



HAL
open science

Étude hydraulique du réseau d'eaux usées du centre-ville de Chartres Métropole dans le cadre d'une interconnexion (Eure-et-Loir ; 28)

Camille Oberlé

► **To cite this version:**

Camille Oberlé. Étude hydraulique du réseau d'eaux usées du centre-ville de Chartres Métropole dans le cadre d'une interconnexion (Eure-et-Loir ; 28). Sciences de l'ingénieur [physics]. 2018. dumas-03543531

HAL Id: dumas-03543531

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03543531v1>

Submitted on 26 Jan 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.

**Mémoire de Fin d'Etude présenté pour l'obtention
du Diplôme d'Ingénieur de l'Ecole Nationale du
Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg**

OBERLE Camille

Formation d'Ingénieur Par Apprentissage
Promotion Freiburg 2015/2018

Etude hydraulique du réseau d'eaux usées
du centre-ville de Chartres Métropole dans
le cadre d'une interconnexion
(Eure-et-Loir ; 28)



Maître d'apprentissage : GANDIN Flora

Tuteur école et du Travail de Fin d'Etudes : MAHE Frédéric

Remerciements

Ce mémoire de fin d'étude conclut non seulement mes trois années de formation d'ingénieur par apprentissage, mais également l'ensemble de mon parcours scolaire. Aussi je tiens à remercier dans un premier temps les personnes qui m'ont toujours soutenue, depuis le début jusqu'à maintenant : mes parents, Stéphanie et Nicolas, ainsi que mes deux frères, Maximilien et Colin.

Ensuite je tiens à remercier Flora GANDIN, qui a été ma troisième maître d'apprentissage, pour son aide et sa disponibilité au cours de cette dernière année et pour ce projet. Ses conseils, son suivi et sa présence m'ont été d'un précieux secours.

Mes remerciements vont également à Mathieu BICHAT, mon second maître d'apprentissage pendant plus d'un an et demi, qui m'a enseigné beaucoup de choses et avec qui cela a été un vrai plaisir de travailler.

Je remercie aussi Laurianne FAURE, qui même si elle n'a été ma maître d'apprentissage que pour quelques mois, a fait de son mieux pour m'accompagner au début de l'apprentissage.

Je remercie Frédéric MAHE, qui a été mon tuteur école pour ces trois ans ainsi que mon référent pour ce travail de fin d'étude, pour ses nombreux conseils.

Mes remerciements vont également à François BORDEAU, Directeur du Cycle de l'Eau de Chartres Métropole, et à Louis SEMBLAT, Directeur Général des Services Urbains, pour m'avoir donné l'opportunité de travailler ici.

Je souhaite aussi remercier tous mes collègues que j'ai eu le plaisir de côtoyer tous les jours, de la Direction du Cycle de l'Eau et de la Direction Etude et Travaux, pour m'avoir chaleureusement accueillie et fournie de précieux conseils.

Enfin, je remercie tous mes compagnons d'infortune, les apprentis de la promotion 2015-2018, sans qui ces trois ans à l'école n'auraient pas été les mêmes.

Résumé :

Etude hydraulique du réseau d'eaux usées du centre-ville de Chartres Métropole dans le cadre d'une interconnexion (Eure-et-Loir ; 28)

Dans l'optique de centraliser le traitement des effluents de la partie urbaine de la Communauté d'Agglomération de Chartres Métropole, la Direction du Cycle de l'Eau a commandé la construction d'une Station de Traitement des Eaux Usées dimensionnée pour recevoir à long terme les effluents de la majorité des communes périurbaines.

Il est ainsi nécessaire de réaliser une étude pour chaque raccordement de ces communes sur le réseau central existant. Ce Travail de Fin d'Etude s'inscrit dans l'une de ces études et traite de la connexion du réseau d'une de ces communes, Barjouville, sur la partie sud du réseau d'assainissement.

Le réseau d'eaux usées de la partie urbaine est actuellement en **séparatif**, cependant au vu des variations de volumes arrivant actuellement à la station de traitement selon les précipitations, il est mis en évidence l'apport d'eaux pluviales dans les réseaux d'eaux usées. Ces apports indésirables entraînent des mises en charge et débordements des réseaux, pour des pluies d'occurrence mensuelles sur certaines zones.

Pour mener à bien cette étude, une modélisation hydraulique du réseau en situation actuelle et en situation future permettra dans un premier temps d'étudier les impacts de l'apport depuis Barjouville sur le réseau. Dans un second temps, la modélisation permettra de disposer d'un outil sur le long terme pour cibler les zones sensibles sur lesquels il serait intéressant d'agir pour limiter les débordements.

La simulation des situations actuelle et future a permis de montrer que les apports de Barjouville entraîneraient des débordements sur la zone proche du point de raccordement. L'une des solutions à disposition pour le moment est la limitation des apports pluviaux, en amont du point de raccordement dans un premier temps, puis généralisée à l'ensemble de la partie urbaine.

Abstract :

Hydraulic study of the wastewater network in the city-centre of Chartres Metropolis as part of an interconnection (Eure-et-Loir; 28)

One of the aim in a nearby future being the centralisation of wastewater treatment, the Conurbation Community of Chartres Metropolis' Water Cycle Directorate has ordered the construction of a wastewater treatment plant large enough to receive wastewater from most of the suburban towns.

A study for each connection on the current framework is therefore needed. This final thesis is embedded in one of those studies, as the framework of Barjouville's connection is planned.

The wastewater framework in the urban part is a separate sewer system, however, given the changes in daily volume entering the station when there are precipitations, rainwater inflows have been made evidents. Those undesirable inputs lead to overflowing pipes for rainfall happening once a month on some part.

To complete this study, a wastewater framework's hydraulic modelling of both present and futur situations will first allow the studying of the different impacts on the current framework because of Barjouville's connection. In a second time, the model will turn into a tool on the long term to target the sensitive areas on which it might be interesting to act to restrict the flooding.

Simulation of both present and futur situation has showed that input from Barjouville would lead to overflowings in areas near the connection point. One of the solution would be to reduce rainfall inputs, first upstream the connection point and then widespread to the whole urban area.

Sommaire

Remerciements	2
Résumé :.....	4
Abstract :.....	5
Sommaire.....	6
Glossaire	8
Listes des Figures	10
Liste des Tableaux.....	11
Introduction	12
I. Contexte de l'étude	14
1.1] Gestion de l'eau et de l'assainissement	14
1.2] Présentation de la zone d'étude	15
1.2.1] Caractéristiques générales	15
1.2.2] Projet de raccordement de Barjouville sur Luisant.....	16
1.3] Fonctionnement du réseau d'eaux usées	18
1.3.1] Types d'effluents rejetés.....	18
1.3.2] Réseau de collecte des eaux usées	20
1.3.3] Traitement des eaux usées	23
II. Débits entrants dans le réseau.....	24
2.1] Estimations des rejets d'eaux usées.....	24
2.1.1] Eaux usées domestiques	24
2.1.2] Eaux usées industrielles	28
2.2] Estimation des eaux claires parasites.....	31
2.2.1] Problématique des eaux claires parasites.....	31
2.2.2] Eaux claires parasites météoriques.....	32
2.2.3] Eaux claires parasites permanentes.....	34
III. Construction et calage du modèle.....	38
3.1] Construction du modèle.....	38
3.2] Calage du modèle.....	39
3.3.1] Calage en temps sec.....	39
3.3.2] Calage en temps de pluie	42

IV. Diagnostic.....	44
4.1] Nouvelles pluies de projet.....	44
4.2] Situation actuelle.....	45
4.2.1] Autocurage du réseau	45
4.2.2] Zones de mises en charge et points de débordements	48
4.2.3] Zone de raccordement de Barjouville	49
4.3] Situation future	51
4.3.1] Evolution du modèle	51
4.3.2] Zones de mises en charge et points de débordements	56
4.3.3] Zone de raccordement de Barjouville	57
4.4] Solutions et estimation tarifaire.....	59
4.4.1] Changement du collecteur	59
4.4.2] Techniques de recherche de surfaces actives.....	60
4.4.3] Bilan financier.....	61
Conclusion	63
Bibliographie.....	64
Annexes.....	66

Glossaire

Le Glossaire suivant reprend les définitions **des mots en gras** dans le corps du mémoire.

Autocurage : phénomène de nettoyage des égouts par le seul écoulement des effluents dans le collecteur.

Autosurveillance : dispositif règlementaire de surveillance des réseaux d'eaux usées et des stations d'épurations afin d'en maintenir et vérifier le fonctionnement.

Assainissement collectif : système d'assainissement dans lequel les eaux usées sont collectées dans des canalisations pour être acheminées vers une station d'épuration où elles seront traitées.

Assainissement non collectif : système de traitement individuel des eaux usées par une micro-station ou un filtre compact par exemple, normalement situé directement sur la parcelle portant le bâtiment, l'habitation.

Bassins Versants (BV) : espace délimité par des lignes de crêtes dont les eaux alimentent un **exutoire** commun.

Boite de branchement : regards permettant de contrôler et entretenir le raccordement de la parcelle au réseau d'eaux usées. Sa présence indique l'existence d'un branchement sur le réseau d'eaux usées ou d'eaux pluviales. La boite de branchement délimite aussi la partie privée du branchement de la partie publique.

Communauté d'Agglomération : une communauté d'agglomération est un Établissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI) à fiscalité propre, ce qui veut dire que ses fonds ne viennent pas uniquement des autres communes (taxes, redevances des différents services...) mais aussi des impôts prélevés auprès des usagers.

Compétences : les compétences d'un organisme public désignent les fonctions que l'État (ou la loi) lui confie. De ce fait, un établissement public a uniquement la possibilité d'agir dans le cadre des compétences qui lui sont déléguées.

Eaux Claires Parasites de Captages (ECPC) : intrusions d'eaux claires ponctuelles dans le réseau d'assainissement. Les ECPC permanentes sont liées à la collecte de ruisseaux canalisés puis utilisés sur leur partie aval comme collecteurs d'eaux usées. Il peut aussi s'agir d'eaux de refroidissement provenant d'industriels. Les ECPC permanentes sont généralement associées aux ECPI. Les ECPC non permanentes sont dues à un épisode pluvieux et sont aussi qualifiées d'Eaux Claires Parasites Météoriques (ECPM).

Eaux Claires Parasites d'Infiltrations (ECPI) : infiltrations diffuses de la nappe, les réseaux d'eaux usées n'étant pas nécessairement étanches du fait d'anomalies structurelles (cassures, effondrement...), d'assemblages (décalages, déboitements...), ou d'étanchéité (racines). Ces apports peuvent être permanents (en cas de basses eaux) ou non permanents (fluctuations de la nappe).

Eaux Claires Parasites Météoriques (ECPM) : ont pour origine des raccordements non conformes ou illicites des branchements d'eaux pluviales (gouttières, descentes de garage...) ou des raccordements incorrects d'avaloirs en domaine public. Elles peuvent également provenir de captage de cours d'eau par mises en charge de déversoirs d'orages.

Effluents domestiques : eaux usées issues des lavabos, des douches, des éviers de la cuisine, des machines à laver et sanitaires.

Effluents non domestiques: eaux usées issues des activités professionnelles, industrielles, commerciales ou artisanales avec une composition différente des effluents domestiques.

Exutoire : point d'évacuation des eaux provenant d'un Bassin Versant (BV).

Maitre d'ouvrage : personne physique ou morale porteuse d'un besoin, qui définit les objectifs d'un projet, son budget et l'échéance de réalisation.

Police de l'eau : désigne les activités d'instruction et de contrôle de la protection et de la qualité de l'eau qui dépendent de l'Etat et visent l'application des lois sur la ressource en eau.

Rendement épuratoire : aussi appelé rendement d'épuration, correspond au rapport entre la pollution éliminée et la pollution traitée.

Réseau unitaire : système d'assainissement où les eaux usées et eaux pluviales transitent dans une même canalisation et donc se mélangent.

Réseau séparatif: système d'assainissement où les eaux usées sont collectées séparément des eaux pluviales.

Société d'Economie Mixte à Opération Unique (SEMOP) : entreprise Publique Locale, fonctionnant en contrat unique et nécessitant deux actionnaires. Le premier est l'actionnaire public, c'est-à-dire une collectivité ou un groupement de collectivités. Le second est un opérateur économique privé, une entreprise ou un prestataire de services.

Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) : document d'urbanisme français qui détermine un projet à l'échelle d'un territoire pour mettre en cohérence les différentes politiques en matière d'habitat, mobilité, environnement.

Schéma Directeur d'Assainissement (SDA) : document qui intègre le zonage d'assainissement, c'est-à-dire les différentes zones disposant d'un assainissement collectif ou non, une ou des propositions de travaux, avec leur dimensionnement, planification et programmation. Ce document sert à définir la politique d'assainissement du territoire.

Télérelève : ensemble de dispositifs permettant de relever des informations provenant d'un compteur à distance par un outil de communication.

Temps de séjour : temps moyen nécessaire pour qu'une molécule traverse le réacteur, bassin ou système depuis le point d'entrée jusqu'à la sortie.

Listes des Figures

Figure 1: Sensibilité aux remontées de nappes.....	15
Figure 2 : Positionnement des stations de traitement d'eaux usées de Chartres Métropole	16
Figure 3: Raccordement de Barjouville sur Luisant	17
Figure 4 :Synoptique du réseau d'eaux usées étudié.....	19
Figure 5: Carte des postes de refoulement.....	20
Figure 6: Schéma d'un poste de refoulement	21
Figure 7 : Déversoirs d'orage Docteur Baudin et Philarètes Chasles	22
Figure 8 : Débit et pluviométrie mesurés sur la STEU en septembre 2017	23
Figure 9: Profil de variation eau potable pour Lucé	25
Figure 10 : Variation journalières des coefficients pour Lucé	27
Figure 11 Profil de rejet d'eaux usées pour l'Odysée	28
Figure 12: Débits et coefficients de rejet pour Reckitt Benckiser	29
Figure 13: Débits et coefficients de rejet pour Guerlain	30
Figure 14: Débits et coefficients de rejet pour Novo Nordisk.....	30
Figure 15: Régression linéaire sur les apports pluviaux	32
Figure 16 : Estimation des eaux parasites d'infiltrations	35
Figure 17: Localisation des points de mesures.....	36
Figure 18 : Modèle du réseau d'eaux usées sous PCSWMM	38
Figure 19: Pluie de calage.....	42
Figure 20 : Carte des zones de mises en charge en situation actuelle.....	46
Figure 21 : Carte des points de débordement en situation actuelle.....	47
Figure 22 : Secteur du raccordement de Barjouville en situation actuelle	49
Figure 23 : Profil en long de la conduite des points 13 à 15	49
Figure 24 : Position du futur poste de refoulement.....	52
Figure 25 : Carte des zones de mises en charge en situation future	54
Figure 26 : Carte des points de débordement en situation future	55
Figure 27 : Secteur du raccordement de Barjouville en situation future.....	57
Figure 28 : Evolution des volumes débordés selon la surface active amont	58
Figure 29 : Périmètre de recherche des intrusions pluviales	58
Figure 30 : Collecteur à renouveler	59

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Dimensionnement du débit d'injection.....	17
Tableau 2: Raccordement à l'assainissement collectif et réseaux en séparatif au 31 /12/2017	18
Tableau 3: Caractéristiques des postes	21
Tableau 4: Paramètres de la STEU.....	23
Tableau 5 : Classification des Eaux Claires Parasites	31
Tableau 6: Caractéristiques des postes et surfaces des bassins versants en amont	33
Tableau 7 : Paramètres des eaux usées et ratios	34
Tableau 8 : Répartition des ECPI selon les mesures de COMA et critiques	37
Tableau 9 : Nombres de démarrage en temps sec.....	39
Tableau 10 : Temps de fonctionnement des pompes en temps sec.....	40
Tableau 11 : Volumes pompés en temps sec	40
Tableau 12 : Comparaison des débits de pointes	41
Tableau 13 : Nombres de démarrage des pompes en temps de pluie	42
Tableau 14 : Temps de fonctionnement des pompes en temps de pluie	42
Tableau 15 :Volume pompé en temps de pluie	43
Tableau 16 : Synthèse des surfaces actives et ECPI après calage	43
Tableau 17: Caractéristiques des pluies de projet	44
Tableau 18 : Volumes débordés en situation actuelle	49
Tableau 19 : Evolution des rejets d'eaux usées en situation future	51
Tableau 20 : Niveaux d'arrêts et démarrages des pompes.....	52
Tableau 21 : Tableau 18 : Volumes débordés en situation future	57
Tableau 22 : Estimation des diamètres à mettre en place.....	59
Tableau 23 : Estimation tarifaire du remplacement de la conduite	61
Tableau 24 : Estimation tarifaire de la recherche d'eaux claires parasites.....	62

Introduction

En France, la mise à disposition de la ressource en eau est une responsabilité publique. Au début du XXème siècle, une gestion publique de l'eau s'est instaurée, avec pour objectif l'accès pour tous à l'eau potable. Depuis les lois de décentralisation de 1982 et 1983, le rôle de l'Etat dans le domaine de l'eau se limite à la **Police de l'eau** (contrôle de la protection et de la qualité de l'eau), ainsi qu'à la garantie de la santé et sécurité publique. De ce fait, les services d'adduction d'eau potable et d'assainissement sont organisés par les communes et leurs regroupements.

La **Communauté d'Agglomération** de Chartres Métropole, située dans le département d'Eure-et-Loir, est une structure intercommunale qui regroupe 66 communes et 136 217 habitants répartis sur 858 km² depuis le 1er janvier 2018.

Selon l'article L.5216-5 du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT), de par son statut de **communauté d'agglomération**, Chartres Métropole récupère certaines **compétences** des communes qui la rejoignent [1]. Certaines de ces **compétences** sont obligatoires, telles que le développement économique ou l'aménagement de l'espace communautaire. D'autres **compétences** sont facultatives, comme l'assainissement et l'eau potable, reprises également par Chartres Métropole.

La Direction du Cycle de l'Eau de Chartres Métropole est responsable de la gestion des réseaux et ouvrages d'eau potable et d'assainissement. Elle s'occupe également de la protection de la ressource en eau et de la gestion du milieu naturel.

Elle a également acquis en 2016 PCSWMM, un logiciel de modélisation des réseaux d'eaux usées, et souhaite avoir un modèle de ses réseaux pouvant servir d'aide à la prise de décision pour de nouveaux travaux.

Ce Travail de Fin d'Etude consistera à créer un modèle global du réseau d'eaux usées de la partie centrale de la **Communauté d'Agglomération** de Chartres Métropole, sans s'intéresser à la partie pluviale, puis à étudier plus particulièrement le secteur Sud pour mettre en évidence les éventuels impacts du raccordement d'une commune voisine dont la station de traitement des eaux usées n'est plus aux normes, la commune de Barjouville.

Après une rapide présentation du contexte d'étude, une estimation des débits sera faite, suivie de la construction et du calage du modèle. Enfin, les premiers résultats de l'étude, concernant le diagnostic du fonctionnement actuel et futur du réseau d'assainissement, seront approfondis.

I. Contexte de l'étude

1.1] Gestion de l'eau et de l'assainissement

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 précise la répartition des **compétences** entre l'État et les différents types de collectivités territoriales. En plus des **compétences** obligatoires qui lui reviennent en tant que **communauté d'agglomération** selon l'article L. 5215-20 du CGCT, Chartres Métropole exerce des **compétences** optionnelles dont :

- ❖ L'assainissement des eaux usées et, si nécessaire, la collecte et le stockage des eaux pluviales ainsi que le traitement des pollutions si ces eaux pluviales sont trop contaminées pour être rejetée dans le milieu.
- ❖ La production et distribution d'eau potable.

Au 1er janvier 2020, selon les clauses de la loi NOTRe, les **compétences** de l'eau et de l'assainissement deviendront obligatoires pour les communautés d'agglomérations.

Dirigée par M. François BORDEAU, la Direction du Cycle de l'Eau est composée de 24 personnes et est responsable de la gestion des réseaux d'eau potable et d'assainissement. Elle s'occupe également de la protection de la ressource en eau et de la gestion du milieu naturel. L'organigramme de la Direction du Cycle de l'Eau est présenté en Annexe 1.

Jusqu'en 2016, les services de l'eau et de l'assainissement à Chartres Métropole fonctionnaient selon une régie partielle, la partie urbaine composée des 7 communes centrales étant gérée par Veolia, la couronne périurbaine par Chartres Métropole directement. Désormais ces services sont assurés par deux **Société d'Economie Mixte à OPération unique (SEMOP)**, avec pour partenaire privé Aqualter Exploitation.

Depuis le 1er janvier 2016, la responsabilité de la production et de la distribution d'eau potable sur le territoire de Chartres métropole est confiée à la CM Eau. Une seconde SEMOP est créée pour le service de l'assainissement au 1er janvier 2018, la CM Assainissement. La CM Assainissement gère 350 km de réseau d'eaux usées et 25 Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU) réparties sur le territoire.

Chartres Métropole conserve le contrôle du service d'assainissement et du service eau potable, assurant son rôle de **maître d'ouvrage**. De plus, la gestion des réseaux et ouvrages d'eaux pluviales ainsi que les missions du Service Public d'**Assainissement Non Collectif** (SPANC) pour les habitations qui sont en assainissement individuel restent à la Direction du Cycle de l'Eau de Chartres Métropole. Elle engage par ailleurs des travaux d'extension de **l'assainissement collectif** et de raccordement des nouveaux réseaux d'eaux usées à ceux déjà existants des communes voisines. Ces raccordements se font à condition que les réseaux ainsi que la station de traitement soient capable d'accepter la charge et le débit supplémentaires. L'étude concerne le réseau d'eaux usées des 7 communes urbaines et s'inscrit dans le cadre du raccordement du réseau d'assainissement d'une commune voisine au réseau urbain existant.

Les missions confiées à CM Eau et CM Assainissement sont détaillées en Annexe 2.

1.2] Présentation de la zone d'étude

1.2.1] Caractéristiques générales

Depuis sa création en décembre 2000, la **communauté d'agglomération** de Chartres Métropole a fortement évolué avec les fusions successives de différentes communautés de communes aux alentours. Au 1er janvier 2018, la **Communauté d'Agglomération** de Chartres Métropole réunit 66 communes. Le secteur urbain de la **communauté d'agglomération** est constitué des 7 communes d'origine. Les 59 autres communes composent la couronne périphérique périurbaine. La carte de Chartres Métropole est présentée en [Annexe 3](#).

Le territoire de l'étude est situé dans le **bassin versant** de l'Eure, qui est un affluent de la rive gauche de la Seine et s'écoule selon une direction Nord-Ouest/Sud-Est entre Saint-George-Sur-Eure et Thivars puis du Sud vers le Nord entre Morancez et Jouy.

Les principaux affluents de l'Eure au sein du territoire, présentés en [Annexe 4](#) sont :

- ❖ le ravin d'Oisemont, entre Nogent-sur-Eure et Fontenay-sur-Eure,
- ❖ la Roguenette entre Nogent-le-Phaye et Saint-Prest ,
- ❖ le Couason, entre Bailleau-l'Evêque et Lèves,

Le régime hydraulique de l'Eure et de ses affluents est de type pluvial océanique, caractérisé par des hautes eaux de saison froide et des basses eaux de saison chaude. Le cours de l'Eure est fortement impacté par les activités humaines (digues, gravières...). Les communes riveraines de l'Eure et de la partie aval de la Roguenette sont inondables sur une partie de leur territoire [2].

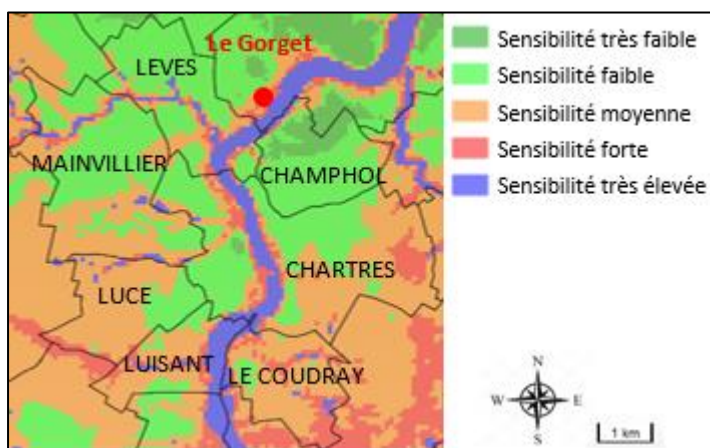


Figure 1: Sensibilité aux remontées de nappes (source: géorisques)

Il existe une importante différence entre le centre-ville, entièrement urbanisé, et la partie périurbaine constituée majoritairement d'exploitations agricoles : la population urbaine représente 62% de la population totale, alors qu'elle n'est répartie que sur 6,7% de la surface du territoire. La démographie de Chartres Métropole est présentée en [Annexe 5](#).

La partie urbaine présente certaines zones sensibles aux remontées de nappes (Figure 1), les zones en bleu correspondant au passage de l'Eure et de ses affluents. De même, les plus hautes valeurs piézométriques de la nappe sont observées d'Octobre à Mars, avec un niveau à environ 3m de profondeur mesuré pendant cette période à la station « Le Gorget » (Saint-Prest) [3].

1.2.2] Projet de raccordement de Barjouville sur Luisant

Sur la partie péri-urbaine, la majorité des communes sont en **assainissement collectif unitaire** et disposent chacune d'une station d'épuration pour traiter leurs effluents. Des communes présentent des habitations en **assainissement non collectif** et le SPANC de Chartres Métropole contrôle et veille au bon fonctionnement de ces installations sanitaires. Les stations de traitement des eaux usées des communes sont localisées sur *l'Annexe 6*.

Le système d'assainissement de la partie urbaine connecte les réseaux des 7 communes urbaines (Champhol, Chartres, Le Coudray, Lèves, Lucé, Luisant et Mainvilliers) et celui d'une commune périurbaine, Gellainville.

La Figure 2 suivante présente le réseau d'assainissement de la partie urbaine et les positions des deux stations de traitement d'eaux usées.

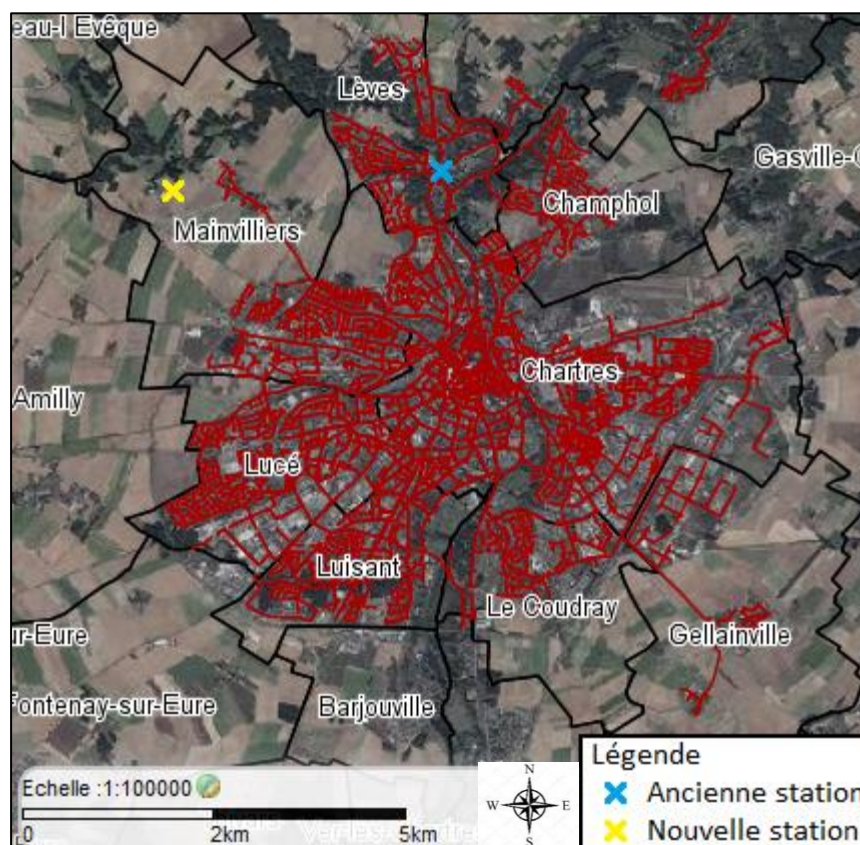


Figure 2 : Positionnement des stations de traitement d'eaux usées de Chartres Métropole (source : Chartres Métropole)

Les effluents étaient précédemment traités à la station de traitement des eaux usées située sur la commune de Lèves. Dans l'optique de besoins futurs, prenant notamment en compte l'augmentation de la population et le raccordement d'autres communes périurbaines dont les stations ne sont plus aux normes, une nouvelle station de traitement, la Station de la Mare Corbonne, a été construite à Mainvilliers et mise en service en juillet 2017. Le poste de pompage situé sur le site de l'ancienne station sert désormais à refouler les effluents vers Mainvilliers après un premiers dégrillage.

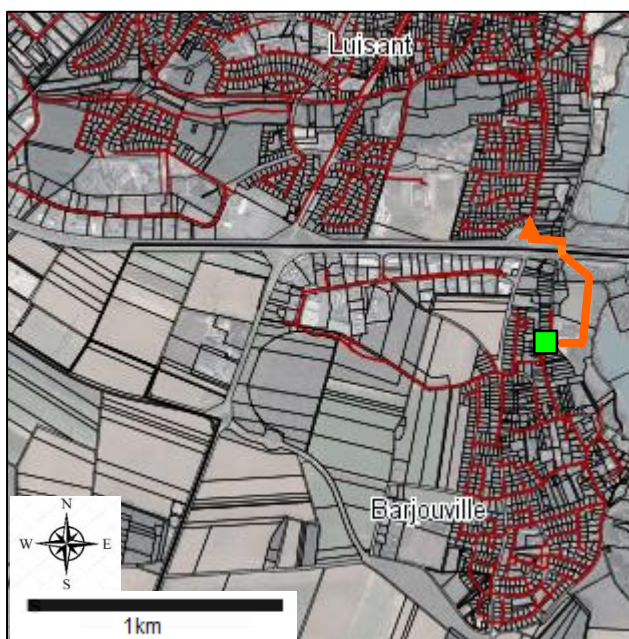


Figure 3: Raccordement de Barjouville sur Luisant
(source: Chartres Métropole)

La commune de Barjouville se situe au sud de la zone urbaine de Chartres Métropole.

Actuellement les effluents sont traités à la STEU existante sur la commune. Les travaux des raccordements des réseaux d'eaux usées à la station de la Mare Corbonne prévoit à long terme la mise hors service des STEU alentour, dont celle de Barjouville.

Dans le cas de Barjouville le poste déjà existant (en vert sur la Figure 3 ci-contre) sur le site sera utilisé pour refouler les effluents jusqu'au sud de Luisant, sur un collecteur de 200 mm de diamètre.

Le poste de refoulement sera également utilisé pour refouler les effluents d'autres communes autour de Barjouville : Dammarie, Ver-Lès-Chartres et Corancez. Les travaux prévoient la création d'un bassin de 280 m³ en amont du poste pour limiter le débit de pointe par temps de pluie et stocker la pluie mensuelle pendant une heure [4]. Le débit qui devra être refoulé a été estimé avec les débits transitant futurs estimés suivants :

	Barjouville	Dammarie	Ver-Lès-Chartres	Corancez
Débits d'eaux usées strictes	423,4 m ³ /j	128 m ³ /j	96 m ³ /j	59 m ³ /j
Débits de pointe horaire d'eaux usées strictes	38 m ³ /h	16 m ³ /h	12 m ³ /h	7 m ³ /h
Débits de pointes horaires avec intrusions d'eaux de nappe	49 m ³ /h	20 m ³ /h	16 m ³ /h	9 m ³ /h
Débits avec intrusions d'eaux pluviales (pluie mensuelle à 5.5mm/h)	800 m ³ /j	720 m ³ /j	248 m ³ /j	114 m ³ /j
Débits de pointe horaire lissé	49 m ³ /h	20 m ³ /h	16 m ³ /h	9 m ³ /h
Total	94 m³/h			

Tableau 1 : Dimensionnement du débit d'injection (source : Chartres Métropole)

Pour le moment, la Direction du Cycle de l'Eau de Chartres Métropole ne dispose pas d'un modèle global de ses réseaux d'eaux usées et doit faire appel à des bureaux d'études externes pour étudier la faisabilité de chaque projet d'interconnexion. Ainsi le modèle sera créé afin d'obtenir :

- ❖ Un diagnostic succinct du réseau en situation actuelle pour déterminer les différentes zones d'insuffisances et anomalies.
- ❖ Un aperçu de la possibilité des différentes connexions futures des réseaux d'assainissement des communes rurales.

1.3] Fonctionnement du réseau d'eaux usées

1.3.1] Types d'effluents rejetés

Les effluents acceptés à la station d'épuration sont **domestiques** et **non domestiques**. Sont également assimilées les eaux de refroidissement, de chauffage, les eaux de piscine collectives et les eaux de process, à condition qu'elles soient traitées. Tout déversement d'effluents autres que domestiques dans le réseau public de collecte doit être préalablement autorisé par le Maire de la commune concernée, après avis de la maîtrise d'ouvrage assainissement de Chartres Métropole, en y adressant une demande de raccordement au réseau. Après étude de la demande, l'autorisation de rejet peut être accordée par un arrêté d'autorisation et d'une convention de déversement, qui définit les conditions techniques et financières d'admissibilité des effluents, autres que domestiques [5].

Sur la zone urbaine de Chartres Métropole, la majorité des effluents collectés sont des effluents de types domestiques qui proviennent :

- ❖ Des habitations
- ❖ Des entreprises des Zones d'Activités Commerciales (ZAC) situés à Luisant, Chartres et Barjouville.

Du fait de leur récente fusion avec Chartres Métropole au 1^{er} janvier 2018, les informations sur le taux de raccordement à l'assainissement ainsi que les caractéristiques des réseaux d'eaux pluviales des 20 nouvelles communes ne sont pas encore connues. Le tableau suivant reprend les taux de raccordement à l'assainissement sur les parties urbaine et péri-urbaine [6].

	Partie urbaine	Partie périurbaine	Total
Nombre d'habitations raccordées	33 834	11 178	45 012
Nombre total d'habitations	35 435	15 454	50 889
Taux de raccordement	95.5%	72.3%	88,5%
Communes en unitaire	0/7	13/56	13/66
Longueur de réseau	334 km	74 km	408 km

Tableau 2: Raccordement à l'assainissement collectif et réseaux en séparatif au 31 /12/2017
(source : Chartres Métropole)

Les entreprises situées sur les ZAC sont considérées comme ayant des rejets d'eaux usées de type domestique dans la mesure où celles-ci sont des entreprises avec une activité de vente, sans rejet qualitativement et/ou quantitativement différent des usagers (exemples : Conforama, GIFI, Optical Center, Casa, Chaussea). Il y a cependant quelques entreprises dont les rejets sont considérés comme **non domestiques** d'un point de vue quantitatif, et qui font l'objet d'une convention de déversement. Ces entreprises sont :

- ❖ Novo Nordisk Production
- ❖ Guerlain
- ❖ Reckitt Benckiser
- ❖ Le centre aquatique de l'Odysée

La Figure 4 suivante présente un synoptique simplifié du réseau d'eaux usées de la partie urbaine.

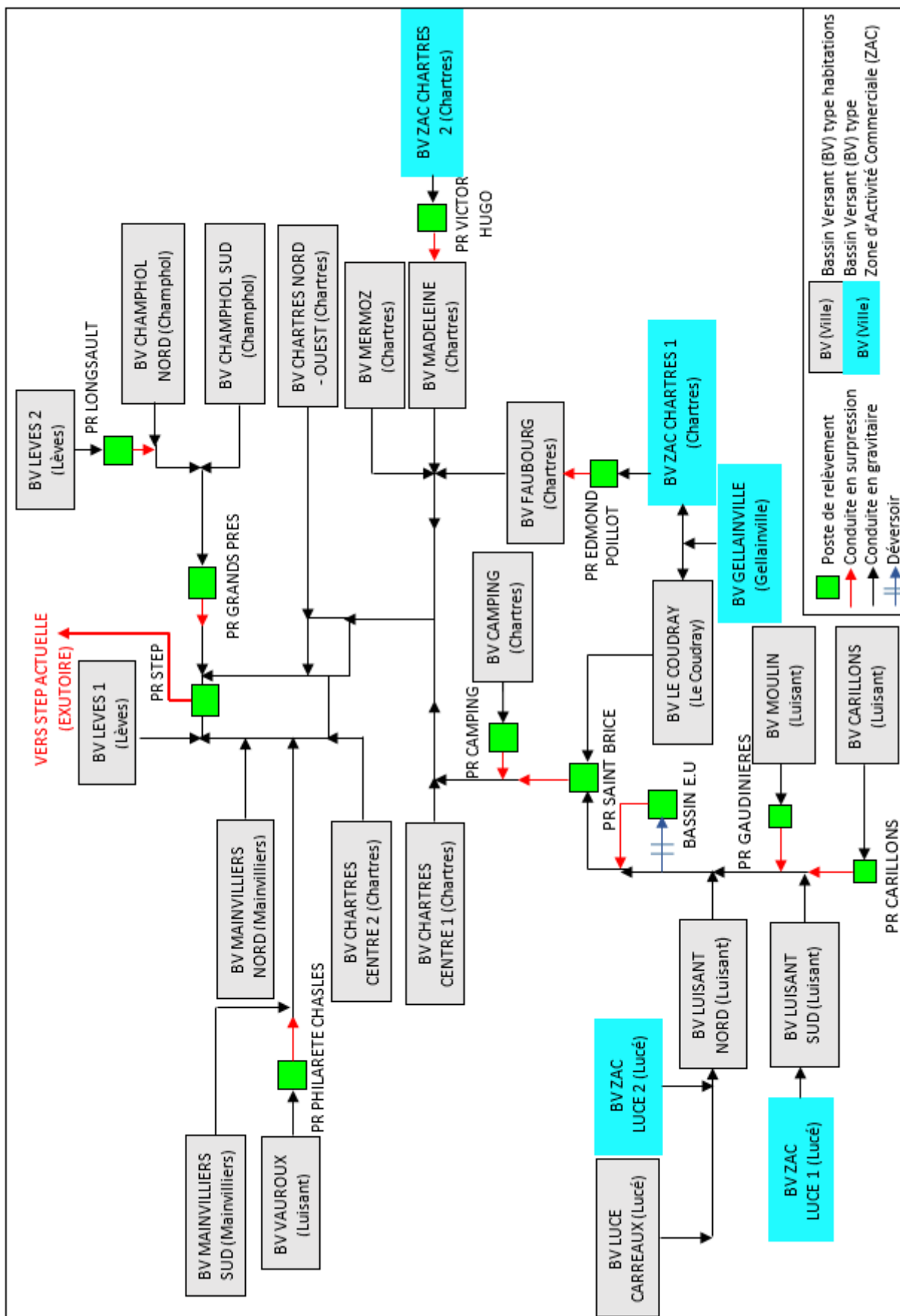
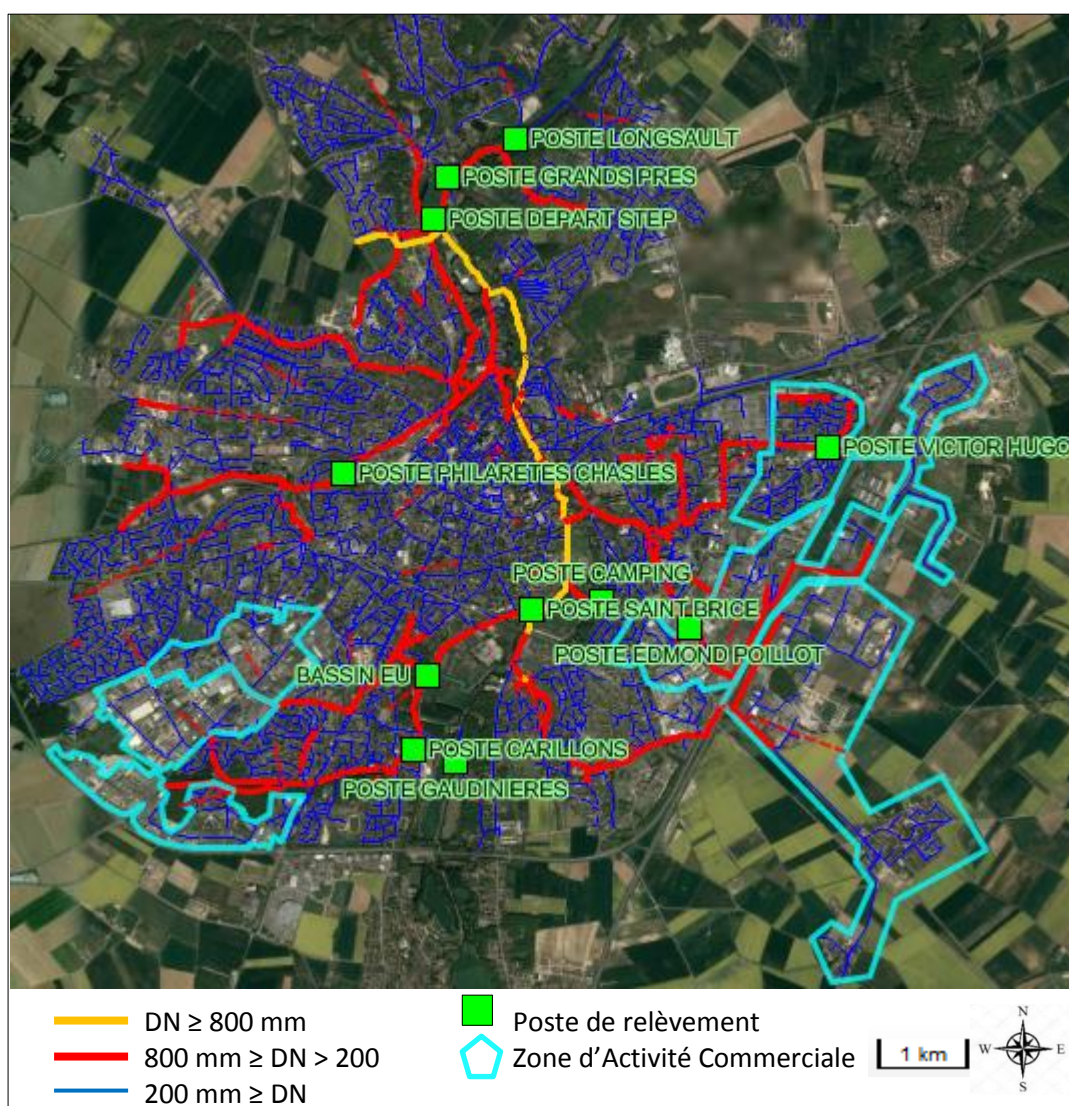


Figure 4 :Synoptique du réseau d'eaux usées étudié (source : personnelle)

1.3.2] Réseau de collecte des eaux usées

Le réseau d'assainissement de la partie urbaine est un **réseau séparatif**. Le réseau est constitué de deux canalisations sur le domaine public, l'une collectant les eaux dites polluées pour les acheminer vers le dispositif de traitement et la seconde collecte les eaux considérées comme non polluées pour les diriger vers le milieu récepteur. La Figure 5 suivante est une carte du réseau d'assainissement urbain avec les postes de refoulement, les Zones d'Activité Commerciale (ZAC) et les canalisations, dont la couleur et l'épaisseur varient en fonction du diamètre DN.



En observant la Figure 5, le réseau d'eaux usées paraît maillé à de nombreux endroits. Ce n'est cependant pas le cas et les seuls mailles réellement existantes sont celles représentées sur le synoptique en Figure 4, à savoir en centre-ville avant le poste de refoulement de l'ancienne station de traitement ainsi qu'au raccordement de Gellainville entre Chartres et Le Coudray.

Les mailles observées en centre-ville s'expliquent par le fait qu'en plusieurs endroits la première canalisation a été doublée par une seconde pour la décharger et ainsi éviter au mieux les débordements.

Le logiciel TOPKAPI et les différents capteurs dont sont équipés les postes en permettent la supervision. Sont notamment récupérées les informations suivantes : le temps de fonctionnement des pompes sur la journée et le nombre de démarrages sur la journée.

❖ Ouvrages particuliers :

Le relief est très peu prononcé sur l'ensemble du territoire de Chartres Métropole. De par ce profil plat, plusieurs postes de relevage dont 11 postes principaux représentés par des carrés verts sur la figure précédente, sont implantés afin de relever la ligne piézométrique.

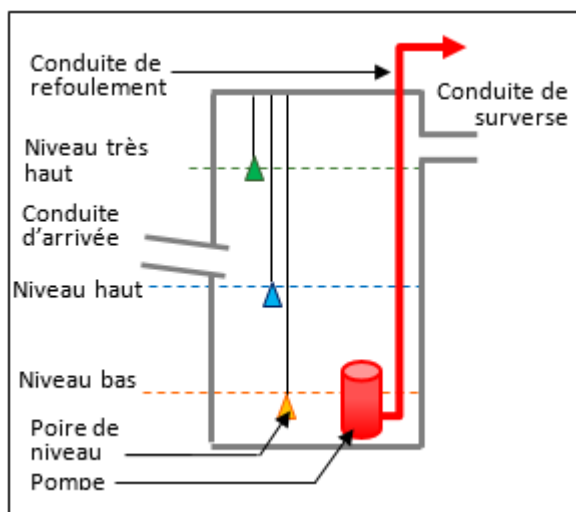


Figure 6: Schéma d'un poste de refoulement
(source : personnelle)

Les **postes de refoulement** sont composés d'une ou plusieurs conduites d'arrivée, d'une bache de rétention qui contient les pompes avec les différentes poires de niveau et d'une canalisation de refoulement.

Les poires de niveau commandent les démarrages et arrêts des pompes. Le niveau bas correspond à l'arrêt des pompes, le niveau haut commande le démarrage des pompes. Une dernière poire indique l'arrivée du niveau d'eau au trop plein ou surverse et permet le démarrage de la pompe de secours quand il y en a une.

Le tableau suivant reprend les différentes caractéristiques des postes principaux.

Nom du poste (nombre de pompes)	Volume (m ³)	Niveau bas (m)	Niveau haut (m)	Niveau très haut (m)	Débit (l/s - m ³ /h)
PR Carillons (2)	4.5	0.3	0.8	-	14 - 50
PR Camping (2)	37	1.3	3.7	-	6.3 - 23
Bassin EU (2)	400	0.5	0.8	-	25 - 90
PR Gaudinières (3)	18	0.25	0.4	0.7	5.7 - 21
PR Edmond Poillot (3)	27	0.8	1.2	1.8	30.5 - 110
PR Victor Hugo (3)	21	0.6	1	1.1	44.45 - 160
PR Longsault (3)	3.5	0.4	0.5	1	13 - 47
PR Grands Près (3)	83	0.8	1	1.2	60 - 216
PR Saint Brice (3)	25	1	1.5	1.9	55.5 - 200
PR Philarètes Chasles (3)	35	0.7	0.9	1.1	60 - 216

Tableau 3: Caractéristiques des postes (source : Chartres Métropole)

En fonctionnement normal, les pompes tournent en alternance. Lorsqu'il y a trois pompes par poste, deux pompes tournent simultanément et la troisième est sollicitée pour le niveau « très haut ». S'il n'y en a que deux, une pompe seulement tourne et la seconde se met en marche au niveau « très haut ».

Il est à noter que le poste « Philarète Chasles » présente un défaut au moment de l'étude. En effet le l'appel de puissance provoqué par le démarrage de la troisième pompe génère une baisse de tension sur le réseau de distribution d'électricité, impactant les usagers proches du poste qui se retrouvent avec une tension insuffisante. Ainsi le poste est actuellement configuré pour ne faire tourner que deux pompes ensemble, même si le niveau « très haut » est atteint.

Le bassin de rétention d'eaux usées (Bassin EU sur les Figures 4 et 5) est un bassin de transit à connexion latérale, construit en parallèle du réseau d'eaux usées principal. L'entrée d'eau dans le bassin est régulée par un déversoir latéral qui n'est sollicité que lorsque le réseau monte en charge. Le débit d'eau refoulé par les pompes permet de limiter le débit à l'aval tout en évitant la mise en charge en amont et donc les débordements. Le schéma du bassin de rétention est disponible en [Annexe 7](#).

Hormis le déversoir du bassin de rétention, deux autres déversoirs sont connus sur le réseau d'eaux usées de la partie urbaine de Chartres Métropole et sont présentés sur la Figure 7.

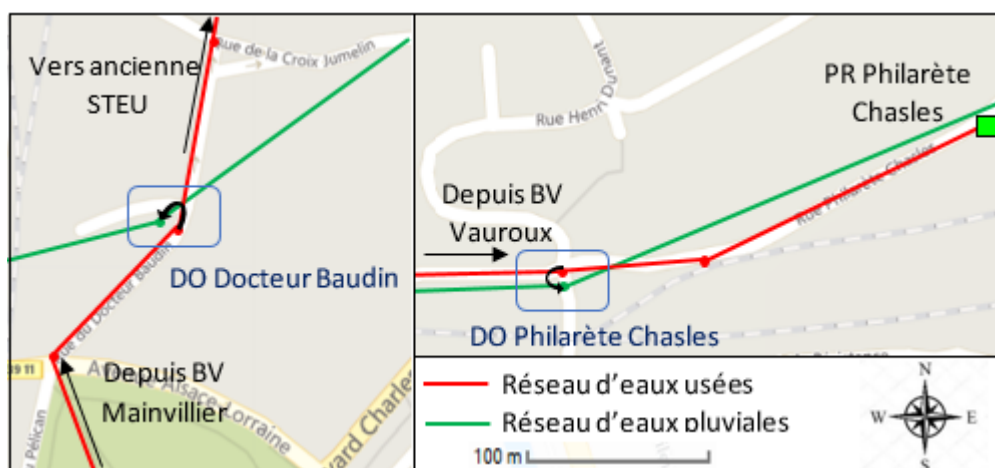


Figure 7 : Déversoirs d'orage Docteur Baudin et Philarètes Chasles (source : personnelle)

Le premier est situé en amont du poste « Philarète Chasles » et constitue en fait son trop plein. Le seuil est placé à 1.68 m au-dessus du radier du collecteur. Cependant la hauteur de la crête du déversoir est à 141.6 m NGF et ainsi est plus haute que le niveau du poste Philarète Chasles, à 141 m NGF. Ainsi le poste peut déborder avant que le déversoir ne soit sollicité. Le déversoir « Philarète Chasles » se déverse dans un ruisseau canalisé, Le Couasnon, situé à proximité. Ce cours d'eau est à sec, sauf en période de pluie où il collecte les eaux pluviales de certaines communes rurales situées à l'Ouest de la zone d'étude.

Le second déversoir est situé plus en aval, peu avant le poste de l'ancienne station de traitement des eaux usées dans la rue du Docteur Baudin. Le seuil est placé à 44 cm au-dessus du radier du collecteur. Il se déverse également dans le réseau d'eaux pluviales.

La présence de déversoirs d'orage sur la partie eaux usées du **réseau d'assainissement séparatif** est à imputer à la présence de dépôts susceptibles de faire déborder le réseau. Pour pallier à ceci des déversoirs ont été construits. Il est également à noter l'existence de déversoirs d'orages non déclarés par Veolia au moment de leur contrat et qui ne sont donc pas renseignés sur les plans à disposition. L'un des objectifs à long terme de la Direction du Cycle de l'Eau de Chartres Métropole est de supprimer ces déversoirs non déclarés.

1.3.3] Traitement des eaux usées

Les communes urbaines sont raccordées à la station de traitement des eaux usées de La Mare Carbonne, laquelle a pour vocation première le traitement des **eaux usées domestiques** et est dimensionnée pour 160 000 EH, avec extension possible à 212 000 EH. Les sociétés sont également autorisées à y déverser les matières provenant des fosses d'aisances, les sables et produits de curages des réseaux ainsi que les graisses liquides des bacs dégraisseurs. Chartres Métropole en a confié la gestion et l'exploitation à la société Aqualter pendant une période de deux ans depuis le 19 juillet 2017 [7]. A partir de juillet 2019, la station sera intégrée au contrat avec CM Assainissement jusqu'à fin 2025.

	Charge maximale selon Diagnostic Technique Global	Valeur Moyenne - Max en entrée	Rendement moyen
Débit (m ³ /jour)	31 800	18 658 - 28 512	-
DBO5 (kg/jour)	9 600	3 773 - 5 244	93.28%
DCO (kg/jour)	23 561	13 432 - 10 185	96.59%
MES (kg/jour)	12 643	4 989 - 7 662	97.93%
NTK (kg/jour)	2 273	1 061 - 1 210	95.96%
Pt (kg/jour)	338	122 - 146	94.23%

Tableau 4: Paramètres de la STEU (source : Chartres Métropole)

Le réseau d'assainissement étant en **séparatif**, le volume d'eau journalier arrivant à la STEU devrait donc être globalement constant. De ce fait, la différence observée entre le débit moyen et le débit maximum observé depuis la mise en route de la station n'est pas normale. Au vu de la Figure 8 suivante, les différences de débits proviennent d'apport d'eaux pluviales.

En période de temps sec uniquement, une moyenne de 14 675 m³/j arrivent à la station de traitement des eaux usées.

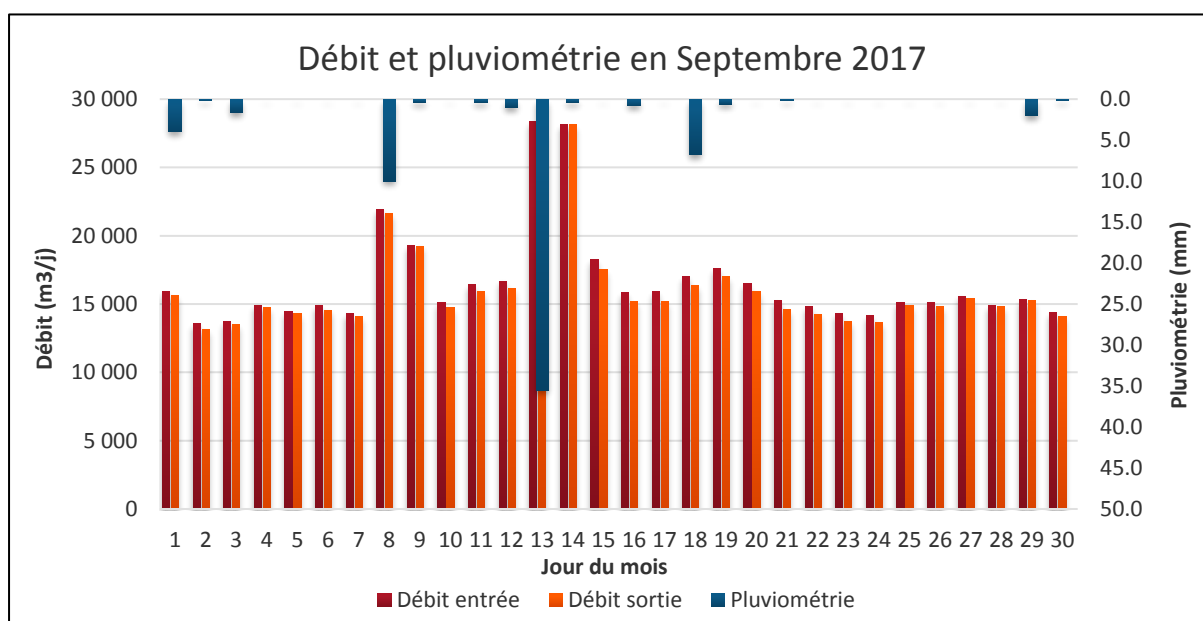


Figure 8 : Débit et pluviométrie mesurés sur la STEU en septembre 2017 (source : Chartres Métropole)

II. Débits entrants dans le réseau

Il convient de s'intéresser à présent aux différents débits qui seront injectés dans le réseau d'assainissement. Le réseau étudié est un **réseau d'assainissement en séparatif**, nous ne nous intéressons pas à la partie pluviale mais uniquement aux eaux usées.

2.1] Estimations des rejets d'eaux usées

2.1.1] Eaux usées domestiques

Les premiers apports à prendre en compte sont les rejets d'eaux usées dans le réseau d'assainissement. Afin d'estimer les débits des **eaux usées domestiques** et leurs variations, nous disposons :

- ❖ d'un tableau récapitulatif des données de facturation sur les communes concernées par l'étude, avec notamment le volume annuel consommé par foyer (m³/ans).
- ❖ des profils de consommations eau potable pour une journée de pointe, renseignés sur le logiciel de modélisation hydraulique Epanet.

A partir du tableau de facturation, il est donc possible d'estimer le débit moyen de rejet d'eaux usées pour chaque foyer, en faisant la somme des débits d'eau potable. Nous supposons que 80% du volume moyen d'eau potable consommée est rejeté dans le réseau [8]. Les 20% retirés correspondent aux consommations comptées et non rejetées dans le réseau d'eaux usées (lavage des cours privées, arrosage des espaces privés, boisson et cuisine, eau entrant dans la fabrication artisanale ou industrielle de boissons ...).

Le territoire étudié sera divisé en secteurs, correspondant aux différents **bassins versants** renseignés sur le synoptique du réseau d'assainissement vu précédemment (voir Figure 4) sur lesquels nous veillerons avec le logiciel Epanet à ce que les profils de consommations soient similaires.

Ainsi pour un secteur considéré, avec :

- ❖ $Q_{EU\text{domestique}}$ (l/s) le débit moyen d'**eaux usées domestiques** rejetées dans le réseau
- ❖ Q_{AEP} (l/s) le débit moyen d'eau potable consommée, soit la somme des consommations d'eau potable des n foyers sur le secteur
- ❖ Q_{AEPi} (m³/ans) le volume annuel consommé pour un foyer i sur les n foyers du secteur

$$Q_{EU\text{domestique}} = 80\% Q_{AEP} = 80\% \sum_{i=1}^n \frac{Q_{AEP\ i}}{365 * 24 * 3.6}$$

Le débit journalier d'**eaux usées domestiques** arrivant à la station de La Mare Corbonne déterminé avec les calculs précédents est estimé à 10 072 m³/j.

Il convient à présent de s'intéresser à la variation sur la journée de ce débit moyen. Nous disposons des variations de consommations d'eau potable, renseignés sur le logiciel EPANET.

Les débits d'eau potable consommés sur EPANET à chaque pas de temps correspondent donc au débit de base renseigné au point de consommation d'eau sur la modélisation hydraulique multiplié par le coefficient (ou multiplicateur) indiqué. Les coefficients sont donnés au pas de temps 5 minutes ; il y a donc 288 coefficients sur un profil journalier.

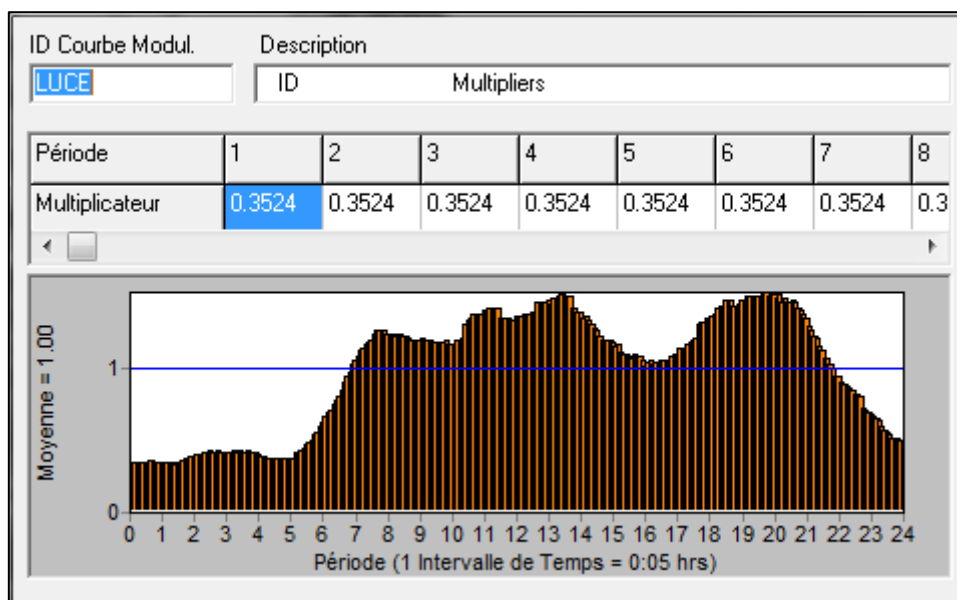


Figure 9: Profil de variation eau potable pour Lucé (source : Chartres Métropole)

Les rejets d'eaux usées calculés étant liés à des activités domestiques, les variations journalières de ces rejets devraient suivre celles des consommations d'eau potable.

Outre les variations d'eaux potables, le débit à prendre en compte en eaux usées pour un projet en un point donné du réseau, appelé nœud, est une valeur maximale appelée le rejet de pointe Q_p . Ce débit de pointe est obtenu en multipliant le rejet moyen Q_{moyen} par un coefficient de pointe C_p [9]. Le coefficient C_p est défini par la formule suivante et majoré à 4 :

$$C_p(\text{sans unités}) = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moyen}(l/s)}}$$

Les valeurs de C_p calculés pour les différents secteurs ne correspondent pas au coefficient maximal renseigné sur le profil d'eau potable.

Ces profils d'eaux potables tiennent compte des fuites sur le réseau (débit de 0h à 5h). Nous supposons que les débits de nuit sont uniquement dus aux eaux claires parasites définies plus tard et qu'ainsi il n'y a pas de **rejets domestiques** entre 0h et 5h. Il convient donc d'adapter le profil pour :

- ❖ Supprimer ce débit de fuite en éliminant les coefficients minimaux C_{MIN}
- ❖ Avoir un rejet de pointe Q_p , auquel correspond un coefficient C_p
- ❖ Conserver une moyenne des coefficients égale à 1

❖ Première proposition de formule :

$$C_{EU} = C_{AEP} - C_{MIN}$$

Donc selon cette formule, nous aurions, avec $C_{AEP \max}$ le maximum des coefficients C_{AEP} pour un profil donné :

$$Cp = C_{AEP \max} - C_{MIN}$$

Cette formule ne peut pas être validée car elle ne permet pas de respecter les valeurs de Cp ni la moyenne des C_{EU} à 1.

❖ Deuxième proposition de formule :

$$C_{EU} = a(C_{AEP} - C_{MIN})$$

Où a est un coefficient à définir et adapter selon les profils. Nous aurions alors :

$$Cp = a(C_{AEP \max} - C_{MIN})$$

Cette formule ne peut pas être validée car même si elle permet de respecter les valeurs de Cp , les écarts entre les autres valeurs de C_{EU} qui en résultent ne permettent pas d'obtenir la moyenne des C_{EU} à 1.

Il nous faut une formule qui permette d'augmenter certaines valeurs de C_{EU} pour obtenir la valeur Cp désirée tout en diminuant certaines, ce qui revient à creuser les écarts pour permettre une moyenne à 1.

❖ Troisième proposition de formule :

$$C_{EU} = a(C_{AEP} - C_{MIN})^b$$

Où a et b sont des coefficients à définir et adapter selon les profils.

Cette formule permet d'obtenir la valeur Cp , car elle permet d'augmenter les valeurs de C_{EU} quand $(C_{AEP} - C_{MIN}) > 1$ et les diminuent si $(C_{AEP} - C_{MIN}) < 1$.

Les valeurs uniques des coefficients a et b peuvent être déterminés pour chaque profil à l'aide d'un solveur car il s'agit d'un système de deux équations à deux inconnues :

$$1) Cp = a(C_{AEP \max} - C_{MIN})^b = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moyen}(l/s)}}$$

$$2) \frac{\sum C_{EU}}{288} = 1$$

Le graphique suivant reprend un exemple des profils eau potable et eaux usées au pas de temps 5 minutes.

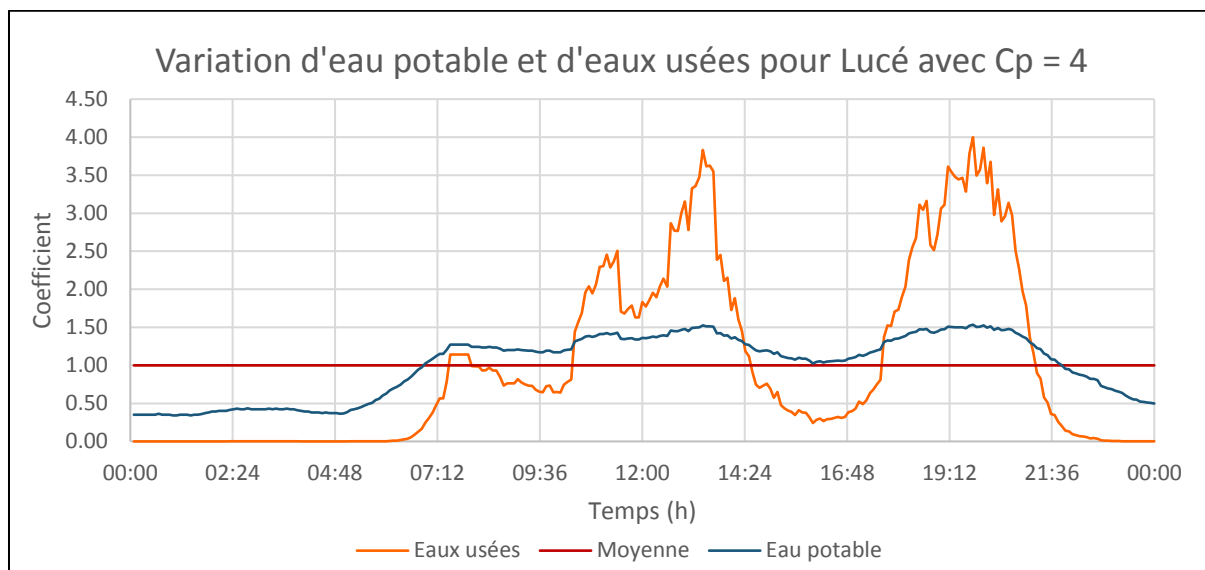


Figure 10 : Variation journalières des coefficients pour Lucé (source : personnelle)

Après comparaison des débits de pointes de rejet d'eaux usées avec les débits de pointes d'eau potable sur la modélisation Epanet, nous vérifions bien que les rejets d'eaux usées soient toujours inférieurs aux consommations d'eau potable.

Remarques :

- ❖ Cette formule est amplement critiquable, dans la mesure où elle ne repose sur aucune formule empirique. Elle présente notamment des écarts très importants entre les différentes valeurs de C_{EU} , qui ne sont pas forcément représentatifs de la réalité et il sera important de vérifier au moment du calage que les débits injectés maximaux soient cohérents avec les débits maximaux réellement mesurés.
- ❖ De plus, les pointes sont très courtes dans le temps sur ces profils, ce qui signifierait que tous les rejets dans le réseau d'eaux usées se font tous au même moment, ce qui est peu probable.
- ❖ De par l'absence de moyens financiers dédiés, aucune campagne de mesure n'a pu être menée sur les points du réseau d'eaux usées pour estimer les rejets d'eaux usées et les vérifier.

Dans un souci de disperser les points de rejets, et ainsi d'étaler le débit de pointe, différents points d'injection sont créés dans les bassins versants renseignés sur le synoptique.

Les valeurs des coefficients de pointes et les profils de l'ensemble de la zone d'étude sont disponibles en Annexes 8 et 9.

Les débits estimés dans ce point incluent les débits des entreprises présents sur les ZAC ayant des rejets considérés comme **domestiques** et dont les consommations d'eau potable sont renseignées sur le tableau récapitulatif des données de facturation. Les entreprises ayant des rejets **non domestiques**, disposant d'une convention de rejet, sont explicités dans le point suivant.

2.1.2] Eaux usées industrielles

Chartres Métropole compte différents industriels qui sont raccordés au réseau d'assainissement et disposent de conventions de déversements définissant les conditions de rejets : les débits maximaux, les paramètres physico-chimiques et les modalités de contrôles du respect de la convention.

Ces entreprises ont des prélèvements d'eau potable très importants et leurs consommations d'eau potable ne sont pas renseignées dans les données définies. En revanche ils sont soumis à auto-surveillance et sont suivis par Chartres Métropole. Ce sont les quatre entreprises définies dans le 1.3.1], à savoir : l'entreprise Guerlain, le complexe aquatique l'Odysée, l'entreprise Novo Nordisk et l'entreprise Reckitt Benckiser.

❖ Complexe aquatique l'Odysée

L'Odysée est ouvert tous les jours, de 10h à 21h. Au cours de cette tranche horaire, les débits consommés et rejetés sont à imputer aux visiteurs mais la piscine est entretenue le matin entre 8h et 10h ainsi que le soir de 21h à 22h. Selon la convention de rejet dont elle dispose, l'Odysée est autorisée à rejeter 32 m³/h maximum, soit un débit instantané de 8.8 l/s. Ce débit est supposé atteint pendant les pointes de 8h à 10h et de 21h à 22h. Le reste du volume consommé est supposé uniforme de 10h à 21h.

L'Odysée a une consommation d'eau potable moyenne de 7095 m³/mois, soit 236 m³/j. Il sera fait ici l'hypothèse que l'ensemble des débits consommés sont rejetés dans le réseaux d'assainissement, du fait que la quantité d'eau utilisée comme boisson est négligeable comparée à l'eau utilisée pour les sanitaires et l'entretien.

Il est possible de déduire le profil de rejet d'eaux usées de l'Odysée. Le graphique suivant reprend le profil de rejet d'eaux usées ainsi que les débits rejetés correspondants en se basant sur ces hypothèses.

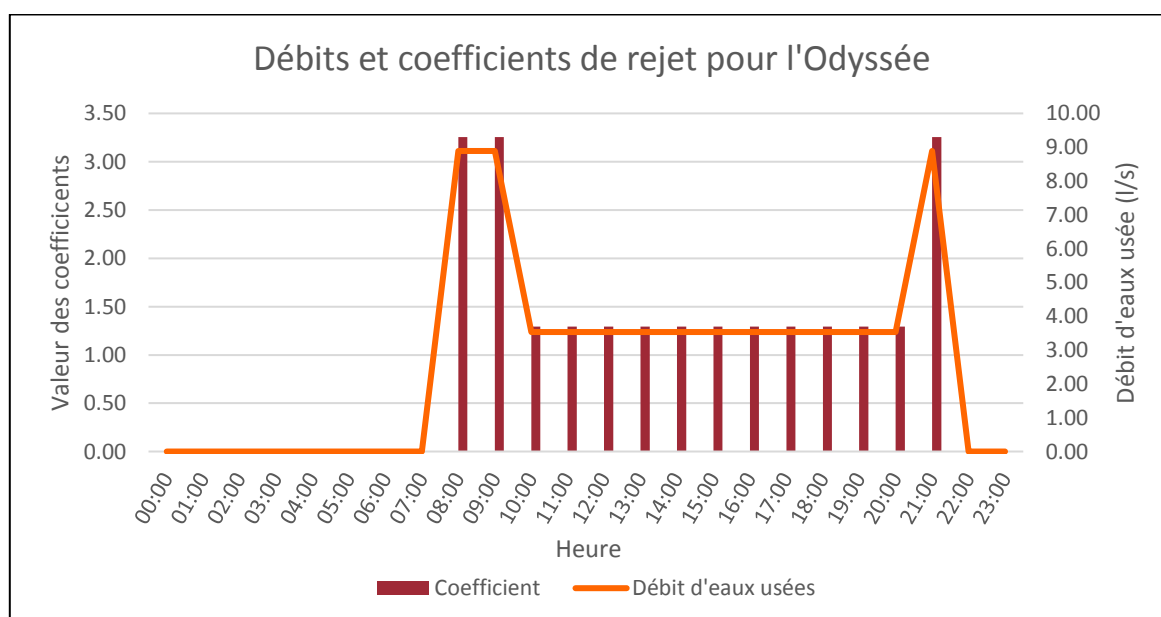


Figure 11 Profil de rejet d'eaux usées pour l'Odysée (source : personnelle)

❖ L'entreprise Reckitt Benckiser

L'entreprise Reckitt Benckiser est une entreprise fabriquant des produits ménagers et pharmaceutiques, fonctionnant 20 jours par mois, 24 heures par jour.

La moyenne des débits rejetés est de $3551 \text{ m}^3/\text{mois}$, soit $177,5 \text{ m}^3/\text{j}$. Au vu des informations disponibles concernant les prélèvements d'eau potable, Reckitt Benckiser ne consomme pas d'eau en continu sur la journée mais de manière intense identique à certaines heures. Il sera supposé que le rejet d'eaux usées suit également ce profil.

Tenant compte des intervalles de temps et de la consommation journalière moyenne, le débit rejeté instantané serait de 4.1 l/s , correspondant au 4.2 l/s limite imposé par la convention. Le profil de rejet d'eaux usées et les débits correspondant sont alors ceux présentés sur le graphique suivant.

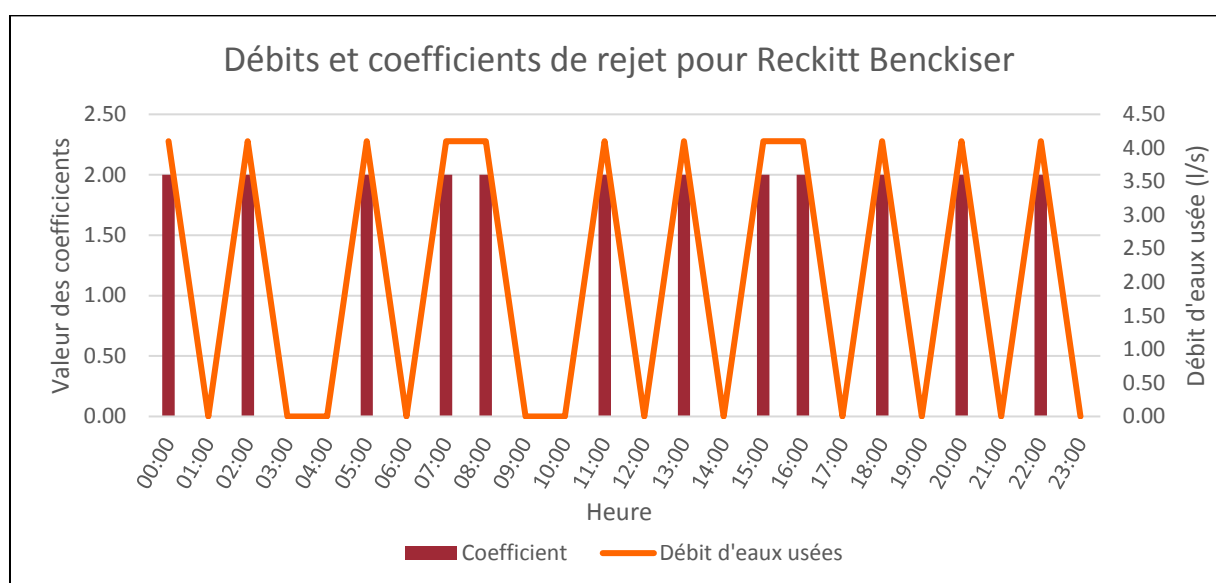


Figure 12: Débits et coefficients de rejet pour Reckitt Benckiser (source : personnelle)

❖ L'entreprise Guerlain

L'entreprise Guerlain fonctionne tous les jours, pendant 24 heures. Contrairement à l'entreprise Reckitt Benckiser, ses rejets d'eaux usées sont uniformes sur la journée. Elle est autorisée à rejeter maximum $60 \text{ m}^3/\text{j}$, avec cependant un débit horaire maximum de $2 \text{ m}^3/\text{h}$, qui devrait donc aboutir à un débit maximum journalier de $48 \text{ m}^3/\text{j}$. Il est néanmoins possible que les rejets soient supérieurs à la valeur autorisée.

Selon les données de l'**autosurveillance** disponibles jusqu'en mai 2018, les débits rejetés par l'entreprise Guerlain fluctuent sur l'année, avec une tendance depuis août 2017 à se rapprocher de la moyenne de $48.4 \text{ m}^3/\text{j}$. Au vu de cette valeur moyenne proche des $48 \text{ m}^3/\text{j}$ à respecter théoriquement, il sera supposé un rejet constant sur la journée à $2 \text{ m}^3/\text{h}$, soit un débit instantané de 0.56 l/s . Le profil de rejet d'eaux usées et les débits correspondant sont alors ceux présentés sur le graphique suivant.

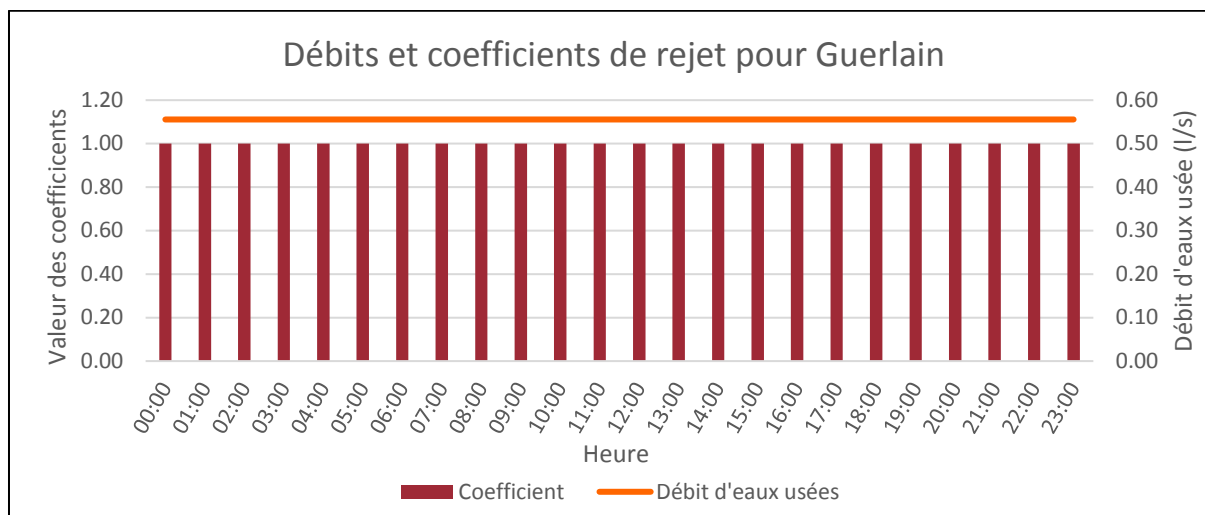


Figure 13: Débits et coefficients de rejet pour Guerlain (source : personnelle)

❖ L'entreprise Novo Nordisk

L'entreprise Novo Nordisk travaille tous les jours, pendant 24 heures, avec un débit de rejet uniforme sur la journée. Elle est autorisée à rejeter 505 m³/j, avec un débit instantané de 26 m³/h. Cependant au vu des données d'**autosurveillance**, cette valeur n'est pas respectée, la moyenne des débits étant de 571 m³/j. La moyenne des débits correspond également à la médiane. Il sera donc supposé que l'entreprise Novo Nordisk rejette ses eaux dans le réseau d'assainissement avec un débit de 571 m³/j, soit un débit instantané de 23.8 m³/h.

En se basant sur ces informations, le profil de rejet d'eaux usées de l'entreprise Novo Nordisk serait le suivant :

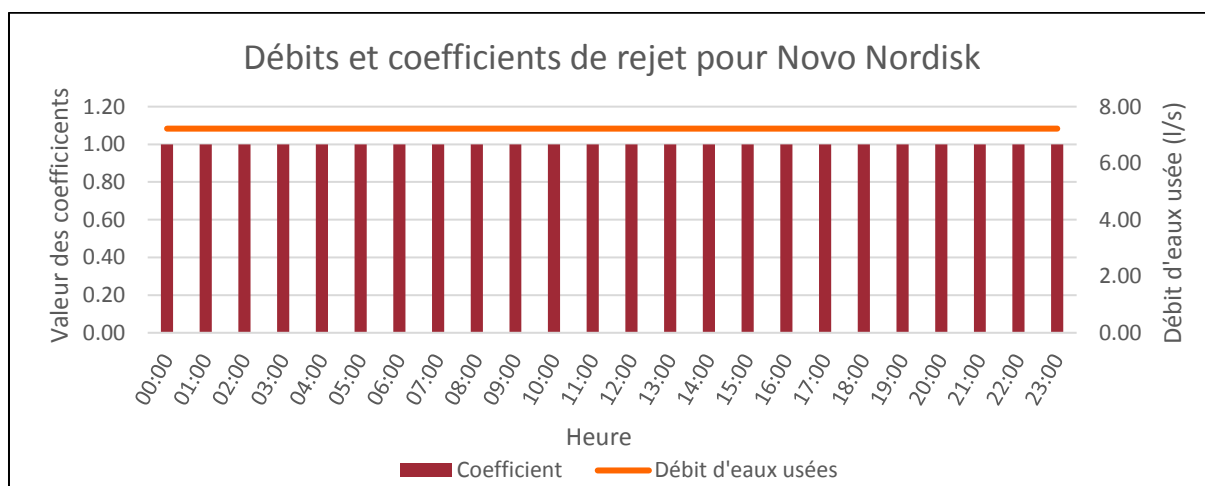


Figure 14: Débits et coefficients de rejet pour Novo Nordisk (source : personnelle)

❖ Bilan des rejets d'eaux usées industrielles

Au final le volume rejeté par les industriels est de 1033 m³/j environ. Au vu des données d'**autosurveillance**, les industriels décrits précédemment ont des rejets dont les concentrations sont similaires à celles des **eaux domestiques** et ne diluent donc pas les effluents.

2.2] Estimation des eaux claires parasites

2.2.1] Problématique des eaux claires parasites

Les eaux claires parasites diluent les effluents, elles n'apportent pas ou peu de charges polluantes mais des débits. Elles sont indésirables dans certains réseaux, notamment dans les **réseaux d'eaux usées séparatifs**, qui sont dimensionnés pour collecter des **eaux usées domestiques**, et potentiellement industrielles. Différentes catégories d'**Eaux Claires Parasites** (ECP) peuvent être distinguées, selon leurs provenances et sont synthétisées dans le tableau suivant [10].

	Apports permanents	Apports non-permanents
Eaux Claires Parasites d'Infiltrations (ECPI)	Apports permanents en nappe de basses eaux	Apports liés aux fluctuations de la nappe
Eaux Claires Parasites de Captage (ECPC)	Sources, ruisseaux captés Drains raccordés au réseau	Eaux de ruissellement (réseaux séparatifs) Apport météorique (Eaux Claires Parasites Météoriques, EPCM)
	Eaux de refroidissement	Captages de cours d'eau par mise en charge des déversoirs lors des crues

Tableau 5 : Classification des Eaux Claires Parasites

(source : Jérôme De Bénédittis - Mesurage de l'infiltration et de l'exfiltration dans les réseaux d'assainissement)

Les eaux claires parasites constituent un problème important au bon fonctionnement des systèmes d'assainissement. Les impacts des eaux parasites sur le réseau d'assainissement sont multiples :

- ❖ La diminution de la capacité de transit des effluents, entraînant alors des surcharges hydrauliques dans les collecteurs, les postes de relèvement ou des stations de traitement. Cette saturation peut entraîner des surverses chez les usagers, sur la chaussée ou dans le milieu naturel ainsi qu'une augmentation de la consommation d'électricité par les postes de relèvement.
- ❖ La détérioration des collecteurs provoquée soit par l'agressivité des effluents, soit par l'érosion progressive des matériaux de remblais de la tranchée d'assainissement par l'action des eaux d'infiltration provoquant des fissures, tassements différentiels...

La présence des eaux claires provoque une dilution des effluents avec donc une baisse du **rendement épuratoire** et **des temps de séjour**, qui sont des paramètres de dimensionnement des stations de traitement. L'efficacité du traitement prévu est donc diminuée.

Même si pour le moment la station de La Mare Corbonne est surdimensionnée par rapport aux effluents entrants, le but est d'y raccorder d'autres effluents. Il est donc possible qu'à long terme, si les apports d'eaux claires parasites ne sont pas diminués, la station soit de capacité insuffisante.

De plus, il arrive que des débordements du réseaux d'eaux usées soient observés pour certaines pluies de période de retour inférieur à un mois. Ceci est par exemple le cas au niveau du poste « Philarète Chasles » aux Vauroux. Deux pompes pouvant être sollicitées au lieu des trois initialement prévues, certains apports pluviaux ne peuvent être absorbés par le poste.

Le bassin de rétention d'eaux usées de 450 m³ a été construit pour pallier aux problèmes d'apports pluviaux et est dimensionné pour n'être sollicité que pour des épisodes pluvieux.

2.2.2] Eaux claires parasites météoriques

Le réseau d'eaux usées de la partie urbaine de Chartres Métropole est sujet à ces infiltrations d'eaux claires parasites, notamment les **eaux claires parasites météoriques**, reconnaissables par une augmentation du volume d'eaux usées arrivant à la station de traitement après un épisode pluvieux. En effet en temps sec, environ 15 000 m³/j arrivent en station. Ce débit est monté à 28 000 m³/j en septembre 2017, ce qui revient à presque 50% de volume supplémentaire.

L'impact des **ECPM** est directement lié à la surface active Sa (ha) qui correspond à la surface raccordée au réseau d'eaux usées. Le volume V (m³) d'apports pluviaux est le produit de cette surface par la hauteur h (mm) de pluie tombée. Donc :

$$V = 10 * Sa * h$$

Du fait qu'il soit possible que plusieurs jours pluvieux se suivent, avec des intensités différentes, le volume V pourra être calculé comme la différence entre le volume arrivant à la STEU après la pluie et avant.

Dans un premier temps, les données de la station de La Mare Corbonne nous permettent de connaître la pluviométrie journalière ainsi que le débit journalier entrant. Il est donc possible de déterminer Sa pour l'ensemble de la partie urbaine de Chartres Métropole par régression linéaire. Le graphique suivant présente le résultat obtenu :

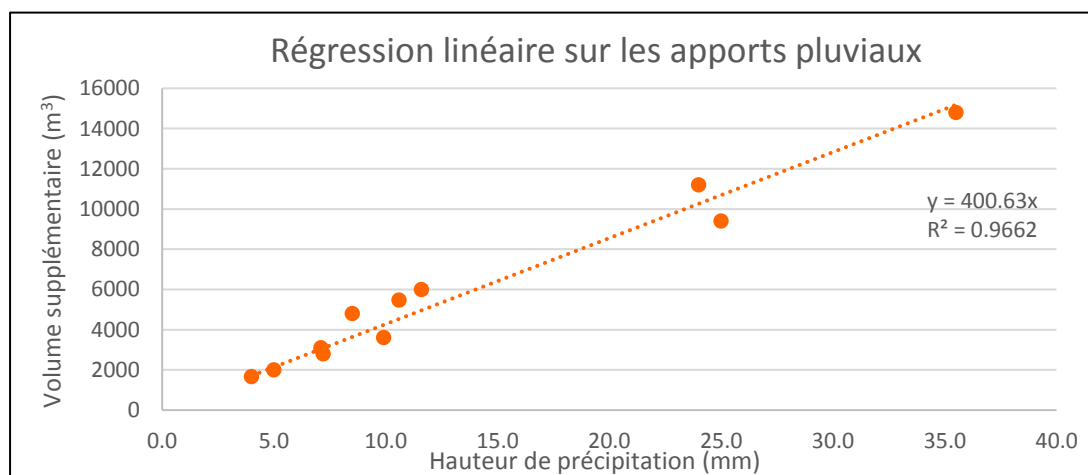


Figure 15: Régression linéaire sur les apports pluviaux (source:personnelle)

Le coefficient directeur de la droite correspond au produit $10 * Sa$. L'exploitation des données de la STEU nous fournit ainsi une surface active Sa de 40.1 ha.

Dans un second temps, il est possible d'estimer les surfaces Sa pour les bassins versants en amont des postes de relèvement.

Nous disposons de la pluviométrie sur Chartres Métropole fournie par Météo France, du 1^{er} au 6 mai 2017, ainsi que des temps de fonctionnement des postes par la supervision afin d'estimer les surfaces actives Sa . Du fait du rapprochement temporel des pluies et du peu de données disponibles, nous ne pouvons pas tracer de graphique comme pour ce qui a été fait pour toute la partie urbaine de Chartres Métropole.

Il a en effet plu les journées du 4 au 6 mai, sans période d'interruption suffisamment grande pour permettre de séparer les différents volumes supplémentaires dûs aux apports pluviaux et leur attribuer les hauteurs d'eaux tombées journalières. Nous déterminerons donc la surface active avec une seule valeur de hauteur d'eau, celle tombée du 4 au 6 mai au total, soit 21 mm. Les surfaces S_a obtenues seront critiquables dans la mesure où leur estimation ne repose que sur une seule valeur de pluviométrie.

Les surfaces S_a (ha) sont obtenues en comparant le volume V_s (m³) arrivant aux postes pendant 4 jours de temps sec au volume V_p (m³) réellement arrivé du 4 au 6 mai. Les volumes V_p et V_s sont calculés connaissant le temps de fonctionnement respectifs T_p (h) et T_s (h) des pompes et le débit Q (m³/h) de celles-ci. Les surfaces S_a peuvent alors être calculées avec la formule suivante :

$$S_a = \frac{V_p - V_s}{10 * h} = \frac{T_p * Q - T_s * Q}{10 * h} = \frac{Q(T_p - T_s)}{10 * 21}$$

Le tableau suivant reprend les différentes valeurs de S_a trouvées pour les bassins versants en amont des postes.

Nom du poste	Débit (l/s - m ³ /h)	Ts (h)	Tp (h)	Vs(m ³)	Vp(m ³)	Surface Sa (ha)
PR Carillons	14 - 50	1.72	1.8	86.69	90.72	0.005
PR Gaudinières	5.7 - 21	5.76	6.8	118.20	139.54	0.025
PR Edmond Poillot	30.5 - 110	20.24	21.33	2185.92	2303.64	0.140
PR Victor Hugo	44.45 - 160	9.12	10.8	1459.38	1728.22	0.320
PR Longsault	13 - 47	4.8	5.2	224.64	243.36	0.022
PR Saint Brice	55.5 - 200	48	57.2	9600.77	11440.92	2.191
PR Philarètes Chasles	60 - 216	18.8	29.55	4060.80	6382.80	2.764

Tableau 6: Caractéristiques des postes et surfaces des bassins versants en amont (source: personnelle)

Les apports en période pluviale peuvent provenir de mauvais branchements pluviaux ou d'infiltration des eaux par les défauts d'étanchéité des réseaux. Or dans le centre-ville de Chartres Métropole, les réseaux circulent sous la voirie, supposée étanche, où l'eau ne peut pas s'infiltrer. De plus, de nombreuses gargouilles sont présentes en centre-ville.

Ces gargouilles sont les **exutoires** des eaux de toitures par les gouttières les plus proches de la rue et se déversent sur la voirie, où les eaux rejoindront le réseau pluvial par les avaloirs. Cependant au vu de certaines habitations, la mise en place d'une gargouille n'est pas possible et l'absence de **boîte de branchement** pluviale amène à s'interroger sur l'existence d'un raccordement au réseau d'eaux pluviales. Au vu de ces observations, il est possible que les **ECPM** soient plus à imputer aux mauvais branchements pluviaux qu'aux défauts d'étanchéités du réseau. Ces derniers interviendront plus pour les infiltrations potentielles de nappe.

Au vu de la différence entre la surface active totale et la somme des surfaces actives pour les bassins versants en amont des postes, il semble que la majorité des infiltrations d'**ECPM** soient à l'aval des postes en centre-ville, où les quartiers sont les plus anciens.

Sur la modélisation, les surfaces actives seront donc renseignées comme des toitures, avec une perméabilité de 0%, supposant ainsi que toute l'eau tombant sur la toiture ira dans le réseau.

2.2.3] Eaux claires parasites permanentes

Le centre urbain de Chartres Métropole étant traversé par l'Eure, la nappe permettant d'alimenter la rivière est également située dans le centre-ville. Sachant que les réseaux peuvent être enterrés à parfois plus de 3 m de profondeur, ce qui correspond au niveau du toit de la nappe à certaines périodes de l'année, des **ECPI** et **ECPC** permanentes sont susceptibles de se retrouver dans le réseau. Deux méthodes peuvent être utilisées pour en déterminer les volumes.

❖ Méthode de la dilution.

Cette méthode se base sur l'hypothèse que les eaux claires n'étant pas ou peu chargées, elles diluent les effluents. Sachant la charge polluante normalement apportée par un Equivalent Habitant (EH) et le nombre d'EH présents sur la zone étudiée, il est alors possible d'estimer la concentration théorique des effluents arrivant à la station et de la comparer à la concentration réelle. Cette comparaison permet d'estimer alors le volume d'eau diluant, associée aux eaux claires parasites. Cette méthode n'a pu être appliquée qu'à la STEU de la Mare Corbonne.

Le réseau d'assainissement de la partie urbaine de Chartres Métropole collecte les effluents de 87 100 habitants. Il est donc possible d'en déterminer la charge théorique des effluents, selon les caractéristiques de l'EH définies par le Code Général des Collectivités Territoriales [11], à savoir :

Paramètres	Ratio /j/EH	Concentration standard (mg/L)
Débit	150 L	-
Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours (DBO ₅)	60 g	200 – 400
Demande Chimique en Oxygène DCO	120 g	400 – 800
Matières en Suspension (MES)	90 g	150 – 500
Azote Kjeldhal (N-NTK)	15 g	50 – 100
Phosphore total (P)	5 g	10 – 20

Tableau 7 : Paramètres des eaux usées et ratios (source : Mémento de l'assainissement - Julien GABERT)

La charge M (kg/j) d'un polluant est déterminée avec le produit du débit total journalier Q_R (m³/j) par la concentration réelle de l'effluent $[C_R]$ (kg/m³) [12] :

$$M = Q_R * [C_R] \quad (1)$$

Cette charge M (kg/j) est également la charge qui devrait être obtenue en multipliant la concentration théorique $[C_{TH}]$ du rejet journalier définie dans le tableau précédent par le débit théorique d'eaux usées strictes Q_{TH} qui devrait arriver à la station de traitement:

$$M = Q_{TH} * [C_{TH}] \quad (2)$$

En absence d'ECP le débit Q_{TH} est égal au débit Q_R , les concentrations $[C_R]$ et $[C_{TH}]$ sont alors identiques ou du moins très proches. S'il y a dilution, le débit Q_R est supérieur au débit Q_{TH} puisqu'il inclut Q_{ECP} le débit des ECP.

$$Q_R = Q_{TH} + Q_{ECP} \quad (3)$$

Ainsi en combinant les équations (1), (2) et (3), il est possible de déterminer le débit journalier d'ECP avec la formule suivante :

$$Q_{ECP} = Q_R \left(1 - \frac{[C_R]}{[C_{TH}]} \right)$$

Pour déterminer la dilution par les **ECPI** uniquement, nous ne nous intéresserons dans un premier temps qu'aux périodes de temps sec. Nous disposons des débits et concentrations des effluents arrivant à la Mare Corbonne depuis juillet 2017 jusqu'à février 2018. La DCO étant le paramètre qui a été le plus enregistré, nous nous baserons sur celui-ci pour déterminer le volume d'**ECPI**.

La concentration $[C_{TH}]$ sera prise égale à 800 mg/L, valeur haute des concentrations standards des eaux usées basée sur le ratio standard de DCO à 120 g/j/EH et le débit d'eaux usées rejeté par EH à 150 L/j. En choisissant cette valeur, le risque est de surestimer le débit d'eaux de dilution.

Une autre possibilité aurait été de calculer la charge théorique avec le nombre d'habitant mais les eaux usées provenant d'industriels assimilés à des **eaux usées domestiques** ne sont pas incluses dans le nombre d'habitant. Le graphique suivant reprend les volumes d'**ECPI** calculés, la moyenne étant de 2832 m³/j.

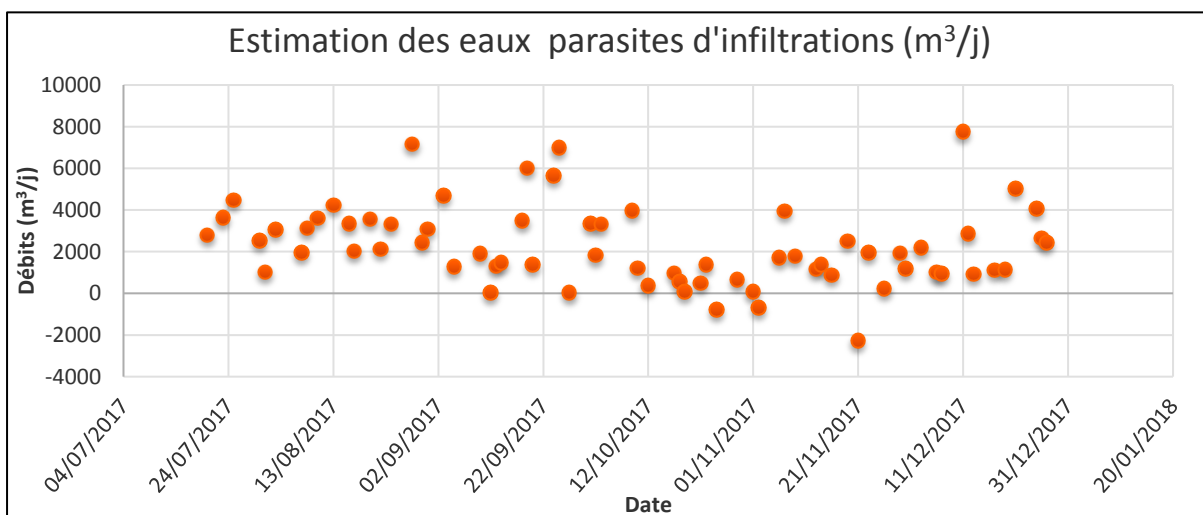


Figure 16 : Estimation des eaux parasites d'infiltrations (source : personnelle)

Au vu du graphique obtenu, nous pouvons observer que contrairement à ce qui pourrait être attendu, il y a plus d'**eaux claires parasites d'infiltrations** en période estivale, où les volumes d'**ECPI** est généralement entre 2000 et 4000 m³/j, qu'en période hivernale, avec des volumes situés majoritairement entre 0 et 2000 m³/j. Cette méthode est utilisée ici pour estimer la totalité des **ECPI** sur toute la zone urbaine de Chartres Métropole.

Sachant, au vu des points énoncés précédemment, que le rejet journalier des industriels est d'environ 1033 m³/j, le rejet journalier domestique est estimé à 10 072 m³/j et que le volume d'**ECPI** est de 2832 m³/j, nous arrivons à un total de 13 937 m³/j théorique d'effluents arrivant à la station de la Mare Corbonne, contre un volume journalier réel de 14 675 m³/j. Le décalage entre les débits théoriques et réels arrivant à la station étant de 5%, nous décidons de conserver ces valeurs.

❖ Méthode du minimum nocturne.

Cette méthode est ici utilisée pour tenter de déterminer la répartition des **ECPI** déterminés précédemment sur la zone urbaine de Chartres Métropole. Elle consiste à rechercher par jour la valeur minimale de débit enregistrée et à appliquer un coefficient de minoration qui tient compte de l'allongement du **bassin versant** et du temps de transit des effluents dans les collecteurs. [13]

L'activité humaine étant très réduite en période nocturne, les minimas de débit enregistrés la nuit donnent une estimation du débit d'eaux claires permanentes au point de mesure considéré. L'objectif de cette inspection est de sectoriser et de quantifier les apports d'eaux claires parasites permanentes. Cette inspection a été réalisée par temps sec pour éviter l'inclusion d'eaux claires météoriques.

Dans le cadre du **Schéma Directeur d'Assainissement** de Chartres Métropole réalisé en 2015, l'entreprise COMA a réalisé une campagne de mesure sur les communes urbaines du 25 février 2015 au 19 mars 2015 [14]. Les inspections nocturnes se sont déroulées durant la campagne de mesure, du 10 mars 2015 au 18 mars 2015, pour un total de 10 nuits. Les mesures ont été effectuées entre 23h30 et 06h00, et fournissent une valeur de débit minimal pour chaque point de mesure. Nous pourrions nous baser sur leurs mesures pour comparer le volume d'**ECPI** trouvé avec celui obtenu par la méthode de la dilution et répartir les apports d'**ECPI** sur le réseau.

La Figure 17 suivante reprend le synoptique du réseau présenté en amont, avec le positionnement des points de mesure de COMA, en violet sur la Figure 17.

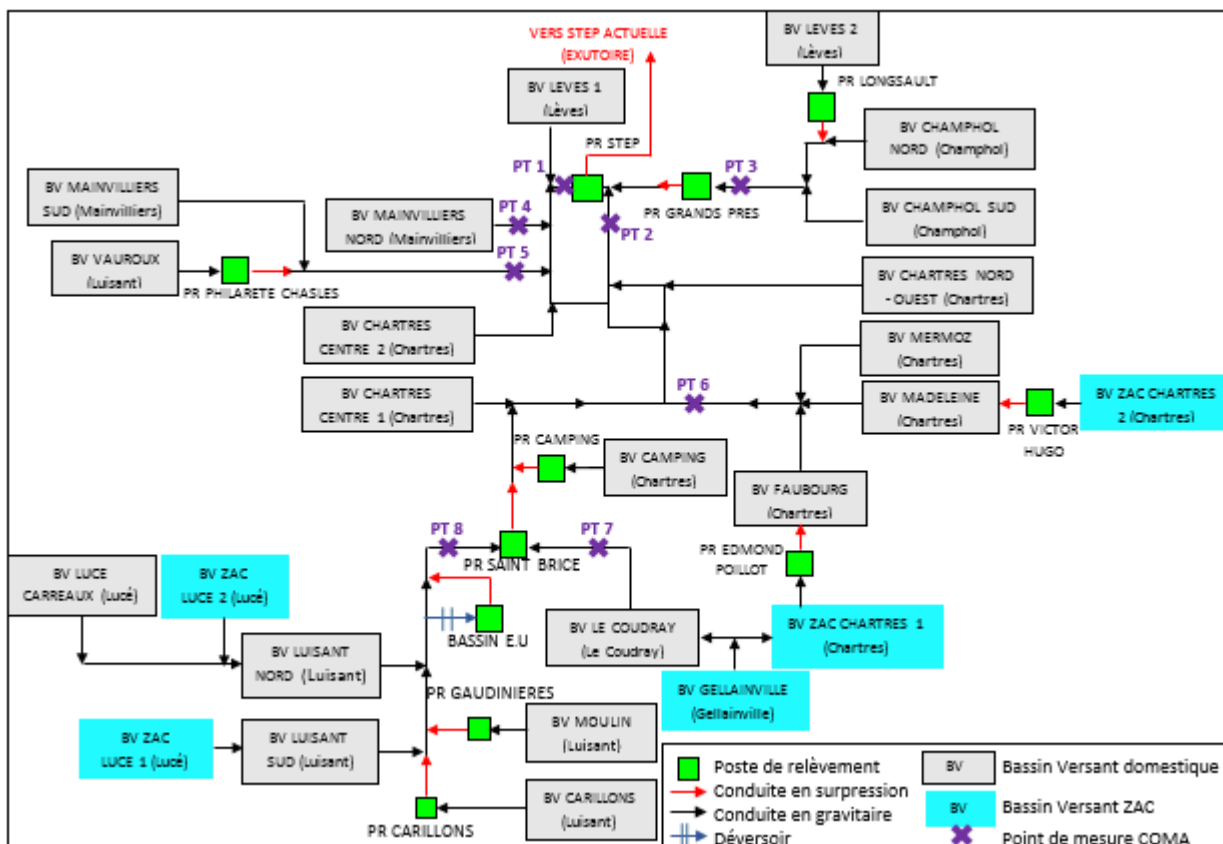


Figure 17: Localisation des points de mesures (source : personnelle)

Au vu des mesures et de la note explicative ayant été fournies, l'entreprise COMA a estimé le débit minimal nocturne comme égal aux **ECPI**. Le tableau sur la page suivante reprend les mesures de COMA.

Point de mesure	ECPI (l/s - m ³ /j)	Critique
PT 1	11 – 950	Le débit d'ECPI mesuré seul est cohérent mais sachant qu'il est situé à l'aval du PT5, le débit d'ECPI devrait théoriquement être plus élevé qu'au point PT5. Cependant au vu des données à ce point, nous privilégions une critique du point PT5.
PT 2	55 – 4752	Ce débit d'ECPI est très élevé et dépasse largement les 2832 m ³ /j estimés précédemment mais il est possible que au courant de la période où les mesures ont été faites, le débit d'ECPI dépasse la moyenne, comme cela a été vu sur la Figure 16. Il est également possible que ce débit inclue des effluents domestiques de l'amont du réseau et mettant potentiellement plus de temps à arriver à l'exutoire.
PT 3	4 – 346	Sachant que la canalisation principale située sur le BV Champhol Nord passe juste à côté de l'Eure et présente des infiltrations d'eaux provenant du cours d'eau, cette valeur n'est pas aberrante.
PT 4	0.6 – 52	Cette canalisation reprend les effluents de la partie appelée « BV Mainvilliers Nord », qui représente un linéaire de canalisation d'eaux usées de 20 km, soit 6% du linéaire total de la partie urbaine. Cette partie du réseau étant éloignée de l'Eure, le faible débit d'eau claire parasite est cohérent.
PT 5	51 – 4406	Le débit d'ECPI mesuré ici est anormalement élevé, d'autant plus qu'il ne s'agit que du débit minimal arrivant depuis le « BV Mainvilliers Sud » car les eaux claires parasites du « BV Vauroux » sont absorbées par le poste Philarète Chasles. La zone « BV Mainvilliers Sud » représentant moins de 10 % de la zone urbaine totale et en comparant les débits mesurés aux PT 5 et PT 2, cela signifierait qu'il y a autant d'ECPI sur le « BV Mainvilliers Sud » seul que sur le reste du réseau d'eaux usées. De plus ce débit est largement supérieur au débit mesuré au PT 1 pourtant situé à l'aval. Nous pouvons donc nous interroger sur l'exactitude de cette valeur et une explication possible serait une erreur lors du traitement des données, la valeur de 51 l/s étant proche du débit du poste Philarète Chasles à 60 l/s. En outre, COMA ayant indiqué un diamètre de canalisation de 1000 mm au point de mesure tandis que le diamètre réel est de 500 mm amène à s'interroger sur la position réelle du point de mesure.
PT 6	0.3 – 26	Le débit d'ECPI mesuré est cohérent avec la zone en l'amont : il s'agit principalement de ZAC, avec des débits conditionnés par deux postes. Les canalisations datent principalement de 2009 et sont supposées presque étanches.
PT 7	0.5 – 43	Le réseau du « BV Le Coudray » étant représentant environ 3% de la zone urbaine et ayant seulement 1 km de canalisation en gravitaire longeant l'Eure, le débit d'ECPI mesuré est cohérent en comparaison avec le débit mesuré au PT 4.
PT 8	3.5 – 302	Le débit d'ECPI mesuré est cohérent avec la zone en l'amont : malgré des débits conditionnés par deux postes, les canalisations en amiante-ciment datent d'avant 1997 et passent à proximité de l'Eure et sont supposées infiltrantes.

Tableau 8 : Répartition des ECPI selon les mesures de COMA et critiques (source : personnelle)

Au vu des données fournies par COMA, nous décidons de conserver pour la modélisation les débits d'ECPI mesurés aux PT 1, 3, 4, 6, 7 et 8. Le débit au PT 5 étant incohérent, il pourra être approché au courant du calage du modèle.

III. Construction et calage du modèle

3.1] Construction du modèle

Les regards et les conduites d'un diamètre d'au moins 250mm ont été intégrés à la modélisation ainsi que les différents postes de refoulement, déversoirs d'orages et bassins de rétentions. En outre, les injections des débits de temps sec déterminés ne se font pas directement sur les postes mais dans les canalisations, pour permettre un temps de transfert des effluents dans les canalisations et s'approcher au mieux de la réalité. Les surfaces de **bassins versants** sur la Figure 18 suivante ne sont pas proportionnelles aux surfaces réellement renseignées et qui correspondent à celles calculées précédemment. Ceci a été fait pour permettre une meilleure visualisation de la répartition des abonnés sur le modèle.

La partie située à l'amont du poste PR « Saint Brice » a été d'avantage détaillée que les autres dans l'optique de modéliser le raccordement futur avec Barjouville, pour faciliter le diagnostic.

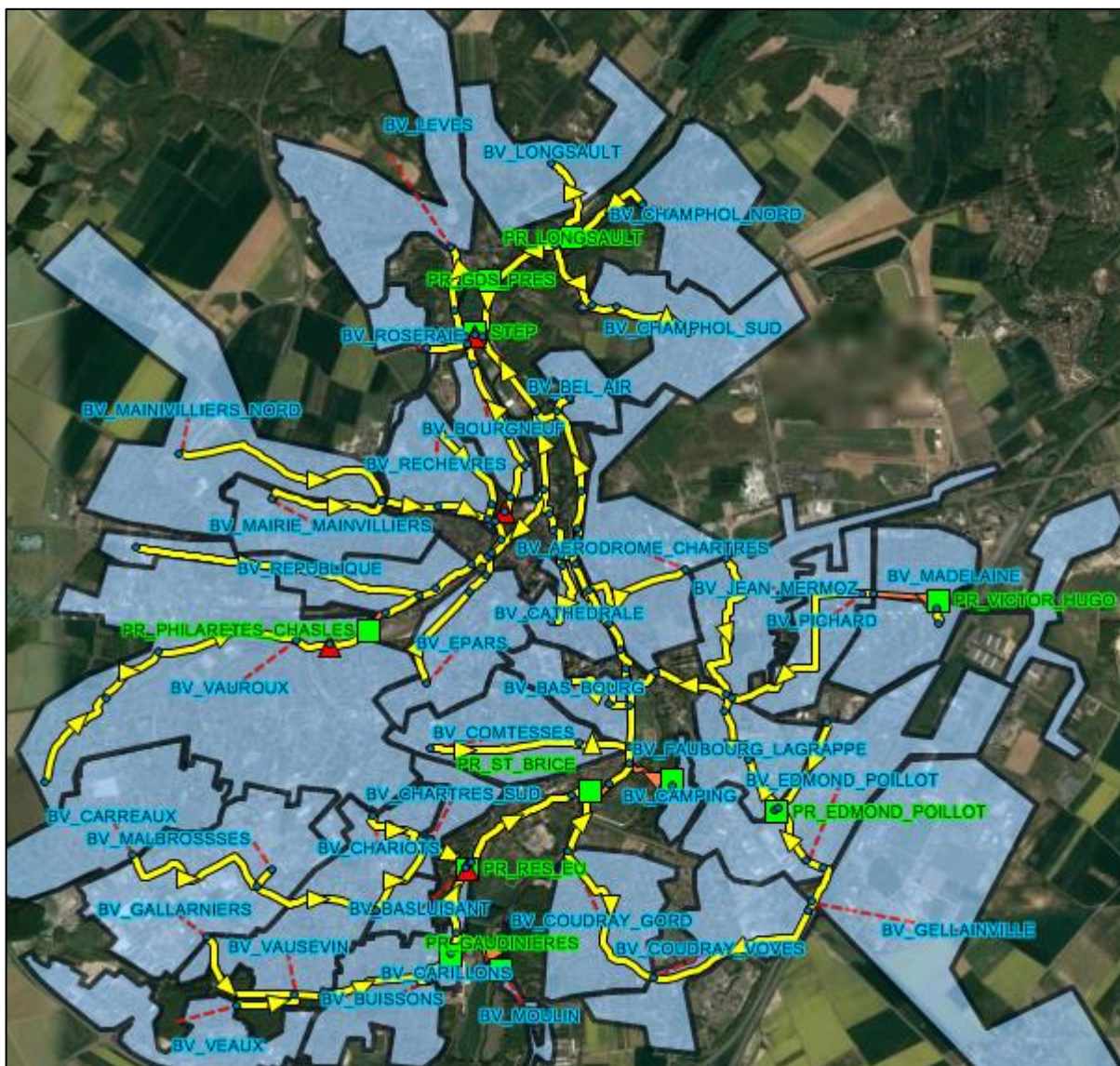


Figure 18 : Modèle du réseau d'eaux usées sous PCSWMM (source : personnelle)

3.2] Calage du modèle

Le calage permet de corriger les erreurs du modèle en comparant les résultats avec des données mesurées. Il est réalisé de l'amont du réseau vers l'aval, en temps sec puis en temps de pluie.

3.3.1] Calage en temps sec

Le calage en temps sec consiste à vérifier que les volumes journaliers liés aux rejets d'eaux usées et **ECPI** calculés sont cohérents, en comparant le fonctionnement du réseau réel avec le modèle.

Nous nous intéresserons d'abord aux postes de refoulement présents sur la zone d'étude. Le poste « Camping » est un poste situé sur un terrain privé et la récupération de données n'est pas possible. Le poste « Grands Près », qui reprend les effluents provenant de Lèves et Champhol avant le refoulement vers Mainvilliers, ayant déjà été calé pour une étude précédente, il ne sera pas calé une seconde fois. Les données de la supervision disponibles du 1^{er} mai 2017 au 15 mai 2017 nous fournissent :

- ❖ Le nombre de démarrage des pompes
- ❖ Le temps de fonctionnement des pompes

La période de temps sec choisie pour le calage est du 1^{er} mai au 3 mai.

Au vu du peu de données disponibles, dans un premier temps, les résultats du modèle renseigné ont été comparés aux données pour la journée du 1^{er} mai seul, puis aux trois jours après modifications. Ceci a été fait afin de vérifier la continuité temporelle du modèle et de pouvoir le valider.

La marge d'écart entre le modèle et la supervision est souhaitée à 5% sur la zone la plus détaillée du modèle qui concerne le raccordement avec Barjouville et à 10% sur le reste. Les tableaux suivants reprennent les résultats obtenus après calage.

Dates	Poste	Erreur autorisée (%)	Nombres de démarrage		
			Réel	Modèle	Ecart
1er mai	EDMOND POILLOT	+/- 10%	261	240	8.0%
1er au 3 mai			783	833	-6.4%
1er mai	PHILARTES CHASLES	+/- 10%	210	218	-3.8%
1er au 3 mai			630	654	-3.8%
1er mai	LONGSAULT	+/- 10%	133	144	-8.3%
1er au 3 mai			426	432	-1.4%
1er mai	VICTOR HUGO	+/- 10%	29	28	3.4%
1er au 3 mai			90	84	6.7%
1er mai	CARILLONS	+/- 5%	15	17	-13.3%
1er au 3 mai			49	51	-4.1%
1er mai	GAUDINIERES	+/- 5%	24	26	-8.3%
1er au 3 mai			75	78	-4.0%
1er mai	SAINT BRICE	+/- 5%	261	271	-3.8%
1er au 3 mai			768	808	-5.2%

Tableau 9 : Nombres de démarrage en temps sec (source : personnelle)

Pour le poste « Carillons », l'écart maximal autorisé de 5% n'est pas respecté pour une journée. Ceci est à imputé au fait que le nombre de démarrages journaliers pour ce poste est faible et ainsi la moindre différence entraîne un écart supérieur à 5%. En effet, même si le nombre de démarrage était de 14 ou 16, l'écart serait respectivement de -6% ou 6%. L'écart maximal étant respecté pour une modélisation sur trois jours, nous décidons donc de valider ces données.

Dates	Poste	Erreur autorisée (%)	Temps de fonctionnement (h)		
			Réel	Modèle	Ecart
1er mai	EDMOND POILLOT	+/- 10%	5.06	7.2	-8.9%
1er au 3 mai			15.3	21.6	-8.8%
1er mai	PHILARTES CHASLES	+/- 10%	4.7	6	-5.4%
1er au 3 mai			15.9	23.04	-9.9%
1er mai	LONGSAULT	+/- 10%	1.2	3.6	-10.0%
1er au 3 mai			3.6	10.8	-10.0%
1er mai	VICTOR HUGO	+/- 10%	2.28	2.64	-1.5%
1er au 3 mai			6.75	7.92	-1.6%
1er mai	CARILLONS	+/- 5%	0.43	0.408	0.1%
1er au 3 mai			1.35	1.224	0.2%
1er mai	GAUDINIERES	+/- 5%	1.44	1.488	-0.2%
1er au 3 mai			4.35	4.464	-0.2%
1er mai	SAINT BRICE	+/- 5%	12	11.28	3.0%
1er au 3 mai			36	33.84	3.0%

Tableau 10 : Temps de fonctionnement des pompes en temps sec (source : personnelle)

Dates	Poste	Erreur autorisée (%)	Volume pompé (L)		
			Réel	Modèle	Ecart
1er mai	EDMOND POILLOT	+/- 10%	546480	518400	5.1%
1er au 3 mai			1652400	1555200	5.9%
1er mai	PHILARTES CHASLES	+/- 10%	1015200	1105920	-8.9%
1er au 3 mai			3434400	3317760	3.4%
1er mai	LONGSAULT	+/- 10%	56160	60480	-7.7%
1er au 3 mai			168480	181440	-7.7%
1er mai	VICTOR HUGO	+/- 10%	364846	371520	-1.8%
1er au 3 mai			1080135	1114560	-3.2%
1er mai	CARILLONS	+/- 5%	21672	22464	-3.7%
1er au 3 mai			68040	67392	1.0%
1er mai	GAUDINIERES	+/- 5%	29549	30240	-2.3%
1er au 3 mai			89262	90720	-1.6%
1er mai	SAINT BRICE	+/- 5%	2400192	2318993	3.4%
1er au 3 mai			7200576	6956980	3.4%

Tableau 11 : Volumes pompés en temps sec (source : personnelle)

Les résultats obtenus pour les différents postes de refoulement sont satisfaisants.

Après calage des données par rapport aux postes, les débits de pointes fournis par le modèle sont comparés aux données de COMA, pour vérifier la cohérence des débits maximaux estimés au cours de la partie II.2.1.1].

Au vu du temps imparti pour l'étude et dans un souci financier, Chartres Métropole n'a pas commandé une campagne de mesure. Les mesures de débits de pointe ont été faites au cours de la même période que les débits nocturnes, à savoir du 19 février 2015 au 25 mars 2015. Cette période temporelle est décalée par rapport au calage sur les postes, mais le but est ici de vérifier que les débits de pointe calculés soient cohérents avec les débits mesurés par COMA. A nouveau, nous ne disposons pas de mesure de débit en continu et seule une valeur maximale est donnée pour chaque point. Il sera supposé que les tendances de consommations, et donc de rejets des abonnés n'ont pas évoluées de 2015 à 2017.

Les débits de pointes aux points localisés sur la Figure 17 sont répertoriés dans le tableau suivant :

Point de mesure	Débit de pointe mesuré (l/s)	Débit de pointe modèle (l/s)	Décalage entre les données (%)
PT 1	80.17	79	2.0%
PT 2	226.25	215	5.0%
PT 3	70	64	8.6%
PT 4	16.82	31	-84.3%
PT 5	174	128	26.4%
PT 6	28.52	60	-110.4%
PT 7	11.18	11.5	-2.9%
PT 8	40.81	42.42	-3.9%

Tableau 12 : Comparaison des débits de pointes (source: personnelle)

Pour le débit au point PT4, le débit mesuré est inférieur au débit modélisé, le coefficient de pointe C_p est donc surestimé. Cependant, en diminuant le débit à ce point pour le faire correspondre, l'aval est impacté. Nous n'avons pas de solutions à ce problème et il aurait fallu faire une campagne de mesure. Cependant, l'important étant de vérifier les conditions aval plutôt que celles amont et le point de mesure PT 4 étant situé à l'opposé de la zone de raccordement à Barjouville, ce point ne sera pas impacté par la suite. De plus, le débit modélisé étant surestimé, il correspond à une situation péjorative par rapport à la situation réelle avec un débit inférieur. Ainsi le modèle sera en charge avant le réseau réel, et il conviendra donc de nuancer de possibles débordements observés à ce point sur le modèle.

Le décalage mesuré au point PT5 est à imputer au débit d'ECPI estimé au cours de la campagne et qui est de 51 l/s.

Le débit mesuré au point PT6 par COMA semble sous-estimé, le point étant à l'aval de deux postes « Edmond Poillot » et « Victor Hugo », qui ont des débits respectifs de 30.5 l/s et 44.45 l/s respectivement. Le débit mesuré par COMA a probablement été mesuré au cours d'une période où les deux postes n'ont pas été en fonctionnement simultanément, ce qui est le cas sur le modèle.

Le calage de temps sec n'est pas optimal, cependant au vu du temps et des moyens disponibles, il s'agit du mieux qui ait pu être fait. Il sera intéressant dans le cadre d'études futures de demander des campagnes de mesures de débit en continu pour améliorer la justesse du modèle.

3.3.2] Calage en temps de pluie

Le calage de temps de pluie consiste à vérifier que les surfaces actives trouvées précédemment et insérées dans le modèle nous permettent d'avoir un apport d'**ECPM** proche de la réalité. Le calage est réalisé en se basant sur les informations disponibles pour la pluie du 4 au 7 mai 2017, correspondant à une pluie de période de retour mensuelle.

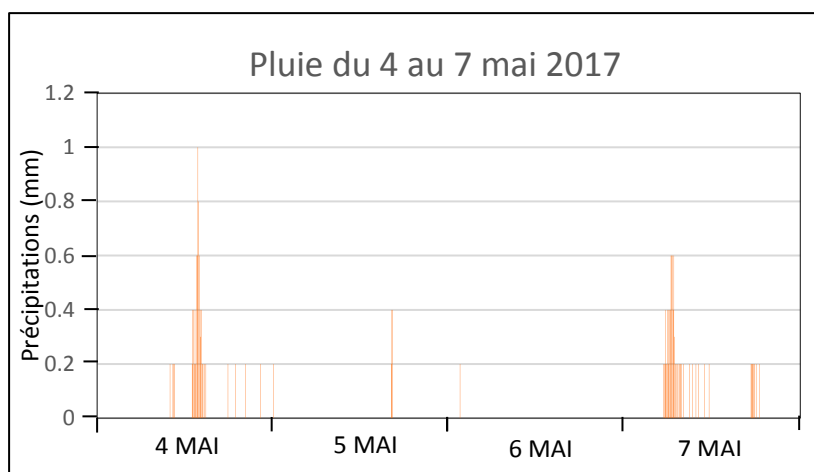


Figure 19: Pluie de calage (source : personnelle)

N'ayant pas de données disponibles en temps de pluie par COMA, nous ne baserons notre calage que sur les paramètres des postes de refoulement. Dans la même optique que pour le calage de temps sec, les résultats du modèle renseigné ont été comparés aux données pour la journée du 4 mai seul puis aux quatre jours après modifications.

Les tableaux suivants reprennent les résultats obtenus après calage.

Poste	Erreur autorisée (%)	Nombres de démarrage		
		Réel	Modèle	Ecart
EDMOND POILLOT	+/- 10%	1347	1394	-3.5%
PHILARTES CHASLES	+/- 10%	1377	1505	-9.3%
LONGSAULT	+/- 10%	933	1024	-9.8%
VICTOR HUGO	+/- 10%	108	112	-3.7%
CARILLONS	+/- 5%	78	76	2.6%
GAUDINIÈRES	+/- 5%	124	119	4.0%
SAINT BRICE	+/- 5%	1138	1195	-5.0%

Tableau 13 : Nombres de démarrage des pompes en temps de pluie (source : personnelle)

Poste	Erreur autorisée (%)	Temps de fonctionnement (h)		
		Réel	Modèle	Ecart
EDMOND POILLOT	+/- 10%	21.33	28.8	-7.8%
PHILARTES CHASLES	+/- 10%	29.55	27.10	2.7%
LONGSAULT	+/- 10%	5.20	4.80	0.4%
VICTOR HUGO	+/- 10%	10.80	10.56	0.3%
CARILLONS	+/- 5%	1.8	1.2192	0.6%
GAUDINIÈRES	+/- 5%	6.8	5.76	1.1%
SAINT BRICE	+/- 5%	57.2	52.8	4.6%

Tableau 14 : Temps de fonctionnement des pompes en temps de pluie (source : personnelle)

Poste	Erreur autorisée (%)	Volume pompé (L)		
		Réel	Modèle	Ecart
EDMOND POILLOT	+/- 10%	2303640	2073600	10.0%
PHILARTES CHASLES	+/- 10%	6382800	6520000	-2.1%
LONGSAULT	+/- 10%	243360	241920	0.6%
VICTOR HUGO	+/- 10%	1728216	1779000	-2.9%
CARILLONS	+/- 5%	90720	89856	1.0%
GAUDINIERES	+/- 5%	139536	142128	-1.9%
SAINT BRICE	+/- 5%	11440915	11131168	2.7%

Tableau 15 : Volume pompé en temps de pluie (source : personnelle)

Les surfaces actives étant considérées comme des toitures, le coefficient d'imperméabilisation est renseigné égal à 0%. Ainsi la surface obtenue est directement liée à la surface totale de toitures mal raccordées. Les résultats obtenus selon le modèle sont suffisamment proches des données réelles dans le cadre de ce projet. Les caractéristiques finales du modèle avec les **eaux claires parasites d'infiltrations** et surfaces actives des **bassins versants** sont renseignés dans le tableau suivant.

BV sur synoptique	Surface active (ha)	Débit d' ECPI (l/s – m ³ /j)
CARILLONS	0	0.05 – 4.32
CARREAU	0	0.15 – 12.96
CHAMPHOL NORD	2.1	2.00 – 172.80
CHAMPHOL SUD	4	2.00 – 172.80
CHARTRES CENTRE 1	3	6.10 – 527.04
CHARTRES CENTRE 2	2.5	5.50 – 475.20
CHARTRES NORD OUEST	3	5.00 – 432.00
FAUBOURG	0	0.20 – 17.30
MOULIN	0	0.05 – 4.50
GELLAINVILLE	0	0 – 0
LE COUDRAY	0	1.50 – 129.60
LEVES 1	2	5.00 – 432.00
LEVES 2	1	0.50 – 43.20
LUISANT NORD	0	1.25 – 108.20
LUISANT SUD	2.3	1.15 – 99.36
MADELAINE	0	0.10 – 8.64
CAMPING	0	0.10 – 8.64
MAINIVILIER NORD	6.5	1.43 – 123.55
MAINVILLIER SUD	1.5	0.04 – 3.46
MERMOZ	2.5	0.20 – 17.28
VAUROUX	3.5	0.29 – 25.06
ZAC CHARTRES 1	0	0.30 – 25.92
ZAC CHARTRES 2	0.5	0.10 – 8.64
ZAC LUCE 1	0	0.35 – 26.3
ZAC LUCE 2	0	0.10 – 8.64
TOTAL	34.5	33.46 – 2890.94

Tableau 16 : Synthèse des surfaces actives et ECPI après calage (source : personnelle)

Les valeurs de surfaces actives et d'ECPI après calage sont proches de celles obtenues lors des estimations d'eaux claires parasites, qui étaient respectivement de 40.2 ha et 2832 m³/j.

IV. Diagnostic

4.1] Nouvelles pluies de projet

L'objectif du diagnostic hydraulique est de mettre en évidence les zones de débordement sur la zone étudiée et les zones en charge dans le réseau.

Le modèle hydraulique étant calé au mieux avec les données disponibles pour le moment, il peut être utilisé pour réaliser des simulations selon différentes conditions pluviométriques afin d'obtenir un ensemble de situations. Il convient dans un premier temps de définir les pluies de projet qui serviront à la modélisation des différentes situations.

Selon le type de pluies de projet, différents points de vigilance seront étudiés [15] :

- ❖ Les pluies faibles, de période de retour 1 mois à 1 ans :
Elles correspondent à un niveau de service N1, l'objectif étant de maîtriser les pollutions transférées par les eaux pluviales. Il sera vérifié ici que les pluies n'entraînent pas de rejets d'eaux usées au milieu naturel. Le niveau des eaux dans les postes de refoulement n'arrive pas à la surverse. N'ayant pas d'informations sur le réseau pluvial, il sera vérifié par sécurité que les deux déversoirs, « Docteur Baudin » et « Philarète Chasles » ne déversent pas dans le réseau pluvial.
- ❖ Les pluies fortes, de période de retour 20 ans à 50 ans :
Elles correspondent à un niveau de service N3, l'objectif étant ici de maîtriser le risque inondation. Outre les points de débordement du réseau, il sera accepté une détérioration sensible de la qualité des cours d'eau.

Les pluies de projet seront supposées en double-triangle. Les pluies fortes seront d'une durée de 4 heures et d'une période intense de 30 minutes. Les pluies faibles seront d'une durée de 2 heures pour une période intense de 30 minutes. Ainsi, 8 pluies de projet déterminées au cours du **Schéma Directeur d'Assainissement** de récurrence 1 mois à 50 ans sont créées [16].

Les caractéristiques de ces pluies sont résumées dans le tableau suivant :

Période de retour T	Durée totale	Durée intense	Cumul en mm	Intensité max en mm/h
1 mois	2h	30 min	12.56	29.14
6 mois	2h	30 min	18.07	44.57
1 an	2h	30 min	20.81	52
5 ans	4h	30 min	28.09	70.86
10 ans	4h	30 min	33.48	81.71
20 ans	4h	30 min	42.49	96.57
30 ans	4h	30 min	46.85	104
50 ans	4h	30 min	53.47	115.43

Tableau 17: Caractéristiques des pluies de projet (source : Schéma Directeur d'Assainissement)

4.2] Situation actuelle

Une fois le modèle calé, il convient de réaliser un diagnostic succinct du réseau avant l'étude du raccordement de Barjouville. Les deux cartes présentées ci-après identifient les zones de premières mises en charges (Figure 20) et de premiers débordements (Figure 21) des réseaux d'eaux usées. L'objectif est de connaître au préalable les zones sensibles du réseau.

Il est nécessaire de rappeler que le calage a été réalisé avec les informations à dispositions, et il sera donc nécessaire de le vérifier après la réalisation d'une campagne de mesure. Les résultats de la simulation sont donc à relativiser. De plus le logiciel ne tient pas compte des possibles phénomènes de dépôt par les défauts d'**autocurage** dans les réseaux d'eaux usées, qui diminue la section d'écoulement possible.

4.2.1] Autocurage du réseau

L'**autocurage** est la capacité d'un collecteur à se nettoyer et empêcher les encrassements par le seul fait des écoulements reçus. Ce phénomène est important dans les **réseaux d'eaux usées séparatifs**, en l'absence théorique de chasse pluviale. Aussi selon l'INT 77-284, en **réseau séparatif** et outre la rectitude de la pose et l'entretien, l'**autocurage** est supposé assuré avec les conditions suivantes :

- ❖ A pleine ou demi-sections, la vitesse d'écoulement doit être supérieur à 0.7 m/s, 0.5 m/s dans le pire des cas.
- ❖ Le remplissage aux 2/10 de la conduite doit être assuré par le débit moyen et la vitesse d'écoulement doit être supérieur à 0.3 m/s.

Au vu des rapports d'exploitation et des listes d'interventions, trois secteurs en particulier présentent des problèmes d'**autocurage**, avec une fréquence d'intervention mensuelle :

- ❖ La conduite sous la rue principale en amont du poste « Philarète Chasles ».
- ❖ Les conduites qui longent l'Eure dans le centre-ville de Chartres.
- ❖ La conduite qui longe l'Eure et qui amène les eaux des BV « Champhol Nord » et « Champhol Sud ».

Au vu des résultats fournis par la modélisation, la vitesse sur ces conduites est inférieure à 0.7 m/s pendant 50% de la journée, voire en dessous de 0.5 m/s en temps sec. Ces faibles vitesses sont à imputer aux faibles pentes des conduites sur ces secteurs, proches des 2mm/m qui correspond à la pente minimale préconisée pour les réseaux d'assainissement.

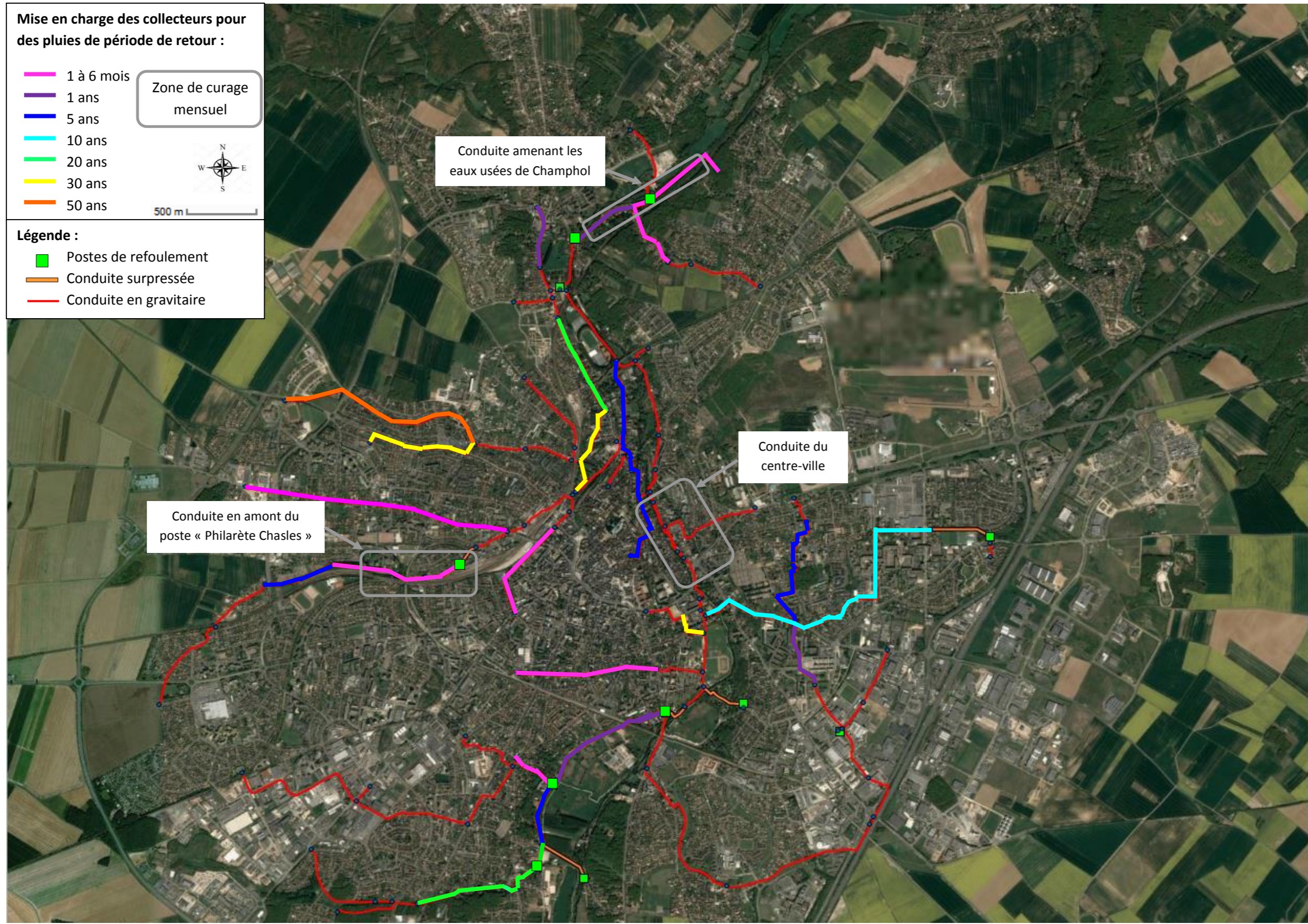


Figure 20 : Carte des zones de mises en charge en situation actuelle (source : personnelle)

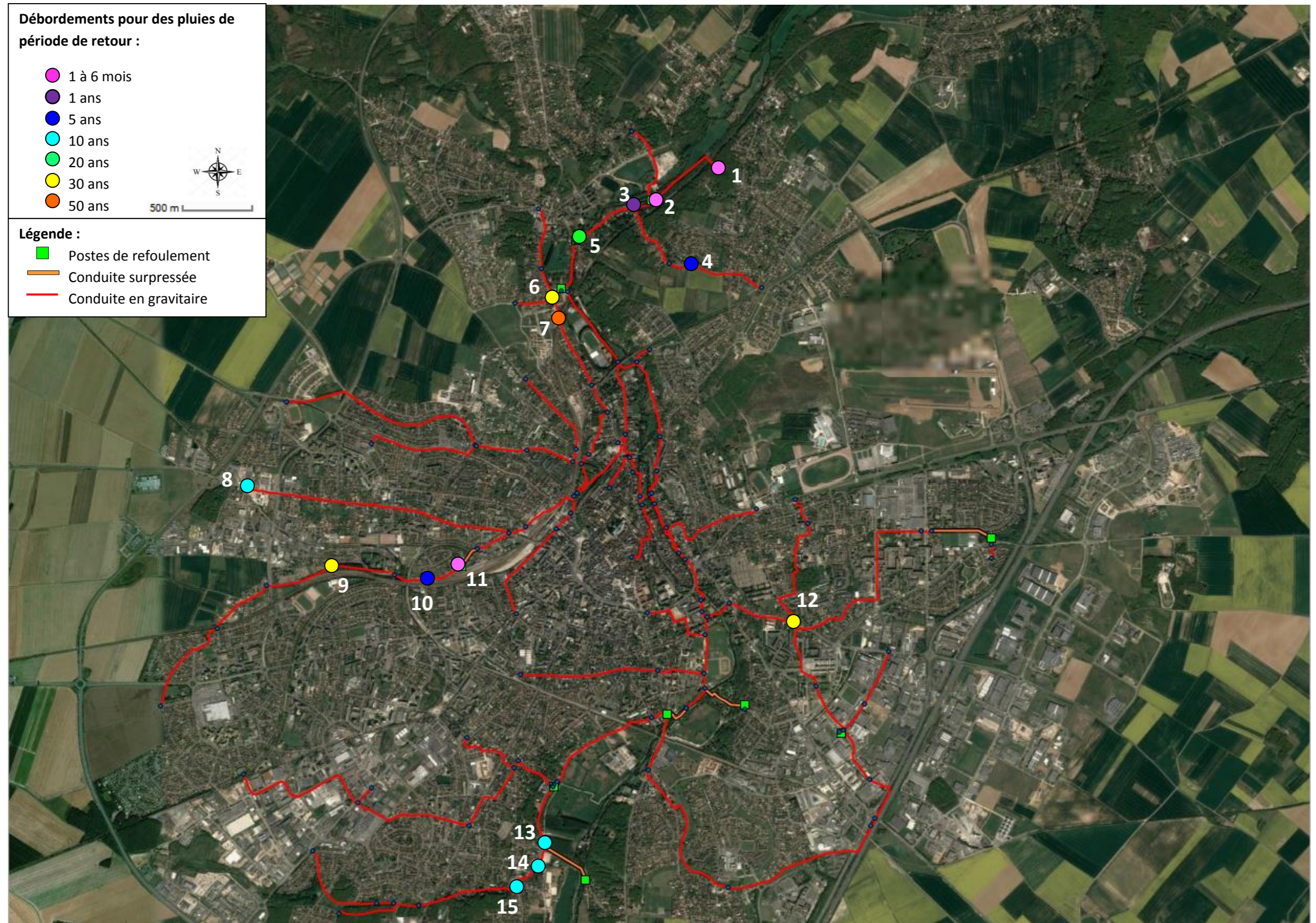


Figure 21 : Carte des point de débordement en situation actuelle (source : personnelle)

4.2.2] Zones de mises en charge et points de débordements

Il peut être constaté au vu des figures précédentes que certaines antennes du réseau sont déjà en charge pour des pluies ayant des périodes de retour entre 1 et 6 mois.

Le premier secteur de mise en charge est celui de Champhol avec les BV « Champhol Nord » et « Champhol Sud » (points de débordements 1 à 5). Cette mise en charge est davantage due aux infiltrations provenant de l'Eure qu'aux défauts d'autocurage, entraînant un remplissage du collecteur à 75% pendant le temps sec. Les intrusions d'eaux pluviales par les toitures terminent de mettre en charge le réseau et causent des débordements, avec des volumes de 12 à 50 m³ pour des pluies de période de retour de 6 mois à 5 ans, atteignant 250 m³ lors des pluies de période de retour 50 ans. Le poste « Grands Près » à l'aval déborde lorsqu'il ne peut plus absorber le débit, pour des pluies de périodes de retour de 20 ans. Dans la réalité, aucun débordement n'est observé au niveau du poste sur la voirie car le débit non absorbé passe au trop plein et se déverse dans l'Eure. Ces débordements ne sont cependant observés qu'à partir des pluies de période de retour 20 ans, et donc de niveau de service N3, où la priorité est la protection des personnes et les déversements au milieu naturel sont autorisés.

Le second secteur sensible correspond aux BV « Vauroux » à Luisant et « République » à Mainvilliers (points de débordements 9 à 11). Il a été vérifié au vu du retour des agents d'exploitation du réseau d'eaux usées que les collecteurs se mettent en charge pour de telles périodes de retour. Ces mises en charge proviennent d'une insuffisance capacitaire des collecteurs, par intrusions des eaux claires parasites permanentes et d'infiltration, non négligeables sur ce secteur. En outre, l'incapacité du poste « Philarète Chasles » à pouvoir fonctionner correctement contribue à cette mise en charge.

Il est à noter que le déversoir d'orage en amont du poste et qui constitue son trop plein, commence déjà à déverser dans le réseau d'eaux pluviales pour ces pluies. Cependant la hauteur de crête ne permet pas de déverser un débit suffisant pour empêcher un débordement du poste plus en aval. Une seconde possibilité, qui ne peut être vérifiée au moment de l'étude, est que les intrusions d'eaux claires parasites par les toitures aient été surestimées et que ce soit en réalité les eaux pluviales du Couason qui passent dans le réseau d'eaux usées par le déversoir d'orage, entraînant la mise en charge du collecteur et le débordement du poste. Il est prévu qu'au cours de la prochaine alerte sur ce poste en temps de pluie, un agent d'exploitation aille sur place et observe le comportement du déversoir.

Le déversoir « Docteur Baudin » commence à déverser dans le réseau d'eaux pluviales pour des pluies de période de retour supérieure à 20 ans.

Les débordements et mises charge observés au point 8 sont dus à la mauvaise évacuation des effluents dans la canalisation situées juste en aval. Cependant, le volume débordé étant de 6 m³ pour une pluie de période de retour de 10 ans et compte tenu des incertitudes sur la répartition des surface actives entre les sous-bassins, cette valeur n'est pas nécessairement pertinente et il est possible qu'il n'y ait pas de réels débordements pour des pluies décennales. Le volume débordé étant de 105 m³ pour une pluie vingtennale, il est possible que les débordements soient plus observés pour cette période de retour.

4.2.3] Zone de raccordement de Barjouville

Nous nous intéressons à présent à la zone au sud de Luisant, pour le diagnostic avant le raccordement de Barjouville. Au vu des cartes précédentes, trois points de débordements sont observés sur ce secteur : les points 13, 14 et 15 sur la Figure 22 suivante. Aux dires d'agents présents à Chartres Métropole depuis plusieurs années, des déversements d'eaux usées par les regards sur ce secteur ont déjà été observés pour de fortes pluies.



Figure 22 : Secteur du raccordement de Barjouville en situation actuelle (source : personnelle)

Aucun débordement n'est observé sur cette zone pour des pluies de période de retour inférieure à 10 ans. Les différents volumes débordés observés sur ces points en fonction de la pluie sont donnés dans le tableau suivant :

Point de débordement	T de 10 ans	T de 20 ans	T de 30 ans	T de 50 ans
13	41 m ³	60 m ³	68 m ³	84 m ³
14	18 m ³	25 m ³	31 m ³	37 m ³
15	20 m ³	82 m ³	124 m ³	210 m ³

Tableau 18 : Volumes débordés en situation actuelle (source : personnelle)

La Figure 23 suivante représente le profil du collecteur avec les points 13 à 15, avec en ordonnée l'altitude (NGF) et en abscisse la distance en mètre.

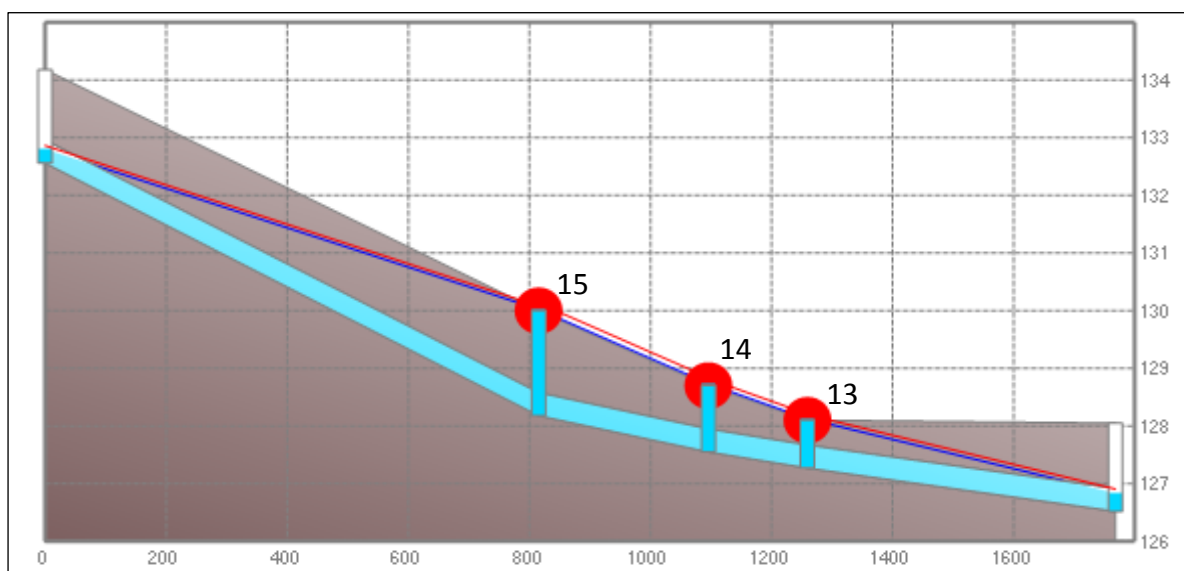


Figure 23 : Profil en long de la conduite des points 13 à 15 (source : personnelle)

Un élément d'explication de cette surcharge est l'évolution de la pente du collecteur. En amont du point 15, la pente moyenne est de 5.5 mm/m. Elle passe à 2 mm/m entre les points 15 et 14, puis à 1.4 mm/m jusqu'au poste « Saint Brice ».

La relation approchée de la formule Manning Strieckler pour une conduite circulaire^[17] utilisée pour estimer le débit Q (m^3/s) dans un collecteur en fonction du coefficient de Strieckler K ($m^{1/3}.s^{-1}$), la pente I (m/m), le diamètre D (m) et la hauteur d'eau h_n (m) est la suivante :

$$\frac{Q}{K * D^3} = I^{\frac{1}{2}} * \frac{3}{4} * \left(\frac{h_n}{D}\right)^2 * \left(1 - \frac{7}{12} * \left(\frac{h_n}{D}\right)^2\right)$$

Or si D , K et Q sont supposés constant entre deux points, alors l'évolution de la pente I est inversement proportionnelle à la hauteur d'eau dans la conduite. Ainsi si I diminue, la conduite monte en charge et des débordements seront observés.

Il a été vérifié que le résultat des débordements sur le logiciel n'était pas à imputer aux injections d'eaux usées par les postes Carillons au point 15 et Gaudinières au point 14 : même en supprimant les apports par ces postes, les débordements sont similaires sur ces zones.

Le bassin de rétention des eaux usées situé en aval ne permet pas de délester le collecteur amont : la hauteur de crête étant de 57 cm dans une conduite de 50 cm de diamètre, le fonctionnement du déversoir nécessite la montée en charge des conduites amont et aval.

Grâce à la modélisation, il a été possible de simuler des hauteurs de crête différentes, pour voir l'impact du déversoir sur la montée en charge des conduites. Ainsi même en l'absence de déversoir pour l'arrivée des eaux usées au bassin de rétention, des débordements en amont sont toujours observés, plus faibles que la situation réelle mais cependant non négligeables.

Il s'avère donc que le défaut principal est bien l'évolution de la pente du collecteur. La zone située à l'aval du bassin de rétention est la première à se mettre en charge mais la hauteur de couverture, entre le terrain naturel et le haut de la conduite, est suffisante pour éviter les débordements. En outre, les points 13 et 14 sont des regards vulnérables aux montées en charge car la hauteur de couverture est inférieure à 80 cm.

En utilisant la formule précédente, le rapport de h_n par D est fixé à 95%, limite de validité de la formule et correspondant à une presque mise en charge de la conduite, tandis que le coefficient K_s est supposé à 65. Le débit de pointe en temps de pluie étant estimé à 0.16 m^3/s , nous déterminons qu'il faudrait mettre en place un collecteur de 600 mm de diamètre, en conservant les pentes actuelles de 1.4mm/m et 2 mm/m pour éviter les débordements pour une pluie trentennale.

4.3] Situation future

4.3.1] Evolution du modèle

Il convient à présent d'étudier le réseau d'eaux usées dans une optique future, en tenant compte des modifications suivantes :

- ❖ Le raccordement de Barjouville sur Luisant

N'ayant pas d'indications sur le fonctionnement de Barjouville et tenant compte du fait que pour le moment selon la phase projet, il est uniquement certain que le débit en sortie de poste et injecté sur Luisant sera de 93 m³/h, le raccordement sera modélisé comme l'injection au point n°15 sur les cartes d'un débit de 26 l/s en continu pendant la durée de la simulation.

- ❖ Un accroissement de la population de 0.8%/an

Ce chiffre a été déterminé au cours du **Schéma de Cohérence Territoriale** de l'Agglomération Chartraine en 2006, Chartres Métropole n'étant alors composée que des communes centrales. Ce chiffre peut être légèrement élevé, la plupart des communes présentant au contraire une légère diminution de la population. Le centre-ville de Chartres au bord de l'Eure, n'étant pas propice à de nouvelles constructions, il sera supposé que l'accroissement démographique se fait en périphérie de Chartres, là où de nouvelles résidences sont actuellement en construction et uniformément sur les zones d'habitations des autres communes.

Les volumes ajoutés pour les **rejets domestiques** sont les suivants, en supposant que chaque nouvel habitant rejettera dans le réseau d'eaux usées 120 L/j :

Ville	Nombre d'habitants actuels (2015)	Nombre d'habitants futurs (2025)	Rejets d'eaux usées supplémentaires (m ³ /j)
Chartres	38 728	41 940	385
Lucé	16 240	17 587	162
Mainvilliers	10 558	11 434	105
Luisant	6 710	7 267	67
Lèves	5 671	6 141	56
Le Coudray	4 215	4 565	42
Champhol	3 554	3 849	35
Total	85 676	92 782	853

Tableau 19 : Evolution des rejets d'eaux usées en situation future (source : personnelle)

Les profils d'eaux usées avec les coefficients de pointes sont recalculés de la même manière que pour la situation actuelle après modifications des rejets moyens d'eaux usées. Les nouveaux profils de rejets ainsi que la répartition des débits supplémentaires sur les nœuds du réseau sont définis en Annexes 10 et 11.

A défaut d'informations les concernant, il sera supposé que les rejets industriels restent identiques. Exception est faite de l'entreprise Guerlain, qui a émis récemment une demande afin de pouvoir doubler ses rejets d'eaux usées.

- ❖ La construction d'un nouveau poste de relevage après le poste « Philarète Chasles »

Il est prévu la construction d'un nouveau poste de relevage pour collecter et contrôler l'arrivée des effluents provenant du poste « Philarète Chasles » et du BV « Mainvilliers Sud ». L'une des conduites actuellement en service sera déviée dans l'optique de travaux proches de la gare.



Figure 24 : Position du futur poste de refoulement (source : personnelle)

Le poste a été dimensionné par l'entreprise PROLOG et validé par la Direction du Cycle de l'Eau de Chartres Métropole. D'un diamètre de 4 m pour une profondeur de 3.36 m, il y aura trois pompes de 140 l/s chacune, mais seules deux fonctionneront simultanément en temps normal, la troisième servant de pompe de secours. Les niveaux de démarrages et d'arrêts sont renseignés dans le tableau suivant :

Nom du poste (nombre de pompes)	Niveau très bas (m)	Niveau bas (m)	Niveau haut (m)	Niveau très haut (m)
PR « Futur » (3)	1	1.2	1.75	2

Tableau 20 : Niveaux d'arrêts et démarrages des pompes (source : Chartres Métropole)

En tenant compte de l'ensemble de ces modifications et en les renseignant sur le modèle, nous réalisons un diagnostic du réseau dans une situation future, les deux cartes présentées aux pages 54 et 55 ci-après présentant les zones de premières mises en charges (Figure 25) et de premiers débordements (Figure 26) des réseaux d'eaux usées.

Aucun débordement ni mise en charge n'est observé en temps sec.

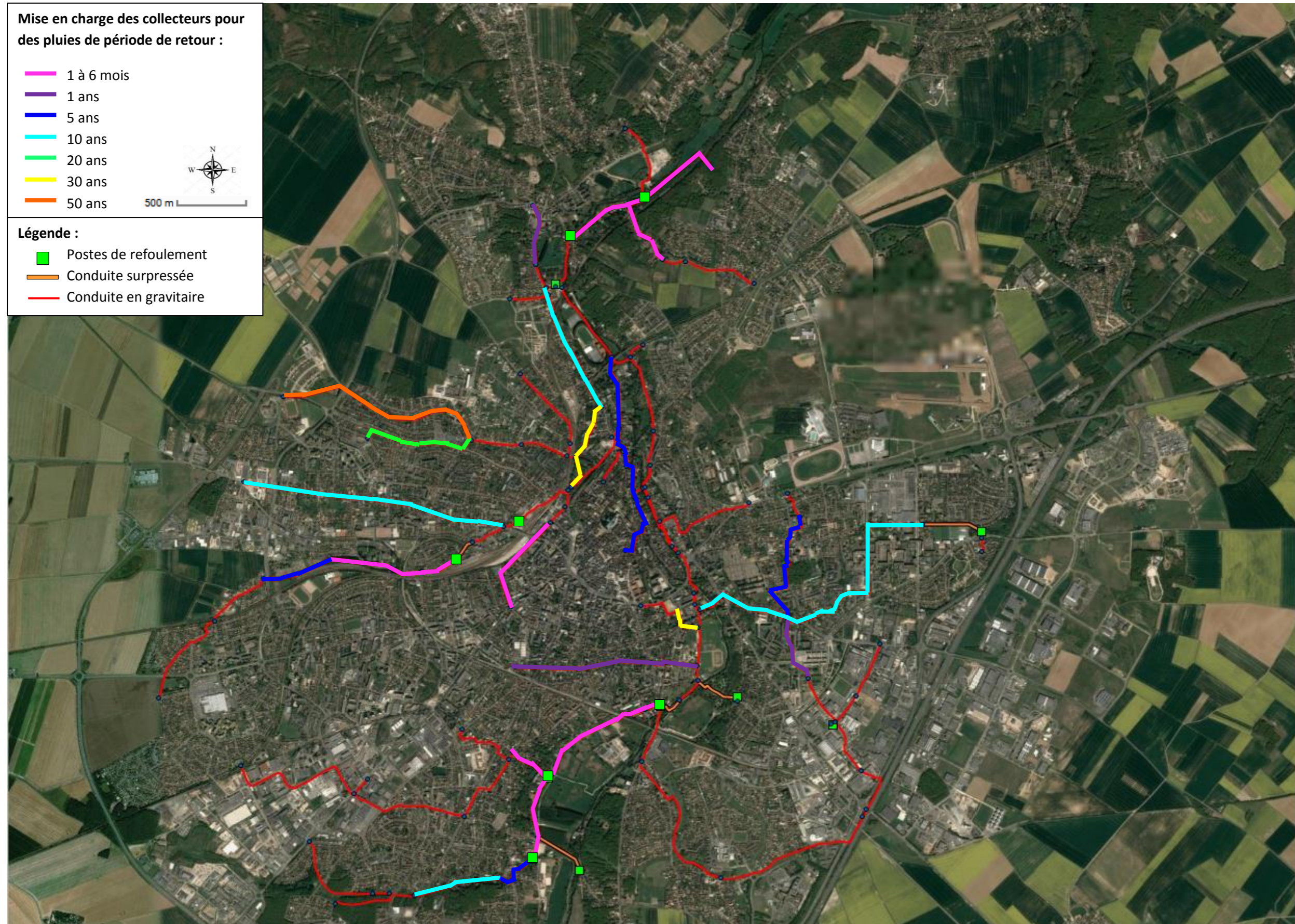


Figure 25 : Carte des zones de mises en charge en situation future(source : personnelle)

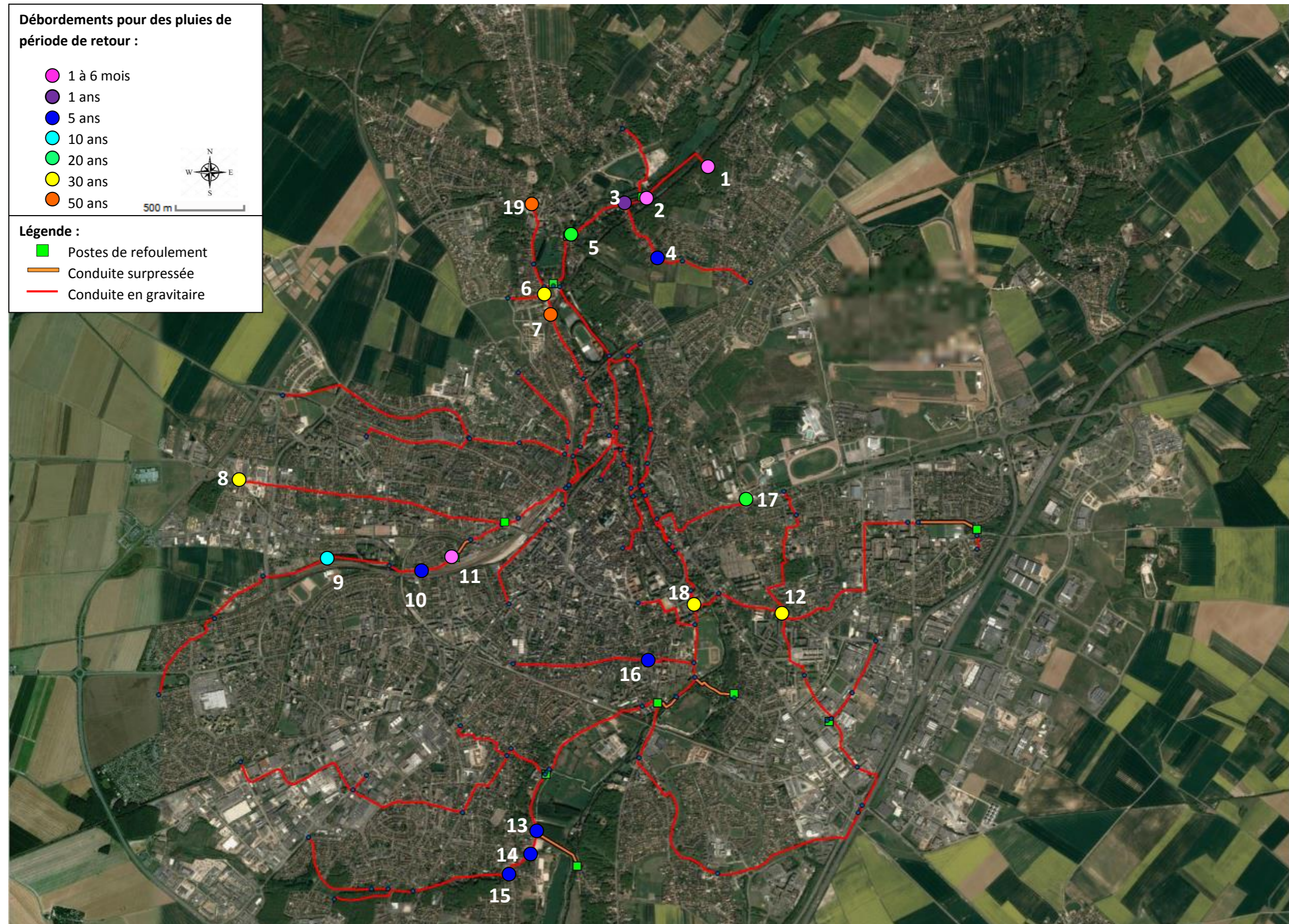


Figure 26 : Carte des point de débordement en situation future (source : personnelle)

4.3.2] Zones de mises en charge et points de débordements

Au vu des figures précédentes, la majorité des secteurs de débordements en situations futures sont les mêmes qu'en situation actuelle. En revanche, de par l'augmentation des débits d'eaux usées par l'accroissement de population, les périodes de retour des pluies de premiers débordements et mises en charges sont plus faibles, ce qui signifie que ces événements seront plus fréquents.

En outre d'autres points de débordements, de 16 à 19 sur la carte précédente, qui étaient inexistantes pour la situation actuelle sont à présent observés pour des pluies de période de retour de 5 à 50 ans.

Les mises en charge et les débordements observés sur ces zones sont dus sur le modèle à la forte augmentation des abonnés sur les points 16, 17 et 18, situés en périphéries de Chartres. Pour rappel, selon les hypothèses sur la croissance démographique dans la commune de Chartres, seules les parties périphériques sont sujettes à une augmentation d'habitants. Ainsi le débit supplémentaire de 385 m³/j n'a été réparties que sur une faible zone, et de ce fait l'augmentation ponctuelle des débits a été plus importante sur les parties proches de ces points. Le débit supplémentaire associé aux eaux claires parasites supposées identiques à la situation initiale font apparaître des mises en charge et des débordements actuellement inexistantes.

Les débordements sur le point 19 sont probablement une incertitude du modèle et sont dus au fait que les injections des eaux usées et pluviales ne se sont pas suffisamment réparties pour permettre au nœud de les assimiler.

Les déversements aux déversoirs « Docteur Baudin » et « Philarètes Chasles » sont similaires à ceux observés sur la modélisation de la situation actuelle.

La création du nouveau poste a permis de diminuer l'occurrence de débordements au point 8, qui ne surviennent plus que pour des pluies trentennales ou plus.

4.3.3] Zone de raccordement de Barjouville

Des débordements sont déjà observés actuellement sur le sud de Luisant, aussi le raccordement de Barjouville sur ce secteur aggrave la situation, comme présentés sur la Figure 27. Les débordements, qui n'étaient observés que pour des pluies décennales, surviennent à présent pour des pluies quinquennales.

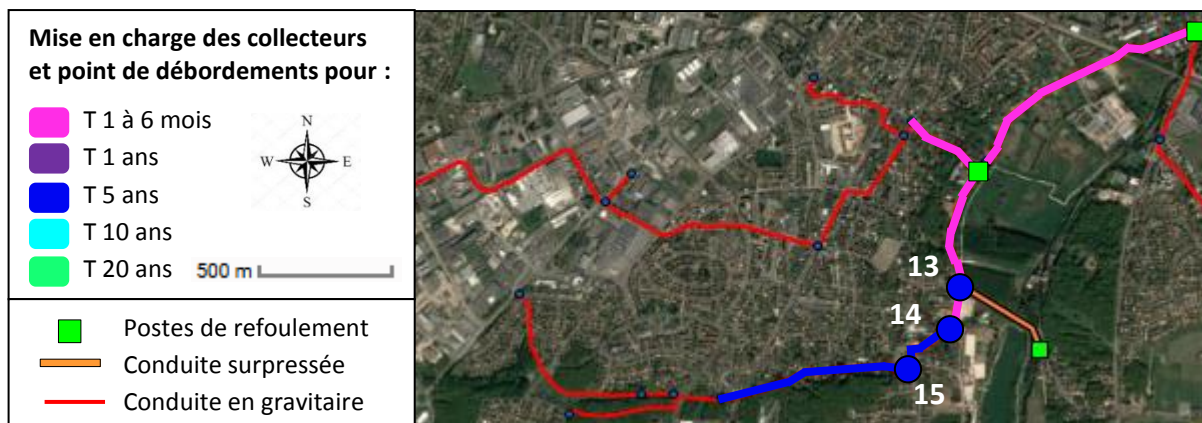


Figure 27 : Secteur du raccordement de Barjouville en situation future (source : personnelle)

Les différents volumes débordés observés sur ces points en fonction de la pluie sont donnés dans le tableau suivant :

Point de débordement	T de 5 ans	T de 10 ans	T de 20 ans	T de 30 ans	T de 50 ans
13	36 m ³	78 m ³	103 m ³	112 m ³	125 m ³
14	1 m ³	25 m ³	38 m ³	43 m ³	52 m ³
15	1 m ³	33 m ³	85 m ³	105 m ³	140 m ³
Volume débordé total	38 m ³	136 m ³	226 m ³	260 m ³	317 m ³

Tableau 21 : Tableau 18 : Volumes débordés en situation future (source : personnelle)

Les résultats de la modélisation mettent en évidence des volumes débordés non négligeables et justifient la recherche de propositions pour limiter voire supprimer ces débordements.

Plusieurs solutions sont possibles :

- ❖ L'augmentation de la capacité de la conduite, en changeant le diamètre de 400 mm existant depuis le point 15 jusqu'au poste Saint Brice.
- ❖ La construction d'un second bassin de rétention des eaux usées en amont du point 15 pour stocker les eaux usées.
- ❖ La recherche des eaux claires pluviales sur la partie en amont du point 15.

La simulation de différents scénarios en modifiant les surfaces actives sur la modélisation va permettre d'estimer leurs impacts sur les volumes débordés, avec comme objectif de déterminer la surface active à abattre pour amoindrir les débordements.

Le graphique suivant reprend les variations du volume débordé total aux points 13, 14 et 15 en fonction de la surface active en amont de ces points pour différentes périodes de retour.

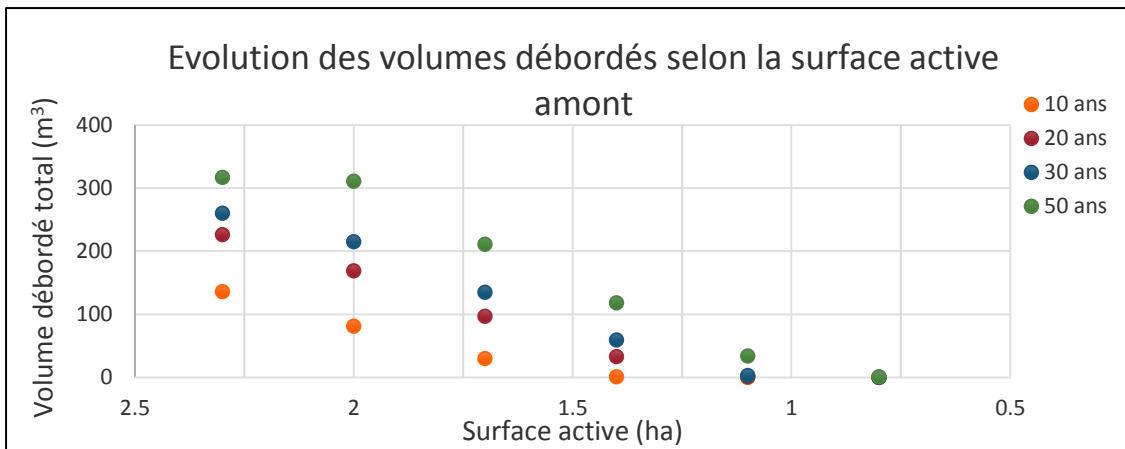


Figure 28 : Evolution des volumes débordés selon la surface active amont (source : personnelle)

En simulant différentes valeurs de surfaces actives, la modélisation permet de déterminer qu'une diminution de 50% de la surface active permettrait de diminuer considérablement les débordements. Avec une surface active finale de 1.1 ha, les volumes débordés pour des pluies décennales à trentennales sont inférieures à 1 m³ et considérées comme nulles au vu de la précision du modèle. Le volume débordé pour une pluie cinquantennale serai d'environ 45 m³. Cependant il est probable que pour de telles pluies, considérées comme étant des pluies exceptionnelles, le réseau pluvial posera davantage de problèmes que le réseau d'eaux usées et la priorité sera alors de veiller à la sécurité des personnes. Nous nous intéresserons donc pour la suite aux pluies trentennales et non cinquantennales.

Les intrusions d'eaux claires météoriques proviendraient majoritairement des zones résidentielles en amont des points 13 à 15, en pointillés orange sur la Figure 29 suivante. Ce sera donc ce périmètre qui sera ciblé au moment des campagnes de recherches de mauvais branchements des eaux pluviales sur le réseau d'eaux usées. Ce secteur fait 200 ha et contient 1738 habitations sur 45 rues pour un linéaire de réseau de 15 km.



Figure 29 : Périmètre de recherche des intrusions pluviales (source : infogéo28)

4.4] Solutions et estimation tarifaire

L'objectif à atteindre est de supprimer les différents débordements observés. La solution du bassin de rétention n'est pas envisagée de par l'absence d'emprise foncière pour implanter l'ouvrage.

4.4.1] Changement du collecteur

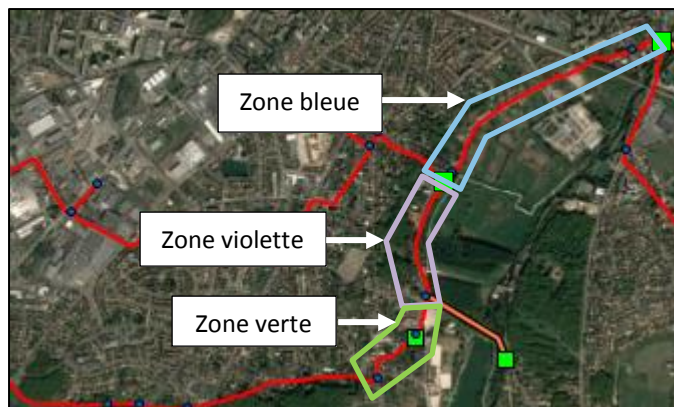


Figure 30 : Collecteur à renouveler (source : personnelle)

La première possibilité pour éviter les débordements serait d'augmenter le diamètre de la conduite située Rue de la Vallée de l'Eure et sectorisée sur la Figure 30. Avec la relation approchée de la formule Manning Strieckler déjà utilisée, il est possible de déterminer le diamètre nécessaire pour permettre de faire circuler le débit maximal lors d'une pluie trentennale.

Les résultats sont définis dans le tableau suivant :

Zone	Pente (mm/m)	Diamètre (m)	Linéaire (m)	Débit max (m ³ /s)	Diamètre calculé (m)
Verte	2.2	0.4	426	0.17	0.5
Violette	1.4	0.4	570	0.3	0.7
Bleue	1.4	0.4	1096	0.28	0.7

Tableau 22 : Estimation des diamètres à mettre en place (source : personnelle)

En se servant de la modélisation pour vérifier ces résultats, il s'avère que mettre en place un diamètre de 600 mm au lieu du 700 mm serait suffisant pour éviter les débordements, mais mettrait la conduite en charge. Ceci est cohérent avec les résultats car la formule se basait sur l'hypothèse d'un remplissage à 95% et non sur une mise en charge totale de la conduite.

Le linéaire de 2 km à changer que les travaux de renforcement nécessitent un passage en marché public. Chartres Métropole devra, avant l'appel d'offre, réaliser une Déclaration de projet de Travaux (DT) dans laquelle sera indiqué la date prévue de travaux et leur emplacement. Il sera nécessaire ensuite pour le maître d'œuvre retenu de réaliser des Déclarations d'Intentions de Commencement de Travaux (DICT) à chaque exploitant de réseau (ici eau potable, eaux usées, eaux pluviales, gaz, électricité et télécom) qui lui permettra d'obtenir les informations sur leurs localisations pour en prévenir l'endommagement.

Il faudrait également demander un arrêté préfectoral pour interdire la circulation sur les routes sous lesquelles se trouvent les canalisations pendant la durée du projet et coordonner les raccordements des différentes branches (arrivée du poste « Gaudinières », arrivée de l'ouest de Lucé et Luisant...) sur la nouvelle conduite. Outre le collecteur, il faudra mettre un regard de visite à chaque changement de direction ou de diamètre, en veillant à mettre un regard au moins tous les 50 m.

4.4.2] Techniques de recherche de surfaces actives

La méthode de la dilution et la mesure de débit définies en 2.2] peuvent être utilisées pour définir des secteurs avec des intrusions d'**eaux claires parasites météoriques**. Il existe différentes techniques pour diagnostiquer et cibler la non-conformité des branchements du pluvial sur l'assainissement.

❖ Tests à la fumée

Les tests à la fumée (ou tests aux fumigènes) mettent en évidence les différents points d'intrusions d'eaux pluviales raccordés au réseau d'eaux usées : avaloirs, gouttières... Le principe consiste à injecter un fumigène blanc inodore et inoffensif dans le collecteur à diagnostiquer. La fumée se propage dans toutes les canalisations mais aussi par tous les interstices disponibles. Dans le cas d'une erreur de raccordement, la fumée blanche s'évacuera au niveau des gouttières ou avaloirs raccordés au réseau d'eaux usées. L'entreprise mandatée pour réaliser les tests à la fumée répertorie sur une carte les différentes anomalies observées.

❖ Contrôle de conformité

Les contrôles de conformité nécessitent l'accès au domaine privé des usagers pour les agents chargés de l'intervention. Le diagnostic peut se faire par résonance phonique. L'un des agents tape légèrement sur les gouttières descendant de la toiture pendant que le second agent est posté au niveau de la **boîte de branchement** d'eaux usées. Si les coups sont entendus par écho, la gouttière y est donc raccordée. Le constat peut aussi être fait grâce à un colorant, tel que de la Fluorescéine ou de la Rhodamine. Ce colorant est introduit soit au niveau des regards en bas de gouttières, soit au niveau des toitures. En cas de non-conformité du branchements d'eaux pluviales, ce colorant se retrouvera dans le réseau d'eaux usées. Ces contrôles peuvent être faits par les agents de la Direction du Cycle de l'Eau de Chartres Métropole en cas de nouvelles habitations ou ventes de biens immobiliers. La CM Assainissement doit également réaliser 500 contrôles par an dans le cadre de son contrat de délégation.

❖ Les Inspections Télé-Visuelles (ITV)

Les ITV consistent à faire passer une caméra dans le collecteur, en appui aux tests à la fumée et aux contrôles de conformité. L'inspection faite permet la détection de défauts structurels ou fonctionnels tels que les déformations, ruptures, dégradations de surface, branchements pénétrants, raccordements défectueux, défauts de joint d'étanchéité, pénétrations de racines, infiltrations, fissures, effondrement, défaut de pente (présence d'une contre-pente, inclinaison), etc. Les ITV sont précédées d'un curage de la conduite pour la nettoyer et mettre davantage en évidence les défauts potentiels.

A la suite de ces diagnostics, que ce soient les tests à la fumée ou les contrôles de conformités, les usagers non conformes devront régulariser leur situation le plus tôt possible. S'ils ne sont pas obligés de refaire un branchement d'eaux pluviales, ils sont invités à déconnecter leurs gouttières pour que les eaux de toitures se déversent dans la rues ou dans leur domaine privé en favorisant l'infiltration.

4.4.3] Bilan financier

Les estimations de prix pour le renforcement du collecteur sont basées sur celles d'autres projets actuellement en cours. Il sera supposé que le nombre de regards installés pendant les travaux sera identique au nombre de regards actuels. La conduite déviée sera, si possible, laissée sur place et seuls les regards amont et aval ainsi que ceux des différentes arrivées d'effluents seront obturés.

Le tableau suivant présente le chiffrage du remplacement de la conduite dans la Rue De La Vallée de l'Eure à Luisant.

Désignation	Prix unitaire €	Forfait	Quantité	Montant €
1. GENERALITES				
1.1 Installation et repliement du chantier, établissement d'un Plan de retrait amiante		forfait	4%	52 240.30 €
SOUS TOTAL GENERALITES				52 240.30 €
2. TRAVAUX PREPARATOIRES				
2.1 Démolition de chaussée	25.00 €	m ²	8000	200 000.00 €
2.2 Obturation des regards existants	360.00 €	unités	16	5 760.00 €
2.3 Amenée et replie d'une centrale d'injection de chantier	1 000.00 €	forfait	1	1 000.00 €
SOUS TOTAL TRAVAUX PREPARATOIRES				206 760.00 €
3. RESEAUX D'ASSAINISSEMENT				
3.1 Mise en place des conduites				
3.1.1. DN 500 en fonte	340.00 €	ml	426	144 840.00 €
3.1.2. DN 600 en fonte	425.00 €	ml	1666	708 050.00 €
3.2 Fourniture et pose de regards DN1000	1 250.00 €	unité	121	151 250.00 €
3.3 Reprise de branchement	2 000.00 €	unité	35	70 000.00 €
3.4 Curage du réseau				
3.4.1 DN compris entre 400 et 550 mm	1.39 €	ml	426	592.14 €
3.4.2 DN compris entre 600 et 900 mm	1.90 €	ml	1666	3 165.40 €
3.5 Test d'étanchéité				
3.5.1 Regards de visite	90.00 €	unité	121	10 890.00 €
3.5.2 Canalisation	5.00 €	ml	2092	10 460.00 €
SOUS TOTAL RESEAUX D'ASSAINISSEMENT				1 099 247.54 €
RECAPITULATIF				
1. GENERALITES				52 240.30 €
2. TRAVAUX PREPARATOIRES				206 760.00 €
3. RESEAUX D'ASSAINISSEMENT				1 099 247.54 €
TOTAL				1 358 247.84 €
T.V.A AU TAUX DE 20%				271 649.57 €
TOTAL TOUTES TAXES COMPRISES				1 629 897.41 €

Tableau 23 : Estimation tarifaire du remplacement de la conduite (source : personnelle)

Chartres Métropole dispose actuellement d'un marché à bon de commande avec l'entreprise Aqualter Exploitation pour les contrôles des réseaux et ouvrages d'assainissement. Les tarifs sont tirés du Bordereau des Prix Unitaires du marché public.

Le tableau suivant reprend une estimation du coût du diagnostic de recherches d'eaux claires parasites.

Désignation	Prix unitaire €	Forfait	Quantité	Montant €
1. TEST A LA FUMEE				
1.1 Mètre linéaire testé	0.61 €	ml	15 000	9 150.00 €
1.2 Rapport de synthèse	20.00 €	1 pour 3 rues	15	300.00 €
SOUS TOTAL TEST A LA FUMEE				9 450.00 €
2. CURAGE				
2.1 DN inférieur ou égal à 350 mm	1.29 €	ml	15 000	19 350.00 €
SOUS TOTAL CURAGE				19 350.00 €
3. ITV				
3.1 Deux premières heures	216.00 €	forfait	15.00	3 240.00 €
3.2 Heure supplémentaire	85.00 €	heure	105.00	8 925.00 €
SOUS TOTAL ITV				12 165.00€
TOTAL				
1. TEST A LA FUMEE				9 450.00 €
2. CURAGE				19 350.00 €
3. ITV				12 165.00 €
TOTAL				40 965.00 €
T.V.A AU TAUX DE 20%				8 193.00 €
TOTAL TOUTES TAXES COMPRISES				49 158.00 €

Tableau 24 : Estimation tarifaire de la recherche d'eaux claires parasites (source : personnelle)

Au final, il est moins coûteux de privilégier la recherche d'intrusion d'eaux pluviales que de renforcer la conduite pour favoriser l'écoulement des effluents. Au vu des coûts qui seraient générés par des travaux de rénovation de la conduite, ainsi que de l'ensemble des contraintes techniques de tels chantiers, cette solution n'est pas envisagée ne sont pas envisagées.

Il sera privilégié la recherche des toitures mal raccordées.

En outre, le projet de diagnostic pourrait faire l'objet d'une subvention par l'Agence de l'Eau Seine Normandie [18]. Les aides proposées dans le cadre du 10^{ème} programme permettent de financer une partie des études générales d'assainissement, dans lesquelles sont incluses « [...] les études de connaissances du patrimoine d'assainissement et son fonctionnement par temps sec et par temps de pluie, de connaissance et de réduction de sources de pollutions ». Le taux d'aide alloué à ces études était de 80% au cours du 10^{ème} programme, cependant celui arrive à échéance fin 2018 et le renouvellement de cette aide n'est pas garantie pour le 11^{ème} programme.

Ainsi le coût des études s'élèverait entre 49 158.00 € et 9 831.60 € dans le cadre d'une subvention à 80%.

Conclusion

Ce Travail de Fin d'Etudes conclut non seulement un an de projet mais également les trois années d'apprentissage au sein de la Direction du Cycle de l'Eau de Chartres Métropole.

Bien que le réseau urbain soit supposé **séparatif**, les nombreuses intrusions d'eaux claires parasites en temps de pluie entraînent des débordements sur plusieurs points du réseau d'eaux usées. La connaissance de cette partie du patrimoine est d'autant plus difficile du fait du récent changement de délégataire qui a entraîné une certaine perte d'informations.

La construction et le calage du modèle, basés sur les informations disponibles actuellement, sont amplement critiquables mais ont été optimisés avec les moyens à disposition et les retours d'expériences des différents agents d'exploitation.

Le diagnostic de la situation actuelle a mis en évidence l'existence de zones sensibles aux débordements car présentant de nombreuses intrusions pluviales qui ne peuvent être absorbées par le réseau compte tenu des diamètres et pentes. Parmi ces secteurs se trouve la zone de raccordement de Barjouville.

La simulation du réseau en situation future, tenant compte des évolutions de la population et du débit supplémentaire par Barjouville, met l'accent sur le besoin de limiter les intrusions d'eaux pluviales dans le réseau d'assainissement afin d'éviter les mises en charge des collecteurs et les débordements.

Le but de ce projet était dans un premier temps de créer une modélisation pour vérifier la faisabilité du projet avec les différents impacts sur le réseau existant puis dans un second temps de bénéficier d'un outil sur le long terme qui servirait dans les projets futurs. Il sera intéressant dans le cadre des études futures de faire des campagnes de mesures de débits sur les conduites principales afin de valider ou non le modèle existant.

Il est à noter que les solutions proposées ne sont données qu'à titre informatif et qu'il appartient à la Direction du Cycle de l'Eau d'engager ou non les différentes démarches pour limiter les intrusions pluviales.

Bibliographie

[1] FRANCE. **Code Générale des Collectivité Territoriales, Cinquième partie, Livre II, Titre 1^{er}, Chapitre IV, Section 4 : Compétences – Article L.5216-5**

[document en ligne, consulté le 21/09/18]

https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=88D87709548B5A997006FA2046706F2B.tplgfr37s_3?idArticle=LEGIARTI000031118398&cidTexte=LEGITEXT000006070633&categorieLien=id&dateTexte=20200101

[2] FRANCE. Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer – **Géorisques Cartes Interactives** [consulté le 07/06/2018] : <http://www.georisques.gouv.fr/cartes-interactives>

[3] AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE – **Devenir des anciens captages d'eau potable du département d'Eure et Loir** – novembre 2015, 20 p

[document interne]

[4] ARTELIA – **Avant Projet : Raccordement des effluents de Barjouville sur le réseau de Chartres Métropole et la démolition de la Station d'épuration de Barjouville** – 16 novembre 2017, 30 p

[document interne]

[5] CHARTRES METROPOLE – **Assainissement collectif**

[consulté le 21/06/2018]

<https://www.chartres-metropole.fr/responsable/eau-et-assainissement/assainissement-collectif/>

[6] CHARTRES METROPOLE – **Schéma Directeur des Eaux Usées ; Rapport de Diagnostic** – décembre 2015, 600 p

[document interne]

[7] CHARTRES METROPOLE – **Gestion du service public d'assainissement Choix de la procédure (DSP/SEMOP) et périmètre** – 24 avril 2017, 21 p

[document interne]

[8] José VAZQUEZ – **Hydrologie et hydraulique urbaine en réseau d'assainissement** – 2012, p 92/225

[9] José VAZQUEZ – **Hydrologie et hydraulique urbaine en réseau d'assainissement** – 2012, p 93/225

[10] Jérôme DE BENEDITTIS - **Mesurage de l'infiltration et de l'exfiltration dans les réseaux d'assainissement**. Thèse de Doctorat, Génie Civil – Institut Nationale des Sciences Appliquées de Lyon – 2004, p 19/355

[en ligne, consulté le 21/09/18] <http://theses.insa-lyon.fr/publication/2004ISAL0023/these.pdf>

[11] Julien GABERT – **Mémento de l'assainissement** – Editions du Gret, 2018, 848 p.

ISBN (Gret) : 978-2-868-44314-4 [en ligne, consulté le 21/09/18] :

<http://memento-assainissement.gret.org/IMG/pdf/memento-assainissement.pdf>

[12] Jérôme DE BENEDITTIS – **Mesurage de l'infiltration et de l'exfiltration dans les réseaux d'assainissement**. Thèse de Doctorat, Génie Civil – Institut Nationale des Sciences Appliquées de Lyon – 2004, p 120/355

[en ligne, consulté le 21/09/18] <http://theses.insa-lyon.fr/publication/2004ISAL0023/these.pdf>

[13] COMA – **Schéma Directeur Eaux Usées, Investigations Complémentaires : Tests à la fumée** – septembre 2015, 40 p

[document interne]

[14] COMA – **Schéma Directeur Eaux Usées, Rapport De Mesure** – septembre 2015, 229 p

[document interne]

[15] CEREMA – **Procédures d'autorisation et de déclaration des projets d'aménagement au titre du code de l'environnement rubrique 2.1.5.0 : rejets d'eaux pluviales - Principes généraux de gestion des eaux pluviales** – décembre 2014, 16 p

[en ligne, consulté le 22/09/18] http://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/documents/Fiche_SPE_EP_principes_generaux_integral_decembre_2014.pdf

[16] PROLOG – **ACCORD CADRE – ETUDES DE FAISABILITE, DE DIMENSIONNEMENT, D'IMPACT ET CONSTITUTION DE DOSSIERS ADMINISTRATIFS RELATIVES AUX OUVRAGES HYDRAULIQUES** – avril 2013, 105 p

[document interne]

[17] José VAZQUEZ – **Hydraulique à surface libre** – janvier 2006, 154 p

[18] AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE – **Diminuer les pollutions ponctuelles par les polluants classiques**

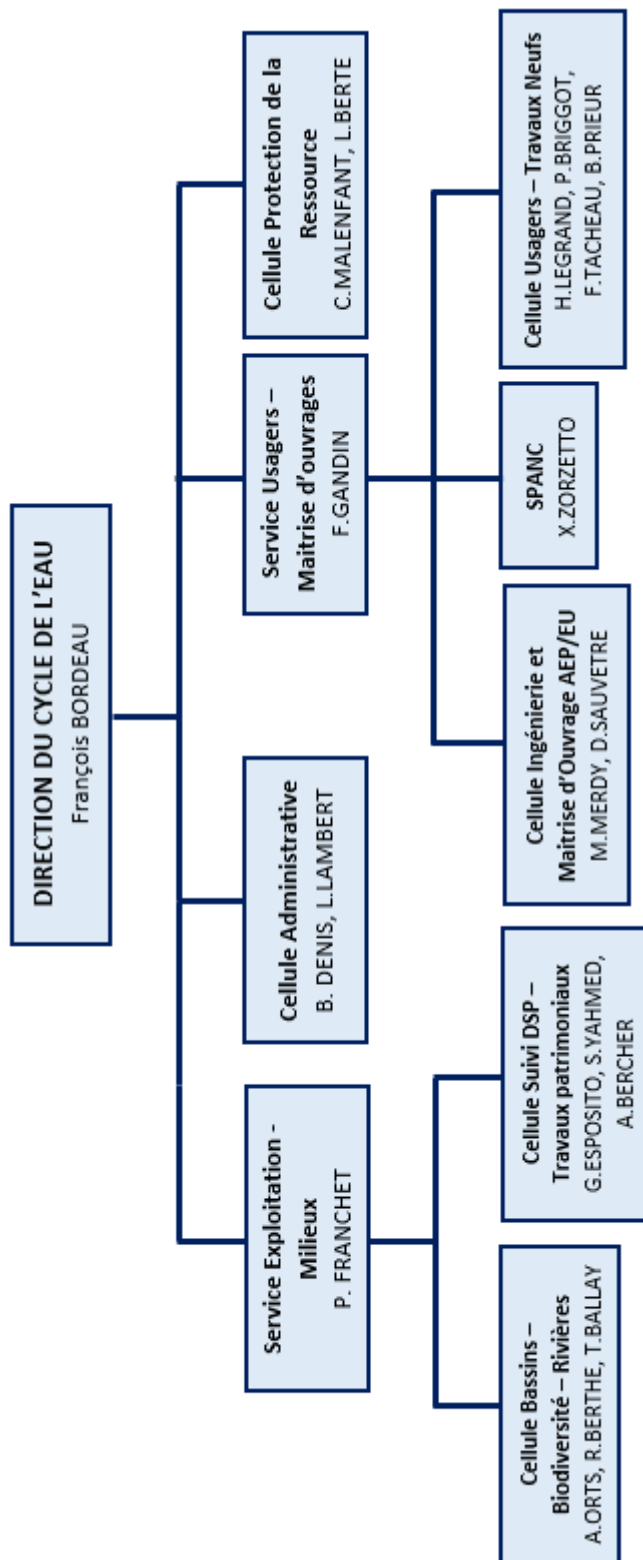
[consulté le 22/09/18]

<http://www.eau-seine-normandie.fr/les-aides-et-redevances/les-aides/diminuer-les-pollutions-ponctuelles-par-les-polluants-classiques>

Annexes

Annexe 1 : Organigramme de la Direction du Cycle de l'Eau.....	68
Annexe 2 : Missions de CM Eau et CM Assainissement.....	69
Annexe 3 : Carte de Chartres Métropole.....	71
Annexe 4 : Carte des affluents de l'Eure.....	72
Annexe 5 : Démographies des communes de Chartres Métropole.....	73
Annexe 6 : Carte des Stations de Traitements des Eaux Usées.....	74
Annexe 7 : Schéma du Bassin de rétention des Eaux Usées.....	75
Annexe 8 : Débits de rejets des eaux usées en situation actuelle.....	78
Annexe 9 : Profils de rejets des eaux usées en situation actuelle.....	79
Annexe 10 : Débits de rejets des eaux usées en situation future.....	84
Annexe 11 : Nouveaux profils de rejets des eaux usées en situation future.....	85

Annexe 1 : Organigramme de la Direction du Cycle de l'Eau



Annexe 2 : Missions de CM Eau et CM Assainissement

Depuis le 1er janvier 2016, la responsabilité de la production et de la distribution d'eau potable sur le territoire de Chartres métropole est confiée à la CM Eau, la première SEMOP, à laquelle incombe différentes prestations :

- ❖ Gestion clientèle et facturation des services d'eau et d'assainissement.
- ❖ Renouvellement des branchements en plomb.
- ❖ Mise en place de la **télérelève**.
- ❖ Gestion des compteurs d'eau sur l'ensemble de l'ensemble des communes.
- ❖ Exploitation des réseaux et ouvrages.

Au total, CM Eau gère les 450 km de réseaux d'eau potable, alimentés par environ 80 000 m³ d'eau journalier, provenant majoritairement (90 à 70% des volumes produits) de la nappe grâce à différents forages ainsi que de l'Eure via une station de pompage (10 à 30% des volumes produits).

Une seconde SEMOP est créée pour le service de l'assainissement au 1er janvier 2018, la CM Assainissement.

Selon le contrat de Délégation de Service Public, pour l'offre de base, pour l'assainissement **collectif**, cette nouvelle entité devra assurer :

- ❖ L'exploitation, l'entretien, la surveillance, les réparations de l'ensemble des ouvrages du service d'assainissement **collectif** (ouvrages de collecte, de transfert et de traitement des eaux usées) sur l'ensemble du territoire de Chartres Métropole, sauf la station de la Mare Corbonne pour la période du 1er janvier 2018 au 31 mai 2019 ;
- ❖ A compter du 1er juin 2019, le Déléguataire intégrera l'exploitation, l'entretien, la surveillance, les réparations de la station d'épuration de la Mare Corbonne, comprenant le traitement et l'évacuation des boues, et à titre accessoire les prestations de traitement des matières de vidange, des produits de curage de réseaux et des graisses en apport extérieur sur la STEU de la mare Corbonne ;
- ❖ Le maintien de la continuité du service, comprenant notamment la mise en place d'un service d'astreinte pouvant être mobilisé en cas d'urgence vingt-quatre heures sur vingt-quatre ;
- ❖ La réalisation des travaux définis par le présent contrat ;
- ❖ Les relations avec les usagers du service ;
- ❖ La perception de toutes les recettes afférentes au service public de l'assainissement des eaux usées, dans le cadre des conventions tripartites passées avec l'exploitant d'eau potable ainsi que la facturation de toutes les rémunérations complémentaires mentionnées dans le présent contrat ;
- ❖ La tenue à jour de l'inventaire et des plans du patrimoine du service ;
- ❖ Le recueil et la valorisation des informations relatives au fonctionnement des installations et à l'exécution du service ;

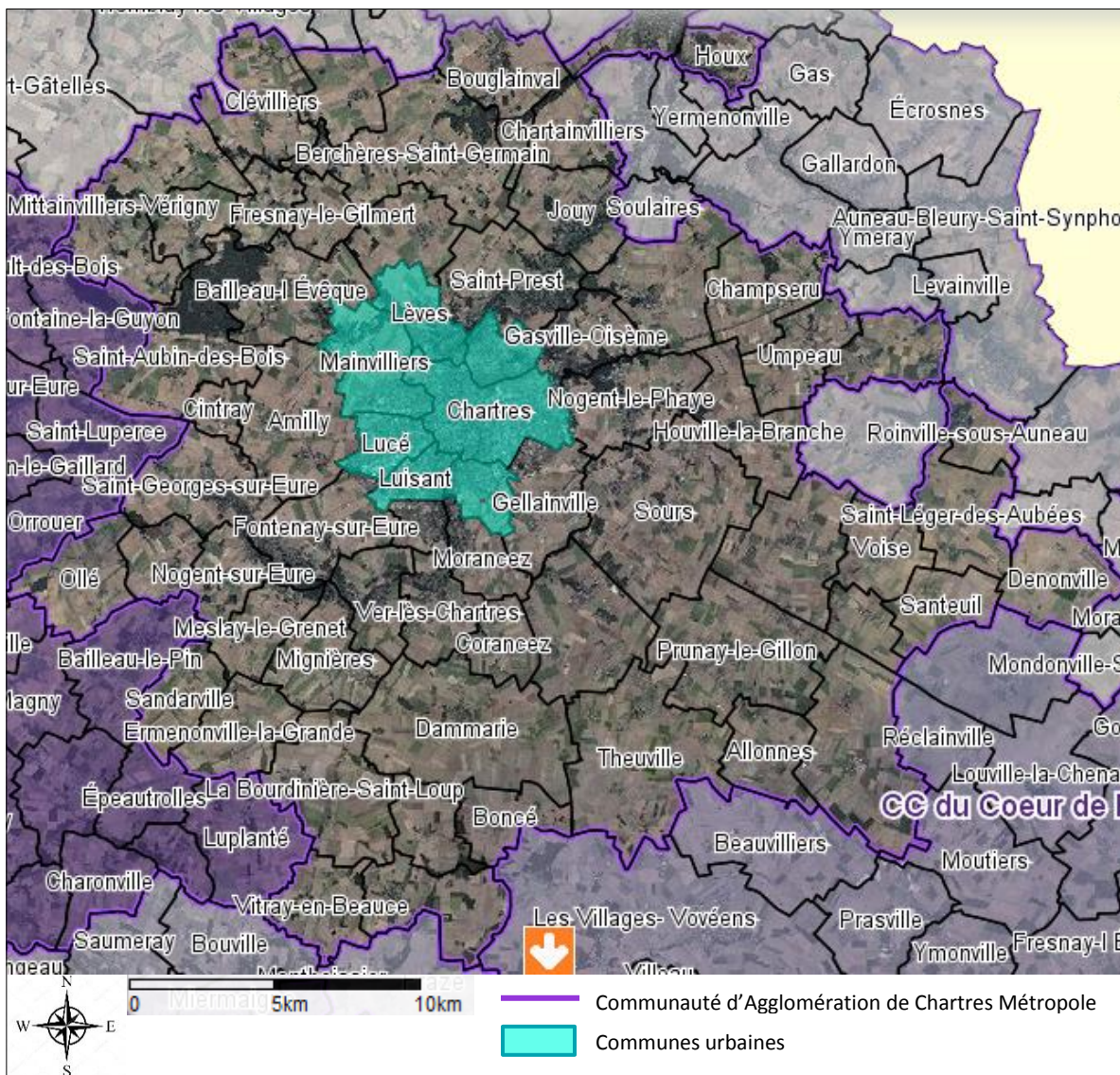
Selon le contrat de Délégation de Service Public, pour l'offre de base, pour l'assainissement **non collectif**, cette nouvelle entité devra assurer :

- ❖ Le contrôle de bon fonctionnement et de l'entretien des installations existantes d'assainissement **non collectif** au titre des missions obligatoires, en application de l'article L.2224-8.1° et 2° du Code général des collectivités territoriales,
- ❖ La vidange des ANC au titre des missions facultatives,
- ❖ Les relations avec les usagers du service,
- ❖ La perception des recettes afférentes aux missions de contrôle de bon fonctionnement et de vidange des installations d'assainissement **non collectif**, dans le cadre des conventions tripartites passées avec l'exploitant d'eau potable,

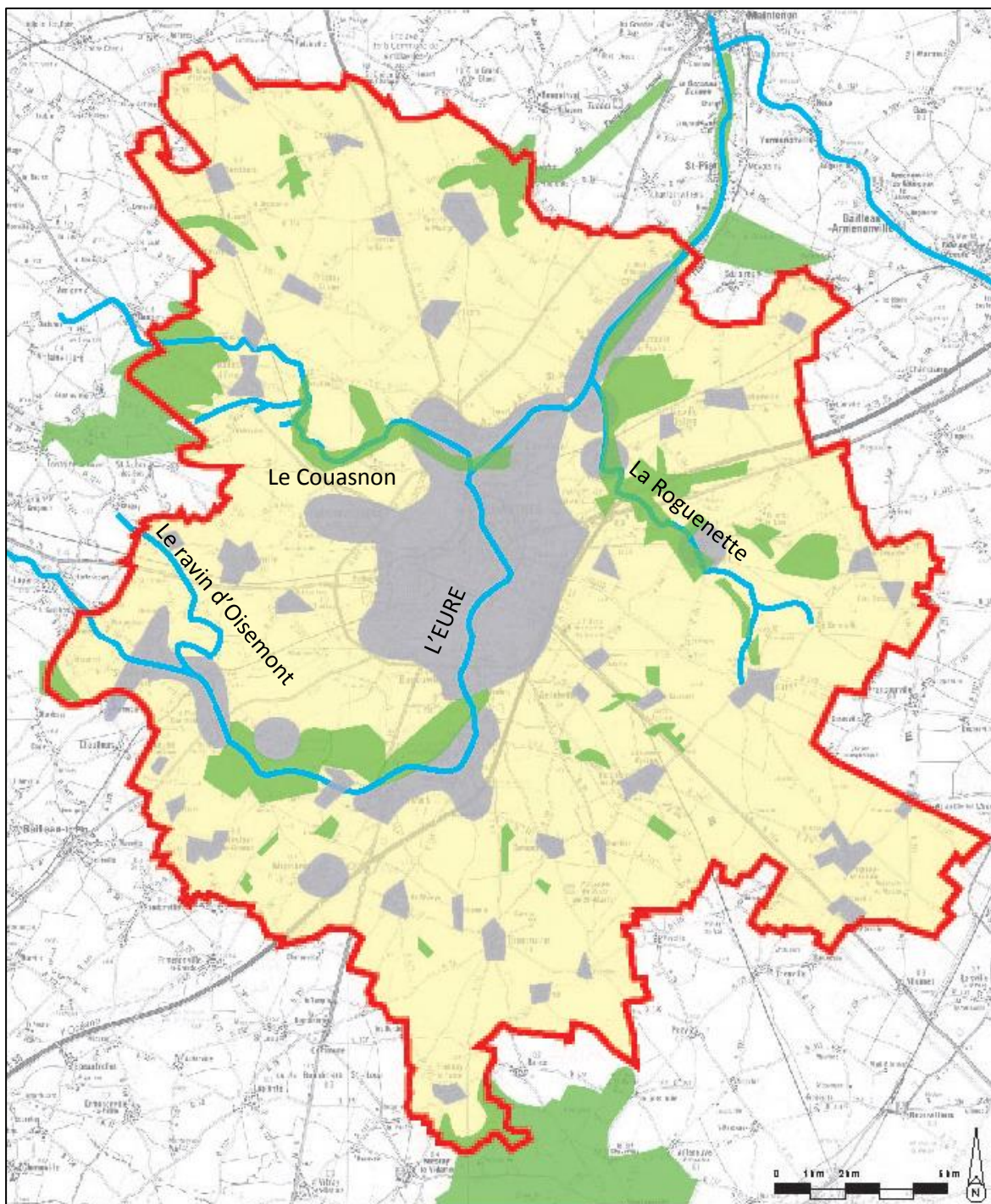
Selon le contrat de Délégation de Service Public, pour la variante pour l'assainissement **non collectif**, cette nouvelle entité pourra assurer :

- ❖ La mission de contrôle de la conception et de l'exécution des installations neuves ou à réhabiliter au titre des missions obligatoires,
- ❖ Le contrôle de bon fonctionnement et de l'entretien des installations existantes d'assainissement **non collectif** au titre des missions obligatoires,
- ❖ La vidange des installations au titre des missions facultatives,
- ❖ La réhabilitation des installations au titre des missions facultatives,
- ❖ Les travaux de création des installations neuves au titre des missions facultatives,
- ❖ Les relations avec les usagers du service,
- ❖ La perception, dans le cadre des conventions tripartites passées avec l'exploitant d'eau potable, des recettes afférentes aux missions
- ❖ Les missions réalisées par le délégataire seront rémunérées par des redevances perçues sur l'utilisateur via la facture d'eau potable, pour toutes les missions du service d'assainissement **non collectif**.

Annexe 3 : Carte de Chartres Métropole



Annexe 4 : Carte des affluents de l'Eure



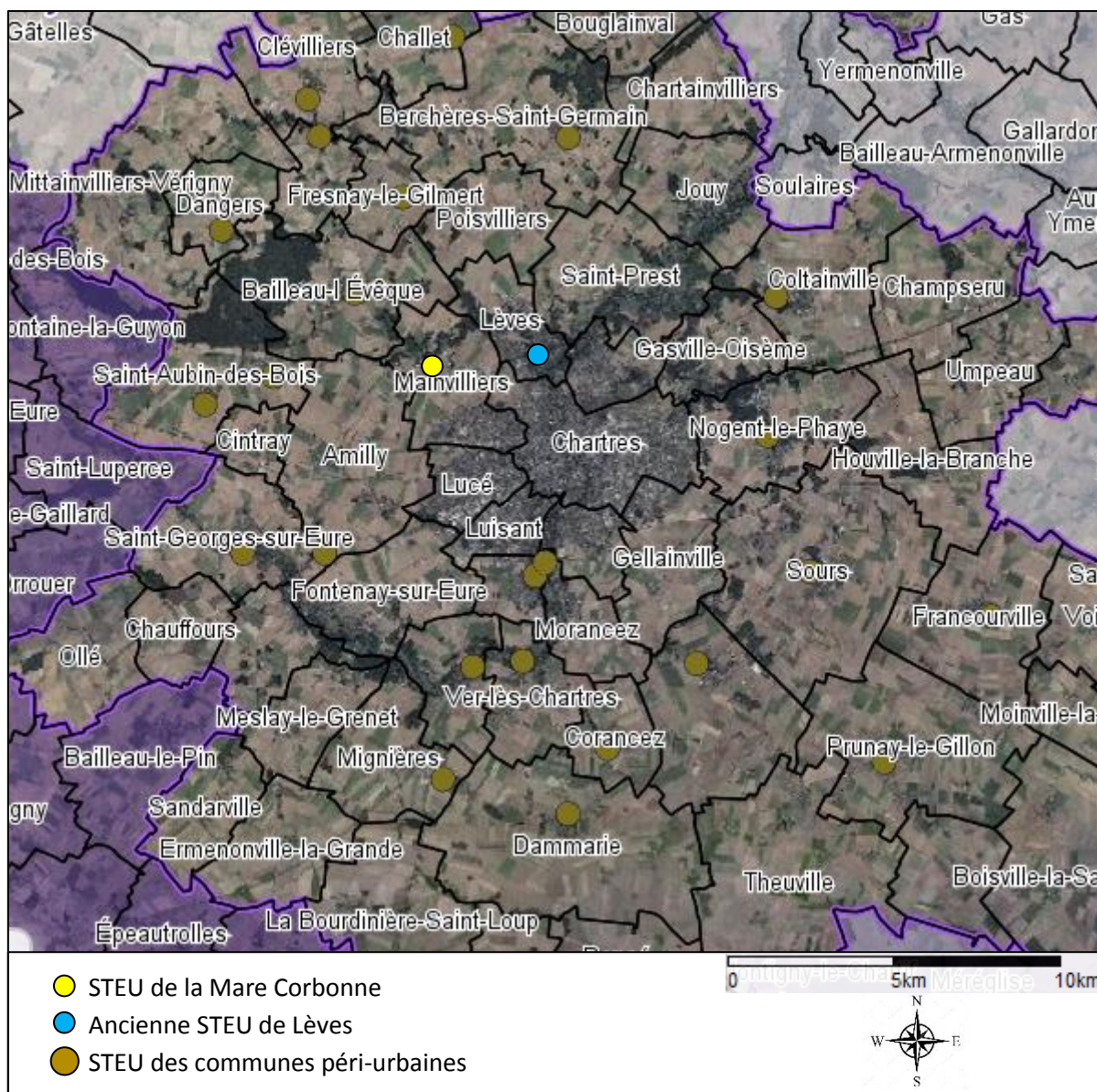
Cours d'eau	Débit moyen (m ³ /s)	QIX 2 (m ³ /s)
L'Eure	2.39	18
La Roguenette	1.96	14
Le Couason	0.08	INONNU
Le ravin d'Oisemont	INCONNU	INCONNU

Annexe 5 :

Démographie des communes de Chartres Métropole

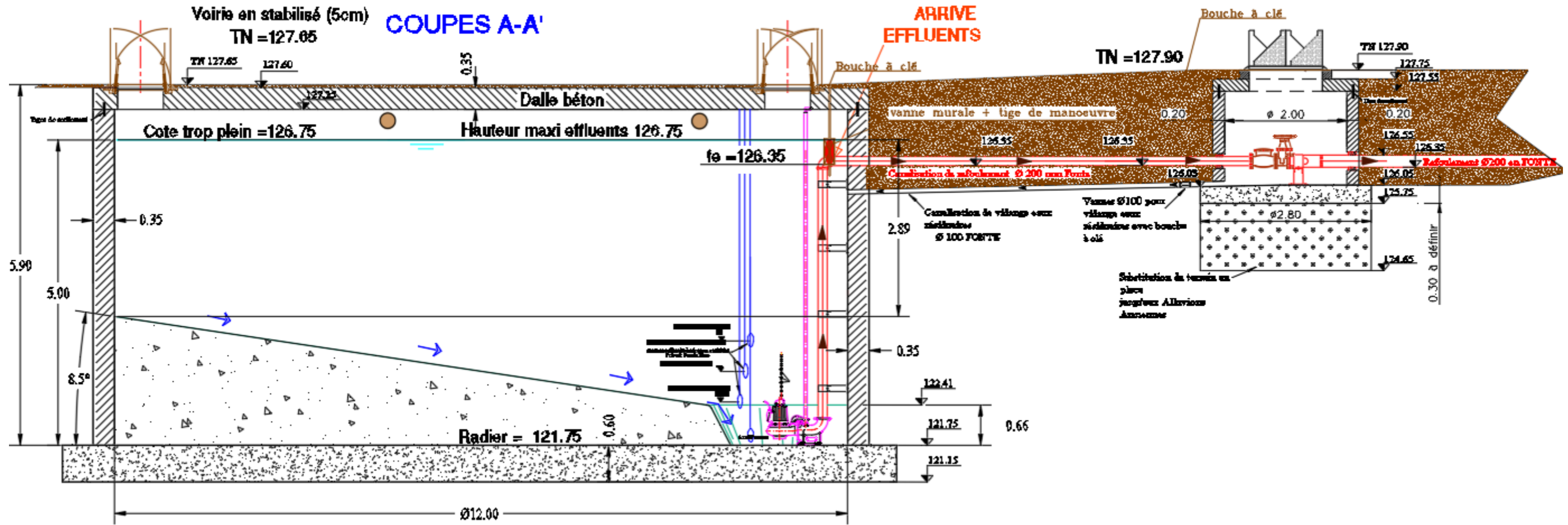
Ville	Surface (km ²)	Nombre d'habitants
Chartres (siège)	16,85	38 728
Amilly	20,01	1 843
Bailleau-l'Évêque	19,68	1 179
Barjouville	4,10	1 746
Berchères-les-Pierres	19,83	994
Berchères-Saint-Germain	27,67	803
La Bourdinière-Saint-Loup	20,16	691
Briconville	6,26	220
Challet	10,17	435
Champhol	5,37	3 554
Chauffours	7,50	279
Cintray	4,00	407
Clévilliers	15,78	709
Coltainville	18,02	892
Corancez	6,80	400
Le Coudray	5,52	4 215
Dammarie	32,37	1 516
Dangers	7,39	422
Francourville	18,46	807
Fontenay-sur-Eure	13,80	864
Fresnay-le-Comte	8,25	339
Fresnay-le-Gilmert	6,03	205
Gasville-Oisème	9,09	1 352
Gellainville	12,01	686
Houville-la-Branche	13,88	466
Jouy	12,89	1 941
Lèves	7,51	5 671
Lucé	6,06	16 240
Luisant	4,43	6 710
Mainvilliers	11,92	10 558
Meslay-le-Grenet	8,94	313
Mignières	13,04	960
Mittainvilliers-Vérigny	24,76	804
Morancez	7,13	1 690
Nogent-le-Phaye	15,01	1 332
Nogent-sur-Eure	9,22	514
Ollé	13,12	607
Poisvilliers	10,57	444
Prunay-le-Gillon	25,36	1 062
Saint-Georges-sur-Eure	15,43	2 536
Saint-Aubin-des-Bois	18,09	950
Saint-Prest	16,71	2 013
Sours	33,15	1 903
Thivars	9,22	1 064
Ver-lès-Chartres	9,46	806
Voise	10,39	293

Annexe 6 : Cartes des Stations de Traitements des Eaux Usées

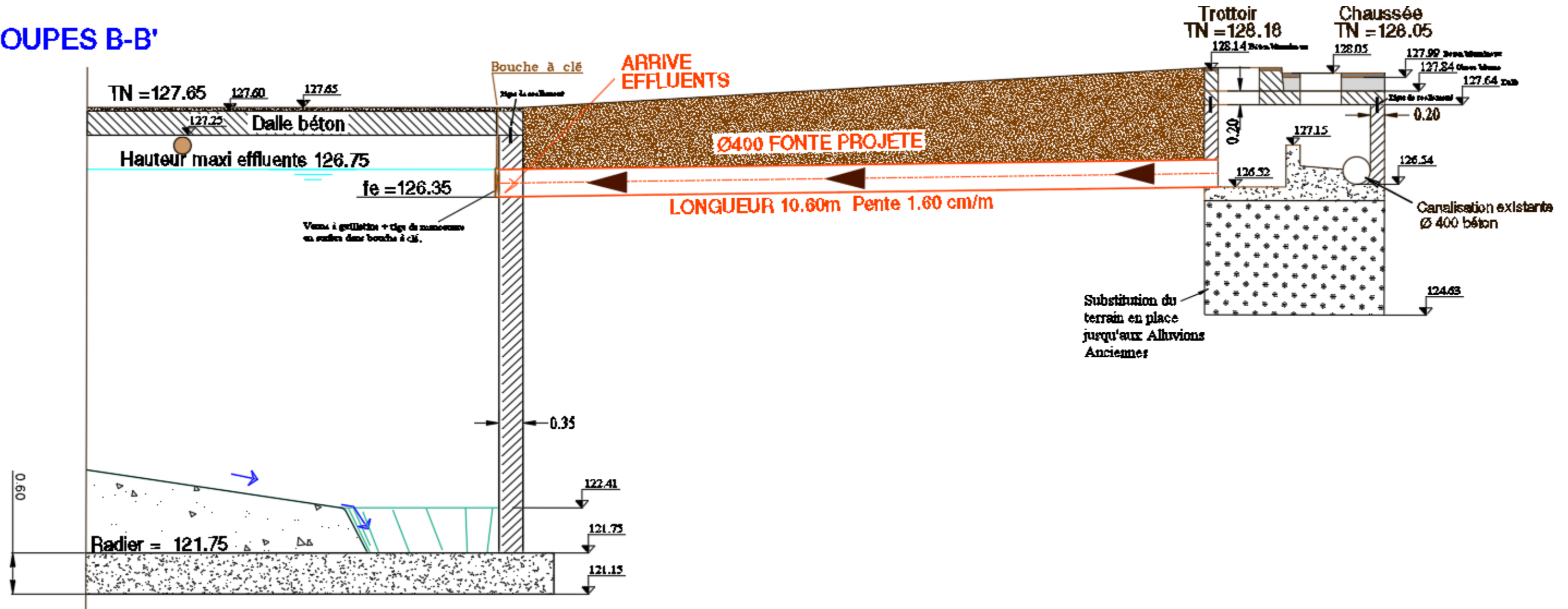


Annexe 7 : Schéma du Bassin de rétention d'Eaux Usées





COUPES B-B'

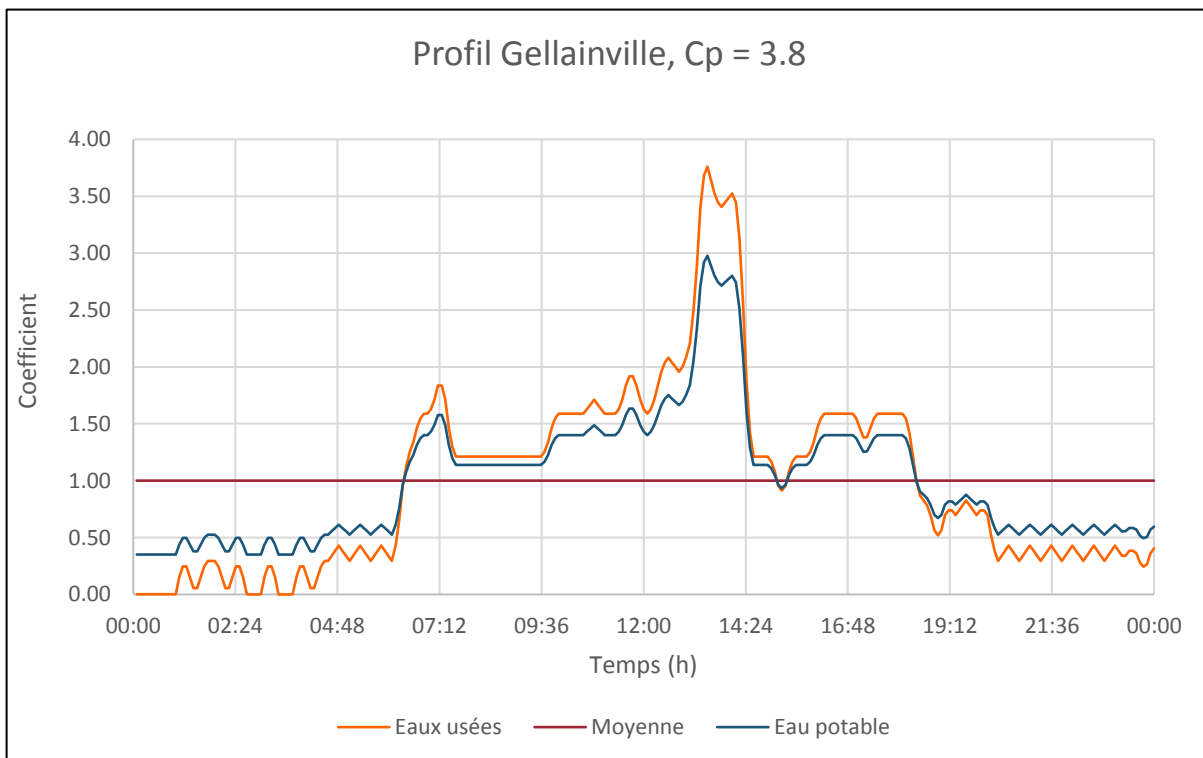
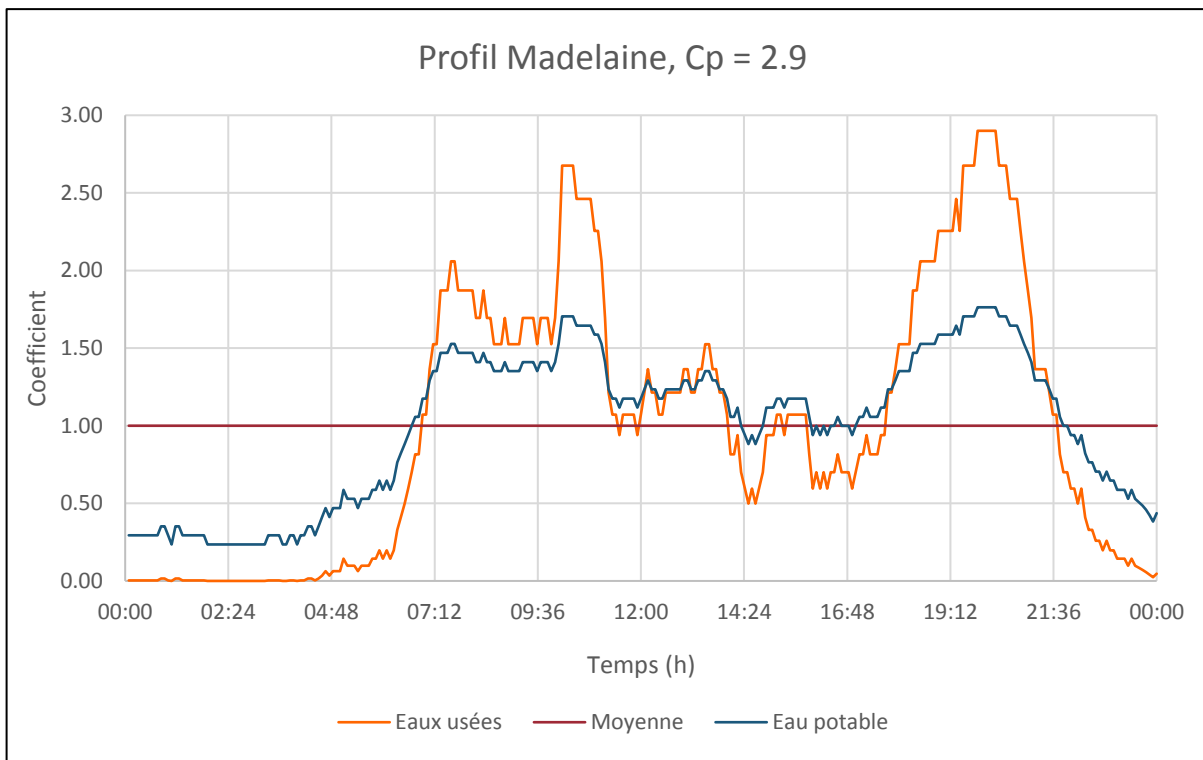


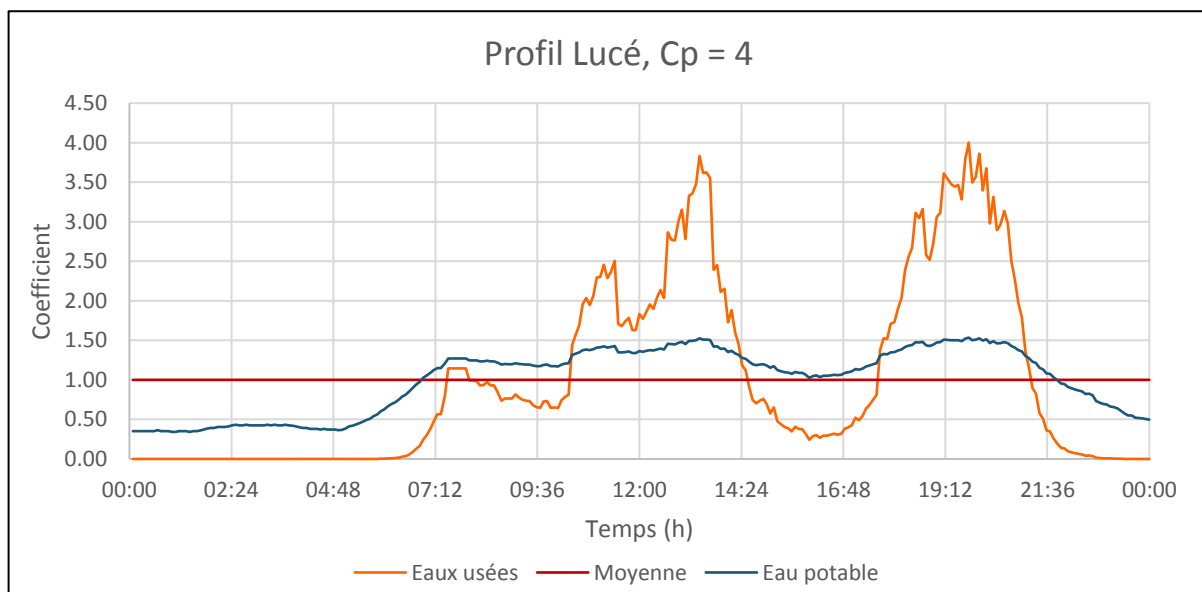
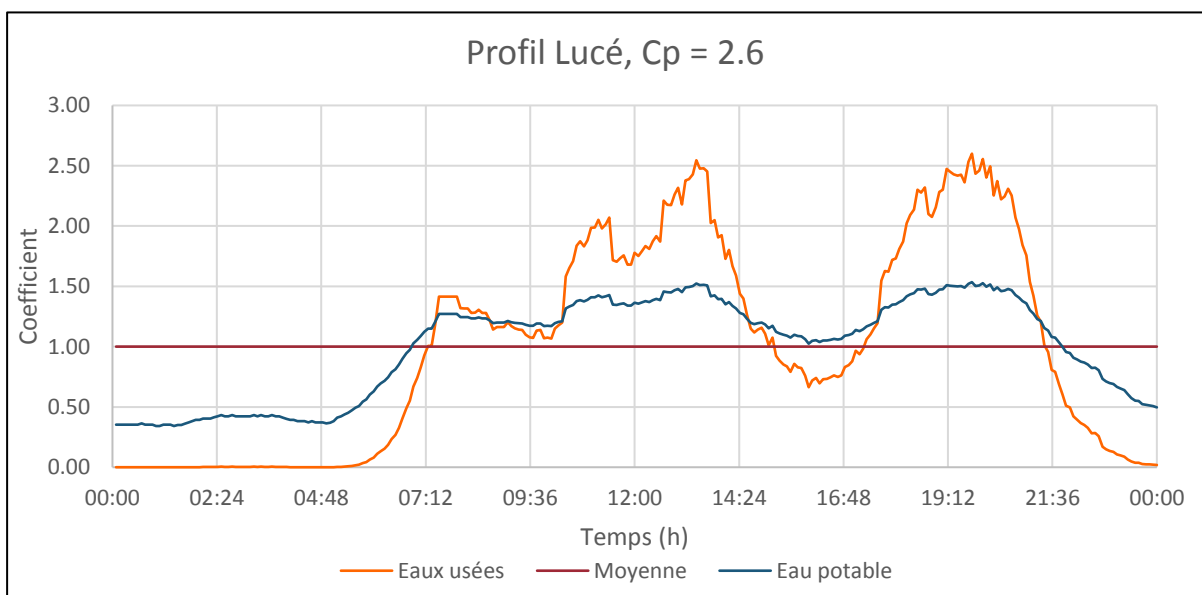
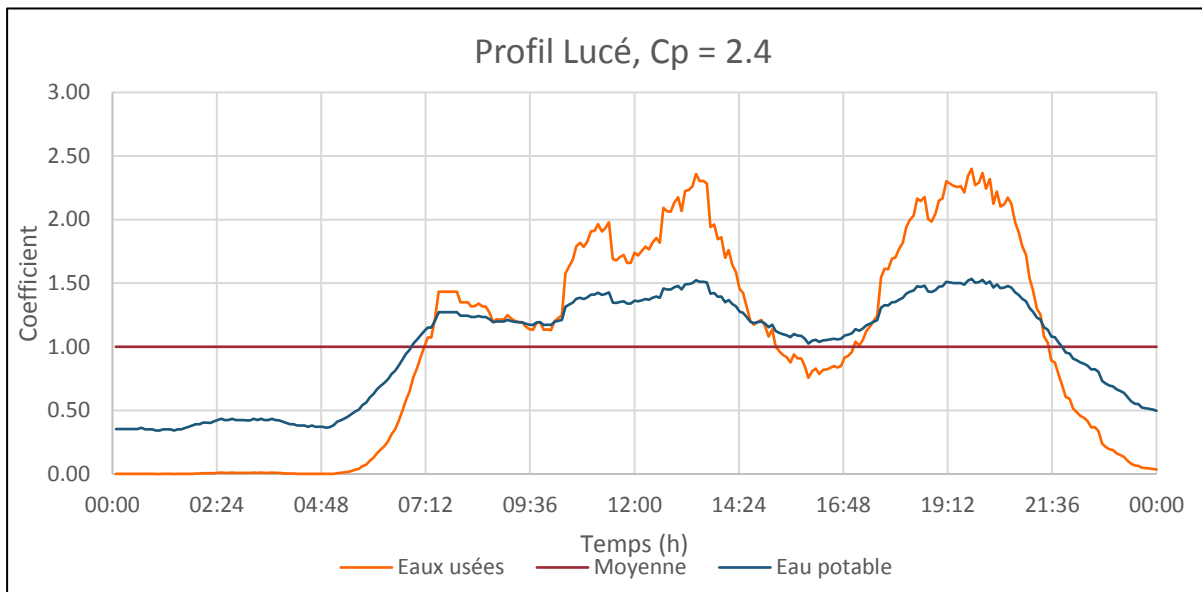
Annexe 8 :

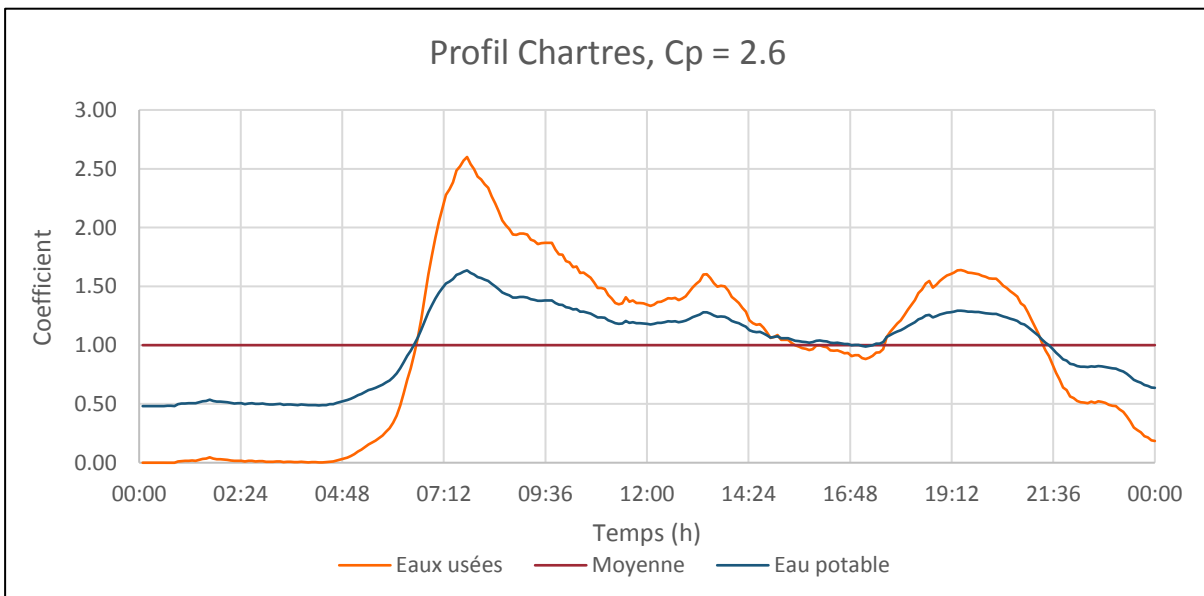
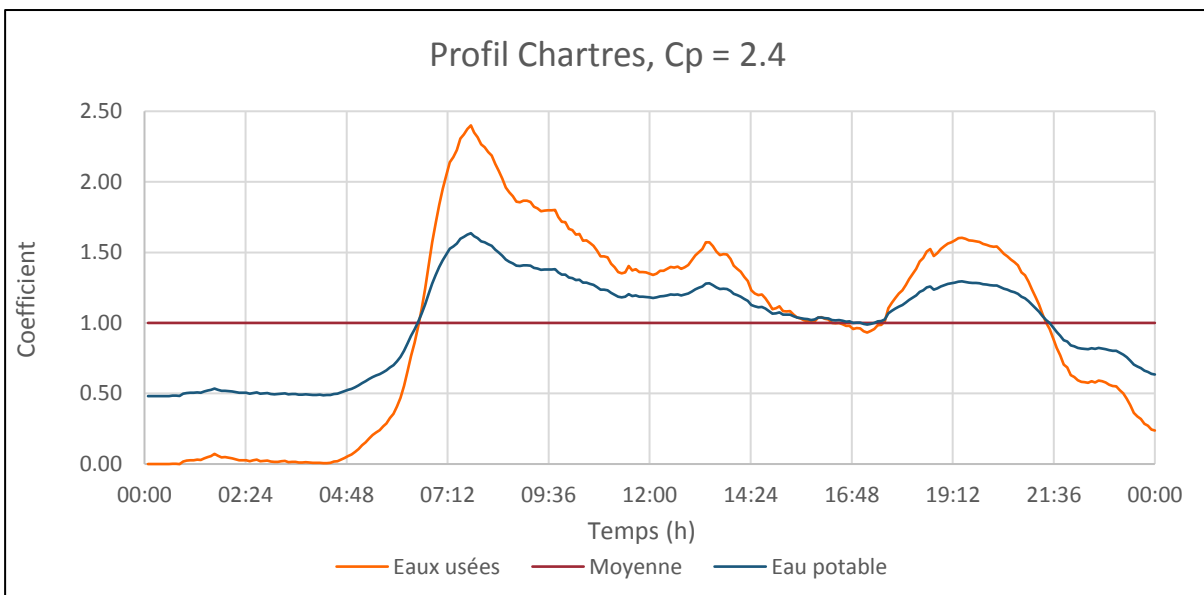
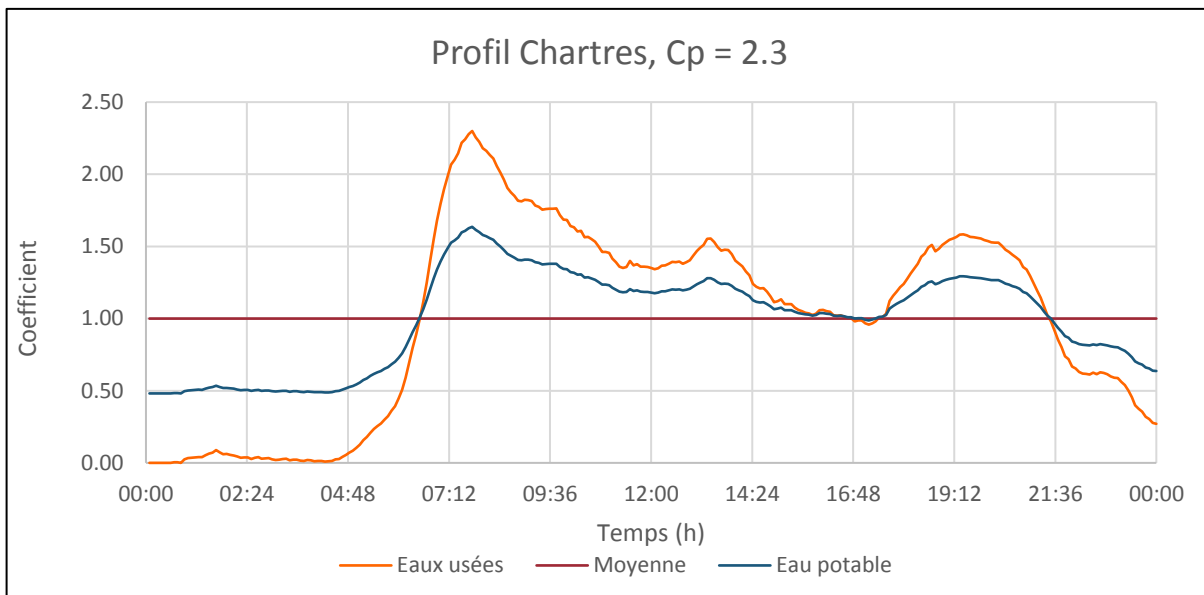
Débits de rejets d'eaux usées en situation actuelle

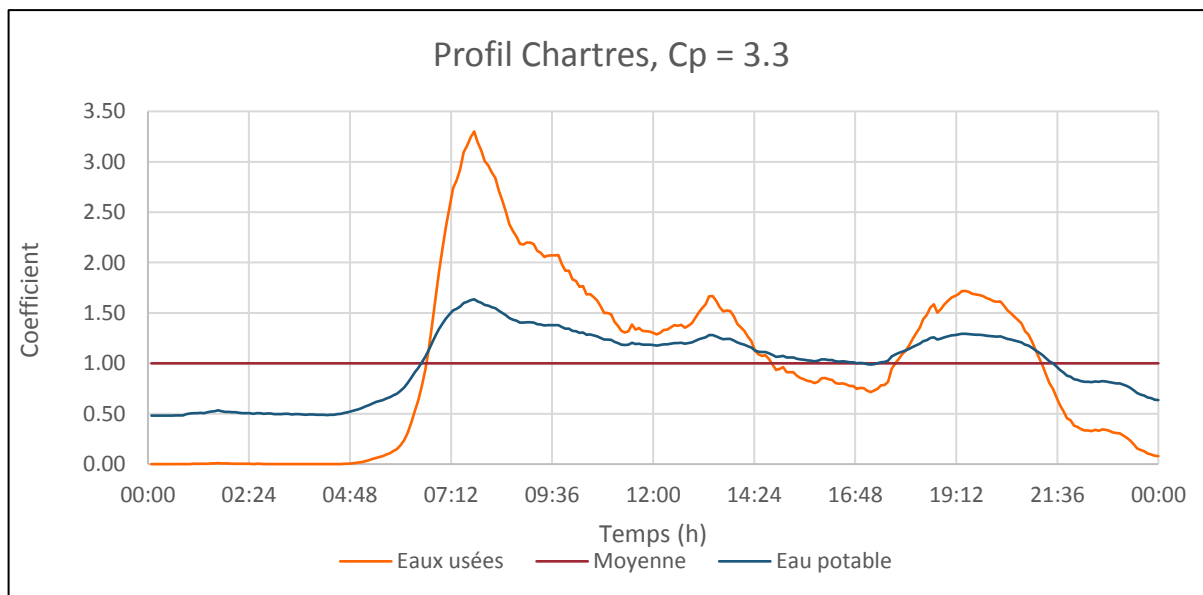
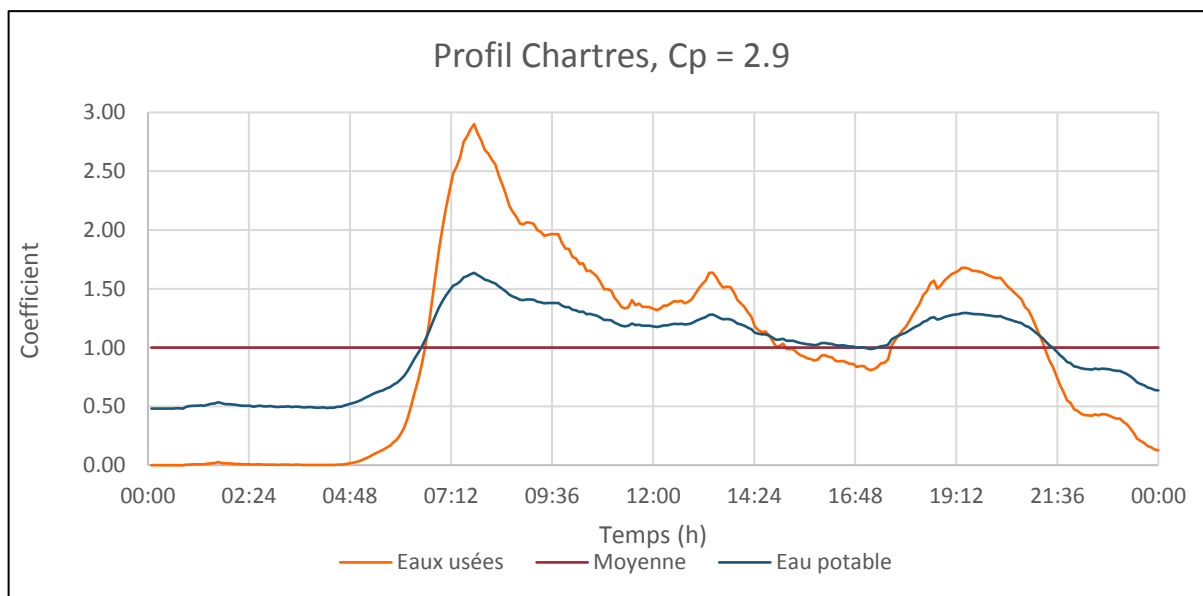
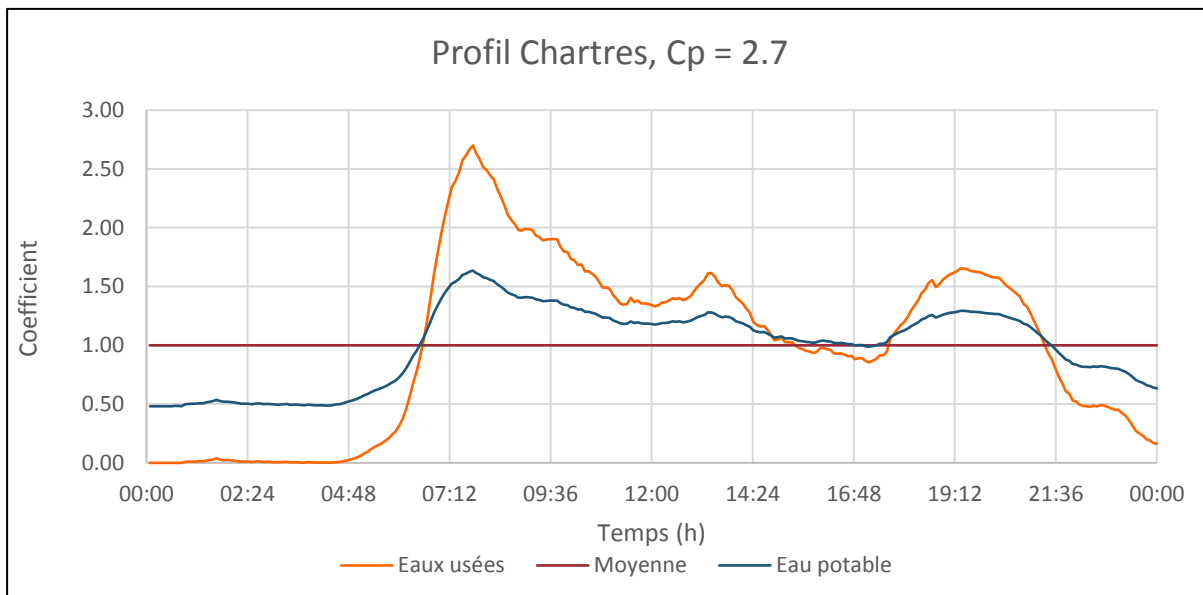
NOM POINT INJECTION	BV sur synoptique	Qedm L/s	Cp	Qp (l/s)	Profil
CARILLONS	CARILLONS	0.20	4.00	0.80	Chartres Cp 4
CARREAUX	CARREAUX	5.00	2.60	13.00	Lucé Cp 2.6
CHAMPHOL NORD	CHAMPHOL NORD	5.00	2.60	13.00	Chartres Cp 2.6
CHAMPHOL SUD	CHAMPHOL SUD	10.00	2.30	23.00	Chartres Cp 2.3
CATHEDRALE	CHARTRES CENTRE 1	4.70	2.70	12.69	Chartres Cp 2.7
CHARTRES CENTRE	CHARTRES CENTRE 1	0.52	4.00	2.08	Chartres Cp 4
EPARS	CHARTRES CENTRE 2	8.16	2.40	19.59	Chartres Cp 2.4
COMTESSE	CHARTRES CENTRE 2	3.30	2.90	9.57	Chartres Cp 2.9
BAS BOURG	CHARTRES CENTRE 2	1.70	3.40	5.78	Chartres Cp 3.4
CHARTRES NORD OUEST	CHARTRES NORD OUEST	4.70	2.70	12.69	Chartres Cp 2.7
FAUBOURG	FAUBOURG	2.00	3.30	6.60	Chartres Cp 3.3
GAUDINIÈRE	GAUDINIÈRE	0.30	4.00	1.20	Chartres Cp 4
GELLAINVILLE	GELLAINVILLE	1.20	3.80	4.56	Gellainville
LE COUDRAY GORD	LE COUDRAY	3.00	2.90	8.70	Chartres Cp 2.9
LE COUDRAY VOVES	LE COUDRAY	3.00	2.90	8.70	Chartres Cp 2.9
LEVES 1	LEVES 1	3.20	2.90	9.27	Chartres Cp 2.9
LEVES 2	LEVES 2	4.70	2.70	12.69	Chartres Cp 2.7
BAS LUISANT	LUISANT NORD	0.50	4.00	2.00	Chartres Cp 4
BUISSON	LUISANT SUD	1.68	3.40	5.71	Chartres Cp 3.4
VAUSEVIN	LUISANT SUD	1.61	3.40	5.47	Chartres Cp 3.4
PICHARD	MADELAINE	3.50	2.90	10.15	Madelaine
CAMPING	CAMPING	0.54	4.00	2.16	Chartres Cp 4
MAINVILLIERS MAIRIE	MAINVILLIERS NORD	5.00	2.70	13.50	Chartres Cp 2.7
MAINVILLIERS NORD	MAINVILLIERS NORD	4.50	2.70	12.15	Chartres Cp 2.7
ROSERAIÈ	MAINVILLIERS NORD	0.88	4.00	3.52	Chartres Cp 4
RECHEVRE	MAINVILLIERS NORD	1.87	3.30	6.17	Chartres Cp 3.3
REPUBLIQUE	MAINVILLIERS SUD	3.20	2.90	9.27	Chartres Cp 2.9
MERMOZ	MERMOZ	3.30	2.90	9.57	Chartres Cp 2.9
VAUROUX	VAUROUX	14.82	2.40	35.57	Lucé Cp 2.4
ZAC CHARTRES 1	ZAC CHARTRES 1	1.87	3.30	6.17	Chartres Cp 3.3
ZAC CHARTRES 2	ZAC CHARTRES 2	4.40	2.70	11.88	Chartres Cp 2.7
ZAC LUCE 1	ZAC LUCE 1	1.00	4.00	4.00	Lucé Cp 4
ZAC LUCE 1	ZAC LUCE 2	1.00	4.00	4.00	Lucé Cp 4

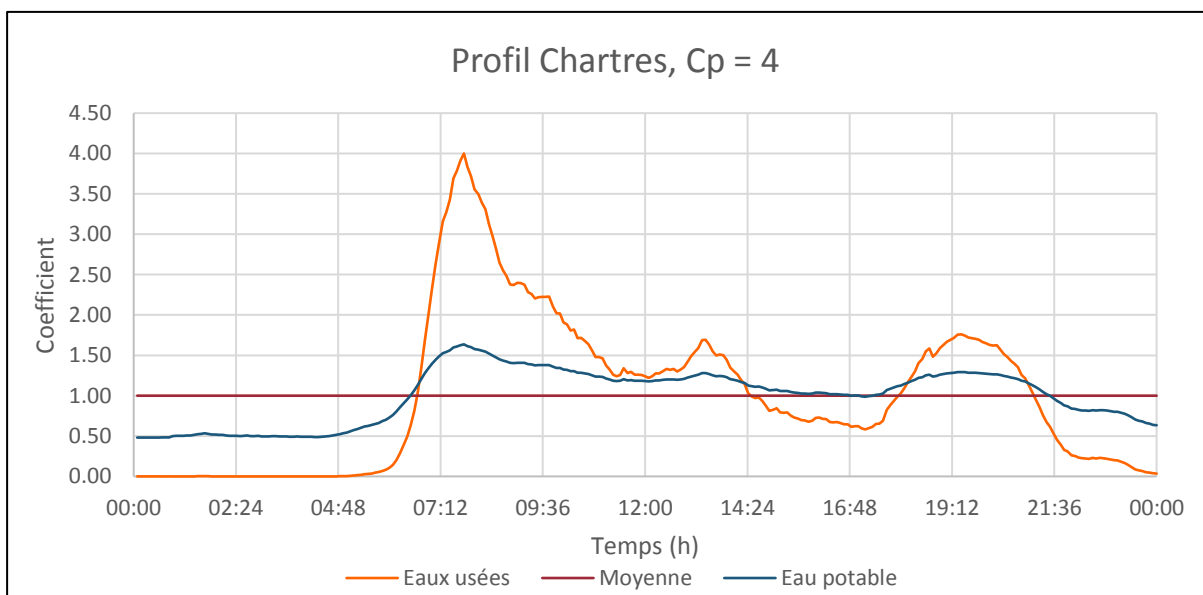
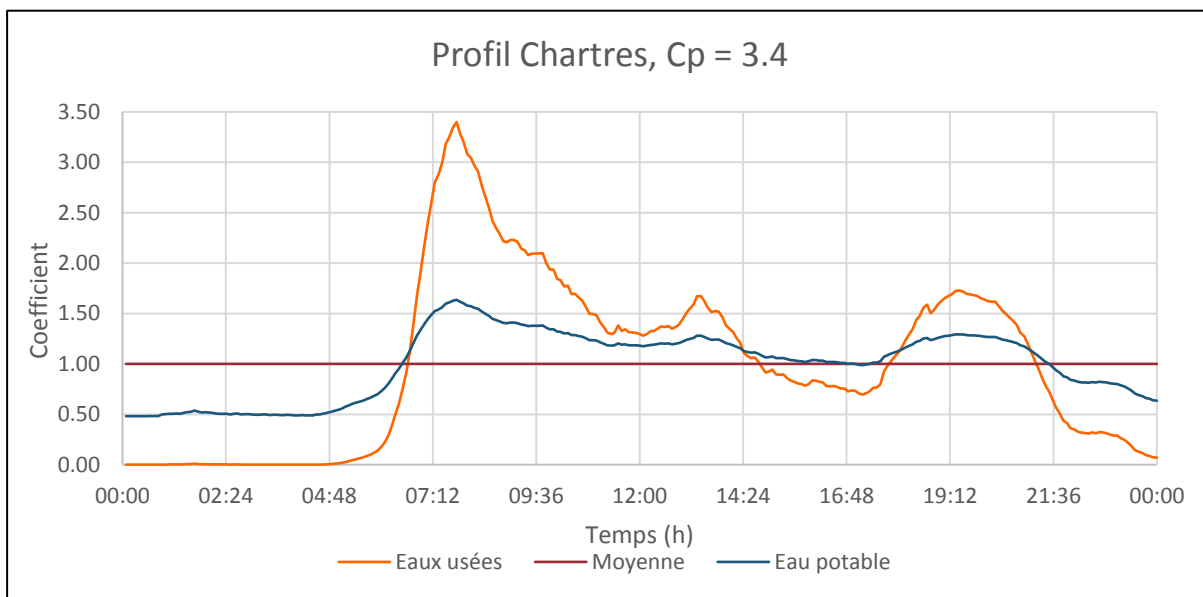
Annexe 9 : Profils de rejets d'eaux usées en situation actuelle









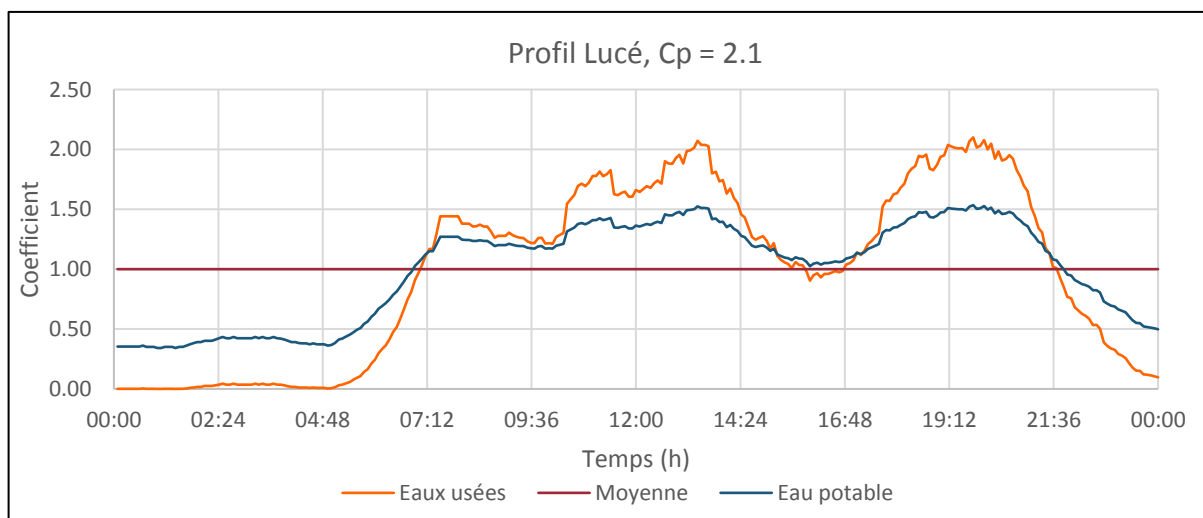
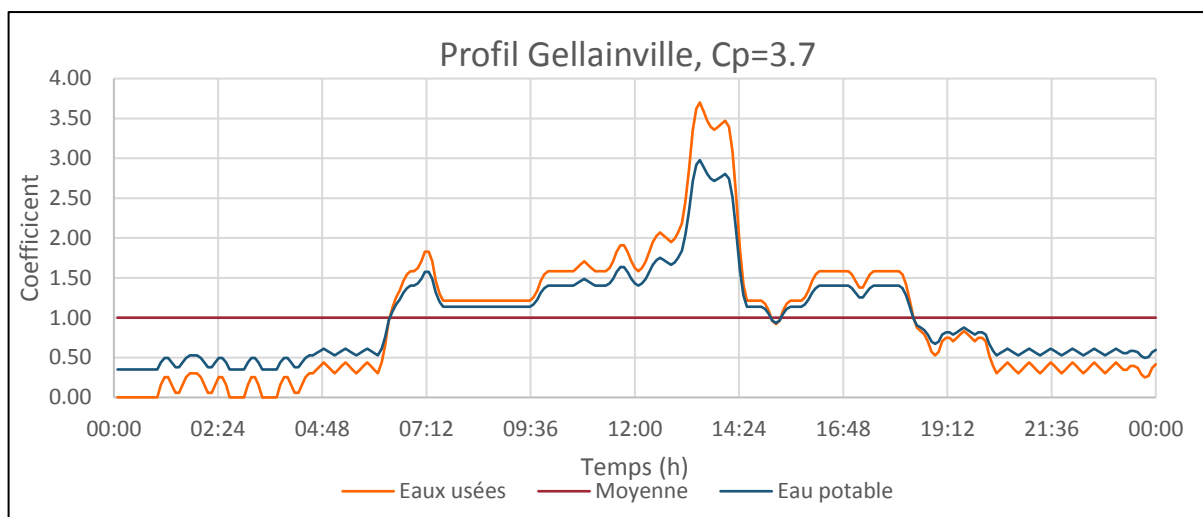
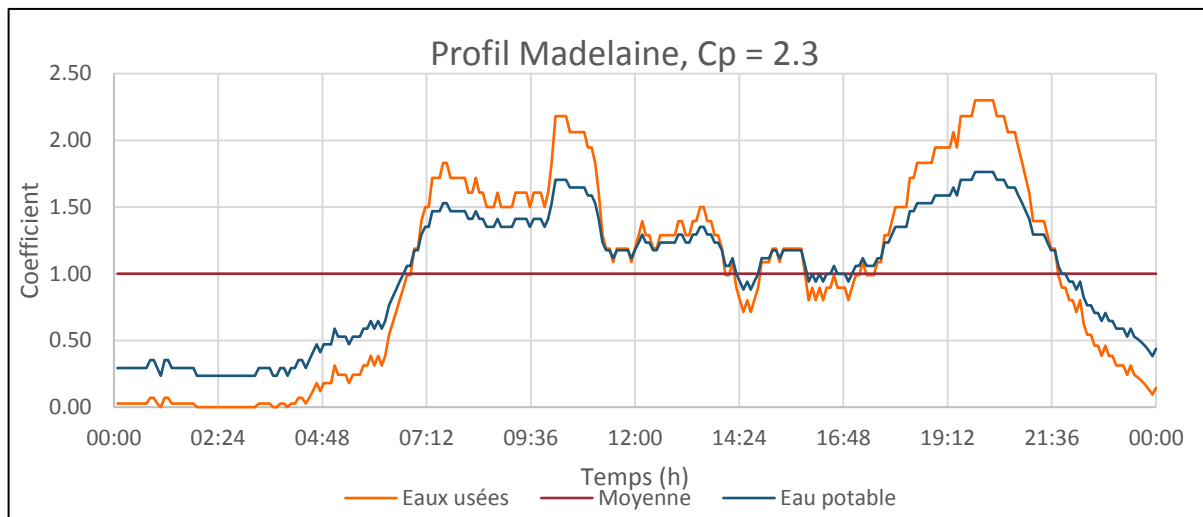


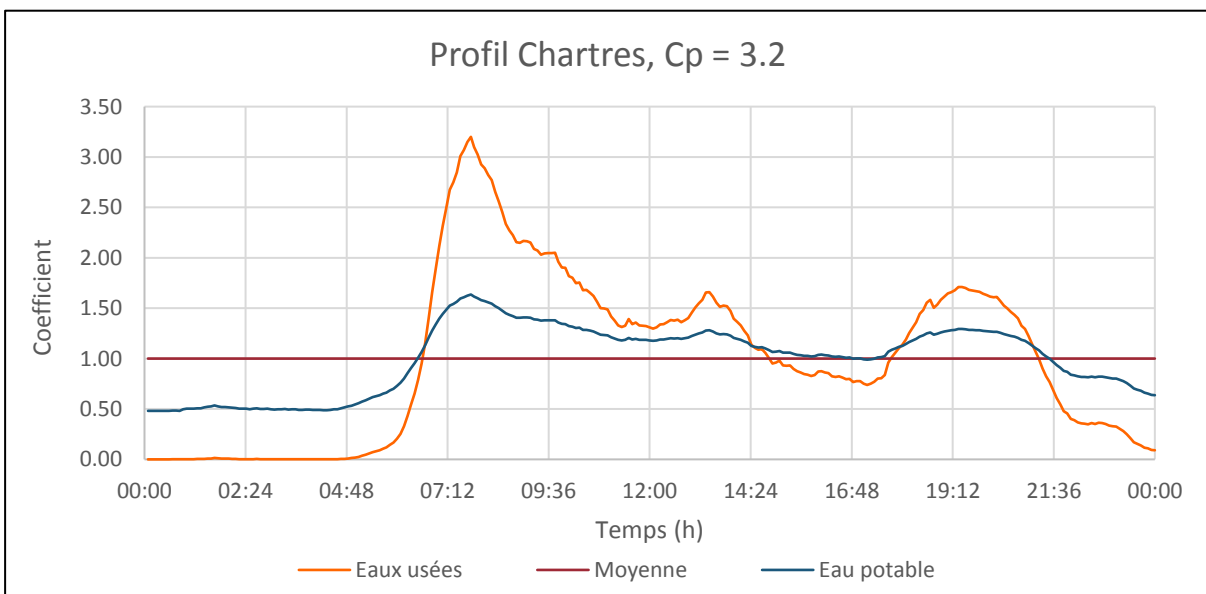
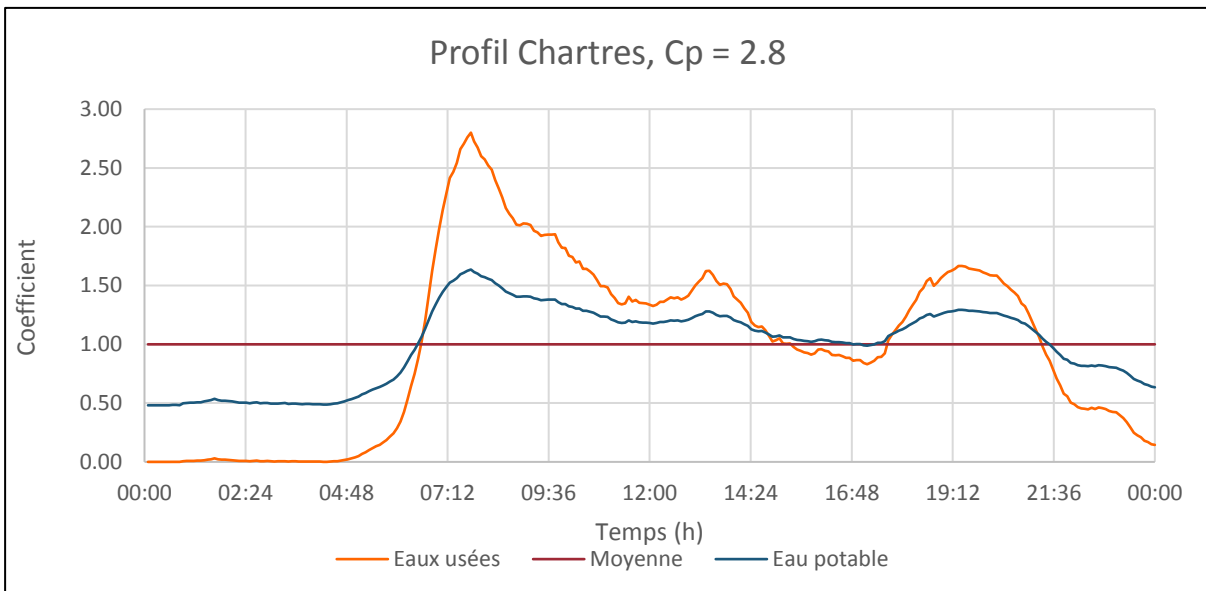
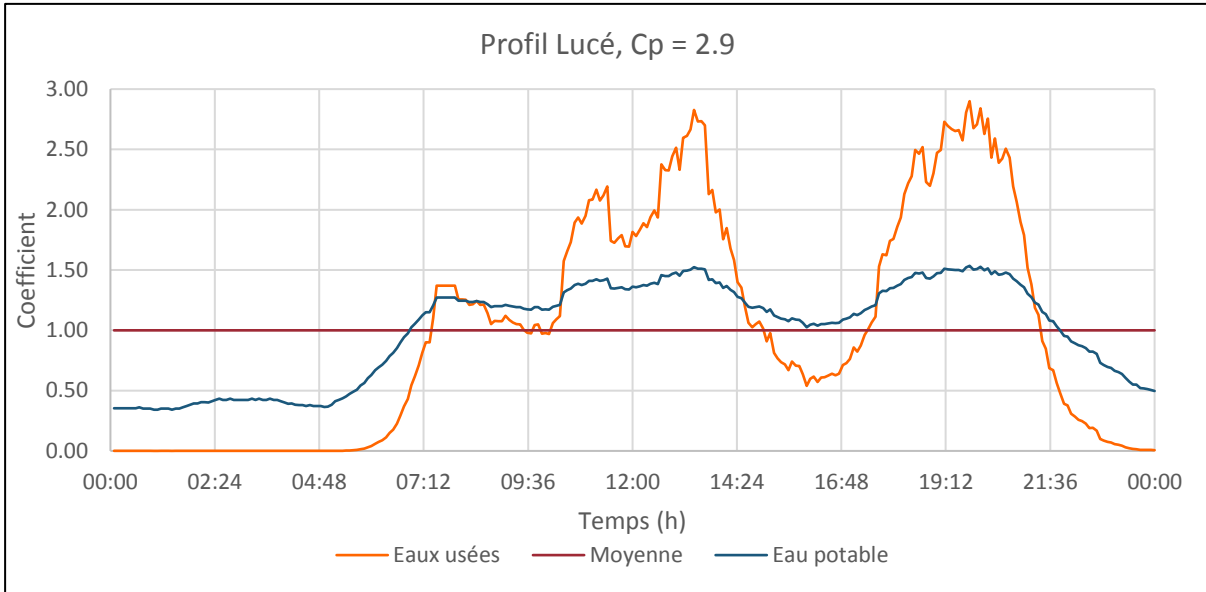
Annexe 10 :

Débits de rejets d'eaux usées en situation future

NOM POINT INJECTION	BV sur synoptique	Qedm L/s	Cp	Qp (l/s)	Profil
CARILLONS	CARILLONS	0.22	4.00	0.87	Chartres Cp 4
CARREAUX	CARREAUX	5.41	2.60	14.08	Lucé Cp 2.6
CHAMPHOL NORD	CHAMPHOL NORD	5.41	2.60	14.08	Chartres Cp 2.6
CHAMPHOL SUD	CHAMPHOL SUD	10.83	2.30	24.91	Chartres Cp 2.3
CATHEDRALE	CHARTRES CENTRE 1	4.70	2.70	12.69	Chartres Cp 2.7
CHARTRES CENTRE	CHARTRES CENTRE 1	0.52	4.00	2.08	Chartres Cp 4
EPARS	CHARTRES CENTRE 2	8.16	2.40	19.59	Chartres Cp 2.4
COMTESSE	CHARTRES CENTRE 2	3.96	2.80	11.10	Chartres Cp 2.8
BAS BOURG	CHARTRES CENTRE 2	1.88	3.30	6.22	Chartres Cp 3.3
CHARTRES NORD OUEST	CHARTRES NORD OUEST	5.77	2.60	14.99	Chartres Cp 2.6
FAUBOURG	FAUBOURG	2.17	3.20	6.93	Chartres Cp 3.2
GAUDINIÈRE	GAUDINIÈRE	0.32	4.00	1.30	Chartres Cp 4
GELLAINVILLE	GELLAINVILLE	1.30	3.70	4.81	Gellainville
LE COUDRAY GORD	LE COUDRAY	3.25	2.90	9.42	Chartres Cp 2.9
LE COUDRAY VOVES	LE COUDRAY	3.25	2.90	9.42	Chartres Cp 2.9
LEVES 1	LEVES 1	3.47	2.90	10.05	Chartres Cp 2.9
LEVES 2	LEVES 2	5.09	2.60	13.23	Chartres Cp 2.6
BAS LUISANT	LUISANT NORD	0.54	4.00	2.17	Chartres Cp 4
BUISSON	LUISANT SUD	1.82	3.40	6.19	Chartres Cp 3.4
VAUSEVIN	LUISANT SUD	1.74	3.40	5.93	Chartres Cp 3.4
PICHARD	MADELAINE	3.79	2.30	8.72	Madelaide
CAMPING	CAMPING	0.58	4.00	2.34	Chartres Cp 4
MAINVILLIERS MAIRIE	MAINVILLIERS NORD	5.41	2.60	14.08	Chartres Cp 2.6
MAINVILLIERS NORD	MAINVILLIERS NORD	4.87	2.60	12.67	Chartres Cp 2.6
ROSERAIÈ	MAINVILLIERS NORD	0.95	4.00	3.81	Chartres Cp 4
RECHEVRE	MAINVILLIERS NORD	2.03	3.30	6.68	Chartres Cp 3.3
REPUBLIQUE	MAINVILLIERS SUD	3.47	2.80	9.70	Chartres Cp 2.8
MERMOZ	MERMOZ	3.57	2.80	10.01	Chartres Cp 2.8
VAUROUX	VAUROUX	16.05	2.10	33.70	Lucé Cp 2.1
ZAC CHARTRES 1	ZAC CHARTRES 1	2.02	3.20	6.48	Chartres Cp 3.2
ZAC CHARTRES 2	ZAC CHARTRES 2	4.76	2.60	12.39	Chartres Cp 2.6
ZAC LUCE 1	ZAC LUCE 1	1.08	3.90	4.23	Lucé Cp 3.9
ZAC LUCE 1	ZAC LUCE 2	1.08	3.90	4.23	Lucé Cp 3.9

Annexe 11 : Nouveaux profils de rejets d'eaux usées en situation future







MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme(s) Formation d'Ingénieur ENGEES par Apprentissage

Spécialité Exploitation et Travaux

Auteur Camille OBERLE

Année 2018

Titre : Etude hydraulique du réseau d'eaux usées du centre-ville de Chartres Métropole dans le cadre d'une interconnexion (Eure-et-Loir ; 28)

Nombre de pages texte : 63

annexes 18

Nombre de références bibliographiques 18

Structure d'accueil :

Communauté d'Agglomération Chartres Métropole –Direction du Cycle de l'Eau

Maître de stage : Flora GANDIN

Résumé

Ce Travail de Fin d'Etude présente la construction d'un modèle hydraulique qui s'inscrit dans le projet de connexion du réseau d'assainissement de Barjouville sur la partie sud du réseau d'eaux usées urbain, lequel présente d'importants apports d'eaux pluviales.

Les différentes simulations ont permis de montrer que les apports de Barjouville entraîneraient des débordements au point de raccordement. L'une des solutions retenues est la limitation des apports pluviaux.

Dans un second temps, la modélisation permettra de disposer d'un outil sur le long terme pour cibler les zones sensibles sur lesquels il serait intéressant d'agir pour limiter les débordements.

Mots-clés

Modélisation hydraulique – Réseaux d'assainissement –Diagnostic inondations