
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Étude hydraulique du parc MOSAIC

Métropole Européenne de Lille
2 Boulevard des cités unies
59 000 Lille



Tuteur entreprise :
Benoît Blazejewski

Titouan Marcelli
ADAGE

Tuteur académique :
Nathalie Brevet

2023-2024

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu mon maître de stage, Monsieur Benoît Blazejewski, pour sa disponibilité, son apprentissage, son écoute et son honnêteté tout au long de ces trois mois de stage.

Je remercie également Monsieur Mathieu Merle, directeur de la Direction d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage et Maîtrise d'Œuvre, ainsi que Monsieur Marc Dejter, responsable du service Génie Civil, Sols et Environnement, pour leur accueil au sein de leurs équipes.

Je remercie également l'ensemble des membres de la direction avec qui j'ai eu la chance de travailler et d'échanger.

Pour finir, je remercie aussi Madame Nathalie Brevet, ma tutrice au sein de l'Université, pour ses conseils.

Résumé

La Métropole Européenne de Lille possède et a en gestion plusieurs parcs destinés au public et souhaite s'améliorer sur les questions environnementales et la préservation des ressources en eau. C'est dans ce but que la Direction Nature, Agriculture et Environnement a contacté le service Génie Civil, Sols et Environnement afin d'améliorer la gestion de l'eau.

Ce document décrit la manière dont j'ai procédé pour analyser le site et proposer des solutions, telles que la caractérisation des réseaux ou la remise en fonctionnement de l'arrosage avec l'eau de la Deûle. Mes recherches visent à rendre le parc Mosaic, situé en zone « Gardienne de l'eau », exemplaire en matière de gestion de l'eau.

Abstract

The European Metropolis of Lille owns several public parks and aims to improve its environmental practices and water resource preservation. To this end, the Nature, Agriculture, and Environment Directorate has contacted the Civil Engineering, Soils, and Environment Department to enhance water management.

This document describes the approach I took to analyze the site and propose solutions, such as characterizing the networks and reinstating irrigation using water from the Deûle. My research aims to make Mosaic Park, located in the "Water Guardian" zone, exemplary in water management.

Table des matières

Remerciements	2
Résumé	2
Abstract	2
1. La Métropole Européenne de Lille (MEL)	5
1.1. Historique de la MEL	5
1.2. Organisation de la MEL.....	6
1.2.1. Pôles de compétences principales.	6
1.2.2. Directions.....	6
1.2.3. Services.....	6
2. Réglementation des milieux aquatiques.	7
2.1. Directive Cadre sur l'Eau (DCE).	7
2.2. Loi sur l'eau.	8
2.3. SDAGE et Bassin hydrographique.....	8
2.4. SAGE, GEMAPI et MEL	9
3. Déroulé de la mission	11
3.1. Présentation du site	11
3.2. Demande de la maîtrise d'ouvrage	11
4. Amélioration hydro-écologique du plan d'eau et des fossés.....	12
4.1. Approche de la fonctionnalité hydraulique des fossés.	12
4.2. Hypothèse : Faut-il injecter l'eau de Deûle directement dans le réseau de fossés ?	14
4.3. Eutrophisation de l'étang.....	14
4.4. Feuille de route.	15
5. Schématisation des réseaux.....	16
5.1. Plan topographique et schéma du site.....	16
5.2. Amélioration de l'état et de l'utilisation des regards.....	19
5.3. Feuille de route	19
6. Dimensionnement du surpresseur.....	20
6.1. Détermination du débit total (Qtot).....	20
6.2. Calcul des pertes de charges.	20
6.2.1. Calcul du nombre de Reynolds.....	21
6.2.2. Définition du coefficient de perte de charge.	21
6.2.3. Pertes de charges linéaires.....	24
6.2.4. Pertes de charges singulières.	24
6.3. Définition de la Hauteur Manométrique Totale (HMT)	27

6.3.1.	Calcul de la HMT géométrique.	27
6.3.2.	HMT retenue.	27
7.	Hypothèse pour améliorer le fonctionnement de l'arrosage.	27
7.1.	Hypothèse du fonctionnement actuel.	27
7.2.	Hypothèse 1: Changement du surpresseur et optimisations des points de piquage.	29
7.3.	Hypothèse 2 : Changement du surpresseur et optimisations des points de piquage.	29
7.4.	Feuille de route.	30
8.	Récupération de l'eau de pluie.....	31
8.1.	Vers une autonomie à l'eau de pluie ?.....	31
8.2.	Feuille de route	32
9.	Conclusion du stage.....	32
10.	Bibliographie.....	33
11.	Annexe.....	35

1. La Métropole Européenne de Lille (MEL)

1.1. Historique de la MEL

La MEL, anciennement Communauté Urbaine de Lille, a été créée le 22 décembre 1967 à la suite de la promulgation de la loi n° 66-1069 du 31 décembre 1966 (Légifrance) relative aux établissements de coopération intercommunale. Son objectif principal est d'améliorer la gestion administrative et de mettre en place une nouvelle politique financière solidaire pour les territoires de plus de 50 000 habitants. La MEL est devenue une métropole conformément à la loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles du 27 janvier 2014 (loi MAPTAM).

La jeune organisation, regroupant initialement 89 communes en 1966, visait à une gestion unifiée des services publics d'intérêt commun (voirie, gestion des déchets, occupation des sols, etc.). Le nombre de communes a peu varié au fil des ans, n'évoluant qu'à la suite de regroupements ou d'absorptions, pour atteindre aujourd'hui 95 communes (Annexe 1) avec une population de 1 174 6273 habitants selon le recensement de l'Insee en 2018 (MEL,2020).

M. Damien Castelain, président actuel de la MEL et ce depuis 2014, a été réélu en 2020. Il dirige l'institution avec le comité métropolitain, composé de 184 élus représentant toutes les communes selon une proportionnalité basée sur la taille de chacune, avec un nombre de sièges allant de 1 à 33 pour les plus grandes.

Au 31 Décembre 2021, la MEL comptait 3018 agents. Son siège administratif est situé au 2 Boulevard des cités Unies, avec une annexe dans le bâtiment Euralliance. La métropole est divisée en quatre territoire avec 4 unités territoriales (Tourcoing-Armentières, Roubaix-Villeneuve d'Ascq, Marcq-La Bassée, Lille-Seclin) pour déléguer les compétences en matière de voirie, d'assainissement, de gestion du domaine public et de conception de projets.

S'étendant sur 672km² (MEL,2020), la MEL possède un territoire marqué par son passé industriel. L'industrialisation du début du XIXe siècle a entraîné une forte croissance économique, une augmentation rapide du nombre d'entreprises et d'habitants, et un étalement urbain qui a artificialisé les terres agricoles environnantes. Aujourd'hui, cette région, anciennement Nord-Pas-de-Calais, abrite une des plus importantes sources de friches industrielles de France.

Lille, une ville dense sans possibilité d'extension urbaine, se reconstruit sur ses friches industrielles, rencontrant des problématiques de pollution des sols. Établie sur des marais asséchés pour y construire des fortifications, elle reste une ville d'eau malgré l'enfouissement de ses canaux dans les années 60, créant un milieu urbain très minéral avec seulement 17 m² d'espaces verts par habitant. Traversée par le corridor de la Deûle, son principal réservoir de biodiversité urbaine se trouve autour de la Citadelle et de son parc, relié à d'autres parcs par divers corridors plus ou moins fonctionnels. Ces connections sont toutefois entravées par des coupures concentriques. Lille est donc fortement contrainte en termes de milieux naturels, non par l'étalement urbain sur des terres agricoles, forestières ou naturelles, mais par la nécessité d'urbaniser ses friches.

1.2. Organisation de la MEL.

1.2.1. Pôles de compétences principales.

La MEL se divise en 10 pôles de compétences principales (Organigramme MEL,2024) :

- Secrétariat général et administration ;
- Direction générale des services ;
- Finances ;
- Ressources humaines, innovation et dialogues ;
- Développement économique et emploi ;
- Développement territorial et social ;
- **Planification, aménagement et habitat ;**
- Direction générale déléguée réseaux, services et mobilité-transports ;
- SDIT ;
- Direction générale déléguée ressources.

1.2.2. Directions.

Ces pôles se divisent ensuite en directions, par exemple pour le pôle « Planification, aménagement et habitat » :

- **Assistance maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre ;**
- Stratégie et opérations foncières ;
- Habitat ;
- Urbanisme, aménagement et ville ;
- Planification urbaine, programmation et stratégies territoriales ;
- Cellule de pilotage et d'appui.

1.2.3. Services.

Les différentes directions regroupent des services qui présentent des compétences plus précises comme la DAMO :

- Aménagement des territoires et architecture ;
- Voirie et réseaux divers ;
- **Génie civil, sols et environnement ;**
- Appui à la maîtrise d'ouvrage.

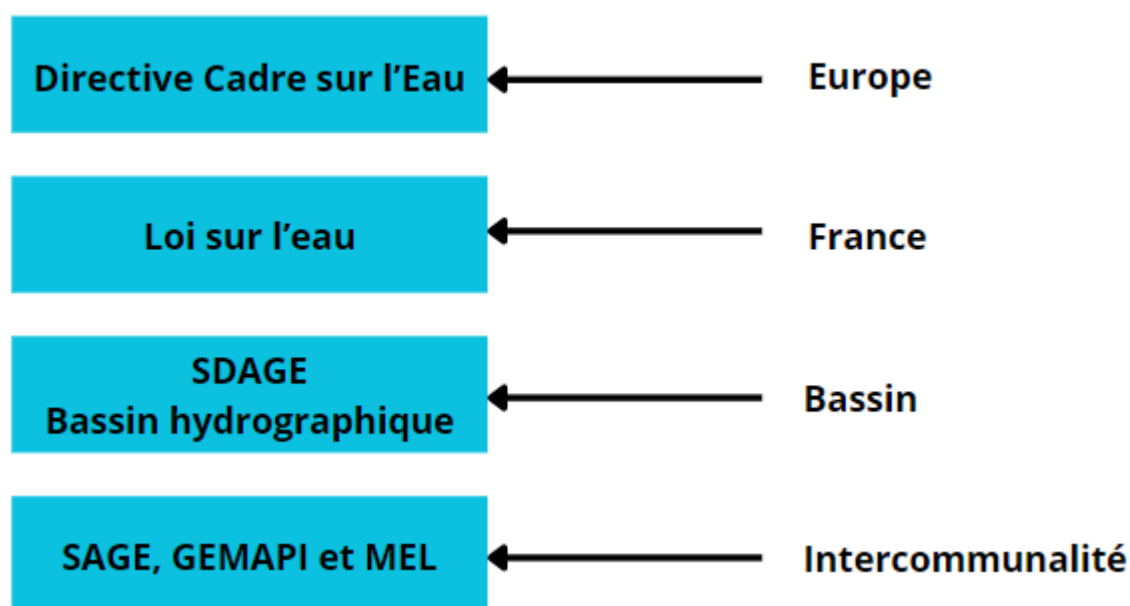
Cette direction a pour mission de fournir un soutien technique et une expertise aux différents services de la MEL. L'objectif est de répondre à toutes sortes de demandes, quel que soit le domaine concerné. Ainsi, les 4 services collaborant peuvent traiter des demandes relatives à l'environnement, la construction, l'énergie, etc.

C'est au sein du service Génie civil, sols et environnement qu'a été développé la mission d'étude hydraulique du parc MOSAIC. Lors des procédures d'aménagement ou de restauration, de nombreuses réglementations doivent être prises en compte.

2. Réglementation des milieux aquatiques.

La gestion de l'eau suit des réglementations précises, déterminées à plusieurs échelles (Figure 1). Mon tuteur m'a conseillé, pour commencer, de me renseigner sur les différents textes de loi et réglementations afin de savoir où chercher si je rencontre une situation qui le demande.

Figure 1 : Schéma des réglementations en fonction de leur zone d'application.



Source : MARCELLI, 2024

Les aspects réglementaires servent surtout lors des phases avant-projet et projet. Lors de ma mission, je n'ai pas atteint les phases de projet nécessitant une connaissance approfondie des réglementations. Je ne les ai donc pas spécialement utilisées, mais mes recherches m'ont permis de me familiariser avec le contexte réglementaire et me seront utiles pour mes missions futures.

2.1. Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

La directive-cadre sur l'eau est une directive de l'Union européenne, adoptée par le Parlement européen et le Conseil le 23 octobre 2000. Elle établit un cadre pour une politique communautaire globale dans le domaine de l'eau.

Cette directive constitue l'élément central de la réglementation européenne en matière de protection des ressources en eaux de surface : cours d'eau, plans d'eau, eaux de transition, ainsi que les eaux côtières et souterraines.

Son objectif est de prévenir et de réduire la pollution de l'eau, de promouvoir son utilisation durable, de protéger l'environnement, d'améliorer l'état des écosystèmes aquatiques, notamment les zones humides, et de réduire les impacts des inondations et des sécheresses (Eaufrance).

2.2. Loi sur l'eau.

La loi sur l'eau adoptée le 3 janvier 1992, marque la volonté de mener une politique publique de gestion responsable de l'eau, désormais reconnue comme "patrimoine commun de la Nation". Elle a été complétée en 2006 par la loi LEMA Loi sur les Eaux et les Milieux Aquatiques. Cette loi introduit un nouveau système de planification globale des ressources en eau à travers les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux SDAGE et les schémas d'aménagement et de gestion des eaux SAGE.

Cette loi impose de créer un dossier loi sur l'eau ou IOTA¹ qui doit être mis en place pour tout projet d'installations, ouvrages, travaux, ou activités qui risque d'avoir un impact sur les milieux aquatiques et la ressource en eau (DRIEAT,2023).

Lorsqu'un projet IOTA peut avoir un impact direct ou indirect sur les milieux aquatiques quels qu'ils soient, il est nécessaire de :

- Vérifier s'il est soumis aux prescriptions de la loi sur l'eau par le biais de la « Nomenclature eau ».
- De réaliser, selon les caractéristiques du projet, un dossier "loi sur l'eau" relevant du régime de Déclaration Loi sur l'eau (autorisation administrative se présentant sous la forme d'une autorisation de travaux) ou d'Autorisation environnementale (arrêté préfectoral). La réalisation du projet ne peut débuter qu'après avoir obtenu cet accord de l'Administration.

2.3. SDAGE et Bassin hydrographique

À ce jour, les eaux superficielles françaises sont gérées par bassin hydrographique. Un bassin hydrographique correspond au bassin versant d'un ou de plusieurs grands fleuves et des rivières qui leur sont associées. Chaque goutte d'eau tombant dans le bassin versant d'une rivière finit par ressortir par l'estuaire.

Un bassin versant est un territoire délimité par des frontières naturelles appelées "lignes de partage des eaux" ou "lignes de crête". Chaque bassin versant comprend un cours d'eau principal, souvent accompagné de plusieurs affluents. Ainsi, chaque goutte de pluie tombant sur ce territoire rejoint la rivière soit par écoulement de surface, soit par circulation souterraine après infiltration dans le sol (Cahiers Techniques, 2016).

Pour chacun des six bassins hydrographiques de la France métropolitaine (Figure 2), la loi sur l'eau de 1964 a créé les "instances de bassin" responsables de la gestion des ressources en eau à cette échelle géographique :

- Le comité de bassin : instance de concertation qui élabore la politique de gestion de l'eau.
- L'Agence de l'eau : organisme exécutif chargé de mettre en œuvre cette politique, visant à promouvoir une utilisation rationnelle des ressources en eau, à lutter contre la pollution et à protéger les milieux aquatiques.

¹ Installations, ouvrages, travaux, ou activités

Figure 2 : Les bassins hydrographiques français



Source : [Vers le bon état des milieux aquatiques | Eaufrance](#)

Le « SDAGE » Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau, institué par la loi sur l'eau de 1992 et évolué pour faire suite à la DCE, est un document de planification fixant pour six ans les orientations pour atteindre les objectifs de "bon état des eaux".

Il en existe douze, un pour chaque bassin de la France métropolitaine et d'outre-mer.

2.4. SAGE, GEMAPI et MEL

La Gestion des Milieux Aquatiques et la Prévention des Inondations « GEMAPI » est une compétence confiée aux intercommunalités (métropoles, communautés urbaines, communautés d'agglomération, communautés de communes) par les lois de décentralisation n° 2014-58 du 27 janvier 2014 et n° 2015-991 du 7 août 2015 (Légifrance), depuis le 1er janvier 2018.

Cette compétence engendre donc une prise de responsabilité pour la Métropole Européenne de Lille en termes de gestion du risque inondation et d'entretien des cours d'eau du territoire. Dans ce cadre, il est nécessaire de renforcer la connaissance de l'écoulement des cours d'eau pour proposer des solutions adaptées.

Le SAGE est le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux. C'est une déclinaison du SDAGE à plus petite échelle ; il vise à concilier la satisfaction et le développement des différents usages (eau potable, industrie, agriculture, ...) et la protection des milieux aquatiques, en tenant compte des spécificités d'un territoire. Délimité selon des critères naturels, il concerne un bassin versant hydrographique ou une nappe. Il repose sur une démarche volontaire de concertation avec les acteurs locaux (Ministère de la transition écologique, 2024).

Cela inclut des actions telles que la surveillance des niveaux de pollution, la mise en œuvre de politiques de gestion de l'eau, la sensibilisation du public aux questions liées à l'eau, et la coordination des efforts entre les différentes parties prenantes pour assurer une gestion durable des ressources hydriques (MEL Gardienne de l'eau). Il est par exemple interdit d'imperméabiliser les sols sauf exceptions, les pratiques se tournent principalement vers la réutilisation de zone déjà imperméabilisé.

[illegible]

Source : [Les gardiennes de l'eau \(calameo.com\)](https://www.calameo.com/read/004111111-202005010001)

3. Déroulé de la mission

3.1. Présentation du site

Le Parc Mosaic, également connu sous le nom de Jardin des Cultures, est situé à Houplin-Ancoisne, dans la région des Hauts-de-France ; il a été créé en 2004 (Mosaic, 2024). Il fait partie des Espaces Naturels Métropolitains de la Métropole Européenne de Lille. Ce parc offre une immersion dans la diversité culturelle à travers ses jardins thématiques, chacun représentant une culture différente présente dans la région lilloise.

Le Parc Mosaic a été conçu pour célébrer la diversité et le multiculturalisme qui caractérisent la métropole lilloise. Il s'étend sur environ 33 hectares et fait partie du Parc de la Deûle, un vaste espace vert qui longe la rivière Deûle. L'entrée sur le site est payante mais reste un lieu important pour les habitants, passer du temps à l'extérieur, en particulier près de l'eau, a des effets positifs sur la santé physique et mentale. Il contribue à la réduction du stress et à l'amélioration du bien-être mental. Des lieux de ce type sont nécessaires surtout dans des agglomérations avec peu de surfaces végétalisées. Le parc se trouve dans la zone gardienne de l'eau, sa gestion et son utilisation de l'eau se doit d'être exemplaire.

3.2. Demande de la maîtrise d'ouvrage

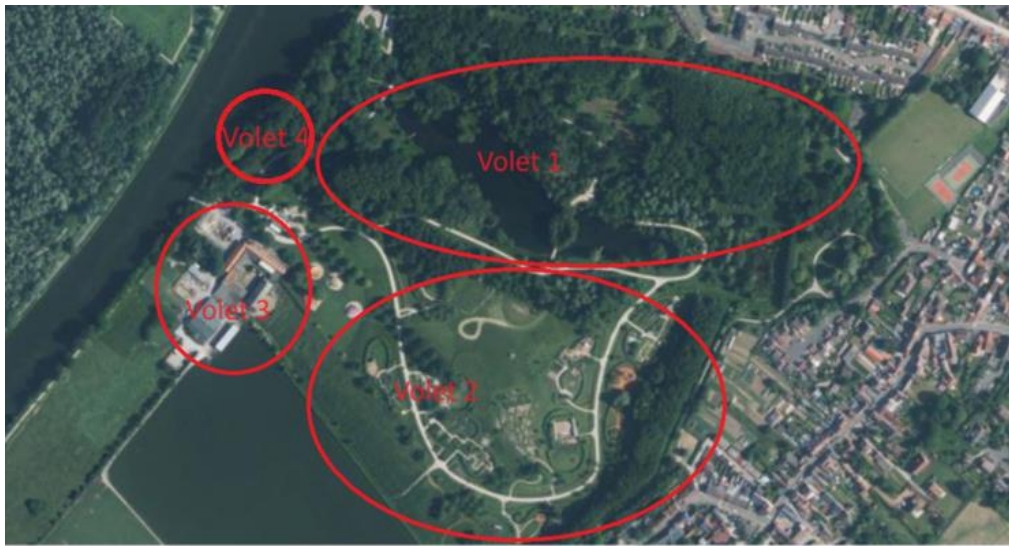
C'est dans ce contexte que la direction Nature, Agriculture et Environnement « DNAE » qui gère le parc Mosaic a contacté la Direction Assistance à Maitrise d'Ouvrage et Maitrise d'œuvre « DAMO » qui a missionné deux de leurs agents Benoît Blazejewski et moi-même pour répondre à leurs besoins. La DNAE a besoin d'une étude hydraulique du parc pour mieux comprendre son fonctionnement et en améliorer la gestion.

À la suite d'une première visite du site, nous avons divisé l'étude en quatre volets, chacun portant sur des thématiques et des parties différentes du parc (Figure 4) :

- Volet 1 : Amélioration hydro-écologique du plan d'eau et du réseau de fossés.
- Volet 2 : Schématisation des réseaux.
- Volet 3 : Récupération de l'eau de pluie.
- Volet 4 : Dimensionnement du surpresseur.

Le site se trouve à 25 minutes en voiture de nos locaux. La distance n'est pas un problème grâce aux flottes de véhicules dédiées à chaque direction. Cela m'a permis de me rendre sur place plusieurs fois par semaine, afin d'être au plus près des acteurs du site et de mieux comprendre leurs attentes et leurs besoins.

Figure 4 : Répartition des quatre volets sur le site Mosaic



Source : T.Marcelli, 2024

4. Amélioration hydro-écologique du plan d'eau et des fossés.

L'étang puise sa source dans la Deûle via une pompe (Figure 5, Pompe 1 - Deûle). La Deûle est un canal qui a été utilisé pour le transport de marchandise et pour alimenter en eau plusieurs entreprises qui se sont installées sur les berges.

Il existe des stations de mesures qui suivent la qualité de la Deûle. Cependant il manque tout de même quelques paramètres comme la détection de présence de métaux, indice important dans la qualité, qui peuvent être présents par la proximité des entreprises. D'après le site de l'agence de l'eau Artois-Picardie, l'état écologique du cours d'eau est moyen (Annexe 2).

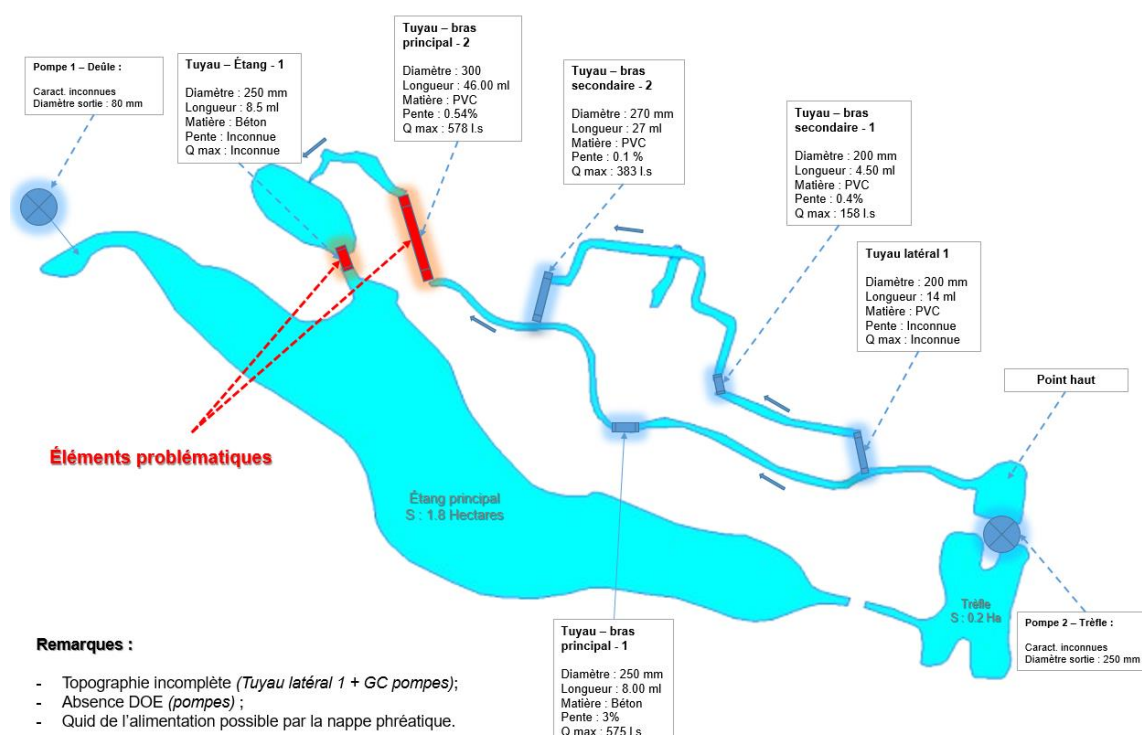
L'objectif est donc de mettre à disposition une eau plus saine pour arroser les jardins.

4.1. Approche de la fonctionnalité hydraulique des fossés.

Il existe un réseau de fossés dans le parc alimenté par l'étang. À l'est de l'étang, une pompe (Figure 5, Pompe 2 - trèfle) achemine l'eau au point le plus haut du réseau de fossés, permettant ainsi un écoulement gravitaire jusqu'à ce que l'eau soit rejetée dans l'étang (Figure 5).

Le réseau a été modélisé sur SketchUp pour permettre la simulation des écoulements.

Figure 5 : Modélisation du fonctionnement hydraulique des fossés.

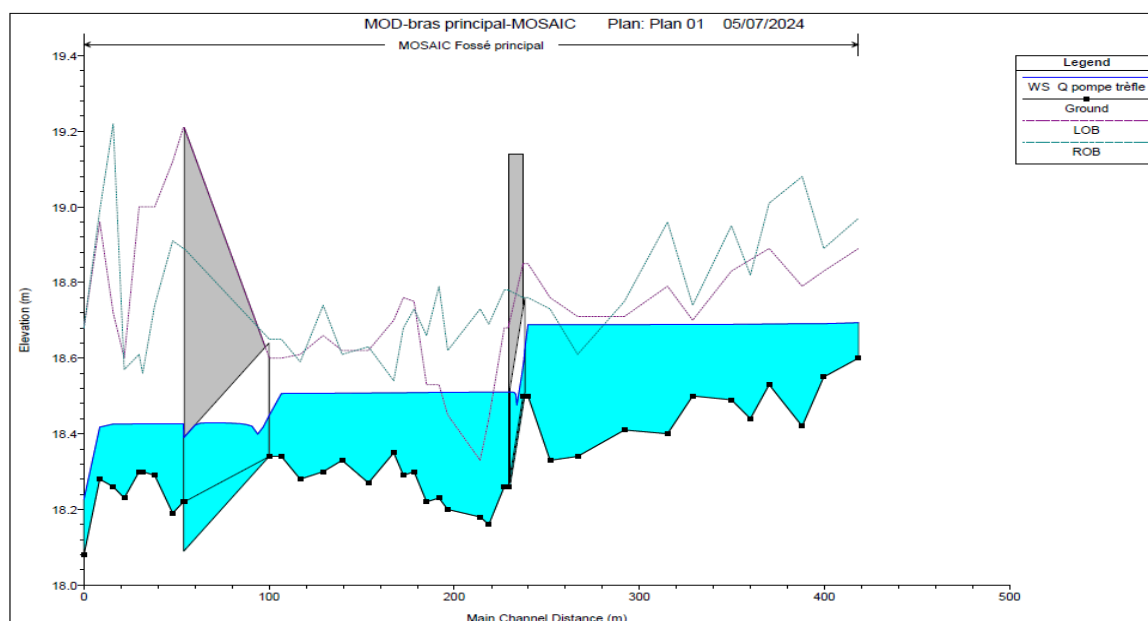


Source : B.Blazjewski, 2024

La vitesse moyenne de l'écoulement est de 0,04 m/s avec un débit de 20 l/s (Annexe 3). L'écoulement est homogène sur l'ensemble des fossés et fonctionne en casiers hydrauliques (Figure 6), avec un temps de séjour total estimé à 2,9 heures.

La végétation présente favorise la réduction des nutriments, ce qui est intéressant pour réduire le phénomène d'eutrophisation (Chapitre 4.3).

Figure 6 : Écoulement du fossé principal



Source : B.Blazjewski, 2024

4.2. Hypothèse : Faut-il injecter l'eau de Deûle directement dans le réseau de fossés ?

La question est de savoir si nous pouvons profiter de la phyto-épuration via les fossés pour améliorer la qualité de l'eau avant son arrivée dans l'étang (Tableau 1).

Tableau 1 : Avantages et Inconvénient de l'adaptation des fossés pour la phyto-épuration

Avantages	Inconvénients
Abattement en N et K potentiellement intéressant	Temps de séjour actuels de l'eau trop courts (qq heures)
Piégeage de certains polluants dans les plantes et export des matières polluées hors du site	Charge organique et polluante inconnue
Démarche écologique (<i>Gardiennne de l'eau</i>)	Surface adaptée des fossés ?
Durable	Nécessite un entretien régulier
Système autonome	Maintien annuel des fossés en eau
Esthétique	Coût des travaux (nouvelle canalisation + augmentation des surfaces)

Source : T.Marcelli, 2024

Pour obtenir une amélioration significative de la qualité de l'eau, il faudrait des temps de passage beaucoup plus longs, ce qui nécessiterait de grands travaux pour réaménager les fossés actuels ou même en créer davantage pour allonger nos réseaux. De plus, le parc ne souhaite pas faire fonctionner la pompe trèfle en continu. Cette solution n'a pas été retenue lors de la réunion de présentation. Cependant, la pompe continuera de fonctionner pendant la journée lors de l'ouverture du parc, irrigant les fossés, ce qui permettra de préserver une biodiversité très développée dans ces fossés, avec notamment une forte présence d'amphibiens.

4.3. Eutrophisation de l'étang.

L'eutrophisation des plans d'eau (Figure 7) est un processus écologique causé par une augmentation excessive de nutriments, principalement le phosphore et l'azote, provenant des rejets agricoles, domestiques et industriels, ainsi que de la déforestation et de l'érosion des sols. Cela entraîne une prolifération des algues, une désoxygénation de l'eau, la mort des organismes aquatiques, la dégradation de la qualité de l'eau et la formation de zones mortes.

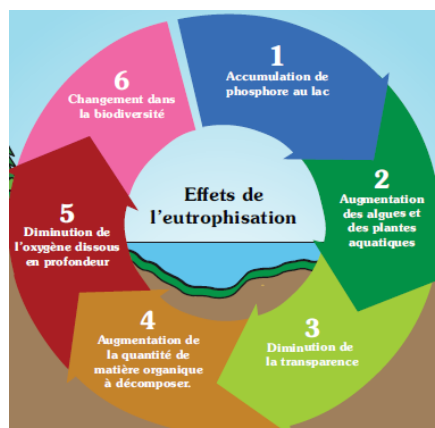
Nous avons observé sur le site de multiples indices symptomatiques d'une eutrophisation du plan d'eau, il y a un fort développement algal, une colonne d'eau réduite dus à la création d'un fond moue composé de déchets organiques, une productivité piscicole faible ainsi qu'une présence d'individus de grosse taille en faible densité et un déséquilibre dans la chaîne trophique². Nous avons aussi remarqué un rideau à la surface de l'eau qui s'apparentait à de la cyanobactérie³. Il est nécessaire de

² Elle illustre le flux d'énergie et de nutriments depuis les producteurs primaires jusqu'aux consommateurs finaux. Chaque maillon est dépendant du précédent.

³ Les cyanobactéries sont des bactéries photosynthétiques présentes dans divers milieux aquatiques et terrestres. En cas d'excès de nutriments, elles peuvent proliférer rapidement et former des blooms toxiques, nuisibles pour l'environnement, la santé humaine et animale.

confirmer l'hypothèse via une investigation complémentaire, sa présence est aussi signe d'eutrophisation.

Figure 7 : Étapes significatives du phénomène d'eutrophisation.



Source : B.Blazejewski, 2024

L'une des solutions pour réduire l'eutrophisation consiste à réduire les stocks de nutriments grâce au curage. Le curage consiste à enlever le fond mou, principalement composé de végétaux en décomposition, et à le retirer de l'eau. Ce type d'opération est très réglementé et généralement coûteux.

Dans un premier temps, il est nécessaire de distinguer le fond mou (composé de déchets organiques) et le fond dur, qui est le fond initial du plan d'eau. Cela nous permettra de déterminer le volume de sédiments présents. Nous avons deux entreprises en contrat avec la MEL qui peuvent entreprendre ces analyses. La première propose un devis de 8 208 € TTC et la deuxième de 16 056 € TTC. Le service en charge du parc utilisera le reste de son budget 2024 pour réaliser l'étude.

Il est nécessaire :

1. De connaître les espèces présentes afin de réaliser une étude d'impact du projet.
2. D'analyser les sédiments, car ils peuvent être pollués.
3. De sécher les sédiments
4. De déterminer la meilleure filière de valorisation possible.

Ces études servent à évaluer la faisabilité du projet et la manière de le mener à bien. Ces études seront effectuées après mon départ.

4.4. Feuille de route.

Pour faire suite à nos premières investigations et hypothèses, la maîtrise d'œuvre nous a demandé de fournir une feuille de route (Tableau 2) détaillant les études à effectuer ainsi qu'une estimation du planning à respecter pour répondre à la demande d'amélioration de la qualité d'eau. Cette feuille de route permettra de clarifier les démarches pour les personnes qui reprendront le projet après le départ de mon tuteur et de moi-même (Livrable, feuille de route).

Tableau 2 : Feuille de route concernant la réduction du phénomène d'eutrophisation.

	2024	2025		2026		2027	
	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
NAE_XXX : Curage de l'étang							
1. Etudes préalables	1 an						
a. Bathymétrie	8400 € TTC						
b. Etude enjeux environnementaux (Faune, Flore et Habitats)		6840 TTC					
c. Analyse des sédiments (pack ISDI) et H14 (si nécessaire)		8208 € TTC					
d. Cadre réglementaire de l'opération		720 € TTC					
2. Esquisse - Avant projet - Projet			1 an				
a. Phase ESQ : proposition de scénarios							
b. Phase AVP : étude de deux scénarios alternatifs (ex : curage complet / curage partiel)							
c. Phase PRO : étude poussée du scénario retenu (mode opératoire des travaux)							
d. Etude opérationnelle de la séquence ERC Eviter Compenser Réduire							
3. Rédaction des dossiers réglementaires et obtention des autorisations				€ à définir			
4. DCE							
5. EXE						€ à définir	

Source : B.Blazjewski, T.Marcelli, 2024

5. Schématisation des réseaux.

Mosaic étant un parc paysager, il est nécessaire d'arroser régulièrement pour entretenir les nombreuses essences de plantes. Actuellement, le parc dispose de deux réseaux d'eau distincts : un réseau d'eau potable et un réseau d'eau pompée dans la Deûle.

Cependant, la connaissance de ces réseaux est très limitée et aucun plan détaillé n'existe pour en comprendre le fonctionnement. Les jardiniers se contentent d'utiliser les robinets disponibles et, en cas de problème, ils contactent l'entreprise chargée des réseaux du parc, SUEZ⁴.

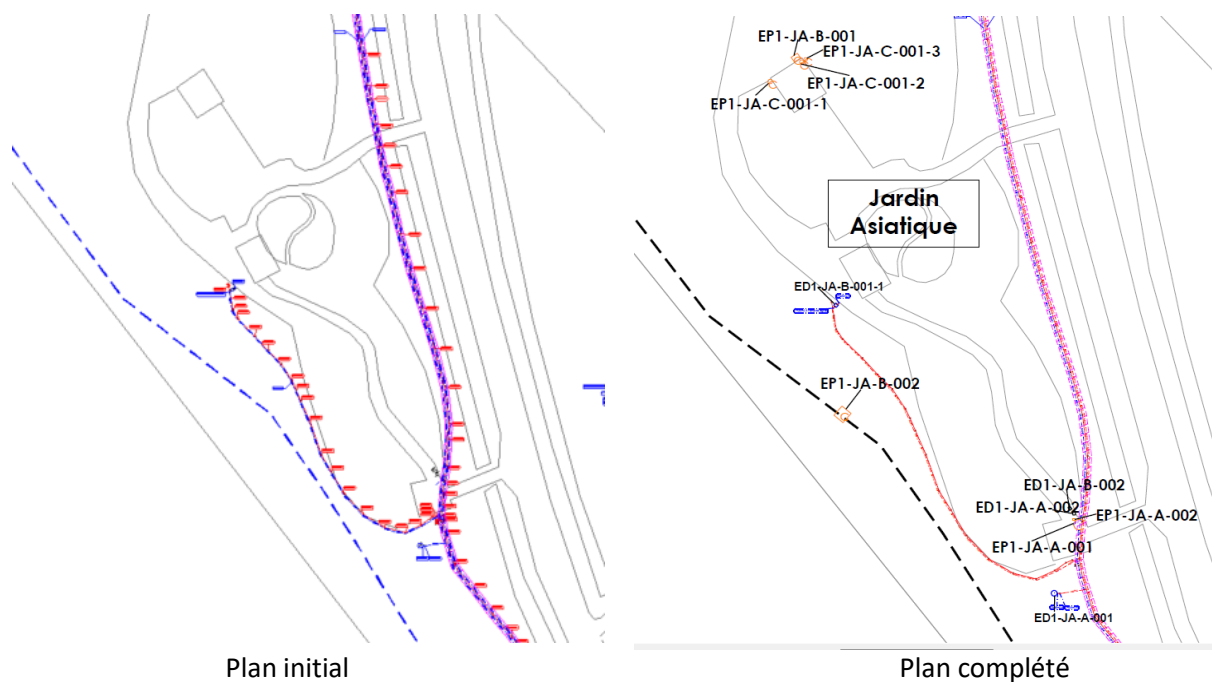
L'objectif de mon travail est d'améliorer la connaissance du réseau et d'en faciliter la compréhension pour les jardiniers.

5.1. Plan topographique et schéma du site.

Je me suis basé sur un plan topographique qui a été réalisé en 2023 pour commencer mes études. Après plusieurs investigations sur le terrain je me suis rendu compte qu'il manquait plusieurs informations. J'ai ajouté les regards et les points de piquage extérieurs sur le plan (Figure 8). Bien qu'ils ne soient pas géo-référencés, cela permet de repérer leur position (Livrable, plan topographique). En revanche, je n'ai pas représenté les réseaux manquants, car il est plus difficile de connaître leur position exacte dans le sol. Une investigation complémentaire pour géo-référencer le reste du réseau est nécessaire notamment pour le surpresseur (chapitre 6) et la mise en place de compteurs (chapitre 5.2).

⁴ Entreprise privée qui possède un marché avec la MEL

Figure 8 : Comparaison entre le plan topographique initial et le plan complété



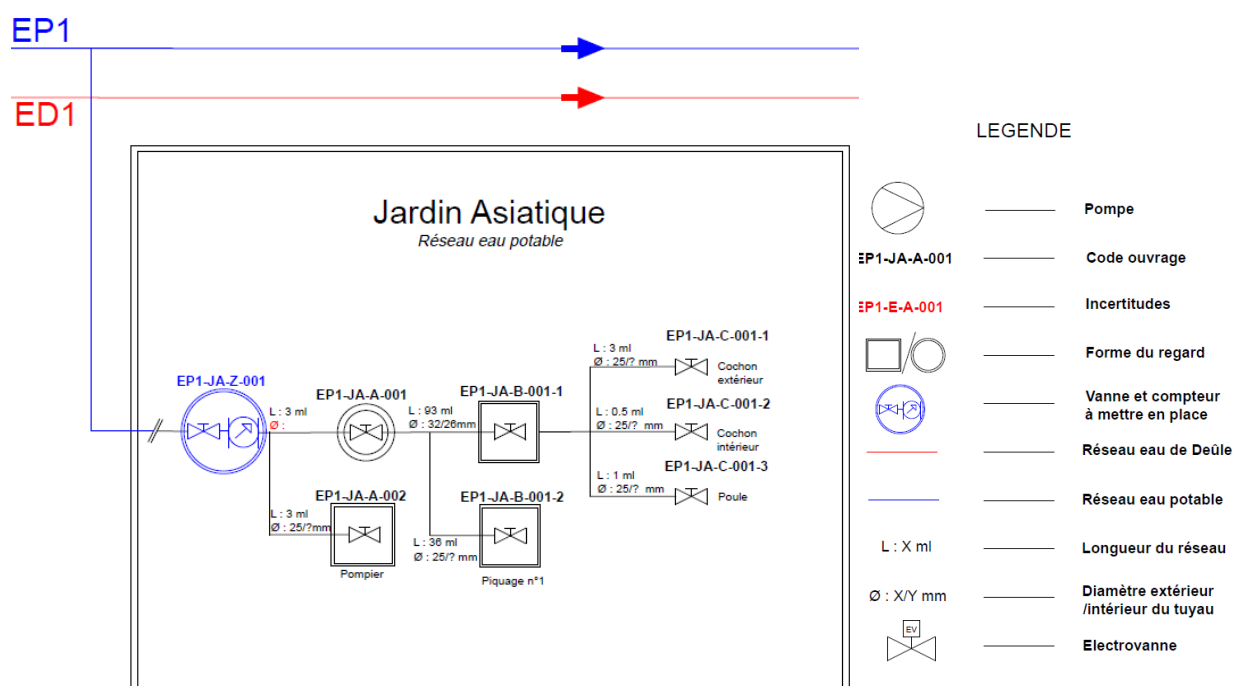
LEGENDE

EP1-JA-C-001-1	—————	Code ouvrage
Jardin Asiatique	—————	Nom du jardin
E?.JP.1	—————	Incertitudes
C / C	—————	Ouvrage ajouté
—————	—————	Réseau eau de Deûle
—————	—————	Réseau eau potable

Une fois la topographie complétée, nous pouvons à présent schématiser le fonctionnement des réseaux. J'ai utilisé AutoCAD, qui permet de dessiner librement le schéma, avec pour objectif d'inclure le maximum d'informations tout en restant clair (Livrabale, Schémas des réseaux).

La première étape a été de suivre les normes de dessin pour les différents équipements tels que les vannes et les pompes. Étant donné que le plan topographique n'est pas complet, nous avons des incertitudes sur certains réseaux, lesquels sont représentés en rouge sur les schémas. Cela permettra, en cas d'investigation complémentaire, de savoir quels points vérifier. Pour faciliter la lecture par jardin nous avons fait un schéma par réseau, un pour l'eau potable (Figure 9) et un pour l'eau de Deûle.

Figure 9 : Schéma du réseau eau potable du jardin asiatique



Source T.Marcelli, 2024

Nous avons ajouté, lorsque nous les connaissions, le diamètre des réseaux et leur longueur entre chaque regard. J'ai également conseillé d'installer des compteurs et des vannes à chaque entrée de jardin. Cet équipement permettra de contrôler plus facilement la consommation d'eau de chaque jardin et d'identifier rapidement d'éventuelles fuites sur le réseau. Une fois que j'ai rendu ces livrables j'ai eu rendez-vous avec la maîtrise d'ouvrage et Suez pour répondre à leurs dernières questions.

Nous disposons des plans pour localiser les ouvrages, ainsi que des schémas pour en comprendre le fonctionnement. De plus, j'ai ajouté un fichier Excel (Tableau 3) (Livable, Répertoire des ouvrages) qui répertorie tous les ouvrages par jardin, avec une photo prise sur le terrain. Cela facilitera la communication entre les agents sur le terrain et ceux au bureau.

Tableau 3 : Répertoire des ouvrages

Nom	Type	Réseau	Date dernier entretien	Historique d'entretien	Photo	Localisation
EP1-JG-A-001	Compteur	Potable				
EP/D1-JG-B-001	distributeur/vanne	Potable et Deûle				

Source : T.Marcelli, 2024

5.2. Amélioration de l'état et de l'utilisation des regards.

Tout au long de mon étude, nous avons constaté que plusieurs regards étaient en mauvais état ou difficilement accessibles (Figure 10 et 11). Nous avons donc établi une liste des regards nécessitant des modifications pour améliorer leur entretien et leur utilisation. (Livrable, Listing des besoins)



Figure 10 : ED1-JA-A-002 :

- Constat : Absence d'équipement au fond pour bloquer la terre, ce qui empêche de distinguer les vannes et provoque une dégradation accélérée du matériel à cause de la boue.
- Besoin : Changer le regard ou l'équiper d'un textile au fond pour évacuer l'eau sans laisser entrer la terre.



Figure 11 : ED1-JA-A-001 :

- Constat 1 : La plaque en fonte, lourde, peut provoquer des douleurs physiques lorsqu'on la soulève et nécessite du temps pour sortir le tuyau.
- Constat 2 : Il est presque obligatoire de s'allonger pour brancher le tuyau et ouvrir la vanne.
- Besoin : Remplacer la plaque en fonte par une plaque en plastique. Un trou peut être fait au centre de cette plaque pour laisser passer le tuyau, évitant ainsi de devoir soulever le regard. Dans le contexte d'un parc paysager, le tuyau d'arrosage doit rester non apparent. Des vases décoratifs existent pour le rangement des tuyaux (Annexe 4).

5.3. Feuille de route

Tableau 3 : Feuille de route concernant l'optimisation des réseaux EP et ED

NAE_XXX : Optimisation des réseaux EP et ED						
1. Identification des besoins (Cf. listing réalisé durant le stage de Titouan Marcelli)						
2. Adaptation des points de piquages	6 mois					
a. Mise en œuvre des réductions aux points piquages	€ à définir					
b. [OPTION] Aménagements de piquages hors-sol (changement plaque tampon, etc.)	€ à définir					
3. Changement des tuyaux d'arrosage en Ø19 mm						
4. Maintenance du réseau (changement des vannes defectueuses et plaque)	€ à définir					
5. Changement des regards problématiques	€ à définir					
6. Marquages sérigraphiés des plaques de regards						

Source : B.Blazejewski, T.Marcelli, 2024

6. Dimensionnement du surpresseur.

Habituellement l'objectif est d'arroser au maximum en puisant l'eau de la Deûle pour préserver les ressources en eau potable. Mais une inondation de la chambre sous terrainne a rendu inopérant le surpresseur. Le surpresseur composé de deux pompes sert à mettre en pression les réseaux et distribuer l'eau de Deûle dans le parc. Les jardiniers arrosent donc exclusivement à l'eau potable cette saison.

Avant le disfonctionnement du surpresseur les jardiniers avaient du mal à utiliser l'eau de Deûle car le débit qu'il recevait était faible. Notre mission est de caractériser les capacités de nos réseaux ainsi que les besoins en eau des jardins. L'objectif final est de caractériser un nouveau surpresseur pour qu'il soit installé au plus tard en avril 2025 pour le début de la nouvelle saison.

6.1. Détermination du débit total (Q_{tot}).

Le surpresseur envoie l'eau dans un tuyau de diamètre extérieur $\varnothing$ 63mm puis ils se divisent en deux ramifications de $\varnothing$ 50mm. Notre surpresseur doit être capable d'envoyer 20 m³/h soit 333 l/min qui est la capacité maximum de nos tuyaux.

Cette valeur de débit (Q_{tot}) constitue donc une valeur plafond au-delà de laquelle, le réseau ne serait plus suffisamment dimensionné si le besoin en eau venait à augmenter.

Nombre de point d'arrosages	13	unités
Vitesse écoulement	2	m/s

Il est à noter que cette estimation anticipe la création de deux futurs jardins supplémentaires : (11 actuels + 2 futurs = 13 points d'arrosages).

La vitesse d'écoulement dans les réseaux est limitée règlementairement à maximum entre 1.5 et 2 m/s selon les locaux (Hydraulique - Conditions d'écoulement dans les conduites).

6.2. Calcul des pertes de charges.

Les pertes de charge dans les réseaux d'eau font référence à la réduction de pression qui se produit lorsqu'un fluide s'écoule à travers un système de tuyauterie. Ces pertes de charge sont causées par deux types principaux de résistances, les pertes de charges linéaires et les pertes de charges singulières. Les pertes de charges nous permettrons de caractériser une hauteur manométrique (HMT) qui est nécessaire dans la caractérisation d'un surpresseur. La hauteur manométrique d'une pompe est une quantité physique qui exprime la capacité de la pompe à élever un volume donné de fluide, généralement exprimé en mètres de colonne d'eau (mWS). Pour calculer la bonne HMT il faut prendre le chemin critique, c'est-à-dire celui avec le plus de pertes de charges.

6.2.1. Calcul du nombre de Reynolds.

Le nombre de Reynolds est nécessaire à la détermination du coefficient de perte de charge régulière.

$$Re = (\rho.V.D) / \mu$$

ρ : masse volumique de l'eau (kg/m^3)

V : vitesse débitante (m/s)

D : diamètre intérieur du tuyau (m)

μ : viscosité dynamique ($kg/(m.s)$)

$Re < 2000$ Régime laminaire

$Re > 2000$ Régime turbulent

Dans le sol, la température constante avoisine les 13° C. Pour cette température, la viscosité dynamique de l'eau a été fixée à $1.2 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}/(m.s)$.

Résultats :

- Canalisations Ø50/42.6 mm PEHD 16 bars

$$997 * 2 * \frac{0.0426}{1.2 \cdot 10^{-3}} = 70\,669$$

- Canalisations Ø63/48.8 mm PEHD 16 bars

$$997 * 2 * \frac{0.0488}{1.2 \cdot 10^{-3}} = 80\,954$$

Les écoulements au sein du réseau d'adduction sont donc en régime turbulent. La détermination du coefficient de perte de charge régulière peut s'effectuer à l'aide des relations SWAMEE-JAINE, ATCHOUL ou de l'abaque de Moody (Figure 12).

6.2.2. Définition du coefficient de perte de charge.

Afin de déterminer le coefficient de perte de charge (Λ), il faut connaître la rugosité relative du tuyau. Pour des tuyauteries lisses non corrodables et avec dépôts, la rugosité k varie entre 0.03 mm quand il est neuf et 0.1 mm quand il est usé. La valeur de $k=0.03$ a été retenue. (SUEZ, 2024)

L'estimation du coefficient de perte de charge a été réalisée par le calcul et la vérification graphique de l'abaque de Moody.

Tableau 4 : Données d'entrée

Données	Débits max cana (m ³ /s)	Diamètre (mm)	Coeff rugosité (K) (mm)	K/D	Vitesse (m/s)	Re
Canalisation Ø : 50 mm ext. PEHD 16 bars	0.002766	42.6	0.03	0.001	2	70669.218
Canalisation Ø : 63 mm ext. PEHD16 bars	0.00555	48.8	0.03	0.001	2	80954.409

• **Méthode de Swamee - Jain**

$$\Lambda = \frac{0.25}{\log \left[\frac{k}{3.71 * D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right]^2}$$

Λ = coefficient de perte de charge

K = rugosité (mm)

D = diamètre de la canalisation (mm)

Re = Nombre de Reynolds

Tableau 5 : Résultats du calcul méthode de Swamee - Jain

	Canalisation Ø : 50 mm ext. PEHD 16 bars	Canalisation Ø : 63 mm ext. PEHD16 bars
Coefficient perte de charge (Λ)	0.022	0.021

• **Méthode de Atchoul**

$$\Lambda = 0.11 * \left[\frac{68}{Re} + \frac{K}{D} \right]^{0.25}$$

Λ = coefficient de perte de charge

K = rugosité (mm)

D = diamètre de la canalisation (mm)

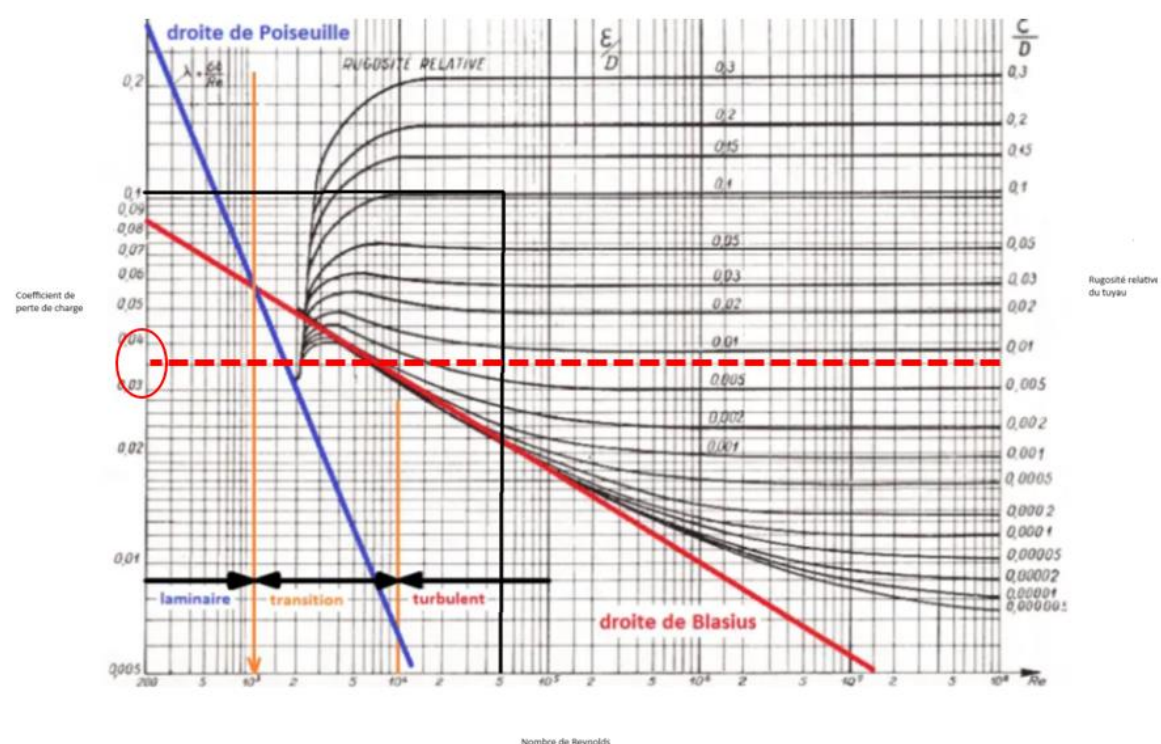
Re = Nombre de Reynolds

Tableau 6 : Résultats du calcul méthode de Atchoul

	Canalisation $\varnothing$: 50 mm ext. PEHD 16 bars	Canalisation $\varnothing$: 63 mm ext. PEHD16 bars
Coefficient perte de charge (Λ)	0.022	0.021

- Méthode graphique – Abaque de Moody

Figure 12 : Abaque de Moody



Source : [diagramme de Moody \(unilim.fr\)](http://unilim.fr)

Tableau 7 : Comparaison des résultats coefficient perte de charge

	Canalisation $\varnothing$: 50 mm ext. PEHD 16 bars	Canalisation $\varnothing$: 63 mm ext. PEHD16 bars
Λ – Swamee - Jain	0.022	0.021
Λ – Atchoul	0.022	0.021
Λ – Abaque de Moody	0.02	0.02
Λ	0.022	0.021

6.2.3. Pertes de charges linéaires.

La formule utilisée est l'équation de Darcy.

$$\Delta H = \Lambda (L/Dh) (v^2/2g)$$

ΔH : la perte de charge linéaire exprimée en mWS ;

Λ : le coefficient de la perte de charge ;

v : la vitesse moyenne du fluide dans le tuyau (m/s) ;

L : la longueur du tuyau (m) ;

Dh : le diamètre hydraulique (m) ;

g : l'accélération de la pesanteur (m/s²).

Notre chemin critique est celui qui part du surpresseur et qui s'étend jusqu'au jardin des Flandres au regard ED1-JF-A-002. (Livrable, « schéma des réseaux » et « topographie générale du site »).

Tableau 8 : Longueur des réseaux

	Canalisation Ø : 50 mm ext. PEHD 16 bars	Canalisation Ø : 63 mm ext. PEHD16 bars
Longueur des réseaux (m)	641.38	102.72

- **Canalisations Ø50 mm PEHD 16 bars**

$$\Lambda = 0.022 * \frac{641.38}{0.0426} * \frac{2^2}{2*9.81} = 67.53 \text{ mWS}$$

- **Canalisations Ø63 mm PEHD 16 bars**

$$\Lambda = 0.021 * \frac{102.72}{0.0488} * \frac{2^2}{2*9.81} = 9.21 \text{ mWS}$$

Les pertes de charge linéaires sur l'ensemble du réseau s'élèvent à (67.53 + 9.21) **76.74 mWS**

6.2.4. Pertes de charges singulières.

Les pertes de charges singulières sont classées en deux catégories :

- Celles à valeur constante — Λ_C ;
- Celles qui varient en fonction du diamètre de réseau - Λ_D .

- Calcul coefficient Λ_C à valeur constante

Tableau 9 : Coefficient de perte de charge à valeur constante

Coefficient à valeur constante – Λ_C			
Équipement	Λ_{Ci}	Nombre	$\Lambda_{Ci} \text{ total}$
Compteur volumétrique	15	1	15
Réduction concentrique = 0.67	0.085	1	0.085
Réduction concentrique = 0.75	0.049	1	0.049

Résultats :

$$\Lambda_C = \sum \Lambda_{Ci} = 15.134$$

Le compteur intégré au calcul répond au besoin futur de mise en place d'un monitoring de suivi de la consommation en eau du réseau. En l'état actuel, ces équipements ne sont pas encore présents sur le réseau d'adduction d'eau.

- Calcul du coefficient Λ_D dépendant du diamètre

$$\Lambda_D = ft * 4 * x * n$$

ft : coefficient selon le diamètre nominal

n : nombre d'occurrences de l'équipement

x : $\Lambda / (ft * 4 * n)$

Tableau 10 : Donnée de X pour chaque type d'équipement.

Équipement	X
Vanne boisseau sphérique non réduit	3
Coude standard 90°	30
Té sur la déviation	60
Té en passage direct	20

Détermination de la valeur de f_t (Figure 13) :

Figure 13 : Valeur du coefficient f_t

Coefficient f_t		
Diamètre nominal en	f_T	$4.f_T$
0.5	0.00675	0.027
0.75	0.00625	0.025
1	0.00575	0.023
1.25	0.055	0.022
1.5	0.00525	0.021
2	0.00475	0.019
2.5	0.0045	0.018
3	0.0045	0.018
4	0.00425	0.017
5	0.0040	0.016
6	0.00375	0.015
8	0.0035	0.014
10	0.0035	0.014

Source : [Modules de perte charge singulière, coude, vannes, branchement, hydraulique, pression \(thermexcel.com\)](http://thermexcel.com)

Le coefficient f_t dépend du diamètre intérieur du tuyau. Dans notre cas, sa valeur est de **0.00425**.

Tableau 11 : Coefficient de perte de charge dépendant du diamètre

Coefficient Λ_D dépendant du diamètre				
Équipement	X	Nombre	f_T	Λ_D
Vanne boisseau sphérique non réduit	3	3	0.00425	0.153
Coude standard 90°	30	1		0.51
Té sur la déviation	60	1		1.02
Té en passage direct	20	2		0.68

$$\Lambda_{Di} = f_t * 4 * x_i * n_i$$

$$\Lambda_D = \sum \Lambda_{Di} = 2.363$$

• Calcul de la perte de charge ΔP

$$\Delta P = \Lambda_{tot} \cdot (\rho \cdot v^2 / 2)$$

ΔP : la perte de charge singulière exprimée en Pascal

$\Lambda_{tot} = \Lambda_C + \Lambda_D$ le coefficient de perte de charge singulière sans unité*

ρ : la masse volumique du fluide (kg/m³)

v : la vitesse du fluide (m/s)

*Le coefficient de perte de charge singulière se détermine à l'aide d'abaques.

Résultats :

$$\Delta P = \Lambda_{tot} \cdot (\rho \cdot v^2 / 2)$$

$$\Delta P = (15.134 + 2.363) * (997 \cdot 2^2 / 2)$$

$$\Delta P = 34\,889 \text{ Pa}$$

Le ΔP calculé peut être converti en mètres de colonne d'eau selon la conversion suivante : 1 bar = 100000 Pa = 10 m colonne eau

$$\Delta H = 3.49 \text{ mWs}$$

6.3. Définition de la Hauteur Manométrique Totale (HMT)

6.3.1. Calcul de la HMT géométrique.

Afin d'estimer la HMT géométrique, il faut prendre la hauteur de l'eau par rapport à la hauteur maximale des réseaux. Les relevés topographiques existant ne permettent pas de connaître la hauteur précise des réseaux, cependant les profils altimétriques (Annexe 5 et 6) du terrain donnent une approximation des hauteurs maximum, une investigation complémentaire est nécessaire pour permettre de définir un surpresseur adapté.

La hauteur maximale du terrain est de 21,89 m et la hauteur de l'eau de l'étang est de 18,51 m, donnant une différence de 3,38 m.

6.3.2. HMT retenue.

Pour connaître le HMT générale, il suffit de faire la somme de la HMT pertes de charges et HMT géométrique.

$$HMT = 76.74 + 3.49 + 3.38 = 83.61 \text{ mW}$$

7. Hypothèse pour améliorer le fonctionnement de l'arrosage.

7.1. Hypothèse du fonctionnement actuel.

Aucun DOE n'a été retrouvé concernant le surpresseur actuel, d'après les observations faites sur le terrain (Annexe 5) le surpresseur serait le 5SV13 du groupe Xylem.

Figure 14 : Fiche technique des surpresseurs

GHV20/5SV GROUPES DE PRESSION SÉRIE

GROUPE TYPE	PUISSANCE NOMINALE kW	MEI ≥ (1)	l/min 0 m³/h 0	Q – DÉBIT														
				24	40	50	60	70	80	90	100	120	146	200	240	282		
				2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	7,2	8,8	12,0	14,4	16,9			
H – HAUTEUR MANOMÉTRIQUE TOTALE EN MÈTRES DE COLONNE D'EAU																		
SSV03	2 x 0,55	0,70	22,8						21,8	21,6	21,3	20,7	19,7	16,9	14,1	10,3		
SSV04	2 x 0,55	0,70	30,0						28,2	27,9	27,5	26,6	25,2	21,2	17,3	12,2		
SSV05	2 x 0,75	0,70	38,0						36,4	36,0	35,5	34,5	32,9	28,2	23,5	17,1		
SSV06	2 x 1,1	0,70	45,3						43,7	43,3	42,8	41,6	39,6	33,9	28,1	20,3		
SSV07	2 x 1,1	0,70	52,7						50,7	50,1	49,5	48,1	45,8	39,1	32,2	23,1		
SSV08	2 x 1,1	0,70	60,1						57,6	57,0	56,2	54,6	51,8	44,1	36,2	25,8		
SSV09	2 x 1,5	0,70	68,0						65,5	64,8	64,0	62,2	59,3	50,6	41,9	30,2		
SSV10	2 x 1,5	0,70	75,5						72,4	71,7	70,8	68,7	65,4	55,7	46,0	33,0		
SSV11	2 x 1,5	0,70	82,8						79,3	78,4	77,5	75,2	71,4	60,7	49,9	35,6		
SSV12	2 x 2,2	0,70	90,8						88,0	87,0	86,0	83,4	79,3	67,4	55,7	40,5		
SSV13	2 x 2,2	0,70	98,3						95,0	94,0	92,8	90,0	85,5	72,6	59,9	43,5		
SSV14	2 x 2,2	0,70	105,7						102,0	100,9	99,6	96,6	91,7	77,8	64,0	46,3		
SSV15	2 x 2,2	0,70	113,1						109,0	107,8	106,4	103,1	97,8	82,8	68,1	49,1		
SSV16	2 x 2,2	0,70	120,5						115,9	114,6	113,1	109,6	103,9	87,8	72,1	51,8		
SSV18	2 x 3	0,70	135,8						131,1	129,7	128,0	124,1	117,8	99,9	82,3	59,5		
SSV21	2 x 3	0,70	157,9						152,0	150,3	148,3	143,6	136,1	114,9	94,2	67,6		

Le tableau indique les performances avec 2 pompes en fonctionnement.

Performances hydrauliques conformes ISO 9906/2012 - Grade 3B (ex ISO 9906/1999 - Annex A)

(1) Valeurs se référant aux versions F, J, R, N, V, C, K. Version P exclues.

2p_Sav 055-2p50 fr_a_th

Le tableau indique les performances avec 2 pompes en fonctionnement.
Performances hydrauliques conformes ISO 9906:2012 - Grade 3B (ex ISO 9906:1999 - Annex A)
(1) Valeur se référant aux versions F, I, R, N, V, C, K. Version P exclue.

2p_5sv-055-2p50-fr_a_th

Source : [\(500\) | Xylem France](#)

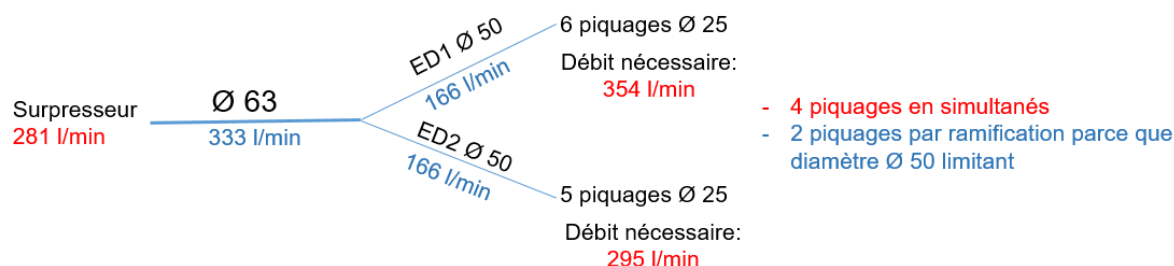
Tableau 12 : Capacités maximum de débit accepté dans les réseaux de diamètre X

Diamètre ext réseau en mm	Débit en m³/h	Débit en l/min
63	20	333
50	10	166
32	5,8	96
25	3,5	59
19	2,04	34
Auto	1,5	25

Source : T.Marcelli

En période de canicule, un arrêté préfectoral limite l'arrosage des jardins à partir de 10h du matin. Les premiers jardiniers arrivant à 8h, ils disposent de 2 heures pour arroser 11 jardins. Avant le dysfonctionnement du surpresseur, ils se plaignaient déjà de débits d'eau trop faibles aux points de piquage. Une étude de récolement a été effectuée pour mieux comprendre le fonctionnement du réseau actuel (Figure 15).

Figure 15 : Hypothèse du schéma de fonctionnement du réseau eau de Deûle.



Source : T.Marcelli

Le surpresseur actuel pouvait envoyer au mieux 281 l/min avec une HMT de 43,5 mWS. D'après les calculs, notre HMT actuelle est d'environ 222.88, ce qui dépasse les capacités du surpresseur, le forçant à fournir un débit inférieur. Ces hypothèses de fonctionnement corroborent avec le ressenti des

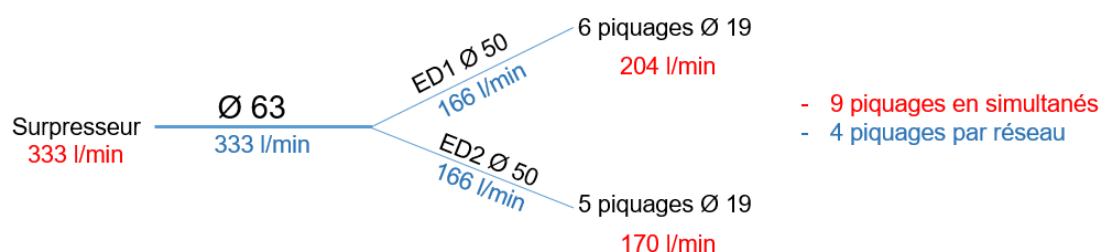
jardiniers concernant le manque de débit. Le réseau est équipé, en sortie de surpresseur, d'un tuyau Ø63 mm PEHD 16 bars d'une capacité de 333 l/min, qui se divise ensuite en deux tuyaux de Ø50 mm PEHD 16 bars, chacun ayant une capacité de 166 l/min. Les jardiniers arrosent ensuite avec des tuyaux d'arrosage de Ø25 mm, ayant une capacité de 59 l/min.

Le débit nécessaire pour arroser tous les jardins en même temps est bien trop élevé par rapport à celui fourni. Il est possible avec le surpresseur actuel d'avoir 4 points de piquage simultanés, avec un maximum de 2 piquages par ramification.

7.2. Hypothèse 1: Changement du surpresseur et optimisations des points de piquage.

En remplaçant le surpresseur par un autre qui peut fournir 333 l/min et en adaptant les points de piquage avec des tuyaux de Ø 19 mm (34 l/min) il est possible d'avoir 9 points de piquage simultanés, avec un maximum de 4 piquages par ramification.

Figure 16 : Hypothèse 1 de fonctionnement du réseau eau de Deûle.



Source : T.Marcelli

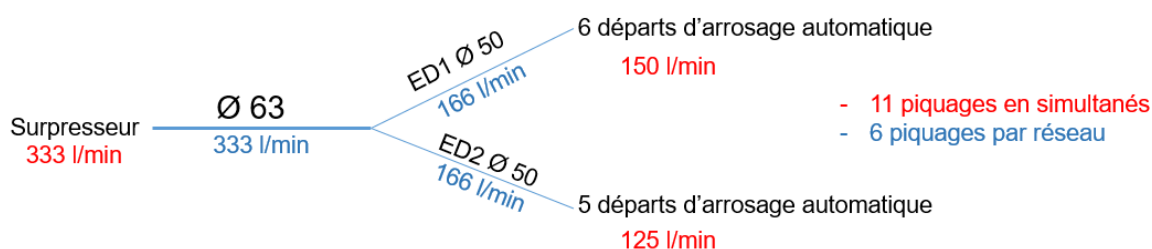
Cette hypothèse permet l'arrosage de 8 jardins simultanément, mais il est nécessaire de mettre en place un plan d'arrosage. En effet, avec 4 jardins par réseau, il faut définir à l'avance quels jardins arroser à quelle heure. Cependant, des informations concernant le temps nécessaire pour arroser chaque jardin et leur fréquence d'arrosage font défaut.

7.3. Hypothèse 2 : Changement du surpresseur et optimisations des points de piquage.

En remplaçant le surpresseur par un autre qui peut fournir 333 l/min et en adaptant les points de piquage avec de l'arrosage automatique (Débit minimum pour fonctionner 25 l/min)⁵ il est possible d'avoir 11 points de piquage simultanés, avec un maximum de 6 piquages par ramification.

⁵ [Plan d'arrosage automatique étape par étape | Guide arrosage et pompage \(arrosage-distribution.fr\)](http://Plan d'arrosage automatique étape par étape | Guide arrosage et pompage (arrosage-distribution.fr))

Figure 17 : Hypothèse 1 de fonctionnement du réseau eau de Deûle.



Source : T.Marcelli

Dans cette configuration, il est possible d'arroser tous les jardins simultanément. De plus, l'arrosage automatique permet de programmer les horaires de manière optimale, notamment en période de canicule, en programmant l'arrosage pendant la nuit pour éviter l'évaporation de l'eau. Pour adapter au mieux le réseau d'arrosage automatique, il est nécessaire de connaître la quantité d'eau requise par jardin. L'installation de compteurs en entrée de chaque jardin serait utile pour déterminer ces besoins, ils permettront aussi d'identifier plus facilement les fuites.

À la suite de la présentation de nos hypothèses, la maîtrise d'ouvrage a opté pour la première hypothèse, qui leur permet d'améliorer nettement leur capacité d'arrosage à faible coût. Il suffit d'acheter des adaptateurs de Ø 25 mm vers Ø 19 mm, que nous brancherons entre notre réseau et nos nouveaux tuyaux d'arrosage de Ø 19 mm.

Le parc souhaite néanmoins passer à l'arrosage automatique à l'avenir et retient donc l'hypothèse 2 pour plus tard.

Ils ont souhaité que je leur fournisse une liste du matériel nécessaire pour chaque ouvrage (Livrable, Listing des besoins), complétant ainsi le matériel requis pour améliorer l'utilisation et l'état des regards.

7.4. Feuille de route.

Tableau 13 : Feuille de route concernant le surpresseur

7. Remplacement du surpresseur et création local hors sol							
A. Etudes préalables		6 mois / 1 an	€ à définir				
a. Etude géotechnique (si nécessaire)							
b. Dimensionnement du surpresseur							
c. Repérage des réseaux		€ à définir					
d. Cadre réglementaire de l'opération							
B. ESQ - AVP - PRO							
C. DCE							
D. EXE			€ à définir				
8. Investigations complémentaires du réseau pour écarter tout risque de fuites existan			€ à définir				

8. Récupération de l'eau de pluie.

8.1. Vers une autonomie à l'eau de pluie ?

Les bureaux administratifs du parc sont situés dans une ancienne ferme, dont les toitures offrent des surfaces suffisamment grandes pour récupérer un volume considérable d'eau de pluie. Des collègues travaillent sur la rénovation des bâtiments de la ferme, ils nous ont fournis les plans détaillés des toitures, avec toutes les cotes nécessaires pour en calculer les surfaces. Nous avons modélisé un schéma représentant les différentes toitures, incluant leur surface et leur pente (Annexe 8).

Nous avons 1566.4 m^2 de surface exploitable, cependant, une partie des toitures contiennent actuellement de l'amiante, et il est interdit de récupérer de l'eau de pluie provenant de ces surfaces pour l'arrosage. L'amiante est un groupe de minéraux fibreux qui a été largement utilisé, notamment dans l'isolation des bâtiments. Cependant, il s'est avéré dangereux pour la santé, causant, par son inhalation, des maladies graves comme des cancers. Il sera nécessaire de traiter ces toitures avant de pouvoir récupérer la totalité des écoulements.

En multipliant les surfaces par les précipitations nous aurons une approximation du volume d'eau de pluie récupérable (Lille-Lesquin (Nord – France) Info climat, 2024).

Tableau 14 : Données pour calculer les volumes de précipitations

	Précipitations totales annuelles (Chronique de 23 ans) (mm)	Surface totale (m^2)	Volume annuel récupérable (m^3)
Précipitations moyennes (an)	732	1566.4	1146
Précipitations maximales (an)	894.5		1401
Précipitations minimales (an)	529.4		830

Nous ne connaissons malheureusement pas la consommation actuelle d'eau des jardins. Cependant, l'installation de compteurs à l'entrée des jardins nous permettra de déterminer si l'eau de pluie est suffisante pour répondre à leurs besoins. Cela pourrait remplacer l'eau de la Deûle, qui est moins propre et plus chargée que l'eau de pluie.

Pour stocker cette eau, nous disposons d'une cuve à lisier qui n'est plus utilisée. Sa capacité actuelle n'est pas précisément connue, mais elle est estimée à environ 1950 m^3 . Des investigations complémentaires sont nécessaires pour évaluer l'étanchéité de cette cuve, déterminer son volume exact et vérifier la nature des sédiments au fond (sont-ils pollués ?).

Le surpresseur, prévu pour alimenter le parc en eau de la Deûle, pourra être déplacé au niveau de la cuve à lisier. Nous y raccorderons le réseau d'eau de la Deûle, qui deviendra ainsi le réseau d'eau potable pour alimenter le parc. Le raccordement au réseau se ferait en passant par la friche, ce qui n'aurait pas d'impact sur la beauté du parc (Annexe 9).

8.2. Feuille de route

Tableau 15 : Feuille de route concernant la récupération de l'eau de pluie.

NAE_XXX : Dimensionnement des ouvrages de récupération d'eau de pluie						
1. Etudes préalables		6 mois				
a. Diagnostic amiante		€ à définir				
b. Diagnostic structurel et d'étanchéité de la cuve à lisiers		€ à définir				
c. Etude topographique		€ à définir				
d. Notes de calculs		€ à définir				
e. Etudes géotechniques		€ à définir				
2. ESQ - AVP - PRO						
3. Dossiers réglementaires et autorisations				€ à définir		
4. DCE						
5. EXE					€ à définir	

9. Conclusion du stage

Tout au long de mon stage, j'ai découvert le métier d'ingénieur au sein d'un bureau d'études. J'ai été intégré dans son fonctionnement et ai eu l'opportunité de collaborer dans son domaine d'expertise. J'ai principalement travaillé sur des sujets hydrauliques que je ne maîtrisais pas particulièrement, mais qui se sont avérés très intéressants.

Les personnes du service Génie Civil, Sols et Environnement que j'ai côtoyées chaque jour ont répondu à mes questions dès que j'en avais et ont facilité mon intégration au sein de la DAMO. Les retours que j'ai eus après les réunions de restitution ont été positifs et j'ai le réel sentiment d'avoir été utile en menant à bien la mission qui m'a été confiée.

J'ai beaucoup échangé avec Monsieur Yoann Dhainaut, qui, comme mon tuteur, est ingénieur en environnement mais spécialisé dans les sites et sols pollués. J'ai trouvé cette thématique très intéressante, non seulement par sa présence dans la plupart des dossiers d'aménagement, mais aussi par son importance écologique. Je pense que lors d'une prochaine expérience je me tournerai vers cette thématique qui me sera forcément utile dans le domaine de l'environnement.

Au sein de la MEL je trouve que la place de la partie environnement devrait être plus grande. En effet, mis à part les sujets qui concernent directement l'environnement, on se limite à respecter les réglementations environnementales. Il n'y a pas de budget débloqué pour rechercher des solutions qui développeraient le volet environnemental. Au sein de la DAMO, grâce notamment à l'expertise des ingénieurs environnement, les équipes font de leur mieux avec les contraintes imposées mais il reste d'autres services à sensibiliser.

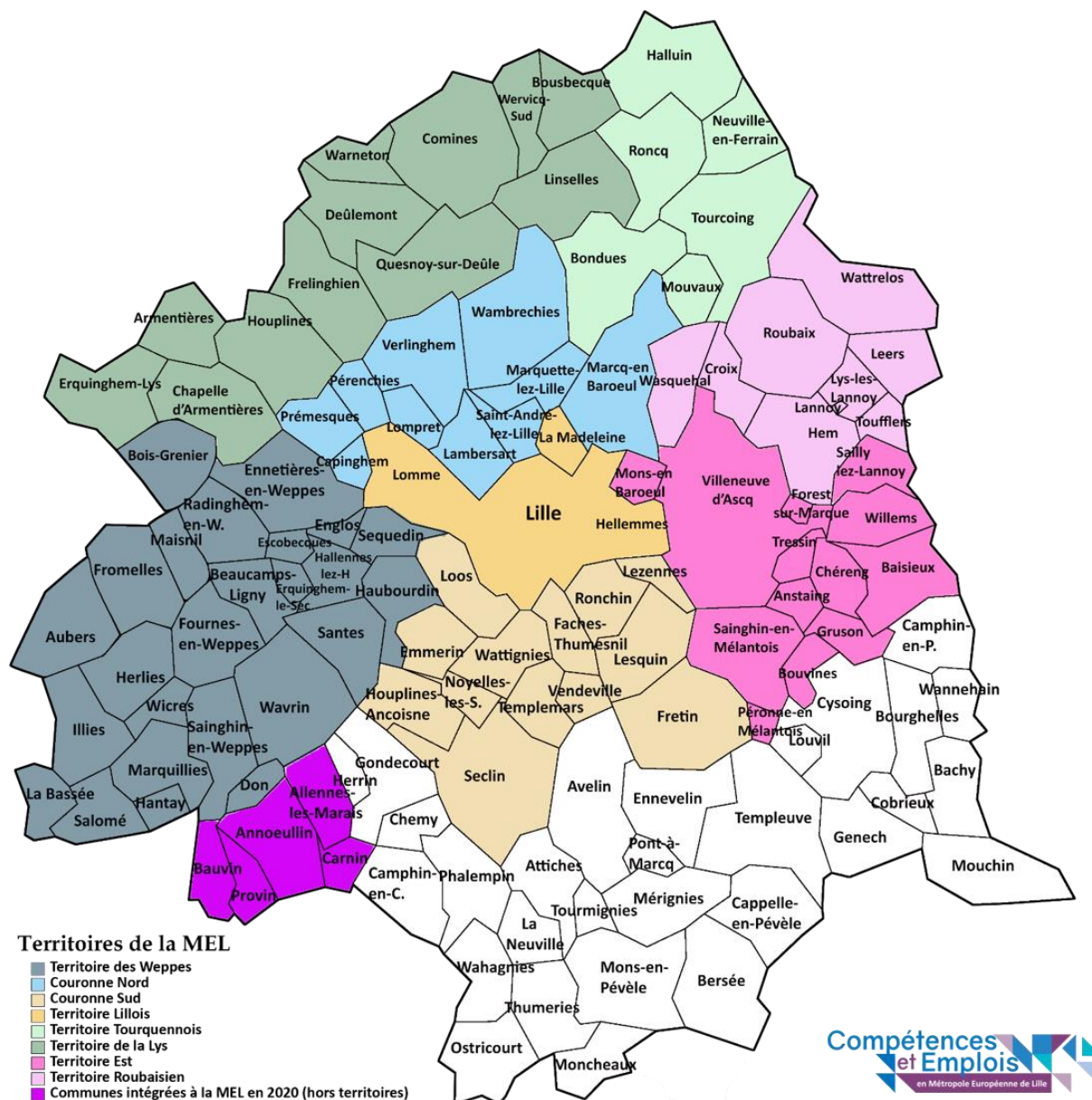
10. Bibliographie

- *Chiffres clés. MEL 2020* (s. d.). <https://www.lillemetropole.fr/chiffres-cles>
- *Hydraulique - Conditions d'écoulement dans les conduites*. (s. d.). Techniques de L'Ingénieur. <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-techniques-du-batiment-le-second-oeuvre-et-les-lots-techniques-tiaebt3/archive-1/calcul-et-conception-des-reseaux-et-des-installations-tba2515/hydraulique-conditions-d-ecoulement-dans-les-conduites-sl5726004.html#:~:text=a%2C%20vitesse%20maximale%2C%20est%20limit%C3%A9e,de%20la%20canalisation%2C%20en%20d%C3%A9coule>.
- Île-De-France, D. (2023, 5 mars). *Déclaration « loi sur l'eau » : ce qu'il faut savoir*. DRIEAT Île-de-France. <https://www.drieat.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/declaration-loi-sur-l-eau-ce-qu-il-faut-savoir-a3502.html#:~:text=05%2F03%2F2023-.De%20quoi%20s%27agit%20Dil%20%3F,dans%20la%20nomenclature%20%C2%AB%20eau%20%C2%BB>.
- *Les gardiennes de l'eau*. (s. d.). calameo.com. <https://www.calameo.com/mel-metropole-europeenne-de-lille/read/005117137510164230f8e>
- *Lille-Lesquin (Nord - France) | Relevés météo en temps réel - Infoclimat*. (s. d.). <https://www.infoclimat.fr/observations-meteo/temps-reel/lille-lesquin/07015.html>
- *Loi n° 66-1069 du 31 décembre 1966 relative aux communautés urbaines - Légifrance*. (s. d.). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGISCTA000006085264>
- *Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires*. (s. d.).
Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires.
<https://www.ecologie.gouv.fr/>
- *Mosaïc, le jardin des cultures*. (s. d.). <https://enm.lillemetropole.fr/parcs/mosaic-le-jardin-des-cultures>

- *Organigramme. MEL 2024* (s. d.). <https://www.lillemetropole.fr/organigramme>
- *Suez* (s.d). suezwaterhandbook.fr
- *Vers le bon état des milieux aquatiques* | *Eaufrance*. (s. d.). Eaufrance.
<https://www.eaufrance.fr/vers-le-bon-etat-des-milieux-aquatiques>

11. Annexe

1. Commune de la Métropole de Lille



Source : [Les cartographies du territoire - Compétences et emplois \(competencesetemplois.org\)](http://competencesetemplois.org)

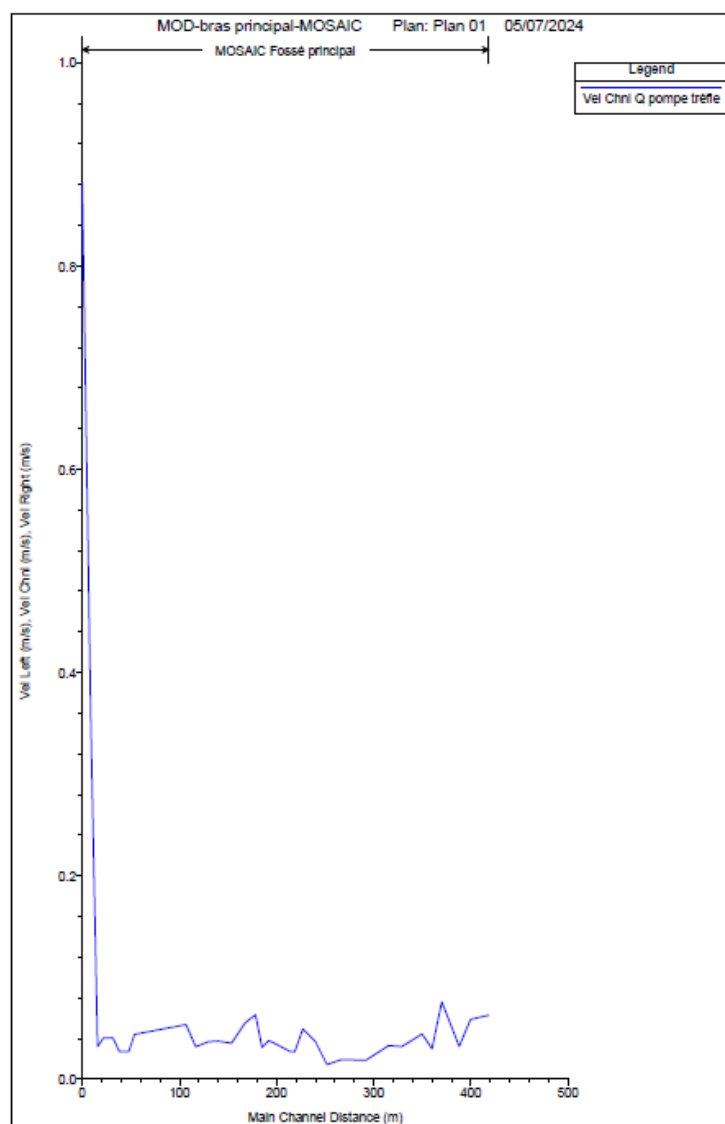
2. Tableaux de l'état écologique de la station « LA DEULE CANAL À HAUBOURDIN »

ETAT ECOLOGIQUE DE LA STATION ①

	Cycle 1 de la DCE								Cycle 2 de la DCE							
Période d'évaluation	2006 2007	2007 2008	2008 2009	2009 2010	2010 2011	2011 2012	2012 2013	2013 2014	2014 2015	2015 2016	2016 2017	2017 2018	2018 2019	2019 2020	2020 2021	
Macro-invertébrés																
Diatomées	Moy	Bon	Bon	Bon	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	
Poissons																
Macrophytes																
Etat biologique	Moy	Bon	Bon	Bon	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	
Bilan en O2	Mauv	Mauv	Moy	Moy	Bon	Bon	Bon	Bon	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	Moy	
Nutriments	Med	Med	Med	Med	Mauv	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Mauv	Med	
Acidification	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	
Température	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	TBon	
Etat physico-chimique	Mauv	Mauv	Med	Med	Mauv	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Mauv	Med	
Polluants spécifiques																
Etat/Potentiel écologique	Mauv	Mauv	Med	Med	Mauv	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Med	Mauv	Med	

Source : [Station 01080000 \(eau-artois-picardie.fr\)](http://station.01080000.eau-artois-picardie.fr)

3. Vitesse d'écoulement de l'eau dans le fossé



Source : Blazejewski, 2024

4. Vase décoratif pour rangement de tuyau



Source : [Pot à tuyau LIVLIG anthracite, seau à tuyau, rangement pour tuyau](#)

5. Photo de la plaque placée sur le suppresseur actuel



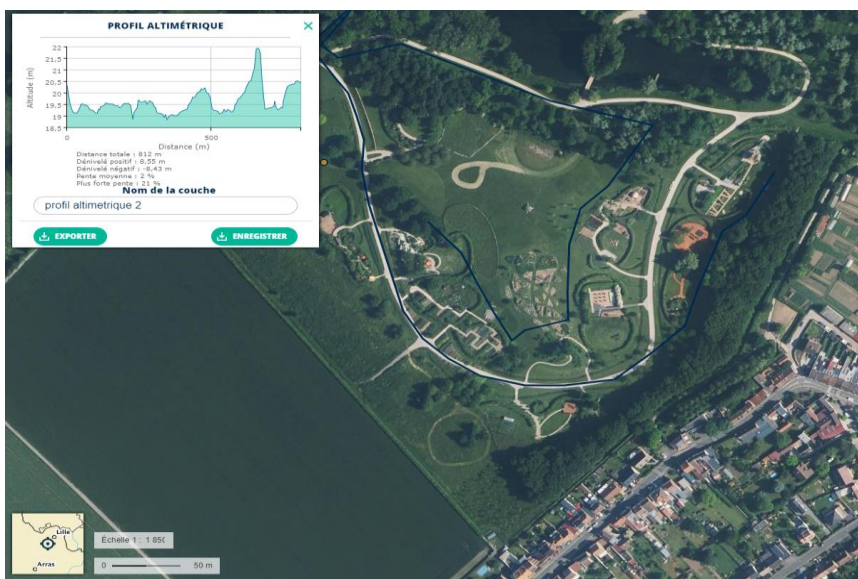
Soure : T.Marcelli

6. Profil altimétrique du parc 1



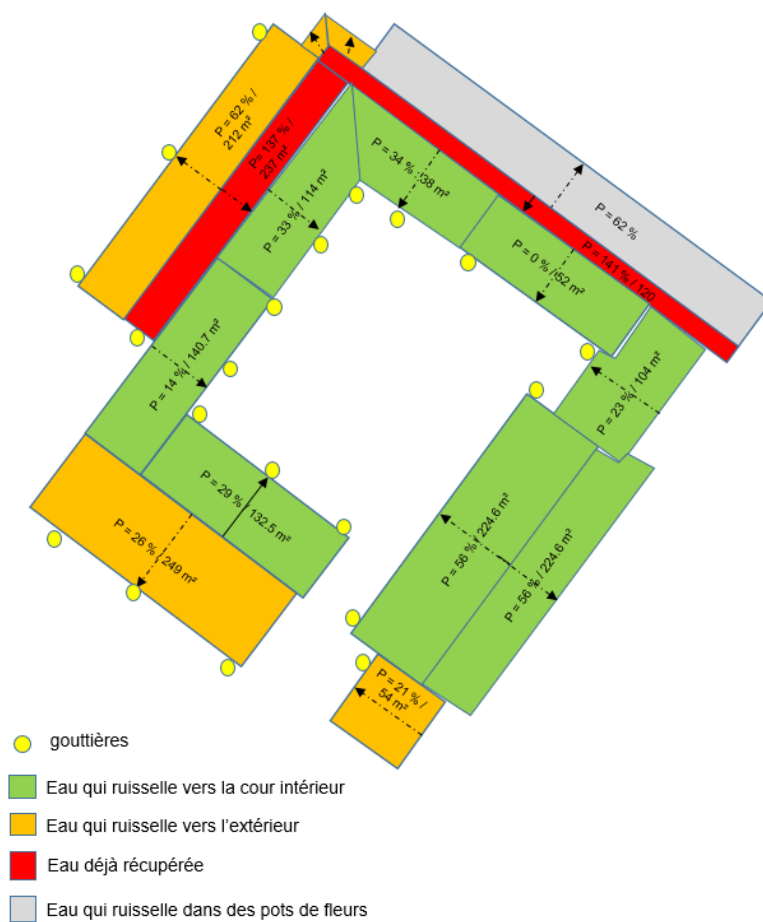
Source : [Visualisation cartographique - Géoportail \(geoportail.gouv.fr\)](https://geoportail.gouv.fr)

7. Profil altimétrique du parc 2



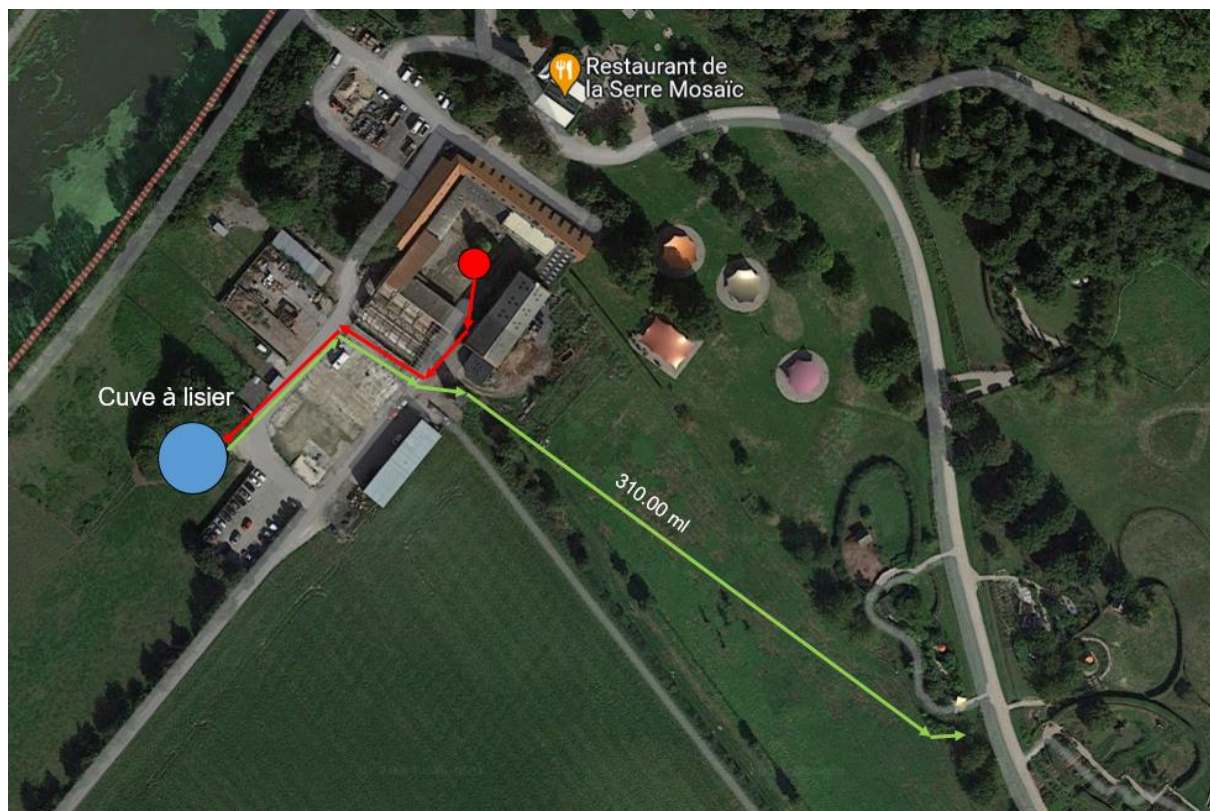
Source : [Visualisation cartographique - Géoportail \(geoportail.gouv.fr\)](https://geoportail.gouv.fr)

8. Représentation des toitures du parc Mosaic



Source : B.Blazjewski, T.Marcelli

9. Proposition du passage du réseau eau de pluie



Source : B.Blazejewski, 2024



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Titouan MARCELLI
2023-2024

Etude hydraulique du parc MOSAIC

La Métropole Européenne de Lille possède et a en gestion plusieurs parcs destinés au public et souhaite s'améliorer sur les questions environnementales et la préservation des ressources en eau. C'est dans ce but que la Direction Nature, Agriculture et Environnement a contacté le service Génie Civil, Sols et Environnement afin d'améliorer la gestion de l'eau. Ce document décrit la manière dont j'ai procédé pour analyser le site et proposer des solutions, telles que la caractérisation des réseaux ou la remise en fonctionnement de l'arrosage avec l'eau de la Deûle. Mes recherches visent à rendre le parc Mosaic, situé en zone « Gardienne de l'eau », exemplaire en matière de gestion de l'eau.

Mots Clés :

Gestion de l'eau

Parc MOSAIC

Plan de récolement

Métropole Européenne de Lille 2

Boulevard des cités unies 59000

Tuteur académique :

Nathalie Brevet

Tuteur entreprise :

Benoît Blazejewski

Ingénieur environnement