20 Juillet 2019
- Validation finale par la pluie du 31 octobre 2019

Les pluies utilisées pour le calage et validation du modèle ont une période de retour ≥ 1 mois (on a opté pour des pluies homogènes représentatives de la zone d'étude et qui sont précédées par des périodes de temps sec d'au moins une semaine pour éviter l'effet de ressuyage précédent)

Tableau 28 : Caractéristiques des pluies du calage

Date	Début événement	Fin événement	Durée	Cumul (mm)	Intensité maximale (mm/h)
05/06/2019	16:25:00	19:25:00	03:00:00	10	12
20/07/2019	08:25:00	10 :50 :00	02:25:00	6.8	14.4
31/10/2019	03:35:00	12:10:00	08:35:00	11	12

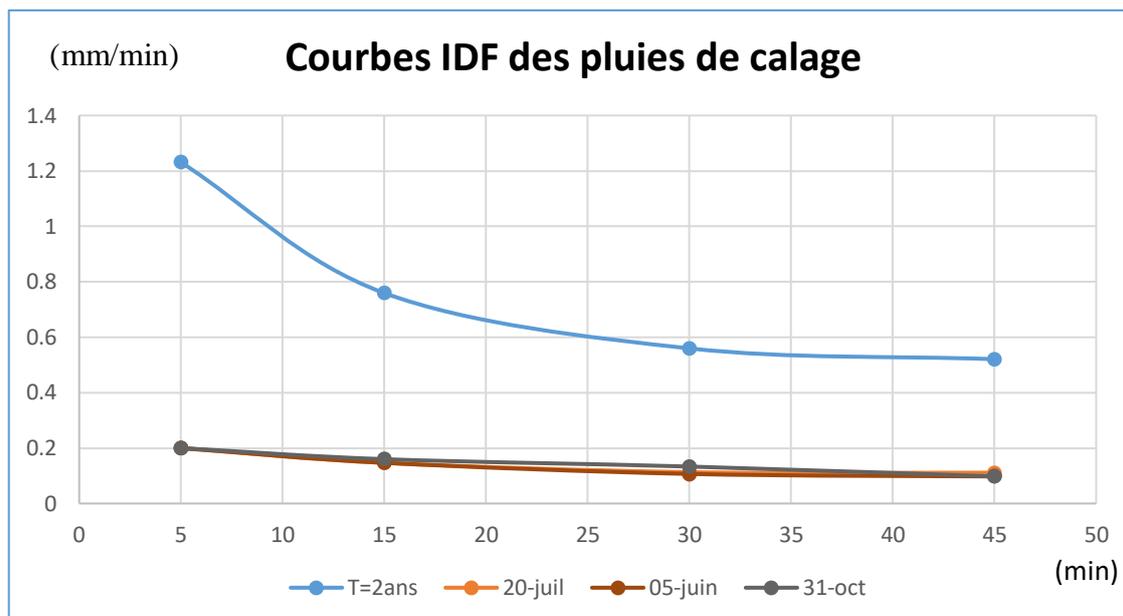


Figure 32: Courbes IDF des pluies de calage

3.3. Résultats du calage

Le calage du modèle hydraulique a été effectué dans un premier temps avec la pluie du 5 Juin 2019 et puis vérifié par la pluie du 20 Juillet 2019.

Tableau 29 : Résultats du calage en TP (Pluies du 5 Juin et 20 Juillet 2019)

Sonde	05-juin				20-juil			
	Volume simulé (m ³)	Volume mesuré (m ³)	[Ecart]	Performance ISE	Volume simulé (m ³)	Volume mesuré (m ³)	[Ecart]	Performance ISE
Avenue Millau plage	176	158	-11%	Excellent	173	210	18%	TB
Golf	377	325	-16%	TB	404	468	14%	Excellent
Usine Mercier	222	237	6%	Excellent	237	238	0%	Excellent
Place Bompaire	-	-	-	-	746	743	0%	Bon
Mazars	-	-	-	-	319	319	0%	Excellent
Avenue de l'Europe	318	304	-5%	Excellent	-	-	-	-
Sonde Piscine	397	397	0%	TB	327	305	-7%	TB
DO RP Stade	476	545	13%	TB	335	281	-19%	TB
DO Saint Antoine	144	146	1%	TB	-	-	-	-
Sonde Talweg	184	201	8%	Excellent	178	153	-16%	Excellent
AGORA	338	327	-3%	TB	288	284	-2%	TB
Collège Aymard	109	108	-2%	TB	94	86	-9%	Bon
DO Rue du roc	302	303	0%	TB	270	212	-27%	Bon

Sonde	05-juin				20-juil			
	Volume simulé (m ³)	Volume mesuré (m ³)	[Ecart]	Performance ISE	Volume simulé (m ³)	Volume mesuré (m ³)	[Ecart]	Performance ISE
Champ prieur	116	114	-2%	TB	94	96	3%	TB
Cres	162	163	1%	Bon	147	153	4%	Bon
Débitmètre Jean Jaurès	1101	1222	10%	TB	803	744	8%	Bon
Débitmètre tannerie	6016	6168	3%	Excellent	5111	4783	7%	TB
Débitmètre Pont de fer	215	210	2%	TB	-	-	-	-

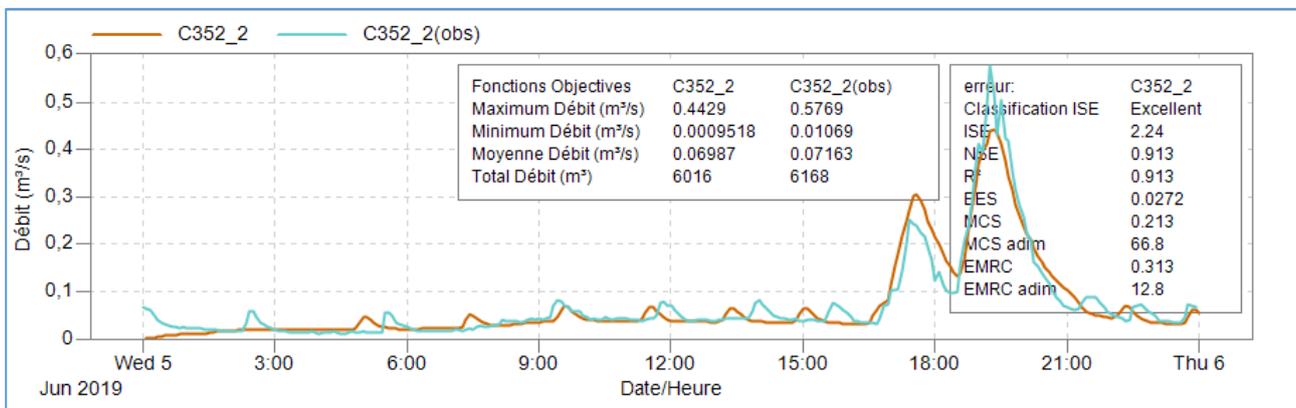


Figure 33: Courbe de calage du Débitmètre Tannerie (pluie du 5 Juin)

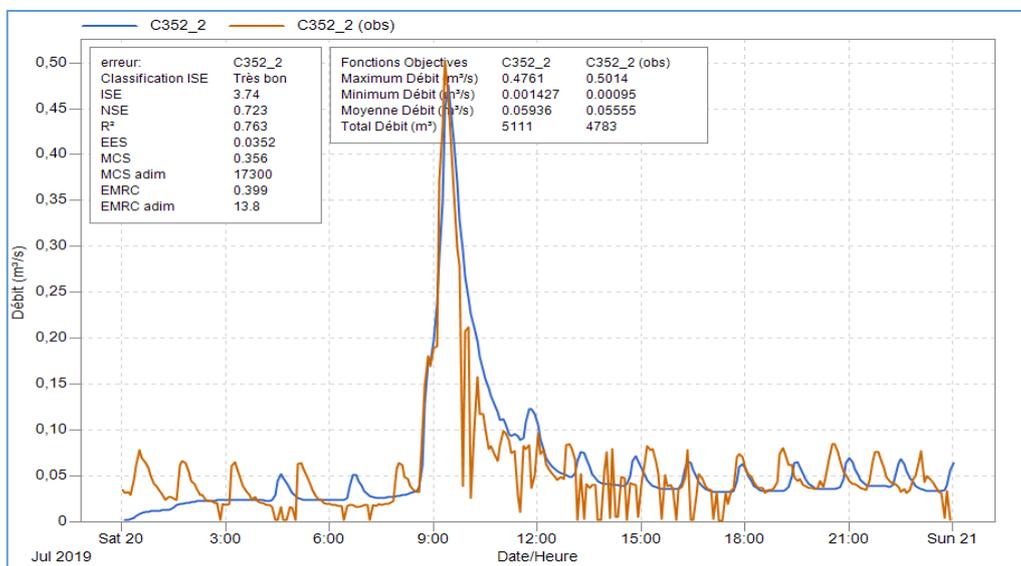


Figure 34: Vérification du calage du Débitmètre Tannerie (pluie du 20 Juillet)

Les autres graphes du calage sont données en Annexe 14

3.4. Validation finale : Pluie du 31 Octobre

Une validation finale du calage a été effectuée sur la pluie du 31 Octobre 2019.

Les résultats de cette validation sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 30 : Résultats de la validation du calage en TP par la pluie du 31 Octobre 2019

Sonde	31 Octobre			Performance ISE
	Volume simulé (m ³)	Volume mesuré (m ³)	Ecart	
Avenue Millau plage	187	227	17%	Excellent
Golf	397	429	7%	Excellent
Saunerie	258	334	23%	Bon
Usine Mercier	-	-	-	-
Place Bompaire	-	-	-	-
Mazars	-	-	-	-
Avenue de l'Europe	323	330	-1%	Excellent
Sonde Piscine	476	436	-9%	Excellent
DO RP Stade	521	573	9%	TB
DO Saint Antoine	157	147	-7%	B
Sonde Talweg	198	189	-5%	TB
AGORA	370	395	6%	TB
Collège Aymard	120	121	1%	Bon
DO Rue du roc	329	364	9%	TB
Champ prieur	125	139	10%	TB
Cres	174	204	15%	B
Débitmètre JJ	1116	971	-15%	TB
Débitmètre tannerie	6337	7246	13%	Excellent
Débitmètre Pont de fer	-	-	-	-

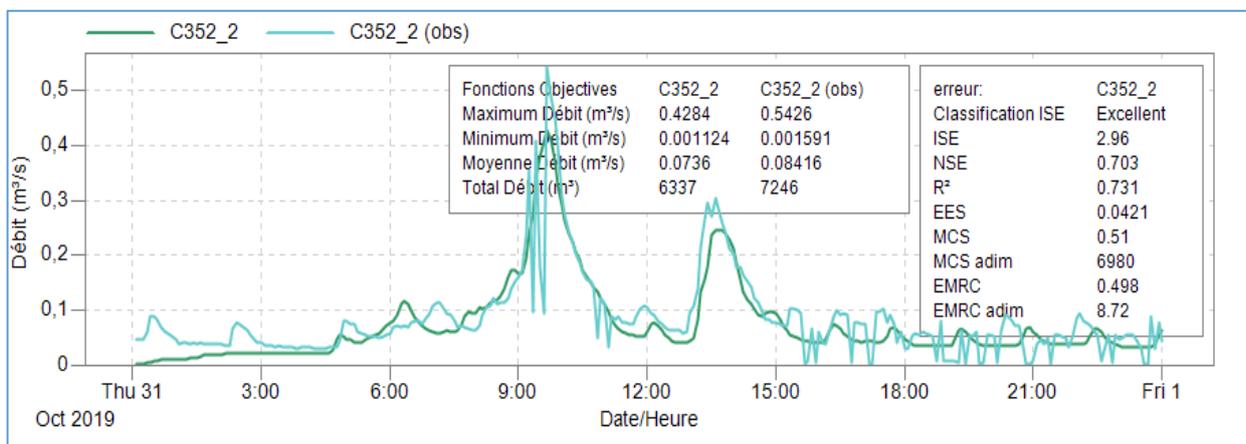


Figure 35: Calage du Débitmètre Tannerie (pluie du 31 Octobre)

D'après les résultats ci-dessus, on peut dire que le modèle est bien calé en TP.
(Voir *Annexe 14*)

III. Diagnostic du réseau

1. Diagnostic par temps sec

1.1. Vérification des Déversements - Débordements

Aucun déversement ni débordement n'ont été constatés en TS au niveau de tous les DO et trop-pleins.

1.2. Conditions d'auto curage

Le critère d'auto-curage adopté est celui de la pente qui est le plus facile à vérifier dans notre cas. (Voir partie bibliographique)

En vérifiant le critère de SANDER, on constate qu'à peu près **89%** des canalisations du réseau d'assainissement de Millau respectent ce critère. (Voir *Annexe 15*)

1.3. Vérification du recouvrement minimal :

La hauteur de recouvrement minimale qui est de 0.8 m à partir de la génératrice supérieure est non respectée pour quelques canalisations notamment au niveau du collecteur principal ce qui expose les canalisations aux problèmes d'érosion car pour Millau la partie problématique du collecteur principal est situé du côté du Tarn.

Exemples :

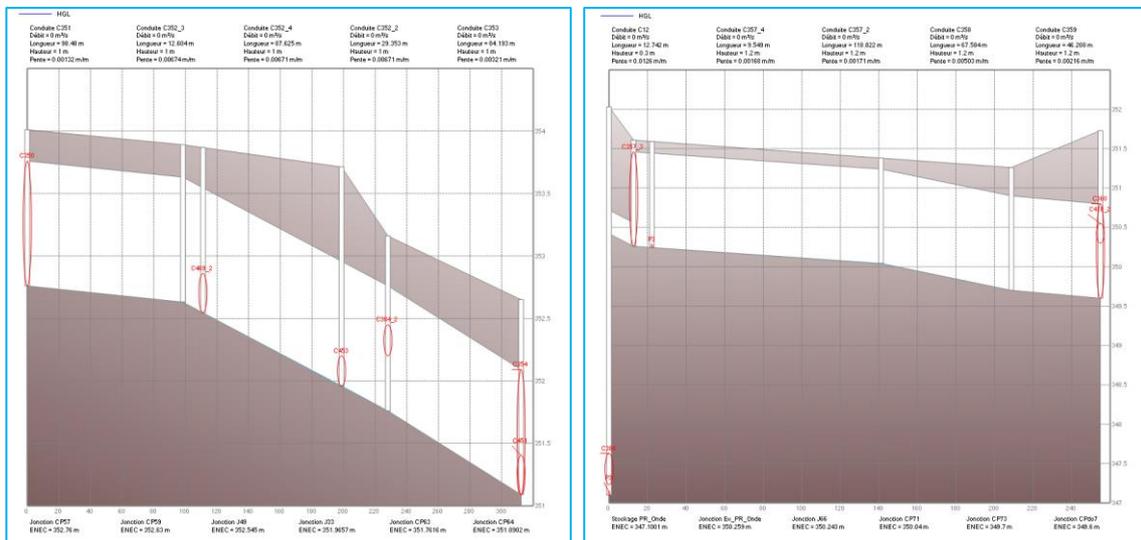


Figure 36 : Exemples de canalisations ne respectant pas le recouvrement minimal (C351 à C354 ; C357_3 à C358)

2. Diagnostic par temps de pluie (petites pluies)

2.1. Diagnostic des débordements et mises en charge

o Pluie de Projet

Pour l'étude des aménagements on va se contenter du diagnostic des petites pluies en optant pour une pluie de projet de période de retour mensuelle couramment constatée sur le territoire d'étude et qui a plus ou moins les mêmes caractéristiques des pluies de calage.

La pluie de projet adoptée est construite en se basant sur les cumuls donnés par météo France (voir Annexe 3) et aussi sur les caractéristiques des pluies réelles (notamment celle du 5 Juin 2019).

Les caractéristiques de la pluie créée sont données dans le tableau ci-après :

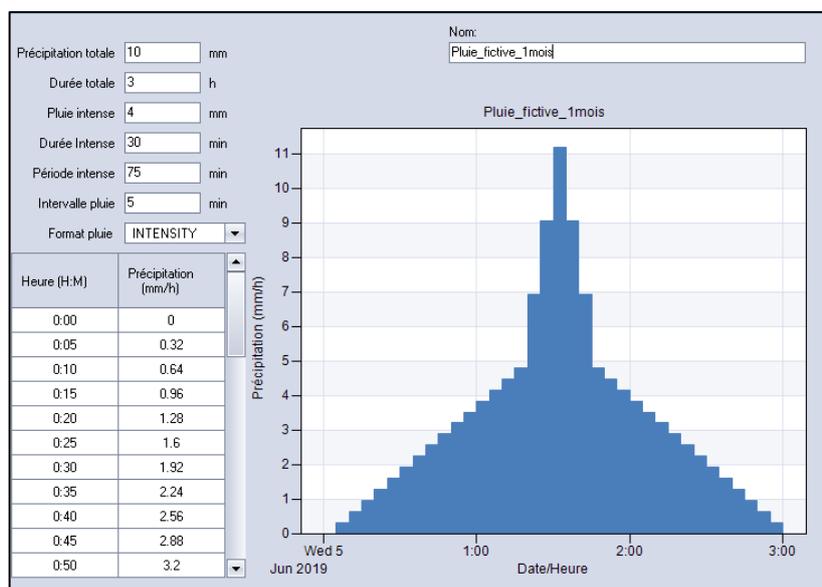


Tableau 31: Caractéristique de la pluie de projet adoptée

Période de retour	1 mois
Durée totale	3h
Durée de la période intense (min)	30
Pluie totale (mm)	10
Pluie de la durée intense (mm)	4
Intensité maximale (mm/h)	11.2

o Débordements

Aucun débordement n'est toléré pour les petites pluies. Néanmoins, quelques débordements ont été constatés sur le réseau d'assainissement (voir figures ci-après) :

Remarque : les points en rouge représentent les débordements

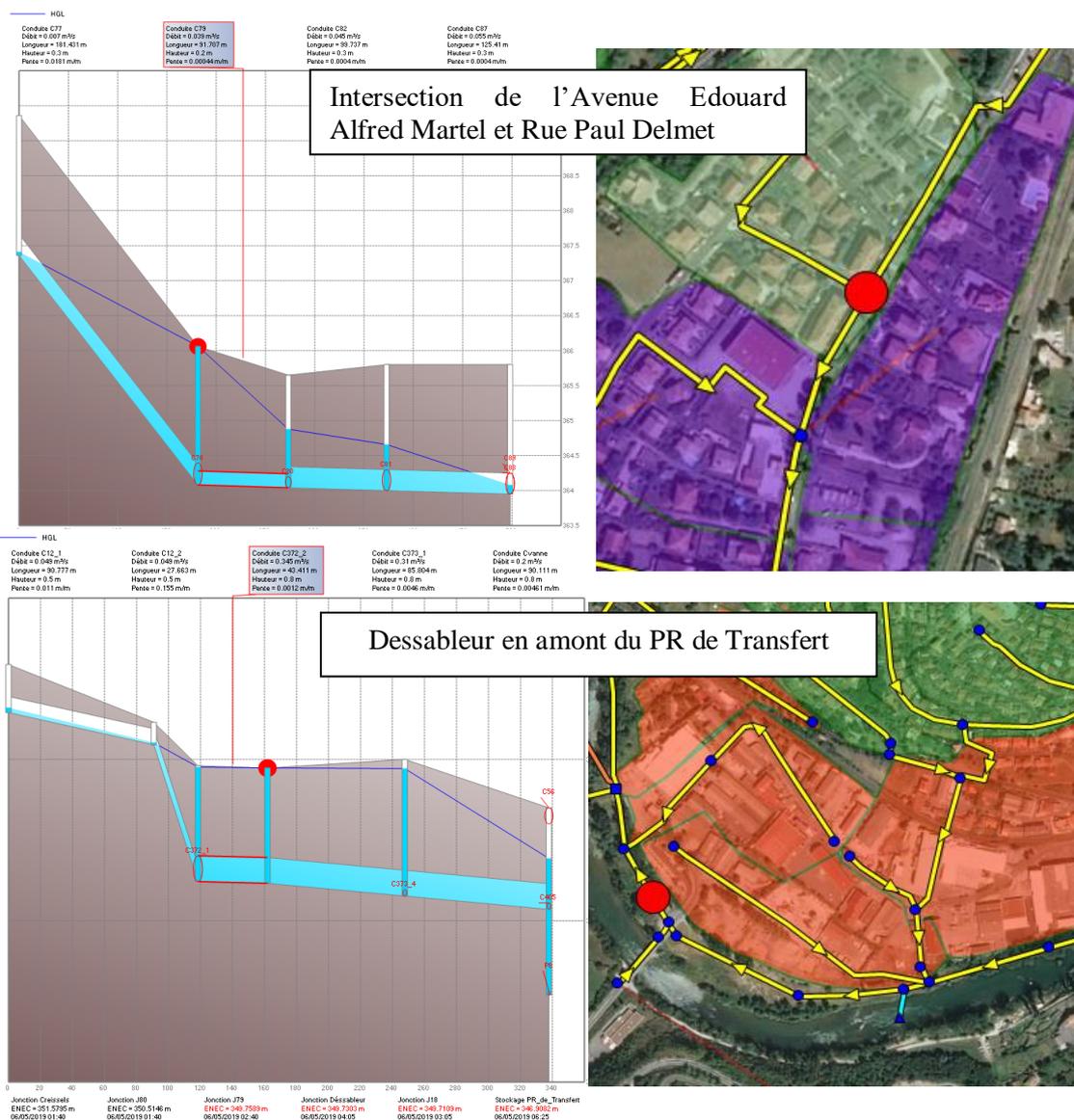


Figure 37 : Débordements constatés

Pour le débordement au niveau de l'intersection de l'Avenue Edouard Alfred Martel et Rue Paul Delmet, les canalisations avales ne respectent pas les conditions d'autocurage ni les diamètres requis (Par exemple canalisation C79 est à Ø200 alors que la canalisation amont C78 est à Ø315)

- Mises en charge pour les petites pluies

L'objectif de ce diagnostic est de protéger les canalisations en limitant au maximum les mises en charge notamment pour les petites pluies.

La figure suivante permet de visualiser les tronçons qui sont en charge selon le dégradé suivant :



Le bleu représente les canalisations non en charge et le rouge celles en charge

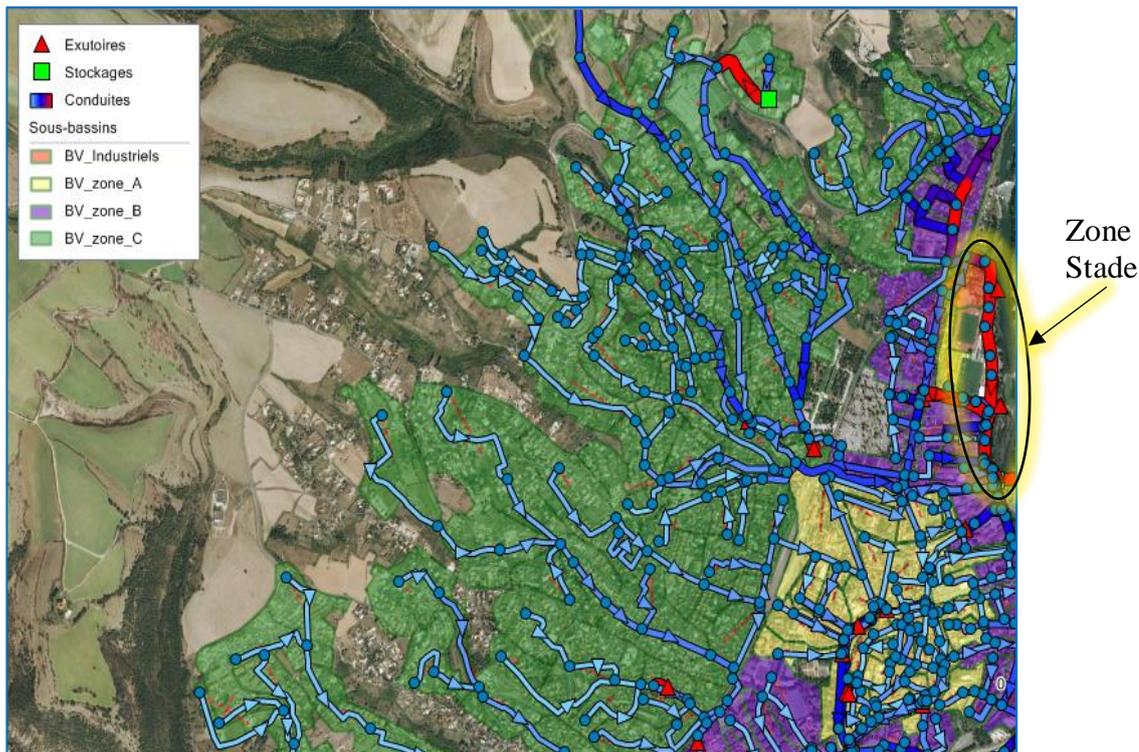


Figure 38 : Canalisations mises en charge

- On constate qu'au niveau de la zone Stade les canalisations sont en charge (ceci a été constaté même pour les plus petites pluies), ceci revient au fait que le réseau à ce niveau est unitaire avec un diamètre de $\varnothing 300$ non conforme (canalisation amont de $\varnothing 315$). C'est à ce niveau aussi qu'on a constaté des débordements.

2.2. Etude de la conformité ERU

Pour l'évaluation de la conformité ERU du système de collecte sous PCSWMM, et vu la non représentativité de la pluviométrie avant juin 2019 et donc la non disponibilité des données mesurées sur 5 années on a opté pour les données pluviométriques du 1 Juin 2019 au 31 Mai 2020 comme année représentative (une année de mesures) en vue de cibler les ouvrages qui causent la non-conformité.

8 ouvrages sont concernés par cette étude (voir partie pré-diagnostic)

1^{er} critère :

Le premier critère d'évaluation de la conformité ERU concerne les volumes déversés

Le volume total mesuré à l'entrée de la STEP (point A3) de juin 2019 à Mai 2020 est de **1856676 m³**.

Le volume déversé au niveau du poste de Transfert (Point A2) est de **177419 m³**

Le ratio calculé (présenté dans la partie bibliographique) est supérieur à **5%** (voir tableau ci-dessous). D'où la non-conformité du système de collecte, ce qui vient confirmer les constatations sur terrain.

Tableau 32 : Evaluation de la conformité ERU selon le premier critère

Volume total déversé (m ³)	159401
Volume total à l'entrée de la STEP (A3) (m ³)	1856676
Point A2 (PR de Transfert) (m ³)	177419 (48 déversements)
Ratio (voir partie bibliographie)	7.3 %

3^{ème} critère :

Le tableau ci-dessous résume les volumes déversés au niveau de chaque ouvrage ainsi que le nombre de déversements simulé :

Tableau 33 : Vérification de la conformité ERU selon le troisième critère

	Nombre de déversements		Volume déversé (m ³)
DO Ecreteur Step	29	> 20	23676
DO Ecreteur des Ondes	23	> 20	45571
DO Gabriac	28	> 20	22461
DO Rue de Roc	8	< 20	640
DO Tannerie	18	< 20	4242
DO Jean Jaurès	52	> 20	49338
DO Charles de Gaulle	0	< 20	0
CABRE	33	> 20	13473

Donc selon le troisième critère 5 ouvrages ne sont pas conformes.

Ce critère vient aussi confirmer la non-conformité du système de collecte.

IV. Proposition d'aménagements

1. Aménagements pour les problématiques de débordements et mises en charge

- Pour éviter le débordement au niveau de l'intersection de l'Avenue Edouard Alfred Martel et Rue Paul Delmet, les aménagements proposés sont :

Approfondir les 3 regards (Jonctions 10d ; 10.14 ; et 10 .24) de 1,61m, 1,8m, et 1,85m en 1,8m, 2,5m, et 3m respectivement pour respecter les pentes minimales requises pour les canalisations C79, C82 et C87.

- Pour les mises en charge au niveau du réseau unitaire de la zone Stade on considère les modifications ci-après. Les canalisations sont classées par sens d'écoulement :

Tableau 34 : Canalisations renforcées pour limiter les débordements et mises en charge au niveau de la zone Stade

Canalisation	Diamètre Avant aménagement (m)	Après aménagement	Longueur (ml)
C78	0,315	0,315	250
C79	0,2	0,4	92
C82	0,3	0,4	100
C87	0,3	0,4	125
C89	0,3	0,4	78
C96_1	0,3	0,6	84
C96_2	0,3	0,6	109
C98	0,3	0,6	78
C99	0,3	0,6	73
C100	0,3	0,6	114
C101	0,3	0,6	74
C104	0,3	0,6	143
C107	0,6	0,6	13
C108	0,4	0,7	43
C109	0,4	0,7	56
C44	0,4	0,7	71
C35	0,4	0,7	7
C34	0,4	0,7	12
C33	0,3	0,7	38
C29	0,6	0,7	38
C24	0,6	0,7	23
C25	0,6	0,7	4
C26	0,6	0,7	7
C27	0,6	0,7	42
C38	0,6	0,7	50

Donc le linéaire total des canalisations à renforcer est de **1457 m**.

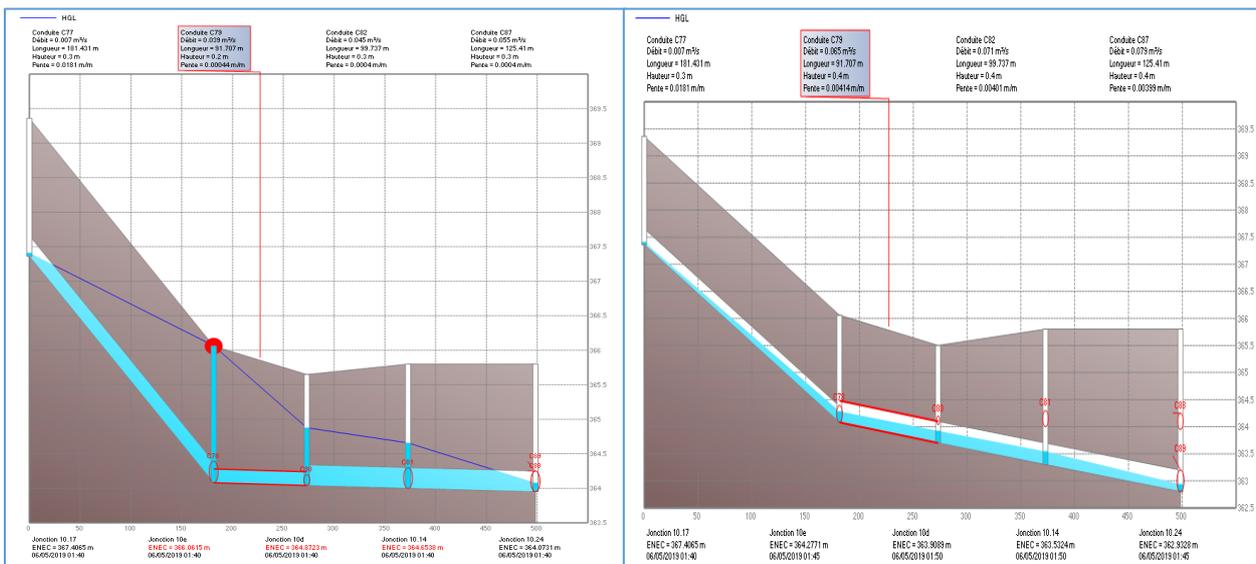


Figure 39 : Avant et après aménagements (intersection de l'Avenue Edouard Alfred Martel et Rue Paul Delmet)

2. Aménagements conçus pour la conformité ERU

2.1. Aménagements effectués sur le réseau d'assainissement

- Pour le DO Jean-Jaurès l'augmentation de la crête ne permet pas de résoudre le problème de déversements car il subit une influence avale. Le diamètre adopté est de Ø600. La hauteur de crête n'est pas modifiée (40cm)
- l'Ecreteur STEP et Ecreteur des Ondes déversent par influence avale (vanne à l'amont du PR de Transfert)

L'ensemble des aménagements proposés sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 35 : Aménagements effectués pour la conformité ERU

DO Jean-Jaurès	DO Gabriac	PR Cabre	DO Ecreteur des Ondes	DO Ecreteur STEP
Modifier le diamètre des canalisations du débit conservé avales de Ø300 à Ø600 sur une longueur de 345 m	-la hauteur de crête a été modifiée de 18 cm à 25 cm. -Conduite du débit conservé est modifiée de Ø250 à Ø350 de longueur 11m	- la cote d'entrée du trop-plein a été augmentée de 52 cm -canalisations amont modifiées de Ø200 à Ø315 de longueur totale 97m	Non modifié	-Seuil augmenté de 6 cm et donc hauteur de crête de 3.65m au lieu de 3.59m -Canalisations amont et aval (C368_2 et C370) modifiées de Ø800 à Ø1200 sur une longueur de 194 m

- Il faut envisager aussi des clapets anti-retour au niveau de l'Ecreteur STEP, Ecreteur des ondes, Tannerie et Gabriac qui subissent une influence avale du Tarn en période de pluies.

2.2. Bassin de dépollution :

○ Objectif

L'objectif de la construction d'un bassin de dépollution est de stocker temporairement les eaux usées afin de respecter la conformité ERU.

Aussi, le bassin va servir à éviter le débordement au niveau du dessableur qui est à l'amont du poste de transfert.

Le bassin retenu est un bassin de transit à connexion latérale

○ Dimensionnement

Le volume du bassin est déterminé en classant les volumes déversés par un ordre décroissant en fonction des débits maximums. On calcule ensuite les sommes des volumes à stocker pour la pluie contraignante pour chaque ouvrage non conforme (21ème volume du classement) et on retient le volume maximal. Le volume est estimé à **1660 m³**.

Le volume utile total retenu est de **4000 m³** déterminé à partir du débordement au niveau du dessableur pour la pluie la plus contraignante (estimé à 2340 m³).

Dimensions : (surface=900m², Profondeur=5m, et trop-plein à 50cm de la cote tampon)

Pour la mise en place de la connexion latérale, il fallait rajouter un trop-plein qui est dimensionné à partir de la pluie à stocker, d'une hauteur de crête de 3.6 m et d'une longueur de 3 m.

○ Fonctionnement

Le fonctionnement du bassin de dépollution est comme suit :

- L'alimentation sera effectuée à partir d'une surverse
- le vidange est assuré avec un débit de de pompage de **167m³/h**
- Le trop-plein du bassin de dépollution sera sollicité juste pour les fortes pluies.
- Le marnage considéré est de **4 m**

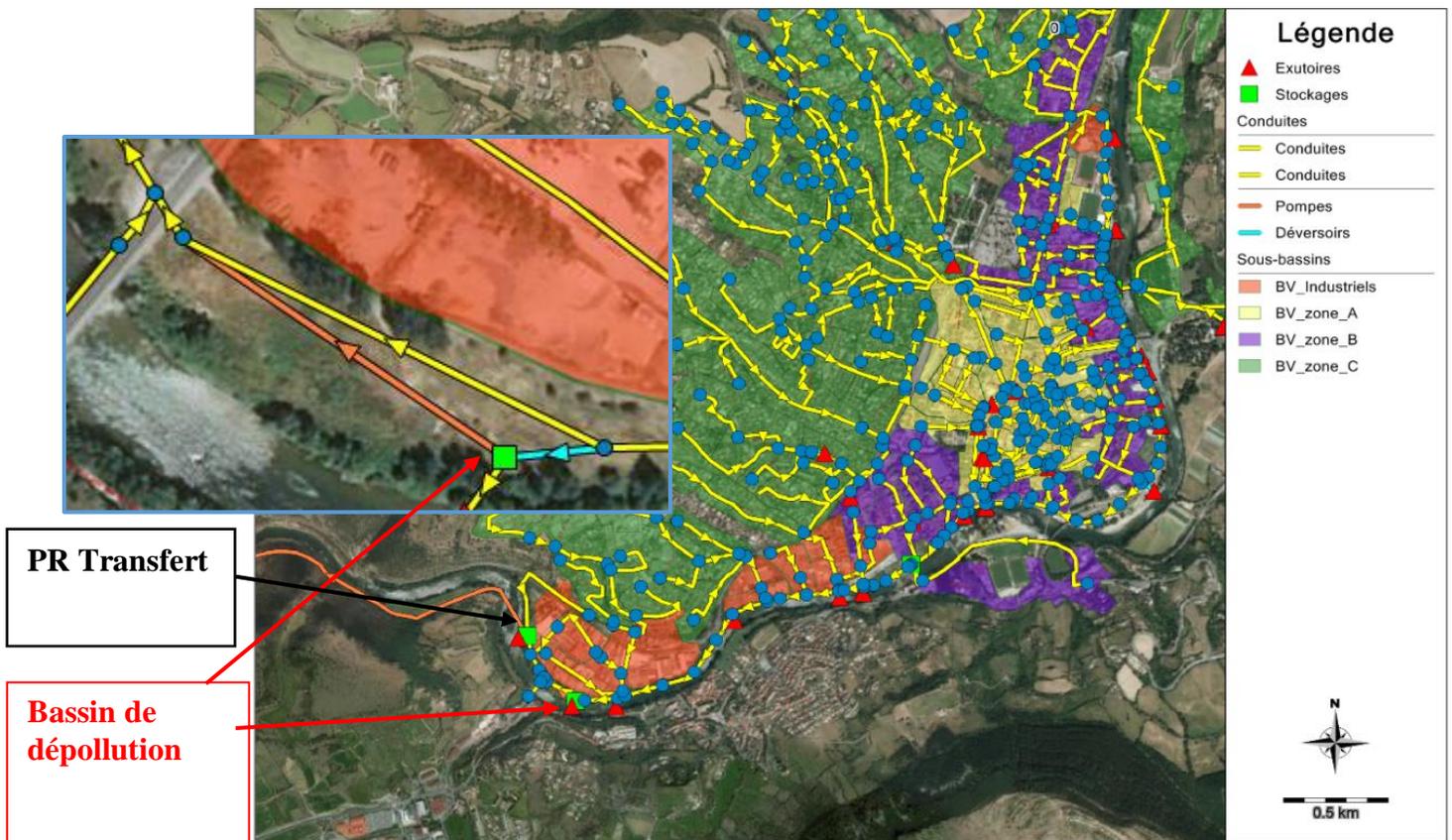


Figure 40 : Emplacement du bassin de dépollution sur le réseau (sous PCSWMM)

3. Vérification de la conformité ERU après aménagements

En effectuant les aménagements cités ci-dessus, on trouve moins de 20 déversements par ouvrage de rejet, et ceci en simulant les pluies contraignantes classées par ordre décroissant.

Tableau 36 : Vérification du 3ème critère de la conformité ERU après aménagements

	Nombre de déversements
DO Ecreteur Step	< 16
DO Ecreteur des Ondes	< 18
DO Gabriac	< 16
DO Jean Jaurès	< 16
CABRE	< 18

➤ Estimation financière des aménagements proposés :

Une première estimation financière des aménagements proposés est de 3.5 M € , et ce en se basant sur des prix moyens nationaux et sur une subvention de 50% , accordée à Millau par l'agence de l'eau Adour Garonne.

La durée du stage n'a pas permis de développer plus cette partie.

V. Limites du modèle et aménagements

Le modèle hydraulique et aménagements proposés restent contraints à quelques limites :

- La modèle hydraulique est bien calé pour les petites pluies mais nécessite une vérification ou un nouveau calage pour les fortes pluies afin d'étudier le risque Inondation.
- Le choix des données pluviométriques utilisées pour l'évaluation de la conformité ERU a été basé sur une année de mesures par manque de données pluviométriques fiables sur les cinq dernières années vu la non représentativité de la pluviométrie avant Juin 2019. Toutefois, cette évaluation a permis d'identifier les ouvrages problématiques et de proposer des aménagements cohérents.
- La durée du stage n'a pas permis de développer d'autres scénarios d'aménagements notamment l'adoption des solutions alternatives qui nécessitent d'abord une validation sur terrain afin de mettre en conformité les branchements (déconnecter les eaux pluviales du réseau EU) et limiter par la suite les ECPM. Aussi, il ne faut pas oublier qu'au niveau de Millau le réseau séparatif EU et EP rejoignent le réseau unitaire à plusieurs endroits vu la difficulté de continuer en séparatif en centre-ville (contraintes topographiques et urbaines).

Conclusion générale

L'objectif de la présente étude est de constituer des résultats fiables et une bonne analyse du fonctionnement du système d'assainissement et d'identifier les dysfonctionnements liés aux eaux claires parasites notamment et à la mise en conformité réglementaire.

Pour ce faire, et en vue de répondre aux exigences de l'arrêté du 21 Juillet 2015, une étude de diagnostic permanent a été établie et a consisté à la mise en place d'équipements de mesure assez consistants. En effet, le réseau d'assainissement de Millau fait l'objet de 42 points de mesures en sus de trois débitmètres qui étaient installés pour fiabiliser et caler les données. Ces équipements permettent de suivre en continu le fonctionnement du système d'assainissement via le superviseur TopKapi, à travers lequel on peut restituer les données sur 5 min au niveau de chaque point de mesure et établir un suivi particulier au niveau des postes de relevage.

Ce big data alimente un outil développé par AQUALTER et AQUA CONSULTING qui permet de quantifier les eaux claires parasites. Les données obtenues ont été utilisées pour identifier les zones les plus sensibles aux eaux claires parasites permanentes et météoriques afin de définir par la suite un programme de travail hiérarchisé et priorisé en fonction de la criticité de chaque zone du réseau.

Un modèle hydraulique a été construit pour compléter les résultats du diagnostic permanent et identifier d'autres dysfonctionnements ; et qui a permis d'effectuer un premier diagnostic du réseau d'assainissement pour les petites pluies et une évaluation vis-à-vis de la conformité ERU.

L'ensemble des résultats fournis lors de cette étude vont être exploités après par un bureau d'études qui va développer d'autres analyses et étudier l'impact des rejets sur le milieu récepteur pour la mise en conformité DCE et notamment l'impact des rejets sur les eaux de baignade.

Aussi, pour une large exploitation du modèle construit, il est nécessaire de valider le comportement hydraulique du réseau d'assainissement sur des fortes pluies afin d'étudier le risque Inondation.

Quant à la partie des aménagements proposée, c'est une étude effectuée sur mon initiative vu qu'elle ne sera pas réalisée en interne par Aqualter.

Liste bibliographique

- [1] « Arrêté du 31 juillet 2020 modifiant l'arrêté du 21 juillet 2015 modifié relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5 - Légifrance ».
- [2] « Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5 - Légifrance ».
- [3] « Note technique du 7 septembre 2015 relative à la mise en œuvre de certaines dispositions de l'arrêté du 21 Juillet 2015.pdf ». [En ligne]. Disponible sur : http://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/recueil/03_AC/Note%20technique%20du%207%20septembre%202015.pdf.
- [4] « Commentaire technique de l'arrêté du 21 Juillet 2015 - Partie 2 Autosurveillance.pdf ». [En ligne]. Disponible sur : http://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/documents/2%20%20Commentaire%20technique%20AM%2021_07_2015%20-%20Partie%202%20Autosurveillance.pdf.
- [5] « Mémento technique : Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées », *Astee*, 2017. <https://www.astee.org/publications/memento-technique-2017/>
- [6] G. ANDREA et al. 2020. « Mise en œuvre du diagnostic permanent – Guide technique », *Astee*. <https://www.astee.org/publications/mise-en-oeuvre-du-diagnostic-permanent-guide-technique/>.
- [7] DE BÉNÉDITTIS, Jérôme. 2004. « Mesurage de l'infiltration et de l'exfiltration dans les réseaux d'assainissement », INSA, Lyon, p. 80-133. <http://theses.insa-lyon.fr/publication/2004ISAL0023/these.pdf>
- [8] DESROUSSEAUX, Thomas.2010. « Mise en place du diagnostic permanent, de l'Autosurveillance réseau et de la Modélisation du réseau d'assainissement du SIVOM de la Baie », VEOLIA Eau / Langueux / Côtes d'Armor (22), p.76
- [9] VAZQUEZ, José et al. 2006. « Guide technique sur le fonctionnement des déversoirs d'orage.pdf ». https://engees.unistra.fr/fileadmin/user_upload/pdf/shu/Guide_technique.pdf.
- [10] VAZQUEZ, José et DUFRESNE, Matthieu. 2016. « Hydraulique à surface libre.pdf ».
- [11] « Aqualter ». <https://www.aqualter.com/>. (Pour la présentation de l'organisme d'accueil)

-
- [12] « Présentation de PCSWMM France ». <http://www.hydropraxis.com/presentation-de-pcswmm-france/>. (Pour la présentation du logiciel)
- [13] « Ville de Millau, Rapport de présentation du PLU (chapitre 1 : Diagnostic socio-économique).pdf ». [En ligne]. Disponible sur : <http://www.millau.fr/sites/default/files/upload/RP11.pdf>.
- [14] MOUACHA, Youssef. 2018. « Etude critique du réseau d'assainissement de la ville de Millau », AQUALTER Exploitation – Montpellier, p. 108.
- [15] AFILALI, Yassine. 2019. « Mise en place du diagnostic permanent Volet Hydraulique au territoire du DOUAISIS », SUEZ EAU FRANCE DE DOUAI, p. 85.
- [16] ALEXANDRE, Pierre-Henry.2018. « Participation au diagnostic permanent de la Communauté d'Agglomération du DOUAISIS », SUEZ EAU FRANCE DE DOUAI, p. 75.
- [17] ZUG, Mathieu et VAZQUEZ, José. « Modélisation des réseaux d'assainissement : Concepts, approches et étapes », p. 75
https://engees.unistra.fr/fileadmin/user_upload/pdf/shu/Cours_modelisation_calage2010.pdf
- [18] « La ville et son assainissement ». *Certu*, 2003.
- [19] AIT TIRRI, Oumaima.2017. « Elaboration du schéma directeur d'assainissement de la Communauté d'Agglomération de Bar-le-Duc Sud Meuse», SUEZ CONSULTING DE STRASBOURG, p.76.

Annexes

Liste des annexes :

Annexes 1: Formules de calcul utilisées.....	77
Annexes 2 : Filière de traitement de la STEU de Millau.....	80
Annexes 3 : Données Pluviométriques.....	81
Annexes 4 : Visite des ouvrages (Quelques photos).....	82
Annexes 5: Exemple d'une fiche technique d'un PR : PR de Transfert.....	84
Annexes 6 : Sectorisation pour l'étude du diagnostic permanent (Emplacement des sondes).....	85
Annexes 7 : Evénements pluvieux sur la période étudiée.....	89
Annexes 8 : Classement des BV selon le volume et pourcentage des ECPP.....	90
Annexes 9: Classement des BV selon le volume et pourcentage des ECPM.....	91
Annexes 10: Classement des bassins versants selon la surface active.....	92
Annexes 11: Exemples de résultats obtenus du diagnostic permanent des ECP.....	93
Annexes 12 : Courbes de calage en Temps sec.....	96
Annexes 13 : Résultats sur les paramètres de calage en TP.....	99
Annexes 14: Courbes de calage en Temps de pluie :.....	102
Annexes 15: Canalisations ne remplissant pas le critère d'auto-curage.....	110
Annexe 16 : Volumes mensuels déversés (PCSWMM)- conformité ERU.....	111

Annexes 1: Formules de calcul utilisées

1) Relation de Manning-Strickler :

La formule de Manning-Strickler est valable pour les écoulements turbulents rugueux. Elle est présentée comme suit :

$$Q = K\sqrt{I} \times S \times Rh^{2/3}$$

Avec :

Q : Le débit en m³/s

K : coefficient de rugosité

I : pente de la canalisation (m/m)

S : Section mouillée (m²)

R_h : Rayon hydraulique (m)

➤ Pour une conduite circulaire :

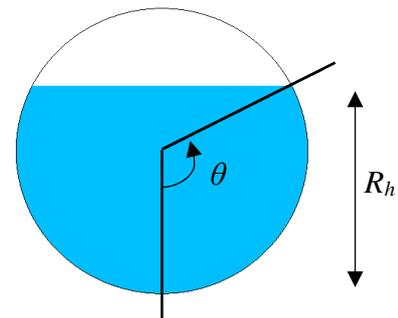
$$Q = K \times \sqrt{I} \times \left(\frac{D^2}{4} \times (\theta - \sin\theta \times \cos\theta)\right) \times \left(\frac{D}{4} \times \left(1 - \frac{\sin\theta \times \cos\theta}{\theta}\right)\right)^{2/3}$$

Avec :

D : Diamètre (m)

θ : angle entre le vertical et le niveau d'eau

(Voir schéma)



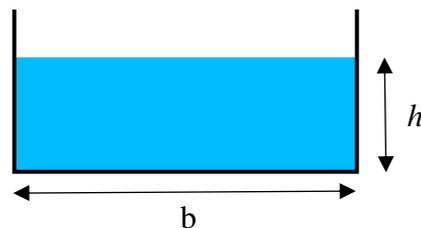
➤ Pour un canal (conduite) rectangulaire :

$$Q = K \times \sqrt{I} \times b \times h \times \left(\frac{bh}{b + 2h}\right)^{2/3}$$

Avec :

b : base de la canalisation rectangulaire

h : hauteur d'eau



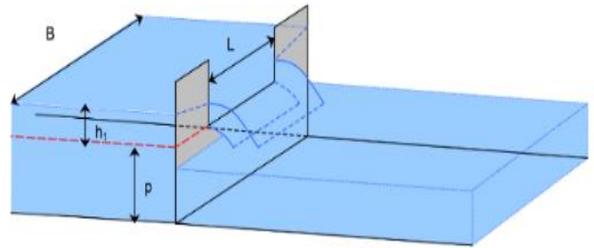
2) **Déversoirs d'orage** : Calcul des débits déversés :

a- **Déversoir Frontal : Relation de Kindsvater-carter** :

➤ Déversoir rectangulaire sans contraction latérale

La relation est donnée comme suit :

$$Q = \mu C_v \sqrt{2g} B h_e^{\frac{3}{2}}$$



(Source : CETMEF 2005)

Conditions :

- $h_1 > 0.03$ m (pour que l'écoulement soit aéré)
- $p > 0.01$ m
- $\frac{h_1}{p} < 2$

Avec :

$$\mu = \frac{2}{3} \left(0.602 + 0.075 \times \frac{h_1}{p} \right)$$

C_v est défini comme suit :

$$C_v = \left(\frac{H_1}{h_1} \right)^{\frac{1}{2}} \approx 1$$

Et h_e est la hauteur d'eau effective définie comme suit :

$$h_e = h_1 + K_h$$

Avec K_h est une correction qui tient compte des effets de viscosité et de tension superficielle, généralement de l'ordre de 1mm.

Quelques valeurs du coefficient du débit sont données dans le tableau suivant selon la hauteur amont h_1 et la hauteur de la crête p . Une valeur moyenne de 0.42 est souvent adoptée

		p(m)					
		0,1	0,2	0,3	0,5	1	3
h ₁ (m)	0,03	0,416	0,409	0,406	0,404	0,403	0,402
	0,05	0,426	0,414	0,41	0,406	0,404	0,402
	0,1	0,451	0,426	0,418	0,411	0,406	0,403
	0,2	0,501	0,451	0,435	0,421	0,411	0,405
	0,3		0,476	0,451	0,431	0,416	0,406
	0,5			0,485	0,451	0,426	0,41
	1				0,501	0,451	0,418

b- Déversoir latéral : Relation de Dominguez

Cette relation est utilisée pour le calcul du débit déversé au niveau des déversoirs latéraux quel que soit le régime d'écoulement :

$$Q_{dev} = m\varphi Lh \sqrt{2gh}$$

Avec $h = h_{aval}$ en régime fluvial et $h = h_{amont}$ en régime torrentiel

L : longueur du seuil

m : coefficient dépendant des caractéristiques du déversoir qui peut être choisi parmi les valeurs présentées dans le tableau suivant :

		Charge moyenne (en m)					
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,50	0,70
m	Crête mince, nappe libre	0,370	0,360	0,355	0,350	0,350	0,350
	Crête épaisse et arrondie	0,315	0,320	0,320	0,325	0,325	0,330
	Crêtes épaisses à arêtes vives	0,270	0,270	0,273	0,275	0,276	0,280

Et φ est un coefficient dépendant du régime d'écoulement qui peut être choisi selon les valeurs proposées dans le tableau suivant :

Régime fluvial $K (= ham/hav) < 1$	Régime torrentiel $K (= ham/hav) > 1$	φ
0	∞	0,4
0,05	20	0,417
0,1	10	0,443
0,2	5	0,491
0,3	3,33	0,543
0,4	2,5	0,598
0,5	2	0,659
0,6	1,67	0,722
0,7	1,43	0,784
0,8	1,25	0,856
0,9	1,11	0,924
1	1	1

Annexes 2 : Filière de traitement de la STEU de Millau

Les principaux ouvrages de la STEP :

Pour la filière eau :

- 1 canal venturi d'entrée situé à aval du dégrillage fin et équipé d'un débitmètre à ultrasons.
- 1 préleveur eaux brutes réfrigérées (situé en amont du dégrillage fin)
- 2 dégrilleurs fin (entrefer de 6 mm)
- 2 DDC
- 1 bassin tampon de 1600 m³ équipé d'un by-pass
- Unité de réception des matières de vidanges (fosse de réception de 15 m³ et fosse de stockage de 50m³).
- Unité de réception des matières de curage.
- Unité de réception des matières de curage.
- Unité de traitement des graisses par Biomaster.
- Unité de levage des sables.
- Poste toutes eaux.
- 2 bassins de traitement biologiques avec zone anaérobie et zone aérée.
- 2 dégazeurs
- 2 clarificateurs
- Ouvrage de recirculation des boues
- 2 canaux venturi équipés chacun d'un débitmètre à ultrasons
- 1 préleveur eaux épurée réfrigéré et asservi au débit.
- 1 débitmètre électromagnétique situé à l'aval du préleveur sortie et prenant en compte les by-pass de la station pour mesurer les débits traités sortant avant les rejeter dans le Tarn.

Pour la filière boues :

- 2 Centrifugeuses des boues extraites à partir des bassins d'aération.
- Stockage et reprise des boues (bennes de stockage).
- Sécheur thermique des boues (Siccité supérieure à 95%).
- Bennes de stockage

Annexes 3 : Données Pluviométriques

1) Courbes IDF :

Les données pluviométriques de la station la plus proche sont celles de la station Millau-Souloubres.

Les coefficients de Montana à la station Millau –Souloubres sont :

		T=2ans	T=5ans	T=10ans	T=100ans
Durée de l'averse < 35 min	a	2.5	4.7	6	9
	b	0.44	0.54	0.56	0.57
Durée de l'averse > 35 min	a	9.4	10.5	12	18.5
	b	0.76	0.74	0.73	0.75

Source : Rapport Etude Hydraulique 2011- SCP de géomètres experts D.P.L.G

2) Fréquences d'apparitions de précipitations :

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des hauteurs de précipitations moyennes cumulées sur 1 heure et sur 3 heures pour des fréquences d'apparition d'une semaine à 2ans établies à partir des observations de Météo-France à Millau sur la période 1982-2013.

Fréquence d'apparition	Cumuls sur une heure			Cumuls sur 3 heures		
	Hauteur estimée (mm)	intervalle de confiance à 70% (mm)		Hauteur estimée (mm)	intervalle de confiance à 70% (mm)	
Hebdomadaire	2,7	2,6	2,7	3,4	3,3	3,5
bi-mensuelle	4,6	4,5	4,6	6,4	6,3	6,5
mensuelle	6,6	6,6	6,7	9,7	9,6	9,8
bimestrielle	9	8,9	9,1	14,5	14,4	14,6
trimestrielle	11	10,9	11,1	16,6	16,5	16,7
semestrielle	15,8	15,7	15,9	20,5	20,3	20,7
annuelle	18,7	18,6	18,9	26,2	26	26,4
bisannuelle	22,6	22,4	22,7	34,6	34,3	34,9

Source : Météo France

Annexes 4 : Visite des ouvrages (Quelques photos)

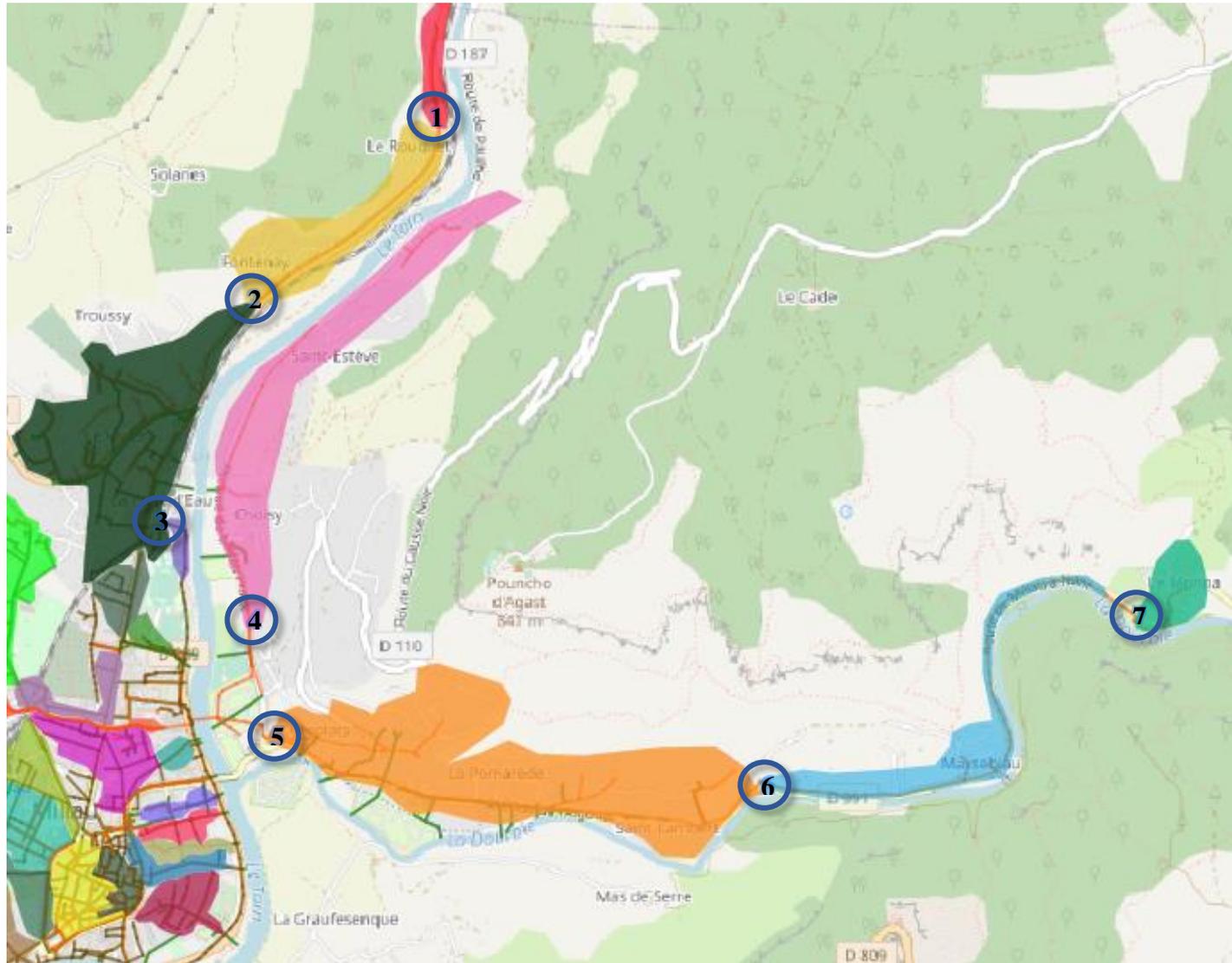
<p style="text-align: center;">DO Tannerie</p> 	<p style="text-align: center;">DO Ecreteur des ondes</p> 
<p style="text-align: center;">DO Jean-Jaurès</p> 	<p style="text-align: center;">DO Charles de Gaulle</p> 

Sonde Talweg	DO Rue de Roc
	
Dessableur réseau	PR CABRE
	

Annexes 5: Exemple d'une fiche technique d'un PR : PR de Transfert

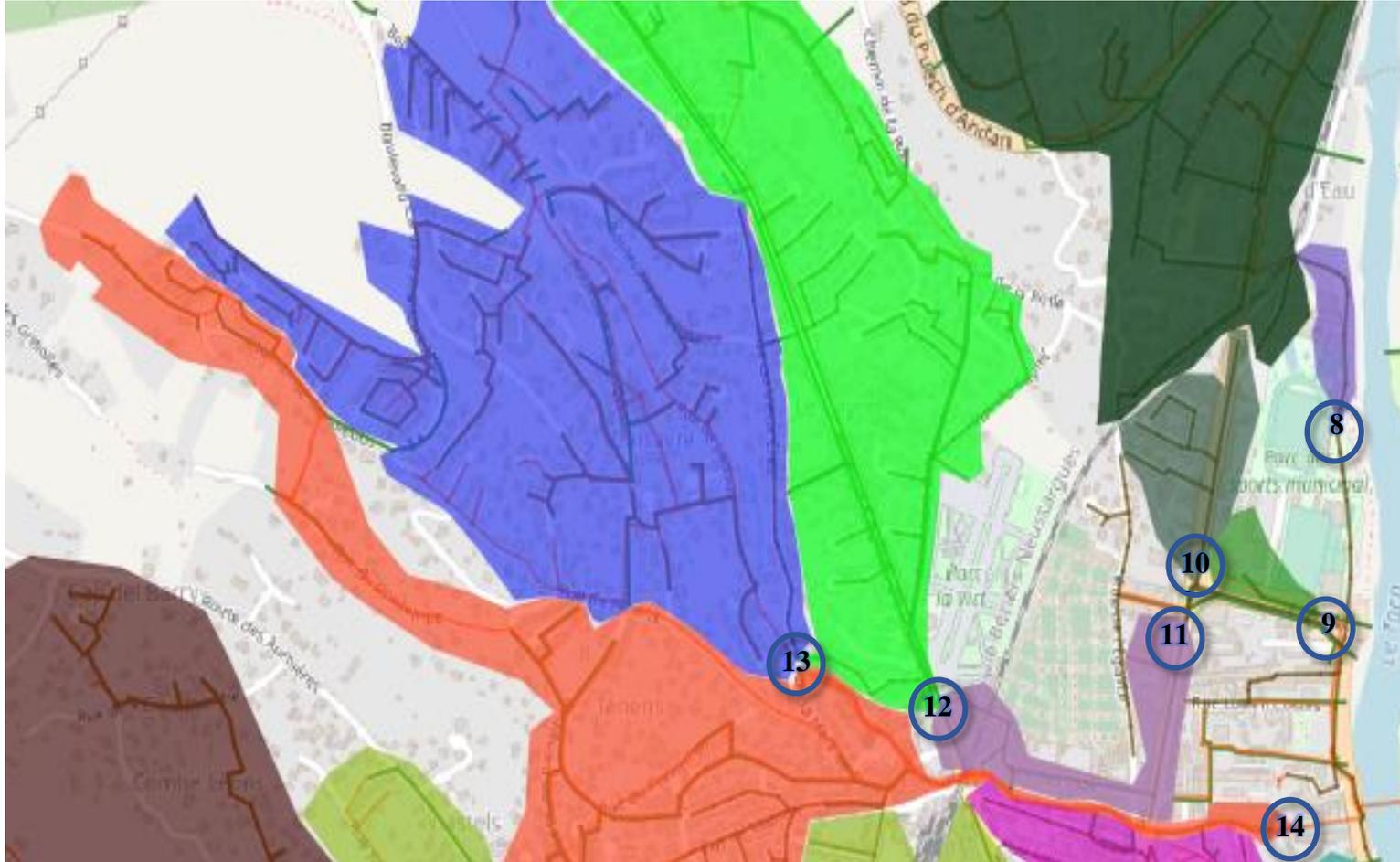
	FICHE TECHNIQUE Postes de Relevage (PR)	
	Nom de l'ouvrage : PR TRANSFERT Type : PR cubique Commune : Millau Adresse : 6224 Rue Calixtine Bac	
Z : radier /sol : 342.7 / 348.5	X / Y : 704027.04/ 6332225.939	
Trop plein : OUI (à Z =348) ; Diamètre = 0.5m	Dimensions : base (4.5*5.7) donc Surface = 25.65 m ² ; Profondeur : 5.8 m	
Milieu récepteur : Tarn		
Observations et remarques : marnage sur 153 cm (donc volume marche/arrêt =39.24m ³)		
Equipements : sonde hauteur / poires de niveau		
<i>Schéma directeur du réseau d'assainissement Millau</i>		<u>AQUALTER</u>

Annexes 6 : Sectorisation pour l'étude du diagnostic permanent (Emplacement des sondes)

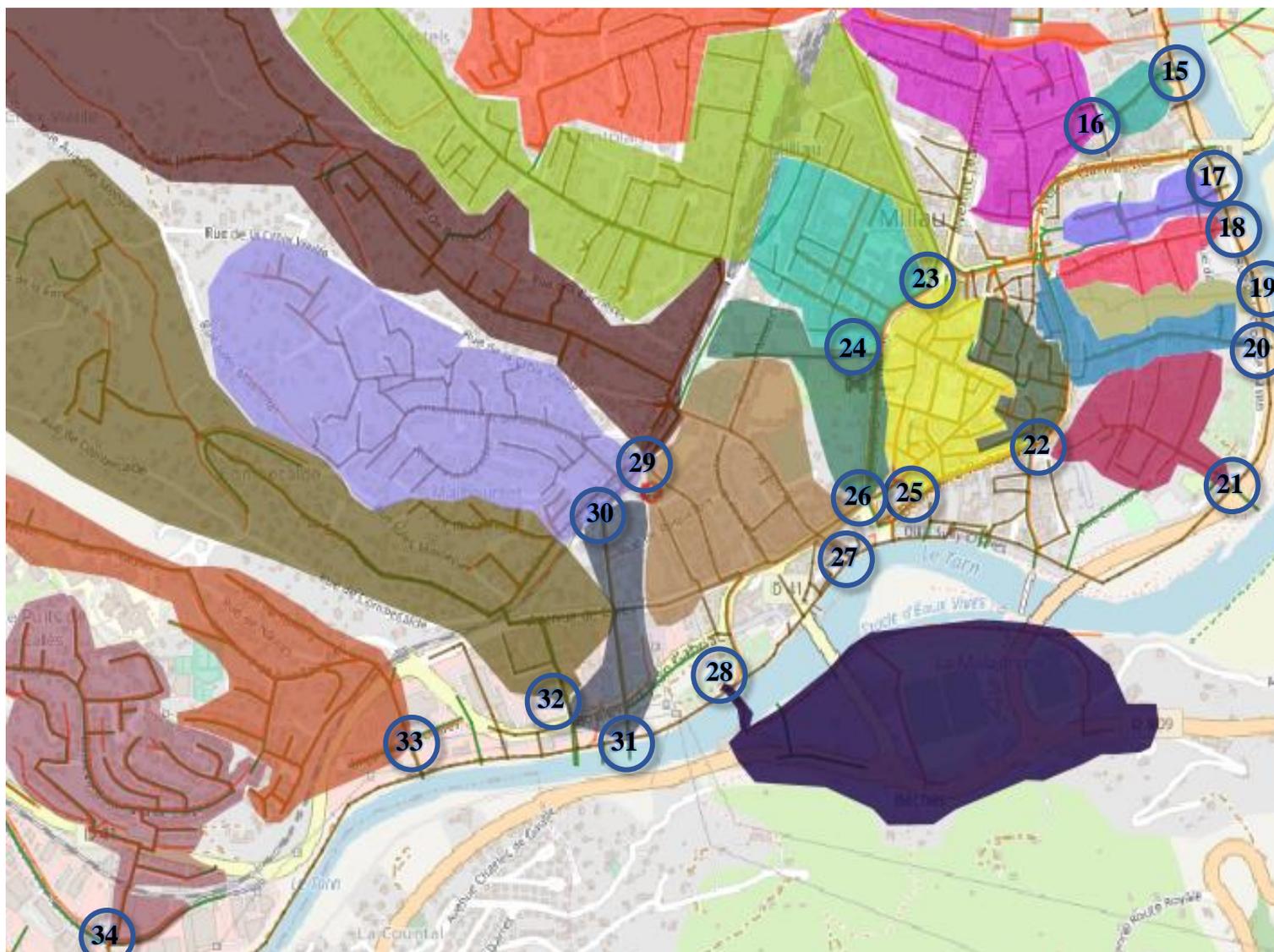


BV :

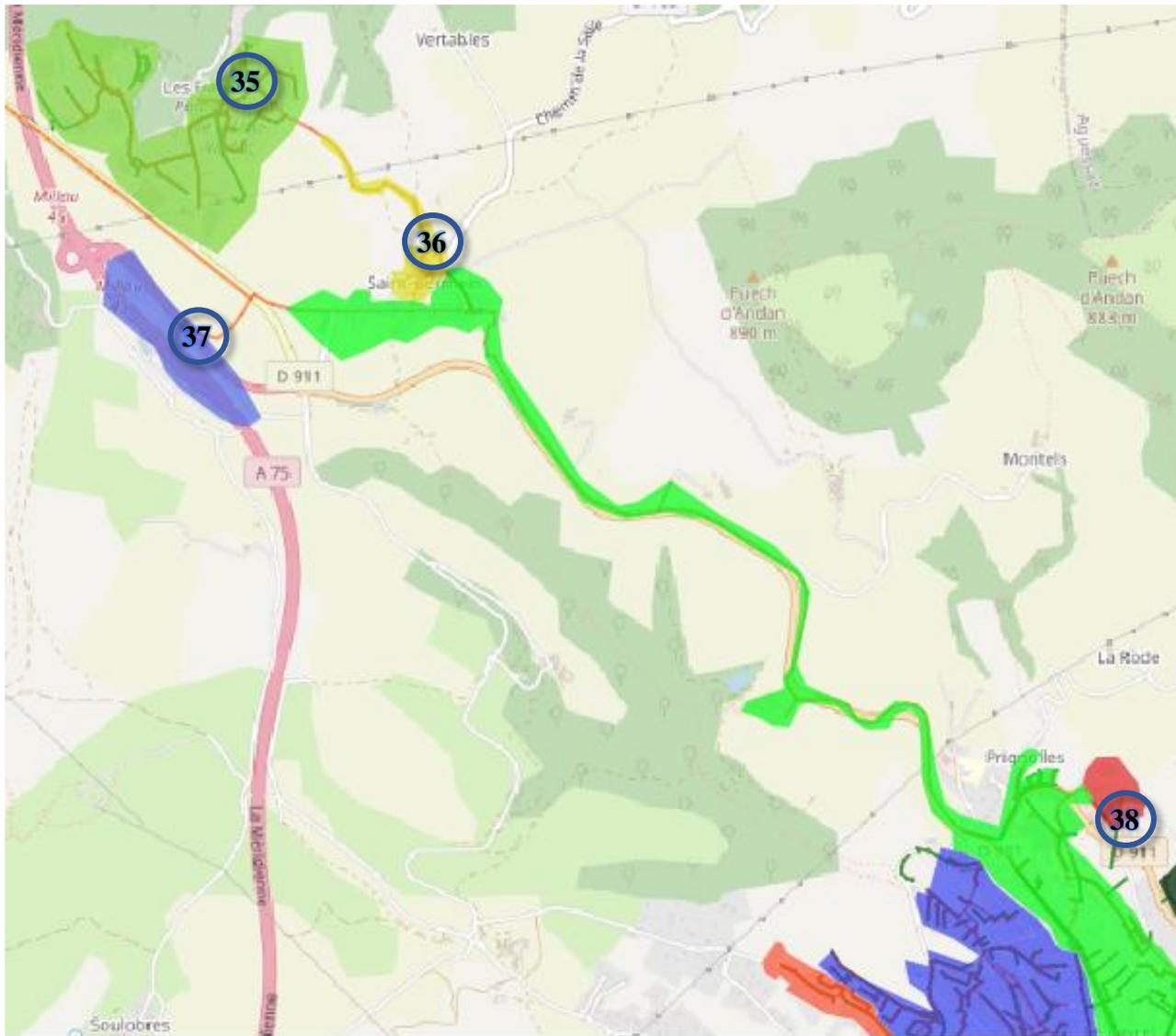
- 1 : PR Manne
- 2 : PR Chayran
- 3 : Sonde Saint-Euzébit
- 4 : Sonde Golf
- 5 : Sonde Avenue Millau Plage
- 6 : PR Massebiau
- 7 : PR Monna



- BV :**
- 8 : Sonde Piscine
 - 9 : DO Résidence des Stades
 - 10 : Sonde Rond-point des Stades
 - 11 : DO Jean-Jaurès
 - 12 : DO Charles de Gaulle
 - 13 : DO Vieux Crès
 - 14 : Sonde Ruisseau Ladoux



- BV :**
- 15 : DO Usine Mercier
 - 16 : DO Paulèle
 - 17 : DO Jolival
 - 18 : DO Rajol
 - 19 : DO Toyota
 - 20 : DO Champ prieur
 - 21 : DO Saunerie
 - 22 : DO Saint-Antoine
 - 23 : DO Mandarous
 - 24 : Sonde Place Bompaire
 - 25 : Sonde Mazars
 - 26 : DO Richard
 - 27 : DO Tannerie
 - 28 : PR Les Ondes
 - 29 : Sonde Collège Aymard
 - 30 : DO Rue de Roc
 - 31 : DO Gabriac
 - 32 : Sonde Agora
 - 33 : Sonde Talweg
 - 34 : Sonde Avenue de l'Europe



BV :

- 35 : PR Fialets
- 36 : PR Saint-Germain
- 37 : PR A75
- 38 : PR Crès

Annexes 7 : Evénements pluvieux sur la période étudiée

	Début événement	Fin événement	Pluviomètre Ecole (mm)	Pluviomètre Stade (mm)
1	05/06/2019	11/06/2019	16	19
2	14/06/2019	15/06/2019	9	8
3	20/06/2019	21/06/2019	7	7
4	03/07/2019		39	26
5	07/07/2019		10	11
6	09/07/2019		12	15
7	20/07/2019		7	6
8	26/07/2019	28/07/2019	10	8
9	07/08/2019		1	1
10	10/08/2019		14	14
11	12/08/2019		2	2
12	19/08/2019	20/08/2019	14	15
13	31/08/2019		9	13
14	10/09/2019		9	10
15	18/09/2019		19	32
16	22/09/2019	26/09/2019	14	12
17	01/10/2019		1	3
18	14/10/2019	15/10/2019	16	9
19	20/10/2019	24/10/2019	155	144
20	31/10/2019	17/11/2019	95	88
21	22/11/2019	23/11/2019	19	18
22	27/11/2019	01/12/2019	18	17
23	08/12/2019	26/12/2019	121	101
24	10/01/2020		2	2
25	17/01/2020	18/01/2020	7	5
26	21/01/2020	04/02/2020	40	42
27	25/02/2020	06/03/2020	51	45
28	26/03/2020		1	1
29	13/04/2020		1	1
30	19/04/2020	25/04/2020	25	26
31	27/04/2020	02/05/2020	19	17
32	10/05/2020	15/05/2020	49	39
33	30/05/2020		14	5
34	04/06/2020	13/06/2020	129	117
35	27/06/2020		3	2

Annexes 8 : Classement des BV selon le volume et pourcentage des ECPP

Sonde	Total ECPP (m ³)	Sonde	% ECPP
Sonde DO Ecreteur Ondes	180385	Sonde DO Usine Mercier	47,5%
Sonde Place Bompaire	93972	Sonde DO Résidence des stades	45,1%
Sonde DO Charle de Gaulle	59560	Sonde DO Jolival	41,0%
Sonde DO Usine Mercier	59524	Sonde Ruisseau Ladoux	39,0%
Sonde DO Ecreteur Step	55593	PR Manne	34,8%
Sonde DO Mandarous	51446	Sonde DO Charle de Gaulle	31,7%
Sonde DO Richard	49201	Sonde Piscine	31,6%
Sonde Ruisseau Ladoux	43550	Sonde DO Ecreteur Ondes	31,3%
Sonde DO Jean Jaurès	40944	Sonde Place Bompaire	30,5%
Sonde Piscine	34438	Sonde DO Richard	29,5%
Sonde Golf	31015	Sonde Talweg	26,6%
Sonde Mazars	28440	PR Chayran	26,5%
Sonde Avenue Europe	28017	Sonde DO Paulèle	26,4%
Sonde DO Résidence des stades	27420	Sonde Avenue Europe	26,2%
Sonde DO Gabriac	26025	Sonde Collège Aymard	25,4%
Sonde DO Rue de Roc	22449	Sonde DO St Antoine	24,6%
Sonde DO Rondpoint des stades	21672	Sonde DO Rue de Roc	23,1%
Sonde DO Jolival	18367	Sonde DO Rondpoint des stades	23,1%
Sonde Talweg	17934	Sonde Mazars	21,6%
Sonde Avenue Millau Plage	14423	Sonde Golf	20,7%
Sonde DO Saunerie	12749	Sonde Avenue Millau Plage	18,7%
Sonde Agora	10305	Sonde DO Champ prieur	18,6%
Sonde DO St Antoine	9529	Sonde DO Saunerie	18,5%
Sonde DO Toyota	8736	PR Crès	17,1%
Sonde DO Paulèle	8338	Sonde DO Mandarous	15,9%
Sonde Collège Aymard	7627	Sonde DO Jean Jaurès	14,7%
Sonde DO Champ prieur	7086	Sonde DO Toyota	14,5%
Sonde DO Vieux crès	6249	Sonde DO Vieux crès	12,6%
PR Cabre	2009	Sonde DO Gabriac	12,5%
PR Les Ondes	1906	Sonde Agora	12,4%
PR Saint Germain	1655	PR Les Ondes	11,6%
Sonde DO Tannerie	1458	Sonde DO Rajol	9,5%
Sonde DO Rajol	1381	Sonde DO Ecreteur Step	7,5%
PR Fialet	995	PR Massebiau	7,1%
PR Crès	537	PR Monna	5,5%
PR Massebiau	402	Sonde DO Tannerie	4,8%
Sonde St Euzébit	131	PR Saint Germain	3,9%
PR Monna	122	PR Fialet	3,1%
PR Chayran	120	PR A75	2,5%
PR Manne	80	PR Cabre	0,6%
PR A75	38	Sonde St Euzébit	0,4%

Annexes 9: Classement des BV selon le volume et pourcentage des ECPM

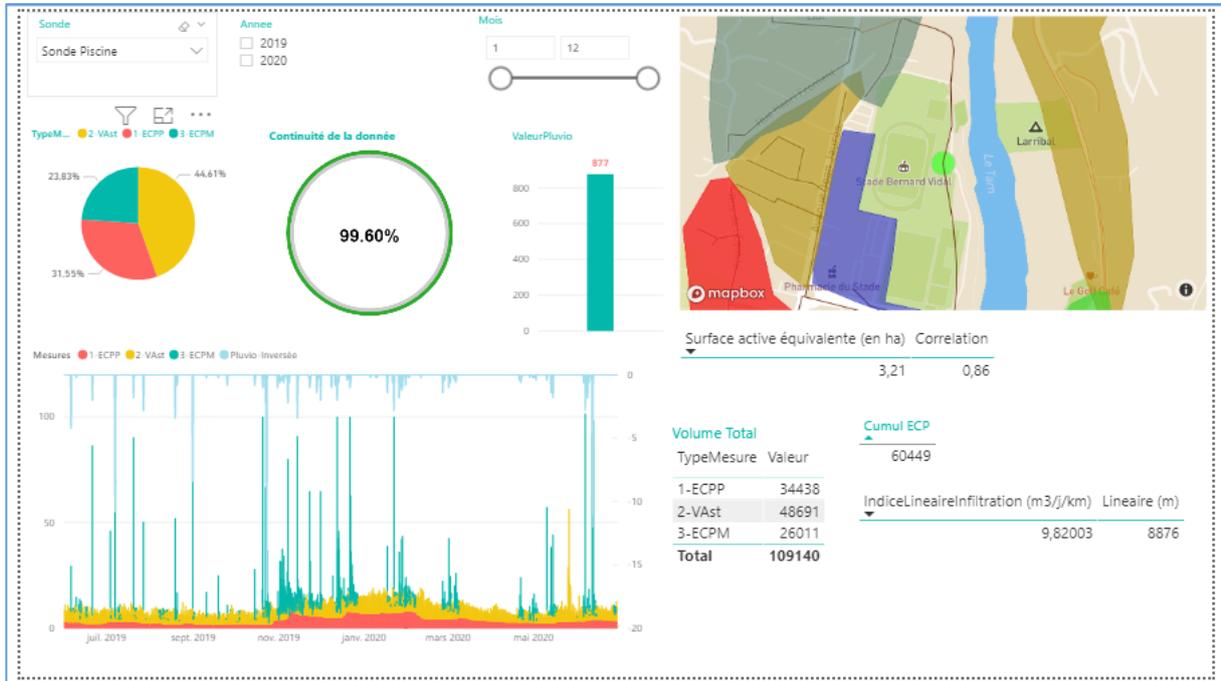
Classement par volume		Classement par pourcentage	
Sonde	Volume ECPM (m3)	Sonde	% ECPM
Sonde DO Mandarous	89952	Sonde St Euzébit	88%
Sonde Place Bompaire	80929	PR Les Ondes	57%
PR Cabre	76746	Sonde Agora	48%
Sonde DO Jean Jaurès	57894	Sonde DO Toyota	48%
Sonde DO Gabriac	46281	PR Massebiau	47%
Sonde Agora	39785	PR Monna	38%
Sonde Mazars	35575	Sonde DO Champ prieur	36%
Sonde St Euzébit	32636	Sonde DO Rajol	35%
Sonde DO Toyota	28908	Sonde DO Saunerie	31%
Sonde Piscine	26011	Sonde Collège Aymard	30%
Sonde DO Rondpoint des stades	24275	Sonde DO Vieux crès	28%
Sonde Golf	22662	Sonde DO Mandarous	28%
Sonde DO Saunerie	21660	Sonde Mazars	27%
Sonde Avenue Millau Plage	19267	PR A75	26%
Sonde DO Charle de Gaulle	17942	Sonde Place Bompaire	26%
Sonde Ruisseau Ladoux	16017	Sonde DO Rondpoint des stades	26%
Sonde DO Rue de Roc	14461	Sonde Avenue Millau Plage	25%
Sonde DO Vieux crès	13874	Sonde Piscine	24%
Sonde DO Champ prieur	13755	PR Chayran	24%
Sonde Talweg	12781	PR Manne	23%
Sonde DO Richard	9515	PR Cabre	23%
PR Les Ondes	9313	Sonde DO Gabriac	22%
Sonde Collège Aymard	8894	Sonde DO Tannerie	22%
Sonde Avenue Europe	7706	PR Crès	22%
PR Saint Germain	7096	Sonde DO Jean Jaurès	21%
Sonde DO St Antoine	6654	Sonde Talweg	19%
Sonde DO Tannerie	6626	Sonde DO St Antoine	17%
Sonde DO Jolival	6391	PR Saint Germain	17%
Sonde DO Résidence des stades	6305	PR Fialet	16%
Sonde DO Usine Mercier	5491	Sonde Golf	15%
PR Fialet	5216	Sonde DO Rue de Roc	15%
Sonde DO Rajol	5114	Sonde Ruisseau Ladoux	14%
Sonde DO Paulèle	3225	Sonde DO Jolival	14%
PR Massebiau	2646	Sonde DO Résidence des stades	10%
PR Monna	829	Sonde DO Paulèle	10%
PR Crès	677	Sonde DO Charle de Gaulle	10%
PR A75	401	Sonde Avenue Europe	7%
PR Chayran	107	Sonde DO Richard	6%
PR Manne	54	Sonde DO Usine Mercier	4%

Annexes 10: Classement des bassins versants selon la surface active

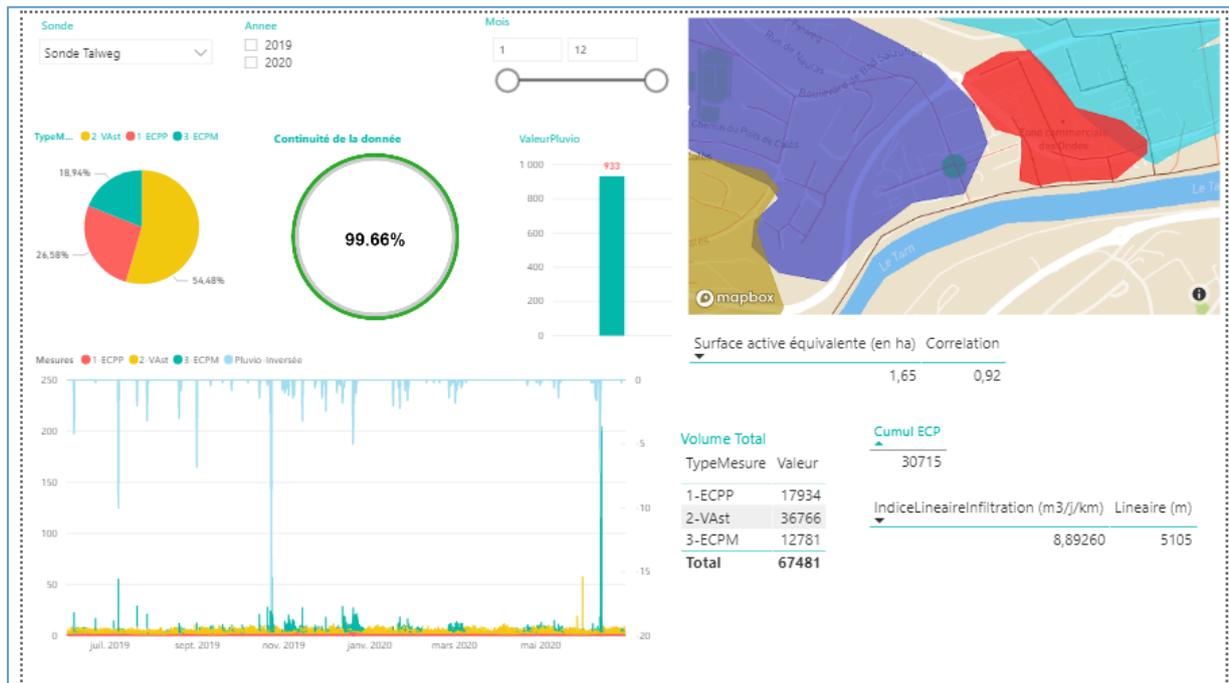
Nom	TOTAL ECPM en m ³ (13 mois)	Volume local (m ³)	S _A (ha)	S _A Localement (ha)
Sonde DO Mandarous	89952	89952	8,8	8,8
Sonde St Euzébit	32636	32529	5,1	5,1
Sonde DO Gabriac	46281	31820	6,6	4,6
Sonde Agora	39785	39780	4,5	4,5
Sonde DO Jean Jaurès	57894	39952	6,4	4,4
Sonde DO Toyota	28908	29160	3,8	3,8
Sonde Mazars	35575	35828	3,7	3,7
Sonde DO Rondpoint des stades	24275	24462	3,0	3,0
Sonde Ruisseau Ladoux	16017	16017	2,5	2,5
PR Cabre	76746	28512	6,8	2,5
Sonde DO Saunerie	21660	21660	2,5	2,5
Sonde Golf	22662	22662	2,5	2,5
Sonde DO Vieux crès	13874	13874	2,0	2,0
Sonde Avenue Millau Plage	19267	16621	2,3	1,9
Sonde DO Champ prieur	13755	13755	1,8	1,8
Sonde Talweg	12781	12781	1,7	1,7
PR Les Ondes	9313	9315	1,4	1,4
Sonde Collège Aymard	8894	8894	1,1	1,1
Sonde Avenue Europe	7706	7742	0,9	0,9
Sonde DO Jolival	6391	6681	0,8	0,8
Sonde DO Rajol	5114	5527	0,7	0,8
Sonde DO Résidence des stades	6305	6334	0,7	0,7
Sonde DO St Antoine	6654	6642	0,7	0,7
Sonde DO Rue de Roc	14461	5567	1,7	0,6
Sonde DO Ecreteur Step	17453	9747	1,1	0,6
Sonde DO Tannerie	6626	6630	0,5	0,5
PR Fialets	5216	5152	0,3	0,3
Sonde DO Paulèle	3225	3236	0,3	0,3
Sonde DO Usine Mercier	5491	2266	0,5	0,2
PR Massebiau	2646	1817	0,3	0,2
PR Saint Germain	7096	1880	0,5	0,1
PR Monna	829	829	0,1	0,1
PR Crès	677	676	0,1	0,1
PR A75	401	403	0,0	0,0
PR Chayran	107	53	0,0	0,0
PR Manne	54	54	0,0	0,0
Sonde DO Richard	9515	-	0,9	-
Sonde DO Charles de Gaulle	17942	-	1,2	-
Sonde Piscine	26011	-	3,2	-
Sonde Place Bompaire	80929	-	11,2	-

Annexes 11: Exemples de résultats obtenus du diagnostic permanent des ECP

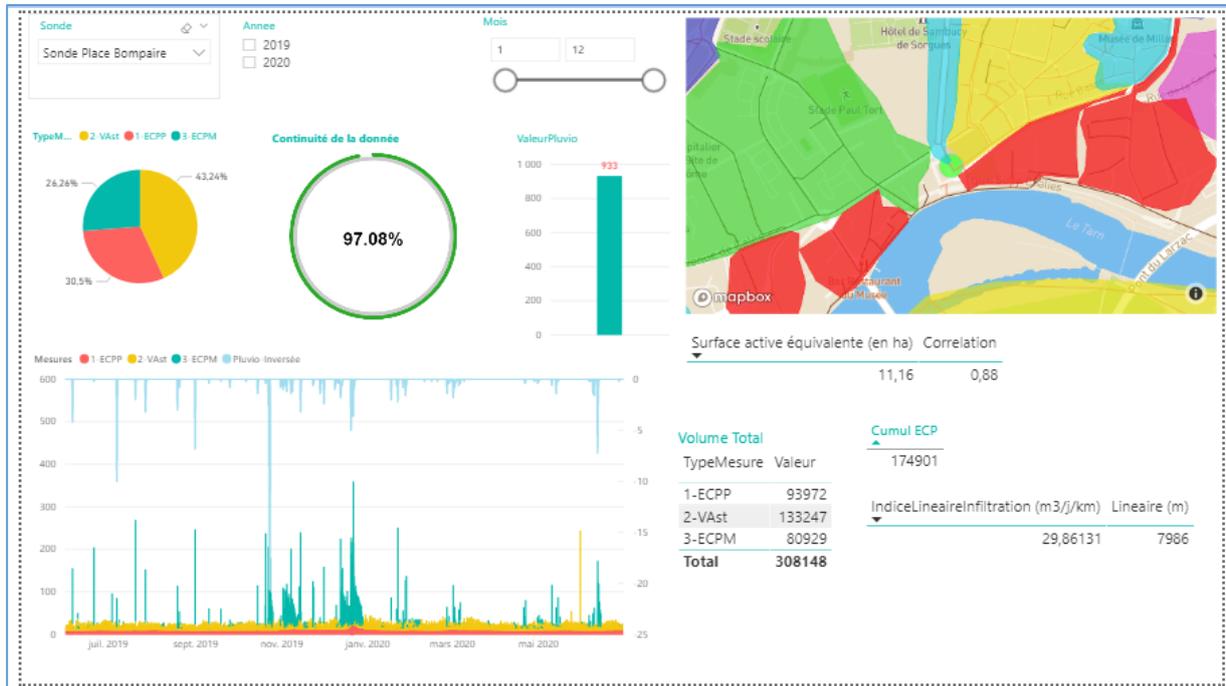
➤ Sonde Piscine



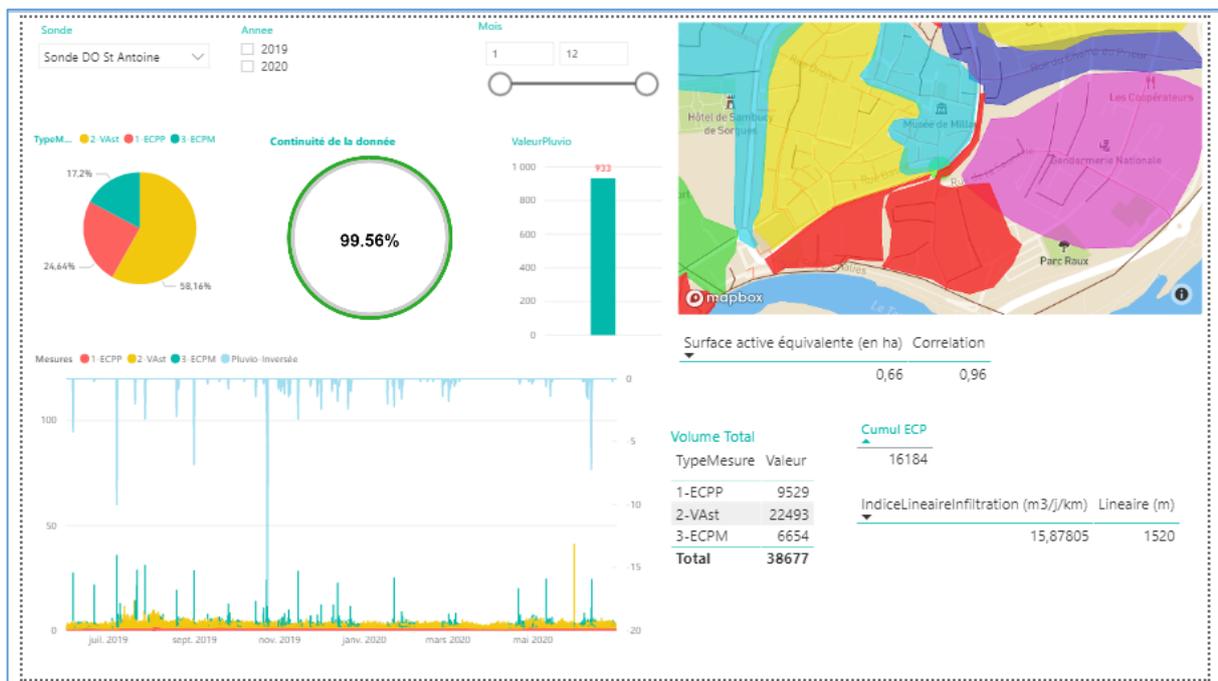
➤ Sonde Talweg



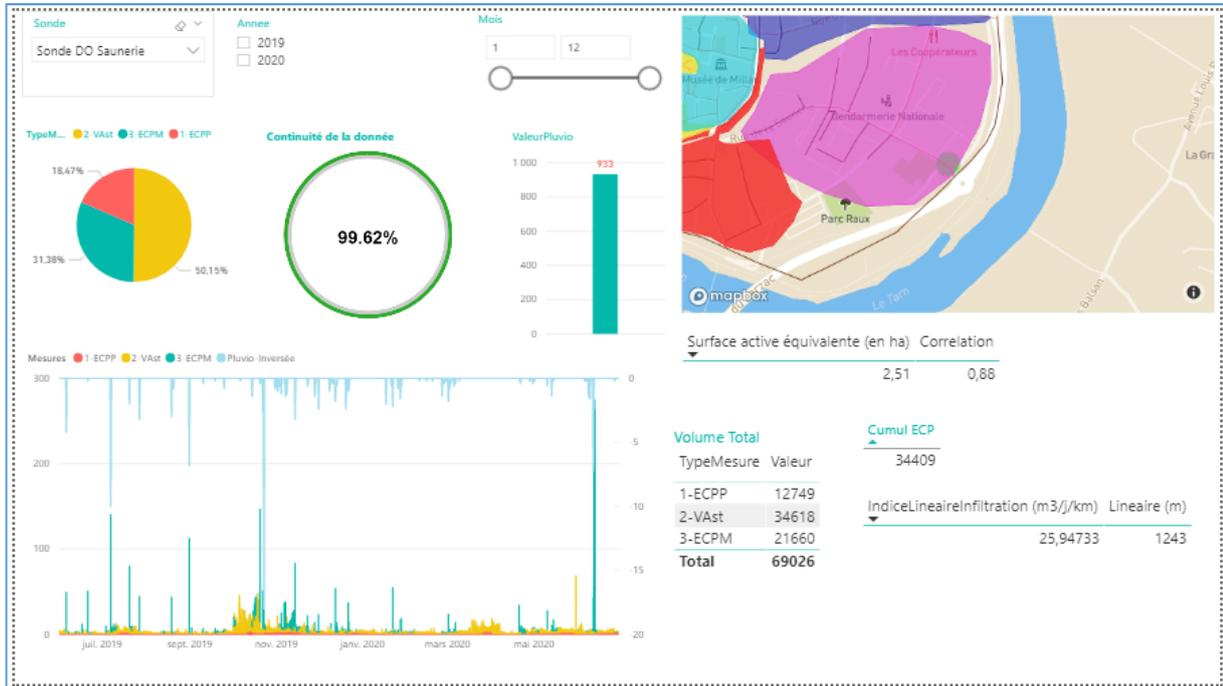
➤ Sonde Place Bompaire



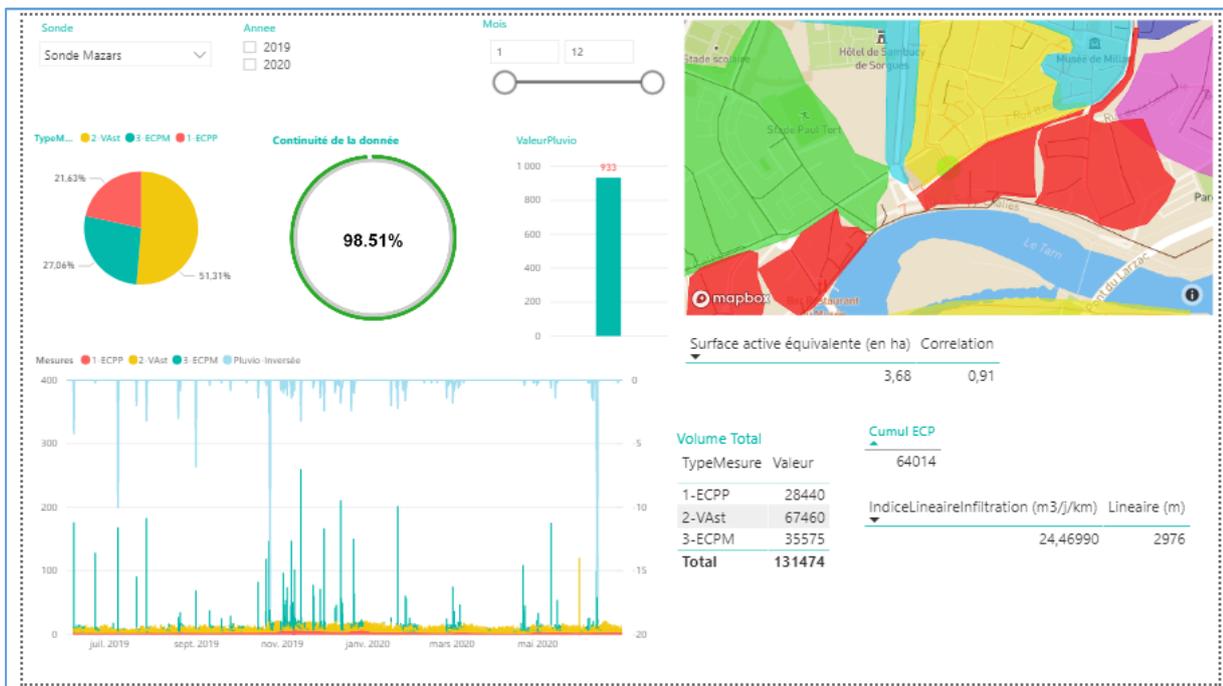
➤ DO Saint-Antoine



➤ Sonde DO Saunerie

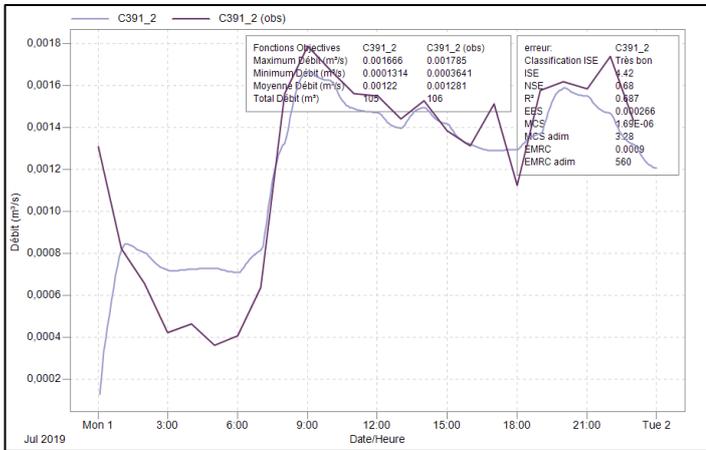


➤ Sonde Mazars :

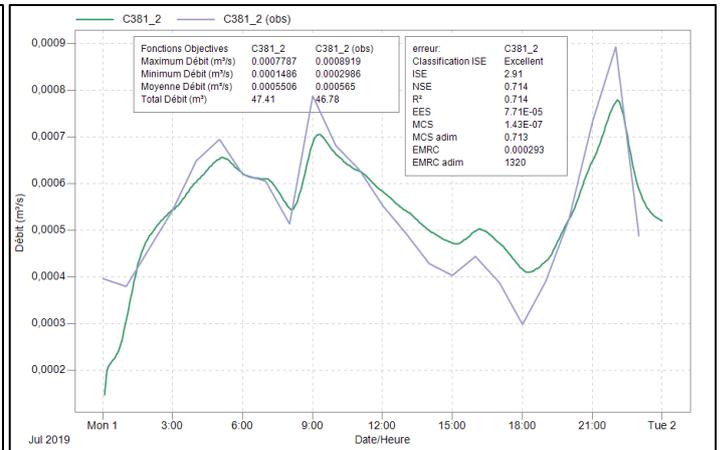


Annexes 12 : Courbes de calage en Temps sec

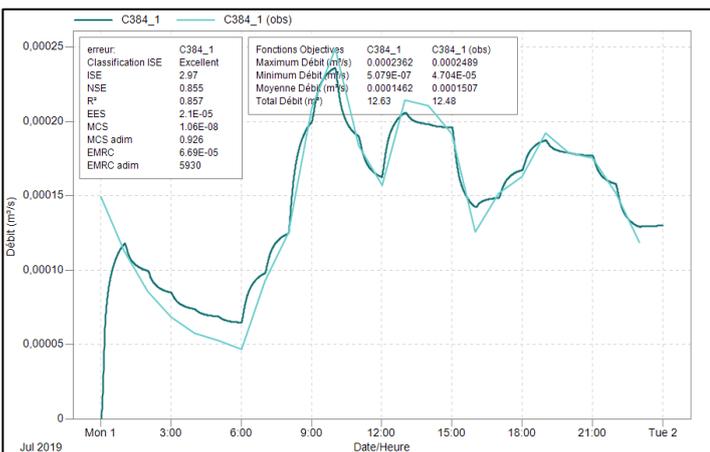
Sonde Agora



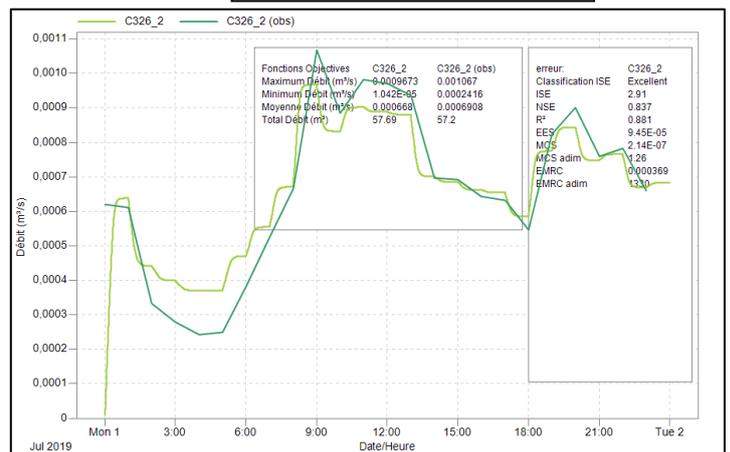
Sonde Collège Aymard



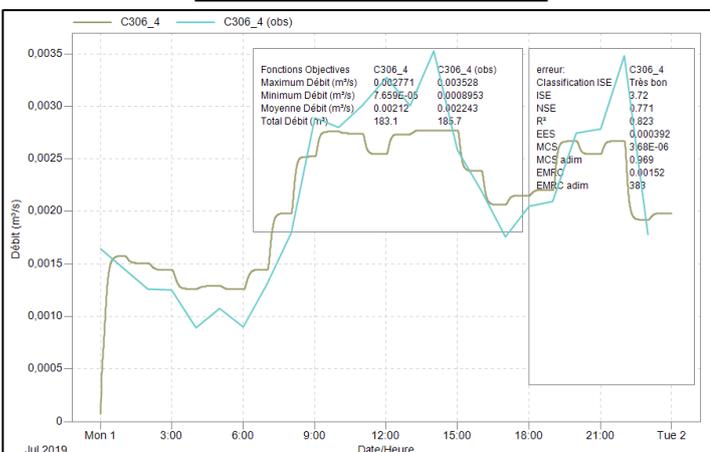
Sonde DO Tannerie



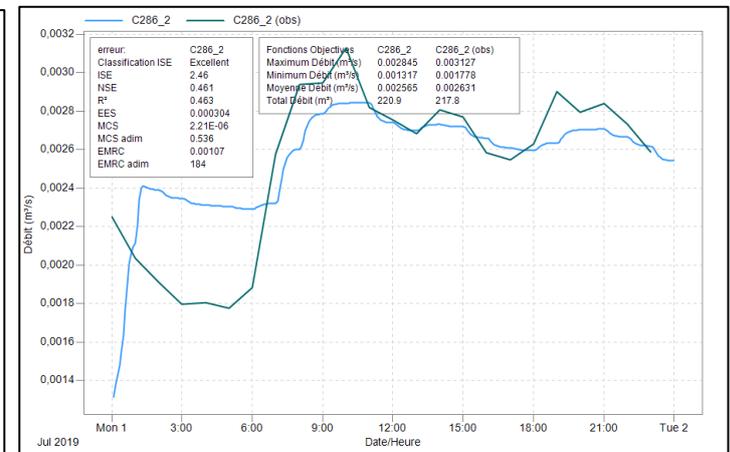
Sonde Champ Prieur



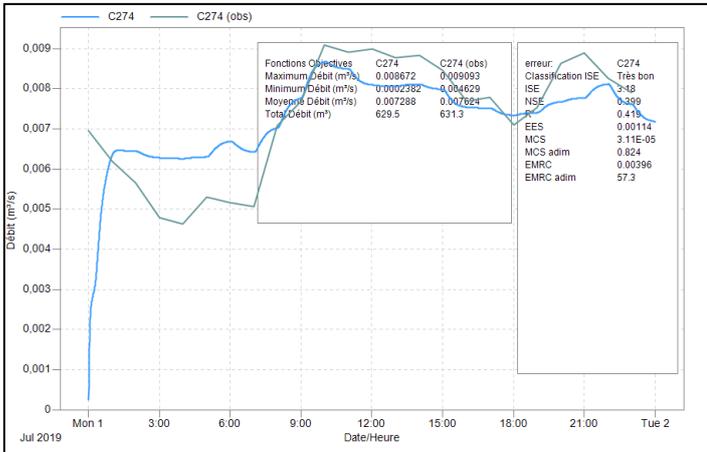
Sonde Mazars



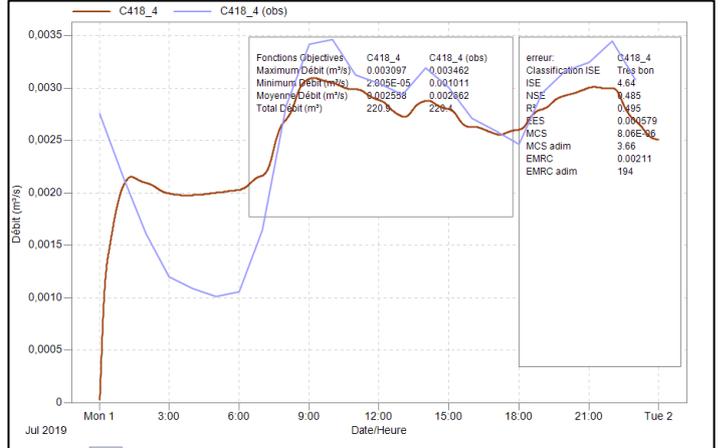
Sonde DO Usine Mercier



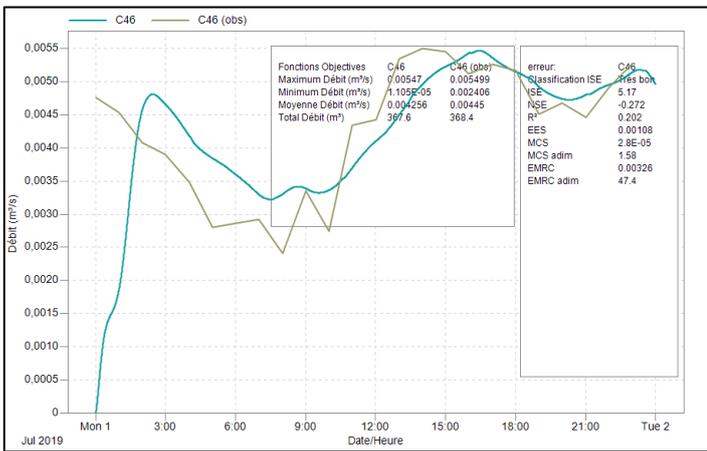
Sonde Place Bompaire



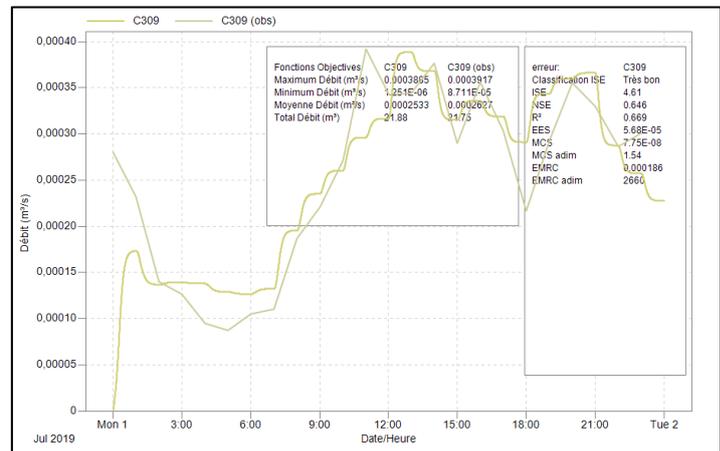
Sonde DO Gabriac



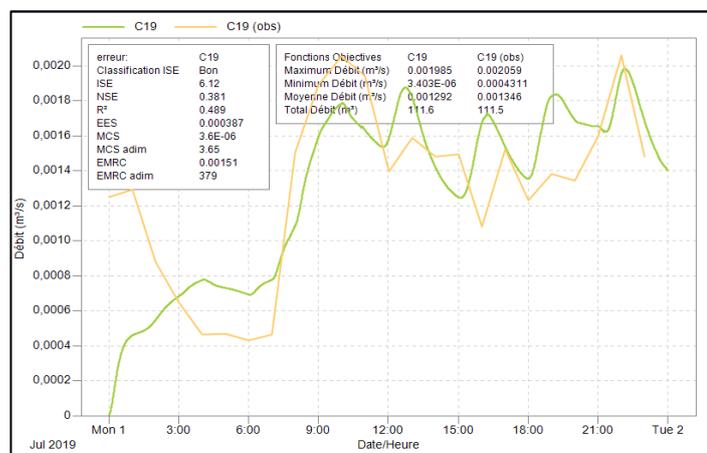
Sonde Golf



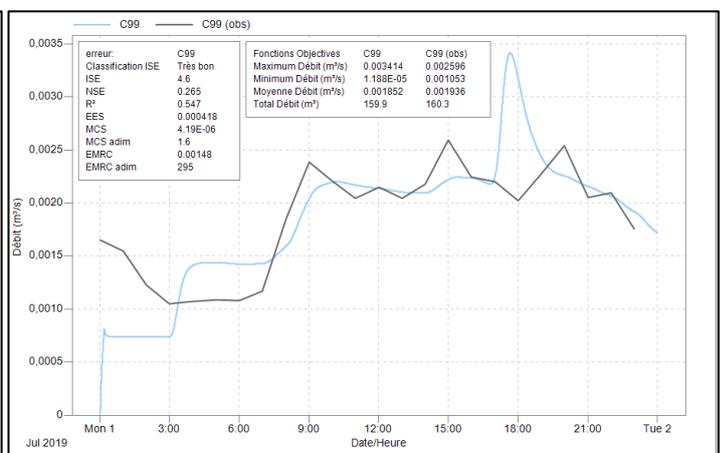
Sonde DO Rajol

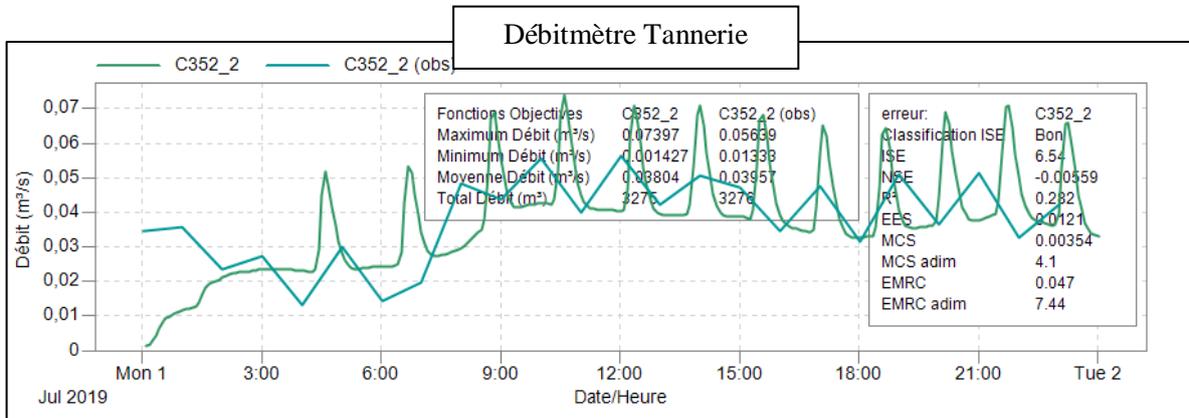
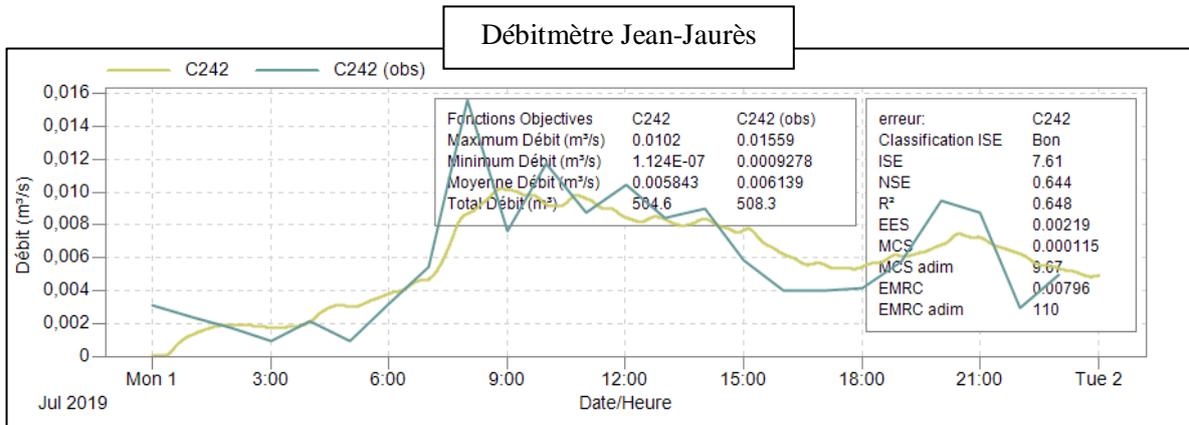
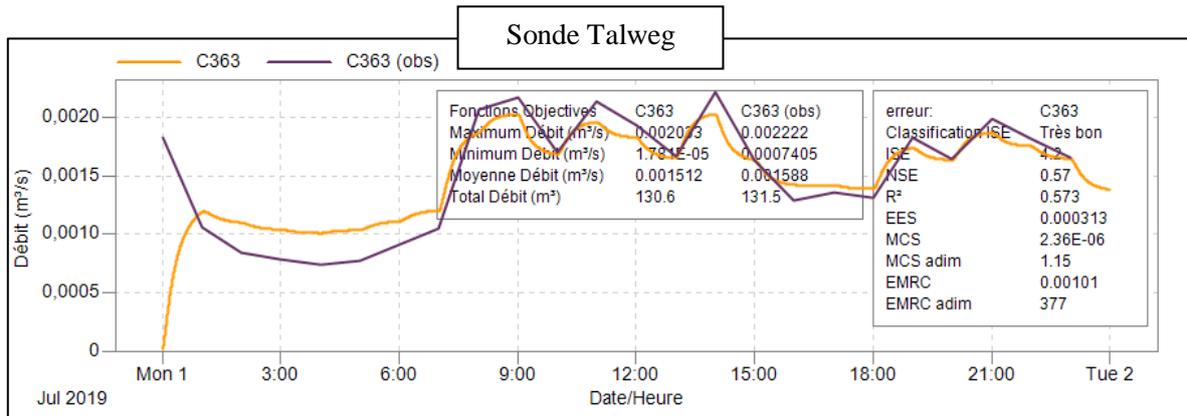


Sonde Avenue Millau Plage



Sonde Piscine





Annexes 13 : Résultats sur les paramètres de calage en TP

Nom	Aire (ha)	Étiquette	Imperm (%)	Zéro Imperm (%)	Nom	Aire (ha)	Étiquette	Imperm (%)	Zéro Imperm (%)
S1	3,2	Zone C	40,7	18,4	S108	1,3	Zone B	41	20
S2	7,8	Zone C	1,7	4,0	S109	1,2	zone A	64	10
S3	5,9	Zone C	6,0	6,0	S110	1,6	Zone B	50	50
S4	15,1	Zone C	3,0	4,0	S111	1,6	zone A	90	90
S5	9,0	Zone C	40,7	18,4	S112	2,0	Zone B	60	95
S6	4,3	Zone C	40,7	18,4	S113	1,4	zone A	90	30
S7	1,8	Zone C	40,7	18,4	S114	2,1	Zone B	50	30
S8	4,4	Zone C	40,7	18,4	S115	1,1	Zone B	65	65
S9	2,5	Zone B	65,1	18,4	S116	3,8	Zone B	45	13
S10	2,0	Zone B	65,1	18,4	S117	4,2	Zone C	15	7
S11	1,8	Zone B	65,1	18,4	S118	6,1	Zone C	15	12
S12	1,1	Zone B	65,1	18,4	S119	5,3	Zone C	17	7
S13	3,2	Zone B	65,1	18,4	S120	5,4	Zone C	15	12
S14	3,3	Zone B	42,3	10,2	S121	7,2	Industriels	6	15
S15	5,3	Zone C	40,7	18,4	S122	2,7	Zone C	17	7
S16	3,2	Industriels	46,0	15,0	S123	4,1	Zone C	22	7
S17	2,1	zone A	65,0	60,0	S124	8,5	Zone C	29	7
S18	3,1	Zone B	85,0	87,0	S125	4,4	Zone C	29	7
S19	2,5	Zone B	80,0	87,0	S126	11,0	Industriels	22	7
S20	2,0	Zone B	40,5	27,1	S127	4,6	Industriels	6	25
S21	2,1	Zone B	72,9	30,8	S128	5,2	Industriels	25	25
S22	2,6	Zone B	75,0	80,0	S129	3,4	Zone C	20	12
S23	3,7	Zone B	27,6	10,7	S130	4,5	Zone C	20	12
S24	1,9	Zone B	46,0	25,0	S131	6,6	Zone C	20	12
S25	1,6	Zone B	45,0	35,0	S132	4,7	Zone C	16	12
S194	37,6	Sivom	18,8	6,0	S133	6,6	Zone B	19	10
S26	19,1	Zone C	7,0	4,0	S134	10,3	Zone C	30	14
S27	10,6	Zone C	9,0	4,0	S135	2,8	Zone C	30	14
S28	7,2	Zone C	16,0	11,0	S136	11,7	Zone C	30	14
S29	6,3	Zone C	16,0	11,0	S137	6,4	Zone C	30	15
S30	2,6	Zone C	30,0	11,0	S138	10,7	Zone C	33	30
S31	10,7	Zone C	19,7	7,8	S139	5,5	Zone C	30	15
S32	5,0	Zone C	10,0	5,0	S140	7,1	Zone C	25	14
S33	10,2	Zone C	6,0	5,0	S141	9,6	Zone C	25	14
S34	12,7	Zone C	3,0	5,0	S142	4,6	Zone C	25	14
S35	13,9	Zone C	18,5	7,8	S143	2,0	Zone C	25	14
S36	19,2	Zone C	18,5	7,8	S144	3,7	Zone C	25	14
S37	7,7	Zone C	19,7	7,8	S145	2,1	Zone C	25	14
S38	15,1	Industriels	10,0	6,0	S146	4,9	Industriels	25	25
S39	18,7	Industriels	10,0	6,0	S147	5,1	Industriels	25	25

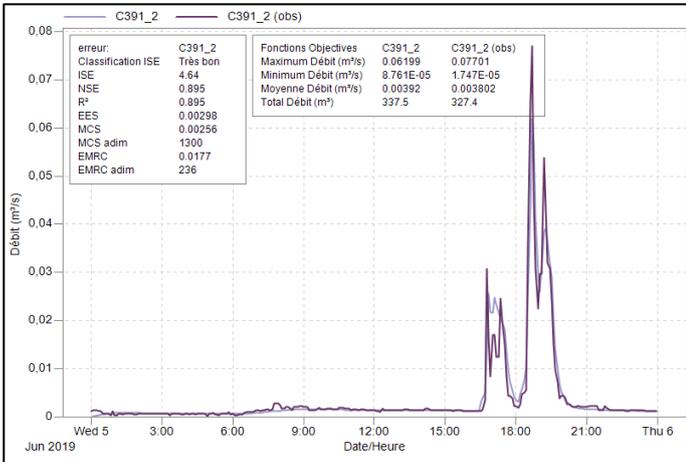
Nom	Aire (ha)	Étiquette	Imperm (%)	Zéro Imperm (%)	Nom	Aire (ha)	Étiquette	Imperm (%)	Zéro Imperm (%)
S40	6,1	Industriels	9,0	6,0	S148	6,9	Industriels	25	25
S41	4,8	Industriels	1,0	1,0	S149	3,9	Zone B	41	25
S42	1,5	Industriels	1,0	1,0	S150	9,4	Zone C	11	10
S43	8,5	Industriels	3,5	3,0	S151	7,8	Zone C	13	10
S44	6,9	Zone C	20,6	10,1	S152	16,9	Zone C	12	10
S45	4,2	Zone C	21,0	10,0	S153	13,2	Zone C	17	8
S46	4,3	Zone C	15,5	10,0	S154	3,9	Zone C	15	10
S47	7,9	Zone C	14,0	10,0	S155	4,0	Zone C	15	10
S48	2,5	Zone C	15,0	9,1	S156	8,3	Zone C	16	10
S49	1,9	Zone C	14,0	9,1	S157	5,3	Zone C	16	10
S50	4,6	Zone C	26,2	9,1	S158	4,3	Zone C	17	8
S51	2,3	Zone C	20,0	9,1	S159	3,3	Zone C	18	17
S52	2,5	Zone C	26,2	9,1	S160	3,4	Zone C	17	8
S53	2,1	Zone C	26,1	9,1	S161	3,7	Zone C	18	17
S54	2,2	Zone C	35,0	13,5	S162	2,3	Zone B	41	25
S55	3,1	Zone C	50,0	18,0	S163	3,7	Zone B	41	25
S56	1,1	Zone C	35,0	18,0	S164	6,6	Zone B	41	25
S57	3,3	Zone C	40,0	18,0	S165	2,2	Zone B	41	6
S58	2,6	Zone C	45,0	13,5	S166	1,1	Zone B	41	0
S59	0,8	Zone C	30,0	13,5	S167	9,1	zone A	44	17
S60	2,2	Zone C	50,0	22,6	S168	2,2	zone A	64	27
S61	1,7	Zone C	26,1	9,1	S169	2,1	zone A	45	13
S62	1,6	Zone C	26,1	9,1	S170	3,5	zone A	45	13
S63	1,9	Zone C	26,1	9,1	S171	1,6	zone A	40	17
S64	3,9	Zone C	10,3	9,1	S172	2,2	zone A	45	14
S65	3,6	Zone C	12,0	9,1	S173	2,2	Zone B	45	40
S66	1,1	Zone C	28,1	7,0	S174	1,0	zone A	70	6
S67	1,0	Zone C	23,8	23,7	S175	1,6	Zone B	45	40
S68	2,0	Zone C	45,0	18,0	S176	1,0	zone A	64	27
S69	2,9	Zone C	35,0	13,5	S177	0,9	zone A	86	30
S70	4,6	Zone C	40,0	13,5	S178	0,9	zone A	80	7
S71	1,6	Zone C	40,0	18,0	S179	1,5	zone A	66	67
S72	4,3	Zone C	28,1	7,0	S180	1,0	zone A	86	50
S73	3,4	Zone C	28,1	7,0	S181	0,6	zone A	86	30
S74	6,0	Zone C	28,1	7,0	S182	1,7	zone A	64	27
S75	3,2	Zone C	28,1	7,0	S183	1,1	zone A	65	67
S76	1,0	Zone C	28,1	7,0	S184	0,6	zone A	64	27
S77	1,5	Zone C	28,1	7,0	S185	0,6	zone A	64	27
S78	2,7	Zone C	28,1	7,0	S186	1,2	zone A	64	27
S79	3,8	Zone C	28,1	7,0	S187	1,0	zone A	64	27
S80	1,8	Zone C	28,1	7,0	S188	1,2	zone A	66	67

Nom	Aire (ha)	Étiquette	Imperm (%)	Zéro Imperm (%)	Nom	Aire (ha)	Étiquette	Imperm (%)	Zéro Imperm (%)
S81	2,6	Zone C	28,1	7,0	S189	3,3	zone A	36	12
S82	2,2	Zone C	28,1	7,0	S190	0,7	Zone B	45	40
S83	1,8	Zone C	28,1	7,0	S191	3,7	Zone C	17	8
S84	0,5	Zone C	28,1	7,0	S192	0,1	zone A	64	27
S85	1,6	Zone C	28,1	7,0	S193	99,1	Creissels	3	3
S86	4,8	Zone C	23,8	23,7	S193	0,2	Zone C	28	7
S87	7,3	Zone C	23,8	23,7	S194	0,4	Zone C	24	24
S88	2,0	Zone C	28,1	7,0	S195	1,8	Zone C	11	7
S89	3,1	Zone C	28,1	7,0	S196	1,6	zone A	75	70
S90	4,5	Zone C	23,8	23,7	S197	1,6	Zone B	60	60
S91	2,6	Zone C	23,8	23,7	S198	0,2	zone A	64	27
S92	3,7	Zone C	23,8	23,7	S199	6,2	Zone C	15	12
S93	1,9	Zone C	23,8	23,7	S200	4,6	Zone C	17	7
S94	1,9	Zone C	23,8	23,7	S201	3,8	Zone C	17	7
S95	1,1	Zone C	23,8	23,7	S202	1,8	zone A	45	13
S96	3,3	Zone C	23,8	23,7	S203	2,7	zone A	51	11
S97	2,0	Zone C	23,8	23,7	S204	0,7	zone A	66	67
S98	2,6	Zone C	23,8	23,7	S205	0,6	zone A	86	30
S99	1,6	Zone C	57,0	77,0	S206	2,9	Zone B	41	25
S100	2,0	zone A	51,0	10,6	S207	0,8	zone A	51	12
S101	0,9	zone A	38,2	8,8	S208	1,9	Zone B	46	27
S102	3,0	zone A	31,8	1,8	S209	1,5	Zone B	41	27
S103	3,7	Zone B	8,0	1,3	S210	3,5	Zone C	41	18
S104	2,1	zone A	64,2	27,1	S211	3,1	Zone C	41	18
S105	1,8	zone A	64,2	27,1	S212	1,6	Zone C	28	7
S106	1,6	zone A	64,2	27,1	S213	7,8	Zone B	19	10
S107	1,8	zone A	64,2	20,0					

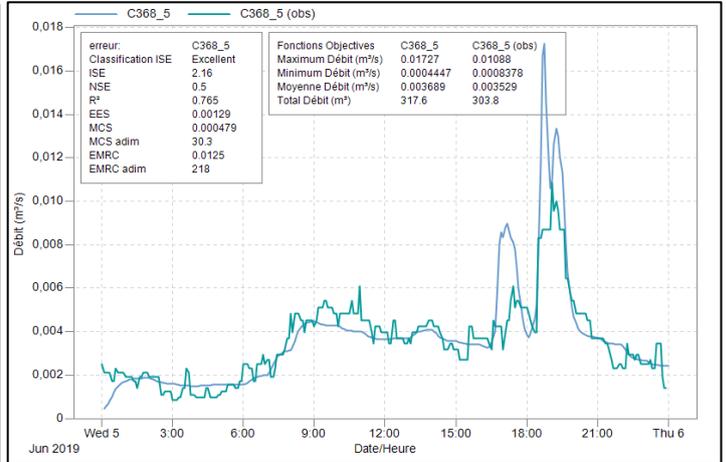
Annexes 14: Courbes de calage en Temps de pluie :

a) Pluie du 5 Juin 2019

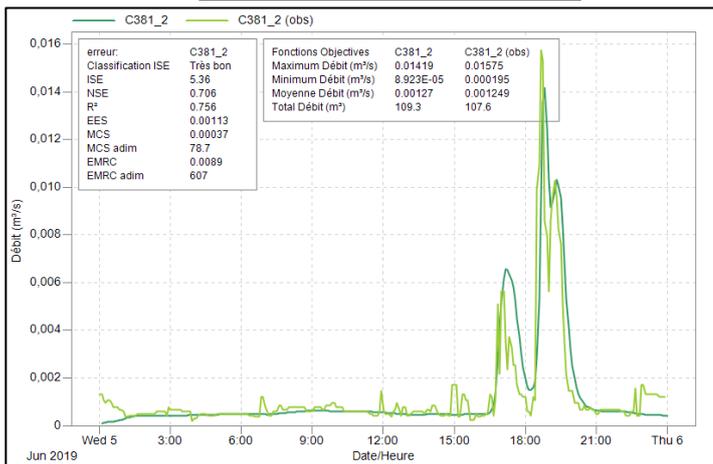
Sonde Agora



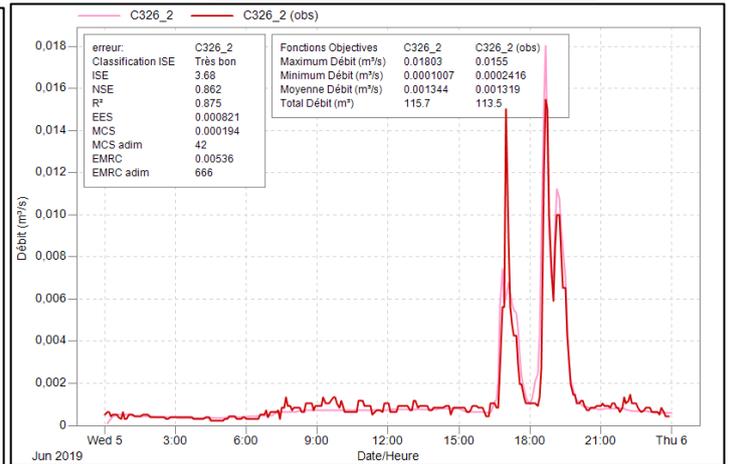
Sonde Avenue de l'Europe



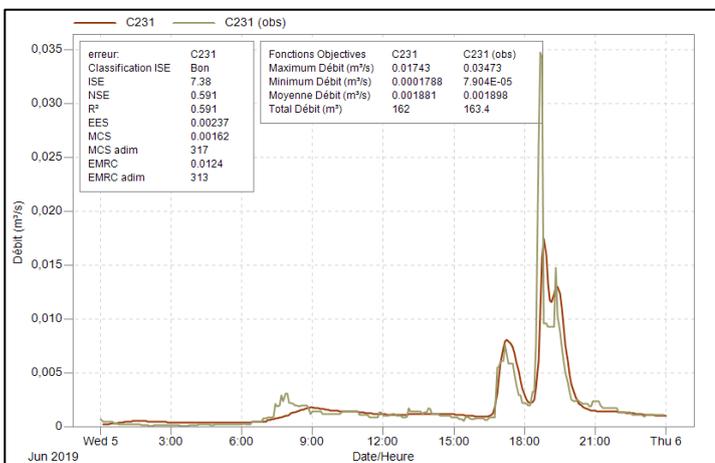
Sonde Collège Aymard



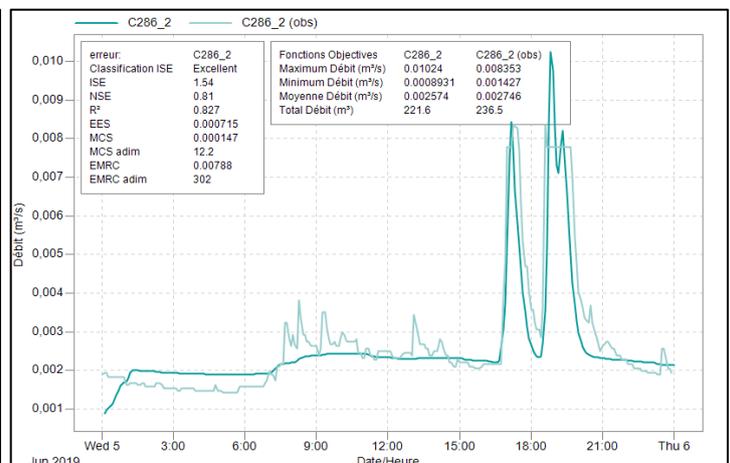
Sonde DO Champ Prieur



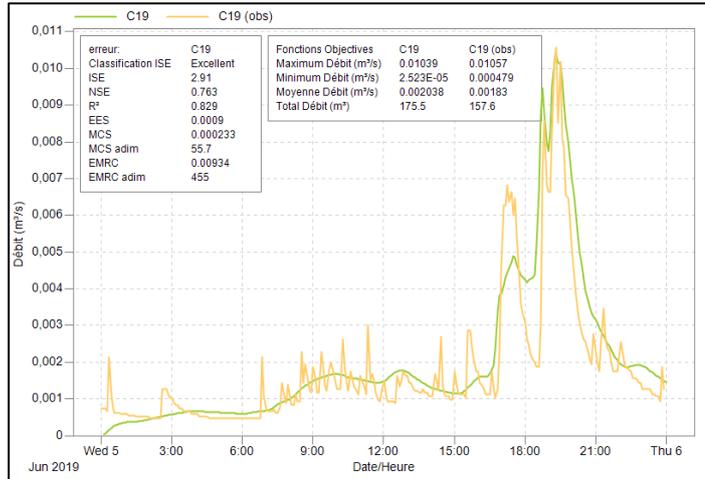
Sonde DO Vieux Crès



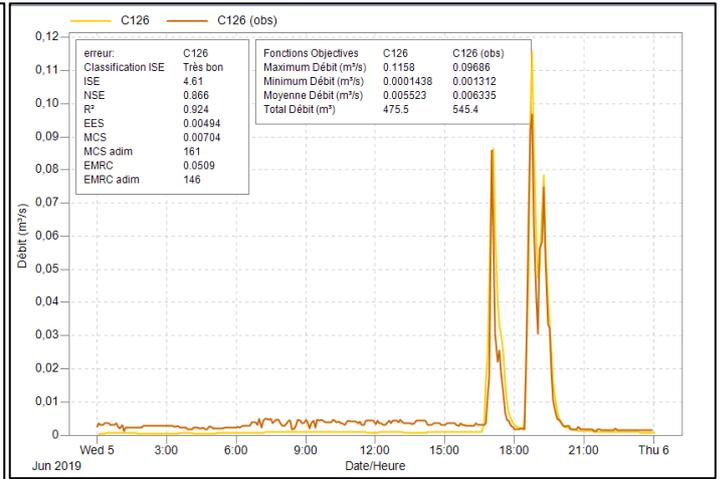
Sonde DO Usine Mercier



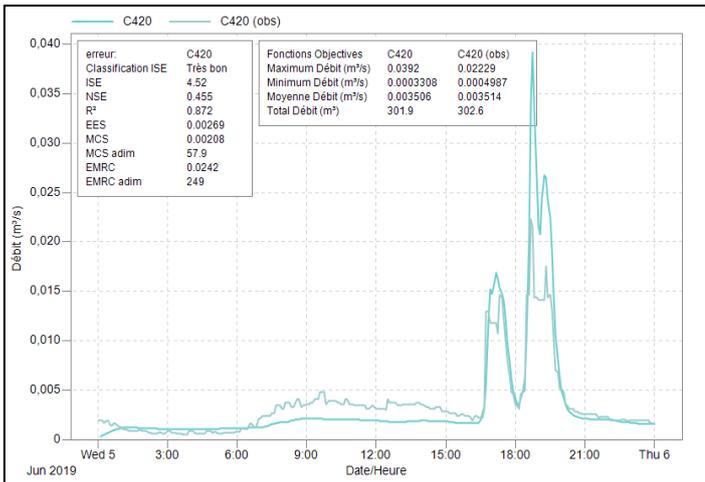
Sonde Avenue Millau Plage



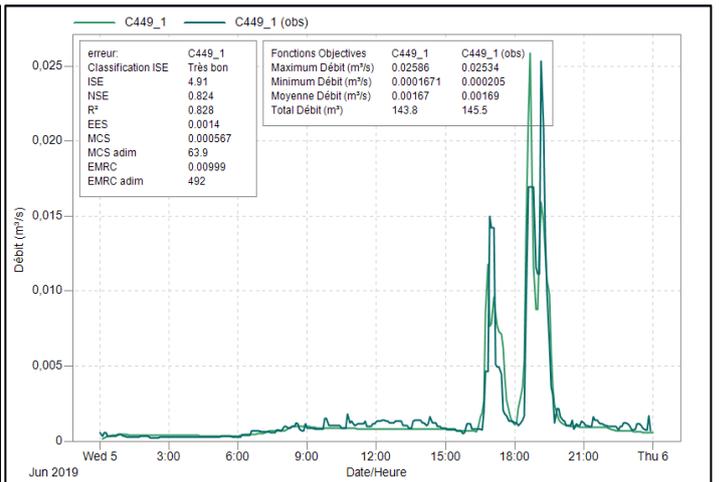
Sonde RP-STADE



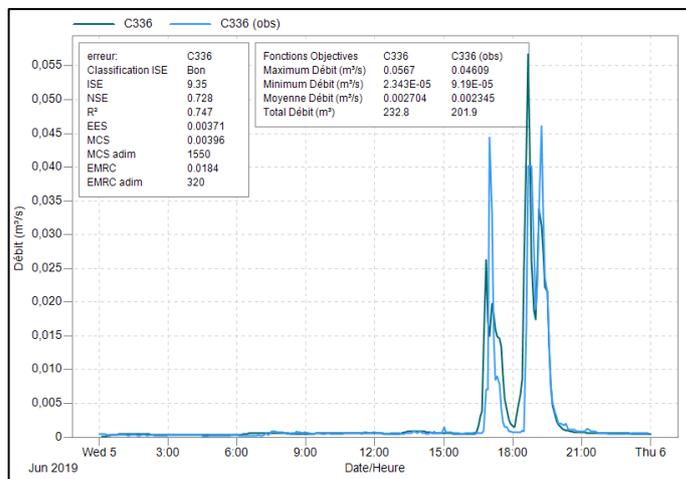
Sonde DO Rue du roc



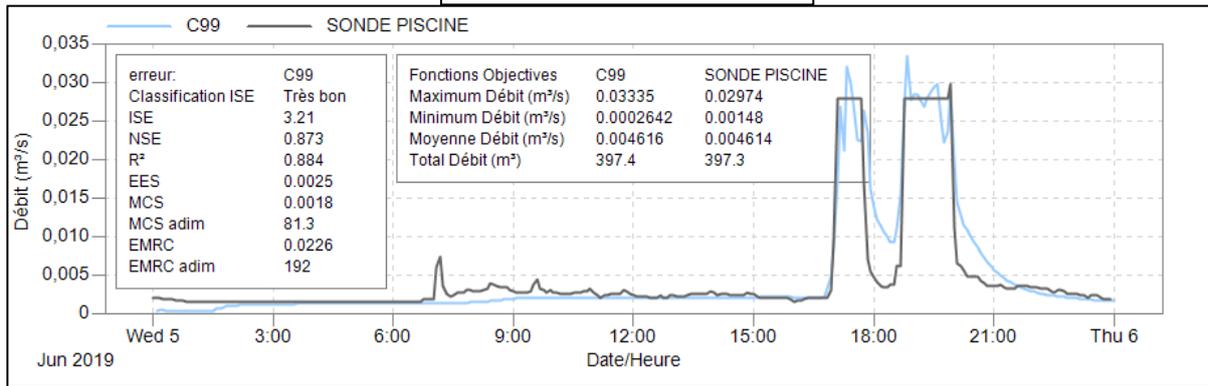
Sonde DO Saint Antoine



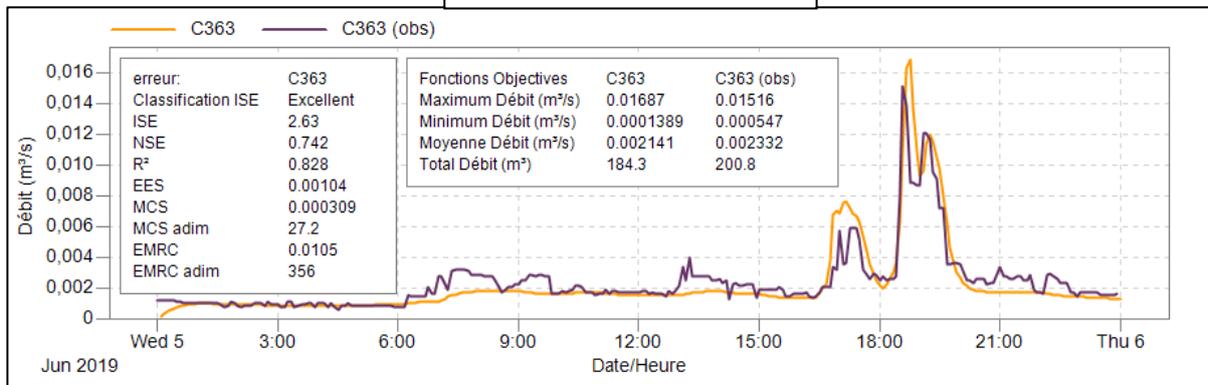
Sonde DO Saunerie



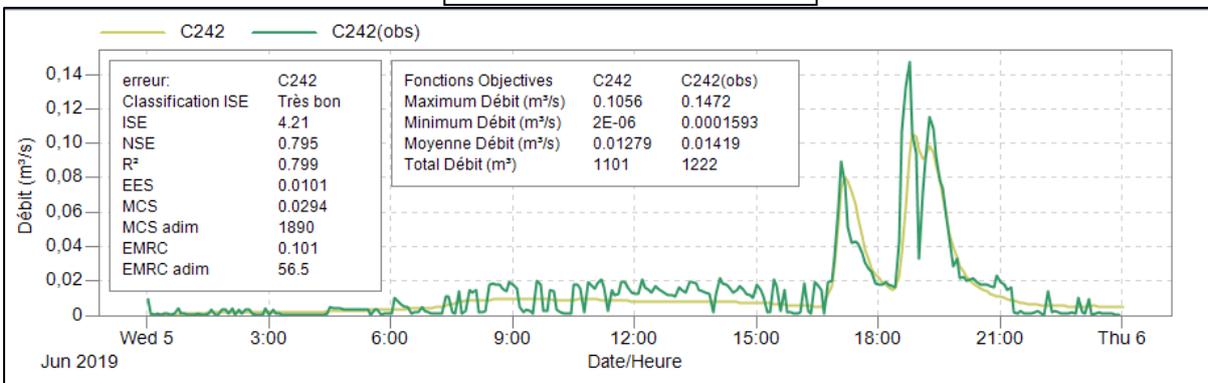
Sonde Piscine



Sonde Talweg

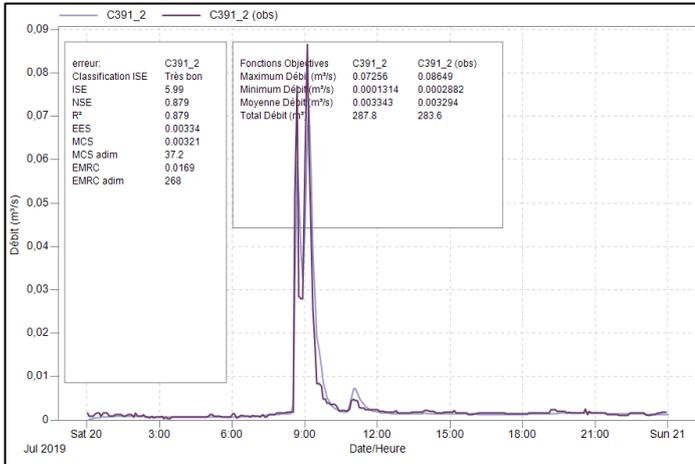


Débitmètre Jean-Jaurès

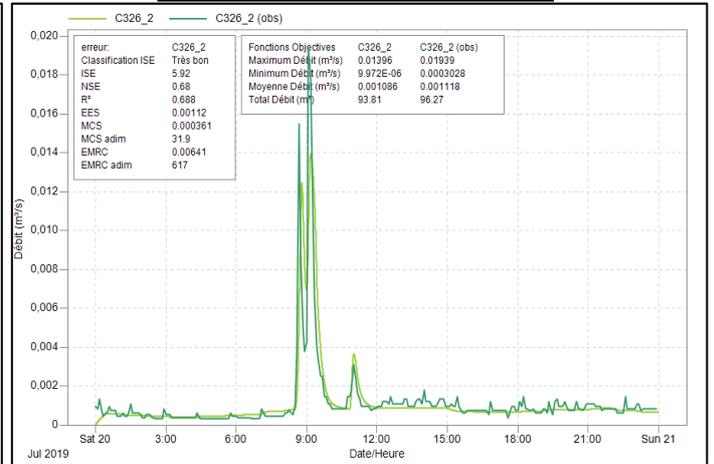


b) Pluie du 20 Juillet 2019

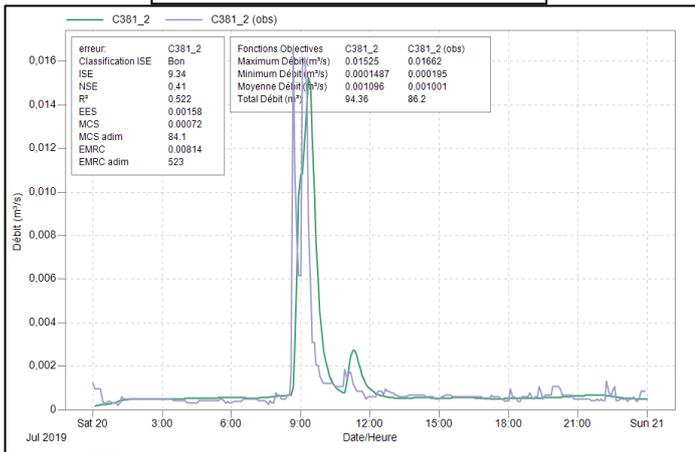
Sonde Agora



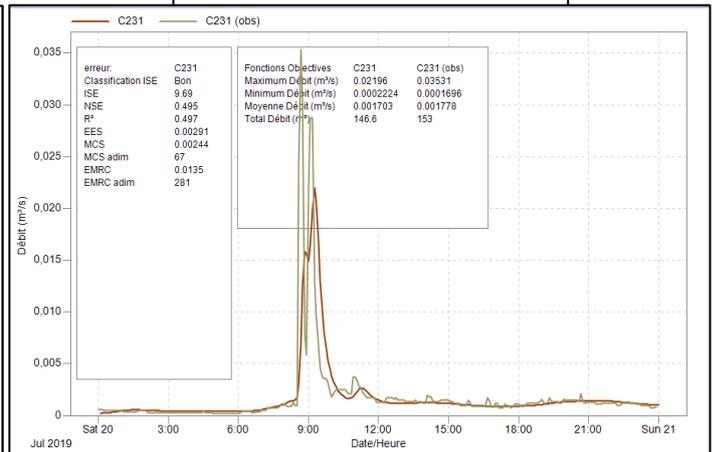
Sonde DO Champ prieur



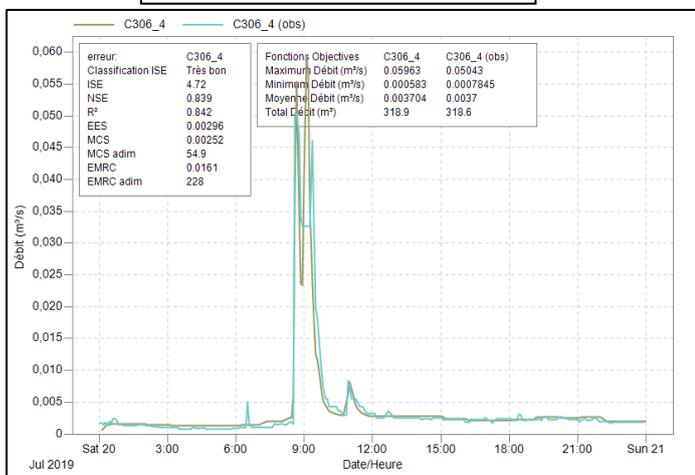
Sonde Collège Aymard



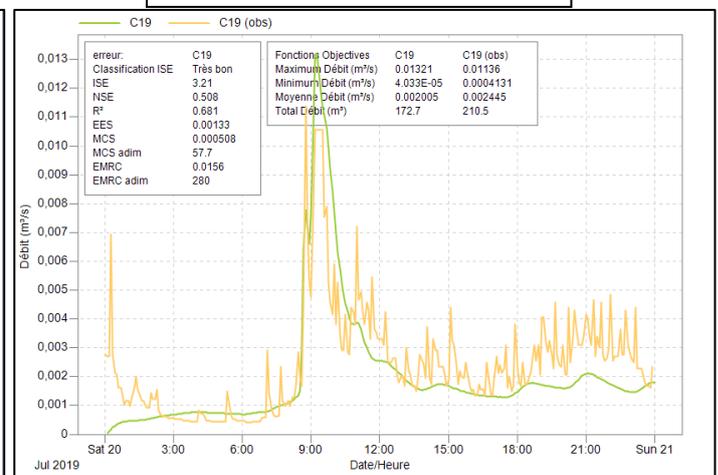
Sonde DO Vieux Crès



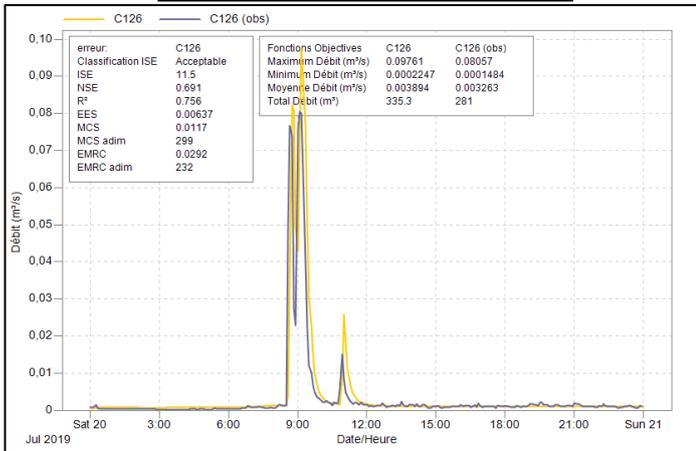
Sonde Mazars



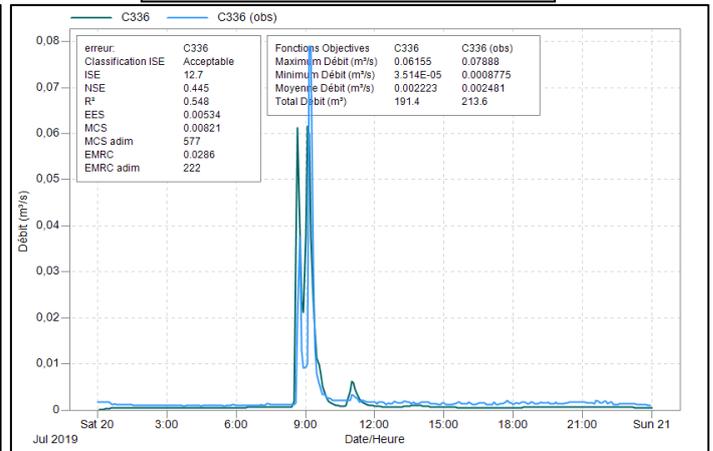
Sonde Avenue Millau Plage



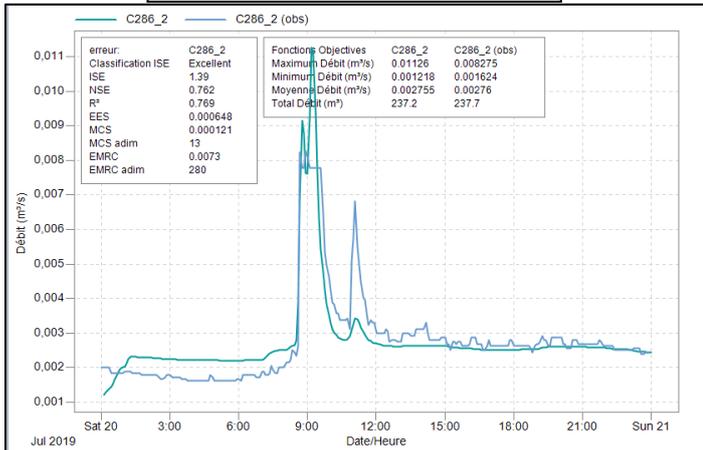
Sonde DO RP-Stades



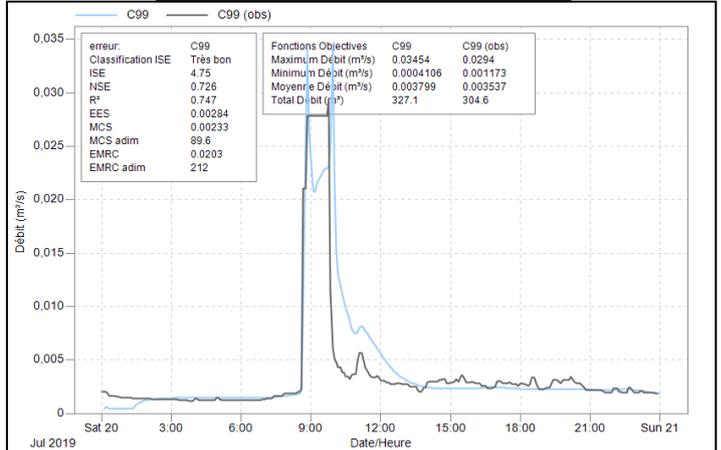
Sonde DO Saunerie



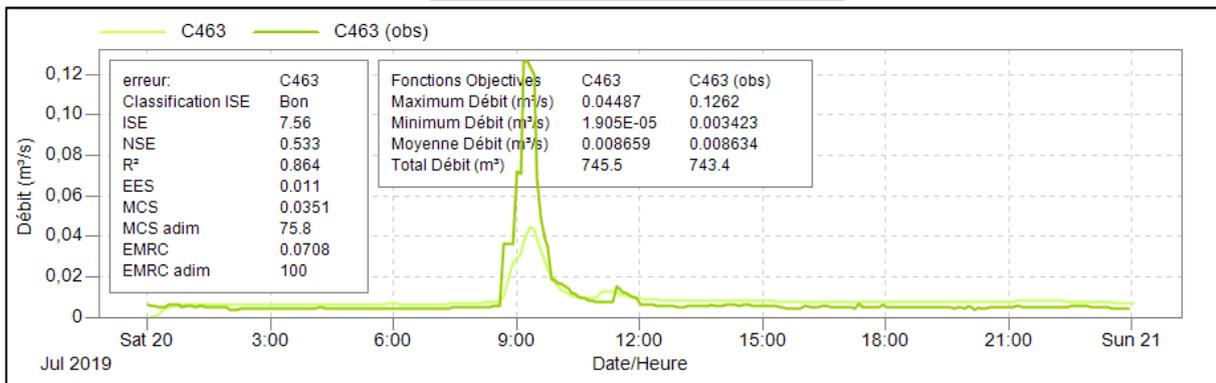
Sonde DO Usine Mercier



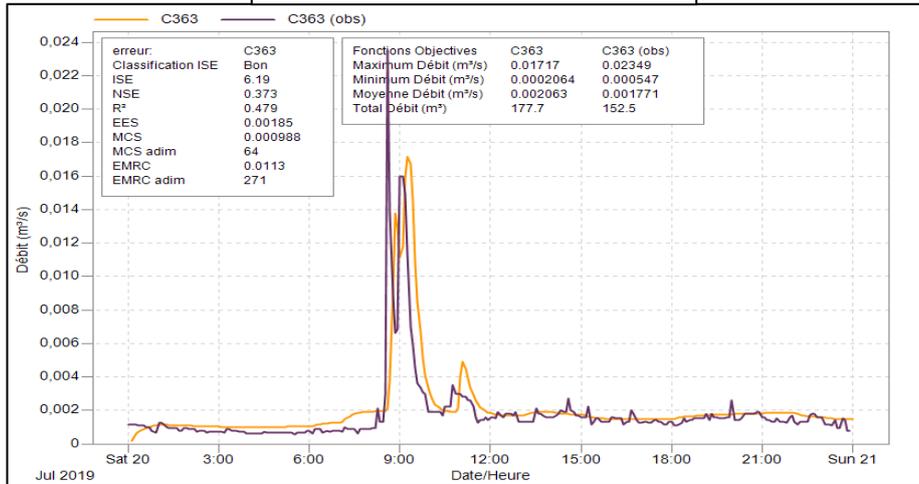
Sonde Piscine



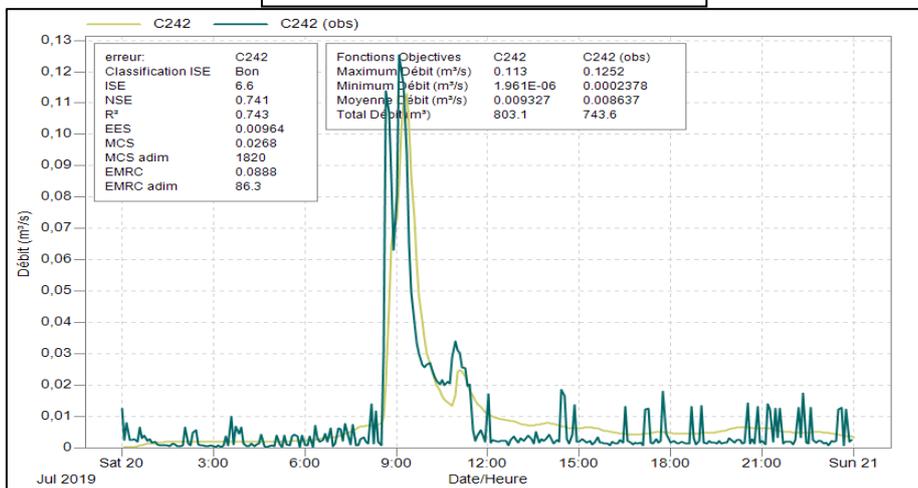
Sonde Place Bompaire



Sonde Talweg

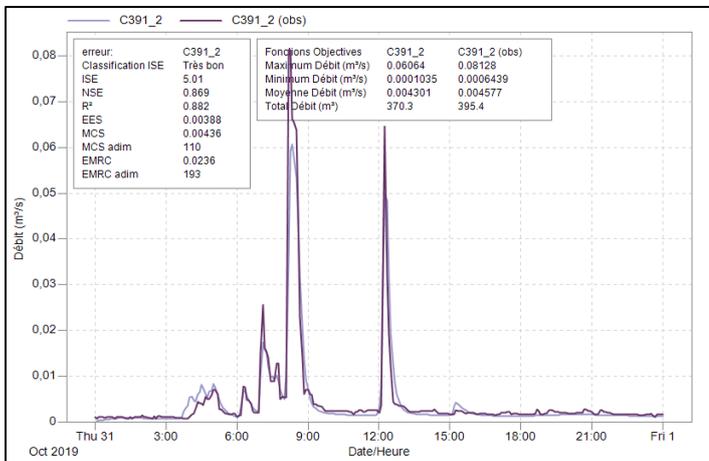


Débitmètre Jean-Jaurès

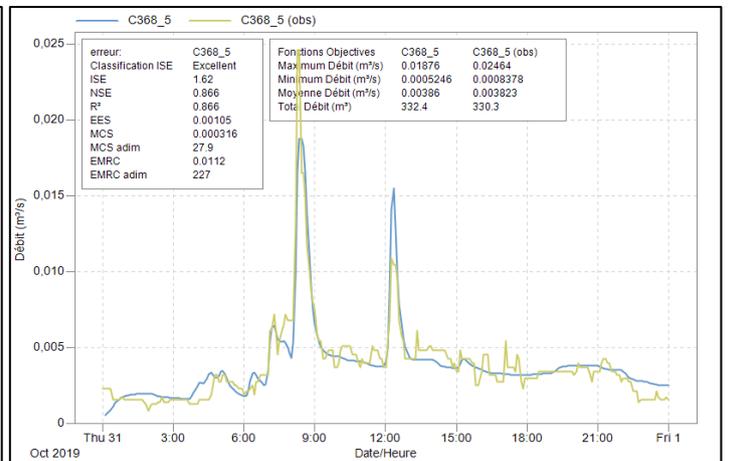


c) Pluie du 31 Octobre 2019

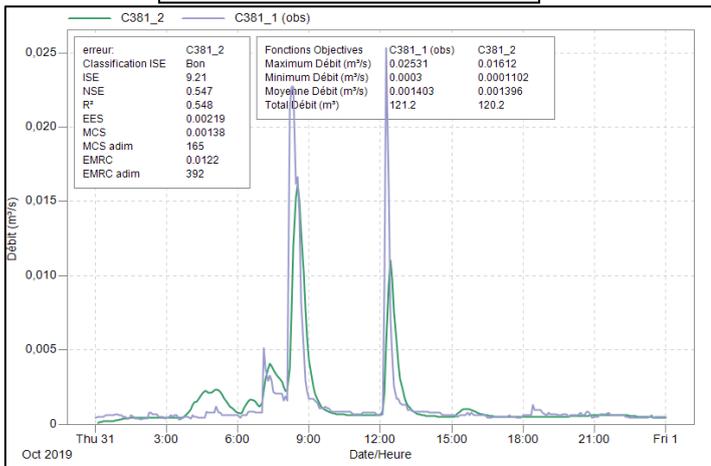
Sonde Agora



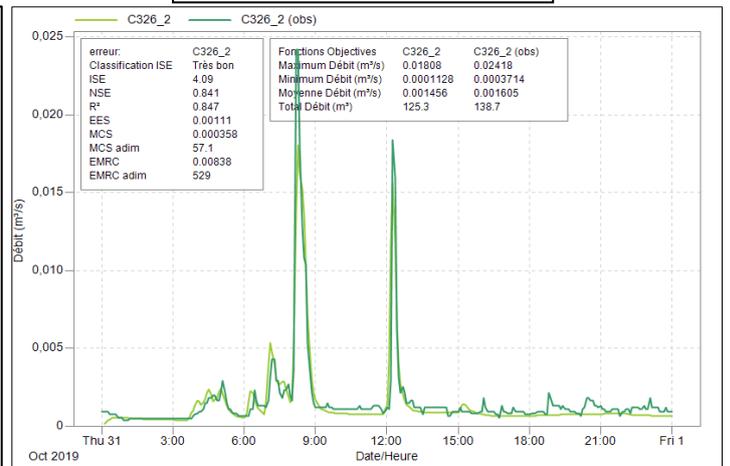
Sonde Avenue de l'Europe



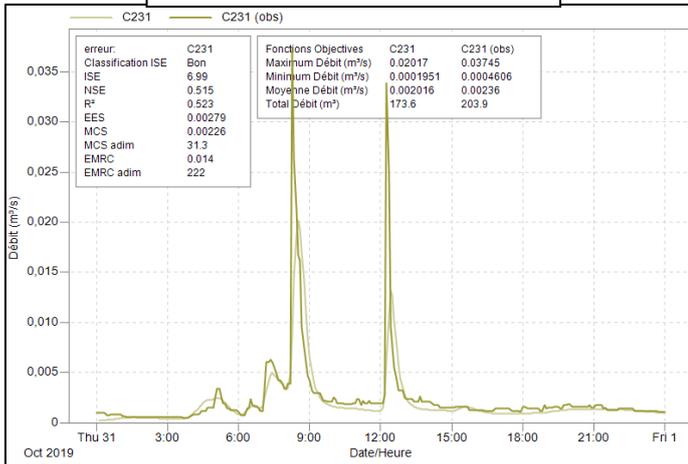
Sonde Collège Aymard



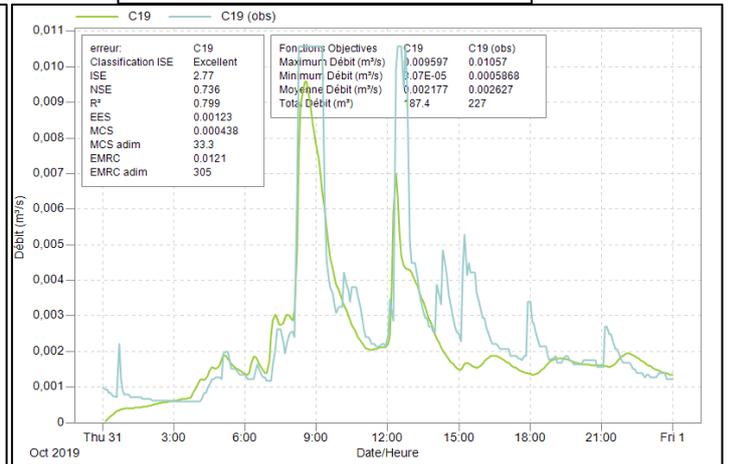
Sonde DO Champ Prieur



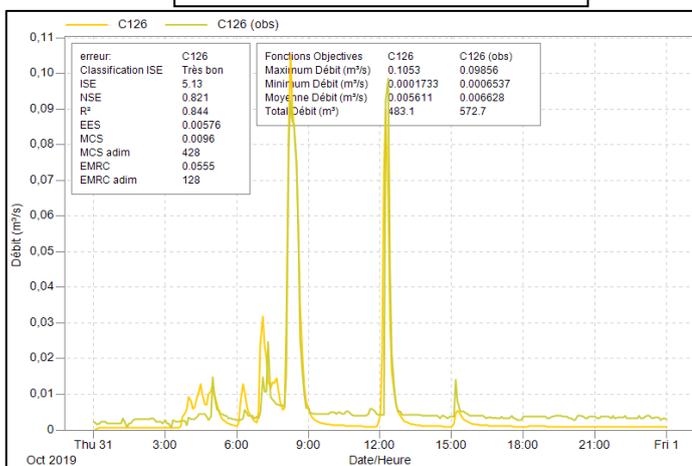
Sonde DO Vieux Crès



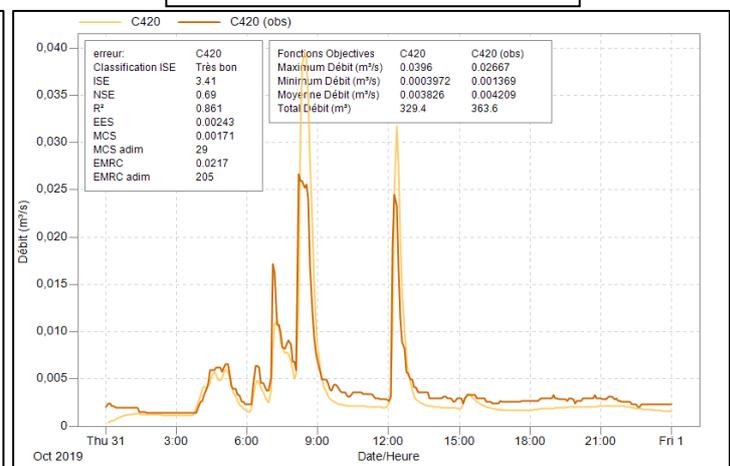
Sonde Avenue Millau Plage



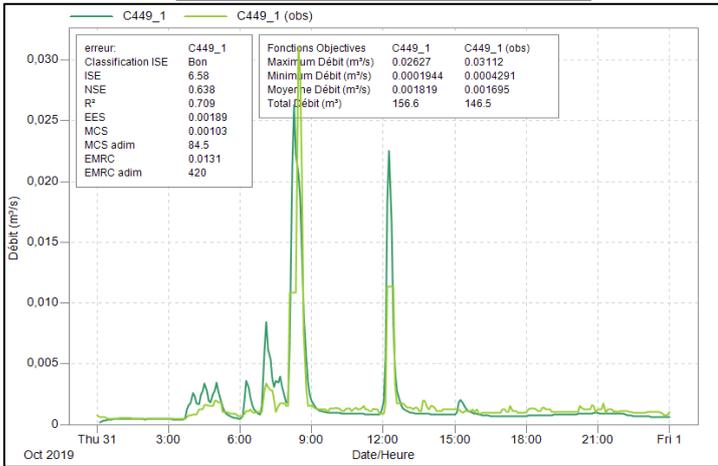
Sonde RP-STADE



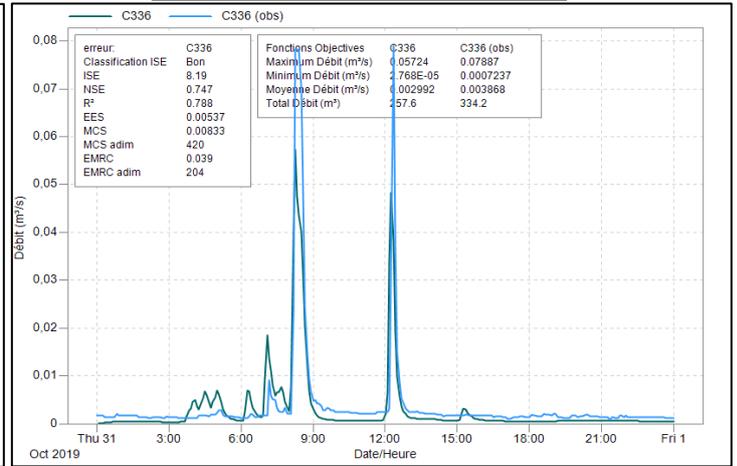
Sonde DO Rue de Roc



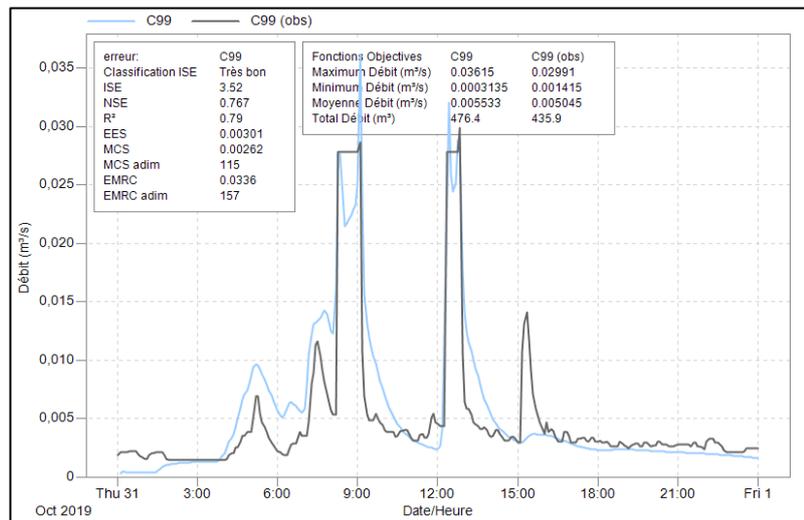
Sonde Saint-Antoine



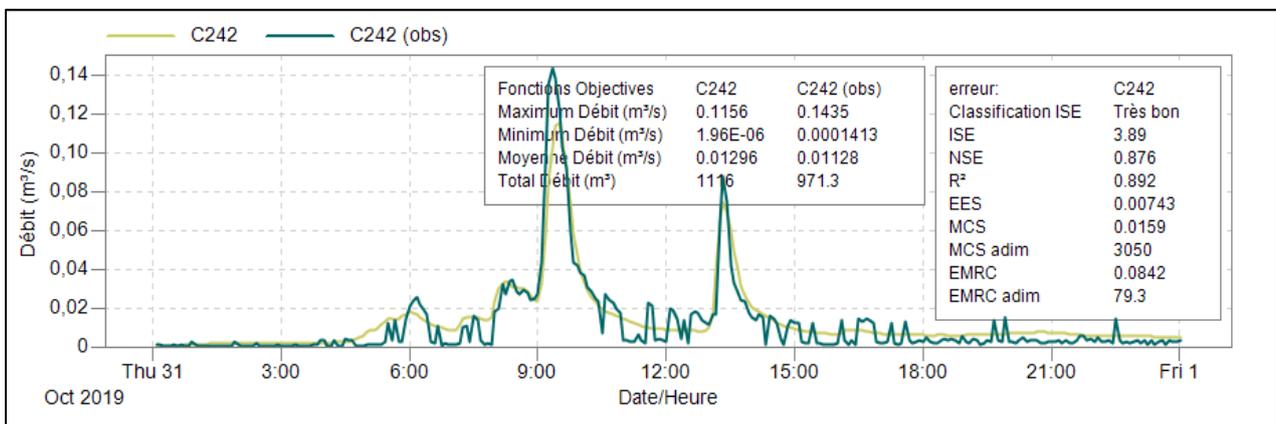
Sonde DO Saunerie



Sonde Piscine



Débitmètre Jean-Jaurès



Annexes 15: Canalisations ne remplissant pas le critère d'auto-curage

Nom	Section	D (m)	Pente	Pente (SANDER)	Nom	Section	D (m)	Pente	Pente (SANDER)
C98	CIRCULAR	0,3	-0,12%	0,4%	C100	CIRCULAR	0,3	0,18%	0,4%
C32	CIRCULAR	0,2	0,00%	0,6%	C101	CIRCULAR	0,3	0,20%	0,4%
C44	CIRCULAR	0,4	0,03%	0,3%	C96_2	CIRCULAR	0,3	0,22%	0,4%
C371	CIRCULAR	0,8	0,03%	0,2%	C117	CIRCULAR	0,3	0,24%	0,4%
C82	CIRCULAR	0,2	0,04%	0,6%	C445_2	CIRCULAR	0,2	0,24%	0,6%
C87	CIRCULAR	0,3	0,04%	0,4%	C53	CIRCULAR	0,3	0,26%	0,4%
C24	CIRCULAR	0,6	0,04%	0,2%	C9_2	CIRCULAR	0,2	0,26%	0,6%
C79	CIRCULAR	0,2	0,04%	0,6%	C13	CIRCULAR	0,2	0,28%	0,6%
C365	CIRCULAR	0,8	0,05%	0,2%	C55	CIRCULAR	0,3	0,29%	0,4%
C370	CIRCULAR	0,8	0,05%	0,2%	C99	CIRCULAR	0,3	0,30%	0,4%
C29	CIRCULAR	0,6	0,05%	0,2%	C95	CIRCULAR	0,3	0,31%	0,4%
C411	CIRCULAR	0,2	0,06%	0,6%	C104	CIRCULAR	0,3	0,33%	0,4%
C338	CIRCULAR	0,8	0,06%	0,2%	C49	CIRCULAR	0,3	0,33%	0,4%
C151	CIRCULAR	0,2	0,07%	0,6%	C408	CIRCULAR	0,2	0,34%	0,6%
C349	CIRCULAR	1	0,07%	0,1%	C266	CIRCULAR	0,2	0,34%	0,6%
C360	CIRCULAR	1,2	0,08%	0,1%	C445_1	CIRCULAR	0,2	0,35%	0,6%
C347	CIRCULAR	0,8	0,08%	0,2%	C15	CIRCULAR	0,2	0,36%	0,6%
C367	CIRCULAR	0,8	0,10%	0,2%	C105	CIRCULAR	0,3	0,37%	0,4%
C38	CIRCULAR	0,6	0,10%	0,2%	C2	CIRCULAR	0,2	0,39%	0,6%
C109	CIRCULAR	0,4	0,11%	0,3%	C43	CIRCULAR	0,2	0,41%	0,6%
C372_2	CIRCULAR	0,8	0,12%	0,2%	C9_1	CIRCULAR	0,2	0,43%	0,6%
C343	CIRCULAR	0,7	0,12%	0,2%	C441	CIRCULAR	0,2	0,49%	0,6%
C372_1	CIRCULAR	0,8	0,12%	0,2%	C272	CIRCULAR	0,2	0,51%	0,6%
C105_2	CIRCULAR	0,2	0,13%	0,6%	C72	CIRCULAR	0,2	0,52%	0,6%
C33	CIRCULAR	0,3	0,13%	0,4%	C375	CIRCULAR	0,2	0,53%	0,6%
C35	CIRCULAR	0,4	0,14%	0,3%	C58	CIRCULAR	0,2	0,58%	0,6%
C289	CIRCULAR	0,3	0,14%	0,4%					
C26	CIRCULAR	0,6	0,14%	0,2%					
C346	CIRCULAR	0,8	0,14%	0,2%					
C108	CIRCULAR	0,4	0,14%	0,3%					
C107	CIRCULAR	0,4	0,16%	0,3%					
C110	CIRCULAR	0,3	0,16%	0,4%					
C18	CIRCULAR	0,2	0,17%	0,6%					

Annexe 16: Volumes mensuels déversés (PCSWMM)- conformité ERU

Volumes déversés estimés par simulation hydraulique sous PCSWMM au niveau des DO autosurveillés (de juin 2019 au Mai 2020)

Volumes déversés en m ³							
	DO Ecreteur Step	DO Ecreteur des Ondes	DO Gabriac	DO Rue du Roc	DO Tannerie	DO Jean Jaurès	CABRE
Juin	269	519	279	0	17	954	301
Juillet	0	0	40	0	93	1260	17
Aout	14	0	8	0	15	559	11
Septembre	1378	3115	1581	40	259	3100	889
octobre	8421	24426	11713	501	2904	20633	6048
novembre	3258	2173	1298	17	239	4813	1066
Décembre	6531	7059	3364	0	94	8156	2548
Janvier	755	1796	887	0	45	2536	569
Février						12	
Mars	419	310	171		13	1136	174
Avril	64	43	0	0	0	61	0
Mai	2569	6128	3121	82	563	6117	1850
Total	23676	45571	22461	640	4242	49338	13473

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme(s): Mastère spécialisé Eau Potable et Assainissement

Spécialité : GSP

Auteur

ZAZOULI Chaimae

Année
2020

Titre

Participation au schéma directeur d'assainissement de la commune de Millau, comprenant un diagnostic permanent et une modélisation hydraulique du réseau

Nombre de pages texte **66p** annexes **35p**

Nombre de références bibliographiques **19**

Structure d'accueil

AQUALTER / Chartres / Eure-et-Loir/ France

Maître de stage : Vincent DARRAS

Résumé

La présente étude du schéma directeur d'assainissement de la commune de Millau s'inscrit dans un objectif d'optimisation de la gestion du système d'assainissement et de la mise en place d'un outil fiable de diagnostic permanent.

En vue de répondre à ces obligations, AQUALTER, en tant qu'exploitant et assistant technique de l'étude du schéma directeur, a développé un outil de diagnostic permanent qui permet le traitement et l'analyse d'une série métrologique solide ainsi que la quantification des Eaux Claires Parasites. Les résultats obtenus ont été complétés par une modélisation hydraulique du réseau d'assainissement sous PCSWMM afin de mieux appréhender son comportement hydraulique.

Mots-clés

Schéma directeur d'assainissement, Diagnostic permanent, Eaux claires parasites, modélisation hydraulique