



Aubange - Rue Hansel

DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT DU RÉSEAU DE COLLECTE DE LA RUE HANSEL ET PROPOSITION D'AMÉNAGEMENT



VILLE D'AUBANGE

Support : Convention d'études – 13 octobre 2022

Contact : **Vivian DEVAUX – François KINARD**

Réalisation : Gauthier NOKEL

Service : Appui aux communes – Infrastructures communales

Date : Novembre 2023

Support : Papier

Logiciel :



InfoWorks ICM

Drève de l'Arc-en-Ciel, 98
B-6700 ARLON
Tel : 063/23.18.11 – Fax :
063/23.18.95
<http://www.idelux.be>

**SOMMAIRE**

SOMMAIRE	3
1. INTRODUCTION	7
2. CANEVAS DE L'ETUDE	8
2.1. CONNAISSANCE DE LA SITUATION ACTUELLE ET MODÉLISATION	8
2.2. CAMPAGNES DE MESURES DE CHARGES ET DÉBITS	8
2.3. DIAGNOSTIC ET PROPOSITION DE SOLUTIONS	8
3. CONNAISSANCE DE LA SITUATION ACTUELLE ET MODELISATION	9
3.1. INTRODUCTION	9
3.2. MODÉLISATION	9
3.2.1. <i>Concept de la modélisation</i>	9
3.2.2. <i>Principes pour la modélisation d'un réseau</i>	10
3.2.3. <i>Applications à la rue Hansel à Aubange</i>	11
3.3. FONDS DE PLANS ET CARTES RÉSEAUX	11
3.4. CARACTÉRISTIQUES DES RÉSEAUX ET OUVRAGES SPÉCIAUX	12
3.4.1. <i>Visite de terrain</i>	12
3.4.2. <i>Le cadastre du réseau d'égouttage</i>	12
3.5. ENDOSCOPIE	13
3.5.1. <i>Principe</i>	13
3.5.2. <i>Localisation</i>	14
3.5.3. <i>Caractérisation du réseau</i>	14
3.5.3.1. <i>Réseaux amont</i>	14
3.5.3.2. <i>Déversoir d'orage</i>	16
3.6. CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS VERSANTS	18
3.6.1. <i>Limites et surfaces</i>	18
3.6.2. <i>Imperméabilisation</i>	19
3.6.3. <i>Population</i>	20
3.7. PROFILS DE PLUIES	21
4. CAMPAGNES DE MESURES	23
4.1. PRINCIPE	23
4.2. LOCALISATIONS DES POINTS DE MESURE DE PLUIE ET DE DÉBIT	24
4.3. RÉSULTATS	24
4.3.1. <i>Temps sec</i>	25
4.3.2. <i>Calage du modèle</i>	26
5. SITUATION ACTUELLE – DIAGNOSTIC ET PROPOSITION	31
5.1. CONSTATIONS GLOBALES SUR L'ENSEMBLE DU RÉSEAU	31
5.2. IDENTIFICATION DES ZONES SENSIBLES	32
5.2.1. ZONE SENSIBLE 1 – LE DÉVERSOIR D'ORAGE	33
5.2.1.1. <i>CONSTAT GLOBAL</i>	33
5.2.1.2. <i>PROPOSITION D'AMÉNAGEMENT</i>	36
5.2.2. ZONE SENSIBLE 2 – CANALISATION DÉDIÉE AUX EAUX CLAIRES	39
5.2.2.1. <i>CONSTAT GLOBAL</i>	39
5.2.2.2. <i>PROPOSITION D'AMÉNAGEMENT</i>	42
5.2.2.2.1. <i>AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ DU RÉSEAU</i>	42



5.2.2.2.2.	RÉGULATION DU DÉBIT ENTRANT (AXE DE RUISSELLEMENT).....	47
5.2.2.2.3.	PROTECTION DE L'HABITATION NUMÉRO 2 RUE HANSEL.....	60
5.2.3.	ZONE SENSIBLE 3 – CANALISATION DÉDIÉE AUX EAUX USÉES.....	62
5.2.3.1.	CONSTAT GLOBAL.....	62
5.2.3.2.	PROPOSITION D'AMÉNAGEMENT.....	64
6.	CONCLUSIONS	68

Liste des figures

Figure 1 – Identification de la zone problématique	7
Figure 2 – Exemple : orthophotoplan avec le cadastre du réseau d'égouttage	11
Figure 3 – Localisation des points exutoires	12
Figure 4 – Profil en long du tronçon du réseau d'eaux claires de la rue Hansel	13
Figure 5 – Photos prestations endoscopie	13
Figure 6 – Photos prestations curage	14
Figure 7 – photos endoscopie	14
Figure 8 – Rue Van Brabant – Canalisation de 500mm de diamètre	15
Figure 9 – Rue Hansel – Canalisation de 300mm de diamètre	15
Figure 10 – Rue Hansel – Canalisation de 300mm de diamètre	16
Figure 11 – Rue Hansel – Déversoir d'orage (81004-02DO007360)	17
Figure 12 – Rue de la Gendarmerie – Vue aval vers amont– Déversoir d'orage (81004-02DO007360)	17
Figure 13 – Illustration des différents bassins versants	18
Figure 14 – Bassin versant contributif de l'axe de ruissellement	19
Figure 15 – Hyétogramme de projet – 10 ans	22
Figure 16 – Points de mesures des débits, vitesses et hauteurs d'eau (en rouge)	24
Figure 17 – Hyéthogramme de la pluie du 14/01/2023	26
Figure 18 – Hydrogramme de RV008980	27
Figure 19 – Hydrogramme de RV007340	27
Figure 20 – Hydrogramme de RV007290	28
Figure 21 – Hydrogramme de RV008930 – Prise en compte de l'axe de ruissellement	28
Figure 22 – Hydrogramme de RV005600 – Identification de dilution possible	29
Figure 23 – Constatations sur le réseau pour une pluie de projet (pdr = 2ans)	32
Figure 24 – Mise en évidence des trois zones sensibles (pdr = 2ans)	32
Figure 25 – Mise en charge du réseau de la rue de la Gendarmerie	33
Figure 26 – Profil en long du réseau de la rue de la Gendarmerie (pdr = 2 ans)	33
Figure 27 – Profil en long du réseau aval de la rue de la Gendarmerie	34
Figure 28 – Débit en fonction du temps pour la canalisation la plus limitante (pdr =2ans)	34
Figure 29 – Débit en fonction du temps pour la canalisation aval de la rue de la Gendarmerie (pdr = 2ans)	35
Figure 30 – Situation actuelle simplifiée et situation proposée pour l'optimisation du DO	36
Figure 31 – Impact de l'optimisation du DO sur le débit sortant par le trop plein	36
Figure 32 – Débit en fonction du temps pour la canalisation la plus limitante (DO optimisé) (pdr= 2ans)	37
Figure 33 – Profil en long de la ligne des plus hautes eaux (pdr=2ans)	38
Figure 34 – Mise en charge de la canalisation dédiées aux eaux claires de la rue Hansel	39
Figure 35 – Profil en long de la ligne des plus hautes eaux pour la canalisation dédiée aux eaux claires (pdr = 2ans)	40
Figure 36 – Profil en long de la ligne des plus hautes eaux pour la canalisation dédiée aux eaux claires, avec le DO optimisé (pdr = 2ans)	41
Figure 37 – Profil en long de la canalisation traversant la voirie régionale N88 (Rue du Village)	43

Figure 38 – Différentes vues de l'exutoire	43
Figure 39 – Pentes du tronçon (3 ^{ème} ligne dans le tableau)	44
Figure 40 – Comparaison de la situation actuelle/scénario des pentes constantes... 44	
Figure 41 – Hypothèse de pose d'une canalisation en parallèle.	47
Figure 42 – Scénario comprenant le DO optimisé sans la contribution de l'axe de ruissellement (pdr = 2ans).....	48
Figure 43 – Scénario comprenant le DO optimisé sans la contribution de l'axe de ruissellement (pdr = 10 ans)	48
Figure 44 – Scénario comprenant le DO optimisé et un ajustage de 100 l/S (pdr = 2 ans)	50
Figure 45 – Scénario comprenant le DO optimisé et un ajustage de 100 l/S (pdr = 10 ans)	50
Figure 46 – Scénario comprenant le DO optimisé et un ajustage de 50 l/S (pdr = 2 ans)	51
Figure 47 – Scénario comprenant le DO optimisé et un ajustage de 50 l/S (pdr = 10 ans)	51
Figure 48 – Tracé de la nouvelle canalisation	52
Figure 49 – Zone potentielle 1 pour l'aménagement d'une ZIT	56
Figure 50 – Zone potentielle 2 pour l'aménagement d'une ZIT	57
Figure 51 – Identification de la zone sensible 3	62
Figure 52 – Profil en long de la zone sensible 3 (pdr = 5 ans).....	62
Figure 53 – Profil en long de la zone sensible 3 (pdr = 2 ans).....	63
Figure 54 – Profil en long de la zone sensible 3 réaménagée (pdr = 5 ans)	64
Figure 55 – Tronçon aval	66
Figure 56 – Effets des modifications des deux DN300 en DN500 sur le tronçon aval (pdr = 2 ans).....	66
Figure 57 – Effets des modifications des deux DN300 en DN500 sur le tronçon aval (pdr = 10 ans).....	67
Figure 58 – Rappel des trois zones sensibles identifiées.....	68

Liste des tableaux

Tableau 1 - Tableau – Surface et occupation du sol	20
Tableau 2 - Tableau – fréquence de calcul – Norme EN-752.....	21
Tableau 3 - Table Quantité/Durée/Fréquence pour la commune de Aubange	21
Tableau 4 - Évènement pluvieux choisi pour le calage du modèle	25
Tableau 5 - Estimatif budgétaire pour les coûts de construction d'une digue pour la création d'une ZIT.....	58
Tableau 6 - Résumé des solutions à mettre en œuvre et de leurs coûts associés ...	69

1. INTRODUCTION

Depuis près de 25 ans, plusieurs inondations ont été observées au niveau de la rue Hansel. La canalisation incriminée est une canalisation dédiée aux eaux claires. Historiquement, cette canalisation ne reprenait que les eaux du ruisseau non classé drainant le bassin versant compris entre la rue Van Brabant et la rue de la gendarmerie. Il y a une trentaine d'années, afin de soulager la canalisation qui saturait en aval de la rue de la Gendarmerie, un déversoir d'orage a été installé afin de dévier le surplus d'eau du réseau d'égouttage unitaire vers la canalisation dédiée aux eaux claires. Depuis, 3 inondations ont été subies principalement par l'habitation numéro 2 de la rue Hansel, l'habitation numéro 5 de la rue du Village et les installations avoisinantes.

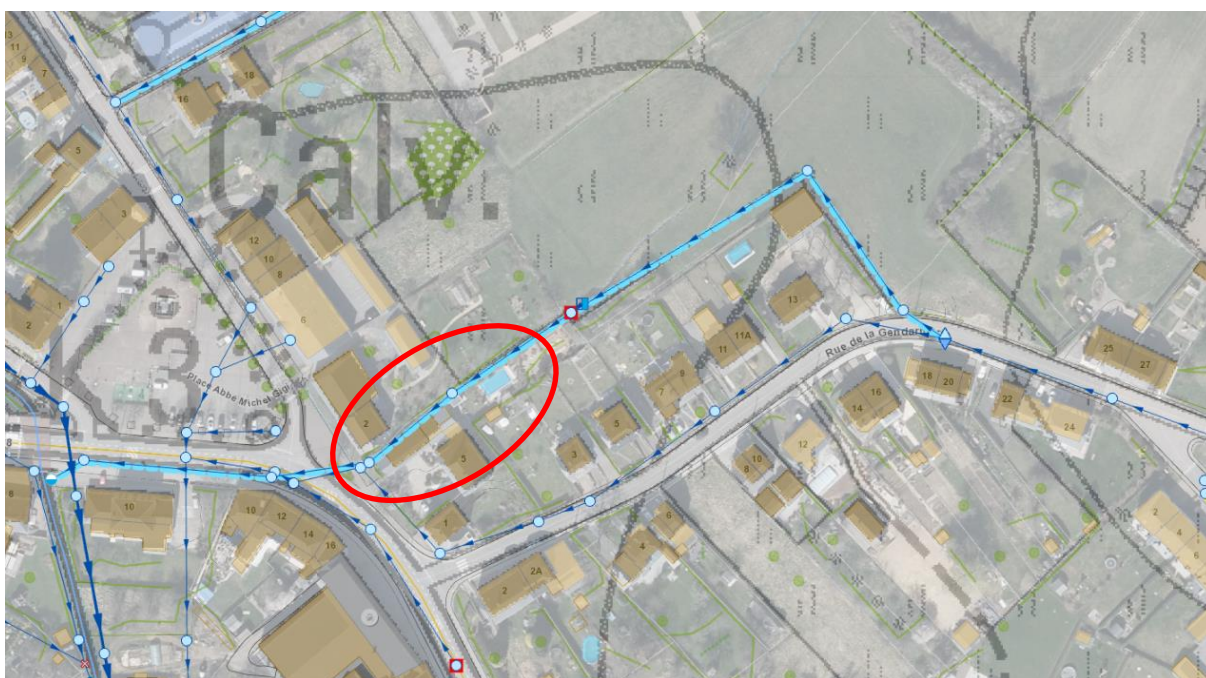


Figure 1 – Identification de la zone problématique

La commune a chargé IDELUX Eau, au travers d'une convention d'étude dont les modalités d'exécution ont été approuvées lors du conseil communal du 10 octobre 2022 et validé par le collège communal le 19 septembre 2022, de :

- Caractériser le cheminement hydraulique sur l'ensemble du bassin versant contributif (égouttage, ruissellement ...)
- Appréhender le fonctionnement du réseau de collecte lors d'épisodes pluvieux importants en utilisant un logiciel de modélisation hydraulique,
- Proposer, s'il échet, des solutions techniques visant à réduire l'impact des épisodes pluvieux dans la zone considérée tant en prévention qu'en protection.

2. CANEVAS DE L'ETUDE

Dans le cadre de sa mission et tel que prévu dans la convention, IDELUX Eau a suivi le plan d'étude suivant :

2.1. CONNAISSANCE DE LA SITUATION ACTUELLE ET MODELISATION

Une connaissance de la topologie du réseau d'égouttage se base sur les résultats de la reconnaissance réseau et sur une endoscopique de ce réseau réalisée en juin et octobre 2022.

Des visites de terrain sont réalisées, pour d'une part, appréhender l'historique des problèmes rencontrés (avec la propriétaire de l'habitation numéro 2 de la rue Hansel notamment) et pour, d'autre part, définir les coefficients d'imperméabilisation des bassins versants contributifs actuels (en appréhendant l'impact d'hypothétiques lotissements futurs).

L'ensemble des données est injecté dans un logiciel de modélisation hydraulique. Le modèle est ainsi créé.

2.2. CAMPAGNES DE MESURES DE CHARGES ET DEBITS

L'objectif visé par ces campagnes est le calage du modèle créé au préalable.

Pour ce faire, le bassin versant est équipé en appareils de mesure de pluie et de débit de manière à disposer, au terme de cette campagne, d'un échantillon d'épisodes de pluie et de débits mesurés concomitamment et suffisamment caractéristiques pour permettre le calage du modèle. Un pluviographe et des débitmètres sont donc installés sur le réseau.

Les résultats les plus significatifs de ces campagnes de mesures sont comparés aux résultats des calculs générés. Certains paramètres sont ensuite adaptés pour faire correspondre au mieux les débits mesurés aux valeurs calculées.

2.3. DIAGNOSTIC ET PROPOSITION DE SOLUTIONS

Lorsque le modèle est affiné, plusieurs pluies de projet, chacune caractéristique d'une période de retour définie au préalable, sont introduites dans le modèle. Les valeurs des débits calculées à partir de ces pluies seront analysées, de même que les lignes des plus hautes eaux, de manière à identifier les points de dysfonctionnement hydraulique.

Consécutivement au diagnostic (identification des problèmes structurels et hydrauliques), plusieurs propositions pour améliorer la situation sont testées et détaillées.

3. CONNAISSANCE DE LA SITUATION ACTUELLE ET MODELISATION

3.1. INTRODUCTION

Afin d'appréhender le fonctionnement hydraulique du réseau autour de la rue Hansel à Aubange, il convient dans un premier temps d'effectuer le diagnostic hydraulique en utilisant pour cela l'outil informatique et la modélisation du réseau d'égouttage qui équipe le bassin versant.

Pour ce faire, il faut avoir une connaissance assez précise du réseau ainsi que de son bassin versant contributif.

C'est pourquoi, les étapes suivantes ont été menées :

- Utilisation de fonds de plan adéquats (Orthophotoplan, IGN, PASH, ...).
- Caractérisation du réseau (topographie, endoscopie).
- Caractérisation du bassin versant (limite, surface, imperméabilisation, ...).
- Introduction de ces paramètres dans un outil informatique de modélisation.

3.2. MODELISATION

3.2.1. Concept de la modélisation

Lorsqu'on veut décrire d'une manière rationnelle un phénomène physique, on doit réaliser au moins les deux opérations suivantes :

- Mettre un nom sur des objets, définir des groupes d'objet dans un langage clair,
- Relier ces différents éléments au moyen de relations.

Ainsi donc, toute représentation d'une réalité quelconque, d'un phénomène physique par exemple, dans un langage descriptif des objets et des rapports entre ces objets est une modélisation de système.

Nous appellerons modélisation l'opération aboutissant à la représentation mathématique simplifiée d'un phénomène physique complexe permettant d'en simuler le fonctionnement pour étudier l'effet de certains paramètres, de certaines hypothèses adoptées ou pour permettre les prévisions. L'objet de la présente note est d'explicitier les objectifs d'une modélisation dans le cadre de l'étude d'un réseau d'assainissement qui est le siège de phénomènes hydrauliques très complexes.

Dans la suite de cette note on appellera "modèle" le résultat de la modélisation et "logiciel" l'outil (en général informatique) servant de support à la modélisation.

Le degré de simplification qui doit être adopté pour la représentation d'un phénomène physique se définit généralement en tenant compte de deux tendances antagonistes :

- Plus le modèle est sophistiqué, meilleurs devraient être les résultats que l'on pourra tirer de son application.
- Plus le modèle est sophistiqué, plus les données qu'on y introduit doivent être précises, détaillées et en conséquence onéreuses à acquérir et à mettre en forme. Il est

intéressant de noter, à cet effet, que la plupart des modèles sophistiqués existant dans le domaine de l'hydraulique nécessitent des procédures de calage pour leurs validations.

En conséquence, il est parfois inutile d'utiliser un modèle sophistiqué pour simuler des phénomènes physiques lors d'études générales ayant pour objectif de définir des solutions globales à l'échelle d'un bassin versant. Il est cependant intéressant (voire nécessaire) d'approcher la réalité du fonctionnement précis et détaillé d'un ouvrage hydraulique vital par l'intermédiaire d'une modélisation la plus précise possible des phénomènes physiques dont l'ouvrage est le siège.

Dans le domaine de l'assainissement, il apparaît plusieurs langages de modélisation qui admettent les logiques et les supports de réflexion décrits ci-après :

- La description des objets de l'espace caractéristique du bassin versant, telle l'urbanisation par exemple, se fait le plus généralement à l'aide des cartes et documents topographiques. Le degré de sophistication du modèle mis au point conditionnera ainsi la précision des cartes à utiliser.
- L'organisation des réseaux d'assainissement et des relations topologiques internes à ces réseaux se fera à l'aide de la théorie des graphes et de la schématisation de système. Là encore, le degré de sophistication du modèle mis au point, étroitement lié aux objectifs finaux de l'étude, nécessitera une plus ou moins grande précision dans la description de cette organisation.
- La représentation des diverses typologies : démographie, écologie, nature et occupation des sols, utilisation de l'eau et rejets, etc., se fera à l'aide d'outils cartographiques, de "mapping" et de diagrammes. Les mêmes réflexions que celles développées aux points précédents et concernant le degré de sophistication du modèle s'imposent là aussi.
- Enfin, la formalisation des relations entre les précédents points se fera à l'aide des techniques mathématiques (la discrétisation des équations, l'hydraulique, le calage des paramètres à l'aide d'observations mesurées in-situ...) et informatiques. La plus ou moins grande précision de ces techniques conditionnera, évidemment, le degré de sophistication du modèle élaboré et la précision des résultats obtenus.

Pour simplifier, il s'agit, tant pour évaluer les débits, dimensionner les ouvrages, que pour contrôler le fonctionnement et le transfert de la pollution de l'amont vers l'aval, d'analyser variables et relations et de mettre l'assainissement en équations.

3.2.2. Principes pour la modélisation d'un réseau

Un réseau d'égouttage existant est une entité composée de nombreux éléments aux fonctions hydrauliques très diversifiées. En effet, on trouve :

- Des tronçons d'égouttage assurant le maillage fin et plus ou moins serré d'un quartier d'habitation jusqu'à des tronçons plus importants qui ont pour fonction d'évacuer vers l'aval les volumes ainsi collectés ;
- Des regards de visite, plus ou moins espacés, qui permettent l'accès des services d'entretien au réseau ;
- Des ouvrages spéciaux, aux fonctions hydrauliques précises.

Chacun de ces éléments est caractérisé par ses dimensions géométriques, son implantation altimétrique, sa performance hydraulique, son âge et sa qualité, plus ou moins bonne selon son entretien. L'ensemble se présente donc sous une forme très complexe qu'il convient, dans un premier temps, d'examiner pour le rationaliser. Cette rationalisation s'obtiendra en découpant le réseau en tronçons, chaque tronçon étant délimité, à son amont et à son aval, par un nœud. A chacun de ces nœuds sera connecté un sous-bassin versant, dont la délimitation se fera en parallèle à la délimitation du tronçon.

3.2.3. Applications à la rue Hansel à Aubange

Dans le cas de la rue Hansel à Aubange, le réseau modélisé concerne l'ensemble de l'égouttage du bassin versant dans lequel est compris la rue Hansel (à savoir la rue de la Gendarmerie et la rue Van Brabant). Pour chacun des regards qui le composent, on dispose des données altimétriques et géométriques suivantes (issues de la campagne de levés topographiques) :

- Altitude du tampon
- Profondeur du regard de visite
- Diamètre et pente du tuyau amont
- Diamètre et pente du tuyau aval

Sur ces bases il est par conséquent possible d'encoder l'ensemble des données disponibles dans le logiciel Infoworks ICM 2024.0.1 afin d'en obtenir une modélisation.

3.3. FONDS DE PLANS ET CARTES RESEAUX

La phase de collecte des données caractérisant le réseau actuel du bassin versant contributif de la rue Hansel a permis de déboucher sur la mise en place d'un outil de visualisation original, à partir d'un système de couches d'information superposées. Les couches suivantes ont été implantées dans le logiciel :

- Un orthophotoplan de 2021 disponible sur le site de la région wallonne (<https://geoportail.wallonie.be/walonmap>) : c'est le fond de plan couvrant l'entité étudiée. Il est disponible en coordonnées Lambert belge 72 (EPSG : 31370).
- Le PASH – Plan d'Assainissement par Sous-bassin Hydrographique. Son implantation sur le logiciel nécessite toutefois que les réseaux soient digitalisés au préalable.
- Le plan topo du réseau – issu de la campagne de relevé topographique (voir ci-après). Ce document permet l'implantation des regards de visite par l'intermédiaire du fichier contenant les coordonnées X Y du centre des regards levés.

L'image, ci-après, présente un extrait de la carte de base ainsi établie.



Figure 2 – Exemple : orthophotoplan avec le cadastre du réseau d'égouttage

3.4. CARACTERISTIQUES DES RESEAUX ET OUVRAGES SPECIAUX

3.4.1. Visite de terrain

Plusieurs visites ont été effectuées par les équipes de IDELUX Eau. Ces visites de terrains ont permis d'appréhender et de définir le bassin versant contributif mais aussi de localiser les problèmes hydrauliques déjà connus.

La limite aval de l'étude du réseau des eaux claires est fixée à l'exutoire de ce réseau (81004-02EX008900), à côté du pont de la rue du Village, traversant le Brüll (à proximité de la place Abbé Gigi). L'exutoire du réseau des eaux usées est considéré au niveau de la rue Eugène Thommes.

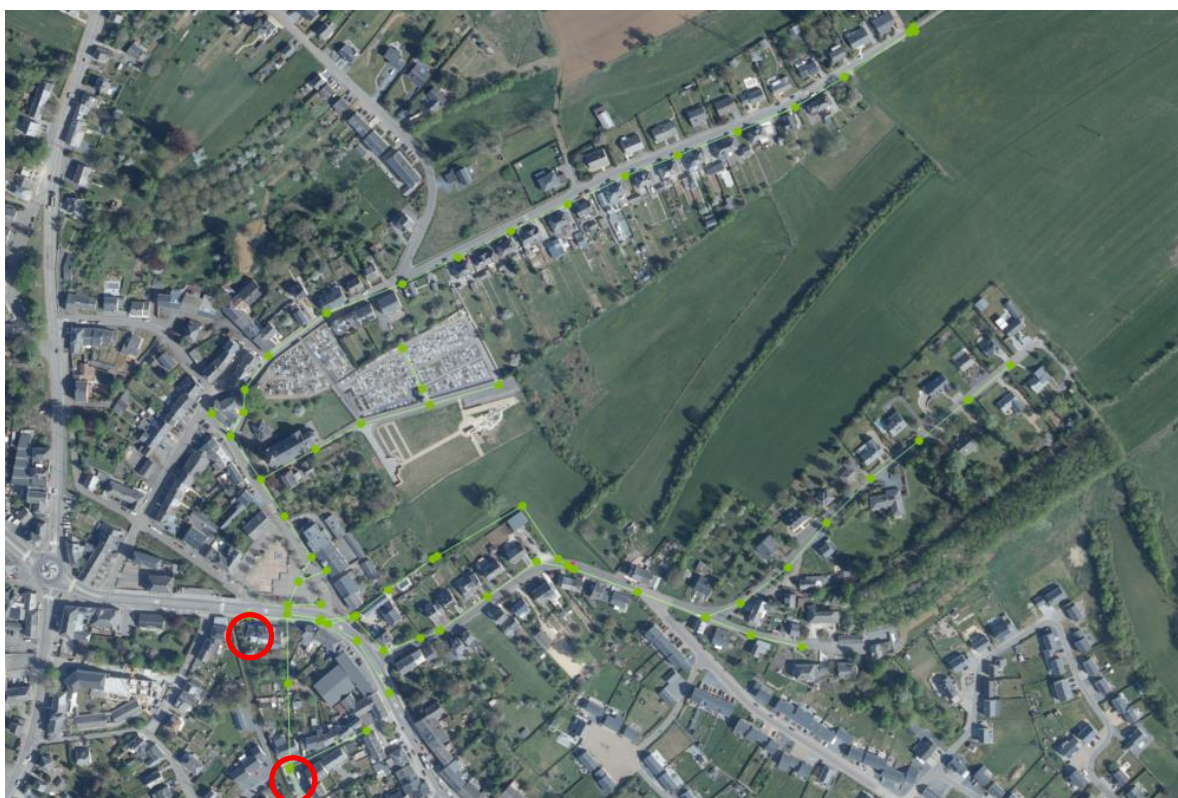


Figure 3 – Localisation des points exutoires

3.4.2. Le cadastre du réseau d'égouttage

Le cadastre du réseau d'assainissement est complet pour l'ensemble du bassin versant contributif.

Les relevés des caractéristiques géométriques et altimétriques des regards de visite du réseau des aqueducs et des égouts impétrants ont été réalisés.

Le réseau de l'étude est repris à la figure 3. Les tronçons verts dessinés sont l'ensemble des chambres de visites, chambres aveugles ou jonctions et leurs canalisations associées contribuant au réseau concerné. Le réseau du village plus à l'ouest n'est pas concerné, puisqu'il possède son propre exutoire et est indépendant du réseau étudié.

De même, les tronçons se trouvant à l'est de la rue de la Gendarmerie n'ont pas d'influence sur les problèmes observés. Ils ne sont donc pas considérés dans la modélisation.

Le schéma ci-après montre une visualisation possible des résultats des levés effectués, et pour un tronçon du réseau de collecte, la représentation du profil en long.

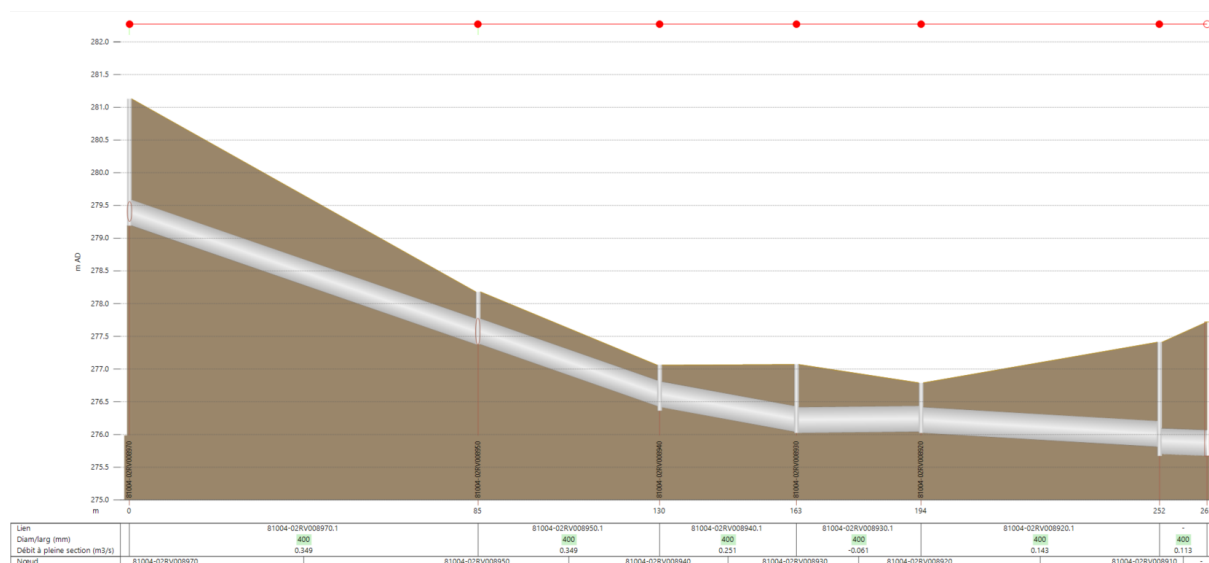


Figure 4 – Profil en long du tronçon du réseau d'eaux claires de la rue Hansel

Dans la figure précédente, le terrain naturel est représenté par la ligne supérieure. Les chambres de visite et leur profondeur associée sont représentées, ainsi que les canalisations et leur diamètre respectif.

3.5. ENDOSCOPIE

3.5.1. Principe

Pour connaître et détecter avec précision les défauts des canalisations, il est utile d'avoir recours à une endoscopie. Elle permet de contrôler l'état des canalisations et de faire un diagnostic en fournissant une vidéo de leur état. Concrètement, cela revient à faire passer dans les canalisations un robot téléguidé muni d'une caméra.



Figure 5 – Photos prestations endoscopie

Au préalable et afin que le chariot puisse passer dans les meilleures conditions, il faut réaliser un curage sous haute pression. L'opération consiste à déboucher et à pousser vers l'aval tous les dépôts de matières solides d'un tronçon de canalisation.

Le débouchage et le curage sont exécutés au moyen d'une brosse appelée "rat d'égout", équipée d'un système d'injection d'eau sous pression.



Figure 6 – Photos prestations curage

Les produits de curage sont récoltés et évacués soit en C.E.T., soit en centre de traitement.

3.5.2. Localisation

Dans le cas de cette étude, l'endoscopie a pu être réalisée sur la plupart du réseau. Elle a permis de connaître l'état structurant, le taux d'encrassement et la topologie exacte du réseau.

Voici, en exemple, des images récupérées à partir de l'endoscopie.



Figure 7 – Photos endoscopie

3.5.3. Caractérisation du réseau

3.5.3.1. Réseaux amont

Les différentes endoscopies réalisées tout au long du réseau permettent, en association avec le cadastre du réseau, de caractériser au mieux le réseau et d'appréhender d'une part son fonctionnement général et d'autre part, ses éventuelles irrégularités ou défauts.

L'arborescence du réseau est illustrée dans les figures suivantes. La tête de réseau est caractérisée par des canalisations de 500mm de diamètre récoltant les eaux des habitations et de la voirie rue Van Brabant. Au niveau de la jonction avec la rue Hansel, profitant de pentes plus importantes, le réseau d'égouttage est caractérisé par une canalisation de 300mm de diamètre. Le nouveau cimetière est également équipé d'un réseau d'eaux pluviales de 300mm de diamètre se déversant dans le réseau d'égouttage communal.

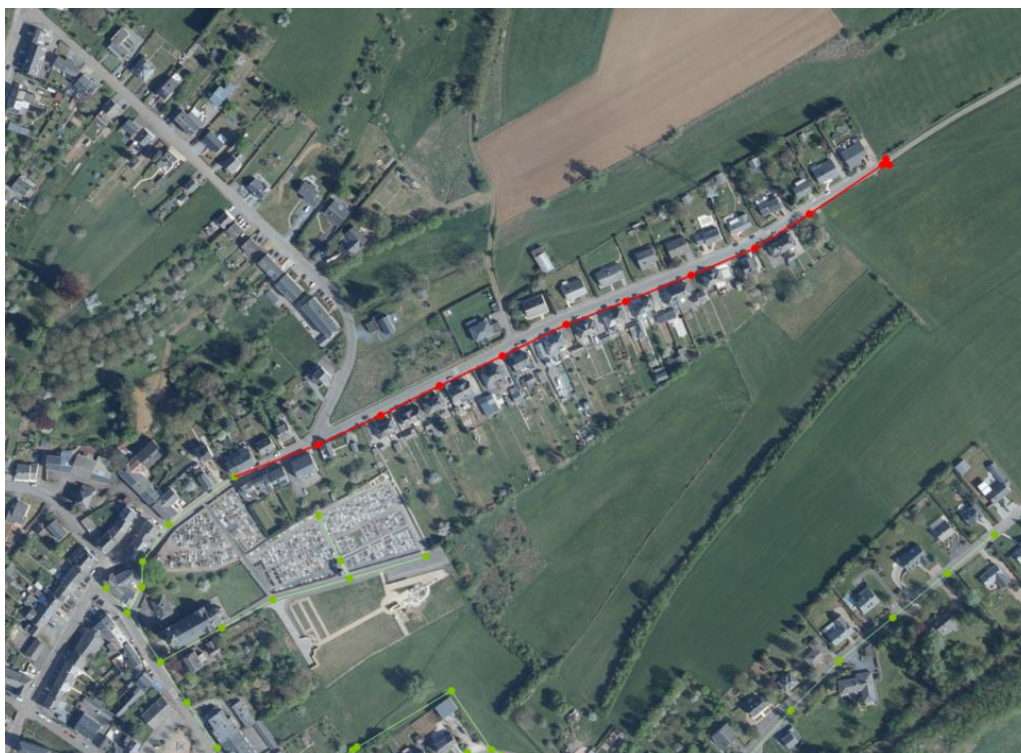


Figure 8 – Rue Van Brabant – Canalisation de 500mm de diamètre



Figure 9 – Rue Hansel – Canalisation de 300mm de diamètre

Sur l'autre composante du réseau, au niveau de la rue de la gendarmerie, la tête du réseau d'égouttage est également composée de tuyau en béton de 300mm de diamètre, jusqu'au déversoir d'orage (81004-02DO007360) situé au niveau des habitations n°18/20. La figure suivante illustre l'ampleur de ce réseau.



Figure 10 – Rue de la Gendarmerie – Canalisations de 300mm de diamètre

3.5.3.2. Déversoir d'orage

Le déversoir d'orage (DO) est un ouvrage indispensable au fonctionnement global de l'infrastructure en charge de l'égouttage/collecte/épuration. Il agit comme un 'soupape de sécurité' qui s'active lors de forte pluie, pour éviter de saturer le réseau d'égouttage. Il convient donc d'être particulièrement attentif lors des opérations de levé topographique des ouvrages existants de ce type.

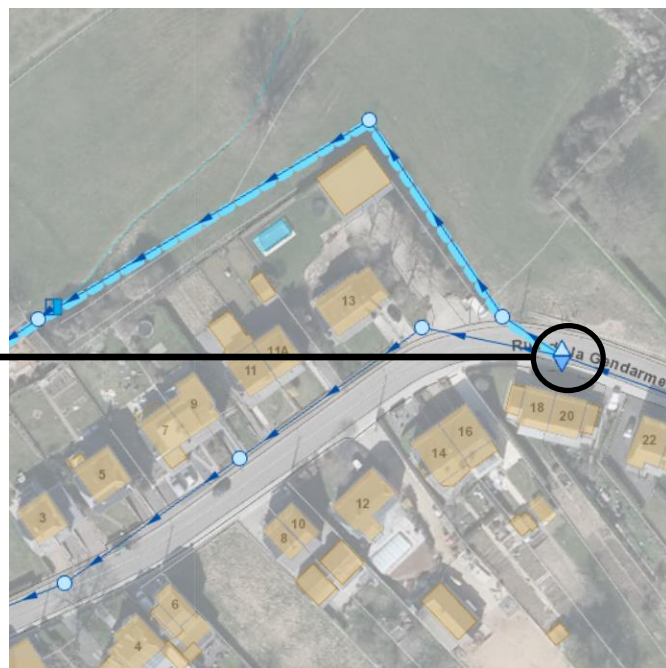
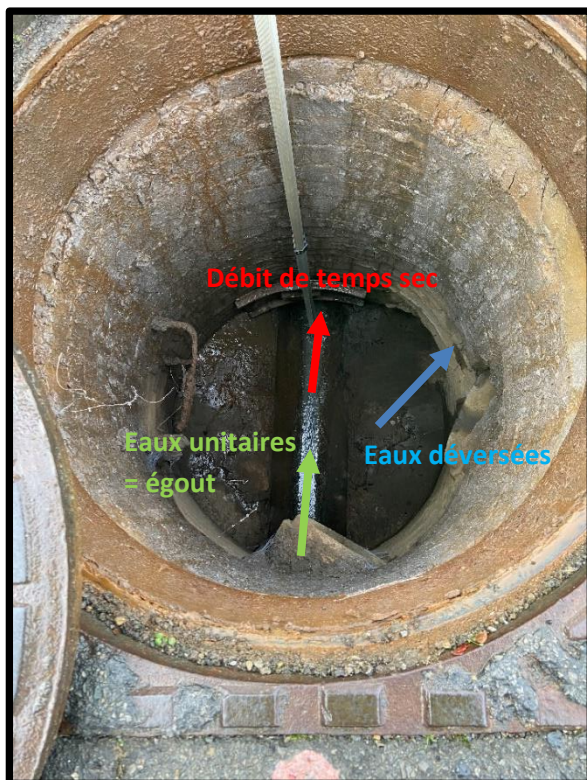


Figure 11 – Rue Hansel – Déversoir d'orage (81004-02DO007360)

Le fonctionnement de cet ouvrage est assez simple. Lorsque le réseau d'égouttage fait transiter un débit de temps sec (débit transitant dans le réseau de manière classique, sans fortes précipitations), les eaux unitaires s'évacuent en suivant le réseau de la rue de la Gendarmerie. La section de cette canalisation a volontairement été réduite, afin d'en limiter le débit pouvant y transiter et d'éviter les problèmes en aval (voir figure ci-dessous). Lors d'épisodes pluvieux intenses, le surplus de débit provenant de l'amont de la rue de la Gendarmerie est dès lors dévié vers le réseau dit 'd'eaux claires », rejoignant la reprise du cours d'eau non classé, situé derrière l'habitation n°2 de la rue Hansel.



Figure 12 – Rue de la Gendarmerie – Vue aval vers amont– Déversoir d'orage (81004-02DO007360)

Concernant le levé topographique de ce genre d'ouvrage, les mesures sont précises et rigoureuses. Les cotes des radiers des tuyaux entrants et sortants sont relevées, la cote du seuil de débordement est également notée ainsi que les niveaux de l'obturation volontaire du réseau.

3.6. CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS

3.6.1. Limites et surfaces

Le bassin versant (BV) est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes aussi appelées lignes de partage des eaux. Dans un bassin versant, toutes les eaux qui ruissellent en surface sont recueillies et s'écoule vers un point, appelé exutoire du bassin versant.

Un bassin versant est caractérisé par sa surface, sa pente moyenne, son plus long parcours hydraulique, ainsi que par ses caractéristiques physiques de ruissellement.

Dans le cadre de cette modélisation, chaque chambre de visite est considérée comme un exutoire et donc associée à un bassin versant contributif. Il convient donc, pour chaque chambre de visite, de définir son bassin versant topographique. Cette démarche permet par la suite de localiser les différents apports d'eau pluviale dans le réseau pour représenter au mieux les phénomènes réels. La figure ci-dessous reprend en jaune les bassins versants contributifs des différentes chambres de visite. Un de ceux-ci est mise en évidence en rouge, dans la rue Van Brabant.



Figure 13 – Illustration des différents bassins versants

3.6.2. Imperméabilisation

Chaque sous bassin versant doit être caractérisé en fonction de son coefficient de ruissellement. Dans le cadre de cette modélisation, une simplification est réalisée. Trois types de surface sont retenues :

- ✓ Surfaces perméables : zones végétalisées, jardins, prés et/ou champs, ...
- ✓ Surfaces imperméables à pente faible : routes, trottoirs, parkings, ...
- ✓ Surfaces imperméables à pente forte : toitures ou terrains imperméables pentus

Pour chacun de ces sous-bassins, il est nécessaire de leur attribuer une répartition de ces différentes surfaces.

Le calcul de ces différents coefficients se fait à partir de l'analyse détaillée de la carte PICC (Projet Informatique de Cartographie Continue) d'Aubange où l'on différencie la végétation et la partie imperméable (toitures, trottoirs, voiries, ...). Ces données peuvent être amenée à évoluer lors du calage du modèle, abordé par après dans ce rapport.

Un bassin versant est particulier. Il s'agit du bassin versant contributif de l'axe de ruissellement compris entre la rue Van Brabant et la rue de la Gendarmerie. Ce bassin versant à une importance capitale puisqu'il semble être l'une des composantes principales des problèmes rencontrés. Un travail cartographique de détermination du bassin versant grâce au logiciel QGis est réalisé afin d'aborder au mieux cette problématique. La figure suivante illustre les contours du bassin versant topographique et le tableau d'après donne les surfaces occupées par celui-ci, référencées par rapport à l'occupation du sol fourni par le SPW (WALOU 2018).

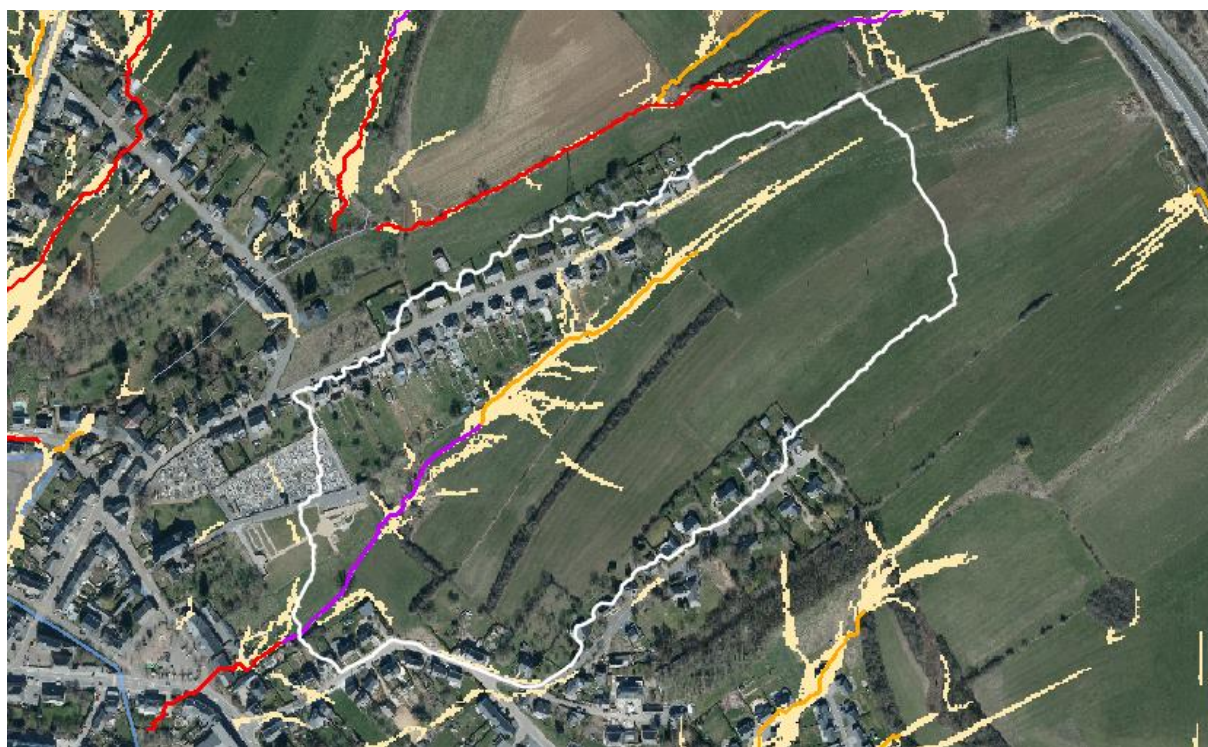


Figure 14 – Bassin versant contributif de l'axe de ruissellement

Occupation du sol	Surface [m²]	Surface [ha]
Zones abandonnées	1049	0,10
Prairies	93758	9,38
Usage résidentiel permanent à faible densité d'habitat	29159	2,92
Infrastructures agricoles	39	0,00
Usage inconnu non cadastré	4110	0,41
Usage résidentiel permanent à densité moyenne d'habitat	388	0,04
Usage inconnu cadastré	848	0,08
Transport routier	3179	0,32
Production agricole commerciale	3040	0,30
Usage résidentiel permanent à très faible densité d'habitat	24837	2,48
Terres arables et cultures permanentes	33606	3,36
Autres services publics	1703	0,17
Total	195716	19,57

Tableau 1 - Tableau – Surface et occupation du sol

Pratiquement, grâce aux visites de terrain et aux différents orthophotoplans, on observe que ce bassin versant est principalement occupé par des prairies et les jardins des habitations de la rue Van Brabant (les descentes de toits et les habitations étant raccordées sur le réseau de cette rue).

3.6.3. Population

Dans le cadre d'une étude de solutions aux problèmes d'inondation consécutifs à une pluie relativement importante, il n'est pas utile de comptabiliser les habitants du bassin versant pour déterminer les débits de temps sec qui coulent dans les réseaux en permanence. Ceux-ci, en effet, ne représentent pas plus d'1 % du débit total lors de fortes précipitations. Dans ce rapport, le débit des eaux usées ne sera donc pas considéré.

3.7. PROFILS DE PLUIES

La norme NBN_EN_752 précise que les entrées des eaux pluviales doivent être conçues de manière à garantir un transfert adéquat des eaux de ruissellement depuis les zones imperméables vers les branchements et collecteurs pour les eaux pluviales.

Dans les méthodes de conception simples, les conduites sont généralement conçues pour fonctionner à plein remplissage, **sans mise en charge**, avec des orages relativement fréquents.

Le tableau suivant présente les fréquences de calcul recommandées :

Lieu d'installation	Fréquence de calcul des orages ^a	
	Période de retour (1 sur « n » années)	Probabilité de dépassement pour 1 année quelconque
Zones rurales	1 sur 1	100%
Zones résidentielles	1 sur 2	50%
Centre-ville/zones industrielles/zones commerciales	1 sur 5	20%
Métro/ passages souterrains	1 sur 10	10%
^a pour ces orages de calcul, aucune mise en charge ne doit se produire		

Tableau 2 - Tableau – fréquence de calcul – Norme EN-752

Afin d'être complet, plusieurs périodes de retour seront analysées (2, 5 et 10 ans).

Une évaluation de la période de retour des précipitations mesurées à Aubange est réalisée grâce à l'extrait de la table Quantité Durée Fréquence (QDF) suivante :

Durée	Période de retour (années)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100	200
10 min	8.1	11.6	14.2	15.8	17.0	17.9	18.7	20.0	21.0	22.9	24.3	28.0
20 min	12.0	17.4	21.4	23.9	25.7	27.1	28.3	30.3	31.9	34.8	37.0	42.6
30 min	14.1	20.5	25.2	28.1	30.3	32.0	33.4	35.7	37.5	41.0	43.5	50.1
1 h	17.5	25.0	30.5	33.9	36.4	38.3	40.0	42.6	44.7	48.7	51.7	59.3
2 h	21.3	29.7	35.9	39.7	42.5	44.7	46.6	49.6	51.9	56.4	59.7	68.2
3 h	23.6	32.5	39.1	43.1	46.0	48.3	50.3	53.4	55.9	60.6	64.1	72.9
6 h	28.6	37.2	43.5	47.4	50.2	52.4	54.2	57.2	59.6	64.1	67.4	75.8

Tableau 3 - Table Quantité/Durée/Fréquence pour la commune de Aubange

Cet extrait de table, repris du site de l'Institut Royal Météorologique (IRM) (<https://www.meteo.be/fr/climat/climat-de-la-belgique/climat-dans-votre-commune>), reprend les valeurs extrêmes pluvieuses estimées pour une gamme de période de retour (T) comprises entre 2 ans et 200 ans et une gamme de durées (D) comprise entre 10 min et 5 jours.

La pluie qui sera utilisée aura une durée de 1 heure et sera de type 'double triangle'. Ce type est assez pénalisant, représentant à la fois une pluie continue sur la durée considérée et un pic d'intensité très prononcé.

Voici en exemple le profil de pluie généré pour une période de retour de 10 ans :

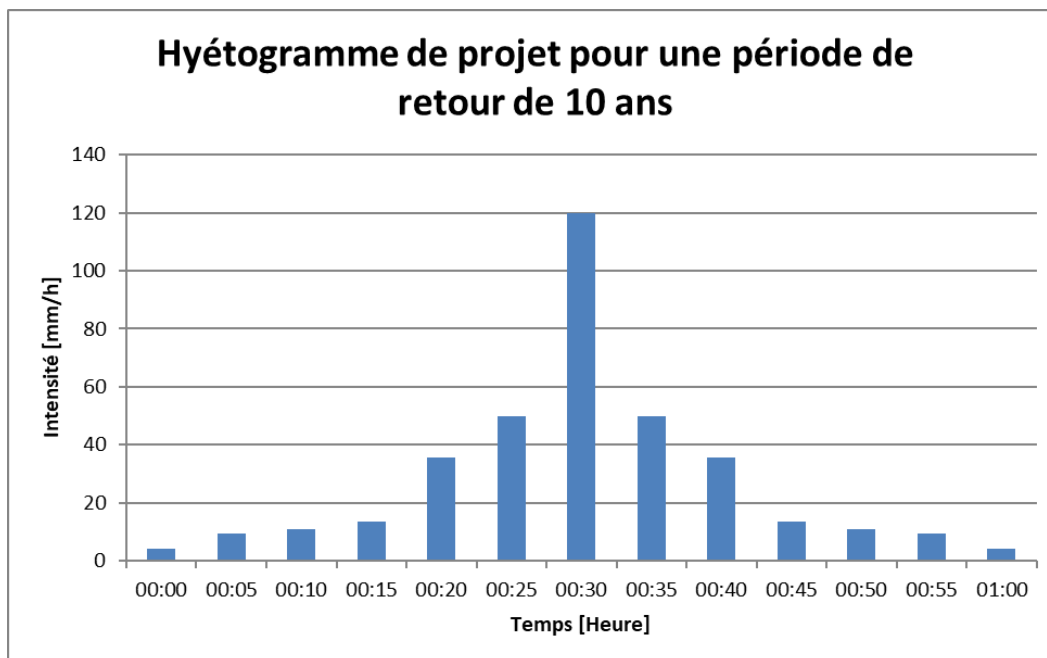


Figure 15 – Hyétogramme de projet – 10 ans

Le changement climatique ressenti ces dernières années modifie concrètement l'hydrologie et la pluviométrie. En effet, bien que les volumes cumulés de pluies sur une année restent sensiblement identiques, la répartition de ces derniers est néanmoins modifiée, faisant apparaître de plus en plus d'évènements extrêmes, avec par exemple une augmentation de la fréquence des orages importants. Le choix du profil de pluie en double-triangle, caractérisé tant sur une durée totale que sur son pic, intègre ce constat.

4. CAMPAGNES DE MESURES

4.1. PRINCIPE

La compréhension du fonctionnement hydraulique d'un réseau d'égouttage passe par une campagne de mesures des pluies et des débits effectuée par des appareils fonctionnant de manière concomitante, pendant une période suffisamment représentative. La suite de ce rapport abordera d'ailleurs le calage du modèle. Il faut néanmoins bien appréhender les difficultés que représente une telle action. En effet, on a observé, au cours des différentes expériences menées sur des sites urbains, les points critiques suivants :

- Difficulté à assurer la fiabilité des mesures. Les pluviographes sont des appareils difficiles à mettre en œuvre, même si les progrès technologiques des dernières années assurent 90 % de marge de sécurité en ce qui concerne les grandeurs mesurées. Les mesures de hauteur d'eau dans les canalisations sont plus faciles à faire mais il est parfois très compliqué de passer de la hauteur au débit (régime non univoque, influence aval...).
- Difficulté dans l'implantation des points de mesure (un pluviographe pour 10 km² est un ratio que l'on relève dans la littérature, mais ce n'est pas évident qu'il soit adapté à Aubange et il faudrait le confirmer/l'infirmer par une expérience à l'échelle d'un bassin versant). On sait, en outre que l'implantation de points de mesure à l'intérieur de réseau est une chose peu aisée.
- Difficulté quant à la période de temps représentative. En réalité, il faut penser la campagne de mesure comme s'inscrivant dans la durée, les appareils devant être alors implantés de manière durable.

Le choix des points de mesure est toujours délicat. Il résulte souvent d'un compromis entre des exigences de précisions qui peuvent conduire à une multiplication des points de mesure et des contraintes budgétaires.

Il est souhaitable, dans cette optique, d'effectuer une pré-campagne de validation du dispositif de mesure mis en place pour :

- Tester et vérifier que tous les éléments fonctionnent comme prévu (démarrage automatique, simultanéité, fonctionnement en continu...) ;
- Effectuer les premières comparaisons entre le fonctionnement observé du réseau et les calculs hydrauliques menés en parallèle ;
- Changer éventuellement les installations en supprimant un point de mesure en un endroit pour le remplacer par un autre jugé plus représentatif à la lumière des premiers résultats obtenus.

En conclusion, l'organisation d'une campagne de mesure sur un réseau d'assainissement est une œuvre de longue haleine, qui doit être menée en interaction avec les opérations de modélisation et, surtout, de calage du modèle.

4.2. LOCALISATIONS DES POINTS DE MESURE DE PLUIE ET DE DEBIT



Figure 16 – Points de mesures des débits, vitesses et hauteurs d'eau (en rouge)

Les points de mesures des débits, vitesses et hauteurs d'eau sont repris à la figure ci-dessus. Afin de permettre une localisation plus précise, voici un détail de leur situation :

- RV007340 : chambre de visite située rue de la Gendarmerie, en aval du DO007360, sur sa sortie 'eaux usées' (débit de temps sec)
- RV008980 : chambre de visite située rue de la Gendarmerie, en aval du DO007360, sur sa sortie 'eaux claires'.
- RV008930 : chambre de visite située à proximité de l'habitation n°2 de la rue Hansel, sur la canalisation 'eaux claires', après la reprise de l'axe de ruissellement dans cette canalisation
- RV007290 : chambre de visite située sur la place Abbé Michel Gigi. Ce débitmètre permet d'appréhender et de calibrer le modèle pour le réseau provenant de la rue Van Brabant
- RV005600 : chambre de visite située sur peu avant l'exutoire de la présente étude, permettant d'appréhender et de calibrer l'ensemble du réseau d'égouttage

La position du pluviomètre qui mesure les pluies tombées est indiquée sur la figure 13 par un triangle bleu. Il se situe dans le jardin de Madame MOLITOR, propriétaire de l'habitation n°2 de la rue Hansel.

4.3. RESULTATS

La campagne a débuté le 19 décembre 2022 pour se terminer le 02 février 2023.

Les épisodes pluvieux les plus significatifs ont eu lieu la nuit du 14 janvier 2023. Cet événement a été utilisé pour procéder au calage du modèle. Les données ont été mesurées de 21h40 à 23h40.

Il s'agit d'une pluie significative d'une durée de 2 heures, permettant des mesures fiables sur chacun des débitmètres.

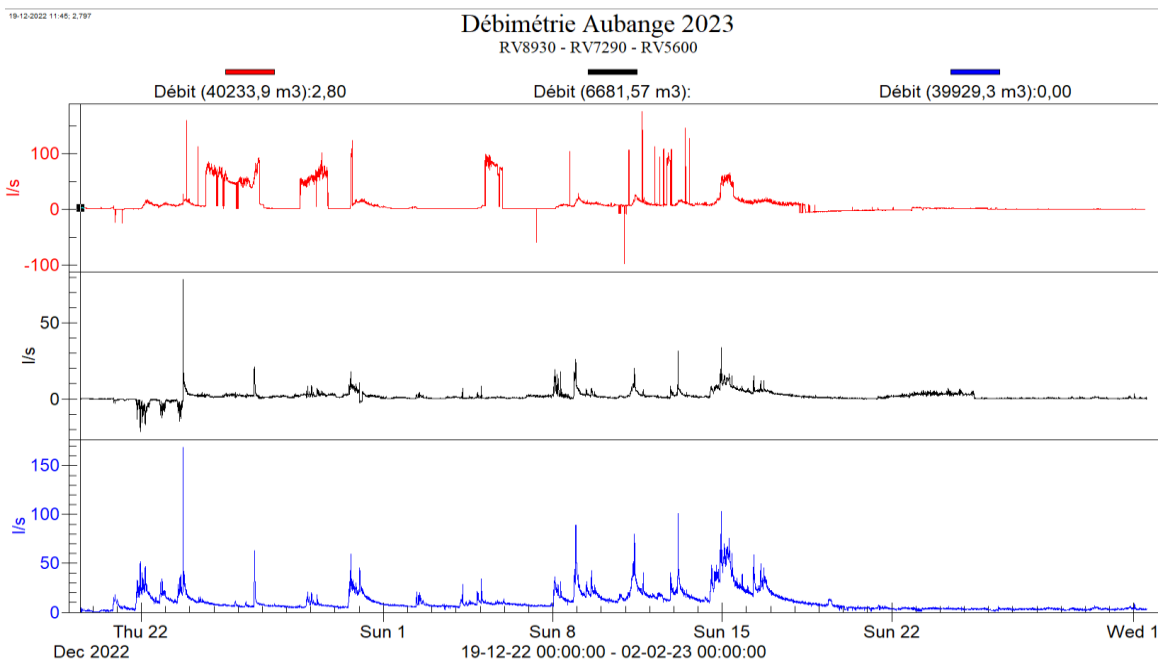
Date	Heure	Pluies [mm]
14-01-23	21:40:00	0,20
14-01-23	21:45:00	0,40
14-01-23	21:50:00	0,20
14-01-23	21:55:00	0,40
14-01-23	22:00:00	0,20
14-01-23	22:05:00	0,40
14-01-23	22:10:00	0,40
14-01-23	22:15:00	0,20
14-01-23	22:20:00	0,20
14-01-23	22:25:00	0,00
14-01-23	22:30:00	0,20
14-01-23	22:35:00	0,00
14-01-23	22:40:00	0,20
14-01-23	22:45:00	1,40
14-01-23	22:50:00	0,40
14-01-23	22:55:00	0,20
14-01-23	23:00:00	0,20
14-01-23	23:05:00	0,20
14-01-23	23:10:00	0,20
14-01-23	23:15:00	0,00
14-01-23	23:20:00	0,20
14-01-23	23:25:00	0,00
14-01-23	23:30:00	0,00
14-01-23	23:35:00	0,00
14-01-23	23:40:00	0,00

Tableau 4 - Évènement pluvieux choisi pour le calage du modèle

4.3.1. Temps sec

Les mesures de débit de temps sec ne sont pas considérées dans cette modélisation. L'hypothèse selon laquelle les débits de temps secs sont négligeables par rapport aux débits observés lors d'épisodes pluvieux intenses est néanmoins confirmée grâce à la campagne de mesure réalisée sur plusieurs mois.

Les graphiques ci-après justifient ces affirmations. Les valeurs négatives observées constituent des erreurs ponctuelles de mesures (classiques lors de mesures continues avec ce type de capteur), éliminées lors du nettoyage et lissage des données. Lorsqu'il n'y a pas de pluie, les valeurs de débit observées dans le réseau sont minimales.



4.3.2. Calage du modèle

Comme énoncé ci-avant, l'épisode pluvieux du 14 janvier 2023 a été sélectionné pour réaliser le calage du modèle.

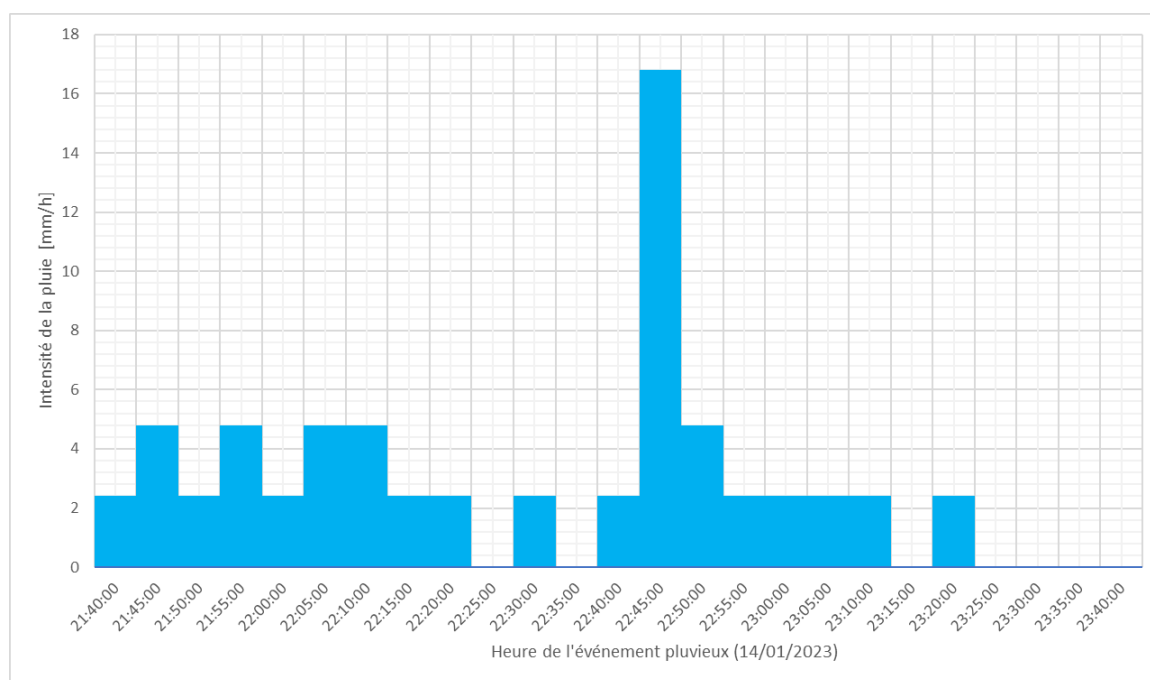


Figure 17 – Hyéthogramme de la pluie du 14/01/2023

Le profil de cette pluie nocturne du 14 janvier 2023 va être injecté dans le modèle. Une comparaison entre les résultats modélisés et mesurés *in-situ* va être réalisée sur les branches sujettes aux mesures. En fonction des résultats obtenus, certains paramètres du modèle sont ajustés (imperméabilisation influençant le coefficient de ruissellement, bassins versants contributifs, hauteurs et largeurs de déversoirs du DO, ...). Voici ci-dessous plusieurs exemples de résultats de comparaison de données observées et modélisées.

1. Données observées et modélisées sur RV008980

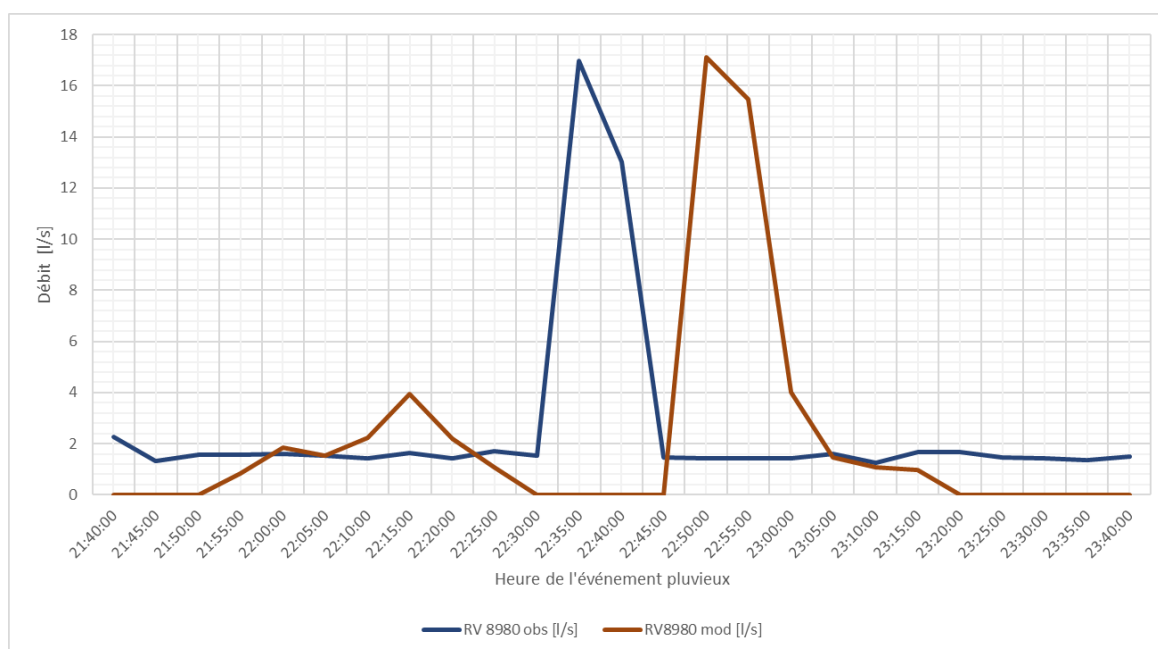


Figure 18 – Hydrogramme de RV008980

2. Données observées et modélisées sur RV007340

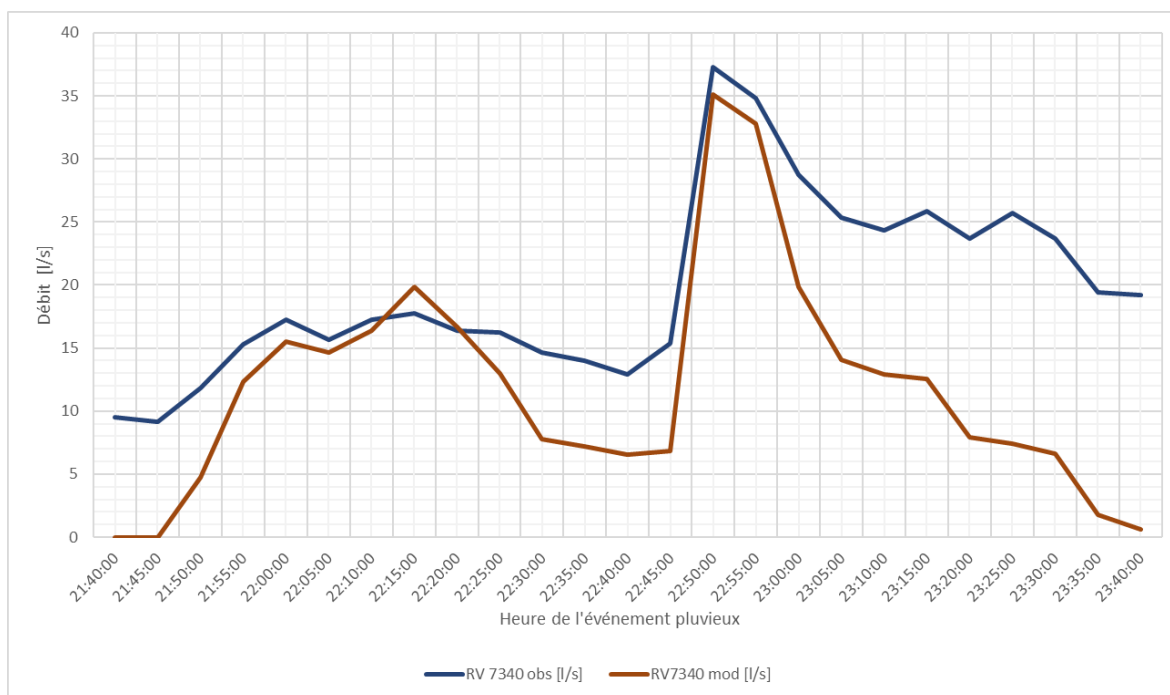


Figure 19 – Hydrogramme de RV007340

3. Données observées et modélisées sur RV007290

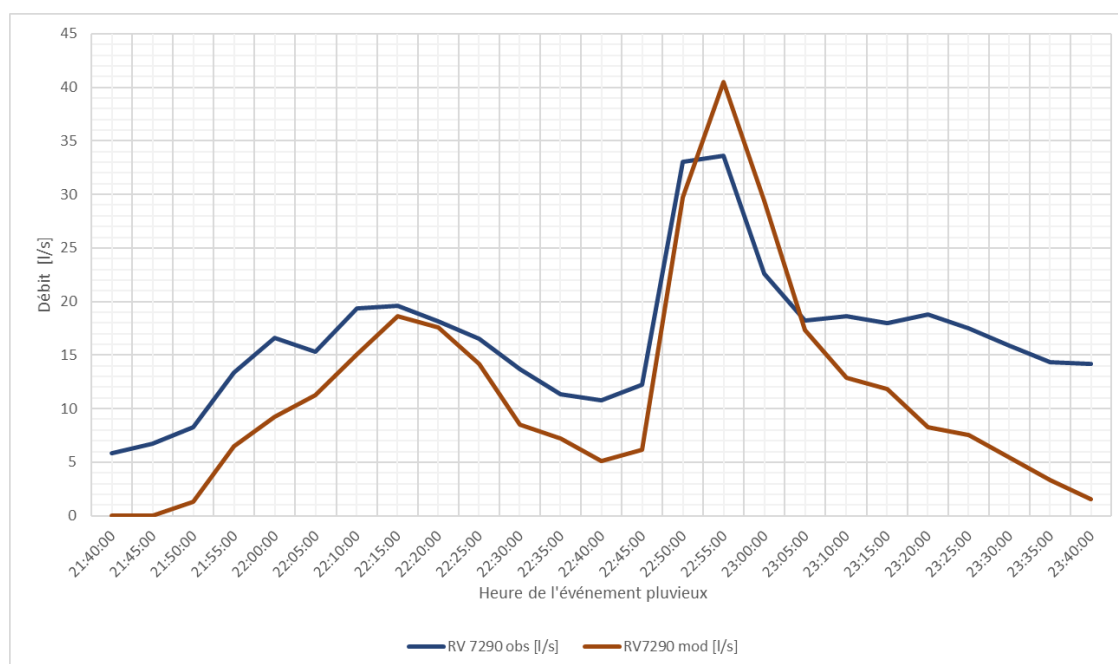


Figure 20 – Hydrogramme de RV007290

4. Données observées et modélisées sur RV008930

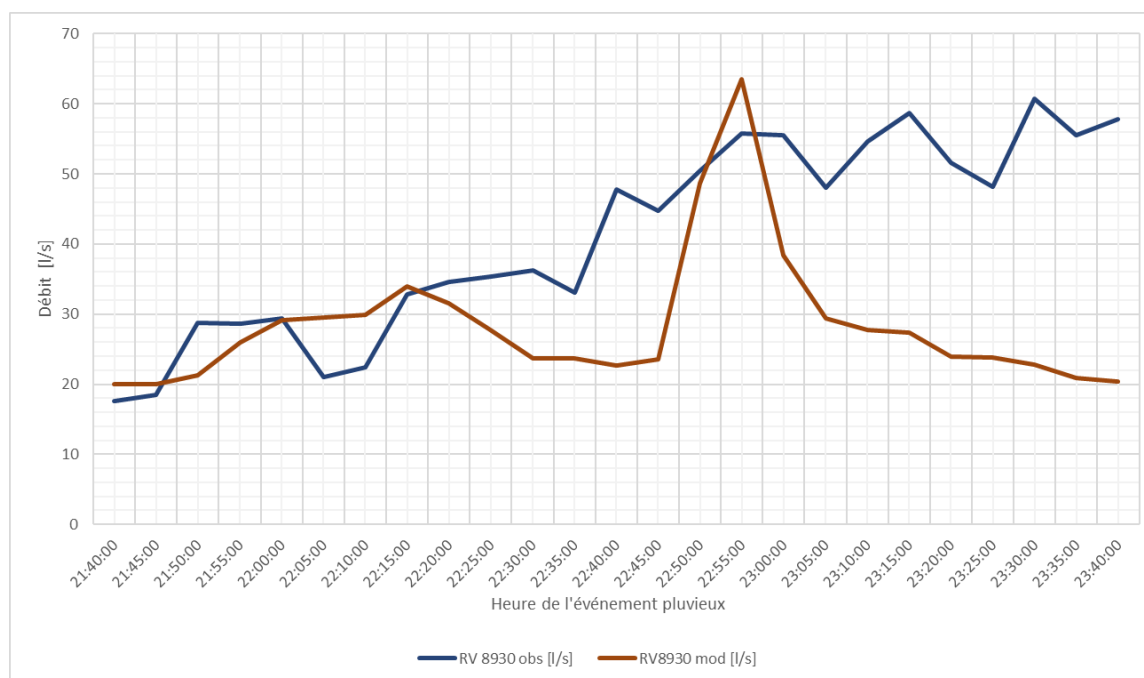


Figure 21 – Hydrogramme de RV008930 – Prise en compte de l'axe de ruissellement

5. Données observées et modélisées sur RV005600

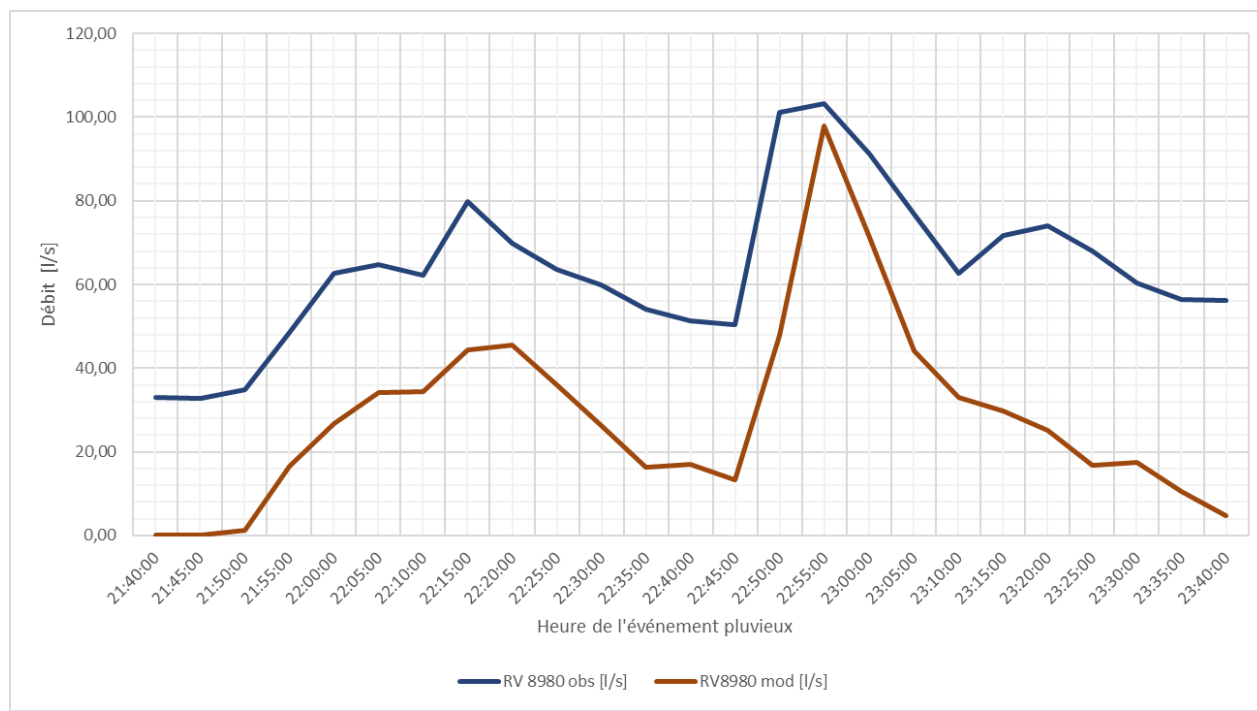


Figure 22 – Hydrogramme de RV005600 – Identification de dilution possible

6. Conclusions

- D'une manière générale, pour l'ensemble des points de mesures, les données modélisées se rapprochent des données mesurées. En termes de débit, l'ampleur des pics de débit restent relativement proche. Les différences sont plus importantes sur les faibles débits et s'amenuisent sur des débits plus importants. L'ampleur des pics de débit sont très proches (moins de 5% de différence).
- On observe un léger décalage du pic de débit pour les courbes de RV008980 de 5 à 10 minutes selon les cas. Ce paramètre est très sensible et peut être affecté par des phénomènes locaux (stockages locaux, variabilité ponctuelle de l'affectation du sol, arrivées d'eau ponctuellement bouchées, vétusté des réseaux ...). De plus, les appareils de mesure utilisés ont également leurs critiques : positionnement et orientation, fiabilité, habilité de l'agent technique, ... **En bref, le décalage du pic de quelques minutes et les légères différences du débit mesuré et modélisé ne constituent pas un problème majeur à la modélisation et à la fiabilité des données calculées. Le modèle est considéré comme calé.**
- Plusieurs observations sont néanmoins faites :
 - Pour RV008930, bien que le pic de débit soit d'ampleur comparable, l'allure de la courbe est tout à fait différente. Ce point de mesure est placé peu après la reprise de l'axe de ruissellement. En réalité, cet axe de ruissellement est un fossé avec un écoulement permanent. La réactivité de ce bassin et de ce cours d'eau non classé est plus difficile à appréhender. Néanmoins, le pic de débit étant comparable, la comparaison avec la capacité des conduits restera correcte.
 - Pour RV005600 : l'allure des deux courbes sont très semblables. Néanmoins, elle semble décalée d'une différence de débit d'environ 20 l/s. Cette différence n'est pas observable sur les autres points de mesures de ses réseaux contributifs. On peut



faire l'hypothèse que des sources de dilution (drainage de terrain, sources, ...) sont dirigées vers ce réseau d'égouttage. Les différences s'amenuisent pour les débits élevés. Ce rapport s'intéressant principalement aux pics de débits, ces observations sont sans conséquences.

5. SITUATION ACTUELLE – DIAGNOSTIC ET PROPOSITION

Ce chapitre a pour objectif de réaliser un diagnostic sur le réseau d'égouttage actuel et de proposer des solutions d'amélioration.

5.1. CONSTATIONS GLOBALES SUR L'ENSEMBLE DU RESEAU

La section suivante reprend les propositions de solutions à mettre en œuvre pour améliorer la gestion hydraulique des débits de pointe du réseau d'égouttage. Ces solutions peuvent se rapporter à des modifications de dimensionnement, des angles de raccordement, du tracé d'une canalisation ou encore des pentes de celle-ci. Il est important de rappeler que la modélisation est réalisée sur base d'un **réseau opérationnel fonctionnant de manière optimale**. Selon l'inspection et le curage réalisé sur le réseau, un rapport dégât a été dressé. Veuillez vous y référer pour prendre connaissance des réhabilitations et remplacements de canalisation à faire afin de maintenir un fonctionnement optimal du réseau.

Une pluie de projet de période de retour donnée va être appliquée sur le modèle. Une symbologie spécifique est dressée par rapport à l'état de mise en charge des canalisations. Si l'on considère qu'une canalisation totalement en charge correspond à un état de mise en charge de 100%, la symbologie suivante est d'application :

- De 0% à 80% : le réseau s'affiche en vert et fonctionne de manière optimale
- De 80% à 100% : le réseau s'affiche en jaune et fonctionne à pleine capacité. Ce seuil permet de surveiller les tronçons identifiés dans cette couleur.
- De 100% à 200% : le réseau s'affiche en orange et est en surcharge légère. Il s'agit du premier seuil réellement problématique. Il faudra néanmoins combiner cette observation avec d'autres éléments pertinents (vitesse des flux, temps de mise en charge de la canalisation, zone dans laquelle cette canalisation se trouve, hauteur du terrain naturel ...)
- Au-delà de 200% : le réseau s'affiche en rouge, la canalisation est en surcharge hydraulique importante. Ce constat sera également comparé avec d'autres éléments (vitesse des flux, temps de mise en charge de la canalisation, zone dans laquelle cette canalisation se trouve, hauteur du terrain naturel ...).

Pour rappel, le tableau suivant résume la norme européenne en vigueur (NBN_EN_752) sur l'utilisation des pluies de projet :

Lieu d'installation	Fréquence de calcul des orages ^a	
	Période de retour (1 sur « n » années)	Probabilité de dépassement pour 1 année quelconque
Zones rurales	1 sur 1	100%
Zones résidentielles	1 sur 2	50%
Centre-ville/zones industrielles/zones commerciales	1 sur 5	20%
Métro/ passages souterrains	1 sur 10	10%
^a pour ces orages de calcul, aucune mise en charge ne doit se produire		

5.2. IDENTIFICATION DES ZONES SENSIBLES

Pour une pluie de projet de période de retour de 2 ans, avec la symbologie expliquée au point précédent, la figure suivante est obtenue.



Figure 23 – Constatations sur le réseau pour une pluie de projet (pdr = 2ans)

Cette figure met en évidence trois zones sensibles. Ces trois zones sont reprises sur l'illustration suivantes. Ce diagnostic est établi pour une pluie de projet de période de retour de 2 ans. Il est évident que la situation est aggravée pour des pluies de projets de période de retour plus importantes. Néanmoins, selon la norme européenne susmentionnée, le réseau d'égouttage communal ne doit pas se mettre en charge pour une période de retour de 2 ans.



Figure 24 – Mise en évidence des trois zones sensibles (pdr = 2ans)

5.2.1. ZONE SENSIBLE 1 – LE DEVERSOIR D'ORAGE

5.2.1.1. CONSTAT GLOBAL

La première des trois zones sensibles mise en évidence par le modèle concerne le réseau d'égouttage de la rue de la Gendarmerie. Le réseau se mettant en charge se situe en amont du déversoir d'orage.



Figure 25 – Mise en charge du réseau de la rue de la Gendarmerie

Cette mise en charge est tout à fait logique. Par son action, le déversoir d'orage (DO) obture une partie du réseau (voir figure 11). La ligne d'eau dans la canalisation obturée monte, afin de pouvoir franchir le petit seuil et prendre le chemin de la canalisation dédiée aux eaux claires. La figure suivante montre la ligne d'eau au moment le plus problématique de la pluie de projet de période de retour de 2 ans. Il est à noter que certains raccordements privés sont présents sur les canalisations en amont de ce DO, notamment les raccords des habitations n°22, 24, 25 et 27 de la rue de la Gendarmerie. Aucun problème de refoulement n'a été remonté à la Commune.

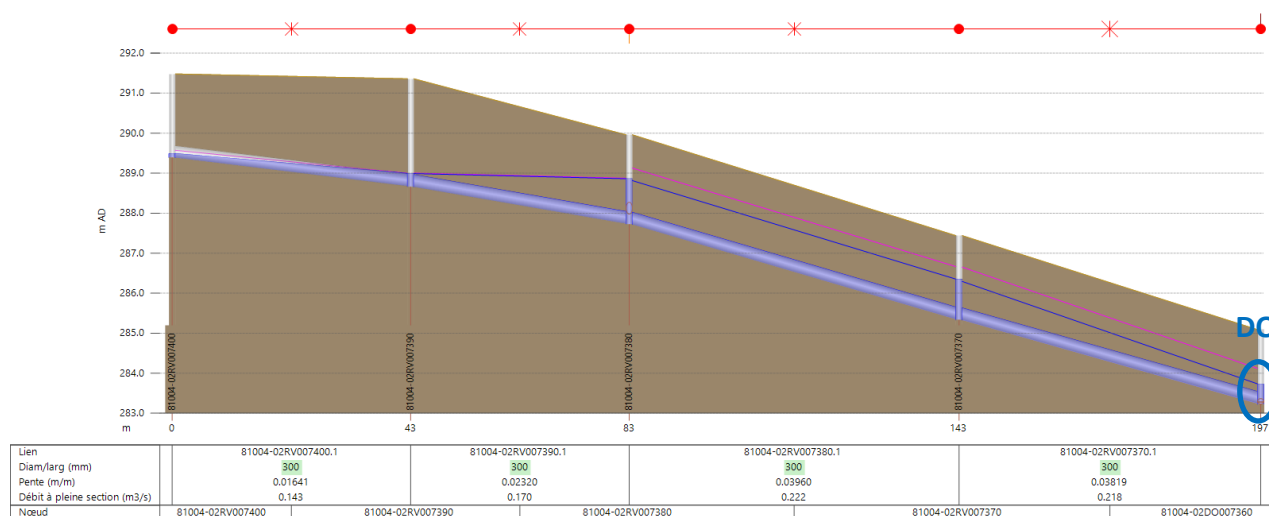


Figure 26 – Profil en long du réseau de la rue de la Gendarmerie (pdr = 2 ans)

La question est dès lors de savoir si l'obturation du réseau créée par le déversoir d'orage est réglée de manière optimale. Pour ce faire, observons, pour la même pluie de projet, la mise en charge du réseau en aval de la rue de la Gendarmerie.

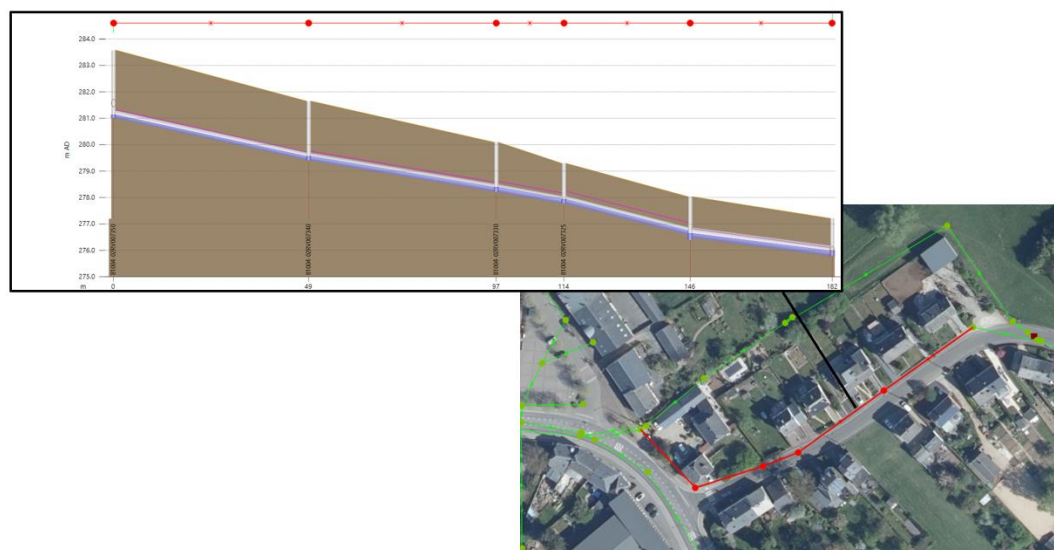


Figure 27 – Profil en long du réseau aval de la rue de la Gendarmerie

L'obturation du réseau provoquée par le déversoir d'orage semble donc trop restrictive sur le actuellement. Le graphique suivant présente, pour la canalisation la plus restrictive du tronçon étudié, l'évolution de son débit durant la pluie.

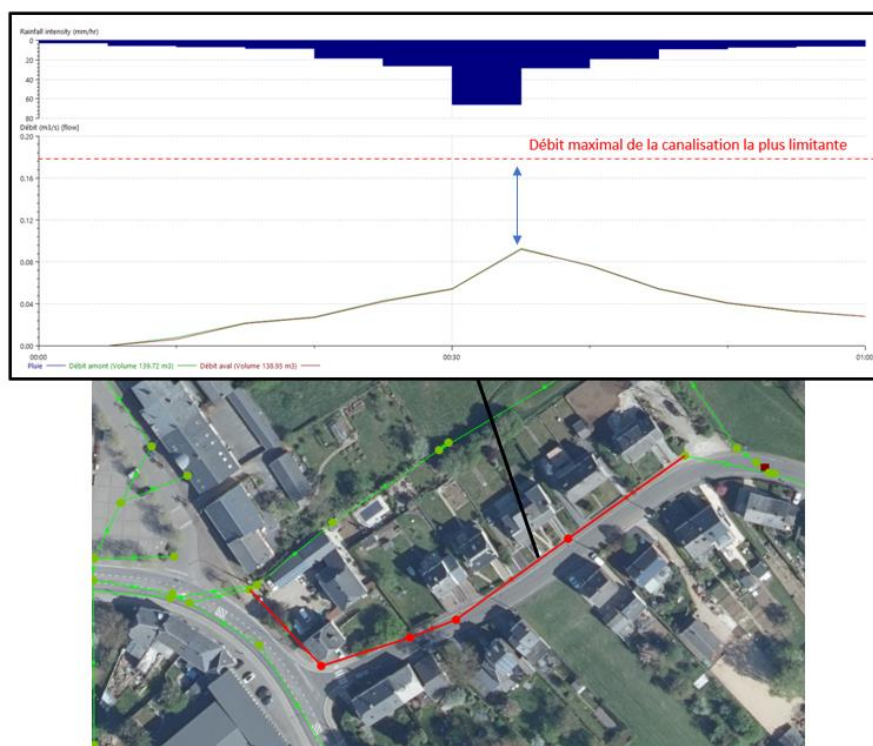


Figure 28 – Débit en fonction du temps pour la canalisation la plus limitante (pdr =2ans)

Pour les autres canalisations, moins limitantes donc, la marge est d'autant plus grande.

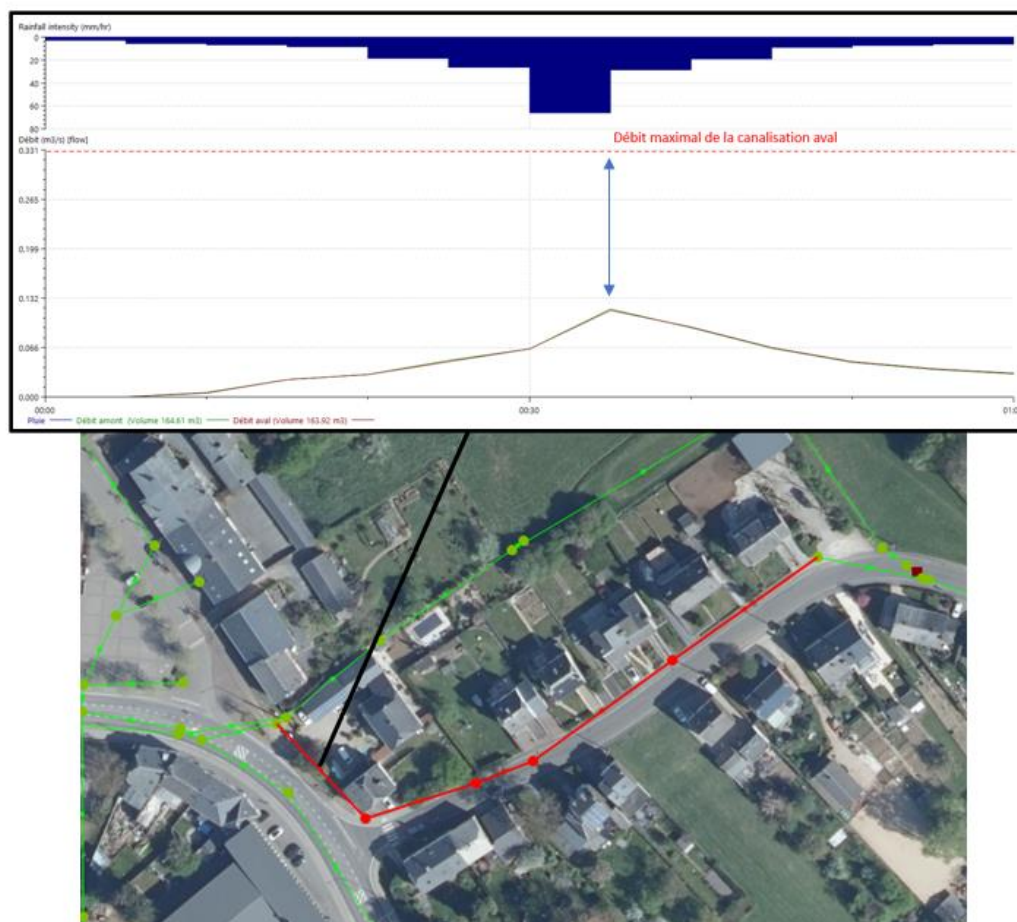


Figure 29 – Débit en fonction du temps pour la canalisation aval de la rue de la Gendarmerie (pdr = 2ans)

Optimiser la gestion de ce déversoir d'orage apporterait 2 avantages concrets :

- Diminution de la mise en charge du réseau de la rue de la Gendarmerie en amont de ce DO
- Diminution du débit d'eau apporté à la canalisation dédiée aux eaux claires et donc à la zone sensible 2 (voir point suivant)

Pour rappel, actuellement, l'inspection caméra réalisée sur le réseau nous permet de visualiser le déversoir d'orage. Cette vue est prise de l'aval vers l'amont.



Cette plaque obturant le réseau ne permet pas d'avoir une bonne gestion du débit transitant dans la canalisation en aval. Seule la campagne débitmétrique a permis d'évaluer au mieux le débit alimentant l'aval de la rue de la Gendarmerie.

5.2.1.2. PROPOSITION D'AMENAGEMENT

Afin d'améliorer la situation, il est proposé de réaménager le déversoir d'orage. Pour ce faire, il est nécessaire de remettre un dispositif semblable à une plaque sur charnière dont la hauteur est réglable. D'un point de vue budgétaire, ce dispositif est estimé à 3000€.

La hauteur de cette plaque doit être située à 12 cm précisément du radier, afin de laisser passer un débit théorique de 62 l/s (contre 34 l/s théorique actuellement). Cette optimisation permet de garder le rôle du déversoir d'orage et donc de ne pas saturer l'aval de la rue de la Gendarmerie, mais elle aide également à délester d'une partie de son débit la canalisation dédiée aux eaux claires passant derrière l'habitation numéro 2 de la rue Hansel, victime d'importantes inondations.

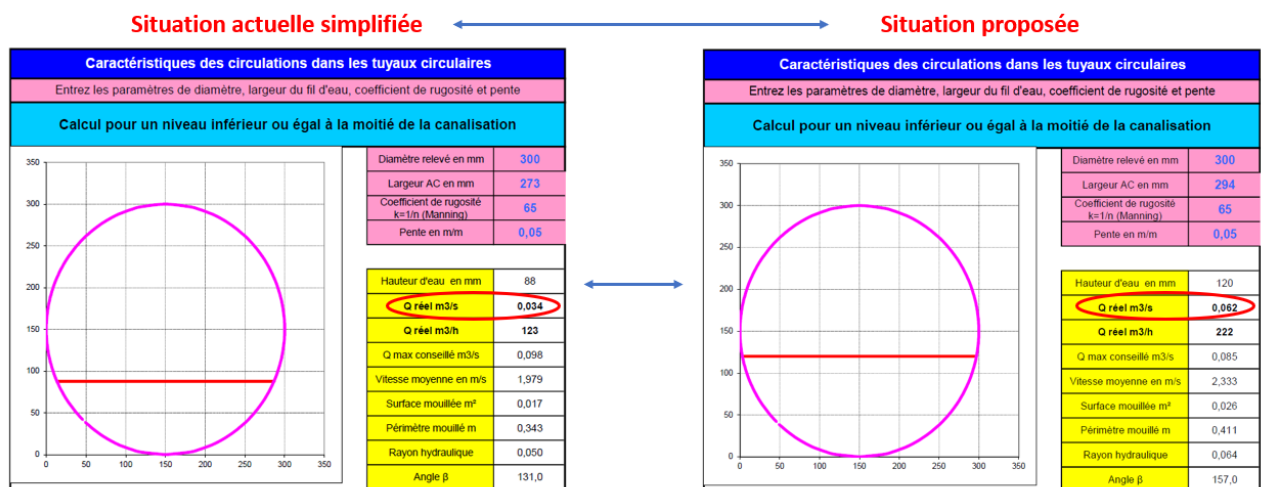


Figure 30 – Situation actuelle simplifiée et situation proposée pour l'optimisation du DO

L'impact de ce changement sur le débit sortant par le trop plein du déversoir d'orage est représenté dans les graphiques suivants. Le pic de débit est atténué de près de 40 l/s.

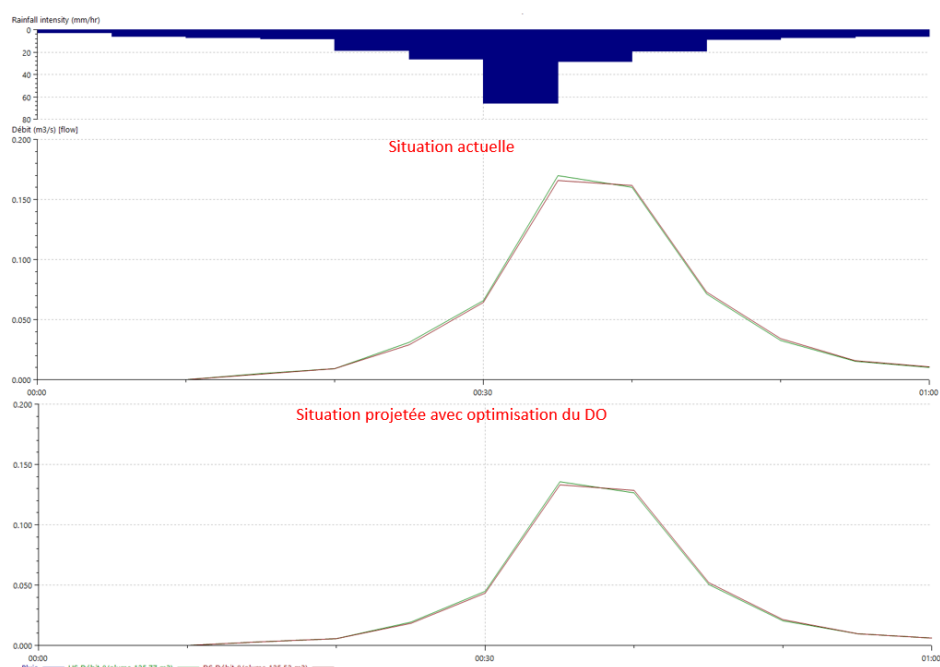


Figure 31 – Impact de l'optimisation du DO sur le débit sortant par le trop plein

La figure suivante montre l'impact de l'optimisation du DO sur le débit de pointe passant par la canalisation la plus limitante à l'aval de la rue de la Gendarmerie. Ce graphique montre qu'il reste une marge de sécurité assez importante afin de ne pas risquer de saturer le réseau d'égouttage de l'aval de la rue de la Gendarmerie.

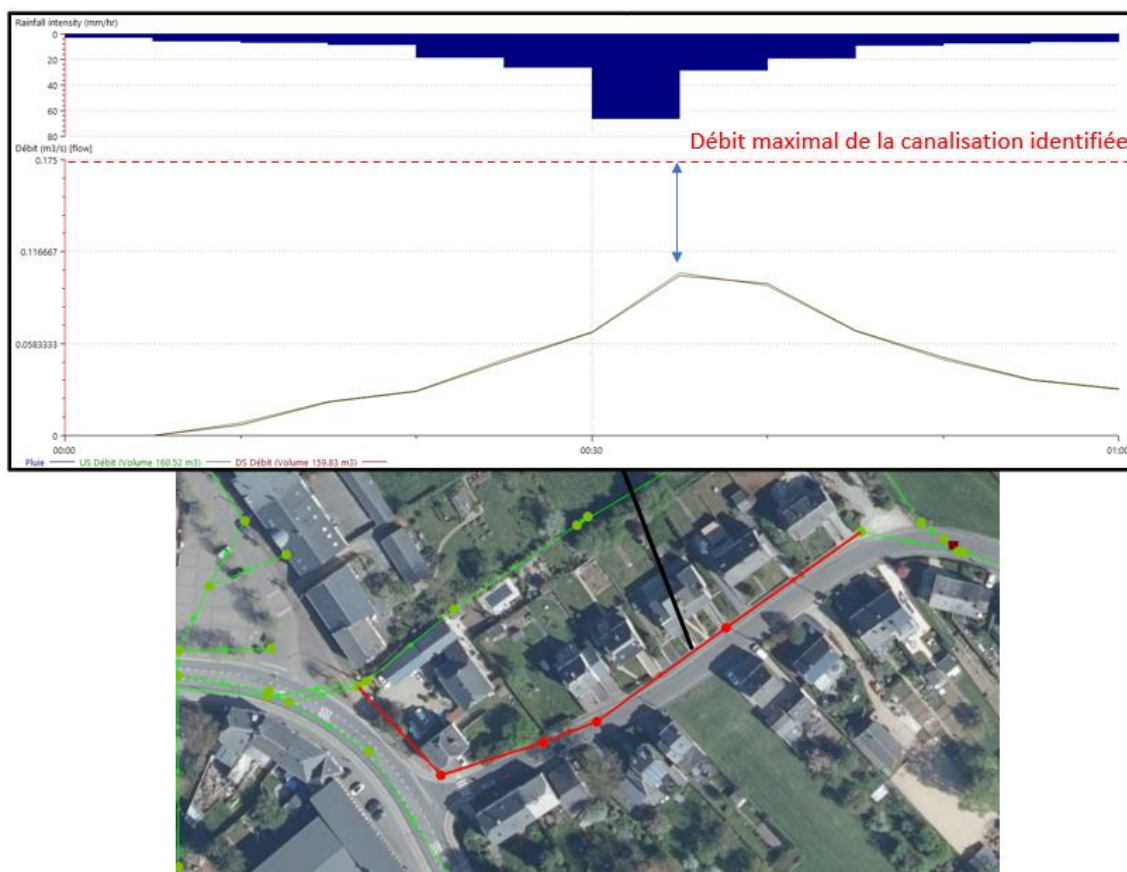


Figure 32 – Débit en fonction du temps pour la canalisation la plus limitante (DO optimisé)
(pdr= 2ans)

Cette modification pourrait avoir un impact sur le réseau encore plus en aval. La figure suivante met en évidence la portion aval du réseau d'égouttage (dans sa partie dédiée aux eaux usées). En bas de la rue de la Gendarmerie, ce réseau se poursuit vers l'ouest, à travers la rue du Village (N88), reprenant au passage un petit réseau provenant de l'est de la N88. Ensuite, ce réseau rencontre le réseau d'égouttage provenant de la rue Hansel pour poursuivre sa route vers le collecteur, hors de la zone d'étude. Les figures suivantes montrent l'impact de l'optimisation du déversoir d'orage sur le réseau dédié aux eaux usées. La crainte de saturer le réseau plus en aval est écartée, au vu du faible impact sur la ligne d'eau la plus haute.

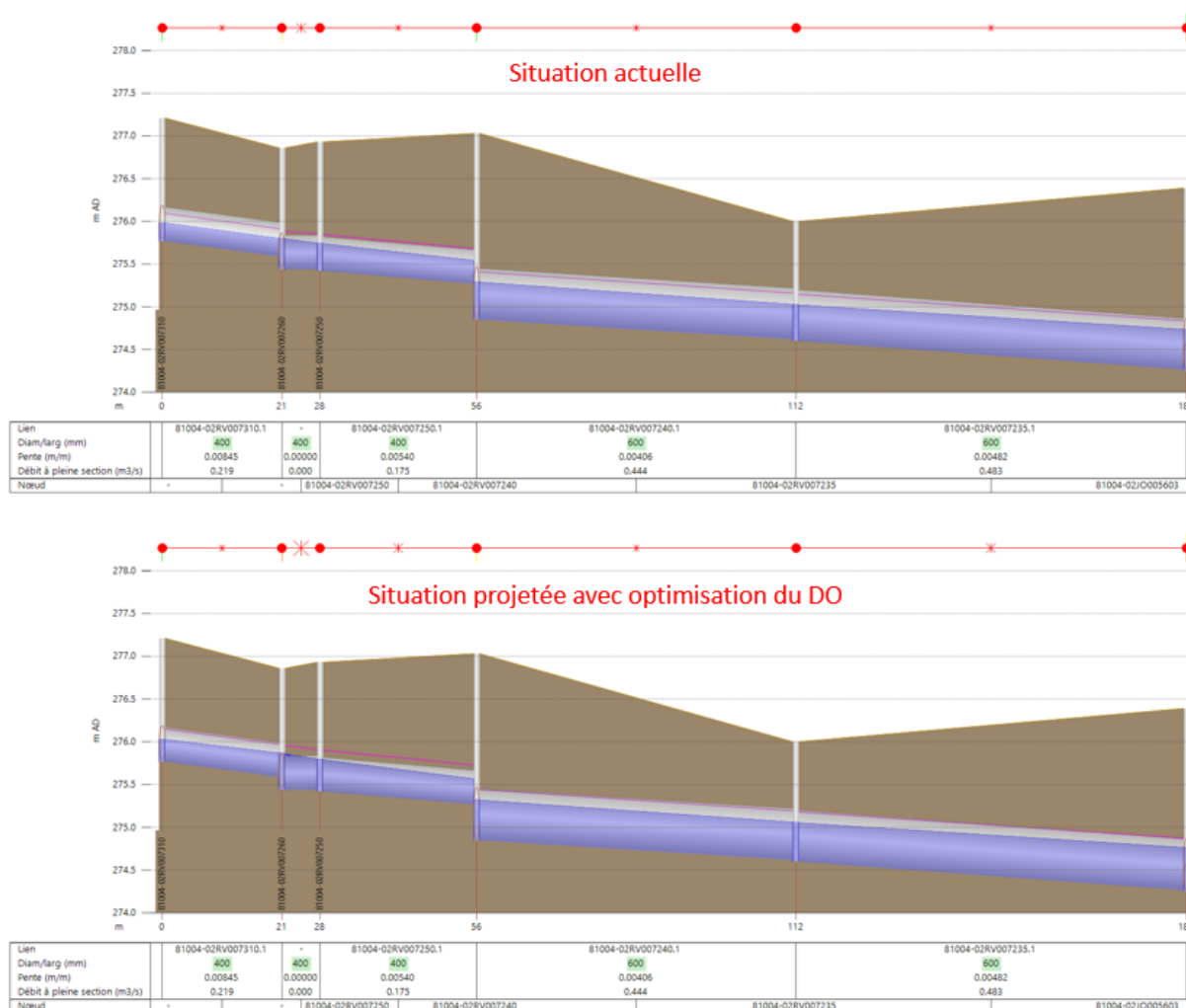


Figure 33 – Profil en long de la ligne des plus hautes eaux (pdr=2ans)

5.2.2. ZONE SENSIBLE 2 – CANALISATION DEDIEE AUX EAUX CLAIRES

5.2.2.1. CONSTAT GLOBAL

La deuxième zone sensible concerne la canalisation dédiée aux eaux claires longeant la propriété de l'habitation numéro 2 de la rue Hansel. Pour rappel, cette canalisation est alimentée d'une part par le débordement du déversoir d'orage abordé dans le point précédent et d'autre part par la reprise de l'axe de ruissellement.

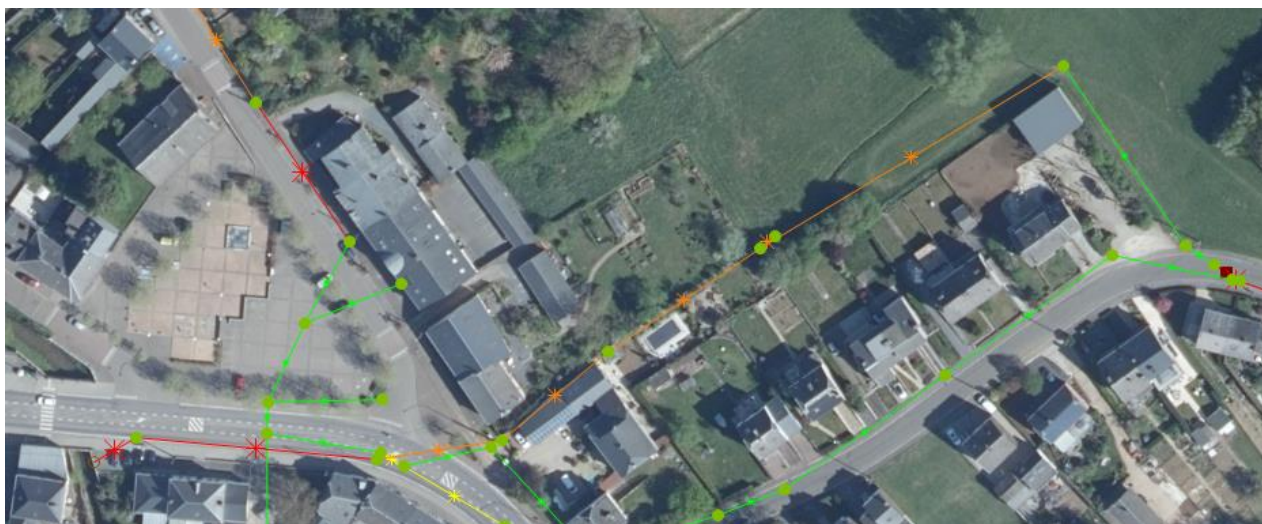


Figure 34 – Mise en charge de la canalisation dédiées aux eaux claires de la rue Hansel

La mise en charge de la canalisation semble se faire sur l'ensemble de celle-ci. En effet, depuis l'exutoire de la canalisation dans le cours d'eau le Brüll jusqu'à son tournant en angle droit quelques dizaines de mètres en aval du DO, cette canalisation se met en charge de façon importante pour une pluie de projet de période de retour de 2 ans. La figure suivante présente le profil en long de cette canalisation, de son exutoire jusqu'à cet angle droit.

Pour rappel, ce constat représente la situation actuelle. Les aménagements (l'optimisation du DO) prévue dans la section précédente n'est pas encore pris en compte. La suite de ce rapport montre l'influence de l'optimisation du DO sur la canalisation dédiée aux eaux claires.

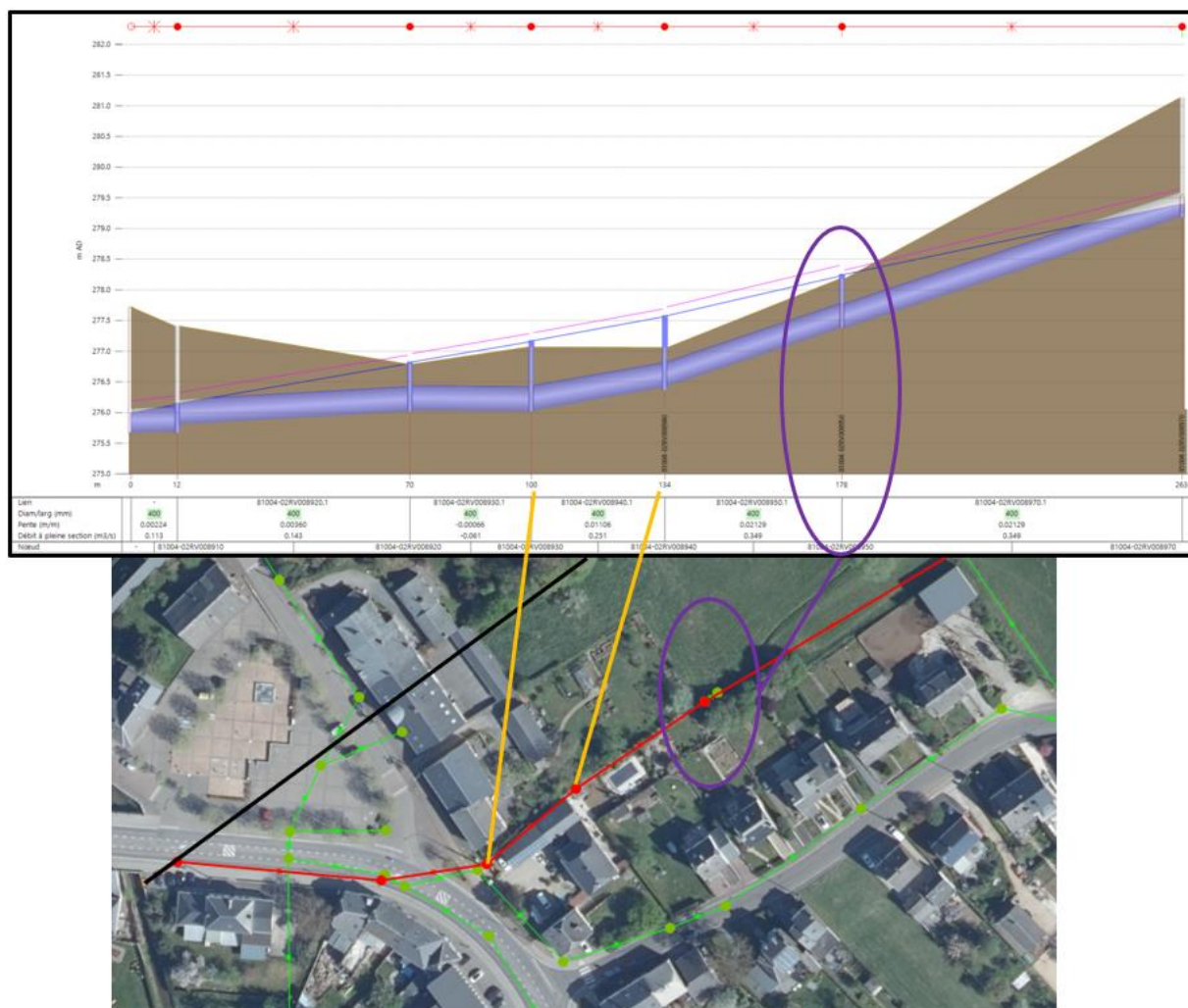


Figure 35 – Profil en long de la ligne des plus hautes eaux pour la canalisation dédiée aux eaux claires (pdr = 2 ans)

La figure ci-dessus fournit de nombreuses informations. Pour une pluie de projet de période de retour de 2 ans, la canalisation dédiée aux eaux claires sature et déborde à plusieurs chambres de visite. Ces débordements sont importants, notamment sur les deux chambres de visite situées à proximité de l'habitation numéro 2 de la rue Hansel. Ces observations sont mises en évidence sur la figure par les traits orange. Cette mise en charge est notamment causée par une diminution de la capacité à pleine section des canalisations de l'amont vers l'aval dû à la perte de pente. En effet, la canalisation traversant la N88 à une pente nulle (voire très légèrement négative). Le niveau d'eau dans cette canalisation doit donc monter afin que l'eau transite vers l'aval. Cette canalisation limitante impacte le niveau d'eau en amont et induit un débordement de ce réseau. Sur la figure ci-dessus, dans le tableau sous le profil en long, les différentes capacités à pleine section des canalisations sont reprises. Les 3 tronçons les plus en aval sont limitants. Les traits mauves mettent quant à eux en évidence la reprise de l'axe de ruissellement. Cette reprise de fossé est complètement saturée. Les eaux de ruissellement débordent donc et alimente le jardin de l'habitation numéro 2 de la rue Hansel.

La figure suivante présente le même tronçon que la figure précédente. Cependant, pour cette figure, l'optimisation du DO évoquée dans la section précédente est prise en compte.

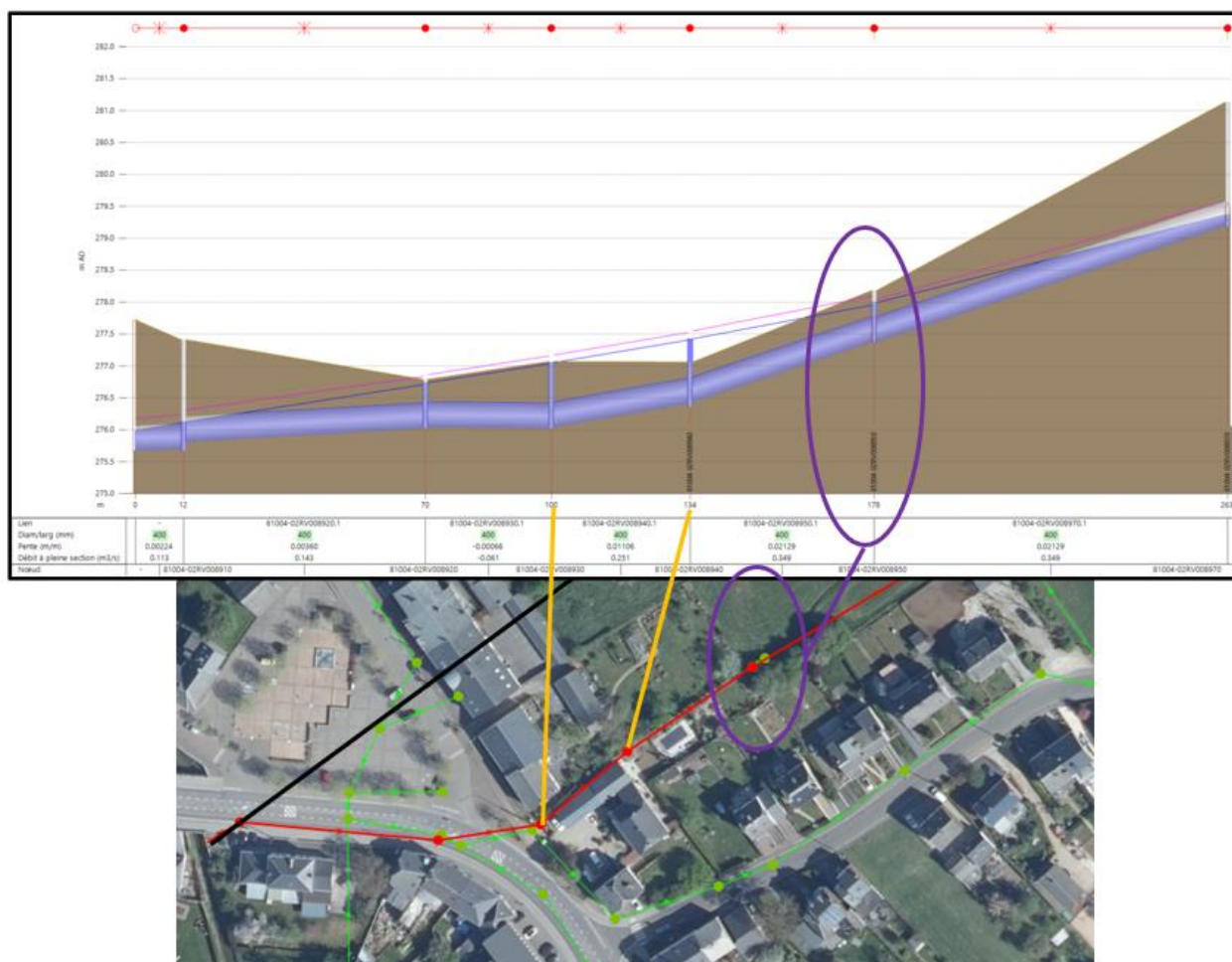


Figure 36 – Profil en long de la ligne des plus hautes eaux pour la canalisation dédiée aux eaux claires, avec le DO optimisé (pdr = 2ans)

Malgré une diminution claire de la hauteur de débordement de cette canalisation, l'optimisation du déversoir d'orage ne résout pas les problèmes rencontrés. Pour une pluie de projet de période de retour de 2 ans, la canalisation sature encore très nettement. L'optimisation du DO permet néanmoins une atténuation de cette saturation, et donc de l'importance et/ou de la fréquence des inondations. Actuellement, l'IRM ne fournit pas de données de pluies extrêmes inférieures à une période de retour de 2 ans. Il est donc impossible d'étudier l'influence de ce changement pour des périodes de retour de 2 mois, 6 mois ou 1 an. Il est néanmoins possible d'affirmer que la récurrence des inondations est légèrement diminuée. La section suivante propose d'autres solutions, nécessitant des interventions plus importantes, pour à nouveau diminuer la récurrence des problèmes rencontrés.

5.2.2.2. PROPOSITION D'AMENAGEMENT

Pour rappel, la canalisation dédiée aux eaux claires qui concerne cette étude est alimentée par 2 'sources' :

- Le débordement du déversoir d'orage : celui-ci a été optimisé.
- La reprise de l'axe de ruissellement.

La première solution ne suffisant pas, plusieurs pistes de solutions alternatives semblent possibles :

- Augmentation de la capacité du réseau, en intégrant les contraintes techniques (traversée de route du SPW, canalisation à proximité d'habitations, ...) et financières
- Régulation du débit entrant dans la reprise de l'axe de ruissellement en amont de l'habitation n°2 de la rue Hansel, en intégrant les contraintes techniques et financières
- Protection de l'habitation numéro 2 de la rue Hansel (protections rapprochées, modelé de terrain, ...)

5.2.2.2.1. AUGMENTATION DE LA CAPACITE DU RESEAU

Les profils en long présentés précédemment affichent, dans le tableau qui les accompagne, un débit théorique à pleine sections (m^3/s). Il est important de revenir sur cette notion. Ce débit théorique est calculé grâce à différents paramètres, mais dépend principalement de sa pente, du matériau et de son diamètre. Pour une pente nulle, le débit théorique à pleine section peut donc être de 0 m^3/s , et même négatif pour des contre-pentes (pentes négatives). Ce débit théorique ne correspond néanmoins pas tout à fait à la réalité. Dans une canalisation légèrement en contre pente, l'eau va monter progressivement son niveau, pour atteindre le niveau du radier de la fin de la contre pente, et s'écouler tout de même dans la canalisation suivante. Cette contre pente ne constitue donc pas un obstacle infranchissable, mais bien un frein à l'écoulement, impactant l'écoulement lors d'épisodes pluvieux intenses notamment. Le logiciel utilisé dans cette modélisation prend en compte ces notions et permet de fournir la ligne des plus hautes eaux la plus proche de la réalité.

La solution la plus souvent évoquée pour augmenter la capacité d'un réseau est d'augmenter le diamètre de ses canalisations. Néanmoins, cette solution n'est pas toujours la bonne. D'abord, augmenter le diamètre d'une canalisation à très faible pente ne va pas faire augmenter très significativement sa capacité de débit à pleine section théorique. C'est notamment le cas pour la canalisation traversant la N88, à pente nulle. L'augmentation de section va principalement permettre à la ligne d'eau de monter plus haut dans la canalisation, et *in-fine* augmenter légèrement sa capacité de passage. Cette solution a été réfléchie. Cependant, vu la configuration et le tracé de la canalisation, cette solution n'est pas envisageable. En effet, comme le montre la figure suivante, la partie supérieure de la canalisation n'est qu'à 35 centimètres de profondeur sous la route régionale. Augmenter le diamètre de cette canalisation induit nécessairement une diminution de cette profondeur, puisqu'il n'est pas possible d'enterrer plus profond cette canalisation (voir point suivant). Par exemple, augmenter le diamètre de cette canalisation, en le passant de 400mm à 500mm, fait remonter la partie supérieure de la canalisation à 25cm de profondeur sous N88, ce qui n'est ni réalisable techniquement ni même autorisé.

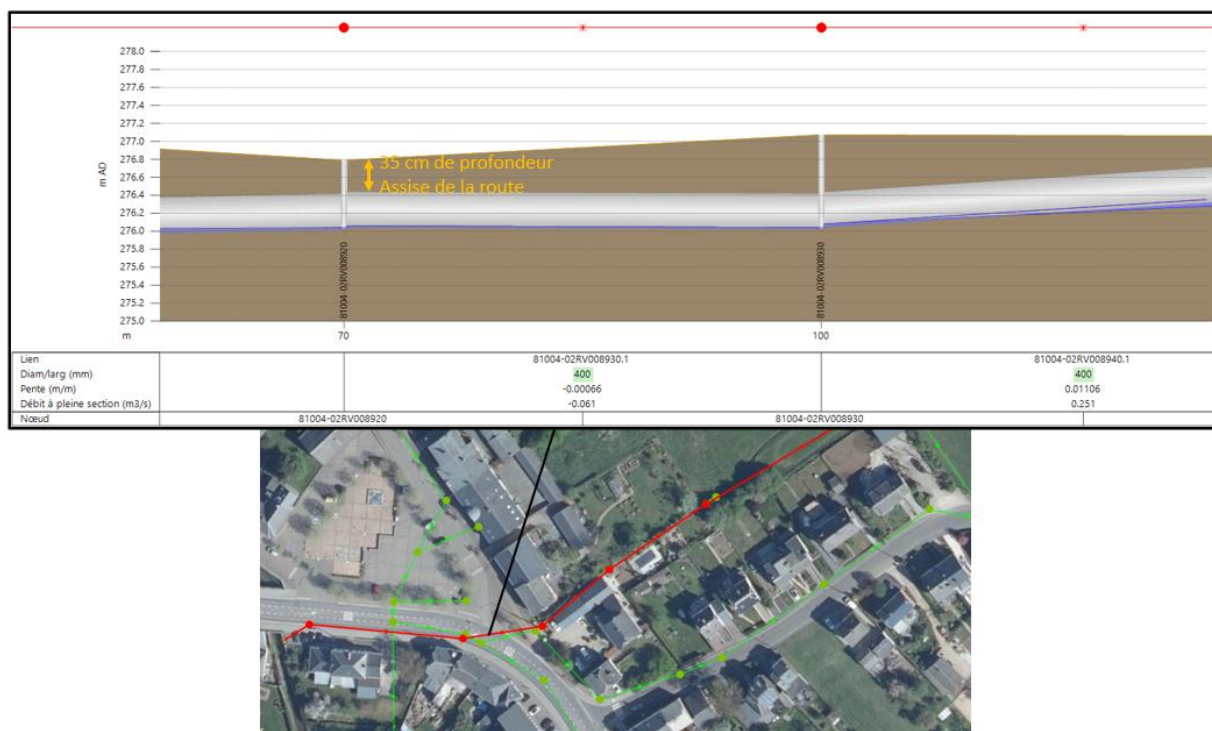


Figure 37 – Profil en long de la canalisation traversant la voirie régionale N88 (Rue du Village)

S'il n'est pas possible d'augmenter le diamètre des canalisations limitantes par manque de profondeur, est-il possible **d'augmenter la profondeur des canalisations** ?

D'un point de vue technique, cette solution n'est pas aisée. Cela revient à changer l'ensemble des canalisations mises en évidence dans l'illustration suivante, tout en augmentant leur profondeur afin d'augmenter leur diamètre. Néanmoins, comme le montre également la figure suivante, l'exutoire de ce réseau dans le cours d'eau le Brüll se situe très proche du fond du cours d'eau. Il n'est donc pas possible de descendre l'exutoire, et donc de réapprofondir le réseau. Nous pouvons d'ailleurs observer un clapet anti-retour sur la photo, dispositif empêchant le Brüll, lorsqu'il est en crue, de remonter dans ces canalisations.



Figure 38 – Différentes vues de l'exutoire

Les dernières figures et profils en long présentées dans ce rapport montrent que les différentes canalisations de ce tronçon comportent des pentes non constantes. Sur le haut du tronçon, les pentes avoisinent les 2,2%, avant de diminuer graduellement jusqu'à la traversée de la N88 où la pente est négative, de 0,06%, pour enfin retrouver une légère pente positive, autour des 0,3%.

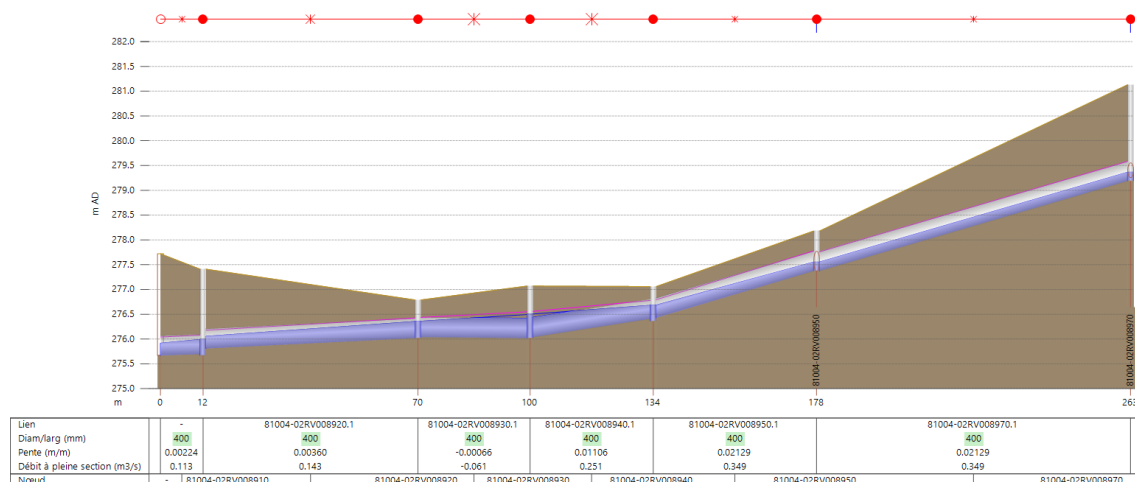


Figure 39 – Pentes du tronçon (3^{ème} ligne dans le tableau)

Afin de s'assurer que toutes les possibilités ont été prises en compte, une autre solution est implémentée dans le modèle. Cette solution se base sur l'hypothèse de remettre une pente constante, du début du tronçon, jusqu'à l'exutoire. La figure suivante illustre les améliorations attendues par cette solution.

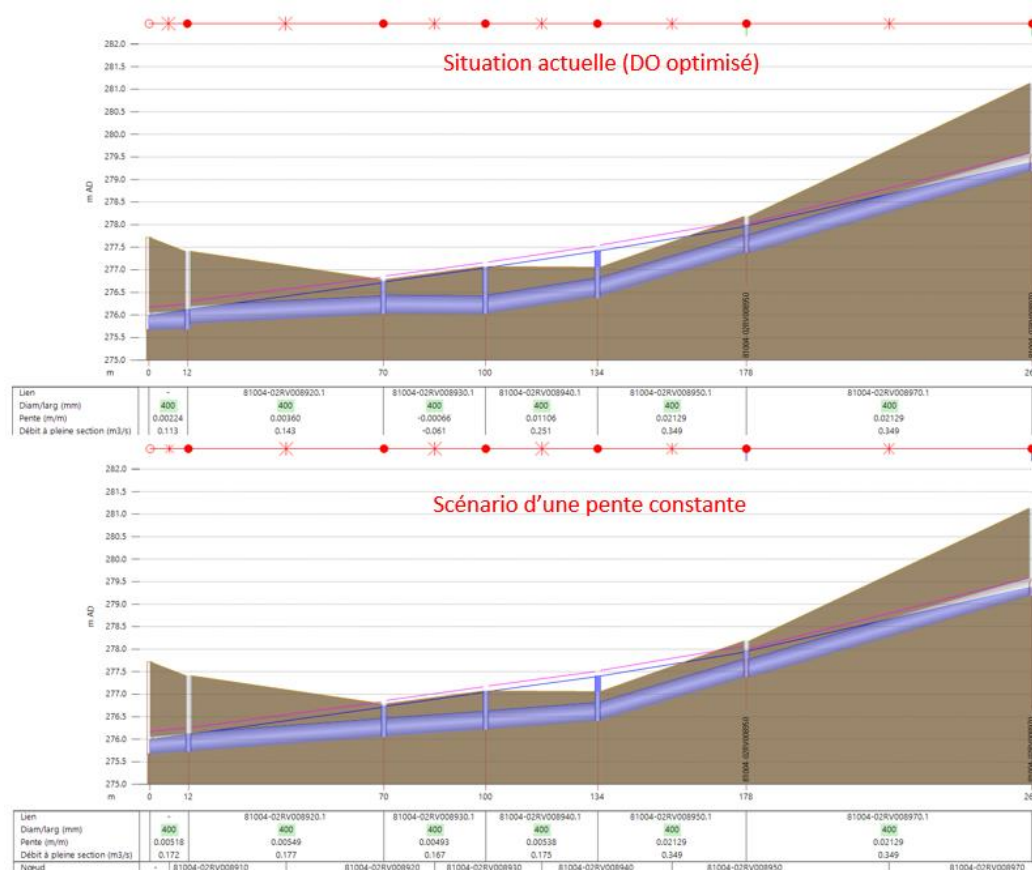


Figure 40 – Comparaison de la situation actuelle/scénario des pentes constantes



La figure 40 montre qu'une pente constante sur les 4 derniers tronçons de ce réseau ne permettrait pas d'améliorer sensiblement la situation. De plus, pratiquement, cette solution revient à changer l'ensemble de ce tronçon, ce qui est onéreux. Cette solution a un impact si faible pour une mise en œuvre nécessitant des moyens importants qu'elle ne nécessite pas d'être retenue. Vous trouverez tout de même à la page suivante l'estimatif budgétaire du remplacement de ce tronçon de canalisation.



Remplacement d'égouttage à Aubange - Rue Hansel

Egouttage de type unitaire - Remplacement de 134m de canalisation de diamètre 400mm

diamètre	400 mm
largeur	1,18 m
longueur	134 m
surface	158,12 m ²

	P.U.	Quantité	Montant
1) Démolitions sélectives (sciage, fraisage, démolition fondation et évacuation des déchets)	50 €/m ²	158,12 m ²	7.906 €
2) Terrassements (profondeur moyenne de 2m, y compris évacuation des déchets)	140 €/m ²	158,12 m ²	22.137 €
3) Tuyaux (Y compris enrobage)	400 €/m	134 m	53.600 €
4) Chambre de visite (on compte en moyenne une chambre tous les 40 mètres)	2500 €/p	5 p	12.500 €
5) Raccordements particuliers	1500 €/p	3 p	4.500 €
6) Réfection de voirie (sous-fondation, fondation et 2 couches de revêtement) Cfr forfait voirie	80 €/m	100 m	8.000 €
7) Divers (passage caméra 5€/m, plans as-built 1500€, état des lieux 500€, signalisation 1000€, SR 5000€)	8670 €/p	1 p	8.670 €
8) Evacuation et traitement terre type 5	50 €/m ³	316,24 m ³	15.812 €
	TOTAL		133.125 €

S'il n'est pas possible d'augmenter les capacités du réseau en augmentant le diamètre des canalisations ou en retravaillant sur son profil, est-il possible de 'dédoubler' ce réseau, à savoir poser une canalisation en parallèle ? A nouveau, cette solution n'est pas réaliste. La canalisation actuelle se faufile entre deux habitations, n°2 rue Hansel et numéro 3A rue du Village. Le passage est trop étroit pour y reposer une nouvelle canalisation, en parallèle de la canalisation existante. Cette solution n'est donc pas retenue.



Figure 41 – Hypothèse de pose d'une canalisation en parallèle.

En conclusion, vu les différentes solutions étudiées, il ne semble pas possible d'augmenter la capacité du réseau dédié aux eaux claires. D'autres solutions sont dès lors abordées dans la suite de ce rapport.

5.2.2.2. REGULATION DU DEBIT ENTRANT (AXE DE RUISSELLEMENT)

La figure suivante montre la ligne des plus hautes eaux pour une pluie de projet de période de retour de 2 ans sur le tronçon concerné. Pour ce scénario hypothétique, aucune contribution venant de l'axe de ruissellement ne transite par cette canalisation. Le réseau d'eaux claires n'est donc alimenté que par les eaux de débordement du déversoir d'orage. Ce scénario hypothétique permet de déterminer l'importance des eaux de débordement du déversoir d'orage sur la saturation de la canalisation incriminée.

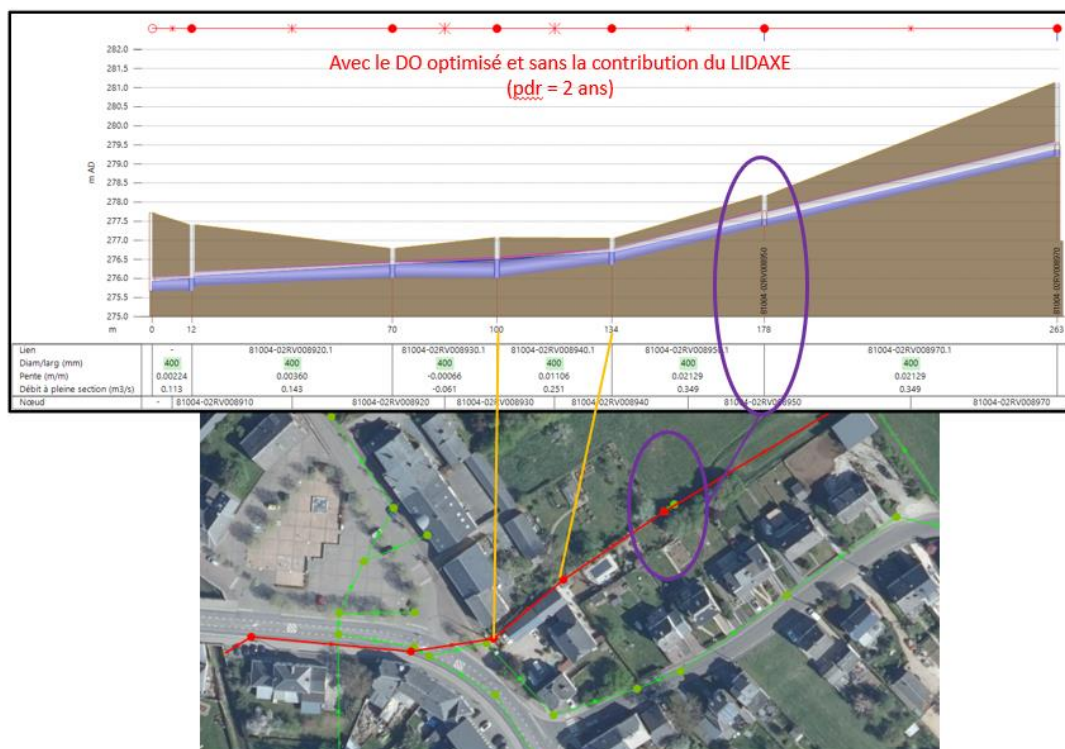


Figure 42 – Scénario comprenant le DO optimisé sans la contribution de l'axe de ruissellement (pdr = 2ans)

Pour une pluie de projet de période de retour de 2 ans, la canalisation commence déjà à saturer avec les eaux provenant uniquement du débordement du déversoir d'orage.

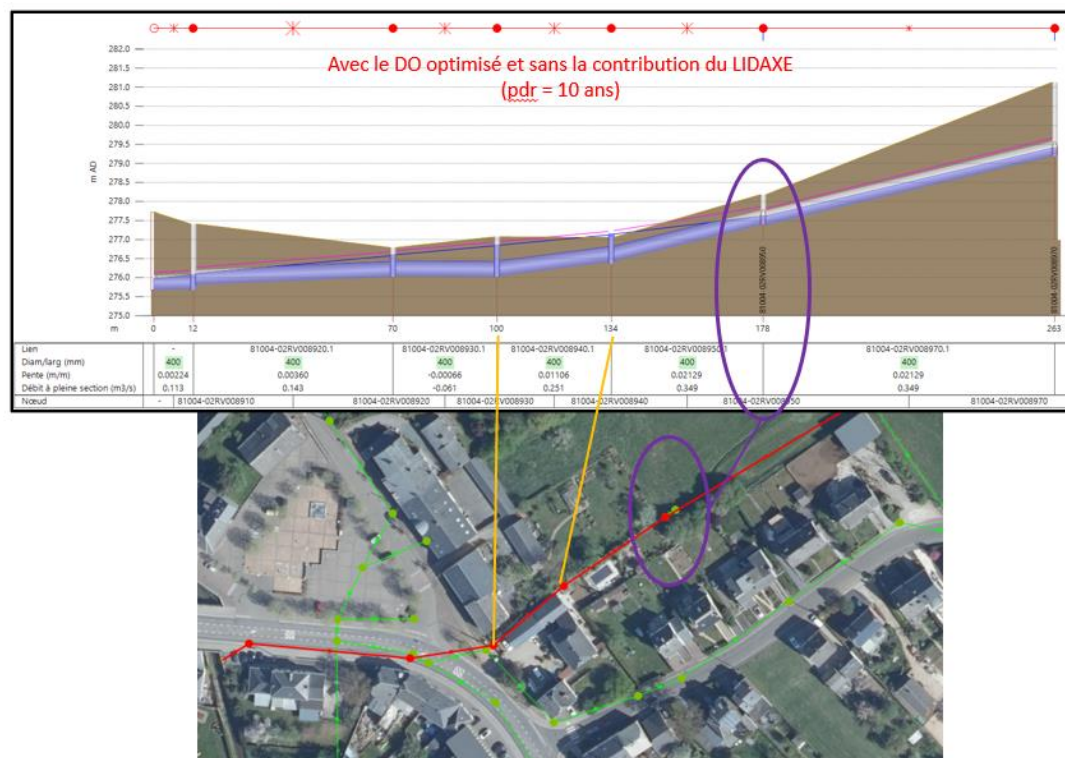


Figure 43 – Scénario comprenant le DO optimisé sans la contribution de l'axe de ruissellement (pdr = 10 ans)

Pour une pluie de projet de période de retour de 10 ans, la canalisation est totalement saturée uniquement avec les eaux du débordement du déversoir d'orage. Il n'y a cependant pas de débordement du réseau au niveau du terrain naturel.

Ces observations nous laissent penser qu'il serait intéressant que cette canalisation ne soit dédiée uniquement qu'aux eaux de débordement du déversoir d'orage. Néanmoins, se pose désormais la question : que faire des eaux de ruissellement ? Trois pistes de solutions sont envisagées :

1. Temporiser les eaux de ruissellement agricole (LIDAXE) et les rejeter vers la canalisation existante
2. Poser une nouvelle canalisation (avec un nouveau tracé) et diriger ces eaux directement vers le Brüll
3. Temporiser les eaux de ruissellement agricole (LIDAXE) et les rejeter vers la nouvelle canalisation (abordée au point 2).

1. *Temporiser les eaux de ruissellement agricole (LIDAXE) et les rejeter vers la canalisation existante*

L'objectif de cette solution est de temporiser les eaux de ruissellement provenant du bassin versant agricole. Temporiser limite les apports d'eaux de ruissellement dans la canalisation grâce à un stockage réalisé en amont sur le bassin versant. Pratiquement, ce stockage peut prendre la forme d'une zone d'immersion temporaire. Le remplissage de cette zone se réalise grâce à un débit d'ajutage calibré. Lorsque le débit d'entrée dans cette zone est inférieur au débit d'ajutage (la majorité du temps), la zone reste sèche. En revanche, lors de fortes pluies, lorsque le débit d'entrée est supérieur au débit de sortie, la différence entre ces deux débits est stockée, dans une grande baignoire naturelle. A la différence des bassins d'orage, les zones d'immersion temporaire profitent de la topographie naturelle pour créer un volume de rétention. Une digue est montée en travers de l'axe d'écoulement, afin de créer une 'baignoire'.

Avant de s'intéresser à de potentielles zones propices à l'implantation d'une zone d'immersion temporaire (appelée ZIT), il est opportun de connaître l'effet que celle-ci aurait sur la canalisation incriminée.

La canalisation incriminée est le point exutoire d'un bassin versant de +/- 20 hectares (voir point 3.6.2). Dans ce cas, le débit d'ajutage sortant de la zone d'immersion temporaire va être réinjecté dans la canalisation existante. L'objectif général est de lisser le débit, en évitant les pics, la ZIT jouant son rôle tampon. En guise de préanalyse, nous pouvons, par itération, réaliser différents tests, avec des débits d'ajutage différents. Pour ce type de bassin versant, l'ajutage peut varier de 50 l/s jusqu'à 250 l/s, suivant les contextes. Plus le débit d'ajutage est réduit, plus le volume de stockage doit être important. L'objectif est donc de déterminer la valeur de débit la plus haute acceptable par la canalisation sans que celle-ci déborde.

Les figures suivantes illustrent l'effet d'une ZIT reprenant les eaux de ruissellement agricole avec un débit d'ajutage de 100 l/s, pour une pluie de période de retour de 2 ans et de 10 ans.

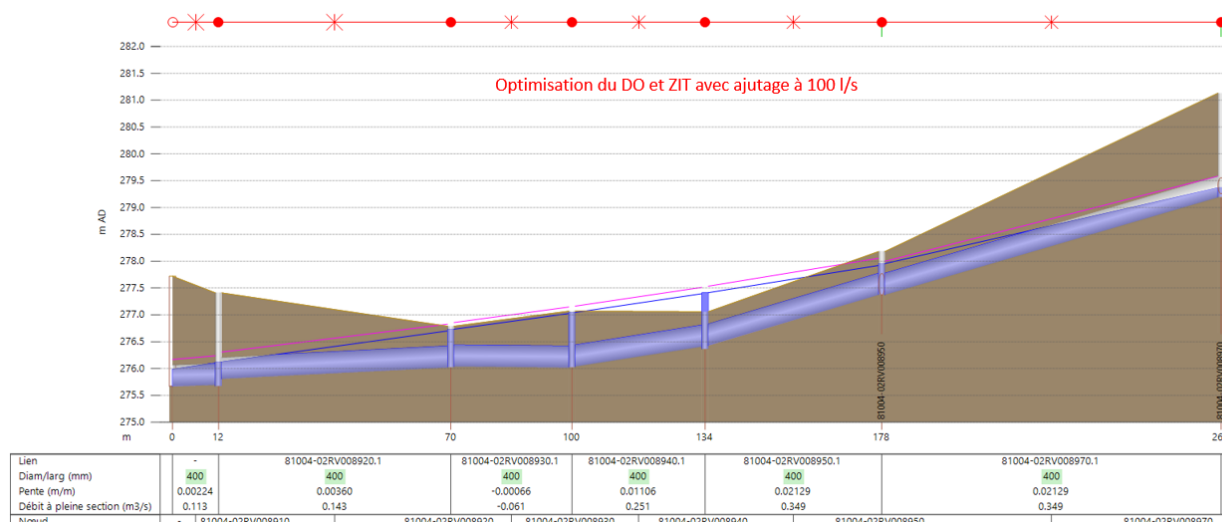


Figure 44 – Scénario comprenant le DO optimisé et un ajutage de 100 l/s (pdr = 2 ans)

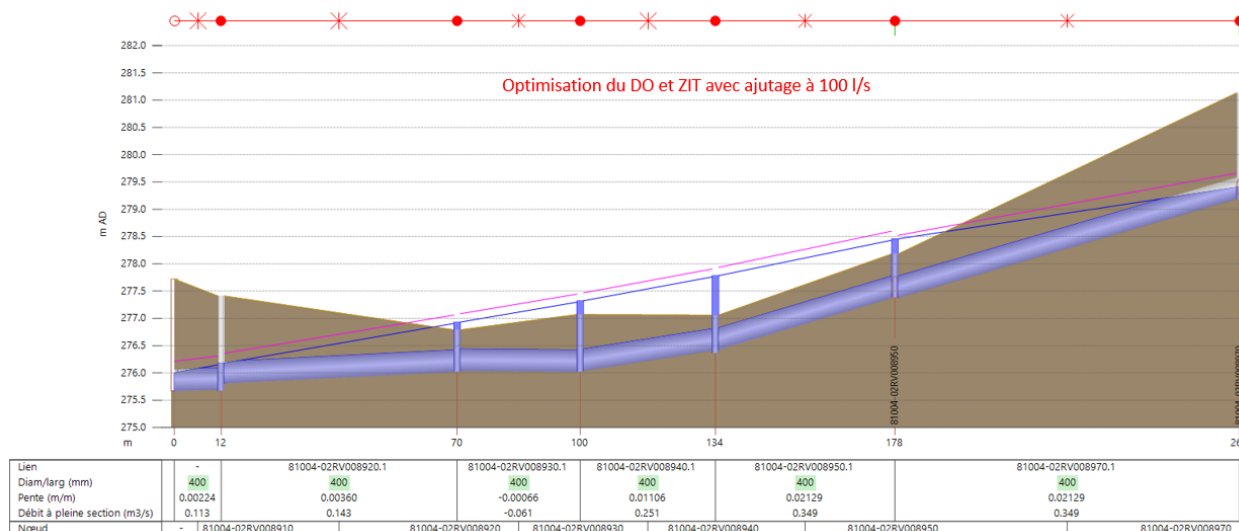


Figure 45 – Scénario comprenant le DO optimisé et un ajutage de 100 l/s (pdr = 10 ans)

Les débordements observés sur la canalisation restent importants. Le débit d'ajutage semble donc trop important pour cette canalisation. Une seconde itération est réalisée, en considérant un débit d'ajutage de 50 l/s. Il serait techniquement compliqué à mettre en place et entretenir une ZIT avec un débit d'ajutage plus faible. Le risque d'obstruction de cette canalisation d'ajutage serait élevé. Les figures suivantes montrent les effets attendus.

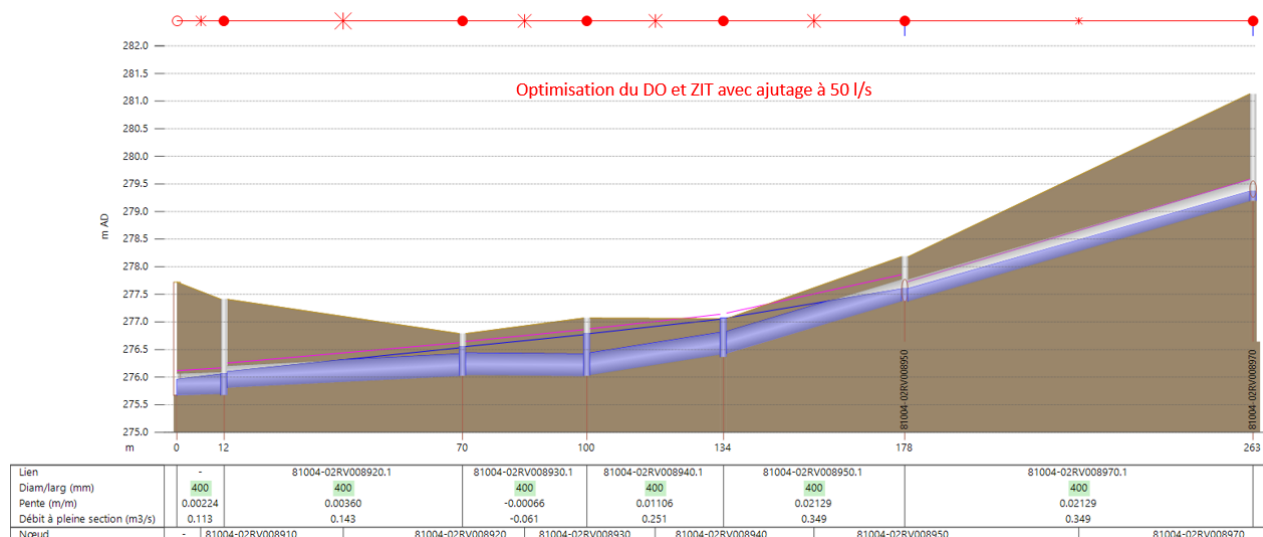


Figure 46 – Scénario comprenant le DO optimisé et un ajutage de 50 l/s (pdr = 2 ans)

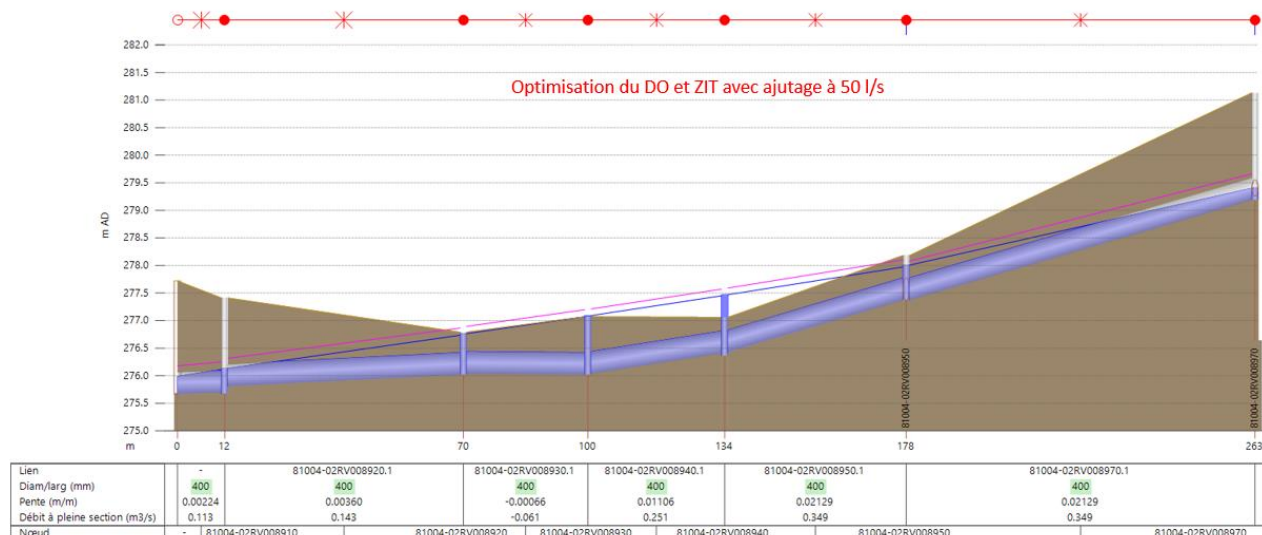


Figure 47 – Scénario comprenant le DO optimisé et un ajutage de 50 l/s (pdr = 10 ans)

Bien que pour une période de retour de 2 ans, la situation est améliorée, le débit d'ajutage de 50 l/s, qui vient s'ajouter au débit de débordement du déversoir d'orage, fait déborder à nouveau la canalisation pour une période de retour de 10 ans.

Vu les différents scénarios implémentés dans le modèle, **la canalisation existante ne peut pas servir d'exutoire pour le débit d'ajutage de la zone d'immersion temporaire.**

2. Poser une nouvelle canalisation (avec un nouveau tracé) et diriger ces eaux directement vers le Brüll

Afin de décharger la canalisation mise en cause, une nouvelle canalisation pourrait être posée, prenant un tracé tout à fait différent. Ce tracé est illustré à la figure suivante, reprenant le profil altimétrique du terrain naturel issu de WalOnMap. Le tracé de cette canalisation a été discuté lors d'une présentation au Collège Communal. Sur demande de ce dernier, le tracé initial a été revu et abouti au projet suivant.

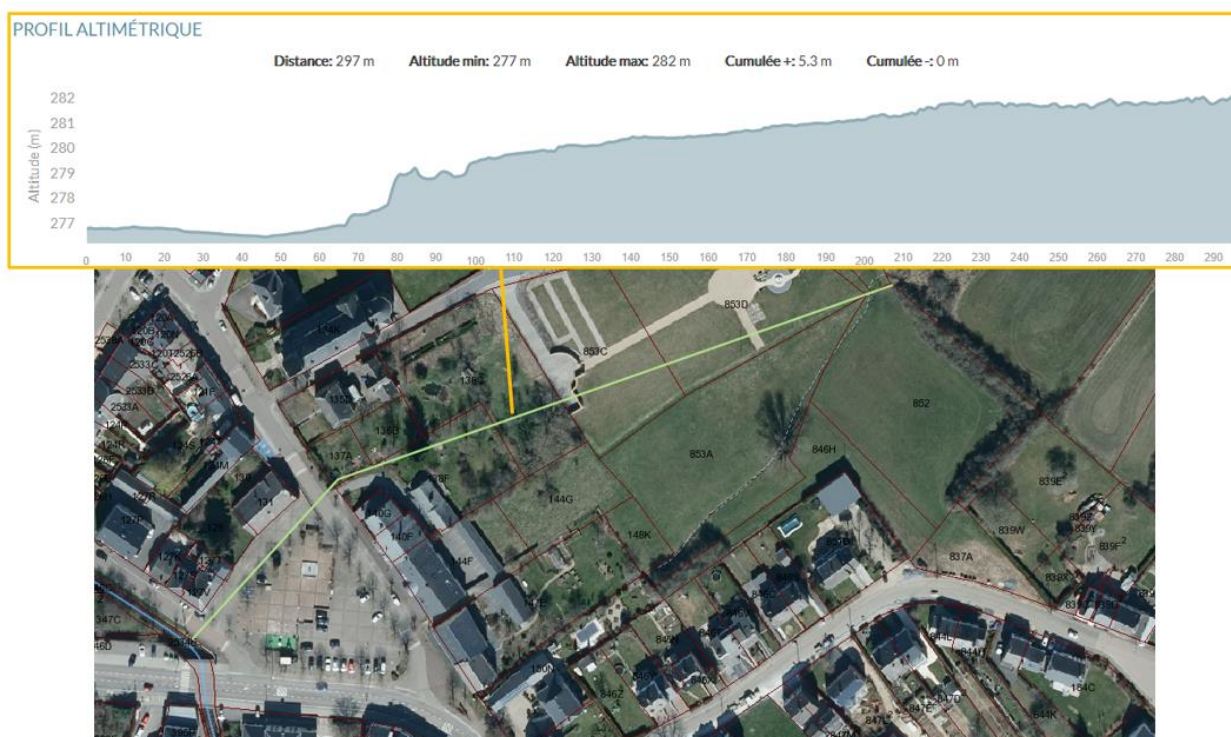


Figure 48 – Tracé de la nouvelle canalisation

Le tracé de cette nouvelle canalisation est soumis à différentes contraintes :

- Traversée du cimetière, de propriété communale
- Traversée de la parcelle 138 C, de propriété communale
- Traversée des parcelles 136 B, 137 A et 138 F, de propriété privée
- Traversée de l'égouttage et des impétrants de la rue Hansel
- Traversée de la place communale Abbé Michel Gigi

Ces éléments ne constituent pas à ce stade des points bloquants définitifs mais nécessitent d'être pris en considération dans le choix des différentes solutions à mettre en œuvre.

Le dimensionnement de cette canalisation pose également question. Sans temporisation, cette canalisation doit être capable de reprendre l'ensemble des eaux de ruissellement du bassin versant étudié, sans mise en charge.

Pour une période de retour de 10 ans, le débit de pointe de ce bassin versant peut avoisiner les 0,5 m³/s. Cela correspond à une canalisation en béton de **500mm de diamètre avec une pente de 2%** (0,02 m/m). La pente moyenne de profil en long de la figure ci-dessus est de 1,6 %. Si la

pente est de 1%, cela correspond plutôt à une canalisation **en béton de 600 mm de diamètre** à pleine capacité (environ 0,6 m³/s).

Pour que le nouveau réseau puisse reprendre une pluie de période de retour supérieur à 10 ans, les canalisations à poser sont de diamètre nettement supérieur. Au vu des différents éléments à franchir (pente faible, traversée de voirie, ...) il n'est pas concevable de poser des canalisations d'un tel diamètre.

En conclusion, cette solution permettrait d'améliorer la situation pour une pluie de projet de période de retour inférieure à 10 ans, pour autant qu'il soit possible de poser une canalisation de 600mm de diamètre. Pour des pluies de projet de période de retour supérieure, l'eau n'étant pas reprise dans cette nouvelle canalisation suivrait son cheminement actuel et la situation serait inchangée. Seul un avant-projet précis permettrait de déterminer le diamètre de la canalisation qu'il est possible de poser.

Vous trouverez aux pages suivantes un estimatif budgétaire pour la pose d'une canalisation de 500mm puis 600mm de diamètre sur 310m.



Remplacement d'égouttage à Aubange - Rue Hansel

Egouttage dédié aux eaux claires - Pose d'un réseau de 500mm de diamètre sur 310m

diamètre	500 mm
largeur	1,3 m
longueur	310 m
surface	403 m ²

	P.U.	Quantité	Montant
1) Démolitions sélectives (sciage, fraisage, démolition fondation et évacuation des déchets)	50 €/m ²	403 m ²	20.150 €
2) Terrassements (profondeur moyenne de 2m, y compris évacuation des déchets)	140 €/m ²	403 m ²	56.420 €
3) Tuyaux (Y compris enrobage)	500 €/m	310 m	155.000 €
4) Chambre de visite (on compte en moyenne une chambre tous les 40 mètres)	2500 €/p	5 p	12.500 €
5) Raccordements particuliers	1500 €/p	0 p	0 €
6) Réfection de voirie (sous-fondation, fondation et 2 couches de revêtement) Cfr forfait voirie	80 €/m	90 m	7.200 €
7) Divers (passage caméra 5€/m, plans as-built 1500€, état des lieux 500€, signalisation 1000€, SR 5000€)	9550 €/p	1 p	9.550 €
8) Evacuation et traitement terre type 5	50 €/m ³	806 m ³	40.300 €
	TOTAL		301.120 €



Remplacement d'égouttage à Aubange - Rue Hansel

Egouttage dédié aux eaux claires - Pose d'un réseau de 600mm de diamètre sur 310m

diamètre	600 mm
largeur	1,57 m
longueur	310 m
surface	486,7 m ²

	P.U.	Quantité	Montant
1) Démolitions sélectives (sciage, fraisage, démolition fondation et évacuation des déchets)	50 €/m ²	486,7 m ²	24.335 €
2) Terrassements (profondeur moyenne de 2m, y compris évacuation des déchets)	140 €/m ²	486,7 m ²	68.138 €
3) Tuyaux (Y compris enrobage)	600 €/m	310 m	186.000 €
4) Chambre de visite (on compte en moyenne une chambre tous les 40 mètres)	2500 €/p	5 p	12.500 €
5) Raccordements particuliers	1500 €/p	0 p	0 €
6) Réfection de voirie (sous-fondation, fondation et 2 couches de revêtement) Cfr forfait voirie	80 €/m	90 m	7.200 €
7) Divers (passage caméra 5€/m, plans as-built 1500€, état des lieux 500€, signalisation 1000€, SR 5000€)	9550 €/p	1 p	9.550 €
8) Evacuation et traitement terre type 5	50 €/m ³	973,4 m ³	48.670 €
	TOTAL		356.393 €

3. Temporiser les eaux de ruissellement agricole (LIDAXE) et les rejeter vers la nouvelle canalisation (abordée au point 2).

Afin d'augmenter le niveau de protection, une zone d'immersion temporaire peut être mise en place. Le débit ajuté de cette ZIT suivrait le tracé de la nouvelle canalisation abordée ci-avant. Le déversoir de crue, activé lorsque la ZIT est pleine et dépassée, serait orienté de manière à ce que le flux d'eau rejoigne le tracé actuel.

Les ZIT peuvent généralement être dimensionnées pour temporiser les eaux de pluie de période de retour entre 25 et 50 ans, suivant la topographie naturelle du site.

Deux sites propices à l'implantation d'une ZIT sont abordés dans la suite de ce rapport. La première zone étudiée se situe juste en amont de la reprise de l'axe de ruissellement dans le réseau d'égouttage. La figure suivante reprend l'emprise inondée pour une digue de 2 m et 3 m de haut par rapport au point bas, et leurs volumes de rétention disponibles associés.



Figure 49 – Zone potentielle 1 pour l'aménagement d'une ZIT

Cette première zone étudiée apparaît pour beaucoup comme une zone propice pouvant stocker de l'eau. Naturellement, lors d'événement important, une partie de cette zone est immergée, avant d'alimenter le jardin puis l'habitation n°2 de la rue Hansel. Néanmoins, bien que le fossé soit encaissé et qu'une légère vallée soit marquée à cet endroit le stockage disponible n'est pas important. De plus, la forme de la digue devrait suivre les parcelles cadastrales afin de protéger les jardins des habitations privées et le cimetière. La longueur de digue (et donc les coûts associés) est importante. Pour une hauteur de digue de 2m, le stockage disponible sur site est de 1478 m³. Ce stockage est insuffisant pour temporiser les eaux de ruissellement de ce bassin versant. Pour une

hauteur de digue de 3m, le stockage disponible est de 4765 m³. Cette valeur se rapproche des valeurs attendues pour ce type d'ouvrage. La vidange de cette ZIT devrait être faite par la canalisation existante, puis celle-ci est située trop en aval pour espérer suivre le tracé de la nouvelle canalisation abordée au point précédent. Bien qu'il ne soit pas totalement exclu de créer une ZIT sur cette zone, cette dernière n'apparaît pas comme une zone idéale. De surcroît, la canalisation ajoutée en sortie de ZIT ne peut pas suivre le tracé de la nouvelle canalisation abordée dans le point précédent.

Dès lors, une seconde zone a également été étudiée. La figure suivante situe la zone étudiée et la possible emprise inondée par cette nouvelle digue.

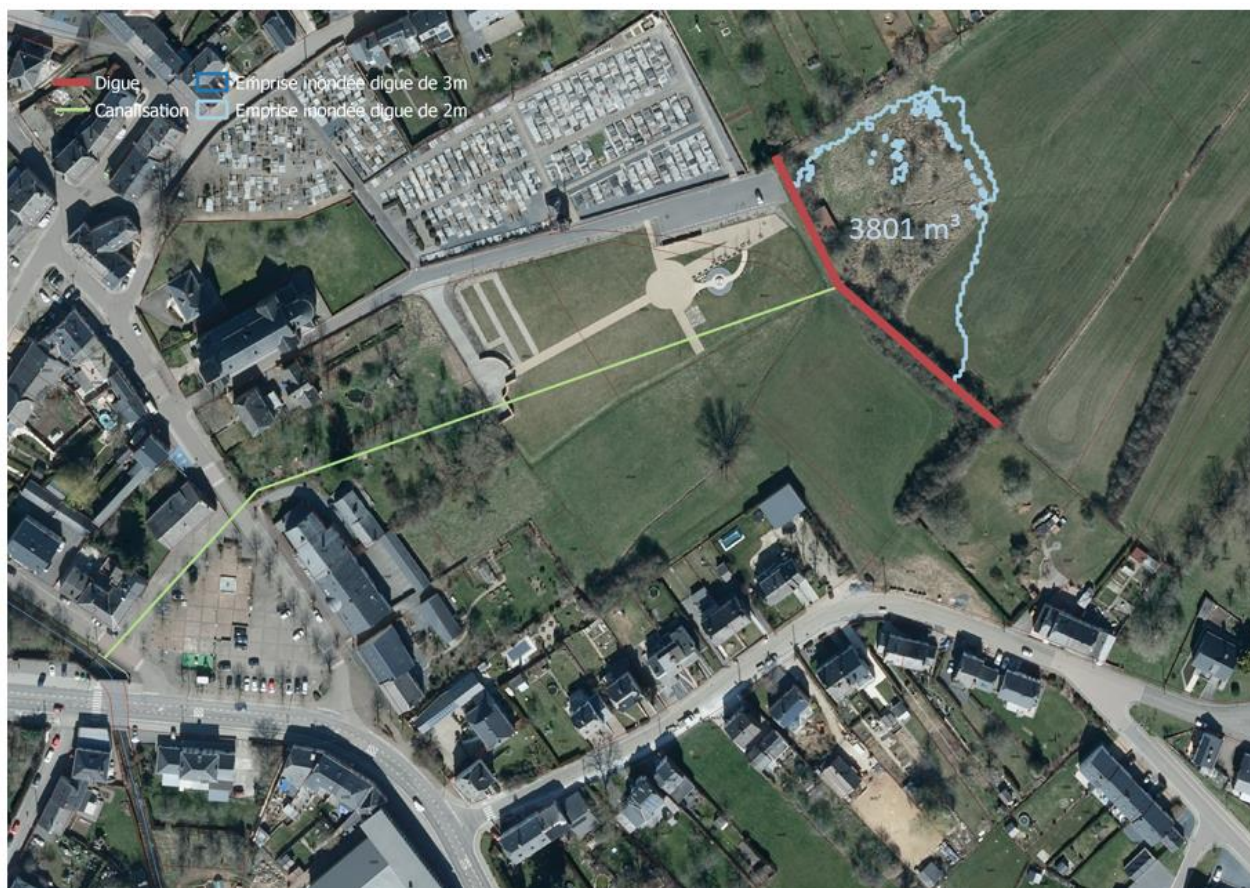


Figure 50 – Zone potentielle 2 pour l'aménagement d'une ZIT

Cette zone semble bien plus intéressante. En effet, bien que la longueur de digue soit importante (environ 115m), le stockage possible pour une hauteur de digue de 2m est de 3801m³. L'emprise inondée est de fait plus étendue, mais n'affecte qu'une seule parcelle cadastrale. De plus, la ZIT est située en amont du cimetière, ce qui permet à son évacuation de suivre le tracé de la nouvelle canalisation évoqué au point précédent.

De ce fait, la canalisation ajoutée de cette ZIT, estimé grossièrement à ce stade à une canalisation de 315mm de diamètre, pourrait suivre le tracé évoqué. La création de cette ZIT permet de réduire considérablement la taille de la canalisation à poser (315mm de diamètre à la place de 600mm de diamètre), d'augmenter la protection des habitations jusqu'à des pluies de projet de période de retour de 25 à 50 ans (à déterminer dans une étude plus approfondie). La hauteur de digue limitée (2m au point le plus haut pour un stockage disponible de 3801m³) permet une meilleure intégration paysagère. Le volume exacte à retenir en fonction d'un débit de fuite précis doit également faire l'objet d'une étude plus approfondie. Celle-ci permettra de dimensionner précisément l'ouvrage, ce

qui n'est pas l'objet de la présente étude. **A ce stade, cette zone apparaît comme une zone propice à l'implantation d'une ZIT, à proximité des enjeux à protéger.**

Vous trouverez ci-joint l'estimatif budgétaire grossier pour la création d'une zone d'immersion temporaire et la pose de 310m de canalisation de diamètre 315mm.

Zone d'immersion temporaire (ZIT)	Quantité	Unité	Prix unitaire [€/U]	Prix total [€]
Ouvrage de régulation				60.000,00
Pertuis	1	fft	35.000,00	35.000,00
Déversoir	1	fft	15.000,00	15.000,00
Vanne	1	pc	7.000,00	7.000,00
Dégrilleur	1	pc	3.000,00	3.000,00
Digue				128.000,00
Terrassement	1	fft	30.000,00	30.000,00
Remblai	1000	m³	20,00	20.000,00
Soutènement - palplanches	600	m²	130,00	78.000,00
Frais divers				45.000,00
Emprise foncière	1	ha	40.000,00	40.000,00
Essais de sol	1	fft	5.000,00	5.000,00
TOTAL (HTVA)				233.000,00

Tableau 5 - Estimatif budgétaire pour les coûts de construction d'une digue pour la création d'une ZIT

A noter que le tableau 5 reprend un estimatif global du coût de la création d'une ZIT. Bien que les coûts relatifs à l'emprise foncière soient pris en compte, les coûts relatifs aux frais d'études divers ne le sont pas. Il s'agit ici d'une première estimation grossière. Seule une étude plus détaillée donnant un dimensionnement précis de cette ZIT permettrait d'affiner cet estimatif.



Remplacement d'égouttage à Aubange - Rue Hansel

Egouttage dédié aux eaux claires - Pose d'un réseau de 315mm de diamètre sur 310m

diamètre	315 mm
largeur	1,078 m
longueur	310 m
surface	334,18 m ²

	P.U.	Quantité	Montant
1) Démolitions sélectives (sciage, fraisage, démolition fondation et évacuation des déchets)	50 €/m ²	334,18 m ²	16.709 €
2) Terrassements (profondeur moyenne de 2m, y compris évacuation des déchets)	140 €/m ²	334,18 m ²	46.785 €
3) Tuyaux (Y compris enrobage)	300 €/m	310 m	93.000 €
4) Chambre de visite (on compte en moyenne une chambre tous les 40 mètres)	2500 €/p	5 p	12.500 €
5) Raccordements particuliers	1500 €/p	0 p	0 €
6) Réfection de voirie (sous-fondation, fondation et 2 couches de revêtement) Cfr forfait voirie	80 €/m	90 m	7.200 €
7) Divers (passage caméra 5€/m, plans as-built 1500€, état des lieux 500€, signalisation 1000€, SR 5000€)	9550 €/p	1 p	9.550 €
8) Evacuation et traitement terre type 5	50 €/m ³	668,36 m ³	33.418 €
		TOTAL	219.162 €

5.2.2.2.3. PROTECTION DE L'HABITATION NUMERO 2 RUE HANSEL

En complément des propositions d'aménagement précédentes, des protections individuelles au niveau des habitations les plus vulnérables pourraient être envisagées. L'habitation numéro 2 de la rue Hansel est la principale habitation affectée. Ces protections peuvent se placer à différents endroits. L'objectif est de boucher les ouvertures non étanches du bâtiment pour une hauteur d'eau allant jusqu'à 80cm. Il est néanmoins nécessaire de s'assurer également de l'étanchéité des murs et de leur stabilité. Le budget pour ce type de protection est estimé de 2000€ à 3000€ par ouverture suivant la taille de celle-ci.

Ce type d'aménagement est une mesure de protection pure, permettant de réduire considérablement le coût des dégâts subis et de réduire la vulnérabilité de l'habitation. Cette solution est prévue pour protéger les bâtiments contre des inondations pour des pluies à périodes de retour importante. Cette mesure peut être complémentaire à l'implantation d'une ZIT. Lorsque celle-ci sera dépassée (pluie extrême faisant débordée celle-ci), les protections individuelles peuvent jouer leur rôle. La mise en place de ces deux mesures simultanées est optimale. Même pour des pluies de période de retour extrême (>50 ans), la temporisation réalisée par la ZIT permettra de gagner un précieux temps, nécessaire à l'installation de ces protections individuelles.

Vous pouvez retrouver à l'adresse suivante une liste complète des protections individuelles existantes sur le marché européen :

<https://airtable.com/appePUXZmNBOZcGXd/shrwdJ8aPa6R2yqMW/tbl8DqjOkt2zGpxwY>

5.2.2.3. PROJET D'URBANISATION

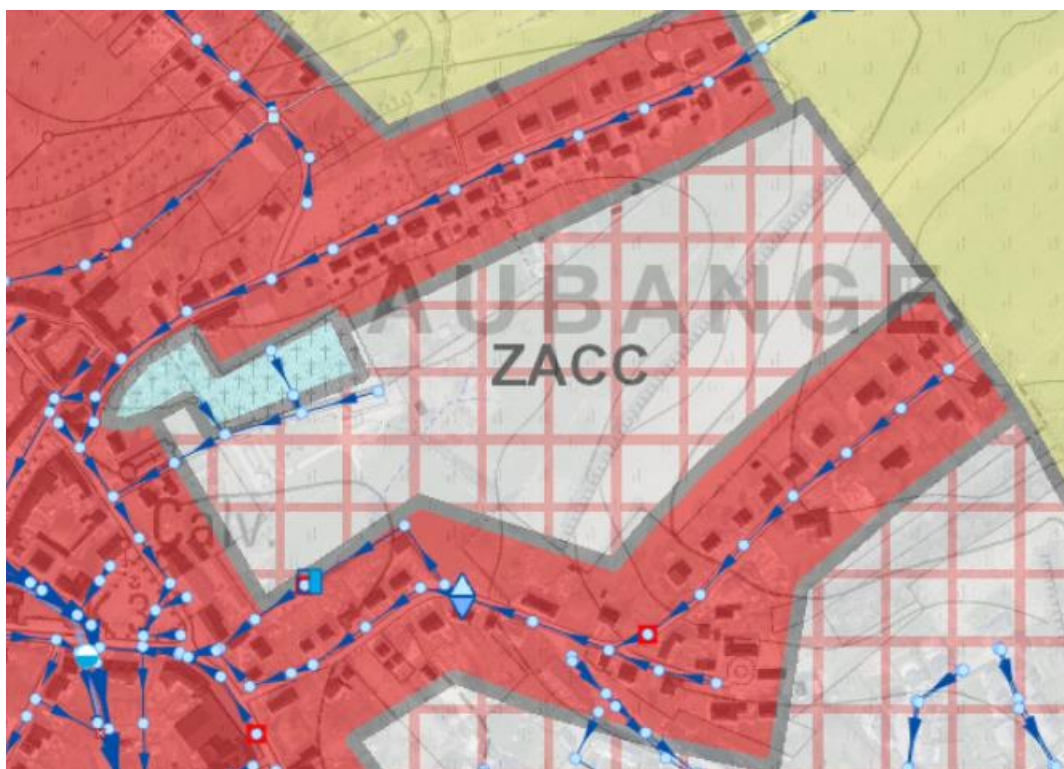


Figure 51 – Mise en évidence de la ZACC

Juste en amont des problèmes d'inondation observés, une Zone d'Aménagement Concerté Communal s'étend sur environ 9,5 hectares. Bien qu'actuellement, aucun projet concret n'ait été communiqué, il est important d'attirer l'attention sur ce point. A ce jour, avec une occupation du sol uniquement constituée de prairies sur le périmètre de la ZACC, des problèmes d'inondation et de saturation des canalisations sont déjà observés. En acceptant d'urbaniser ces prairies, le coefficient de ruissellement va radicalement changer et les problèmes risquent d'être amplifiés.

Il est primordial que la Ville d'Aubange soit attentive à ce que, si un projet d'urbanisation de cette ZACC aboutissait, des mesures compensatoires soient prises pour lutter contre la création de ruissellement. Au minimum, la Ville d'Aubange devrait veiller à ce que les eaux pluviales générées sur la surface du projet soient temporisées et rejetées à raison de 5 l/s/ha. Vu la surface actuelle de la ZACC, cette règle pourrait augmenter le débit de pointe dans la canalisation de près de 45 l/s (9ha x 5l/s/ha). Ce débit n'est pas négligeable. Pour comparaison, l'optimisation du DO a fait gagner 28 l/s/ha.

La Ville peut également décider de durcir cette règle en diminuant le débit d'ajutage. Diminuer le débit d'ajutage à 2 l/s/ha permet de générer, si l'urbanisation de cette zone est totale, un débit de pointe de 18 l/s/ha.

Mieux encore, les projets d'urbanisation peuvent être orientés vers de nouvelles visions de la gestion intégrée des eaux pluviales, en développant un projet visant le zéro rejet pour des pluies de projet à période de retour centennale. A ce sujet, en Belgique, plusieurs Villes, comme Liège ou Bruxelles, se tournent désormais vers cette vision intégrée et/ou durable afin d'éviter et/ou de diminuer la saturation des réseaux d'égouttage.

Vous trouverez, pour votre parfaite information, la vision développée par Bruxelles Environnement :

<https://environnement.brussels/citoyen/mieux-comprendre-le-principe-du-0-rejet-deaux-de-pluie-legout>

Pour la Ville de Liège, vous trouverez au lien suivant un cahier pratique de gestion intégrée des eaux pluviales. Ce cahier pratique présente les fondamentaux à inclure dès la genèse de la conception d'un projet.

<https://www.liege.be/fr/vie-communale/services-communaux/urbanisme/publications/cahier-pratique-gestion-integree-des-eaux-pluviales>

Enfin, au niveau de la Wallonie, vous trouverez au lien suivant le Référentiel de gestion durable des eaux pluviales. « *Une gestion durable des eaux pluviales consiste à limiter autant que possible la mise en mouvement des eaux de pluie récoltées au sein de parcelles ou de sites partiellement bâtis. Ceci doit permettre de réduire les impacts environnementaux et économiques liés à la gestion de l'eau ainsi que les risques d'inondation en aval du projet.* »

<https://ediwall.wallonie.be/referentiel-gestion-durable-des-eaux-pluviales-2023-numerique-111042>

5.2.3. ZONE SENSIBLE 3 – CANALISATION DEDIEE AUX EAUX USEES

5.2.3.1. CONSTAT GLOBAL



Figure 52 – Identification de la zone sensible 3

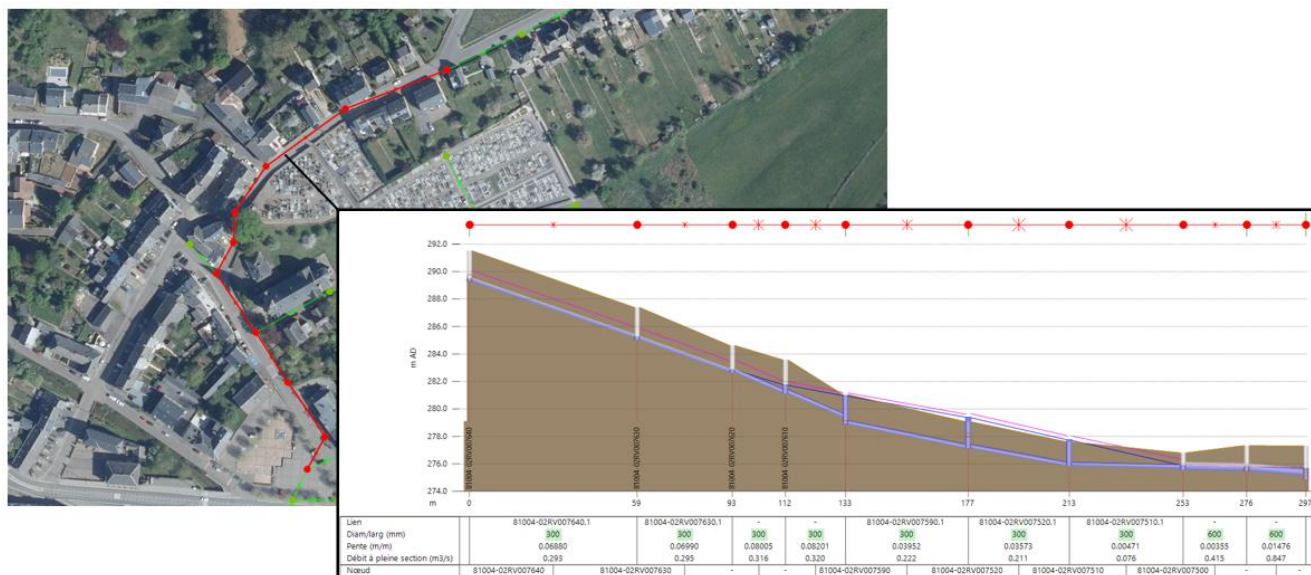


Figure 53 – Profil en long de la zone sensible 3 (pdr = 5 ans)

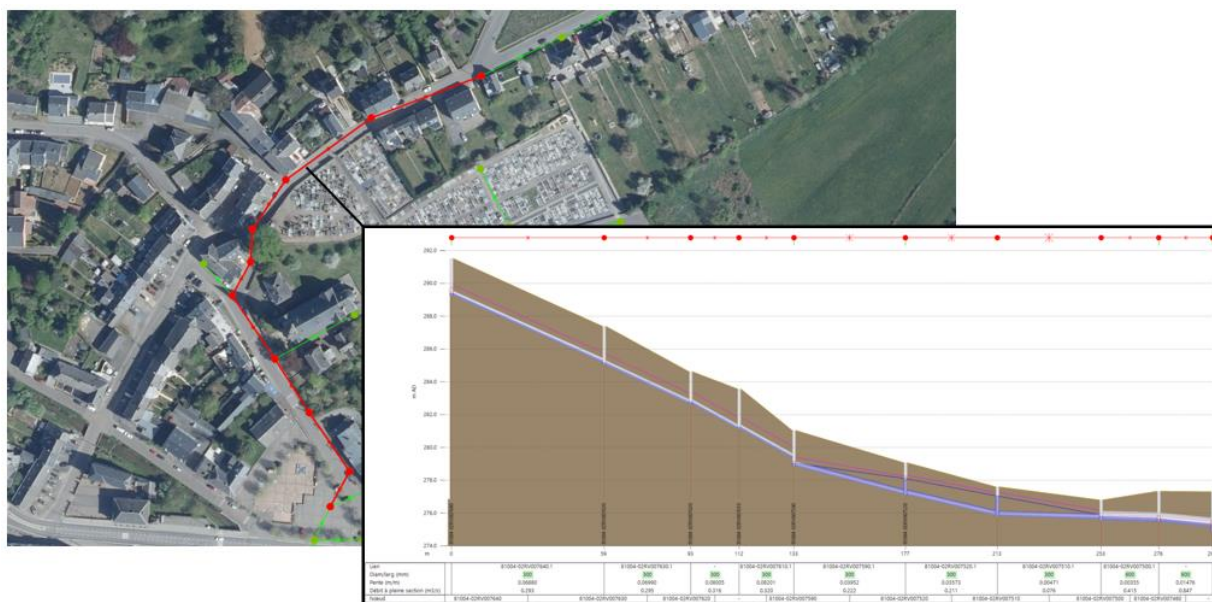


Figure 54 – Profil en long de la zone sensible 3 (pdr = 2 ans)

Ce tronçon a été identifié par le modèle comme une zone sensible. En effet, pour une pluie de projet de période de retour de 5 ans, une partie du tronçon se met en charge. Le tronçon concerné subit une perte de capacité à pleine section due à la perte de pente dans le bas de la rue Hansel. Un débordement est observé sur l'une des chambres. Dans la pratique, selon les informations dont on dispose, ce problème n'a jamais été observé. Ce point n'est donc pas prioritaire, mais il n'en reste pas moins sensible. Si la route communale et la place abbé Michel Gigi était réaménagée, ces canalisations pourraient être remplacées.

5.2.3.2. PROPOSITION D'AMENAGEMENT

L'illustration suivante montre les effets du remplacement de deux tronçons limitants de 300mm de diamètre en canalisation de 500mm de diamètre dans le bas de la rue Hansel. Les effets sur l'aval seront abordés juste après.



Figure 55 – Profil en long de la zone sensible 3 réaménagée (pdr = 5 ans)

Ce remplacement des deux canalisations incriminées résout totalement le problème pour une pluie de projet de période de retour de 5 ans. Une mise en charge légère est observée pour une pluie de période de retour de 10 ans. Pour rappel, la norme NBN_EN_752 impose, pour les zones habitées rurales, que le réseau d'égouttage puis reprendre un orage dont la période de retour est inférieure ou égale à 2 ans sans mise en charge.

Vous trouvez à la page suivante un estimatif budgétaire pour le remplacement de ces deux canalisations.



Remplacement d'égouttage à Aubange - Rue Hansel

Remplacement des deux tronçons DN300 en DN500

diamètre	500 mm
largeur	1,3 m
longueur	77 m
surface	100,1 m ²

	P.U.	Quantité	Montant
1) Démolitions sélectives (sciage, fraisage, démolition fondation et évacuation des déchets)	50 €/m ²	100,1 m ²	5.005 €
2) Terrassements (profondeur moyenne de 2m, y compris évacuation des déchets)	140 €/m ²	100,1 m ²	14.014 €
3) Tuyaux (Y compris enrobage)	500 €/m	77 m	38.500 €
4) Chambre de visite (on compte en moyenne une chambre tous les 40 mètres)	2500 €/p	3 p	7.500 €
5) Raccordements particuliers	1500 €/p	4 p	6.000 €
6) Réfection de voirie (sous-fondation, fondation et 2 couches de revêtement) Cfr forfait voirie	80 €/m	77 m	6.160 €
7) Divers (passage caméra 5€/m, plans as-built 1500€, état des lieux 500€, signalisation 1000€, SR 5000€)	8385 €/p	1 p	8.385 €
8) Evacuation et traitement terre type 5	50 €/m ³	200,2 m ³	10.010 €
TOTAL			95.574 €

Les figures suivantes reprennent les effets sur l'aval, à savoir le tronçon mis en évidence sur la première figure.



Figure 56 – Tronçon aval

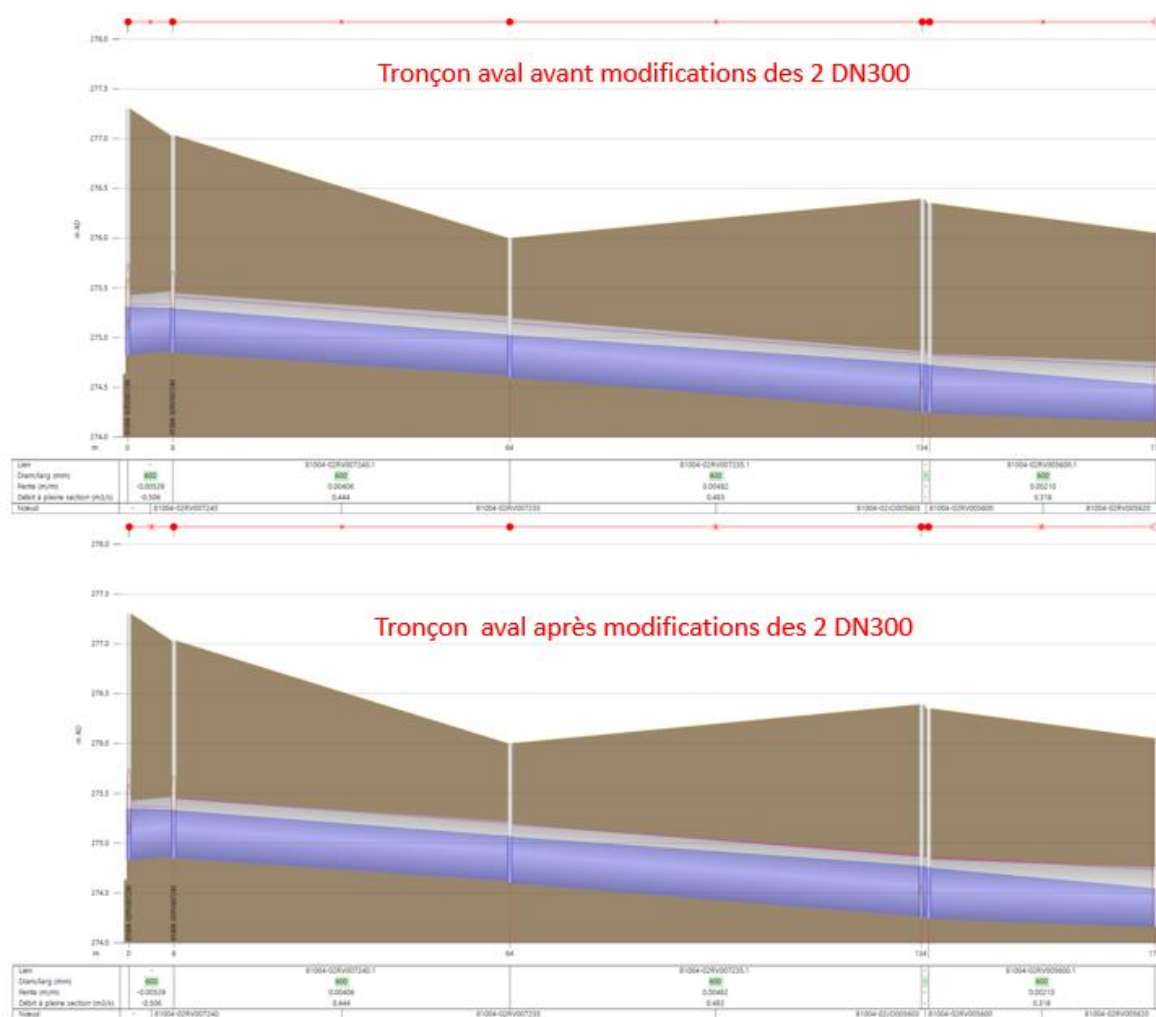


Figure 57 – Effets des modifications des deux DN300 en DN500 sur le tronçon aval (pdr = 2 ans)

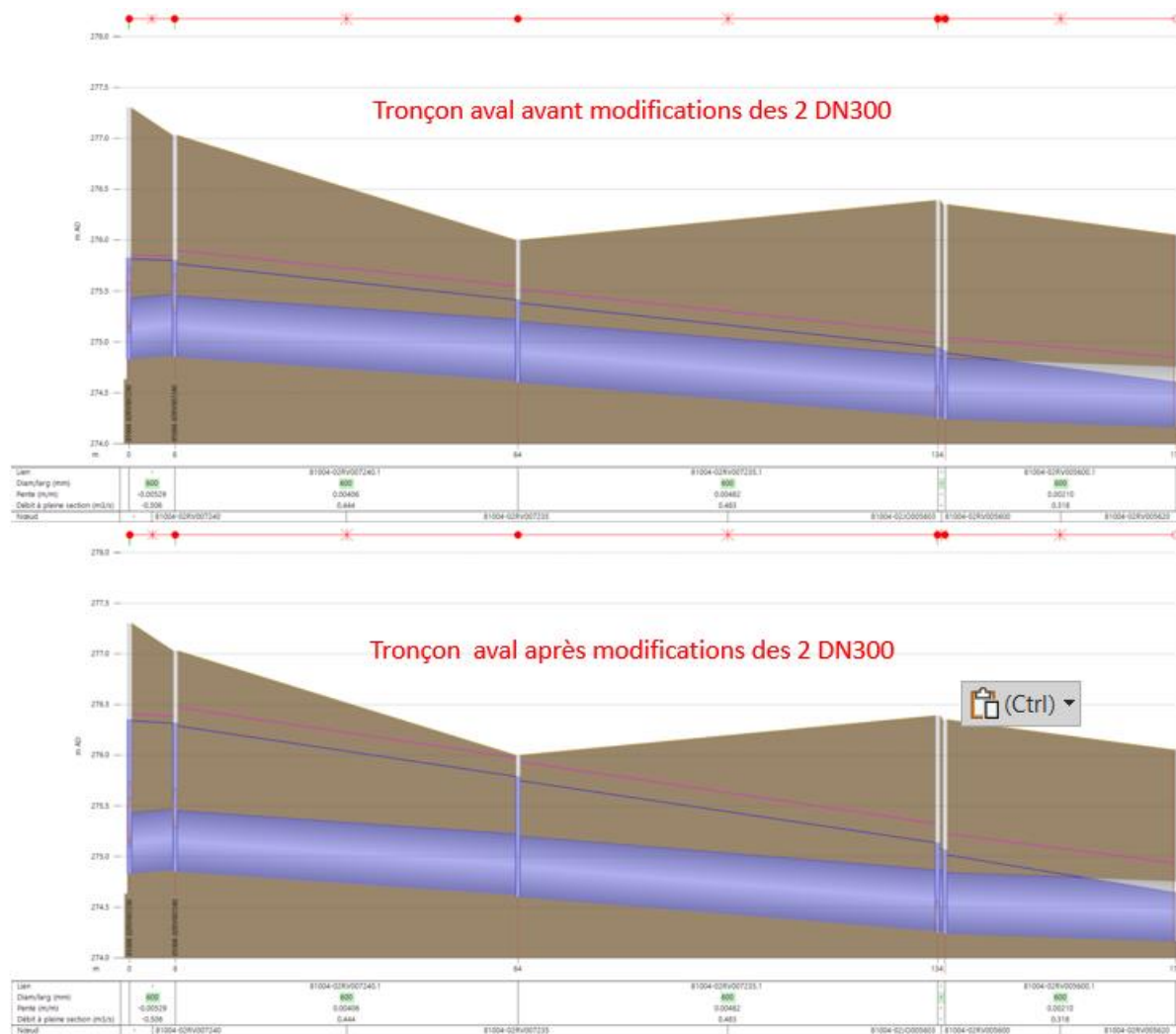


Figure 58 – Effets des modifications des deux DN300 en DN500 sur le tronçon aval (pdr = 10 ans)

Les figures précédentes montrent les effets négligeables du remplacement des deux DN300 par deux DN500 sur l'aval. Pour une pluie de projet de période de retour de 2 ans, les effets sont minimes. Pour une pluie de projet de période de retour de 10 ans, cette modification accentue légèrement et sur un court laps de temps la saturation de la canalisation, sans créer de débordement. Il n'y a pas de raccord particulier sur ces canalisations, et donc pas de risque de refoulement chez les habitants.

6. Conclusions

La présente étude avait pour objectif de :

- Caractériser le cheminement hydraulique sur l'ensemble du bassin versant contributif (égouttage, ruissellement ...)
- Appréhender le fonctionnement du réseau de collecte lors d'épisodes pluvieux importants en utilisant un logiciel de modélisation hydraulique,
- Proposer, s'il échet, des solutions techniques visant à réduire l'impact des épisodes pluvieux dans la zone considérée tant en prévention qu'en protection.

Grâce à une inspection complète du réseau (endoscopie), des données disponibles et de la connaissance actuelle, le réseau d'égouttage communal a pu être modélisé. Le logiciel utilisé est Infoworks ICM. Au-delà de la minutieuse paramétrisation du modèle, une campagne de mesure de la pluie et des débits effectuée du 19 décembre 2022 jusqu'au 02 février 2023 a permis de calibrer le modèle et de s'assurer de sa fiabilité.

Après un constat global sur l'ensemble du réseau, 3 zones sensibles ont pu être identifiées. L'analyse de ces trois zones sensibles a permis d'identifier des pistes de solutions à mettre en œuvre. Certaines solutions ont été écartées pour certaines du fait de leur non-pertinence d'un point de vue hydraulique et pour d'autre du fait de leur non-faisabilité technique, sur base d'une analyse de préfaisabilité.



Figure 59 – Rappel des trois zones sensibles identifiées

Le tableau suivant résume les solutions identifiées comme étant les plus pertinentes. Ces solutions ont fait l'objet d'une estimation budgétaire globale et sont associées à un objectif de protection, exprimé en période de retour.

Solution envisagée	Prix [€]	Niveau de protection
Zone sensible 1		
Optimisation du DO	3.000,00	Mesure complémentaire
Zone sensible 2		
Remplacement des canalisations dédiées aux eaux claires (scénario de remise à pente constante)	133.125,00	Faible (peu d'amélioration)
Nouvelle canalisation reprenant les eaux du cours d'eau non classé (500mm de diamètre)	301.120,00	< T10 ans
Nouvelle canalisation reprenant les eaux du cours d'eau non classé (600mm de diamètre)	356.393,00	< T10 ans
ZIT + Nouvelle canalisation reprenant les eaux du cours d'eau non classé (315mm de diamètre)	452.162,00	> T25 ans
Protections individuelles	9.000,00	>T50 ans
Zone sensible 3		
Remplacement des deux tronçons DN300 en DN 500	95.574,00	Pas d'impact sur la zone incriminée mais amélioration de la capacité hydraulique du réseau unitaire

Tableau 6 - Résumé des solutions à mettre en œuvre et de leurs coûts associés

La création d'une zone d'immersion temporaire combinée avec la pose d'une nouvelle canalisation reprenant les eaux du cours d'eau non classé semble être la solution la plus optimale. De plus, l'achat de protections individuelles pour les habitations impactées semble être un élément indispensable pour réduire l'ampleur des dégâts.

Pour rappel, la modélisation a été réalisée sur une hypothèse simple mais importante : le réseau d'égouttage communal est en bon état et en pleine capacité. Ponctuellement, comme à la reprise du cours d'eau non classé, des pertes de charges ont été simulées. Néanmoins, il est important de prendre en considération les conclusions réalisées dans le cadre de l'inspection de ce réseau et de se référer au rapport dégât de cette inspection. Pour autant, aucun accident hydraulique majeur, à l'exception de ceux abordés dans ce rapport, n'ont été observés lors de la visualisation des inspections. Les recommandations faites dans le cadre de celles-ci visent à maintenir durablement le réseau en bon état.