



**HAL**  
open science

# Diagnostic et modélisation hydraulique du réseau d'assainissement de Lampertheim : propositions de solutions pour limiter l'impact milieu et résoudre les problèmes d'inondations

Maëna Rocaboy

► **To cite this version:**

Maëna Rocaboy. Diagnostic et modélisation hydraulique du réseau d'assainissement de Lampertheim : propositions de solutions pour limiter l'impact milieu et résoudre les problèmes d'inondations. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2016. dumas-01580983

**HAL Id: dumas-01580983**

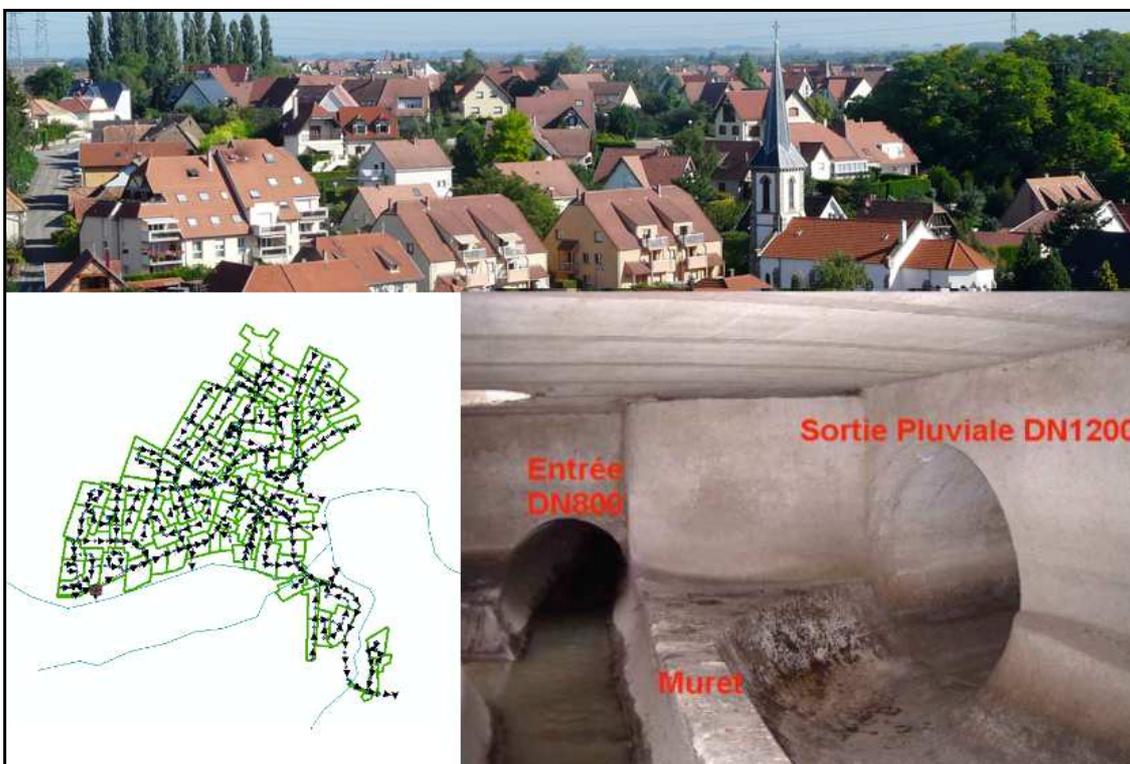
**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01580983>**

Submitted on 5 Jan 2022

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

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

*Diagnostic et modélisation hydraulique du réseau  
d'assainissement de Lampertheim :  
Proposition de solutions pour limiter l'impact milieu et résoudre  
les problèmes d'inondations.*



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES par apprentissage.

**Maître d'apprentissage :**

M. MALFROY-CAMINE Michaël

Ingénieur d'études

Eurométropole de Strasbourg – Service de l'eau et de l'assainissement –  
Département maîtrise d'ouvrages et prospectives

**Référent TFE :**

M. DUFRESNE Matthieu

Cofondateur et directeur scientifique  
3D Eau Strasbourg

**Période de réalisation de l'étude :**

Février à septembre 2016

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Michaël Malfroy-Camine, mon maître d'apprentissage, pour m'avoir fait découvrir durant ces trois années les agents et les métiers du Service de l'eau et de l'assainissement de l'Eurométropole de Strasbourg. Je le remercie pour son implication dans mon projet professionnel, ses conseils avisés et la relecture de l'ensemble de mes rapports.

J'exprime toute ma reconnaissance à Mathilde Bertani, Mishaal Khadaroo, Marc Rehm, Maxime Jenne, Martin Klein, Élodie Melart et Éric Heitzmann pour m'avoir aidé à construire le modèle hydraulique de Lampertheim, m'avoir aidé à comprendre les points-clés du réseau et leurs enjeux et m'avoir fourni les éléments nécessaires à la réalisation de ce mémoire. Aussi, je remercie l'équipe du DIGR, notamment Étienne Fritsch, Guillaume André et Charles Tettarasar pour leur participation active dans la vérification et la mise à jour du SIG. Je tiens également à remercier Yan Dabrowski et Estelle Jamin pour leurs conseils, l'expérience qu'ils ont mise à ma disposition durant ces trois années et la relecture de ce mémoire. Merci à tous ces agents pour leur disponibilité.

J'exprime toute ma gratitude à l'ensemble des agents de l'Eau et de l'Assainissement qui durant ces trois années m'ont accordé du temps pour me faire découvrir leur métier. Je les remercie de m'avoir intégré dans leur équipe et s'être impliqué dans mon projet professionnel. Une pensée particulière à Thierry Lux et Guy Ritleng, mes collègues de bureau, qui ont toujours le sourire.

Je remercie Nathalie Pasquet, notre chef de Service, pour m'avoir permis de réaliser ces trois années d'apprentissage au sein du Service de l'eau et de l'assainissement.

Je remercie mon tuteur école, Matthieu Dufresne, pour le suivi et les conseils qu'il m'a apportés tout au long de mon apprentissage.

Enfin, j'ai une pensée pour ma famille et mes amis qui par leur soutien et leurs encouragements m'ont permis de réussir mes études d'ingénieur.

## RESUME

### ***Diagnostic et modélisation hydraulique du réseau d'assainissement de Lampertheim : Proposition de solutions pour limiter l'impact milieu et résoudre les problèmes d'inondations.***

Le Service de l'eau et de l'assainissement de l'Eurométropole de Strasbourg mène l'essentiel de ces missions en régie et assure la maîtrise d'ouvrage sur l'ensemble de son territoire. Il garantit l'acheminement et le traitement des eaux usées et pluviales via son réseau d'assainissement et ses stations d'épuration. Il veille également à limiter les risques d'inondation et l'impact environnemental de son réseau sur le milieu naturel.

C'est dans ce contexte que l'Eurométropole de Strasbourg a fait le choix de réaliser une étude de diagnostic hydraulique de chaque commune afin de mieux connaître son réseau urbain et d'établir des programmes de travaux précis. Ces études s'appuient sur le Schéma Directeur d'Assainissement de l'Eurométropole validé en 2012.

Le modèle numérique de la commune de Lampertheim a été construit avec le logiciel Mike Urban. Une campagne de mesures réalisée en 2013 a permis d'affecter à ce modèle les caractéristiques essentielles à son bon fonctionnement. Après calage et validation, un modèle inondation et un modèle impact milieu ont été créés afin d'établir un diagnostic global du fonctionnement hydraulique du réseau.

Les résultats obtenus démontrent que Lampertheim n'est pas sujette aux inondations et qu'aucun aménagement n'est à prévoir. Pour l'impact milieu, l'étude met en avant le déclassement de 2 des 3 biefs de la commune. Des aménagements ont été proposés uniquement pour le bief 5.4 et permettent de respecter les critères d'impact milieu de l'Agence de l'Eau Rhin Meuse. La solution préconisée pour ce bief est le rehaussement des crêtes des deux déversoirs d'orage.

À court terme, il convient de poursuivre cette étude en améliorant la précision du calage, en proposant des aménagements pour les 2 autres biefs déclassés et en élaborant un programme de travaux. À long terme, il faudra lancer un appel d'offre afin d'effectuer les travaux et vérifier la conformité du nouvel indicateur de l'arrêté du 21 juillet 2015.

## **ABSTRACT**

### ***Diagnosis and hydraulic modelling of the Lampertheim's waste water network: Proposal of solutions to reduce the risk of flooding***

The sanitation and drinkable water department of the Eurometropole of Strasbourg leads most of its water tasks by itself, in 28 cities around the area. It guarantees transportation and treatment of wastewater and rainwater by a sewer system and wastewater treatment plants. Moreover, it works to limit floods risks in the urban area and to preserve environment from the impacts of sewage.

The Eurometropole of Strasbourg has chosen to make a hydraulic diagnosis of each city in order to know its waste network better. These studies are based on a global master plan of sanitation that has been approved in 2012.

The mathematical model of Lampertheim's City has been elaborated with Mike Urban software. A measurement campaign has been carried out in 2013. It permits to assign the essential model characteristics and to set numerical settings. Indeed, the "flood" and "environmental impact" models allow us to establish a full diagnosis of Lampertheim network.

The results were positive and no problem has been detected in matter of flooding. Nevertheless, in matter of environment, the model has shown a slight deterioration of water quality in parts of Souffel and Kolbsenbach rivers. Therefore, an urban planning has been proposed in order to respect the Rhin-Meuse Water Agency standards.

In the short run, this study must be improved by adjusting numerical settings. In the long run, the Eurometropole of Strasbourg has to launch a final urban planning and to verify the conformity of the 21 July 2015 order law in matter of sanitation and public health.

## SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Glossaire.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>Table des acronymes.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>Table des illustrations .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>Table des tableaux .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>Table des annexes.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>Introduction.....</b>   | <b>13</b> |
| <br>   |           |
| <b><u>PARTIE 1 - Environnement de travail et politique de gestion de l'assainissement à Strasbourg .....</u></b> | <b>14</b> |
| 1.1. Présentation de l'Eurométropole de Strasbourg .....   | 14        |
| 1.2. Présentation du service de l'eau et de l'Assainissement.....  | 14        |
| 1.2.1. Présentation du service.....  | 14        |
| 1.2.2. Gestion de l'assainissement .....   | 14        |
| 1.2.3. Schéma directeur d'assainissement .....   | 15        |
| 1.3. Réglementation territoriale de référence.....   | 16        |
| 1.4. Pilotage de la modélisation hydraulique assainissement .....  | 17        |
| <br>   |           |
| <b><u>PARTIE 2 - Contexte de l'étude .....</u></b>   | <b>20</b> |
| 2.1. Présentation du projet .....  | 20        |
| 2.2. Spécificités de la commune de Lampertheim .....   | 20        |
| 2.2.1. Présentation générale de Lampertheim .....  | 20        |
| 2.2.2. Descriptif de la nappe phréatique.....  | 20        |
| 2.2.3. Géologie du sous-sol .....  | 21        |
| 2.2.4. Réseau hydrographique .....   | 21        |
| 2.2.5. Délimitation des zones humides .....  | 23        |
| 2.2.6. Topographie .....   | 23        |
| 2.2.7. Plan local d'urbanisme et zonage assainissement .....   | 24        |
| 2.2.8. Délimitation du périmètre de protection de captage d'eau potable.....                                     | 25        |
| 2.2.9. Localisation des « plaintes inondation » .....  | 27        |
| 2.3. Spécificités du réseau d'assainissement .....   | 27        |
| 2.3.1. Architecture du réseau.....   | 27        |
| 2.3.2. Description du fonctionnement global du réseau.....   | 28        |
| 2.3.3. Pré-diagnostic établi par le schéma directeur d'assainissement .....                                      | 30        |
| <br>   |           |
| <b><u>PARTIE 3 - Campagne de mesures .....</u></b>   | <b>32</b> |
| 3.1. Données pluviométriques .....   | 32        |
| 3.1.1. Présentation des données pluviométriques mesurées .....   | 32        |
| 3.1.2. Caractéristiques des pluviomètres.....  | 33        |
| 3.1.3. Méthodologie d'analyse des données pluviométriques .....  | 33        |
| 3.2. Données des stations de pompage .....   | 34        |
| 3.3. Données issues de l'instrumentation du réseau.....  | 35        |
| 3.3.1. Choix des points de mesure .....  | 35        |
| 3.3.2. Description des appareils de mesure .....   | 35        |
| 3.3.3. Méthodologie d'analyse des données issues des capteurs.....   | 36        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b><u>PARTIE 4 - Construction du modèle</u></b> .....          | <b>38</b> |
| 4.1. Architecture du modèle .....                              | 38        |
| 4.2. Logiciel de modélisation.....                             | 39        |
| 4.3. Modélisation des ouvrages simples .....                   | 39        |
| 4.3.1. Nœuds .....   | 40        |
| 4.3.2. Tronçons.....   | 40        |
| 4.3.3. Déversoirs d'orage .....                                | 41        |
| 4.3.4. Stations de pompage.....                                | 42        |
| 4.4. Simplification du réseau.....                             | 43        |
| 4.5. Modélisation des bassins versants.....                    | 43        |
| 4.5.1. Le découpage des bassins versants.....                  | 43        |
| 4.5.2. L'aire.....   | 44        |
| 4.5.3. Le plus long chemin hydraulique.....                    | 44        |
| 4.5.4. La pente.....   | 45        |
| 4.5.5. Les coefficients d'imperméabilisation.....              | 45        |
| 4.5.6. Le point d'injection.....                               | 46        |
| 4.5.7. Le Lag-time .....                                       | 46        |
| 4.5.8. Les pertes initiales.....                               | 46        |
| 4.5.9. Le nombre d'Equivalent Habitant .....                   | 47        |
| 4.6. Avis critique sur la construction du modèle.....          | 48        |
| 4.6.1. Complexité du logiciel Mike Urban .....                 | 48        |
| 4.6.2. Modélisation des ouvrages .....                         | 48        |
| 4.6.3. Fonctionnement hydraulique des déversoirs d'orage ..... | 49        |
| 4.6.4. Simplification du réseau et des bassins versants .....  | 49        |
| <br>   |           |
| <b><u>PARTIE 5 - Calage et validation</u></b> .....            | <b>51</b> |
| 5.1. Calage du temps sec.....                                  | 51        |
| 5.1.1. Profil journalier de temps sec .....                    | 51        |
| 5.1.2. Eaux claires parasites .....                            | 52        |
| 5.1.3. Méthodologie pour le calage de temps sec .....          | 52        |
| 5.1.4. Résultats du calage de temps sec.....                   | 53        |
| 5.2. Calage et validation du temps de pluie.....               | 54        |
| 5.2.1. Méthodologie de sélection des pluies de calage .....    | 54        |
| 5.2.2. Calcul des surfaces actives .....                       | 55        |
| 5.2.3. Méthodologie de calage.....                             | 56        |
| 5.2.4. Résultats du calage.....                                | 57        |
| 5.2.5. Validation du calage .....                              | 57        |
| 5.3. Conclusion sur le calage et améliorations à prévoir ..... | 58        |
| <br>   |           |
| <b><u>PARTIE 6 - Modèle inondation</u></b> .....               | <b>59</b> |
| 6.1. Généralités .....   | 59        |
| 6.2. Synthèse des volumes débordés.....                        | 60        |
| 6.2.1. Débordement du RV27153.....                             | 60        |
| 6.2.2. Débordement du RV27229.....                             | 60        |
| 6.2.3. Débordement du RV27230.....                             | 61        |
| 6.2.4. Débordement du RV30243.....                             | 62        |
| 6.3. Analyse du débordement du RV30243 .....                   | 63        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PARTIE 7 - Modèle impact milieu .....</b>                    | <b>64</b> |
| 7.1. Méthodologie d'évaluation de l'impact milieu.....          | 64        |
| 7.2. Chronique des pluies retenues pour le calcul d'impact..... | 64        |
| 7.3. Méthodologie de calcul des déclassements .....             | 66        |
| 7.3.1. Les biefs étudiés dans ce rapport.....                   | 66        |
| 7.3.2. L'outil employé pour le calcul d'impact .....            | 66        |
| 7.4. Résultats du calcul d'impact initial.....                  | 67        |
| 7.4.1. Calcul d'impact pour le bief 5.2.....                    | 67        |
| 7.4.2. Calcul d'impact pour le bief 5.3bis .....                | 67        |
| 7.4.3. Calcul d'impact pour le bief 5.4.....                    | 67        |
| 7.4.4. Volumes déversés par les déversoirs d'orage .....        | 68        |
| 7.4.5. Volumes déversés par les pluies .....                    | 68        |
| 7.5. Elaboration de solutions .....                             | 70        |
| 7.5.1. Aménagement du bief 5.4.....                             | 70        |
| 7.5.2. Aménagement du bief 5.2.....                             | 73        |
| 7.6. Evolution de la réglementation.....                        | 74        |
| <br>  |           |
| <b>Conclusion .....</b>   | <b>75</b> |
| <b>Bibliographie .....</b>                                      | <b>76</b> |
| <b>Annexes.....</b>   | <b>79</b> |



*Pour faciliter la compréhension du rapport, le lecteur pourra se référer au plan de l'Annexe 15 "Synoptique générale de Lampertheim pour l'aide à la lecture du dossier"*

## GLOSSAIRE

| NOM  | SOURCE  | DEFINITION  |
|--|---|---|
| <b>Assainissement</b>  | Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse                | Ensemble des techniques de collecte, de transport et de traitement des eaux usées et pluviales d'une agglomération (assainissement collectif) ou d'une parcelle privée (assainissement non-collectif) avant leur rejet dans le milieu naturel. L'élimination des boues issues des dispositifs de traitement fait partie de l'assainissement.  |
| <b>Bassin d'orage</b>  | CHOCAT [3]  | Bassin de retenue installé sur un réseau unitaire, souvent juste à l'amont d'une station d'épuration, et destiné à stocker provisoirement tout ou partie du volume ruisselé généré par temps de pluie pour le restituer ultérieurement et à débit contrôlé à la station d'épuration.  |
| <b>Bassin de dépollution ou Bassin de pollution</b>              | CHOCAT [3]  | Bassin de retenue installé indifféremment sur un réseau unitaire ou sur un réseau séparatif et ayant pour fonction d'éviter de rejeter au milieu récepteur des effluents dont les caractéristiques polluantes ne sont pas tolérables par celui-ci.  |
| <b>Coefficient d'imperméabilisation</b>                          | CHOCAT [3]  | Rapport entre la surface imperméabilisée d'un bassin versant et sa surface totale.  |
| <b>Coefficient de ruissellement</b>                              | CHOCAT [3]  | Coefficient permettant de calculer le débit à l'exutoire d'un bassin versant.   |
| <b>Déversoir d'orage</b>   | CHOCAT [3]  | Ouvrage permettant le rejet direct d'une partie des effluents au milieu naturel lorsque le débit à l'amont dépasse une certaine valeur. Les déversoirs d'orage sont généralement installés sur les réseaux unitaires dans le but de limiter les apports au réseau aval et en particulier dans la station d'épuration en cas de pluie.   |
| <b>Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE)</b>                | Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer | La directive du 23 octobre 2000 adoptée par le Conseil et par le Parlement européen définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen. Cette directive joue un rôle stratégique et fondateur en matière de politique de l'eau. Elle fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces et eaux côtières) et pour les eaux souterraines.  |
| <b>Eaux pluviales ou Eaux de pluie (EP)</b>                      | EN 752 [34]   | Eaux issues des précipitations atmosphériques non encore chargées en matière de surface.  |
| <b>Eaux (Claires) Parasites (ECP)</b>                            | CHOCAT [3]  | Eaux qui transitent dans un réseau d'assainissement non conçu pour la recevoir, ce qui induit souvent des effets dommageables pour le fonctionnement des ouvrages, notamment les stations d'épuration.  |
| <b>Eaux usées (EU)</b>   | CHOCAT [3]  | Eaux ayant été utilisées par l'homme. On distingue généralement les eaux usées d'origine domestique et les eaux usées d'origine industrielle.   |
| <b>Etablissement public de Coopération Intercommunale (EPCI)</b> | DILA [7]  | Etablissement public regroupant des communes soit pour assurer certaines prestations (ramassage des ordures ménagères, assainissement, transports urbains...), soit pour élaborer de véritables projets de développement économique, d'aménagement ou d'urbanisme   |
| <b>ISO 9001</b>  | AB Certification  | La norme ISO 9001 est la référence internationale des entreprises en matière de certification des systèmes de management de la qualité dans tout domaine d'activité. Cette certification reconnaît l'efficacité d'une organisation et permet de garantir la confiance et la satisfaction de des clients d'une entreprise. L'ISO 9001 est un outil de travail permettant de mieux organiser, d'optimiser et d'améliorer le fonctionnement de l'entreprise. |

| NOM                                       | SOURCE              | DEFINITION   |
|---|---------------------|--|
| <b>OHSAS 18001</b>                        | AB Certification    | Norme de certification en matière de santé et de sécurité au travail. Elle permet à la direction d'un établissement de s'assurer que la réglementation applicable est maîtrisée, d'anticiper ses contraintes, d'améliorer les conditions de travail (ergonomie, risques musculosqueletiques...) et de répondre aux attentes des employés.  |
| <b>Lag-time</b>                           | CHOCAT [3]          | Mesure du décalage temporel entre deux signaux. En hydrologie, ce mot est utilisé pour désigner : <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ le décalage temporel induit par un bassin versant entre le signal d'entrée (hyétogramme de la pluie) et le signal de sortie (hydrogramme à l'exutoire) ;</li> <li>❖ Le décalage temporel entre l'hydrogramme d'entrée et l'hydrogramme de sortie pour n'importe quel élément constructif d'un système hydrologique (tronçon de réseau, bassin de retenue, etc.).</li> </ul> |
| <b>Leaping-Weir</b>                       | ICUBE, ENGEES [27]  | Déversoir d'orage particulier composé d'une ouverture dans le radier de l'ouvrage. Les eaux usées de temps sec chutent dans cette ouverture et les eaux excédentaires de temps de pluies sont évacuées par franchissement de l'ouverture.  |
| <b>Loëss</b>                              | BRGM                | Roche sédimentaire composée de particules d'argile, de calcaire et de quartz. Sa perméabilité est faible (entre 10 <sup>-5</sup> et 10 <sup>-7</sup> m/s) ce qui provoque de forts ruissellements par temps de pluie et limite la capacité d'infiltration des eaux.  |
| <b>Périmètre de protection éloignée</b>   | Eau France 2016 [8] | Facultatif, ce périmètre est créé si certaines activités sont susceptibles d'être à l'origine de pollutions importantes. Ce secteur correspond généralement à la zone d'alimentation du point de captage, voire à l'ensemble du bassin versant.  |
| <b>Périmètre de protection immédiate</b>  | Eau France 2016 [8] | Site de captage clôturé appartenant à une collectivité publique, dans la majorité des cas. Toutes les activités y sont interdites hormis celles relatives à l'exploitation et à l'entretien de l'ouvrage de prélèvement de l'eau et au périmètre lui-même. Son objectif est d'empêcher la détérioration des ouvrages et d'éviter le déversement de substances polluantes à proximité immédiate du captage.   |
| <b>Périmètre de protection rapprochée</b> | Eau France 2016 [8] | Secteur plus vaste (en général quelques hectares) pour lequel toute activité susceptible de provoquer une pollution y est interdite ou est soumise à prescription particulière (construction, dépôts, rejet, etc.). Son objectif est de prévenir la migration des polluants vers l'ouvrage de captage.   |
| <b>Pertes au ruissellement</b>            | CHOCAT [3]          | En hydrologie, les pertes au ruissellement correspondent à la partie de la lame d'eau reçue par un bassin versant qui ne contribue pas au ruissellement direct.  |
| <b>Pertes initiales (PI)</b>              | CHOCAT [3]          | Elles correspondent au stockage d'eau ruisselée dans les dépressions du sol, éventuellement à l'évaporation et par la rétention d'eau par la végétation.   |
| <b>Pluviomètre</b>                        | CHOCAT [3]          | Appareil de mesure du cumul des précipitations atmosphériques atteignant le sol.   |
| <b>Réseau d'assainissement</b>            | EN 752 [34]         | Ensemble des canalisations et d'ouvrages annexes qui transportent les eaux usées depuis les branchements vers la station d'épuration ou tout autre milieu récepteur.   |
| <b>Réseau d'assainissement urbain</b>     | EN752 [34]          | Ensemble de réseaux de collecte et de transport des eaux usées et autre eaux de pluie en zone urbaine.   |
| <b>Réseau unitaire</b>                    | Glossaire de l'Eau  | Réseau évacuant dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales.   |

| NOM                               | SOURCE                                 | DEFINITION  |
|-----------------------------------|--|---|
| <b>Station d'épuration (STEP)</b> | CHOCAT [3]                             | Ensemble des installations et dispositifs permettant d'épurer les eaux usées et les eaux résiduaires industrielles, en vue de leur réutilisation ou de leur rejet dans l'environnement, vers les lacs, rivières et mers.  |
| <b>Station de pompage (SP)</b>    | EN 752 [34]                            | Bâtiments, structures et équipements utilisés pour transférer les eaux usées par une conduite de relèvement ou tout autre dispositif de relevage.<br>On distingue habituellement plusieurs types :<br>❖ station de relèvement ;<br>❖ station de refoulement ;<br>❖ station de pompage en ligne. |
| <b>Tronçon</b>                    | ASTEEL [1]                             | Partie d'un branchement ou d'un collecteur située entre deux nœuds adjacents.   |
| <b>Trop-plein (TP)</b>            | ASTEEL [1]                             | Ouvrage qui permet de diriger l'excédent d'eau vers un autre point du réseau (bassin de stockage, milieu naturel, autre secteur du réseau).   |
| <b>Zone humide</b>                | Code de l'environnement (L.211-1) [39] | On entend par zone humide les terrains exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hydrophiles pendant au moins une partie de l'année.                |

## TABLE DES ACRONYMES

**AERM** : Agence de l'Eau Rhin-Meuse

**APRONA** : Association pour la protection de la nappe phréatique de la plaine d'Alsace

**AVP** : Avant-projet (procédure des marchés publics)

**BA** : Bassin d'orage ou Bassin de dépollution

**CTMO** : Comité Technique de Maîtrise d'Ouvrage

**DCE** : Directive Cadre européenne sur l'Eau

**DEPN** : Direction des Espaces Publics et Naturels

**DERU** : Directive Eaux Résiduaires Urbaines

**DESPU** : Direction de l'Environnement et des Services Publics Urbains

**DHI** : Danish Hydraulic Institute

**DO** : Déversoir d'orage

**DPREC** : Délégation Pilotages, Ressources, Environnement et Climat

**DUP** : Déclaration d'Utilité Publique

**ECP** : Eaux Claires Parasites

**EH** : Équivalent-Habitant

**EPCI** : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

**EU** : Eaux usées

**EP** : Eaux pluviales

**Fe** : Altitude d'un fil d'eau

**IOTA** : Installation, Ouvrages, Travaux et Aménagements soumis à la loi sur l'eau

**MNT** : Modèle Numérique de Terrain

**PLU** : Plan Local d'Urbanisme

**RSD** : Règlement Sanitaire Départemental

**SAEPC** : Service Aménagement Espace Public Communes

**SAFEGE** : Société Anonyme Française d'Études, de Gestion et d'Entreprises

**SDA** : Schéma Directeur d'Assainissement

**SDAGE** : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

**SAGE** : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

**SDEA** : Syndicat Des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle

**SEQ-Eau** : Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau

**SICEP** : Service Ingénierie et Conception d'Espaces Publics

**SIG** : Système d'information géographique

**SP** : Station de pompage

**STEP** : Station d'épuration

**TN** : Altitude du terrain naturel

**TP** : Trop-plein

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Figure 1  | Le service de l'eau et de l'assainissement dans l'organigramme général de l'Eurométropole .....   | 15 |
| Figure 2  | Schématisation de la procédure de mise en application du schéma directeur d'assainissement.....   | 17 |
| Figure 3  | Localisation de la commune de Lampertheim .....   | 21 |
| Figure 4  | Délimitation des zones de Loess à Lampertheim.....  | 22 |
| Figure 5  | Présentation du réseau hydrographique de Lampertheim.....   | 23 |
| Figure 6  | Délimitation des zones humides à Lampertheim.....   | 24 |
| Figure 7  | Variation de la topographie à Lampertheim .....   | 25 |
| Figure 8  | Présentation du zonage assainissement et des zones à urbaniser d'après le PLU .....   | 26 |
| Figure 9  | Délimitation des périmètres de protection de captage à Lampertheim.....   | 27 |
| Figure 10 | Inondation et coulée de boue à l'entrée est de Lampertheim le 28/05/2016 .....  | 28 |
| Figure 11 | Architecture du réseau d'assainissement de Lampertheim.....   | 29 |
| Figure 12 | Synoptique détaillé du réseau d'assainissement de Lampertheim.....  | 30 |
| Figure 13 | Profil en long illustrant la mise en charge du réseau à l'amont de la SP105 .....   | 32 |
| Figure 14 | Localisation des points de mesure et des pluviomètres à Lampertheim, Mundolsheim et Vendenheim.   | 33 |
| Figure 15 | Exemple de comparaison entre les hyétogrammes précipités à Lampertheim, Vendenheim et Mundolsheim avec l'hydrogramme de débit mesuré dans le DO205..... | 35 |
| Figure 16 | Schéma de principe d'un débitmètre de type hauteur/vitesse .....  | 37 |
| Figure 17 | Méthodologie d'analyse des données de la campagne de mesures.....   | 38 |
| Figure 18 | Architecture du modèle de Lampertheim dans Mike Urban .....   | 39 |
| Figure 19 | Exemple de fiche de renseignement d'un nœud.....  | 41 |
| Figure 20 | Exemple de fiche de renseignement d'un tronçon .....  | 41 |
| Figure 21 | Exemple de fusion de deux tronçons .....  | 42 |
| Figure 22 | Exemple de construction d'un déversoir d'orage dans Mike Urban (DO201) .....  | 42 |
| Figure 23 | Exemple de fiche de renseignement d'un ouvrage de type « Weir » dans Mike Urban (DO201) .....   | 43 |
| Figure 24 | Exemple de construction d'une station de pompage dans Mike Urban (SP105).....   | 43 |
| Figure 25 | Exemple de fiche de renseignement d'un ouvrage du type « Pump » (SP105, pompe n°2).....   | 44 |
| Figure 26 | Préconisations du manuel de modélisation pour le découpage des bassins versant .....  | 45 |
| Figure 27 | Schématisation des différentes configurations pour le calcul des longueurs hydrauliques .....   | 46 |
| Figure 28 | Hydrogramme de temps sec au niveau du point DO203-aval pour la journée du 2 juillet 2013.....   | 52 |
| Figure 29 | Exemple d'une pluie de projet du type double triangle.....  | 60 |
| Figure 30 | Profil en long de la mise en charge du réseau au niveau du RV27229.....   | 62 |
| Figure 31 | Profil en long de la mise en charge du réseau au niveau du RV27230.....   | 62 |
| Figure 32 | Plan de situation du RV30243 .....  | 63 |
| Figure 33 | Profil en long de la mise en charge du réseau au niveau du RV30243.....   | 63 |
| Figure 34 | Valeurs du TN à proximité du RV30243 .....  | 64 |
| Figure 35 | Comparaison entre les volumes déversés brut et les volumes déversés avec la fréquence d'apparition pour le bief 5.2 .....                               | 70 |
| Figure 36 | Comparaison entre les volumes déversés brut et les volumes déversés avec la fréquence d'apparition pour le bief 5.4 .....                               | 70 |
| Figure 37 | Localisation des points de déversement pour le bief 5.4.....  | 71 |
| Figure 38 | Localisation des points de déversement pour le bief 5.2.....  | 74 |

## TABLE DES TABLEAUX

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tableau 1  | Réglementation territoriale de référence en matière de gestion de l'eau .....  | 18 |
| Tableau 2  | Statistiques du piézomètre de Lampertheim du 16/12/1986 au 01/06/2016 .....  | 22 |
| Tableau 3  | Classification de la qualité des masses d'eau de Lampertheim .....   | 23 |
| Tableau 4  | Description des activités interdites et réglementées pour un périmètre de protection rapproché .....                                       | 27 |
| Tableau 5  | Localisation et causes des plaintes inondation à Lampertheim depuis 2009 .....   | 28 |
| Tableau 6  | Caractéristiques de pluies mesurées par le pluviomètre de Lampertheim sur la période de la campagne de mesures .....                       | 34 |
| Tableau 7  | Présentation des points de mesure de la campagne de 2013 à Lampertheim .....   | 36 |
| Tableau 8  | Pourcentage de participation au ruissellement en fonction de la couche d'ArcGIS sélectionnée .....   | 46 |
| Tableau 9  | Valeurs validées des pertes initiales en fonction de la pente du bassin versant .....  | 48 |
| Tableau 10 | Exemple de réajustement des EH effectués sur les bassins versants de Mike Urban .....  | 48 |
| Tableau 11 | Comparaison des volumes déversés et des lignes d'eau amont pour un déversoir à crête basse et pour trois pluies d'occurrences variés ..... | 50 |
| Tableau 1  | Comparaison entre les volumes transités mesurés et les volumes transités calculés le 02/07/2013 .....                                      | 53 |
| Tableau 2  | Répartition des coefficients K estimés pour la journée du 02/07/2013 .....   | 54 |
| Tableau 3  | Calage de temps sec validé .....   | 54 |
| Tableau 4  | Critères de notation pour le choix des pluies de calage .....  | 55 |
| Tableau 5  | Caractéristiques des pluies sélectionnées pour le calage .....   | 56 |
| Tableau 6  | Valeurs des surfaces actives par bassin versant .....  | 56 |
| Tableau 7  | Seuils caractérisant le calage du modèle de Lampertheim .....  | 57 |
| Tableau 8  | Caractéristiques des pluies de projet testées .....  | 60 |
| Tableau 9  | Détail des débordements générés lors de la simulation des pluies de projet .....   | 61 |
| Tableau 10 | Limites des paramètres biologiques de classification des cours d'eau (SEQ-Eau) .....   | 65 |
| Tableau 11 | Groupes de pluies retenues pour le calcul d'impact .....   | 66 |
| Tableau 12 | Valeurs des concentrations des rejets unitaires en fonction de l'intensité de la pluie .....   | 66 |
| Tableau 13 | Paramètres à prendre en compte dans le calcul de l'impact milieu d'un bief .....   | 67 |
| Tableau 14 | Temps de déclassement du Bief 5.2 pendant la période sensible .....  | 68 |
| Tableau 15 | Temps de déclassement du Bief 5.3bis pendant la période sensible .....   | 68 |
| Tableau 16 | Temps de déclassement du Bief 5.4 pendant la période sensible .....  | 68 |
| Tableau 17 | Volumes déversés par les têtes de déversement pour les 13 pluies du SDA .....  | 69 |
| Tableau 18 | Temps de déclassement du Bief 5.4 pour la modification du fonctionnement du DO199 .....  | 72 |
| Tableau 19 | Temps de déclassement du Bief 5.4 pour la modification du fonctionnement du DO201 .....  | 72 |
| Tableau 20 | Temps de déclassement du Bief 5.4 pour la Solution 1 .....   | 73 |
| Tableau 21 | Temps de déclassement du Bief 5.4 pour la Solution 2 .....   | 73 |

## TABLE DES ANNEXES

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Annexe 1  | Synoptique générale du réseau d'assainissement de l'Eurométropole de Strasbourg .....   | 80  |
| Annexe 2  | Synoptique du réseau d'assainissement de Lampertheim .....                              | 81  |
| Annexe 3  | Résumé synthétique des fiches terrain .....   | 83  |
| Annexe 4  | La modélisation hydrologique et hydraulique .....                                       | 84  |
| Annexe 5  | Méthodologie de modélisation des ouvrages particuliers .....                            | 86  |
| Annexe 6  | Cartographie du découpage des bassins versants .....                                    | 96  |
| Annexe 7  | Paramètres des bassins versants avant et après calage .....                             | 97  |
| Annexe 8  | Hyétogrammes des pluies de calage et de validation .....                                | 99  |
| Annexe 9  | Résultats du calage et de la validation .....   | 100 |
| Annexe 10 | Généralités sur la construction des pluies de projet .....                              | 108 |
| Annexe 11 | Localisation des points de débordement .....  | 110 |
| Annexe 12 | Tableau complémentaire des 13 groupes de pluies .....                                   | 111 |
| Annexe 13 | Description de la méthode AERM .....  | 112 |
| Annexe 14 | Répercussions des aménagements du bief 5.4 sur les biefs à l'aval (5.3bis et 5.2) ..... | 113 |
| Annexe 15 | Synoptique générale de Lampertheim pour l'aide à la lecture du dossier .....            | 114 |

## INTRODUCTION

L'Eurométropole de Strasbourg mène en régie l'essentiel des missions d'assainissement et assure la maîtrise d'ouvrage pour l'ensemble des 28 communes de son territoire. Depuis le renouvellement de son schéma directeur d'assainissement en 2012, l'Eurométropole a comme objectif d'optimiser le fonctionnement de son réseau d'assainissement urbain et entreprend des études diagnostic par commune. Ces diagnostics doivent permettre de résoudre les problèmes d'inondation et d'impact milieu. Les solutions retenues pour l'optimisation des réseaux urbains donnent lieu à des programmes de travaux, incluant la problématique de gestion patrimoniale et les retours d'exploitation.

L'étude de diagnostic du fonctionnement hydraulique du réseau d'assainissement urbain de Lampertheim s'inscrit dans cette démarche. En effet, une analyse précise du fonctionnement des ouvrages, des plaintes liées aux inondations et de la vulnérabilité des cours d'eau est primordiale pour bien comprendre les enjeux associés au réseau de Lampertheim. Pour répondre à la problématique inondation et la problématique impact milieu, les démarches suivantes ont été entreprises :

- ❖ Acquérir une bonne connaissance du réseau à l'aide des études préexistantes, du système d'information géographique (SIG) et des visites de terrain ;
- ❖ Etablir un premier diagnostic de l'état du patrimoine et élaborer un bilan des dysfonctionnements et anomalies constatées ;
- ❖ Exploiter et analyser la fiabilité des données issues de l'instrumentation des ouvrages et de la campagne de mesures ;
- ❖ Créer un modèle hydraulique avec le logiciel Mike Urban ;
- ❖ Caler et valider le fonctionnement du modèle à l'aide des données de la campagne de mesures ;
- ❖ Identifier les défaillances par temps de pluie, en matière d'inondation et d'impact milieu, en comprendre les causes et trouver des solutions adaptées ;
- ❖ Proposer des améliorations pour la modélisation hydraulique de Lampertheim afin de préparer la reprise du modèle par un nouvel ingénieur modélisation à l'issue de ce TFE.

Dans les deux premières parties qui composent ce dossier, il est question de la politique de gestion de l'assainissement sur le territoire de l'Eurométropole de Strasbourg et de la description ciblée des contraintes s'appliquant à la zone d'étude. Ces deux chapitres ont pour objectif de permettre la compréhension des enjeux et du cadre réglementaire dans lequel s'inscrit ce diagnostic assainissement.

Dans la troisième partie de ce rapport sont décrites les spécificités de la campagne de mesures et l'analyse méthodologique des données mesurées. Cette étape a pour objectif de faciliter le calage du modèle par élimination des données non cohérentes ou des erreurs de mesures.

Dans la quatrième et la cinquième partie, les étapes de construction et de calage du modèle sont présentées. Il s'agit ici de définir les valeurs de l'ensemble des paramètres affectées au modèle, de choisir la méthodologie de modélisation des ouvrages simples et particuliers, et enfin, de faire coïncider au mieux les résultats modélisés avec les mesures de terrain. Pour ces deux chapitres, les démarches suivies et les paramètres choisis sont justifiés et critiqués.

La sixième et septième partie de ce dossier, précise les résultats des diagnostics inondation et impacts milieu obtenus avec le modèle calé de Lampertheim. Des aménagements ont été testés par modélisation pour permettre de solutionner les dysfonctionnements constatés et répondre aux objectifs de la norme NF 752-2 de 1996 et la Directive cadre sur l'eau de 2000.

Enfin, la conclusion de cette étude donne des précisions sur la qualité des résultats obtenus et la qualité de la modélisation du réseau urbain de Lampertheim. Des améliorations y sont proposées pour aider l'équipe du bureau d'études assainissement à retravailler ce modèle et le perfectionner.

## **PARTIE 1 - Environnement de travail et politique de gestion de l'assainissement à Strasbourg**

### **1.1. Présentation de l'Eurométropole de Strasbourg**

L'Eurométropole de Strasbourg est un établissement public de coopération intercommunale (EPCI) qui regroupe 28 communes. Depuis le 31 décembre 1966, la métropole strasbourgeoise exerce des compétences particulières sur son territoire et dispose de son propre budget. L'organisation politique de l'Eurométropole est similaire à celui des communes, il se compose d'un conseil métropolitain (organe délibérant) et d'un président aidé de ses vice-présidents (organe exécutif).

#### **123** Chiffres clés de l'Eurométropole [1] :

- ❖ 7 000 agents ;
- ❖ 28 communes ;
- ❖ 483 194 habitants en 2015 ;
- ❖ 315,93 km<sup>2</sup> ;
- ❖ 43% de la population du Bas-Rhin ;
- ❖ 25% de la population alsacienne.

En janvier 2017, la communauté de commune des Châteaux intégrera l'Eurométropole, soit cinq communes et 6 480 habitants.

### **1.2. Présentation du service de l'eau et de l'Assainissement**

#### **1.2.1. Présentation du service**

Le service de l'eau et de l'assainissement appartient à la direction de l'environnement et des services publics urbains (DESPU) et plus largement à la délégation pilotages, ressources, environnement et climat (DPREC) (cf. Figure 1).



**Figure 1** Le service de l'eau et de l'assainissement dans l'organigramme général de l'Eurométropole [14]

Le service de l'eau et de l'assainissement a été créé au 1<sup>er</sup> janvier 2016. Auparavant, il existait deux services distincts. Un projet de réorganisation du service est en cours d'élaboration et sera effectif début 2017. L'objectif est de mutualiser les moyens et les missions de manière efficiente.

Le service de l'eau et de l'assainissement est maître d'ouvrage sur l'ensemble du territoire de l'Eurométropole. Au quotidien, 313 agents travaillent pour assurer le cycle urbain de l'eau. Ils se distinguent en deux groupes : 188 agents assurent la compétence eau (production, transport, distribution) et 125 agents assurent la compétence assainissement (collecte, transport, traitement).

#### **1.2.2. Gestion de l'assainissement**

Le service de l'eau et de l'assainissement de l'Eurométropole garantit l'acheminement et le traitement des eaux usées et pluviales via le réseau d'assainissement et les stations d'épuration (cf. Annexe 1). Il doit également veiller à limiter les impacts environnementaux en maîtrisant les rejets au milieu naturel dans

l'objectif du retour au bon état écologique des cours d'eau. Depuis août 2015, le service de l'assainissement est certifié ISO 9001 et OHSAS 18001.

Le service mène l'essentiel des missions d'assainissement en régie et assure la maîtrise d'ouvrage sur l'ensemble de son territoire. Le contrôle, l'entretien et l'exploitation des réseaux d'assainissement sont assurés par :

- ⇒ l'Eurométropole pour 5 communes (dont Strasbourg) ;
- ⇒ le Syndicat Des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle (SDEA) pour les 23 autres communes.

### **123** Chiffres clés du réseau d'assainissement [17] :

- ❖ 479 643 habitants desservis
- ❖ 1 692 kilomètres de réseaux, dont :
  - ✓ 1 250 km de réseau unitaire ;
  - ✓ 292 km de réseau séparatif eaux pluviales ;
  - ✓ 150 km de réseau séparatif eaux usées.
- ❖ 94 290 ouvrages, dont :
  - ✓ 88 bassins d'orage ;
  - ✓ 282 déversoirs d'orage ;
  - ✓ 157 stations de relevage et de refoulement ;
  - ✓ 2 stations d'épuration (dont la station d'épuration de la Wantzenau de 1 million d'équivalents-habitants (EH)) ;
  - ✓ 2 stations de prétraitement.
- ❖ 409 habitations en assainissement non collectif
- ❖ Âge moyen du réseau 48 ans

#### **1.2.3. Schéma directeur d'assainissement**

L'actuel schéma directeur d'assainissement (SDA) est effectif depuis 2012. Il a été réalisé par le bureau d'études SAFEGE et définit les caractéristiques du réseau de l'Eurométropole ainsi que les objectifs à atteindre d'ici 2027. Il définit également la politique commune de gestion pour les 28 communes.



#### Objectifs du schéma directeur de 2012 [10][11] :

- ❖ évaluation de l'impact du système d'assainissement sur les milieux récepteurs en tenant compte des travaux réalisés depuis le schéma directeur précédent (1993) ;
- ❖ protection des milieux récepteurs contre les pollutions issues du système d'assainissement ;
- ❖ mise en place d'une stratégie en termes de capacité de traitement sur le territoire de l'Eurométropole ;
- ❖ mise en place d'une gestion alternative des eaux pluviales.

Suite à un diagnostic global du réseau d'assainissement, les grandes priorités ont été établies. Les principaux objectifs concernent l'impact milieu (avec intégration des critères de la Directive cadre européenne sur l'eau), les eaux claires parasites, les déversements temps sec et les problèmes d'inondation.

Pour cela, une modélisation globale du réseau, commune par commune, est réalisée de l'amont vers l'aval en donnant priorité aux communes nécessitant d'importants aménagements au regard de la sensibilité du milieu récepteur, la vulnérabilité aux inondations et de l'optimisation des ouvrages. Les solutions retenues pour l'optimisation du réseau urbain donnent lieu à un programme de travaux, incluant la problématique de gestion patrimoniale et les retours d'exploitation sur site (cf. Figure 2).

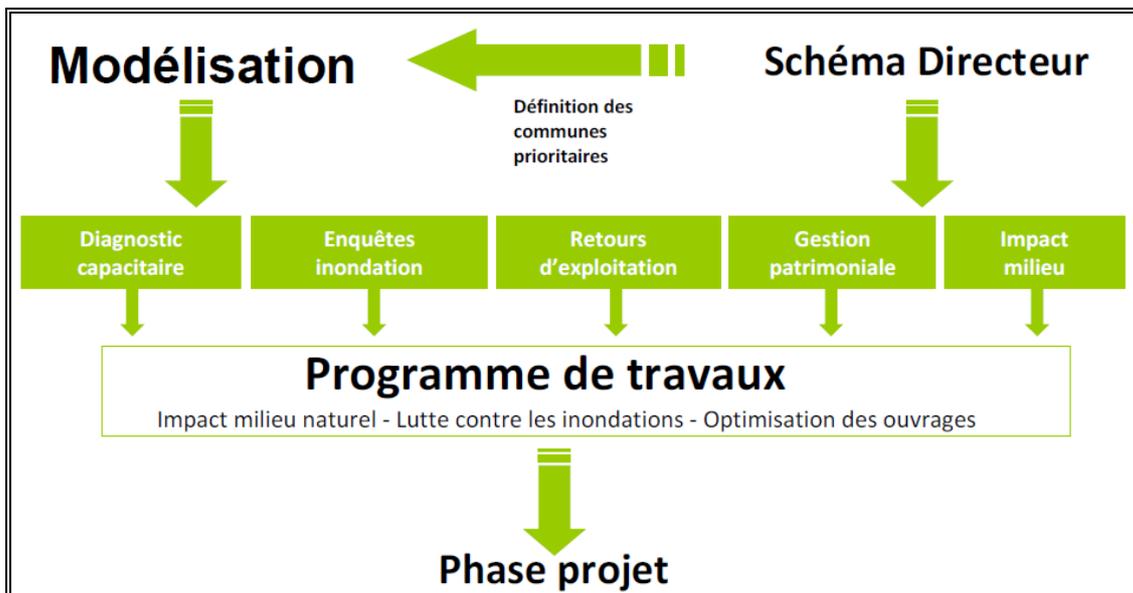


Figure 2 Schématisation de la procédure de mise en application du schéma directeur d'assainissement [16]

Par ailleurs, le schéma directeur a défini l'enveloppe financière générale nécessaire à la mise en œuvre du programme de travaux. Ce budget conséquent de 80 millions d'euros est pris en compte dans la prospective financière et la définition du prix de l'eau.

### 1.3. Réglementation territoriale de référence

La législation de référence en matière gestion de l'eau est présentée ci-dessous. Elle fixe les grandes orientations légales et garantit la cohérence des actions menées à l'échelle d'un territoire. Le service de l'eau et de l'assainissement a intégré ces textes dans sa politique de gestion et notamment dans son schéma directeur d'assainissement.

| TEXTE DE REFERENCE<br>*<br>ECHELLE TERRITORIALE<br>*<br>INSTANCE DE DECISION  | DISPOSITIONS   |
|---|--|
| <p><b>DERU</b><br/>(Directives des eaux résiduaires urbaines)<br/>*<br/>Niveau Européen<br/>*<br/>Commission européenne et Parlement européen</p> | <p>- <b>DERU du 21 mai 1991 :</b><br/>Impose aux communes et collectivités de construire des systèmes de traitement des eaux usées adaptés à la densité de population et/ou de mettre en conformité les ouvrages existants.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>31/12/1998 :</b> traitements biologiques et complémentaires (azote &amp; phosphore) rendu obligatoire pour les <b>stations d'épuration d'une capacité supérieure à 10 000 EH</b> rejetant leurs effluents en zone sensible ;</li> <li>• <b>31/12/2000 :</b> traitement biologique avec décantation secondaire rendu obligatoire pour les <b>stations d'épuration d'une capacité supérieure à 15 000 EH</b> ne rejetant pas leurs effluents en zone sensible et pour les eaux usées industrielles biodégradables issues du secteur agroalimentaire rejetées directement dans les eaux réceptrices ;</li> <li>• <b>31/12/2005 :</b> traitements appropriés et de mise en conformité obligatoire pour les autres <b>stations d'épuration comprises entre 2 000 et 10 000 EH</b> pour en zones sensibles.</li> </ul> |
| <p><b>DCE</b><br/>(Directive cadre européenne sur l'eau)<br/>*<br/>Niveau Européen<br/>*<br/>Parlement européen</p>                               | <p>- <b>DCE du 23 décembre 2000 :</b><br/>Atteindre le bon état écologique des eaux et harmoniser les politiques de l'eau à l'échelle européenne.</p> <p><b>Objectifs :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protection de la ressource en eau (eaux de surface et eaux souterraines) ;</li> <li>• Amélioration de la ressource en eau ;</li> <li>• Non-dégradation de la ressource en eau ;</li> <li>• Restauration des milieux et de la ressource en eau ;</li> <li>• Réduction des émissions de polluants.</li> </ul>   |

| <b>TEXTE DE REFERENCE</b><br>*<br><b>ECHELLE TERRITORIALE</b><br>*<br><b>INSTANCE DE DECISION</b>  | <b>DISPOSITIONS</b>   |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Lois sur l'eau</b><br/>(code de l'environnement)</p> <p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;"><i>Niveau national</i></p> <p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;"><i>Ministère en charge du développement durable</i></p>                                      | <p>- <b><u>Loi sur l'eau du 16 décembre 1964 :</u></b><br/>Gestion globale de l'eau par grands bassins hydrographiques, création des agences de l'eau.</p> <p>- <b><u>Loi sur l'eau du 3 janvier 1992 :</u></b><br/>L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource dans le respect des équilibres naturels sont un intérêt général.</p> <p>- <b><u>Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 :</u></b><br/>Transcription de la DCE en droit français. Fournir les outils nécessaires à l'atteinte du bon état des eaux fixé par la DCE, améliorer le service public de l'eau et de l'assainissement, moderniser l'organisation de la pêche en eau douce, prendre en compte l'adaptation au changement climatique dans la gestion des ressources en eau.</p> <p>- <b><u>Arrêté du 21 juillet 2015 :</u></b><br/>Prescriptions techniques applicables aux systèmes d'assainissement et installations d'assainissement non collectif de plus de 20 EH. Abrogeant l'Arrêté du 22 Juin 2007, il définit les principaux termes de l'assainissement, les modalités en matière d'autosurveillance des rejets, les éléments d'évaluation de la conformité de la collecte par temps de pluie ainsi que les mesures à prendre en cas de systèmes de collecte non performant.</p> |
| <p style="text-align: center;"><b>SDAGE</b><br/>(Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux)</p> <p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;"><i>Grand bassin hydrographique</i></p> <p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;"><i>Comité de bassin SDAGE</i></p>                           | <p>- <b><u>SDAGE Rhin-Meuse de novembre 2016-2021 :</u></b><br/>Les orientations fondamentales et dispositions du <b>SDAGE Rhin-Meuse</b> en matière d'assainissement ont pour but de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduire les pollutions responsables de la non-atteinte du bon état (orientation T2-O1) ;</li> <li>- Connaître et réduire les émissions de substances à risque toxique (orientation T2-O2) ;</li> <li>- Veiller à une bonne gestion des dispositifs publics d'assainissement et des boues d'épuration (orientation T2-O3) ;</li> <li>- Réduire la pollution par les nitrates et les produits phytopharmaceutiques d'origine agricole (orientation T2-O4) et non agricole (orientation T2-O5) ;</li> <li>- Réduire la pollution de la ressource en eau afin d'assurer à la population la distribution d'une eau de qualité (orientation T2-O6).</li> </ul>   |
| <p style="text-align: center;"><b>SAGE</b><br/>(Schéma d'aménagement et de gestion des eaux)</p> <p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;"><i>Bassin versant ou autre unité hydrographique cohérente</i></p> <p style="text-align: center;">*</p> <p style="text-align: center;"><i>Commission locale de l'eau (CLE)</i></p> | <p>- <b><u>SAGE III-Nappe-Rhin – 2015 :</u></b><br/>Le <b>SAGE III-Nappe-Rhin</b> adopte sept orientations fondamentales visant à préserver les eaux souterraines :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stopper la dégradation des eaux souterraines, notamment du fait des pollutions diffuses que sont les pollutions par les nitrates et les micropolluants ;</li> <li>- Inciter aux technologies propres, aux pratiques agricoles adaptées (aller au-delà de la réduction des rejets ponctuels et prévenir l'arrivée de la pollution) ;</li> <li>- Poursuivre la décontamination des sites pollués prioritaires (langues de contamination par les chlorures par exemple) ;</li> <li>- Mieux protéger les captages d'eau potable en allant au-delà des mesures réglementaires ;</li> <li>- Poursuivre les efforts accomplis en matière d'assainissement ;</li> <li>- Veiller à ne pas accroître la vulnérabilité de la nappe, notamment par l'implantation de gravières ;</li> <li>- Maîtriser les prélèvements dans la nappe.</li> </ul>   |

**Tableau 1** Réglementation territoriale de référence en matière de gestion de l'eau

### **1.4. Pilotage de la modélisation hydraulique assainissement**

Les études de modélisations sont menées conjointement entre le service de l'eau et de l'assainissement, la DEPN (direction des espaces publics et naturels) dont font partie le SAEPC<sup>1</sup> et le SICEP<sup>2</sup> et/ou des bureaux d'études externes. Le bon déroulement des études de modélisation hydraulique est assuré par les chargés

<sup>1</sup> SAEPC : Service Aménagement Espace Public Communes, Service de la DEPN chargé de la maîtrise d'ouvrage déléguée.

<sup>2</sup> SICEP : Service Ingénierie et Conception d'Espaces Publics, Service de la DEPN chargé de la maîtrise d'œuvre.

de modélisation, le CTMO<sup>1</sup> et le Comité de validation<sup>2</sup>. Pour chaque étude, un binôme de modélisateur est mis en place. Il se compose d'un agent de la DEPN et d'un agent du service de l'eau et de l'assainissement. Ce duo permet d'avoir un regard croisé sur l'avancée du projet et une validation progressive des étapes à effectuer.

Le pilotage de la modélisation s'effectue en six étapes successives qui sont détaillées dans la suite du rapport. Il fait l'objet d'un processus qualité ISO 9001 :

❖ **Etapes 1 : Préparation de l'étude**

- ✓ Définition de la campagne de mesures :
  - installation des points de mesure dans le réseau
  - traitement des données mesurées
- ✓ Rapatriement des données :
  - compilation des données réseaux et ouvrages
  - données pluviométriques
  - plaintes inondation
  - retours d'exploitation et de gestion patrimoniale
- ✓ Réunion de démarrage :
  - définition des chargés de modélisation et des référents de l'étude
  - définition de la zone d'étude en fonction des critères du SDA
  - localisation des secteurs à enjeux et des problèmes connus
  - validation des données de démarrage
  - validation d'un planning prévisionnel

❖ **Etapes 2 : Construction du modèle**

- ✓ Saisie des données hydrauliques (ouvrages et réseau)
- ✓ Récupération des données manquantes :
  - liste des données manquantes
  - liste des incohérences constatées
- ✓ Mise à jour des données du patrimoine assainissement
- ✓ Validation de la construction du modèle en CTMO

❖ **Etapes 3 : Calage du modèle pour le temps sec**

- ✓ Exploitation des mesures de temps sec :
  - saisie des données de temps sec dans le modèle
  - analyse des débits d'eaux claires parasites
  - calage du temps sec
- ✓ Validation du calage de temps sec en CTMO

❖ **Etapes 4 : Calage du modèle pour le temps de pluie**

- ✓ Choix et caractérisation des pluies de calage
- ✓ Saisie des données de temps de pluie dans le modèle
- ✓ Calage de temps de pluie
- ✓ Validation du calage de temps de pluie en CTMO

❖ **Etapes 5 : Elaboration des solutions**

- ✓ Impact milieu naturel :
  - saisie des solutions du SDA
  - tests de scénarios pour le respect de l'impact milieu
  - prise en compte des flux de pollution annuels (Arrêté du 21 Juillet 2015)

---

<sup>1</sup> CTMO : Comité Technique Maîtrise d'Ouvrage, réunion bimensuelle des chargés de modélisation du SAEPC, SICEP et du service de l'eau et de l'assainissement pour la validation des étapes du pilotage de la modélisation hydrauliques.

<sup>2</sup> Comité de validation : Il est constitué des encadrants de la DEPN et du service de l'eau et de l'assainissement. Il permet la validation des solutions proposées en se basant sur l'expertise technique du CTMO.

- ✓ Protection contre les inondations :
  - diagnostic inondation en tenant compte des aménagements nécessaires à la protection du milieu naturel
  - construction de pluies de projet
  - bilan capacitaire décennale et vicennale
  - modélisation des aménagements nécessaires pour résoudre les problèmes d'inondations
- ✓ Rédaction d'un rapport provisoire et d'un programme de travaux
- ✓ Validation du rapport provisoire en CTMO

❖ **Etapes 6 : Finalisation de l'étude**

- ✓ Présentation du rapport provisoire aux élus de la commune concernée
- ✓ Mise à jour du rapport et du programme de travaux (si nécessaire)
- ✓ Validation du rapport et du programme de travaux par le comité de validation
- ✓ Présentation de l'étude aux agents du service de l'eau et de l'assainissement

Après l'étude de modélisation hydraulique, le projet est confié au personnel du SAEPC qui adapte le programme de travaux au programme de voirie et aux autres contraintes sur site (réseaux concessionnaires, passage d'engins, espaces classés ou protégés, etc.). Les agents du SAEPC rédigent alors un avant-projet (AVP) qu'ils font valider par le maître d'ouvrage (Service de l'eau et de l'assainissement) avant de débiter la procédure de marché public pour la mise en œuvre opérationnelle des travaux.

**Résumé :**

L'Eurométropole de Strasbourg est un EPCI qui regroupe 28 communes de l'agglomération strasbourgeoise. Le service de l'eau et de l'assainissement a pour mission d'assurer les compétences eau et assainissement sur l'ensemble de son territoire. Le service mène l'essentiel de ses missions d'assainissement en régie et assure la maîtrise d'ouvrage complète.

Environ 479 600 habitants sont desservis par le service de l'assainissement de l'Eurométropole. Cela représente 1 700 kilomètres de réseau majoritairement unitaire et 94 300 ouvrages : bassins d'orage, déversoirs d'orage, stations de relevage et de refoulement, stations d'épuration, etc.

Un schéma directeur d'assainissement a été mis en place en 2012. Il a pour objectif d'optimiser le fonctionnement du réseau urbain, de limiter les phénomènes d'inondation et de protéger le milieu naturel en améliorant le traitement en station d'épuration et en limitant les rejets de temps de pluie vers le milieu naturel. Le SDA intègre les critères réglementaires qui s'appliquent sur le territoire de l'Eurométropole, notamment la DCE, les lois sur l'eau et les réglementations propres au SDAGE Rhin-Meuse et au SAGE III-Nappe-Rhin.

Par ailleurs, le SDA prévoit une modélisation globale et progressive de son réseau d'assainissement par commune. La priorité est donnée aux communes nécessitant d'importants aménagements au regard de la sensibilité du milieu récepteur, de la vulnérabilité aux inondations et de l'optimisation des ouvrages. Les solutions retenues pour améliorer le réseau urbain donnent lieu à un programme de travaux qui est ensuite mis en œuvre par la DEPN qui pilote les travaux neufs.

Le pilotage des projets de modélisations se déroule en six étapes successives normalisées qui vont de la préparation de l'étude, à son exécution, puis à sa finalisation. Il existe des organes de décisions spécifiques qui permettent un suivi et une validation du projet étape par étape.

## PARTIE 2 - Contexte de l'étude

### 2.1. Présentation du projet

L'étude du fonctionnement hydraulique de la commune de Lampertheim intervient dans le cadre du programme de modélisation général par commune du schéma directeur d'assainissement de l'Eurométropole (cf. 1.2.3.).

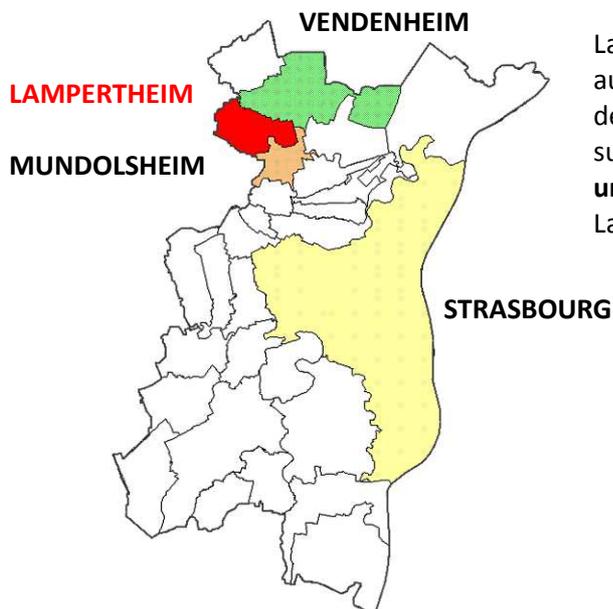


Les objectifs de ce diagnostic sont multiples :

- ❖ acquérir une bonne connaissance du fonctionnement du réseau de Lampertheim et élaborer un bilan des dysfonctionnements et anomalies existants ;
- ❖ établir un diagnostic de l'état actuel du patrimoine ;
- ❖ compléter les données du SIG et les fiches descriptives des ouvrages ;
- ❖ évaluer les conditions hydrauliques dans le réseau par temps sec et quantifier l'infiltration des eaux claires parasites (ECP) ;
- ❖ modéliser le fonctionnement du réseau avec le logiciel Mike Urban afin d'identifier les défaillances par temps de pluie, d'en comprendre les causes et de trouver des solutions adaptées ;
- ❖ définir un programme de travaux en vue de réduire les apports parasites, d'améliorer le fonctionnement du réseau, de limiter les phénomènes d'inondation et de limiter l'impact des déversements par temps de pluie sur le milieu récepteur.

### 2.2. Spécificités de la commune de Lampertheim

#### 2.2.1. Présentation générale de Lampertheim



Lampertheim est une commune du Bas-Rhin (67) située au nord-ouest de Strasbourg. La commune est membre de l'Eurométropole de Strasbourg depuis 1966. Sa superficie est de 6,6 km<sup>2</sup> dont **1 km<sup>2</sup> de superficie urbaine**. En 2012, il y avait **2 914 habitants** [28] à Lampertheim, soit environ 443 habitants par km<sup>2</sup>.

Figure 3 Localisation de la commune de Lampertheim

#### 2.2.2. Descriptif de la nappe phréatique

La commune de Lampertheim est située au-dessus de la nappe phréatique rhénane. Un piézomètre (n°02346X0139/313A), placé derrière l'église de la commune, mesure en continu le niveau de la nappe depuis 1986. Les données mesurées par cet appareil sont disponibles en ligne sur le portail national des eaux souterraines (cf. [36]) et sur le site de l'observatoire de la nappe d'Alsace (cf. [35])

La **nappe moyenne** à Lampertheim est de **137 mNGF** et la nappe maximale mesurée est de 139,59 mNGF (cf. Tableau 2). Le terrain naturel est situé entre 1 et 8 mètres au dessus de la nappe moyenne ce qui signifie qu'une partie des ouvrages d'assainissement peut être sous le niveau de la nappe.

|                            |                    |                          |              |
|----------------------------|--------------------|--------------------------|--------------|
| <b>COTE NAPPE MAXIMALE</b> | 139,59 mNGF        | <b>DATE</b>              | 07/07/1987   |
| <b>COTE NAPPE MINIMALE</b> | 135,95 mNGF        | <b>DATE</b>              | 11/02/2006   |
| <b>COTE NAPPE MOYENNE</b>  | <b>136,99 mNGF</b> | <b>NOMBRE DE MESURES</b> | 6199 Mesures |

Tableau 2 Statistiques du piézomètre de Lampertheim du 16/12/1986 au 01/06/2016 [36] [35]



**Remarque :**

Le niveau de la nappe est important pour connaître les tronçons susceptibles d'être impactés par les ECP. Le dimensionnement des futurs aménagements devra tenir compte de cette problématique.

**2.2.3. Géologie du sous-sol**

Le sous-sol de Lampertheim est composé d'alluvions sableuses de type rhénanes recouvertes par une couche de **lœss**. A Lampertheim, la couche de lœss est épaisse (entre 10 et 20 mètres) et sa perméabilité est proche de **10<sup>-7</sup> m/s**.

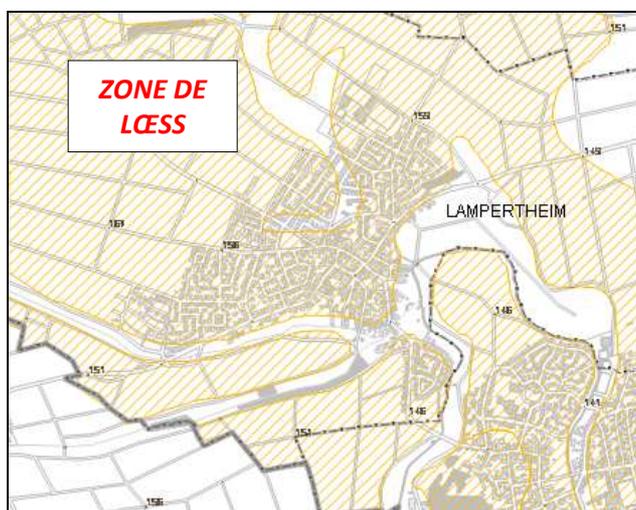


Figure 4 Délimitation des zones de Lœss à Lampertheim



**Remarque :**

La perméabilité du sol est un facteur important dans le dimensionnement des ouvrages d'infiltration, notamment pour les techniques alternatives.

**2.2.4. Réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique de Lampertheim se compose de trois cours d'eau appartenant au bassin versant Rhin-Meuse :

- ❖ la **Souffel** : affluent du canal de la Marne et long de 25,5 km ;
- ❖ le **Kolbsenbach** : affluent de la Souffel et long de 11,2 km ;
- ❖ le **Leisbach** : affluent de la Souffel et long de 13,6 km.

La **classe de qualité des cours d'eau** est définie par **masse d'eau (bief)** dans le schéma directeur d'assainissement. Ces données sont fournies par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse et correspondent à la méthode du SEQ-Eau (cf. chapitre 7.1). Les cours d'eau de Lampertheim sont découpés en cinq biefs distincts.

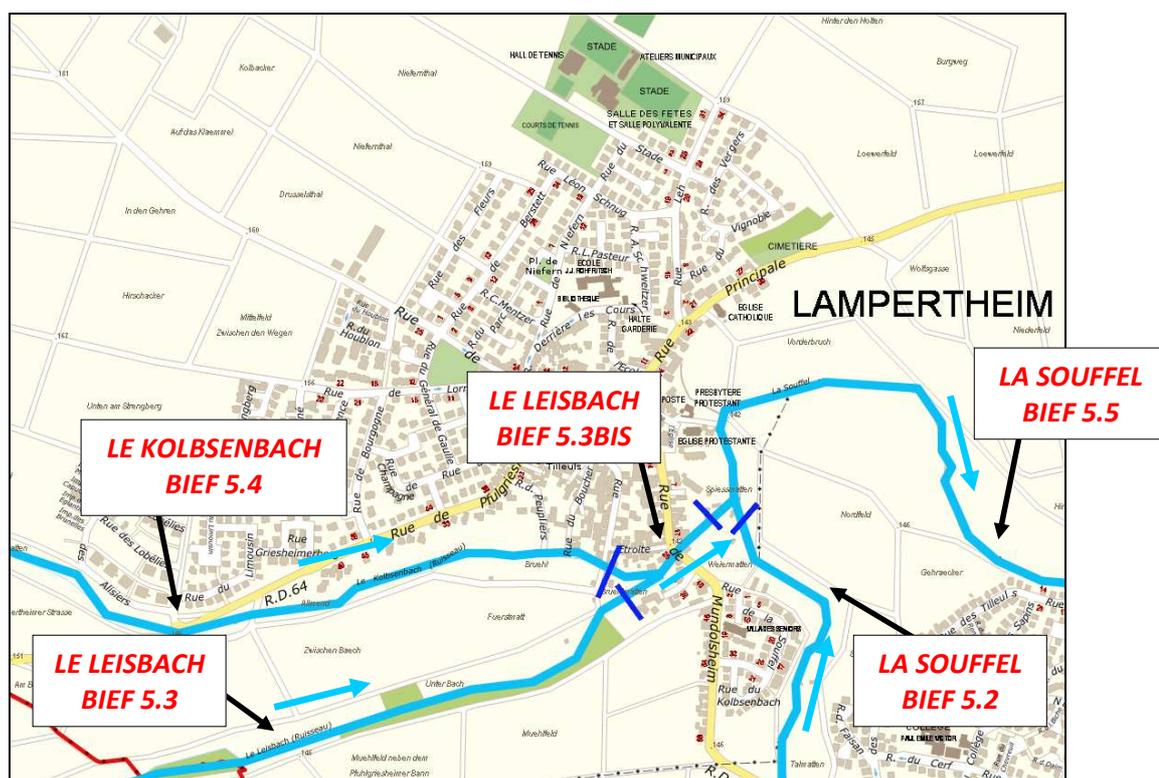


Figure 5 Présentation du réseau hydrographique de Lampertheim

| TRONÇON                       | Q <sub>MNAZ</sub> (m <sup>3</sup> /s) | CRITERE                       | CONCENTRATION AMONT (mg/l) | CLASSE DE QUALITE |
|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Leisbach<br>Bief 5.3          | 0,060                                 | DCO                           | 5,47                       | Très bon état     |
|                               | Classe globale :                      | DBO <sub>5</sub>              | 1,09                       | Très bon état     |
|                               | <b>Très bon état</b>                  | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0,09                       | Très bon état     |
|                               |                                       | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 0,09                       | Très bon état     |
| Kolbsenbach<br>Bief 5.4       | 0,060                                 | DCO                           | 5,45                       | Très bon état     |
|                               | Classe globale :                      | DBO <sub>5</sub>              | 1,09                       | Très bon état     |
|                               | <b>Très bon état</b>                  | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0,09                       | Très bon état     |
|                               |                                       | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 0,09                       | Très bon état     |
| Leisbach bis<br>Bief 5.3bis   | 0,060                                 | DCO                           | 5,47                       | Très bon état     |
|                               | Classe globale :                      | DBO <sub>5</sub>              | 1,09                       | Très bon état     |
|                               | <b>Très bon état</b>                  | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0,09                       | Très bon état     |
|                               |                                       | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 0,09                       | Très bon état     |
| Souffel 1 (amont)<br>Bief 5.2 | 0,160                                 | DCO                           | 9,65                       | Très bon état     |
|                               | Classe globale :                      | DBO <sub>5</sub>              | 2,06                       | Très bon état     |
|                               | <b>Très mauvais</b>                   | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 2,93                       | Mauvais           |
|                               |                                       | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 2,58                       | Très mauvais      |
| Souffel 2 (aval)<br>Bief 5.5  | 0,280                                 | DCO                           | 7,65                       | Très bon état     |
|                               | Classe globale :                      | DBO <sub>5</sub>              | 1,60                       | Très bon état     |
|                               | <b>Mauvais</b>                        | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 1,43                       | Passable          |
|                               |                                       | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> | 1,47                       | Mauvais           |

Tableau 3 Classification de la qualité des masses d'eau de Lampertheim [10][11]

Le Leisbach et le Kolbsenbach sont des masses d'eau en « Très bon état » d'après la méthode du SEQ-Eau. La Souffel est classé en « très mauvais état » pour le bief 5.2 (amont) et « mauvais état » pour le bief 5.5 (aval). Les paramètres de déclassement sont le phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) et l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Les rejets du réseau issus de Mundolsheim et de Lampertheim sont une des causes de ces déclassements. La modélisation de l'impact milieu à Mundolsheim et à Lampertheim est en cours. Elle doit permettre de trouver des solutions d'amélioration de l'état écologique du bief Souffel 1 et Souffel 2.

D'ici 2021, les masses d'eau de Lampertheim devront atteindre le « **bon état** » selon la **méthode du SEQ-Eau**, c'est à dire avoir un « bon état écologique » et un « bon état chimique ».

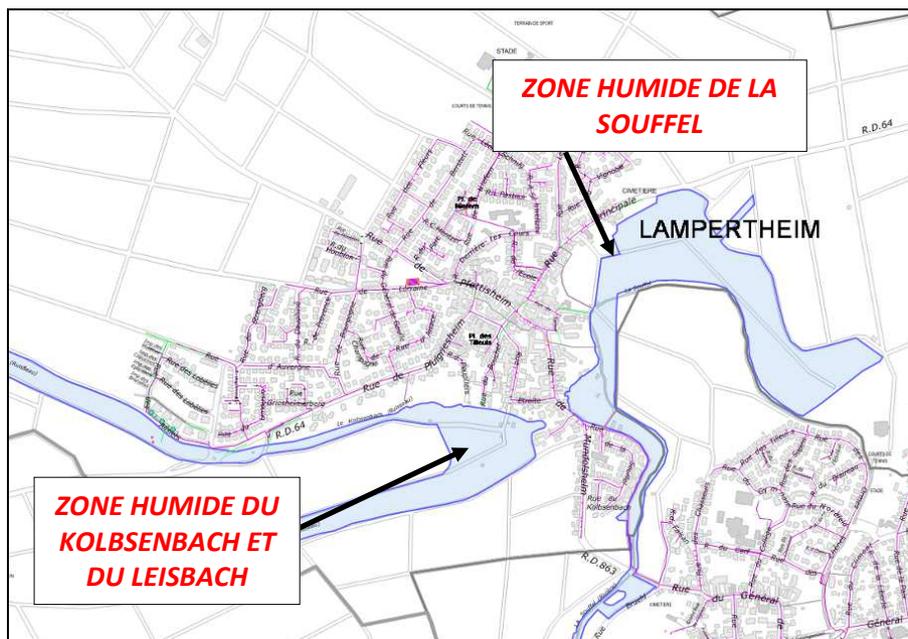


**Remarque :**

Les rejets des réseaux d'assainissement vers le milieu naturel participent à la dégradation de la qualité des masses d'eau. C'est pourquoi, les classes de qualité de ses quatre biefs seront prises en compte pour l'estimation de l'impact des rejets urbains sur le milieu naturel.

### **2.2.5. Délimitation des zones humides**

Deux grandes zones humides sont présentes aux abords des cours d'eau de Lampertheim. L'une est située dans le lit majeur du Kolbsenbach et du Leisbach ; et l'autre dans le lit majeur de la Souffel.



**Figure 6** Délimitation des zones humides à Lampertheim

D'après le **code de l'environnement (Art. R 214-1)**, tout nouveau **IOTA** (Installation, Ouvrages, Travaux et Aménagements soumis à la loi sur l'eau) implanté en zone humide et susceptible d'altérer, de modifier, ou de détruire les écosystèmes aquatiques devra faire l'objet d'un **dossier loi sur l'eau**. De plus, si le nouvel aménagement altère ou détruit l'un de ces espaces naturels, des mesures compensatoires devront être mises en place.

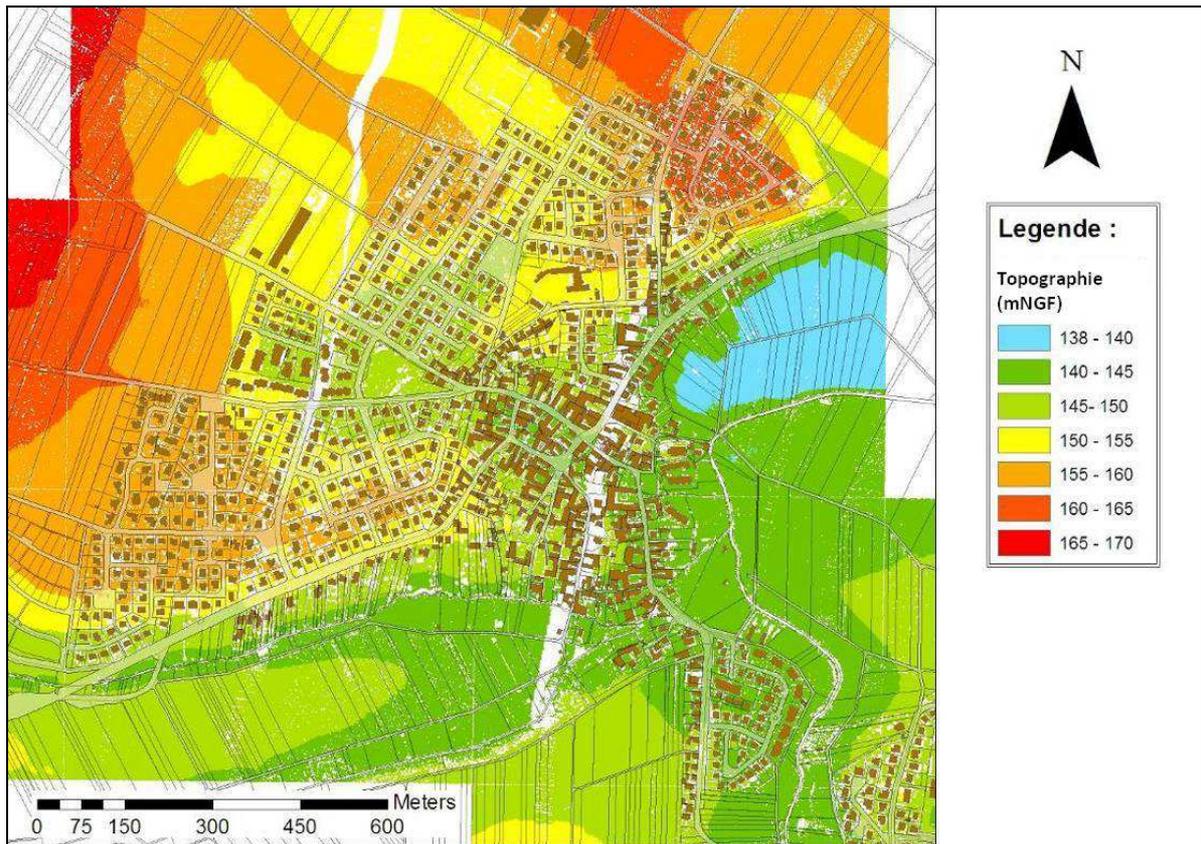


**Remarque :**

La construction d'ouvrages ou la modification du réseau d'assainissement doit tenir compte du positionnement des zones humides. Dans certains cas, l'élaboration d'un dossier Loi sur l'eau sera nécessaire.

### **2.2.6. Topographie**

La topographie de Lampertheim est légèrement vallonnée. Elle se relève au nord-est du ban. Elle s'échelonne entre 138 mNGF en bordure de cours d'eau et 170 mNGF pour les collines alentours. Les pentes du terrain naturel varient entre 0 et 5%.



**Figure 7** Variation de la topographie à Lampertheim



**Remarque :**

La présence de faibles pentes conditionne un ruissellement des eaux de pluie moins rapide vers le réseau d’assainissement. Ce phénomène sera à prendre en compte pour l’élaboration du modèle numérique et son calage.

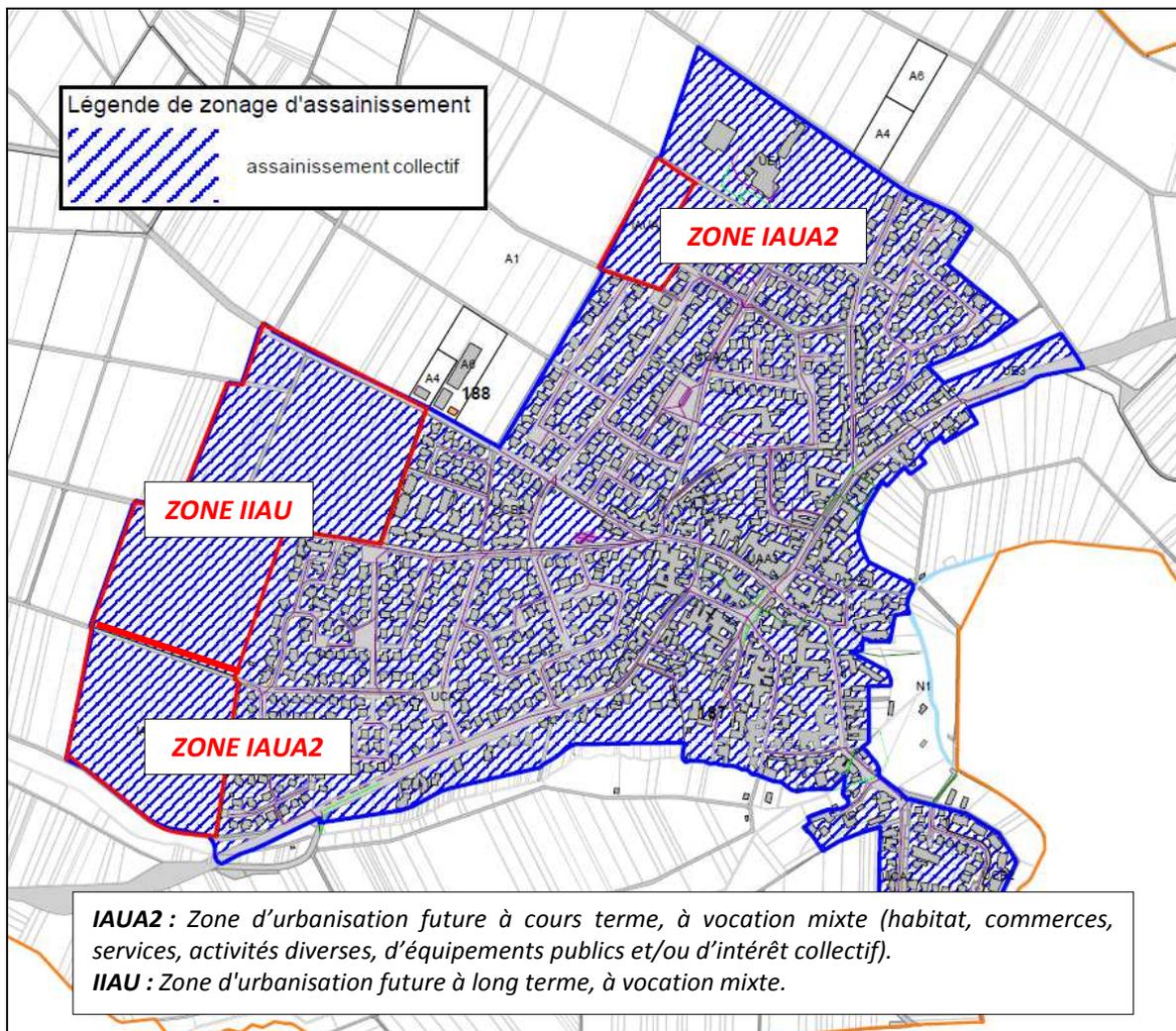
**2.2.7. Plan local d’urbanisme et zonage assainissement**

Le **plan local d’urbanisme (PLU)** [15] intercommunal de l’Eurométropole de Strasbourg est l’outil réglementaire majeur qui fixe les règles de la vocation du sol à l’échelle des 28 communes de l’Eurométropole. C’est un document qui traduit le projet de territoire de l’agglomération strasbourgeoise pour les années à venir. Il vient de recevoir l’avis favorable du commissaire enquêteur et devrait être délibéré en décembre 2016.

Le PLU définit le zonage et les règles d’occupation et d’utilisation des sols applicables à chaque terrain de l’Eurométropole dont :

- ❖ les zones urbaines (zones U) ;
- ❖ les zones à urbaniser (zones AU) ;
- ❖ les zones agricoles (zones A) ;
- ❖ les zones naturelles et forestières (zones N).

Le **zonage assainissement** [23] est un document réglementaire qui s’appuie sur le PLU. Il a pour but de délimiter les zones d’assainissement collectif, les zones d’assainissement non collectif et le zonage pluvial. Le zonage d’assainissement définit le mode d’assainissement le mieux adapté à chaque zone. Il correspond à l’application du schéma directeur d’assainissement sur le territoire.



**Figure 8** *Présentation du zonage assainissement et des zones à urbaniser d'après le PLU [15][23]*



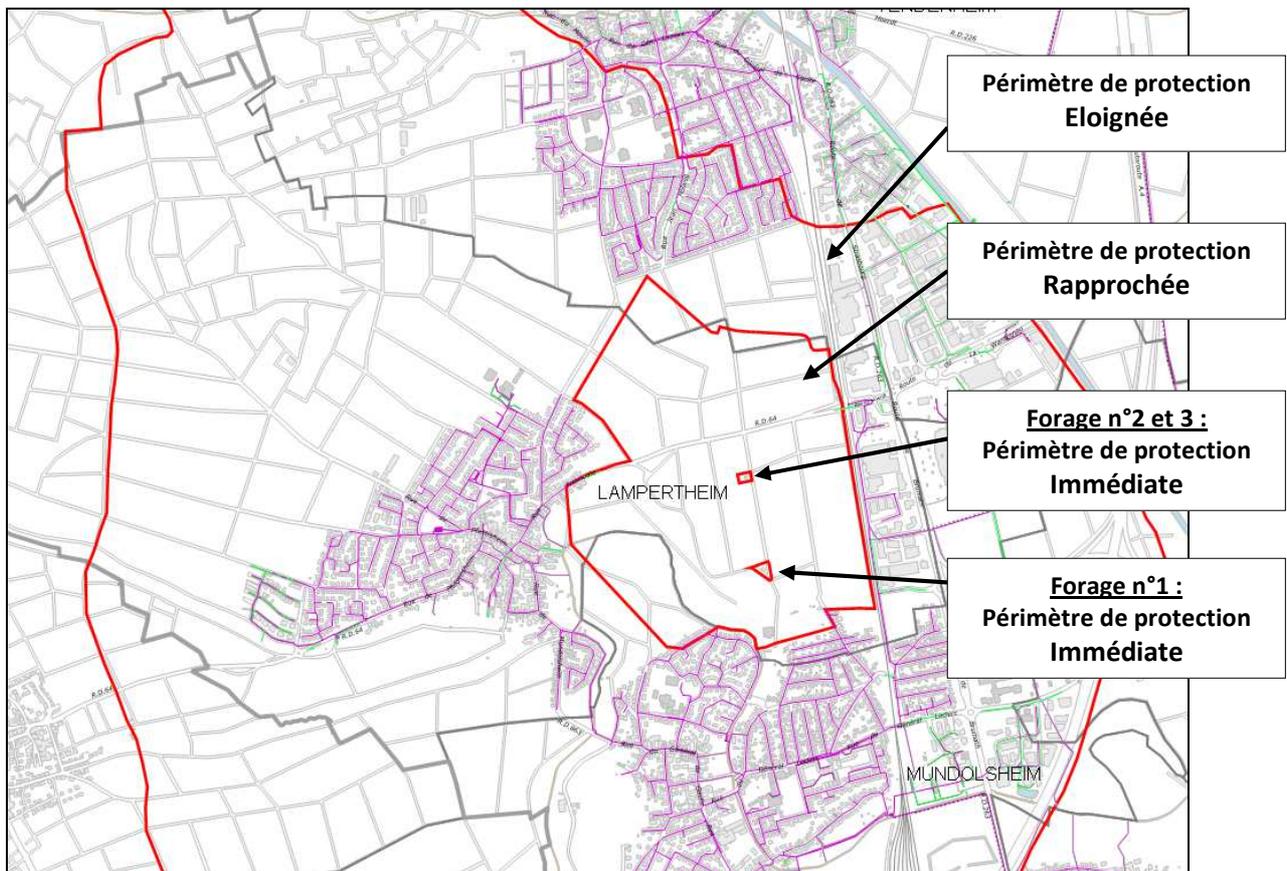
**Remarque :**

Le diagnostic du réseau d'assainissement devra tenir compte des zones d'urbanisation futures (prospectives des aménagements à prévoir).

**2.2.8. Délimitation du périmètre de protection de captage d'eau potable**

Un captage d'eau potable se trouve à l'est de la commune de Lampertheim. Il se compose de trois puits de forage et fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique (DUP) du 20 février 1974. Ce captage alimente le syndicat des eaux de Strasbourg nord (dont six communes de L'Eurométropole) et une partie du syndicat des eaux du Kochersberg. La DUP est en cours de révision depuis 2012.

Les forages se situent au lieu-dit Niederfeld. Le **périmètre de protection rapprochée** se trouve sur la partie est du ban communal et le **périmètre de protection éloignée** couvre la quasi totalité du territoire de Lampertheim.



**Figure 9** *Délimitation des périmètres de protection de captage à Lampertheim [37]*

L'arrêté du 21 juillet 2015 décrit les périmètres de protection immédiate, rapprochées et éloignées comme des « zones à usage sensibles » qu'il faut protéger. Ces zones sont soumises à des prescriptions particulières pour les installations d'eau pluviales et d'assainissement :

- ❖ Périmètres de protection immédiate (espace clôturé): À l'intérieur de ces périmètres, toutes activités autres que celles nécessaires à l'exploitation, à la production et à l'entretien des points d'eau et du réservoir sont interdites.
- ❖ Périmètre de protection rapprochée :

| Activités interdites   | Activités réglementées  |
|--|---|
| L'implantation de nouveaux ouvrages de transport, de traitement, d'épandage ou d'infiltration d'eaux usées d'origine domestique ou industrielle, brutes ou épurées.<br><br>L'infiltration des eaux de ruissellement en provenance, voies de circulation et des aires de stationnement. | Les opérations visant au renforcement des conduites existantes du réseau d'assainissement collectif sont admises. |

**Tableau 4** *Description des activités interdites et réglementées pour un périmètre de protection rapproché [37]*

- ❖ Périmètre de protection éloignée : Les bassins de rétention d'eaux pluviales seront étanches et munis d'un dispositif technique destiné à piéger les hydrocarbures.



**Remarque :**

*Ces prescriptions devront être prises en compte dans l'élaboration des futurs aménagements d'assainissement et d'eaux pluviales. L'ensemble de l'aire urbaine de Lampertheim est situé dans le périmètre de protection éloigné.*

### 2.2.9. Localisation des « plaintes inondation »

Quatre « **plaintes inondation** » ont été répertoriées à Lampertheim depuis 2009. Les problèmes constatés ont tous été solutionnés.

Seul le problème d'écoulement de chaussée à l'entrée est de la commune du 17/04/2015 avait pour cause un dysfonctionnement du réseau d'assainissement. Les autres plaintes sont liées à des problèmes d'ordre privé.

| <i>Date et localisation</i>   | <i>Type d'inondation</i>                          | <i>Cause de l'inondation</i>  | <i>Etat actuel</i>   |
|---|---|---|--|
| <b>18/02/2011</b><br>21, rue principale                                       | <b>Problème d'écoulement d'un branchement.</b>    | Branchement cassé par un concessionnaire.   | Branchement réparé.  |
| <b>05/04/2013</b><br>25, rue principale                                       | <b>Problème d'écoulement d'un branchement.</b>    | Branchement mal ré-ouvert après gainage.<br>Formation d'un bouchon un an et demi plus tard. | Branchement débouché.  |
| <b>17/12/2013</b><br>6, rue principale  | <b>Débordement de voirie chez le particulier.</b> | Grille d'avaloir trop courte devant le portail du particulier.                              | Modification de la voirie et changement d'avaloir.                     |
| <b>17/04/2015</b><br>Chaussée entrée est de Lampertheim (Proche du cimetière) | <b>Inondation de chaussée.</b>                    | Problèmes d'évacuation des eaux pluviales.  | Modification de la voirie et mise en place de techniques alternatives. |

*Tableau 5 Localisation et causes des plaintes inondation à Lampertheim depuis 2009 [22]*

Des **coulées de boues** ont également été constatées à l'entrée est de Lampertheim (à proximité du cimetière). En 2015, le Conseil Départemental du Bas-Rhin a mis en place des ouvrages particuliers pour limiter ce phénomène (fascines et talus), mais ce problème est toujours présent par forts orages (cf. Figure 10).



*Figure 10 Inondation et coulée de boue à l'entrée est de Lampertheim le 28/05/2016 [43]*



#### Remarque :

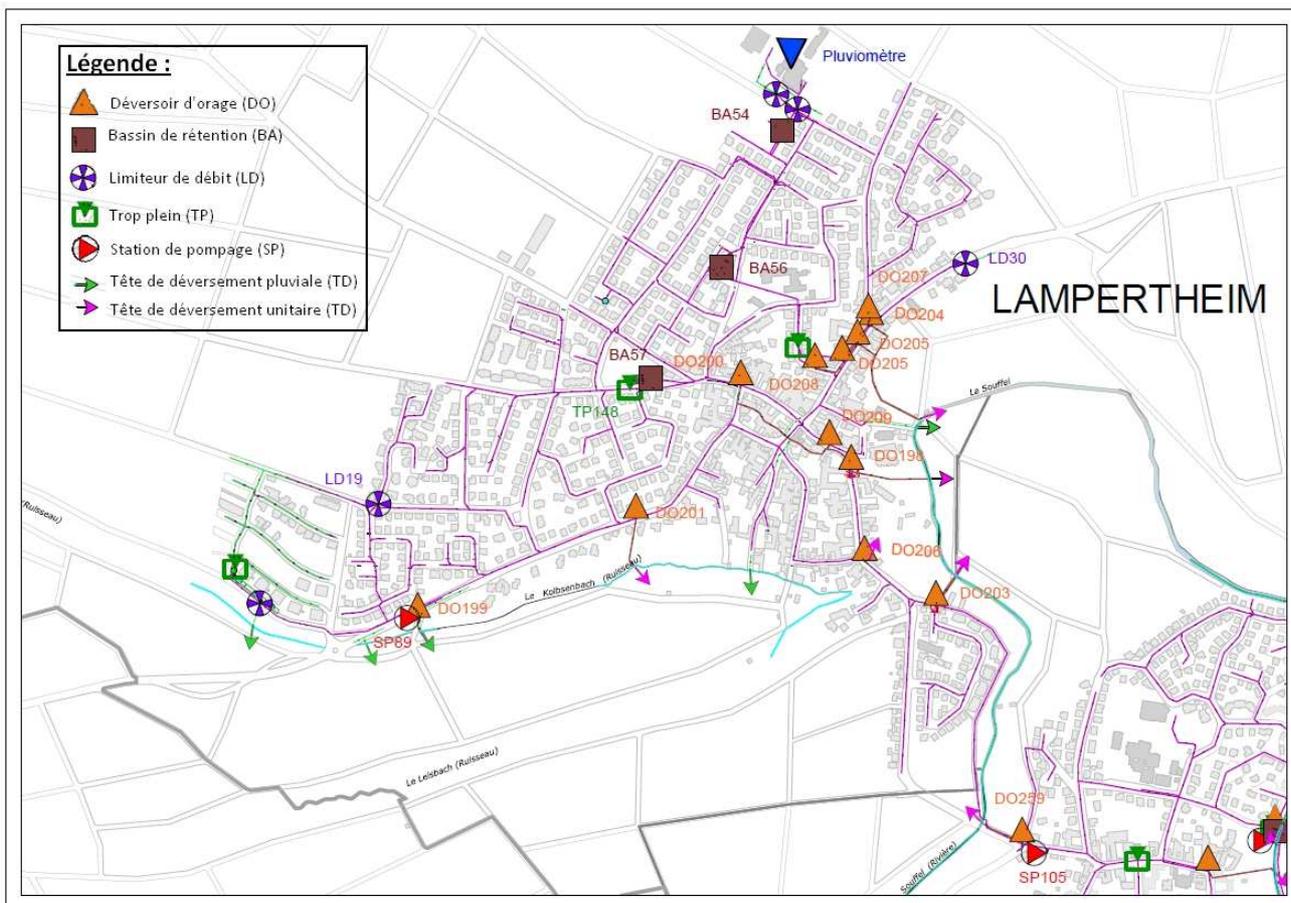
*Le diagnostic hydraulique de Lampertheim n'étudie pas la thématique des coulées de boues. Il convient d'effectuer une étude spécifique et de mettre en place de nouveaux aménagements pour solutionner ce problème.*

## 2.3. Spécificités du réseau d'assainissement

### 2.3.1. Architecture du réseau

Le **réseau d'assainissement** de Lampertheim est **majoritairement unitaire** et est connecté au réseau global de l'Eurométropole de Strasbourg (cf. synoptique Annexe 2).

Lampertheim est situé en tête de réseau. Ses effluents transitent par la commune de Mundolsheim avant d’êtres pompés vers la station d’épuration de La Wantzenau. Les déversements par temps de pluie s’effectuent dans la Souffel, le Leisbach et le Kolbensenbach.



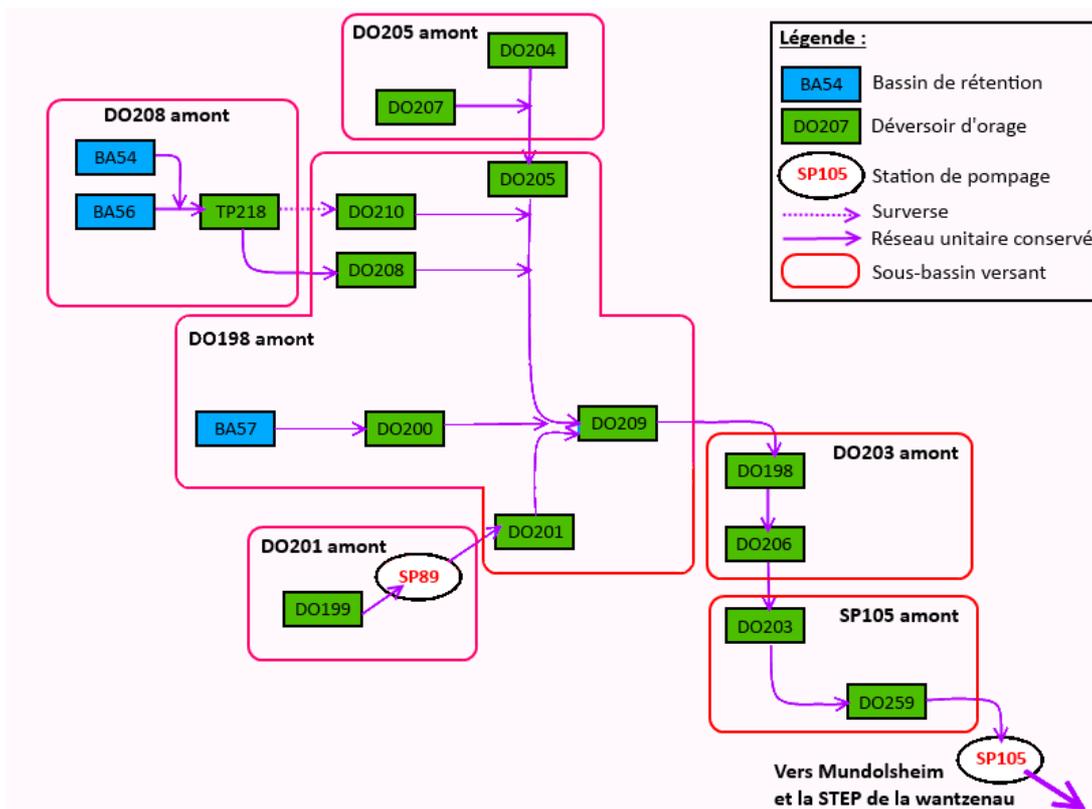
**Figure 11** Architecture du réseau d'assainissement de Lampertheim

### 123 Chiffres clés du réseau urbain de Lampertheim :

- ❖ 19,7 km de réseau, dont :
  - ✓ 15,3 km de réseau unitaire ;
  - ✓ 1,3 km de réseau séparatif EU ;
  - ✓ 1,9 km de réseau séparatif EP ;
  - ✓ 1,2 km de réseau unitaire déversé.
- ❖ 26 ouvrages particuliers, dont :
  - ✓ 3 bassins de rétention ;
  - ✓ 2 stations de pompage ;
  - ✓ 12 déversoirs d'orage ;
  - ✓ 7 têtes de déversement ;
  - ✓ 2 limiteurs de débit de type vortex.

#### **2.3.2. Description du fonctionnement global du réseau**

La connaissance du réseau et de son fonctionnement est essentielle pour la réalisation d’un diagnostic assainissement. Une analyse poussée des ouvrages a donc été réalisée à l’aide du SIG (ELYX), de SIS3D (logiciel de visualisation 3D des ouvrages) et de nombreuses visites sur site. L’ensemble a permis de bien comprendre le fonctionnement et l’utilité de chaque ouvrage.



**Figure 12** *Synoptique détaillé du réseau d'assainissement de Lampertheim*

Le réseau d'assainissement de Lampertheim peut être découpé en cinq sous-bassins versants dont les caractéristiques principales sont présentées ci-dessous :

Le bassin versant du **DO208 amont** est situé au nord-ouest de Lampertheim et se compose de zones résidentielles et d'un complexe sportif. Il collecte une charge de 430 équivalents habitant (EH) par un réseau de type unitaire. Les eaux résiduaires urbaines sont acheminées vers le DO208.

On y retrouve deux bassins d'orage (BA) et un trop-plein (TP) :

- ❖ Le BA54, rue du stade, est un ouvrage de 180 m<sup>3</sup> composé de deux conduites surdimensionnées en Ø1600.
- ❖ Le BA56, place de Niefern, est un ouvrage de 320 m<sup>3</sup> composé de quatre conduites surdimensionnées de Ø1800.
- ❖ Le TP218, rue de l'école, permet de diriger le flux vers le DO208 en fonctionnement normal ou vers le DO210 lors de la mise en charge du collecteur.

Le bassin versant du **DO205 amont** est localisé au nord-est de Lampertheim et se compose de zones résidentielles de type lotissement. Il reprend une charge de 280 EH et possède un réseau entièrement unitaire. Ses eaux sont acheminées vers le DO205.

Par temps de pluie, les eaux dépassant le niveau capacitaire des conduites se rejettent dans la Souffel par le biais de deux déversoirs d'orage (DO) :

- ❖ Le DO204, rue principale, est un déversoir standard à crête latérale.
- ❖ Le DO207, rue Leh, est un déversoir standard à crête latérale.

Le bassin versant du **DO201 amont** est situé au sud-ouest de Lampertheim et est essentiellement composé de zones pavillonnaires. Son réseau permet la collecte de 740 EH et est de type unitaire. Ses eaux résiduaires sont dirigées vers le DO201.

Ce bassin se compose d'un déversoir d'orage et d'une station de pompage (SP) :

- ❖ Le DO199, rue de Pfulgriesheim, permet le déversement des eaux urbaines vers le Kolbsenbach lorsque la SP89 est engorgée.
- ❖ La SP89, rue de Pfulgriesheim, est un ouvrage composé d'une fosse de 18 m<sup>3</sup> et de deux pompes d'une capacité de 40 m<sup>3</sup>/h qui fonctionnent en alternance.

Le bassin versant **DO198 amont** correspond au centre ville. Il récupère les eaux des bassins versant **DO208 amont**, **DO201 amont**, **DO205 amont** ainsi que les eaux de lotissements et de maisons alsaciennes traditionnelles situées au cœur du village. Son réseau est de type unitaire et permet la collecte d'une charge de 1 140 EH. Ses eaux sont acheminées vers le DO198.

On y retrouve un bassin d'orage et six déversoirs d'orage dont les rejets par temps de pluie se déversent dans la Souffel et le Kolbsenbach :

- ❖ Le BA57, rue de Lorraine, est un ouvrage de 630 m<sup>3</sup> composé de sept conduites surdimensionnées de Ø1800.
- ❖ Le DO205, rue principale, est un déversoir suspendu à crête double.
- ❖ Le DO210, rue principale, est un déversoir standard à crête latérale.
- ❖ Le DO208, rue de l'école, est un leaping-weir à fente parabolique non ajustable.
- ❖ Le DO200, rue de Pfttisheim, est un déversoir standard à crête latérale.
- ❖ Le DO201, rue de Pfulgriesheim, est un déversoir standard à crête latérale.
- ❖ Le DO209, rue de Mundolsheim, est un déversoir standard à crête latérale.

Le bassin versant **DO203 amont** est situé au sud-est de la commune. Il récupère les eaux des bassins versant **DO208 amont**, **DO201 amont**, **DO205 amont** et **DO198 amont**. Son réseau est de type unitaire et permet la collecte d'une charge spécifique de 190 EH à laquelle s'ajoutent les charges venant de l'amont. Ses eaux sont acheminées vers le DO203.

On y retrouve deux déversoirs dont les eaux déversées sont dirigées dans la Souffel :

- ❖ Le DO198, rue de Mundolsheim, est un déversoir complexe qui a été modélisé en 3D et instrumenté. Des retours d'eau de la Souffel vers le réseau ont été constatés pour ce déversoir en période de crue.
- ❖ Le DO206, rue de Mundolsheim, est également impactées par les retours d'eau de la Souffel par fortes crues. Il s'agit d'un déversoir standard à crête latérale.

Le bassin versant **SP105 amont** est le plus à l'aval de la commune. Il récupère les eaux des bassins versant amont, d'un lotissement en sortie de Lampertheim et d'un lotissement à l'entrée de Mundolsheim. Ce bassin permet la collecte de 160 EH, en plus de la charge venant de l'amont, et possède un réseau de type unitaire

On y retrouve deux déversoirs d'orage dont les rejets par temps de pluie se déversent dans la Souffel :

- ❖ Le DO203, rue de la Souffel, est un déversoir complexe qui a été modélisé en 3D et instrumenté. Des retours d'eau de la Souffel vers le réseau ont été constatés pour ce déversoir en période de forte crue.
- ❖ Le DO259, rue du Général de Gaulle à Mundolsheim, est également impactées par les retours d'eau de la Souffel par fortes crues. Il s'agit d'un déversoir standard à crête latérale.

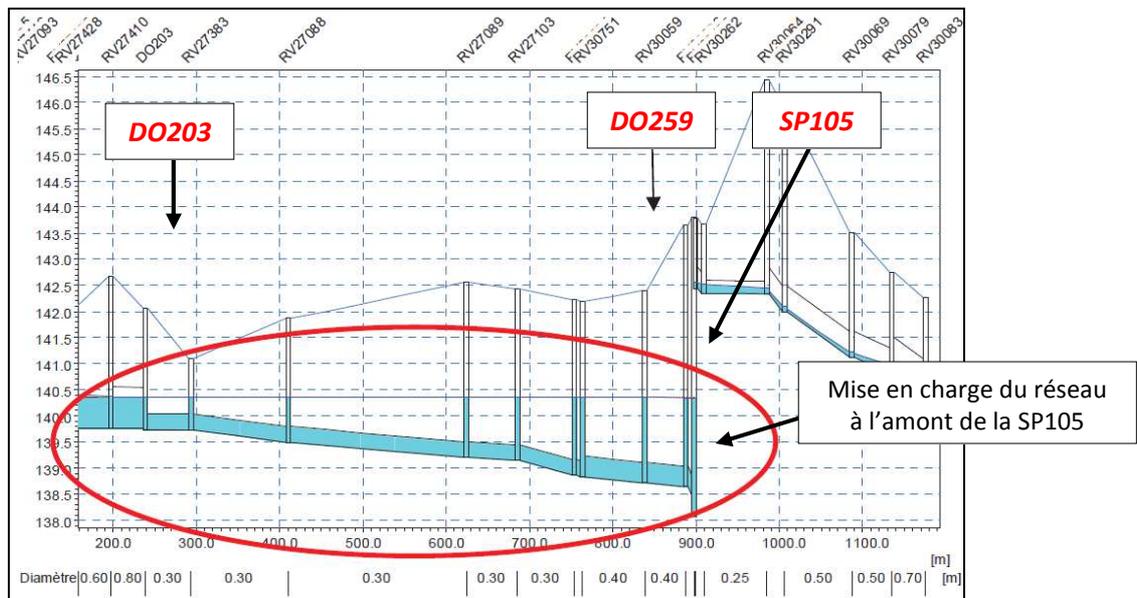
La **SP105** est un ouvrage localisé, rue du Général de Gaulle à Mundolsheim, à l'aval du réseau urbain de Lampertheim. Cette station de pompage se compose d'une fosse de 22 m<sup>3</sup> et de deux pompes d'une capacité unitaire de 30 m<sup>3</sup>/h qui peuvent fonctionner en parallèle.

Cet ouvrage constitue la **condition limite aval de la commune** avant le passage du flux vers Mundolsheim puis vers la station d'épuration de La Wantzenau.

### **2.3.3. Pré-diagnostic établi par le schéma directeur d'assainissement**

Dans le cadre du schéma directeur d'assainissement, un diagnostic du réseau urbain de Lampertheim a été réalisé. Celui-ci a permis d'établir les premières constatations et de proposer des orientations d'aménagement adaptées.

Le bief 5.2 de la Souffel est concerné par de forts rejets des déversoirs d'orage DO203 et DO259. En effet, le débit du poste de pompage SP105 est très limité ( $Q_{\max} = 47 \text{ m}^3/\text{h}$ ) ce qui provoque la mise en charge du réseau vers l'amont et le déversement des déversoirs DO203 et DO259.



**Figure 13** Profil en long illustrant la mise en charge du réseau à l'amont de la SP105 [10][11]

La solution proposée est la **construction d'un bassin de dépollution de 4 200m<sup>3</sup>** à l'amont de la station de pompage SP105. Dans l'attente de la mise en œuvre d'une solution, la surverse du DO259 a été fermée pour limiter les déversements dans le milieu et l'entrée d'eau de la Souffel dans le réseau par temps sec.



**Remarque :**

Dans le schéma directeur d'assainissement, il n'est pas prévu d'augmenter le débit des stations de pompage situées en sortie de commune. En effet, ce serait déplacer les problèmes de sur-volumes vers l'aval. L'objectif actuel est de solutionner les problèmes en amont pour désengorger le réseau aval.

**Résumé :**

L'étude diagnostic du fonctionnement hydraulique de la commune de Lampertheim intervient dans le cadre du programme de modélisation général par commune du schéma directeur d'assainissement de l'Eurométropole. Les objectifs de ce diagnostic sont de bien connaître et d'améliorer le fonctionnement du réseau urbain de la commune en proposant des solutions pour limiter les inondations ainsi que les impacts des rejets urbains dans le milieu récepteur.

De nombreuses spécificités propres à Lampertheim sont à prendre en considération pour la réalisation de ce diagnostic hydraulique : la présence de loess dans le sous-sol ; une topographie légèrement vallonnée ; une nappe phréatique peu profonde ; un réseau hydrographique dont la qualité est dégradée ; de futures zones d'urbanisation à raccorder au réseau dans les années à venir ; la réglementation et l'interdiction de certaines activités à proximité du captage d'eau potable de la commune ; la présence de coulées de boues à l'entrée est de la commune.

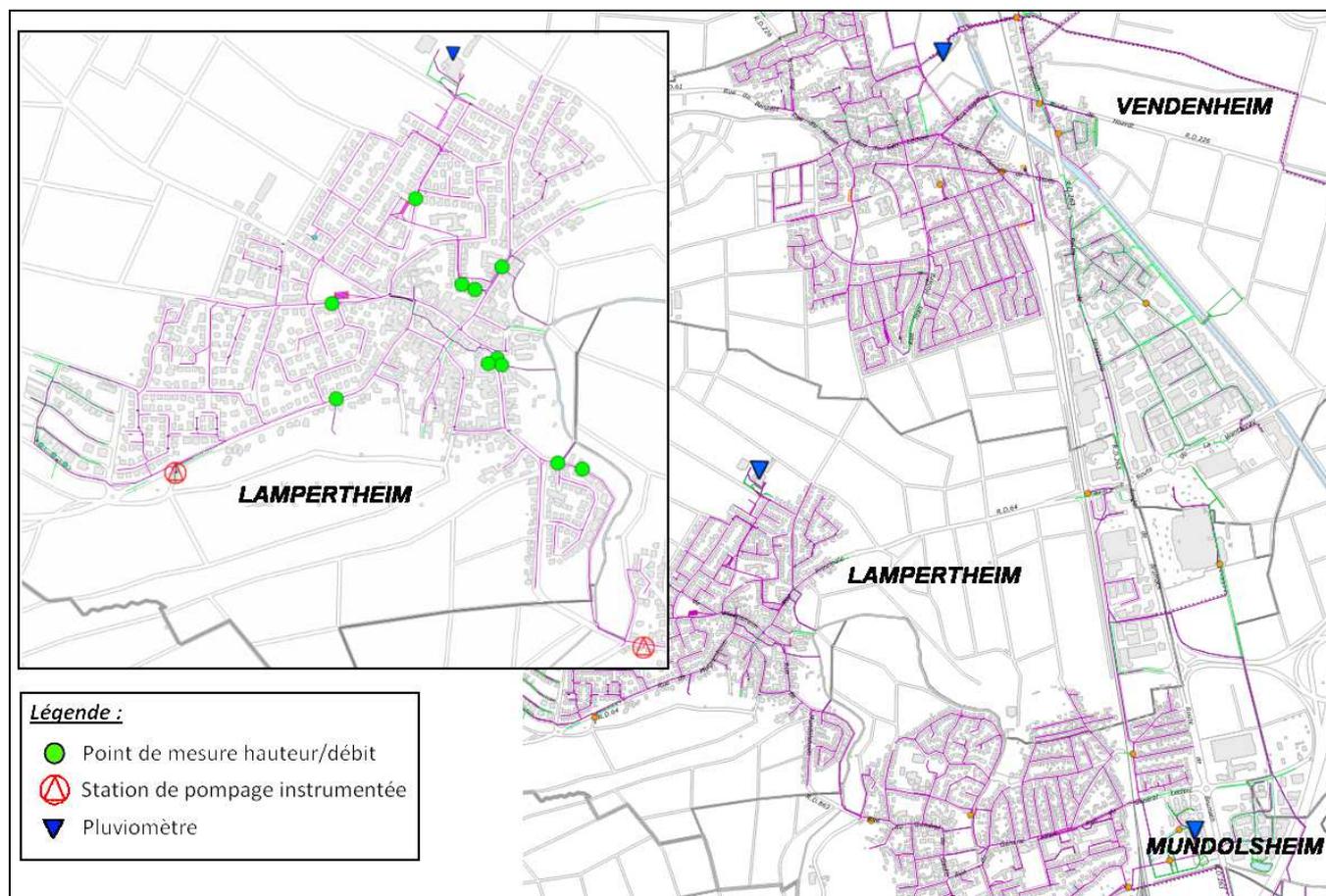
Le réseau d'assainissement de Lampertheim est raccordé au réseau général de l'Eurométropole. Il mesure environ 19,7 kilomètres et est majoritairement unitaire. Les effluents de la commune transitent par Mundolsheim avant d'être pompés vers la station d'épuration de la Wantzenau. Par ailleurs, il est nécessaire de bien connaître le fonctionnement et l'utilité de tous les ouvrages particuliers de la commune : déversoirs d'orage, bassins, stations de pompage, etc.

De plus, lors d'un premier diagnostic effectué dans le cadre du schéma directeur, il a été proposé de construire un bassin de 4 200m<sup>3</sup> de manière à limiter la mise en charge du réseau à l'amont de la station de pompage située en sortie de commune.

## PARTIE 3 - Campagne de mesures

La **campagne de mesures de Lampertheim** a été effectuée en même temps que celle de Mundolsheim (commune voisine). Onze points de mesures ont été placés sur le réseau principal de Lampertheim du 14 juin au 9 août 2013, soit durant trois mois.

Les mesures dans le réseau d'assainissement sont complétées par les données débitométriques de deux stations de pompage et par les données pluviométriques proches de manière à connaître précisément le fonctionnement du réseau par temps sec et par temps de pluie.



**Figure 14** Localisation des points de mesure et des pluviomètres à Lampertheim, Mundolsheim et Vendenheim



Les objectifs de cette campagne sont les suivants :

- ❖ par temps sec, déterminer par sous-bassin versant un profil journalier et quantifier les eaux claires parasites ;
- ❖ par temps de pluie, observer la réaction du réseau à chaque point de mesure et effectuer une comparaison avec la pluviométrie associée ;
- ❖ exploiter les données mesurées et caler le modèle numérique.

### **3.1. Données pluviométriques**

#### **3.1.1. Présentation des données pluviométriques mesurées**

Trois pluviomètres se trouvent à proximité de la zone d'étude : le pluviomètre de Lampertheim, celui de Mundolsheim et celui de Vendenheim. L'ensemble des données de ces trois sites a été conservé sur la période de la campagne de mesures.

Au total, il y a eu 10 événements pluvieux distincts sur la période de mesure. Ces pluies sont caractérisées par leur cumul, leur durée et leur intensité. Le choix des pluies pour le calage du modèle sera effectué par une méthode de sélection qui sera présentée dans la partie 5.2.1.

| <i>Pluie</i> | <i>Date</i> | <i>Durée (h)</i> | <i>Cumul (mm)</i> | <i>Intensité (mm/h sur 30mn)</i> | <i>Période de retour</i>            |
|--------------|-------------|------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Pluie 1      | 20/06/2013  | 3,62             | 5,40              | 9,21                             | Hebdomadaire                        |
| Pluie 2      | 24/06/2013  | 3,32             | 2,85              | 3,10                             | Hebdomadaire                        |
| Pluie 3      | 27/06/2013  | 8,80             | 5,49              | 3,60                             | Entre hebdomadaire et bimensuelle   |
| Pluie 4      | 29/06/2013  | 8,83             | 9,60              | 3,77                             | Mensuelle                           |
| Pluie 5      | 03/07/2013  | 14,93            | 8,54              | 3,25                             | Entre mensuelle et bimestrielle     |
| Pluie 6      | 03/07/2013  | 0,53             | 6,86              | 12,74                            | Entre bimestrielle et trimestrielle |
| Pluie 7      | 24/07/2013  | 3,32             | 2,20              | 4,06                             | Hebdomadaire                        |
| Pluie 8      | 25/07/2013  | 4,03             | 4,40              | 4,05                             | Entre hebdomadaire et bimensuelle   |
| Pluie 9      | 06/08/2013  | 12,95            | 7,25              | 4,95                             | Entre mensuelle et bimestrielle     |
| Pluie 10     | 07/08/2013  | 12,03            | 14,43             | 4,18                             | Entre mensuelle et bimestrielle     |

**Tableau 6** *Caractéristiques de pluies mesurées par le pluviomètre de Lampertheim sur la période de la campagne de mesures*

### **3.1.2. Caractéristiques des pluviomètres**

Les caractéristiques des pluviomètres de l’Eurométropole situés à proximité de la zone d’étude sont présentées ci-dessous :

❖ *Le pluviomètre de Mundolsheim :*

Le pluviomètre de Mundolsheim est situé rue des Floralties, à l’est de la commune. C’est un pluviomètre Précis Mécanique de type auget basculant et d’une résolution de 0,20 mm/min. Cet appareil est placé à environ 2 km à vol d’oiseau du centre ville de Lampertheim.

❖ *Le pluviomètre de Vendenheim :*

Le pluviomètre de Vendenheim est situé chemin du ruisseau, au nord de la commune. Ses caractéristiques sont les mêmes que le pluviomètre de Mundolsheim. Cet appareil est placé à environ 2,5 km du centre ville de Lampertheim.

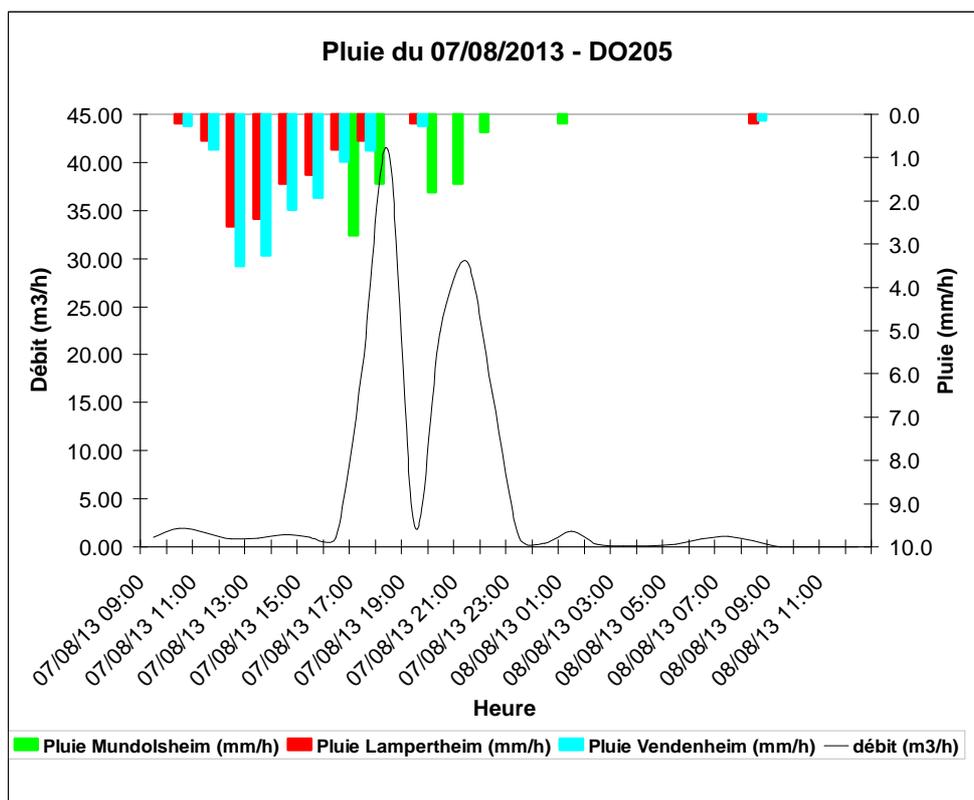
❖ *Le pluviomètre de Lampertheim :*

Le pluviomètre de Lampertheim a été démonté en janvier 2008 pour des raisons de dysfonctionnement et d’erreurs de mesure. Cet appareil était positionné au Nord de la commune sur le toit de la salle polyvalente, rue du stade. Il s’agissait également du même type d’appareil.

### **3.1.3. Méthodologie d’analyse des données pluviométriques**

Sur la base des données pluviométriques de Mundolsheim et Vendenheim, Météo France a reconstitué la série des pluies de Lampertheim pour la période de la campagne de mesures (de juin à août 2013). Cette interpolation a été établie à partir d’un modèle mathématique dit « de routine ».

Pour vérifier la cohérence de ces données reconstituées, les hyétogrammes des pluies des trois communes ont été comparés aux hydrogrammes mesurés dans le réseau. La mesure de débit en amont du DO205 a été choisie pour effectuer cette analogie car ce point est placé au centre de Lampertheim et l’on considérera que la répartition spatiale de la pluie est la même pour tout le territoire la commune.



**Figure 15** Exemple de comparaison entre les hyétogrammes précipités à Lampertheim, Vendenheim et Mundolsheim avec l'hydrogramme de débit mesuré dans le DO205

Les résultats de ces comparaisons montrent que l'interpolation faite par Météo France n'est pas représentative des pluies tombées à Lampertheim sur cette période. En effet, dans la majorité des cas, la répartition spatiale de la pluviométrie, le temps de réaction du réseau et les volumes précipités ne sont pas en adéquation avec la réaction dans le réseau (cf. Figure 15).

Par conséquent, les données du pluviomètre de Lampertheim ne seront pas utilisées dans le modèle hydraulique. Lorsque les pluies de calage auront été sélectionnées, on choisira uniquement les données pluviométriques les plus représentatives de la réaction dans le réseau : les données de Mundolsheim ou de Vendenheim. Par contre, si aucune des mesures de pluie n'est homogène à la réaction du réseau, la pluie de calage ne sera pas retenue (cf. chapitre 5.2.1).

### **3.2. Données des stations de pompage**

Les stations de pompage SP89 et SP105 sont instrumentées et télégérées depuis les services d'exploitation de l'Eurométropole. Les données débitmétriques de pompage enregistrées seront utilisées dans le cadre du calage et de la construction du modèle hydraulique. Elles compléteront les mesures des débitmètres à effet Doppler placés dans le réseau.



**Remarque :**

*La SP105 est un point stratégique du réseau puisqu'elle est située à l'exutoire de la commune. Malheureusement, c'est un point que nous ne pourrions pas contrôler lors du calage puisqu'entre juin et septembre 2013 aucune donnée de débit pompé n'a été enregistrée. En effet, le poste local de télégestion (de type SOFREL S550) chargé du rapatriement des données vers nos services est tombé en panne sur cette période et aucun déplacement sur site pour récupérer les données n'a eu lieu. Dans cette configuration, il semble indispensable d'effectuer un suivi de l'instrumentation des ouvrages au moment de la campagne et non uniquement lors de l'exploitation de ces données.*

*Par conséquent, les hypothèses du schéma directeur concernant la mise en charge de la station SP105 et les déversements en amont par forte pluie ne pourront donc pas être vérifiés.*

### **3.3. Données issues de l'instrumentation du réseau**

#### **3.3.1. Choix des points de mesure**

Le positionnement des points de mesure dans le réseau a été choisi en 2013 par le spécialiste de modélisation de l'époque. Les points instrumentés ont été définis dans l'objectif d'effectuer un découpage des flux d'eaux urbaines en sous-bassin versant et de connaître les flux déversés par les déversoirs d'orage. Onze capteurs ont été placés au niveau des points stratégiques suivants :

| <i>Point de mesure</i>   | <i>Type de mesure</i> | <i>Période mesurée</i>  | <i>Localisation</i>  |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| RV27433 (DO205 amont)    | Hauteur/Vitesse       | du 17/06/13 au 08/08/13 | Rue principale       |
| RV27237 (BA56 amont)     | Hauteur/Vitesse       | du 17/06/13 au 08/08/13 | Place de Niefern     |
| DO208 amont              | Hauteur/Vitesse       | du 17/06/13 au 08/08/13 | Rue de l'école       |
| DO208 déversé            | Hauteur/Vitesse       | du 17/06/13 au 08/08/13 | Rue de l'école       |
| BA57 amont (TP148)       | Hauteur/Vitesse       | du 17/06/13 au 08/08/13 | Rue de Lorraine      |
| DO201 amont              | Hauteur/Vitesse       | du 17/06/13 au 08/08/13 | Rue de Pfulgriesheim |
| DO198 A (amont)          | Hauteur/Vitesse       | du 14/06/13 au 08/08/13 | Rue de Mundolsheim   |
| DO198 B (déversé amont)  | Hauteur/Vitesse       | du 17/06/13 au 08/08/13 | Rue de Mundolsheim   |
| DO198 C (déversé)        | Hauteur/Vitesse       | du 14/06/13 au 08/08/13 | Rue de Mundolsheim   |
| DO203 amont              | Hauteur/Vitesse       | du 17/06/13 au 08/08/13 | Rue de la Souffel    |
| RV27383 (DO203 conservé) | Hauteur/Vitesse       | du 14/06/13 au 08/08/13 | Rue de la Souffel    |

***Tableau 7 Présentation des points de mesure de la campagne de 2013 à Lampertheim***

Cependant, le nombre limité de capteurs ne permet pas de contrôler tous les points de sortie du réseau. C'est pourquoi quatre déversoirs d'orage n'ont pas été instrumentés : le DO199, le DO204, le DO207 et le DO206. Les flux conservés et déversés ne sont pas connus pour ces ouvrages. Cela constitue des incertitudes non négligeables pour le calage de temps de pluie et le diagnostic de l'impact milieu.

De plus, parmi ces sites de mesure, certains ne pourront pas être utilisés pour le calage car les données disponibles ne permettent pas de caractériser les écoulements dans chacune des conduites (exemple du BA57, 3 conduites, 1 seule mesure) ou car il n'est pas possible de représenter un écoulement particulier dans le modèle (exemple du point de mesure DO198 C pour lequel il est impossible de représenter le flux du cours d'eau phréatique dans Mike Urban transitant par la conduite de rejet du déversoir d'orage).

#### **3.3.2. Description des appareils de mesure**



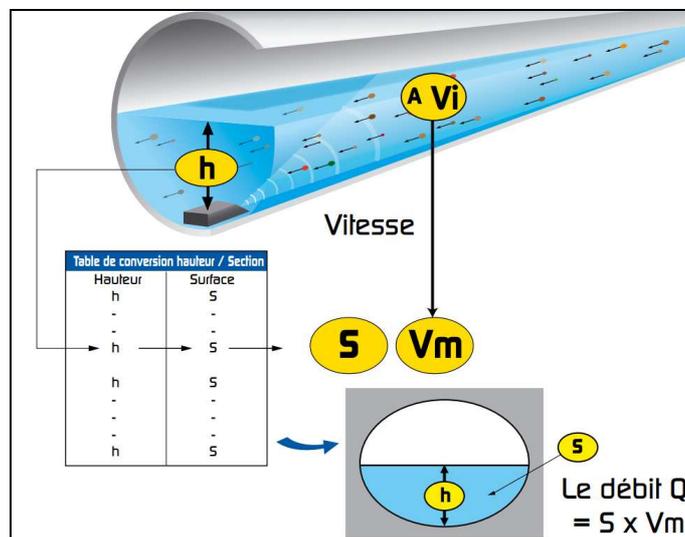
Le service de l'eau et de l'assainissement effectue ses campagnes de mesure en interne et possède des **débitmètres du type hauteur/vitesse**, communément appelés **débitmètres à effet Doppler**. Pour la campagne de Lampertheim, les modèles utilisés sont des débitmètres Mainstream IV portable de la marque Hydreka [26].

Ces débitmètres possèdent deux capteurs distincts dont le fonctionnement est le suivant :

- ❖ Un **capteur de vitesse à effet Doppler** : un faisceau d'onde à ultrason est émis à contre-courant par une sonde immergée. Ces ondes sont ensuite réfléchies par les particules en suspension dans l'eau et sont renvoyées au capteur immergé. La vitesse moyenne de l'eau est alors calculée par analyse de la fréquence de l'onde réfléchie dans l'eau.

- ❖ Un **capteur de hauteur** : une sonde piézométrique est immergée dans l'eau. Elle mesure l'évolution de la pression au cours du temps dans le fond de la conduite, soit une mesure de la hauteur d'eau au cours du temps.

Par association des mesures de hauteur et des caractéristiques de la conduite, on obtient une valeur de surface mouillée. Cette surface multipliée par la vitesse moyenne mesurée donne le débit moyen mesuré dans la conduite à un instant T.



**Figure 16** Schéma de principe d'un débitmètre de type hauteur/vitesse [26]

La conduite à instrumenter est choisie en veillant à la sécurité des agents sur le terrain, à répondre aux besoins de l'étude tout en veillant à respecter les conditions de bon fonctionnement du capteur.

Pendant la campagne de mesures, les capteurs doivent être nettoyés, leur bon fonctionnement doit être vérifié et les mesures doivent être relevées. Cet entretien doit avoir lieu au moins trois fois par semaine et surtout après chaque événement pluvieux.

Il est couramment admis que l'erreur moyenne d'une mesure dans le réseau est de 20%. Ceci peut être le fait de dysfonctionnements variés, comme :

- ❖ des imprécisions sur la mesure des faibles vitesses d'écoulement (moins de 5 cm/s) ou des faibles hauteurs d'eau (moins de 5 cm) ;
- ❖ des mesures faussées par des discontinuités géométriques qui induisent une modification de l'écoulement (rupture de pente, changement de diamètre, etc.) ;
- ❖ les capteurs hauteur/vitesse qui dérivent et créent un écart entre la valeur mesurée et la valeur réelle (dérive de l'horloge ou de la mesure) ;
- ❖ des dépôts qui aveuglent totalement ou partiellement le capteur ;
- ❖ la formation d'un ressaut hydraulique dans la conduite ;
- ❖ la présence d'un branchement à l'aplomb du capteur ;
- ❖ etc.



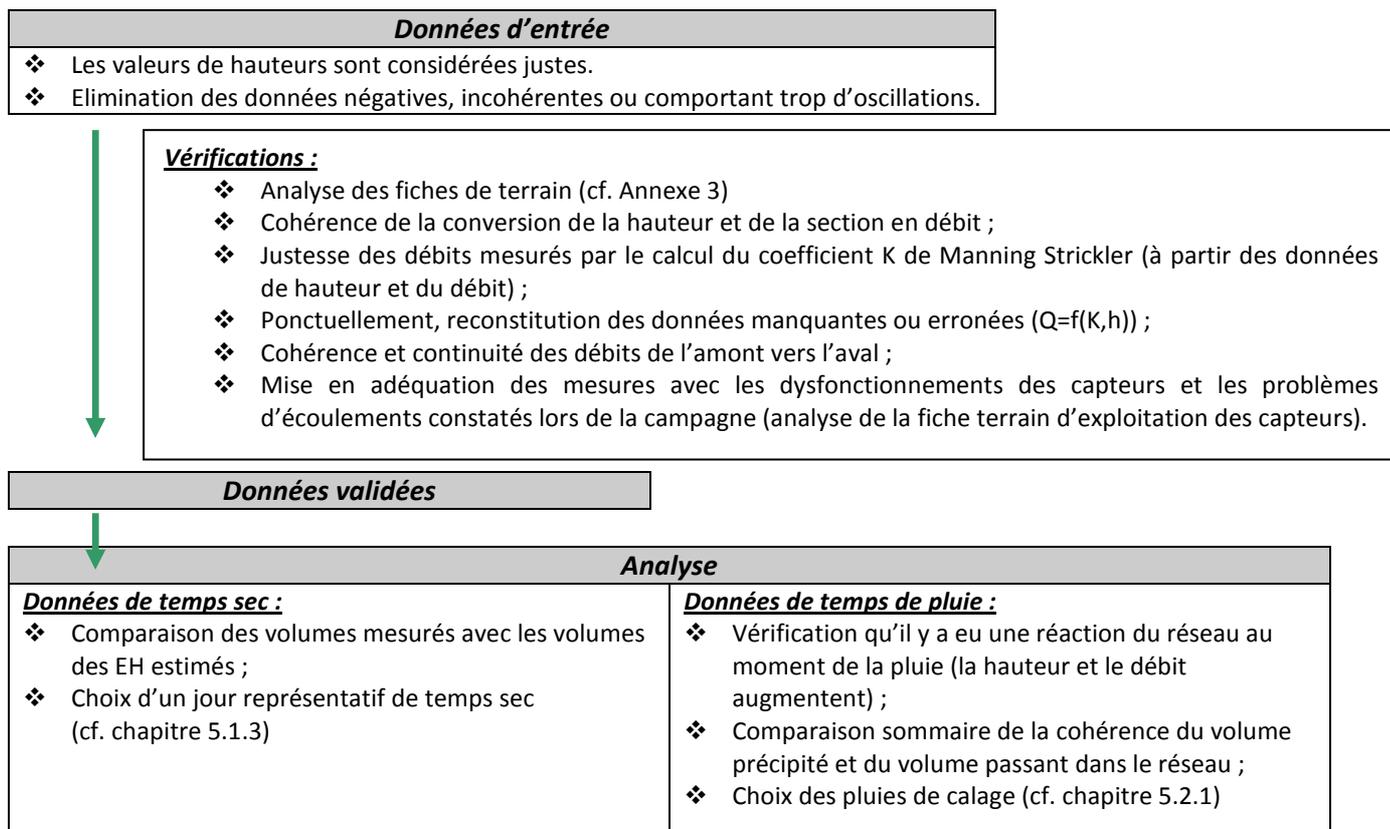
**Remarque :**

Le logiciel WinFluid est utilisé pour le traitement des données mesurées par les débitmètres hauteur/vitesse.

**3.3.3. Méthodologie d'analyse des données issues des capteurs**

A l'issue de la campagne de mesures, les données collectées sont rassemblées et transmises au chargé de modélisation. Le descriptif de toutes les constatations de terrain et défaillances constatées lui sont également fournis.

Le chargé de modélisation doit analyser méthodiquement les données de la campagne de mesures dans le but de créer un modèle hydraulique précis et conforme à la réalité. La méthodologie en dessous dans le tableau permet d'estimer la justesse des données d'entrée et d'éliminer les données incohérentes :



**Figure 17 Méthodologie d'analyse des données de la campagne de mesures**

A l'issue de cette analyse, des dysfonctionnements et erreurs dans la mesure ont été constatés. Ils n'ont pas été pris en compte pour la suite de l'étude.

**Résumé :**

La campagne de mesures de Lampertheim a été effectuée durant 3 mois en été 2013. Sur cette période, onze capteurs hauteur/vitesse ont été placés à des points stratégiques du réseau. Ces mesures ont été complétées par les données débitométriques de deux stations de pompage et par les données pluviométriques proches (Lampertheim, Mundolsheim et Vendenheim). In fine, l'objectif de la campagne est de reproduire lors du calage du modèle ce qui se passe dans le réseau réel.

Pour limiter les erreurs dans la construction du modèle et préparer le calage, l'ensemble des données a été analysé selon des méthodologies précises :

D'abord, une analyse pluviométrique a montré que les données de Lampertheim, issues d'une interpolation, ne sont pas cohérentes avec la réaction du réseau. Par conséquent, il a été décidé que le calage du modèle se fera uniquement à partir des données pluviométriques de Vendenheim ou de Mundolsheim.

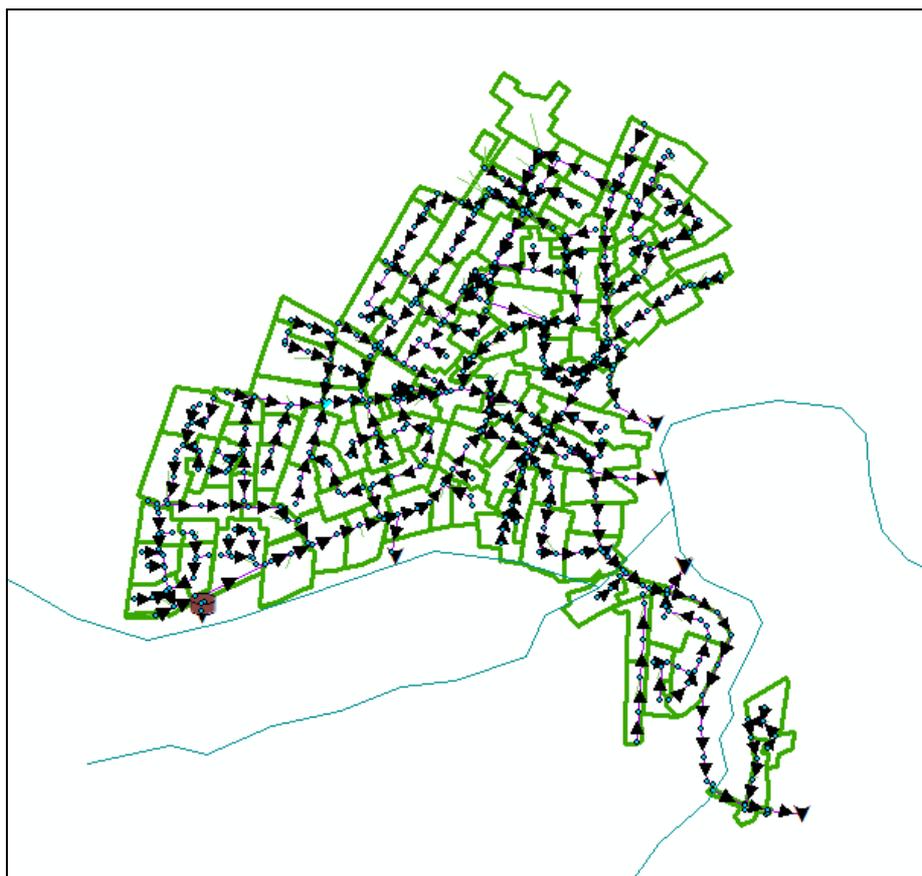
Ensuite, les données hauteur/vitesse issues de la campagne de mesures ont été analysées. Pour cela, une méthodologie a été mise en place, elle a permis de reconnaître et d'éliminer les données incohérentes. Grâce à ce tri, toutes les chances ont été mises de notre côté pour créer un modèle hydraulique de qualité et représentatif de la réalité.

## PARTIE 4 - Construction du modèle

### 4.1. Architecture du modèle

Le réseau d'assainissement de Lampertheim a été modélisé sur Mike Urban à partir des données du SIG (logiciel ELYX), des « fiches ouvrage » (logiciel SIS3D) et des visites effectuées sur le terrain.

La construction du modèle a permis une vérification complète des données issues du SIG et de SIS3D. Les données manquantes ou fausses ont été mises à jour à l'aide de mesures de terrain complémentaires. Dans le cas où les ouvrages sont inaccessibles à la mesure, les données ont été interpolées à partir du modèle numérique de terrain (MNT) ou à partir de la pente et la profondeur à l'amont et à l'aval de l'ouvrage.



**Figure 18** Architecture du modèle de Lampertheim dans Mike Urban



#### Remarque :

La majorité des éléments de conception du modèle font l'objet d'un processus défini par le schéma directeur d'assainissement. Ainsi, tous les modèles doivent être construits de la même manière et avec les mêmes hypothèses pour :

- ❖ la simplification du réseau ;
- ❖ le découpage des bassins versants ;
- ❖ les valeurs de pertes initiales ;
- ❖ la modélisation des ouvrages (déversoirs d'orage, bassins, stations de pompage, etc.) ;
- ❖ le calcul des coefficients d'imperméabilisation ;
- ❖ etc.

Tous ces éléments seront discutés au chapitre 4.6 : « Avis critique sur la construction du modèle ».

## 4.2. Logiciel de modélisation

Le service de l'eau et de l'assainissement travaille avec deux logiciels de modélisations : CANOË pour les modèles antérieurs à 2013 et Mike Urban pour les modèles plus récents.



Le logiciel Mike Urban [30][31][41] est un outil de conception et de diagnostic des réseaux d'assainissement urbains développé par le Danish Hydraulic Institute (DHI). Il permet la modélisation de ruissellement de surface, la simulation hydraulique des écoulements en réseau ainsi que l'évaluation des débits et charges rejetés au milieu naturel.

MIKE URBAN constitue l'évolution du logiciel MOUSE combiné à un SIG (ArcGIS) et dont le moteur de calcul a été repris pour permettre des simulations plus rapides.

Les fonctionnalités de l'outil MOUSE dans MIKE URBAN sont les suivantes :

### ❖ **Un module hydrologique : La modélisation du ruissellement de surface**

Le module hydrologique permet de calculer les débits générés à l'exutoire de chaque bassin versant, pour tout épisode pluvieux, à partir des données pluviométriques locales et des caractéristiques des bassins versants composant le territoire étudié. Ce phénomène s'appelle la **transformation pluie-débit**. Dans le modèle MIKE URBAN, il est calculé par la méthode rationnelle généralisée, la méthode du réservoir linéaire simple ou la méthode du double réservoir linéaire.

### ❖ **Un module hydraulique : La modélisation des écoulements dans les réseaux**

Le module hydraulique permet de calculer les caractéristiques de l'écoulement (débit, hauteur, vitesse et volume), en tout point du réseau, à partir des caractéristiques du réseau d'assainissement (singularité des ouvrages) et des débits d'apport injectés dans le réseau (débits de temps sec, débits d'ECP et débits ruisselés issus de la modélisation hydrologique). Dans le modèle MIKE URBAN, ce calcul est effectué par la résolution des **équations de Barré de Saint-Venant** pour les écoulements à surface libre et par la **méthode de Preissmann** pour les écoulements en charge. De plus, les phénomènes transitoires et d'influences aval (retours d'eau et influences du niveau d'eau aux exutoires) sont pris en compte dans ce module hydraulique.

Le détail de ces méthodes de calculs est présenté en Annexe 4.

## 4.3. Modélisation des ouvrages simples

Le modèle Mike Urban de Lampertheim comporte :

- ❖ 13 déversoirs d'orage dont :
  - ✓ 8 déversoirs latéraux ;
  - ✓ 3 déversoirs comportant une conduite de trop-plein ;
  - ✓ 1 déversoir complexe comportant une double crête ;
  - ✓ 1 déversoir de type leaping weir.
- ❖ 2 trop-pleins ;
  - ✓ 3 bassins d'orages ;
  - ✓ 2 stations de pompes ;
  - ✓ 8 têtes de déversement ;
  - ✓ 2 limiteurs de débit.

Pour une meilleure compréhension du fonctionnement des ouvrages à modéliser, plusieurs visites de terrain ont été effectuées. Ces visites permettent de reproduire le plus finement possible le comportement hydraulique des ouvrages dans le modèle.

La **methodologie de modélisation des ouvrages particuliers** se trouve en Annexe 5. Elle fait le parallèle entre l'architecture réelle d'un ouvrage et sa construction dans le modèle.

### 4.3.1. Nœuds

Dans Mike Urban, les regards sont définis comme des **ouvrages de type « Node »** (nœud). Leurs caractéristiques sont détaillées dans la « fiche de renseignement » ci-dessous. Elle contient notamment les valeurs de TN, de Fe, les coordonnées de l'ouvrage et le diamètre du nœud.

Figure 19 Exemple de fiche de renseignement d'un nœud

### 4.3.2. Tronçons

Les tronçons sont représentés comme des **ouvrages de type « Pipes and Canals »** dans le modèle. La « fiche de renseignement » de chaque tronçon contient les éléments suivants : longueur, matériaux, identifiant du nœud amont et aval, type d'effluent, etc.

Figure 20 Exemple de fiche de renseignement d'un tronçon



**Remarque :**

Le pas d'espace minimum entre deux tronçons dans Mike Urban est de 5 mètres linéaires. C'est-à-dire que pour toutes les conduites ayant une longueur inférieure à 5 mètres, le logiciel considérera une longueur factice de 5 mètres lors des calculs. Pour éviter cette approximation, la procédure du schéma directeur recommande, lorsque cela est possible, de fusionner deux tronçons et d'éliminer le regard intermédiaire.

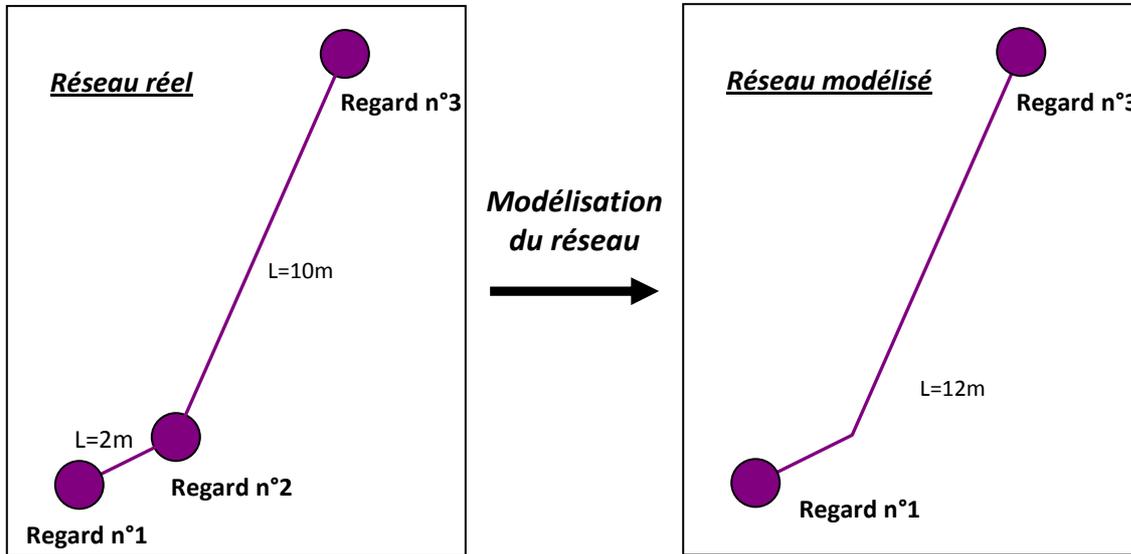


Figure 21 Exemple de fusion de deux tronçons

**4.3.3. Déversoirs d'orage**

Pour dessiner un déversoir d'orage dans Mike Urban, il faut créer deux nœuds portant les caractéristiques du déversoir d'orage (TN et Fe) et insérer au milieu un ouvrage de type « Weir » (correspondant à la crête de déversement). Le nœud aval au déversoir est dit fictif car il n'existe pas dans la réalité et constitue un point de construction du modèle.

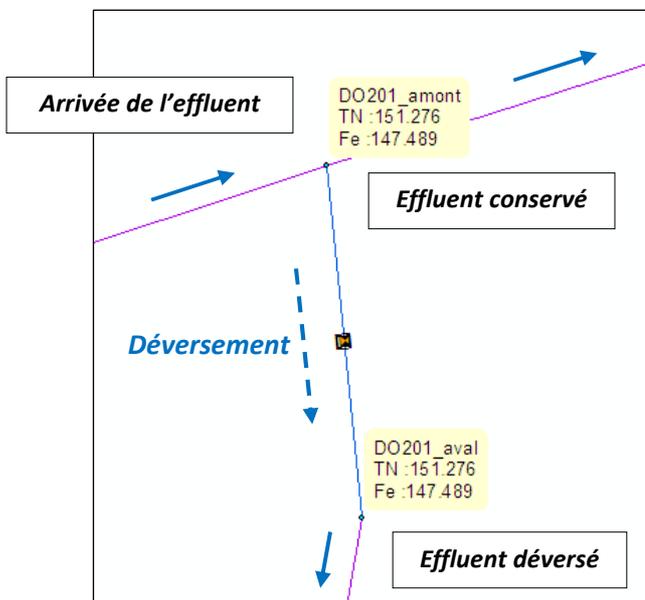


Figure 22 Exemple de construction d'un déversoir d'orage dans Mike Urban (DO201)

Cette configuration permet de reproduire le fonctionnement réel des déversoirs d'orage dans Mike Urban. Les caractéristiques physiques de l'ouvrage « Weir » (hauteur de crête, longueur de crête, orientation de la crête, etc.) sont renseignées dans le modèle sous la forme d'une fiche de renseignement.

Le fabricant de l'application Mike Urban (DHI) conseille de modéliser les déversoirs d'orage uniquement en renseignant l'orientation de l'ouvrage (0 ou 90 degrés), sans y mettre de coefficients de seuil (« discharge coeff »). L'Eurométropole a choisi de suivre ce conseil et applique ce mode de construction pour ces modèles hydrauliques.

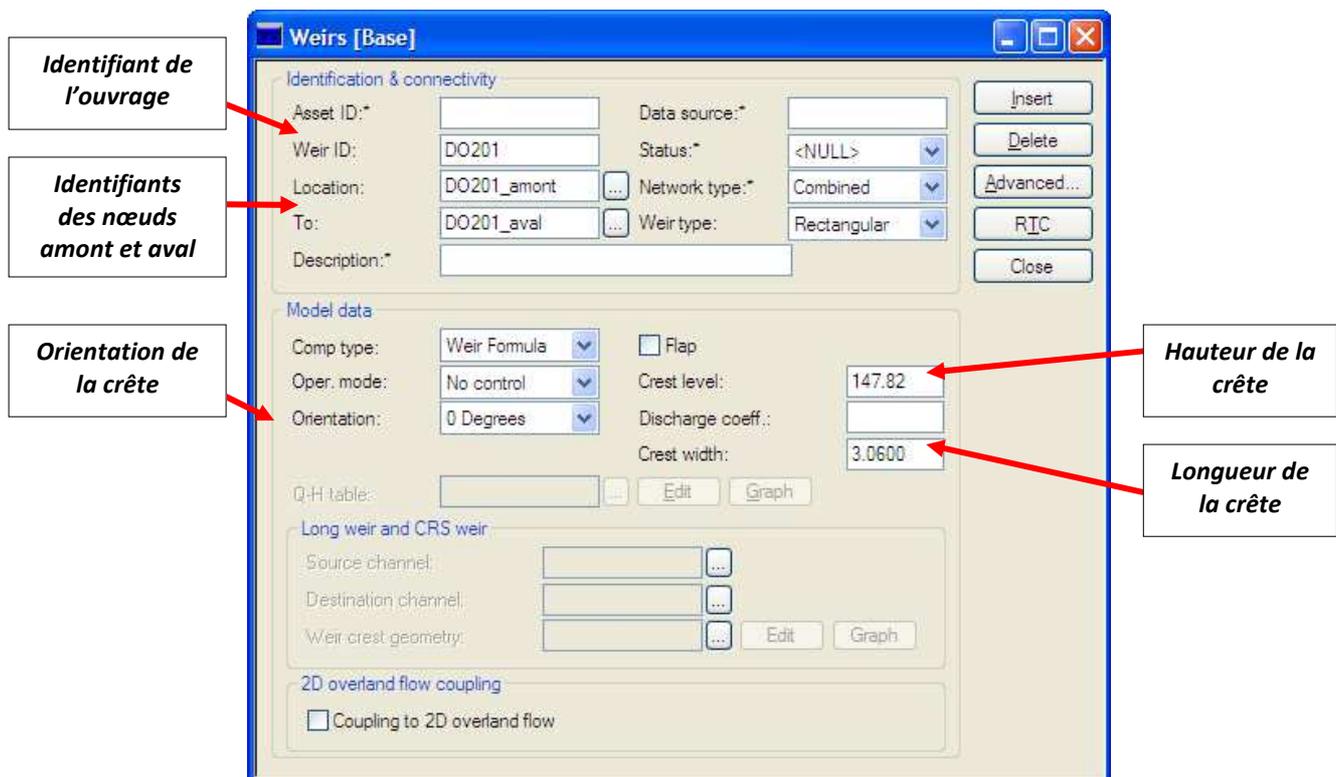


Figure 23 Exemple de fiche de renseignement d'un ouvrage de type « Weir » dans Mike Urban (DO201)

#### 4.3.4. Stations de pompage

Les stations de pompage sont modélisées dans Mike Urban par la mise en place d'ouvrages de type « Pump » (pompe). Pour cela, il faut placer cet ouvrage entre un nœud correspondant à la bêche de la station de pompage (caractérisé par son TN, Fe et diamètre) et un nœud fictif aval.

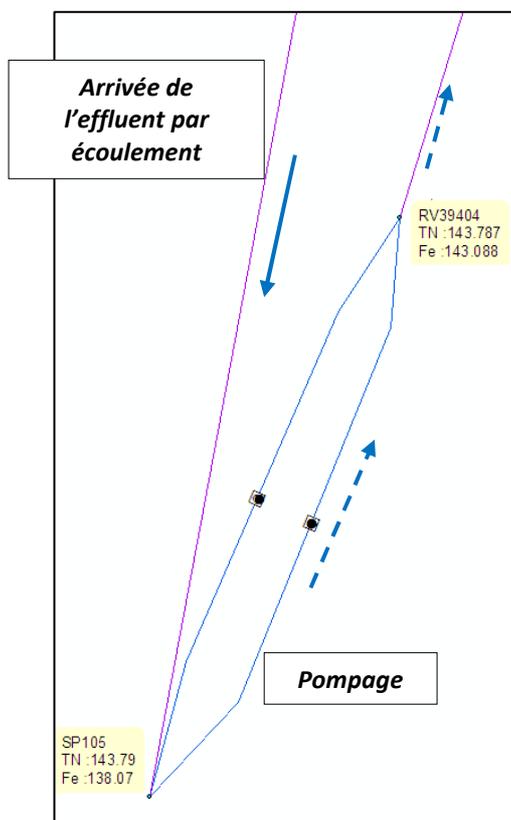


Figure 24 Exemple de construction d'une station de pompage dans Mike Urban (SP105)

Les ouvrages « Pump » sont caractérisés par le débit de pompage constant et les seuils de marche/arrêt de la pompe. Par ailleurs, si la courbe pompe est disponible, il est possible de la renseigner dans le modèle sous forme d'une « courbe de régulation ».

Le débit de pompage de deux pompes en parallèle n'est pas égal à la somme des débits de chacune des pompes. En effet, en augmentant le débit pompé, les pertes de charges dans la conduite augmentent, ce qui diminue le débit de chacune des pompes.

Pour modéliser le fonctionnement en parallèle de deux pompes, la méthode suivante a été utilisée :

**Etape 1 :** Modéliser une première pompe avec les caractéristiques de niveau et de débit correspondant au fonctionnement d'une pompe seule.

**Etape 2 :** Modéliser une deuxième pompe avec les caractéristiques de niveau pour un fonctionnement en parallèle. Attention, le débit de pompage renseigné doit correspondre au débit du pompage en parallèle auquel est soustrait le débit de pompage d'une pompe seule.

De cette manière, lorsque les pompes fonctionnent en parallèle dans le modèle, le débit pompé correspond au débit des deux pompes en parallèle et non à la somme des débits de ces deux pompes.

The screenshot shows the 'Pumps [Base]' configuration window. It is divided into several sections:

- Identification & connectivity:** Fields for Asset ID (empty), Pump ID (SP105\_2), Location (SP105), To (RV39404), Description (empty), Data source (empty), Status (<NULL>), Network type (Combined), and Speed (Constant). Buttons for Insert, Delete, Advanced..., RTC, and Close are present.
- Model data:** Oper. mode (No control), Cap. curve type (Constant Flow), Wet well set-point (empty), Constant flow (0.00833), Start level (138.77), Stop level (138.47), Acc. time (10), and Dec. time (10).
- Capacity curves:** Two sections for 'Capacity curve for RPMmax' and 'Capacity curve for RPMmin', each with an 'Offset' field set to 0.00 and buttons for Edit and Graph.
- 2D overland flow coupling:** A checkbox for 'Coupling to 2D overland flow' which is currently unchecked.

Figure 25 Exemple de fiche de renseignement d'un ouvrage du type « Pump » (SP105, pompe n°2)

#### 4.4. Simplification du réseau

La procédure de modélisation établie par le SDA demande qu'il n'y ait pas de simplification du réseau pour les modélisations des communes de l'Eurométropole. Ce choix est justifié par la nécessité d'effectuer des modélisations précises du réseau permettant de détecter des anomalies de fonctionnement ou des débordements jusqu'en tête de réseau : « On modélisera tout le réseau, cela afin de pouvoir mettre en cause ou non le réseau en cas d'inondations. Les inondations sont susceptibles de se produire n'importe où, et le service doit être en mesure de dire PARTOUT si le réseau peut être mis en cause ou non » (Manuel de modélisation du bureau d'études assainissement de l'Eurométropole [13]).

De plus, un découpage fin des bassins versants, tel que demandé, n'est pas compatible avec une simplification du réseau.

#### 4.5. Modélisation des bassins versants

##### 4.5.1. Le découpage des bassins versants

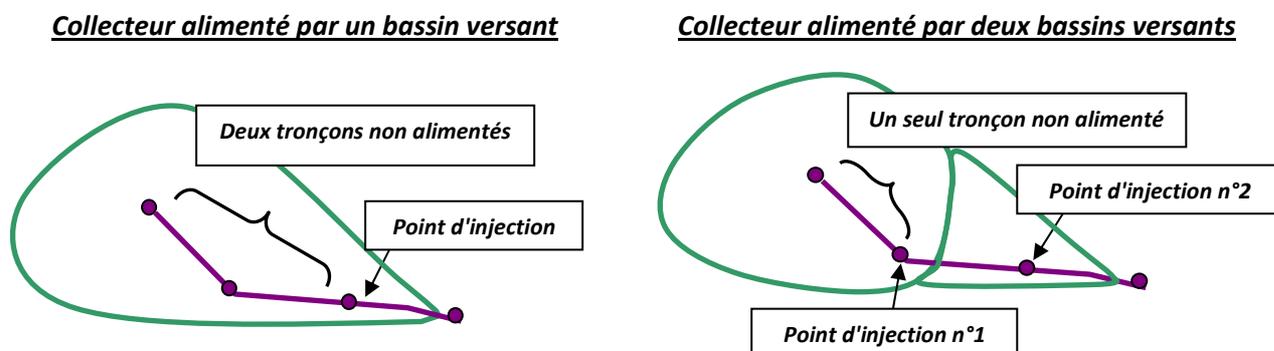
###### 4.5.1.1. Méthodologie de découpage

Dans un modèle hydraulique, le bassin versant constitue l'unité de collecte principale des écoulements de surface vers le réseau. Le découpage des bassins versant doit faire l'objet d'une attention très particulière puisqu'il s'agit de définir les surfaces dont le ruissellement et l'écoulement de réseau se dirigent vers un même exutoire.

La méthodologie proposée par le schéma directeur pour découper les bassins versants avec Mike Urban conseille :

- ❖ de créer uniquement des bassins versants de petite taille (ave une surface minimum de 0,1 Ha)
- ❖ de ne pas créer des bassins versants d'une surface supérieure à 5 Ha (sous peine que le logiciel surestime les hauteurs d'eau au niveau du point d'injection) ;
- ❖ d'effectuer un découpage plus fin des bassins au niveau des zones sujettes aux inondations.

L'application de cette procédure permet, selon le SDA, d'éviter d'avoir trop de bras mort dans le modèle, de limiter l'exagération de la ligne d'eau par surestimation des bassins versants et d'effectuer une modélisation plus fine des débordements sur tous les tronçons. D'après cette méthode, c'est la finesse du découpage qui conditionne les résultats des simulations et la précision des points de débordement. De plus, contrairement au logiciel CANOË, le logiciel Mike Urban est capable d'effectuer des calculs précis pour des bassins versants de moins de 1 hectare.



**Figure 26** Préconisations du manuel de modélisation pour le découpage des bassins versants

Chaque bassin versant doit être associé à un point d'injection qu'il faut placer entre la moitié et les 2/3 du plus long chemin hydraulique. Le choix du point d'injection est déterminant puisque c'est le point d'entrée de l'eau ruisselée dans le réseau. A cet endroit, les hauteurs d'eaux simulées par le modèle sont largement surestimées. Pour éviter tout problème de débordement fictif, il ne faut pas injecter un bassin versant au niveau de jonctions de collecteur ou en point bas de réseau.

#### 4.5.1.2. Découpage des bassins versants de Lampertheim

Le découpage des bassins versants de Lampertheim a été effectué avec le logiciel ArcGIS à l'aide des données topographiques (MNT), des couches de la voirie et du bâti. Au total, la commune Lampertheim a été découpée en 121 bassins versants d'une surface moyenne de 0,70 Ha.

Le découpage en bassins versants est un travail préliminaire très important puisqu'il a un impact direct sur le calage du modèle. Plus ce découpage sera juste et précis, plus la répartition du flux ruisselé sera cohérente avec la réalité et, par conséquent, plus le calage du modèle sera facile à réaliser.

Dans Mike Urban, la fiche de renseignement des bassins versants (« Catchment ») porte les caractéristiques suivantes : identifiant du point d'injection ; aire du bassin versant ; longueur du plus long chemin hydraulique ; pente du bassin versant ; coefficient d'imperméabilisation ; lag-time ; pertes initiales ; nombre d'équivalents-habitants. L'Annexe 7 présente le découpage de ces bassins et leurs caractéristiques.

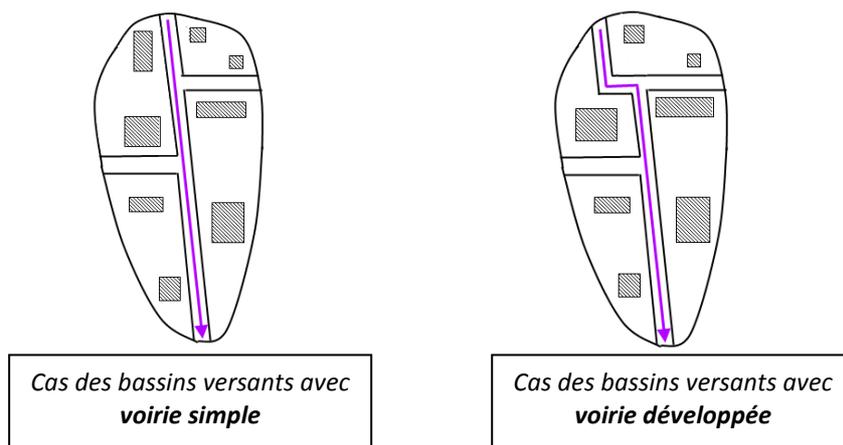
#### **4.5.2. L'aire**

L'aire des bassins versants est calculée automatiquement par ArcGIS lors du découpage. Comme précisé dans le paragraphe « Méthodologie de découpage », cette surface doit être, de préférence, comprise entre 0,4 et 1,5 Ha et ne pas dépasser 5 Ha.

#### **4.5.3. Le plus long chemin hydraulique**

Le plus long chemin hydraulique correspond à la longueur séparant le point le plus éloigné d'un bassin versant avec son exutoire (point d'injection). Dans notre cas, c'est le tracé de la voirie qui a été pris en compte pour déterminer cette longueur la plus longue.

Deux configurations existent :



**Figure 27** *Schématisme des différentes configurations pour le calcul des longueurs hydrauliques*

#### **4.5.4. La pente**

La pente des bassins versants est calculée grâce à une procédure automatisée dans Mike Urban. En effet, cet algorithme calcule la pente des bassins par association des données topographiques du MNT et de la longueur du plus long chemin hydraulique.

De manière générale, la pente obtenue est proche de la pente des canalisations. Dans le modèle Mike Urban, lorsque le calcul automatique des pentes n’a pas donné de résultats cohérents, c’est la pente des canalisations du bassin versant qui a été prise en compte.

#### **4.5.5. Les coefficients d’imperméabilisation**

Les coefficients d’imperméabilisation ont été calculés sous Mike Urban par une procédure automatisée. C’est la superposition des couches « Bâti » et « Voirie » d’ArcGIS associée à des « coefficients de participation au ruissellement » qui permettent le calcul de ce paramètre.

La formule employée par Mike Urban pour calculer le coefficient d’imperméabilisation est la suivante :

$$C_{imp} = (Surface\ impermeable / Surface\ du\ bassin\ versant) * 100$$

Pour le modèle de Lampertheim, les coefficients affectés sont les suivants :

| <b>Couche d’ArcGIS</b>                 | <b>Pourcentage de participation au ruissellement</b> |
|--|--|
| Bâti                                   | 90%  |
| Voirie                                 | 95%  |
| Espace vert et autre (= Bâti - Voirie) | 10%  |

**Tableau 8** *Pourcentage de participation au ruissellement en fonction de la couche d’ArcGIS sélectionnée*

Les « coefficients de participation au ruissellement » ont été choisis à partir de données de la littérature et notamment avec l’aide du manuel de Bernard CHOCAT [4]. Actuellement, le SDA laisse libre choix au chargé de modélisation pour l’estimation des « pourcentages de participation au ruissellement ». Cependant, la procédure sera prochainement uniformisée pour tous les modèles et prendra en compte une couche supplémentaire (couche « Espace vert »). Les valeurs du « pourcentage de participation au ruissellement » seront du même ordre de grandeur que ceux choisis pour le modèle de Lampertheim.

En toute rigueur, le coefficient d’imperméabilisation devrait varier en fonction de la pluie tombée. Lorsque la lame d’eau est faible, les surfaces perméables contribuent peu au ruissellement. Lorsque la lame d’eau

est importante, les surfaces perméables sont saturées et contribuent de manière non négligeable au ruissellement de surface. En pratique, il faut créer deux scénarios pour représenter ce phénomène :

- ❖ un scénario comportant des coefficients de ruissellement calés sur des petites pluies, adapté au calcul d'impact milieu ;
- ❖ un scénario comportant les coefficients d'imperméabilisation initiaux, adapté au diagnostic inondation.

Ainsi, conformément à la méthode du CERTU [32], il faut créer un modèle pour le diagnostic impact milieu et un modèle pour le diagnostic inondation. Chacun de ces modèles possédera des coefficients de ruissellement qui lui seront propres.

#### **4.5.6. Le point d'injection**

Le volume produit par un bassin versant doit être injecté en un nœud du réseau choisi par le modélisateur. A ce point, qui correspond à l'exutoire du bassin, seront injectés les eaux de pluies ruisselées, les ECP et les effluents domestiques. Le SDA conseille une injection des ces eaux aux 2/3 de la longueur du bassin versant (cf. chapitre 4.5.1.1).

#### **4.5.7. Le Lag-time**

Le Lag-time (ou « temps de réponse » du bassin versant) correspond au décalage temporel entre le centre de gravité de l'hydrogramme de pluie et le centre de gravité de l'hydrogramme de réponse du bassin versant. Le développeur de Mike Urban (DHI) conseille d'utiliser la formulation de DESBORDES de 1974 [6] pour le calcul du Lag-time dans le modèle. C'est cette formule qui est paramétrée par défaut dans le logiciel. Pour la région est de la France, elle s'écrit :

$$K = 0,494 \cdot A^{-0,0076} \cdot IMP^{-0,512} \cdot I^{0,401} \cdot Lc^{0,608}$$

#### **Avec :**

- ❖ K : Lag-time du bassin versant ;
- ❖ A : Surface du bassin versant (en hectare) ;
- ❖ IMP : coefficient d'imperméabilisation (de 0 à 100%) ;
- ❖ I : Pente du bassin versant (en mètre par mètre) ;
- ❖ Lc : Plus long chemin hydraulique du bassin versant (en mètre).



#### **Remarque :**

*En pratique, tous les calculs de Lag-time effectués avec cette formule, sur des modèles de l'Eurométropole, surestiment largement celui-ci (en comparaison avec les valeurs après calage). Cette surestimation est liée à la faible pente des réseaux de l'Eurométropole au regard du terrain naturel. Cependant, l'erreur rencontrée pour le calcul de ce paramètre n'est pas préjudiciable puisque le calage de ce paramètre devra être effectué pour le modèle inondation et pour le modèle impact milieu.*

#### **4.5.8. Les pertes initiales**

Les pertes initiales correspondent aux pertes au ruissellement s'effectuant au début d'un événement pluvieux. Elles ne participent pas au ruissellement de surface et peuvent être regroupées en plusieurs catégories (cf. [2] et [32]page 706) :

- ❖ l'interception par les végétaux ;
- ❖ l'évaporation ;
- ❖ l'infiltration ;
- ❖ le stockage dans les dépressions du sol.

Des valeurs de pertes initiales ont été récemment validées dans la procédure du SDA de l'Eurométropole. Elles ont été choisies à partir des données de la littérature (cf. La ville et son assainissement [32], les données de CANOË et du CG92) et des variations topographiques que l'on retrouve sur le territoire de l'Eurométropole (entre 0 et 10% de pente et très localement plus).

| <b>Pente du bassin versant (%)</b> | <b>Valeur des pertes initiales (mm)</b> |
|------------------------------------|---|
| Pente < 1,5%                       | 2 mm                                    |
| 1,5% < Pente < 3%                  | 1 mm                                    |
| Pente > 3%                         | 0,5 mm                                  |

**Tableau 9 Valeurs validées des pertes initiales en fonction de la pente du bassin versant**



**Remarque :**

La valeur « par défaut » des pertes initiales dans Mike Urban est de 0,6 mm. Ce paramètre n'est pas adapté aux spécificités topographiques du territoire de l'Eurométropole. En effet, en présence de pentes faibles, les pertes initiales sont supérieures à 0,6 mm.

**4.5.9. Le nombre d'Equivalent Habitant**

Dans Mike Urban, le nombre d'équivalent-habitant est une caractéristique des bassins versants (« Catchment »). En pratique, il faut appliquer à chaque bassin un coefficient correspondant au « nombre d'EH par hectare » calculé à partir du nombre d'EH théorique. Ce coefficient est, par la suite, multiplié à la surface de chaque bassin versant ce qui permet la répartition des EH sur l'ensemble des bassins de la commune.

Lampertheim est une commune qui possède des zones d'habitation de type pavillonnaire (maisons de lotissements) et des zones d'habitation de type centre-bourg (composées d'anciens corps de ferme). Historiquement dans les villages alsaciens, la surface habitable des maisons de centre ville est supérieure à celle des maisons de lotissement. Cependant, la densité de population est la même pour ces deux types d'habitation. Par conséquent, le nombre d'EH a été réparti de la même manière sur l'ensemble du territoire de la commune.

En l'absence de gros consommateurs d'eau (collèges, industrie, etc.), le nombre d'EH théorique de Lampertheim a été considéré égal au nombre d'habitant. Ainsi, 2914 EH sont à répartir, de manière homogène, sur les 89,2 hectares que comptent les bassins versants. Le nombre d'habitant théorique par hectare est donc de 32,68 EH/hectare.

Une fois que le partage des EH par bassin a été effectué, il faut réaliser un réajustement de cette répartition en prenant en compte les éléments suivants :

- ❖ Vérifier que le nombre d'EH affecté au bassin versant est cohérent (prendre en compte la présence d'espace vert, présence d'immeubles, regarder les consommations en eau, etc.);
- ❖ Ajuster la répartition du nombre d'EH sans en modifier le nombre total ;
- ❖ Ajouter des EH complémentaires pour les bâtiments recevant du public (les écoles, les salles de sport, etc.).

| <b>Identifiant du bassin versant</b> | <b>Caractéristiques du bassin versant</b> | <b>Nombre d'EH calculé avec le coefficient de 32 EH/Ha</b> | <b>Nombre d'EH corrigé</b> |
|--------------------------------------|---|--|----------------------------|
| BV_BA57                              | Parc communal                             | 18,9   | 0                          |
| BV_BA27520                           | Complexe sportif                          | 46,1   | 70                         |
| BV_RV27106                           | Parc communal                             | 12   | 0                          |
| BV_RV27198                           | Immeubles                                 | 31,4   | 128                        |
| BV_RV34934                           | Immeubles                                 | 46,3   | 196                        |
| BV_RV27472                           | Ecole                                     | 37,1   | 104                        |

**Tableau 10 Exemple de réajustement des EH effectués sur les bassins versants de Mike Urban**



**Remarque :**

La répartition des EH sera un paramètre à ajuster lors du calage de temps sec. Plus l'estimation des EH par bassin est précise et plus le calage de temps sec sera facile à effectuer.

#### **4.6. Avis critique sur la construction du modèle**

La construction du modèle est une des étapes les plus longues dans le processus de modélisation hydraulique d'un réseau d'assainissement. Il est important de créer un modèle dont le fonctionnement hydraulique est similaire à la réalité et de prendre des hypothèses réalistes pour la modélisation hydrologique et hydraulique des écoulements.

Le modèle de Lampertheim a été construit en tenant compte des hypothèses imposées par le SDA de l'Eurométropole. Globalement, la modélisation des ouvrages et l'estimation des paramètres hydrologiques est cohérente puisqu'elle a été effectuée avec précision et rigueur scientifique. Cependant, certains éléments auraient pu être améliorés et/ou facilités, notamment :

- ❖ la présence, dès le début de cette étude, d'un ingénieur de modélisation connaissant le logiciel Mike Urban ;
- ❖ la construction de certains ouvrages ;
- ❖ l'analyse hydraulique du fonctionnement des déversoirs d'orage et la mise en place d'un coefficient de déversement ;
- ❖ la simplification du réseau modélisé et du découpage des bassins versants.

##### **4.6.1. Complexité du logiciel Mike Urban**

Mike Urban est un logiciel très complet et bien adapté aux grands modèles hydrauliques. Ces nombreuses fonctionnalités permettent de modéliser les réseaux d'assainissement avec précision. Cependant, un logiciel de cette qualité ne semble pas indispensable pour la modélisation des petits réseaux (moins de 10 000 habitants). Un outil plus simplifié pourrait donner des résultats tout aussi satisfaisants.

Dans la pratique, Mike Urban est très long et difficile à paramétrer et nécessite des capacités informatiques importantes. Une formation à ce logiciel semble indispensable pour comprendre et gagner du temps sur la mise en œuvre de celui-ci. Or, l'Eurométropole ne dispense pas ce genre de formation pour les apprentis. De plus, les temps de calculs du modèle sont très longs et de nombreux « plantages » surviennent. Cela est le résultat d'une incompatibilité entre la puissance des ordinateurs de l'Eurométropole et la puissance nécessaire au logiciel pour fonctionner correctement. En dépit de très nombreuses sollicitations et intervention du service informatique de l'Eurométropole, la perte de temps occasionnée par ces « plantages » est de l'ordre de 1 mois de travail.

De plus, au moment de la construction du modèle, le poste du responsable de modélisation était vacant. La présence d'un spécialiste expérimenté en matière de modélisation aurait été un avantage pour l'apprentissage du logiciel et sa mise en œuvre.

##### **4.6.2. Modélisation des ouvrages**

Une méthodologie de modélisation des ouvrages simples est décrite dans la procédure du SDA. Elle permet l'uniformisation de la construction des ouvrages pour l'ensemble des modèles hydrauliques de l'Eurométropole. Globalement, la construction des ouvrages simples est réalisée de manière précise, fiable et rapide.

Pour les ouvrages complexes, aucune procédure n'existe. C'est au chargé de modélisation de faire preuve d'imagination afin de déterminer le mode de construction le mieux adapté au fonctionnement hydraulique et à la géométrie de l'ouvrage. Les ouvrages dessinés dans le modèle général peuvent être source d'inspiration. De plus, le développeur du logiciel DHI est disponible pour conseiller les modélisateurs dans leurs choix.

A Lampertheim, il y a de quelques ouvrages particuliers comme des bassins d'orage, un leaping-weir et des déversoirs d'orage complexes. Dans la majorité des cas, des solutions ont été trouvées pour modéliser correctement ces ouvrages (cf. chapitre 4.3).

Toutefois, pour tenter de modéliser le Leaping-Weir (DO208), de nombreuses configurations ont été testées. Malgré l'aide de DHI et de la spécialiste de modélisation de l'Eurométropole, aucune solution n'a été trouvée pour reproduire le comportement hydraulique de cet ouvrage. Le DO208 a donc été dessiné avec une configuration qui est hydrauliquement fautive. Il conviendra par la suite, lors de la reprise du modèle, de trouver une solution viable pour modéliser cet ouvrage.

#### **4.6.3. Fonctionnement hydraulique des déversoirs d'orage**

La spécialiste modélisation de l'Eurométropole, arrivée début avril 2016, et DHI conseillent de modéliser les déversoirs d'orage en renseignant uniquement l'orientation de l'ouvrage, la hauteur de la crête et la longueur de la crête. Selon eux, il faut laisser Mike Urban autoréguler les déversements lui-même, sans lui affecter de coefficient de seuil.

Pour savoir, si la méthode appliquée par l'Eurométropole est équivalente à la méthode classique (qui consiste à affecter un coefficient de seuil aux déversoirs), des simulations dans des configurations identiques ont été effectuées avec et sans coefficient de seuil. Ces tests ont été faits pour un déversoir fictif à crête basse dont la régulation du déversement se fait par la crête.

Les résultats obtenus démontrent que quelle que soit la pluie, les volumes déversés et les hauteurs d'eau amont au déversoir sont quasiment identiques. En effet, peu d'écart en volume sont constatés et les hauteurs d'eau amont sont identiques. Ces résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

|   | <b>Test pour un déversoir fictif latéral à crête basse</b> |   |   |
|---|--|---|---|
|   | <b>Pluie du 06/08/2013<br/>(Occurrence semestrielle)</b>   | <b>Pluie d'impact milieu 13<br/>(Occurrence 1 an)</b> | <b>Pluie d'inondation<br/>(Occurrence 20 ans)</b> |
| <b>Volume déversé SANS coefficient de seuil</b> | 196 m <sup>3</sup>   | 340 m <sup>3</sup>                                    | 1 150 m <sup>3</sup>                              |
| <b>Volume déversé AVEC coefficient de seuil</b> | 148 m <sup>3</sup>   | 325 m <sup>3</sup>                                    | 1 202 m <sup>3</sup>                              |
| <b>Ecart en volume</b>                          | 24%  | 4%  | -5%   |
| <b>Ligne d'eau amont identique ?</b>            | Oui  | Oui   | Oui   |

**Tableau 11 Comparaison des volumes déversés et des lignes d'eau amont pour un déversoir à crête basse et pour trois pluies d'occurrences variées**

Les résultats ci-dessus montrent que la mise en place d'un coefficient de seuil n'apporte pas de précision complémentaire pour la modélisation des déversoirs régulés par la crête. Malgré cela, je reste convaincue qu'il vaut mieux renseigner un coefficient de crête aux déversoirs d'orage. D'ailleurs, c'est la méthodologie de modélisation la plus répandue dans la littérature.

Dans le cas d'un déversoir régulé par une crête (déversoir à crête basse, frontal, etc.), la littérature préconise de modéliser celui-ci avec un logiciel comme CalDO pour obtenir une relation de déversement du type hauteur/débit et par conséquent un coefficient de seuil propre à l'ouvrage.



**Remarque :**

*Dans le cas du modèle de Lampertheim, il n'y a pas d'inconvénients à ne pas mettre de coefficient de seuil puisque l'ensemble des déversoirs d'orage sont régulés par un rétrécissement à l'aval et non par une crête.*

#### **4.6.4. Simplification du réseau et des bassins versants**

Pour rappel, le service de l'eau et de l'assainissement de l'Eurométropole souhaite que la modélisation par commune de son réseau soit très précise. Comme précisé aux chapitres 4.4 et 4.5, cela passe par une modélisation de la totalité du réseau (pas de simplification) et la modélisation de petits bassins versants.

Cette non-simplification du réseau a deux inconvénients principaux :

- ❖ D'abord, le logiciel Mike Urban étant difficile à paramétrer, la construction d'un plus grand modèle demande beaucoup plus de temps. En effet, il faut modéliser l'ensemble des ouvrages et tronçons, découper plus finement les bassins versants et associer au modèle un plus grand nombre de paramètres (lag-time, coefficient d'imperméabilisation, etc.).
- ❖ Ensuite, un modèle non-simplifié est informatiquement très « lourd ». Cela a pour conséquences des « plantages » informatiques très fréquents et une augmentation du temps nécessaire pour effectuer les simulations. Actuellement, il y a une incompatibilité entre les capacités des ordinateurs de l'Eurométropole et la demande de non-simplification du réseau formulé par le SDA. Cette limite technique a occasionné de nombreux retard tout au long de ces 6 mois de projet.

### **Résumé :**

La modélisation de Lampertheim a été effectuée avec le logiciel Mike Urban. Il est primordial de construire le modèle hydraulique de manière rigoureuse car cela conditionne la qualité des futurs résultats. C'est pourquoi, tous les chargés de modélisation doivent respecter la procédure établie par le SDA pour la construction du modèle.

L'objectif de la construction du modèle est de reproduire à l'identique, dans le logiciel, le fonctionnement hydraulique du réseau urbain de Lampertheim. Pour cela, l'ensemble des nœuds et tronçons ont été importés du SIG vers Mike Urban. De plus, Les ouvrages simples et particuliers ont été modélisés à l'aide des fiches ouvrages et de visites de terrain.

Conformément aux attentes de l'Eurométropole, aucune simplification du réseau n'a été effectuée dans le modèle. De même, des bassins versants de petites tailles ont été découpés. Ils sont caractérisés par un coefficient d'imperméabilisation, une pente, une valeur de plus long chemin hydraulique, une surface, un point d'injection, une valeur de lag-time et un nombre d'équivalent habitant.

Globalement, le modèle de Lampertheim est complet, construit avec rigueur et conforme à la réalité. Néanmoins, il y a quelques éléments critiquables comme la non-simplification du réseau, la modélisation des déversoirs d'orage sans coefficient de seuil, la construction du Leaping-Weir ou encore la complexité du logiciel Mike Urban.

## PARTIE 5 - Calage et validation

Après la construction du modèle numérique, la phase de calage est essentielle pour toute étude de modélisation. Elle doit permettre de rendre le modèle conforme à la réalité et est à réaliser pour le temps sec et le temps de pluie. C'est la qualité des résultats du calage, alliée à la cohérence des paramètres calés, qui permettent de passer à l'étape de validation du modèle.

### 5.1. Calage du temps sec

#### 5.1.1. Profil journalier de temps sec

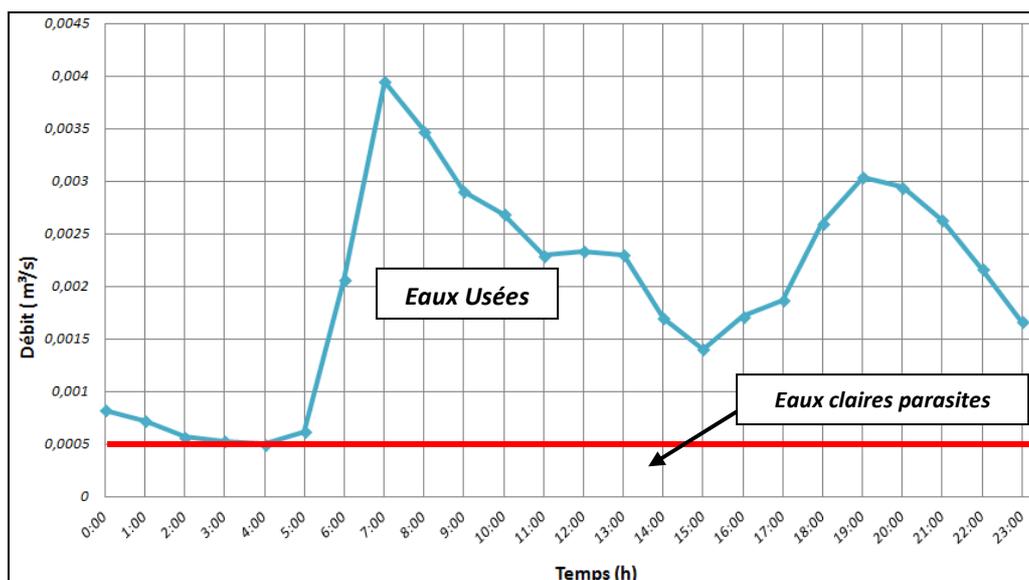
Il convient de créer un profil journalier de temps sec à partir des mesures effectuées dans le réseau à l'été 2013. Pour cela, il faut d'abord sélectionner une journée de temps sec « représentative » qui constituera la base des profils journaliers injectés dans le modèle. Par choix, aucune différenciation des profils de temps sec en période semaine et de week-end ne sera faite. Seul un profil de semaine sera étudié.

Les critères choisis pour sélectionner cette journée de temps sec sont présentés ci-dessous :

- ❖ Sélectionner uniquement les journées de temps sec précédées d'un jour entier de temps sec. Ainsi, seul le temps sec est mesuré, il n'y a aucun résiduel de pluie ;
- ❖ Choisir une journée de semaine et non une journée de weekend ;
- ❖ Sélectionner les journées précédents les vacances scolaires de manière à avoir des profils conformes au reste de l'année ;
- ❖ Choisir la journée de temps sec pour laquelle la réaction des capteurs a été la meilleure.

La journée sélectionnée avec cette méthodologie est le mardi 2 juillet 2013. Par ailleurs, les quatre bassins versant qui ont été choisis pour recevoir les profils journaliers de temps sec sont le DO201 amont, le DO205 amont, le DO208 amont et le DO203 aval (ces points sont localisés en Annexe 14). Le CTMO a validé le choix de ces bassins versant. Par conséquent, tous les sous bassins versant associés à un de ces quatre bassins se verront injecter le même hydrogramme de temps sec.

Il s'agit désormais de construire, à partir des mesures dans le réseau, des hydrogrammes adimensionnels de variation des débits de temps sec. Ces profils ont été affectés au modèle hydraulique de Lampertheim. Ces valeurs correspondent à des coefficients horaires qui sont multipliés dans Mike Urban par le nombre d'équivalents-habitants du bassin versant amont et par la consommation journalière par EH.



**Figure 28** Hydrogramme de temps sec au niveau du point DO203-aval pour la journée du 2 juillet 2013

Dans le cas de Lampertheim, la consommation journalière a été estimée égale à 120L/j/EH. Cette valeur pourra être ajustée lors du calage de temps sec. De plus, à partir des profils journaliers de temps sec, l'estimation des débits d'eaux claires parasites a été effectuée.

### **5.1.2. Eaux claires parasites**

Les eaux claires parasites (ECP) s'infiltrent dans le réseau par remontée de la nappe phréatique. Elles correspondent à des volumes supplémentaires qu'il faut acheminer via le réseau et traiter en station d'épuration. De plus, les ECP réduisent la capacité hydraulique des collecteurs et diluent les effluents d'eaux usées.

La méthodologie du SDA conseille d'utiliser la méthode des minimas nocturnes pour estimer les débits d'ECP à injecter dans le modèle. Cette méthode est décrite aux pages 142 et 143 du manuel de la SAFEGE sur la construction d'un modèle avec Mike Urban [41]. Elle consiste à mesurer les débits nocturnes de temps sec lorsque l'activité humaine est quasi-inexistante, c'est-à-dire, entre 3 heures et 5 heures du matin. Il est alors considéré que 20% du débit nocturne correspond au débit d'eaux usées et 80% au débit d'ECP :

$$Q_{ECP} = k \cdot Q_{\text{minimum nocturne}} \text{ (avec } k = 0,8)$$

L'application de la méthode des minimas nocturnes réalisé à partir des hydrogrammes du 02/07/2013 démontre qu'il y a très peu de débit d'ECP à Lampertheim (1,4 m<sup>3</sup>/h en sortie de commune). Ces valeurs sont considérées négligeables, et par conséquent, le débit d'ECP affecté au modèle est nul.

### **5.1.3. Méthodologie pour le calage de temps sec**

Le calage de temps sec a pour but de reproduire le comportement du réseau et de minimiser l'erreur sur le volume transité par comparaison des hydrogrammes obtenus par simulation avec ceux mesurés dans le réseau. Pour cela, il est possible d'intervenir sur deux paramètres du modèle : le nombre d'EH par bassin et la consommation journalière par EH.

Etant donné que les valeurs mesurées sont utilisées comme données d'entrée pour créer les profils adimensionnels, il ne s'agit pas rigoureusement d'un calage pour le temps sec, mais plutôt d'un ajustement par grand bassin versant.

Avant de procéder au calage, une comparaison a été effectuée entre les volumes transités mesurés lors de la campagne et les volumes transités estimés à partir du nombre d'EH et de la consommation journalière par EH. La formule pour l'estimation du volume transité avec les EH est la suivante :

$$\text{Volume transité (m}^3\text{)} = \text{Nombre d'EH du bassin versant} * \text{Consommation journalière par EH}$$

| <b>Bassin versant</b> | <b>Volume transité mesuré (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Volume transité estimé (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Erreur (en %)</b> |
|-----------------------|---|---|----------------------|
| <b>DO205-amont</b>    | 30,47   | 33,55   | 9%                   |
| <b>DO208-amont</b>    | 24,19   | 61,69   | 61%                  |
| <b>DO201-amont</b>    | 73,25   | 100,16  | 27%                  |
| <b>DO203-aval</b>     | 175,54  | 382,86  | 54%                  |

**Tableau 1** Comparaison entre les volumes transités mesurés et les volumes transités calculés le 02/07/2013

Globalement, seul le volume du bassin versant DO205-amont semble cohérent avec le volume estimé avec les EH. Ce phénomène peut être lié à une sous-estimation ou des erreurs dans les mesures de vitesses des capteurs. Pour justifier cela, le paramètre K de Manning Strickler a été calculé pour la journée du 02/07/2013 avec la formule suivante (formule de Manning-Strickler) :

$$K = V / (i^{0.5} \cdot Rh^{(2/3)})$$

Avec :

- ❖ K : coefficient de Manning-Strickler
- ❖ V : Vitesse mesuré par le capteur (m/s)
- ❖ i : Pente du réseau (m/m)
- ❖ Rh : Rayon hydraulique (m)

| Bassin versant | Nombre de valeurs        |       |             |       |
|----------------|--------------------------|-------|-------------|-------|
|                | K Total<br>le 02/07/2013 | K <60 | 60 < K < 85 | K >85 |
| DO205-amont    | 1441                     | 243   | 5           | 1193  |
| DO208-amont    |                          | 260   | 251         | 930   |
| DO201-amont    |                          | 208   | 0           | 1233  |
| DO203-aval     |                          | 0     | 122         | 1319  |

**Tableau 2 Répartition des coefficients K estimés pour la journée du 02/07/2013**

Le tableau ci-dessus confirme que les vitesses mesurées par les capteurs lors de la campagne sont incohérentes. En effet, très peu de coefficients de Manning-Strickler possèdent des valeurs communes (entre 60 et 85). Il a été validé auprès du CTMO, qu'aucune nouvelle campagne de mesures de temps sec ne sera faite et que le calage se fera à partir de la seule estimation des volumes transités.

Par conséquent, le calage du temps sec n'a pas été réalisé avec la méthode conventionnelle. Comme présenté ci-dessus, les volumes transités qui ont été mesurés lors de la campagne de 2013 sont très largement sous-estimés en comparaison avec les volumes transités que l'on peut calculer à partir du nombre d'EH et de la consommation journalière par EH. Ce phénomène est présent sur toute la durée de la campagne et n'est pas dû au fait que la campagne a été réalisée en période estivale. En effet, la mesure des vitesses n'a pas bien fonctionné pour certains capteurs du fait de la trop faible hauteur d'eau dans le réseau. Le même problème a également été constaté sur d'autres études.

#### **5.1.4. Résultats du calage de temps sec**

Pour caler le temps sec, une comparaison a été effectuée entre les valeurs de volumes transités estimés et les valeurs obtenues par simulation du temps sec avec Mike Urban. La répartition des 2 900EH de Lampertheim a pu être ajustée pour chaque bassin versant. Par choix, la consommation journalière des habitants a été conservée égale à 120L/j/EH. Le calage a été effectué de l'amont vers l'aval.

| Bassin versant | Volume transité<br>estimé (en m³) | Volume transité<br>Mike Urban<br>(en m³) | Erreur (en %) | Consommation<br>(en L/j/EH) | Nombre d'EH |
|----------------|-----------------------------------|--|---------------|-----------------------------|-------------|
| DO205-amont    | 33,5                              | 34                                       | 1%            | 120                         | 279         |
| DO208-amont    | 54,4                              | 60,9                                     | 11%           | 120                         | 453         |
| DO201-amont    | 90,8                              | 100                                      | 9%            | 120                         | 756         |
| DO203-aval     | 351,3                             | 397                                      | 12%           | 120                         | 1438        |
| <b>Total</b>   |                                   |  |               |                             | <b>2926</b> |

**Tableau 3 Calage de temps sec validé**

Le calage du temps sec n'ayant pas pu être effectué selon la norme, il est probable que celui-ci ne soit pas conforme aux débits de temps sec réels de Lampertheim. Globalement, comme l'Eurométropole souhaite exploiter son modèle pour les inondations et l'impact milieu, il n'y aura pas de problèmes pour la suite de l'étude. Le calage du temps de pluie pourra être effectué et les résultats pour les inondations et impact milieu pourront être obtenus.

De plus, il est possible que pour des pluies de très faibles occurrences, l'erreur faite sur le calage de temps sec ait un impact non négligeable sur les résultats obtenus. Cependant, ce n'est pas un problème puisque

ces pluies n'engendrent pas de déversements et de débordements. De même, la vérification du bon fonctionnement de certains ouvrages, notamment les stations de pompage, ne pourra pas être faite. Il faudra le faire lors du calage de temps de pluie.

## **5.2. Calage et validation du temps de pluie**

### **5.2.1. Méthodologie de sélection des pluies de calage**

Lors du calage du temps de pluie, les hydrogrammes de débit mesurés par les capteurs lors de la campagne sont comparés aux hydrogrammes simulés par Mike Urban. Il est donc primordial de choisir les pluies de calage en tenant compte de la réaction des capteurs dans le réseau. Pour cela, une méthodologie de choix des pluies de calage a été mise en place. Elle permet de sélectionner les pluies pour lesquelles la réaction du réseau est la meilleure à chaque point de mesure.

Méthodologie appliquée :

- ❖ D'abord, l'analyse des hydrogrammes de débit mesurés a été effectuée pour les dix pluies tombées pendant la campagne de mesures. Une note de 0 à 3 a alors été attribuée. Elle permet d'évaluer la réaction des capteurs au moment de la pluie.
- ❖ Ensuite, Les notes attribuées ont été sommées pour obtenir une note globale par pluie. Les pluies ayant la meilleure notation sont celles pour lesquelles les capteurs ont le mieux réagi et les mesures sont les plus « nettes », c'est-à-dire que la réaction des capteurs présente peu de dysfonctionnements et d'oscillations.

La notation des courbes de débit a été effectuée selon les critères suivants :

| <b>Note</b> | <b>Qualification de la mesure</b> | <b>Critères de notation</b>  |
|-------------|-----------------------------------|--|
| <b>0</b>    | Mauvais                           | Aucune réaction du réseau<br>Aucun déversement (pour les mesures sur une conduite de décharge)   |
| <b>1</b>    | Moyen                             | Fortes oscillations de la mesure<br>Présence de valeurs négatives sans explications plausibles<br>Forme de la courbe incohérente avec la forme de la pluie<br>Réaction du capteur avant la pluie |
| <b>2</b>    | Bon                               | Faibles oscillations de la mesure<br>Présence d'un léger ressuyage<br>Forme de la courbe cohérente avec la pluie   |
| <b>3</b>    | Excellent                         | Courbe parfaitement lisse sans dysfonctionnements  |

**Tableau 4 Critères de notation pour le choix des pluies de calage**

Cette méthodologie a permis de classer les dix pluies tombées lors de la campagne en fonction de la netteté de la réaction du réseau. Les cinq événements pluvieux les mieux notés sont, dans l'ordre :

- ❖ la pluie du 25/07/2013 avec 27 points sur 33 ;
- ❖ la pluie du 03/07/2013 avec 27 points ;
- ❖ la pluie du 20/06/2013 avec 26 points ;
- ❖ la pluie du 07/08/2013 avec 23 points ;
- ❖ la pluie du 06/08/2013 avec 18 points.

Pour rappel, il a été déterminé au chapitre 3.1.3 que la pluviométrie de Lampertheim ne peut pas être utilisée pour le calage du modèle. Il faut choisir les données pluviométriques qui sont les plus cohérentes avec la réaction du réseau au niveau du DO205, c'est-à-dire soit les pluies mesurées sur Vendenheim, soit les pluies de Mundolsheim. Dans le cas où aucune des données pluviométriques n'est homogène à la réaction dans le réseau, la pluie de calage ne sera pas retenue.

Au final, quatre pluies ont pu être sélectionnées, représentant différents temps de retour. Leurs caractéristiques sont présentées en Annexe 7 et dans le tableau ci-après :

| Pluie    | Pluviomètre de référence | Date       | Durée (h) | Cumul (mm) | Intensité (mm/h sur 30mn) | Groupe de pluie | Période de retour                   |
|----------|--------------------------|------------|-----------|------------|---------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Pluie 1  | Mundolsheim              | 20/06/2013 | 3,87      | 5,20       | 8,52                      | 3               | Bi-mensuelle                        |
| Pluie 6  | Vendenheim               | 03/07/2013 | 15,48     | 21,8       | 27,75                     | 13              | Entre trimestrielle et semestrielle |
| Pluie 9  | Mundolsheim              | 06/08/2013 | 0,40      | 9,40       | 23,00                     | 7               | Semestrielle                        |
| Pluie 10 | Mundolsheim              | 07/08/2013 | 1,08      | 9,00       | 12,00                     | 6               | Trimestrielle                       |

**Tableau 5** *Caractéristiques des pluies sélectionnées pour le calage*



**Remarque :**

La méthode d'attribution des pluies présentée ci-dessus a été appliquée aux dix pluies tombées sur la période de la campagne de mesures. Les résultats montrent que la réaction du réseau est homogène à la pluviométrie seulement pour les quatre pluies sélectionnées pour le calage. Par conséquent, ne pouvant pas utiliser l'ensemble des dix pluies de la campagne, la validation du calage se fera à partir d'une des quatre pluies initialement sélectionnée pour le calage.

**5.2.2. Calcul des surfaces actives**

La surface active (Sa) participant au ruissellement a été calculée pour chaque point de mesure. Celle-ci correspond à la surface imperméabilisée qui engendre le sur-volume mesuré pour une pluie :

$$Sa = (V_{tp} - V_{ts}) / Ht$$

Avec :

- ❖ Sa : Surface active (Ha)
- ❖  $V_{tp}$  : Volume par temps de pluie (m<sup>3</sup>)
- ❖  $V_{ts}$  : Volume par temps sec (m<sup>3</sup>)
- ❖ Ht : Hauteur totale de pluie cumulée (m)

La surface active est calculée sur l'ensemble des points de mesure pour plusieurs événements pluvieux. Elle donne des indications pour l'ajustement des paramètres hydrologiques lors du calage, notamment le coefficient d'imperméabilisation.

De plus, la surface active permet aussi de vérifier la cohérence des mesures de l'amont vers l'aval. La vérification de la continuité hydraulique a été effectuée, elle a révélé des incohérences de mesures à certains points du réseau :

| Bassin versant (* : BV cumulés) | Surface active calculée (Ha) | Surface active dans le modèle calé (Ha) | Surface totale bassins versants (Ha) |
|---------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| DO201-amont                     | 2,7                          | 4,4                                     | 14,0                                 |
| DO205-amont                     | 1,9                          | 2,5                                     | 8,6                                  |
| DO208-amont                     | 6,1                          | 5,2                                     | 16,5                                 |
| DO198-amont*                    | 2,9                          | 21,3                                    | 69,5                                 |
| DO203-amont*                    | 16,5                         | 23,1                                    | 72,9                                 |

**Tableau 6** *Valeurs des surfaces actives par bassin versant*

- ❖ *Incohérence de la surface active du bassin DO203-amont :*

Sa DO203-amont = **16,5 Ha** ≠ **23,1 Ha** (Valeur de Sa du modèle)

Dans cette configuration, la surface active du bassin DO203-amont semble sous-estimée.

En complément, d'autres vérifications ont été effectuées, notamment, l'analyse de la continuité hydraulique de l'amont vers aval et la vérification de la cohérence du paramètre K de Manning-Strickler. Il apparaît que les mesures de vitesses au niveau du bassin DO203-amont ont été surestimées et que la valeur de la surface active est incohérente. Par conséquent, pour l'estimation de la surface active,

l'incertitude est plus importante en aval du réseau qu'en amont. Il faut donc utiliser plusieurs méthodes pour valider les hypothèses issues du calcul de la surface active.

❖ Incohérence de la surface active du bassin DO208-amont :

Sa DO198-amont = DO203-amont = **2,9 Ha ≠ 21,3 Ha** (Valeur de Sa du modèle)

La surface active du bassin DO198-amont est sous-estimée. Cette tendance, est cohérente avec les vérifications complémentaires effectuées (continuité hydraulique et calcul du paramètre K de Manning-Strickler).

En résumé, les surfaces actives des trois bassins versants amont sont cohérentes en comparaison avec celles du modèle après calage. Par ailleurs, l'ensemble des valeurs de vitesse mesurées au niveau des points de mesure **DO198-amont et DO203-amont** sont incohérents sur toute la durée de la campagne. En effet, dans le cas du DO198-amont, la vitesse mesurée par le capteur a été surestimée. Et dans le cas du DO203-amont, les mesures ont été sous-estimées. Étant donné qu'il n'est pas possible d'effectuer un calage uniquement avec les mesures de hauteur **ces deux points n'ont pas pu être calés**.

### 5.2.3. Méthodologie de calage

Le calage de temps de pluie consiste à approcher dans le modèle le fonctionnement réel du réseau. Pour cela, il faut ajuster les paramètres hydrauliques et hydrologiques du modèle par analogie avec les mesures effectuées lors de la campagne. Si les possibilités informatiques sont nombreuses, il faut toujours s'attacher à la signification des paramètres et aux phénomènes qu'ils représentent.

Le calage du modèle a été effectué de l'amont vers l'aval à partir des 11 points de mesure de la commune, et des 3 pluies de calage (du 20/06/2013, 03/07/2013 et 07/08/2013). La validation du modèle sera effectuée à partir de la pluie du 06/08/2013 d'une période de retour semestrielle.

Afin de comparer les données calculées et les données mesurées lors de la campagne, des critères de comparaison ont été mis en place. Ils sont définis dans la procédure du schéma directeur d'assainissement :

- ❖ L'écart de volume en pourcentage ;
- ❖ L'écart du débit de pointe en pourcentage ;
- ❖ L'appréciation qualitative visuelle des courbes de débits et de hauteur ;
- ❖ L'écart en hauteur de pointe en centimètres.

Cette liste a été élaborée dans l'ordre d'importance des critères de comparaison et la notation a été faite conformément aux attentes du schéma directeur. Le tableau suivant présente les seuils de tolérance appliqués au calage du modèle de Lampertheim :

| <i>Critère</i>           | <i>Seuil de tolérance</i>                  | <i>Caractérisation</i> |
|--------------------------|--|------------------------|
| <b>Volume</b>            | Ecart sur les volumes < 20%                | Précis                 |
|                          | 20% < Ecart sur les volumes < 40%          | Acceptable             |
|                          | Ecart sur les volumes > 40%                | Non satisfaisant       |
| <b>Débit de pointe</b>   | Ecart sur les débits < 20%                 | Précis                 |
|                          | 20% < Ecart sur les débits < 40%           | Acceptable             |
|                          | Ecart sur les débits > 40%                 | Non satisfaisant       |
| <b>Hauteur de pointe</b> | +20 cm < Ecart sur les hauteurs < -20 cm   | Précis                 |
|                          | +40 cm < Ecart sur les hauteurs < -40 cm   | Acceptable             |
|                          | +100 cm < Ecart sur les hauteurs < -100 cm | Non satisfaisant       |

**Tableau 7** Seuils caractérisant le calage du modèle de Lampertheim

Concrètement, le calage a été fait par bassin versant de l'amont vers l'aval, de la manière suivante :

- ❖ Calage de l'écart en volume :
  - ✓ Le coefficient d'imperméabilisation de chaque bassin versant a été ajusté. Si l'on augmente celui-ci, le volume généré sera plus important, dans le cas contraire, il sera plus faible ;
  - ✓ Le découpage de certains bassins versants a été modifié de manière à ajuster le coefficient d'imperméabilisation.
- ❖ Calage du débit de pointe et de la hauteur de pointe :
  - ✓ Le Lag-time a été ajusté par bassin versant. Plus la valeur de ce paramètre est faible et plus la pointe de débit est importante. Inversement, augmenter le Lag-time contribue à diminuer la pointe en débit ;
  - ✓ L'ajustement des pertes initiales en fonction de la pente participe à la conservation du premier pic de débit.
- ❖ L'appréciation visuelle des courbes, bien que subjective et propre à chacun, est indispensable lors du calage. Elle permet, par exemple, de détecter les dysfonctionnements de mesures ou encore les erreurs issues du modèle hydraulique. Cette méthode a, par exemple, été utile lors du calage de la station de pompage SP89 et des déversoirs particuliers.



**Remarque :**

*Il est possible de calculer le critère de Nash pour estimer mathématiquement la qualité du calage effectuée. Ce paramètre évalue la similarité de la superposition des courbes mesurées et calculées. Par choix du CTMO et du bureau d'études assainissement, ce paramètre ne sera pas calculé à Lampertheim car son calcul n'est pas indispensable.*

#### **5.2.4. Résultats du calage**

Le calage du temps de pluie a été l'étape la plus difficile dans l'élaboration de la modélisation hydraulique de Lampertheim. D'abord parce qu'il a de nombreuses données de la campagne qui sont inexploitable (erreurs de mesures, bouchons de graisse dans le réseau, défaillances des capteurs, etc.), et ensuite parce que l'on n'a pas pu utiliser les pluies de Lampertheim pour caler le modèle. Malgré que les pluviomètres de Mundolsheim et Vendenheim soient proches de Lampertheim, il y a de nombreuses pluies qui ne sont pas homogène à la réaction du réseau. Seul quatre pluies ont pu être utilisées pour le calage et la validation.

Au final, toutes les difficultés rencontrées n'ont pas permis de caler convenablement le modèle de Lampertheim. Les bassins DO208-amont, DO201-amont et DO205-amont ont pu être calés correctement, par contre, les bassins DO198-amont, DO203-amont et SP105-amont situés en aval de la commune n'ont pas pu être calés. En résumé, seul l'équivalent de la moitié de la surface communale a pu être calé.

Les résultats du calage et les courbes associées sont présentés en Annexe 9. Les bassins versants en aval de la commune ont été calés de manière théorique pour s'approcher au maximum d'un calage juste et de manière ne pas surestimer les déversements du « modèle impact milieu ». Pour cela, il a été affecté aux bassins versants en aval les mêmes rectifications sur l'imperméabilisation et les lag-times que pour les bassins en amont.

#### **5.2.5. Validation du calage**

La validation du calage a pour but de vérifier que la réaction du réseau pour la pluie du 06/08/2013 est conforme aux résultats obtenus avec Mike Urban. Cette pluie a été choisie car elle correspond à une période de retour intermédiaire par rapport aux pluies de calage. De plus, ce choix a également été fait en tenant en compte du cumul, de l'intensité maximale sur 30 minutes et la durée de la pluie. Les résultats sont présentés en Annexe 9. Ils sont « précis » pour les bassins versants en amont et « non satisfaisant » pour les bassins en aval.

Par manque de précision, le calage n'a pas été validé par le CTMO et une nouvelle campagne de mesures sera à mettre en œuvre pour finaliser le calage aval du modèle. Cependant, dans l'objectif de rendre un

travail de TFE complet et terminé, cette étude a été poursuivie. La suite de ce dossier a été élaboré à partir des données de calage non-validées. Les résultats obtenus et les solutions imaginées en matière d'inondation et d'impact milieu pourront servir de base et orienter le prochain modélisateur lors de la reprise du modèle. Au final, la suite de cette étude constituera un premier diagnostic.

### **5.3. Conclusion sur le calage et améliorations à prévoir**

Globalement, le calage de temps sec et le calage de temps de pluie n'ont pas pu être réalisés dans les normes à cause des nombreuses erreurs dans les mesures et les données de pluies. Néanmoins, tout ne sera pas à reprendre totalement. Il s'agira de compléter le calage actuel à l'aide d'une nouvelle campagne de mesures.

Pour améliorer la qualité du calage de temps sec et de temps de pluies à Lampertheim, il faudrait retravailler les éléments suivants :

- ❖ Vérifier la justesse du calage de temps sec à partir des données de la nouvelle campagne de mesures ;
- ❖ Corriger le calage de temps de pluie pour les bassins qui n'ont pas été calés et terminer l'étude hydraulique pour les inondations et l'impact milieu ;
- ❖ Revoir la modélisation du Leaping-Weir DO208. En effet, n'ayant pas trouvé de solution viable, l'ouvrage a été calé d'une manière qui est hydrauliquement « fausse » et non conforme à la réalité ;
- ❖ Ajouter des points de mesures au niveau des déversoirs DO199, DO207, DO206 et DO204 lors de la nouvelle campagne. En effet, ces points de sorties vers le milieu naturel n'ont pas été instrumentés lors de la première campagne par manque de matériel de mesure ;
- ❖ Caler la station de pompage SP105 à partir de données de temps sec et de temps de pluie ;
- ❖ S'assurer du bon fonctionnement des bassins BA57 et BA56 dans le modèle par la mise en place de capteurs sur site ;
- ❖ Procéder à l'analyse des mesures rapidement, de manière à identifier et corriger dès que possible les mesures inutilisables (hauteur d'eau trop faibles, télégestion hors service, etc.) ;
- ❖ Remplacer le pluviomètre de Lampertheim.

#### **Résumé :**

Après la construction du modèle, le calage de temps sec et de temps de pluie a été effectué en respectant les exigences du SDA.

Pour le temps sec, le 2 juillet 2013 a été sélectionnée comme « journée représentative de temps sec » à partir d'une méthode de sélection détaillée. Cette journée constitue la base des profils journaliers injectés dans le modèle pour le calage. De plus, aucun débit d'ECP ne sera affecté au modèle car ceux-ci sont négligeables pour tous les bassins versants de Lampertheim.

Le calage de temps sec n'a pas été effectué dans les normes. En effet, les volumes transités qui ont été mesurés lors de la campagne de 2013 sont très largement sous-estimés en comparaison avec les volumes transités que l'on peut calculer à partir du nombre d'EH et de la consommation journalière par EH. Ce phénomène est présent sur toute la durée de la campagne. Par conséquent, le calage a été effectué à partir de l'estimation des volumes transités et il est fortement possible que celui-ci ne soit pas conforme aux débits de temps sec réels de Lampertheim. Mais comme l'Eurométropole souhaite exploiter son modèle pour les inondations et l'impact milieu, il n'y aura pas de problèmes pour la suite de l'étude.

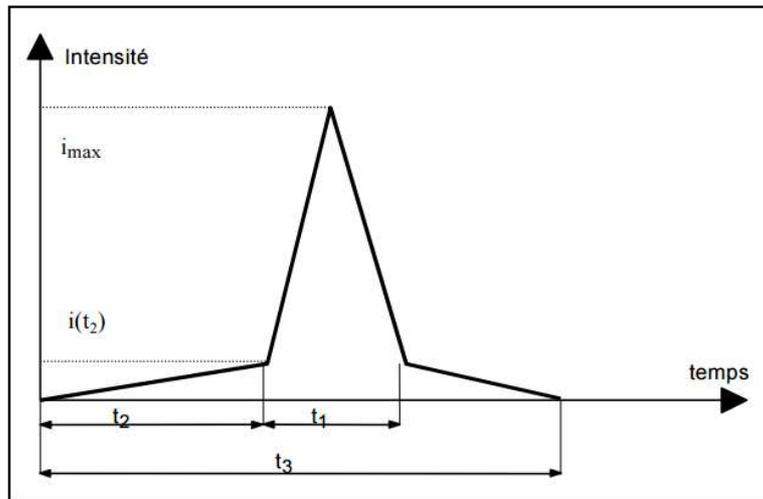
Pour le calage de temps de pluie, 3 pluies de calage et 1 pluie de validation ont été choisies à partir d'une méthodologie d'aide à la décision. Toutes ces pluies ont été associées à un pluviomètre de référence par analogie entre le hétérogramme de la pluie et son hydrogramme dans le réseau. Les critères utilisés pour le calage de temps de pluie sont le volume, le débit de pointe, la hauteur de pointe et une appréciation qualitative visuelle des courbes. Pour chacun de ces critères, des seuils de tolérance ont été définis : précis, acceptable et non satisfaisant.

## PARTIE 6 - Modèle inondation

### **6.1. Généralités**

Pour s'assurer qu'il n'y a pas de débordements et de dysfonctionnements du réseau à Lampertheim, il faut effectuer un diagnostic inondation pour des pluies de période de retour inférieures ou égales à 20 ans (niveau de service n°3, respect de la **norme NF EN 752-2** appliquée aux zones résidentielles [34]).

Pour cela, la procédure de l'Eurométropole propose de tester **quatre pluies de projet de période de retour 20 ans**. Chacune de ces pluies se différencie par la durée de sa **période intense (t1)**. Les pluies de projet testées sont les mêmes pour tous les modèles de l'Eurométropole. Elles ont été créées à partir de la méthode du CERTU et sont de type double triangle (cf.[32] page 333 à 335).



**Figure 29** Exemple d'une pluie de projet du type double triangle

De plus, pour modéliser des pluies fortes dans Mike Urban, il faut créer un « modèle inondation » dont les coefficients de ruissellements sont ceux calculés initialement (valeurs avant le calage). Cela s'explique par le fait que plus une pluie est intense et moins le sol pourra absorber d'eau (saturation du sol). Dans ce cas de figure, les phénomènes de pertes au ruissellement sont négligeables en comparaison avec la lame d'eau ruisselée.

|              | <b>Pluie 20ans - 15min</b> | <b>Pluie 20ans - 30min</b> | <b>Pluie 20ans - 45min</b> | <b>Pluie 20ans - 60min</b> |
|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| t1 (min)     | 15                         | 30                         | 45                         | 60                         |
| t2 (min)     | 110                        | 105                        | 95                         | 90                         |
| t3 (min)     | 240                        | 240                        | 240                        | 240                        |
| i(t2) (mm/h) | 8                          | 7                          | 5                          | 5                          |
| imax (mm/h)  | 133                        | 82                         | 61                         | 49                         |

**Tableau 8** Caractéristiques des pluies de projet testées

La localisation de la « concentration des flux » dans un réseau varie en fonction de l'intensité t1 testée. Lorsque l'intensité t1 est forte, le ruissellement est rapide et la concentration du flux se fait dans la partie amont du réseau. Inversement, plus l'intensité t1 est faible, et plus ce regroupement du flux se fera vers l'aval.

Les quatre pluies d'intensité t1 proposées dans la procédure de l'Eurométropole seront suffisantes pour couvrir les besoins du « diagnostic inondation » d'une petite commune comme Lampertheim. En effet, avec la simulation des ces pluies, tous les points du modèle peuvent être testés pour un fonctionnement en concentration maximal du flux.

## 6.2. Synthèse des volumes débordés

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des débordements générés par les quatre pluies vicennales testées. Un plan de localisation des débordements est disponible en Annexe 11 :

| Nœud - Rue                                       | Volumes débordés en m <sup>3</sup> |                   |                   |                   | Caractéristiques du nœud              |
|--|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|
|  | Pluie 20ans-15min                  | Pluie 20ans-30min | Pluie 20ans-45min | Pluie 20ans-60min |                                       |
| <b>RV27153</b><br>Rue de Pfulgriesheim           | 0,1                                | 0,1               | 0,1               | 0,1               | Nœud scellé en aval de la SP89        |
| <b>RV27229</b><br>Rue de Pfulgriesheim           | 2,3                                | /                 | /                 | /                 | Point bas de voirie                   |
| <b>RV27230</b><br>Rue du Boucher                 | 13,6                               | /                 | /                 | /                 | Tête de réseau et point bas de voirie |
| <b>RV30243</b><br>Rue du Faisan<br>(Mundolsheim) | 66,8                               | 58,1              | 49,5              | 37,4              | Point bas de voirie                   |

**Tableau 9** *Détail des débordements générés lors de la simulation des pluies de projet*

Seul quatre points de débordement ont été identifiés lors de la simulation des pluies de projet de période de retour 20 ans. Parmi ces points, trois correspondent à des points bas de voirie et un est lié à une erreur du modèle lors de la simulation des « regards scellés ». Globalement, Lampertheim est très bien protégée contre les inondations car il y a peu de débordements pour des pluies d'occurrence 20 ans. Cette constatation est en adéquation avec le faible nombre de plaintes inondation recueillies ces dix dernières années (cf. chapitre 2.2.9).

De plus, l'altitude du terrain naturel a été vérifiée avec le MNT pour chacun des points de débordement constaté. Cette vérification a permis de s'assurer de la justesse de l'estimation des volumes débordés en ces points.

La pluie d'occurrence 20 ans et d'une période intense t1 de 15 minutes est la plus défavorable dans le cas du modèle de Lampertheim (car c'est elle qui provoque le plus de volume des débordements). Par conséquent, les résultats obtenus par simulation de cette pluie seront utilisés comme « valeurs de référence » pour proposer des solutions contre les inondations.

### 6.2.1. Débordement du RV27153

Le RV27153 est un regard « scellé », c'est-à-dire qu'il est fermé hermétiquement et ne peut pas déborder dans le modèle. Ce regard est fermé dans le modèle car il est le point d'arrivée de la conduite sous-pression venant de la station de pompage SP89. C'est une erreur dans le calcul de Mike Urban qui provoque un débordement de 0,1 m<sup>3</sup> lors de toutes les simulations. Par conséquent, ce débordement fictif et ne sera pas pris en compte.

### 6.2.2. Débordement du RV27229

Le RV27229 est situé au niveau d'un point bas de voirie. C'est la mise en charge par l'aval du réseau qui provoque un débordement à cet endroit. Le volume débordé au niveau de ce regard (2,3 m<sup>3</sup>) est trop faible pour considérer un débordement et nécessiter des aménagements spécifiques. De plus, ce volume peut correspondre à des incertitudes du modèle.

Néanmoins, il est important de savoir que ce point peut être sujet aux débordements pour une pluie d'occurrence supérieure ou égale à 20 ans. De plus, il faudra s'assurer que les habitations proches du RV27229 sont bien protégées contre le reflux du réseau (cf. article 44 du RSD [5]).

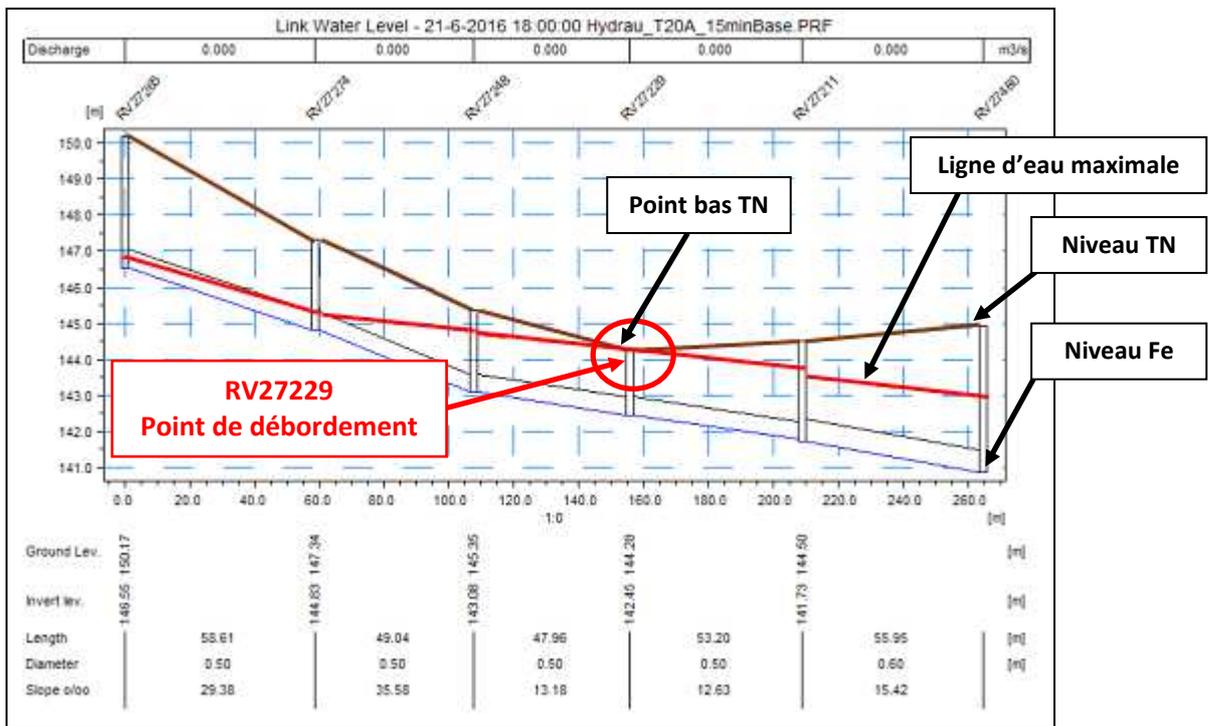


Figure 30 Profil en long de la mise en charge du réseau au niveau du RV27229

### 6.2.3. Débordement du RV27230

Le RV27230 est situé en tête de réseau et est placé au niveau d'un point bas de voirie. C'est la mise en charge du réseau en aval qui occasionne ces débordements. De la même manière que pour le RV27229, les débordements de voiries sont trop faibles pour considérer un débordement (13,6 m³).

Ce point peut être sujet à des débordements de voirie par pluies fortes ( $\geq 20$ ans). Les habitations proches doivent être équipées d'un dispositif anti-refoulement opérationnel.

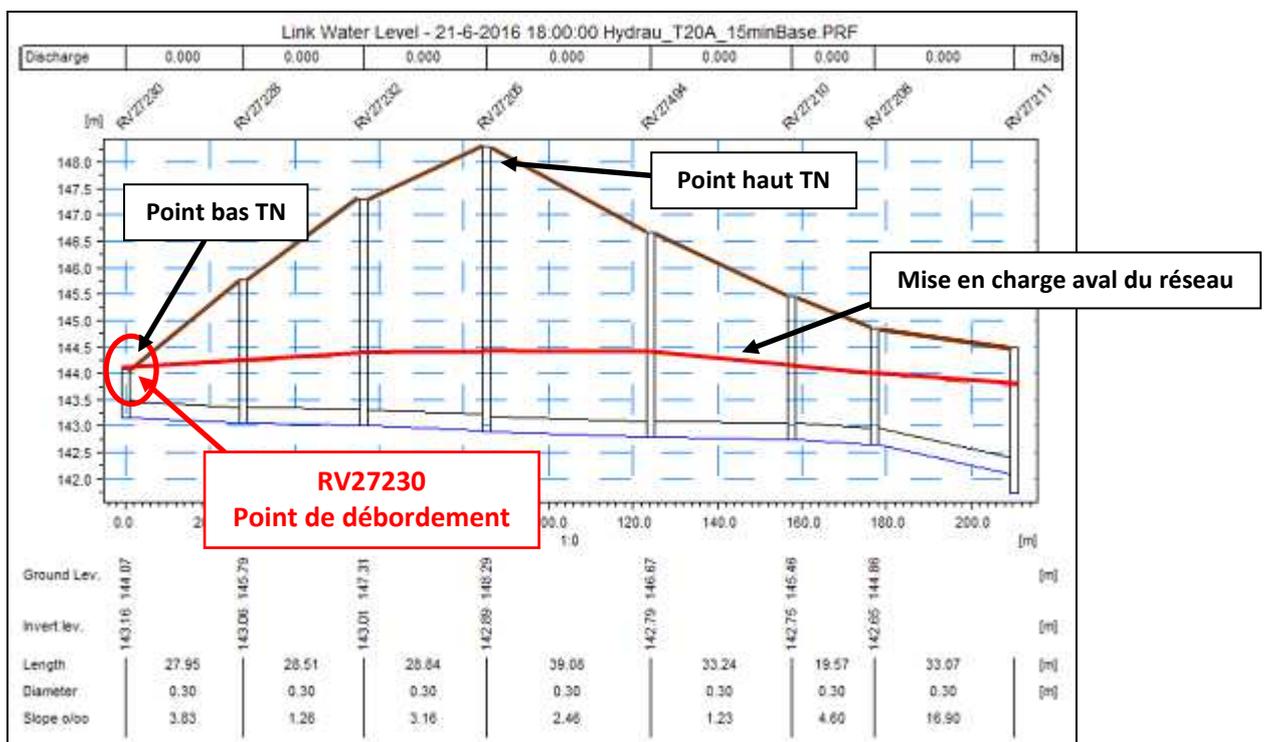


Figure 31 Profil en long de la mise en charge du réseau au niveau du RV27230

### 6.2.4. Débordement du RV30243

Le RV30243 est situé aux abords d'un champ à Mundolsheim sur le réseau amont de la SP105. C'est un point bas de voirie. Le débordement constaté au niveau de ce regard est de l'ordre des 70 m<sup>3</sup>.

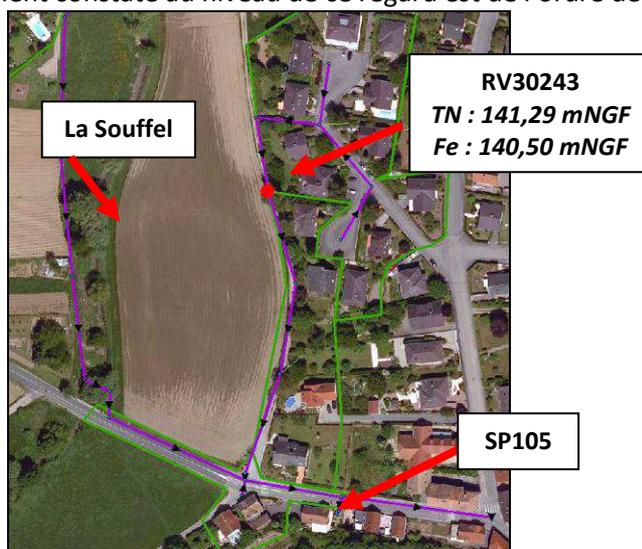


Figure 32 Plan de situation du RV30243

Comme précisé au chapitre 2.3.3, la station de pompage SP105 contrôle l'ensemble du réseau de Lampertheim et provoque, par fortes pluies, la mise en charge du réseau en amont ainsi que le déversements de déversoirs d'orage. Le profil de la ligne d'eau maximale pour la pluie « P20ans-15min » confirme que le débordement du RV30243 est lié à l'insuffisance de la SP105.

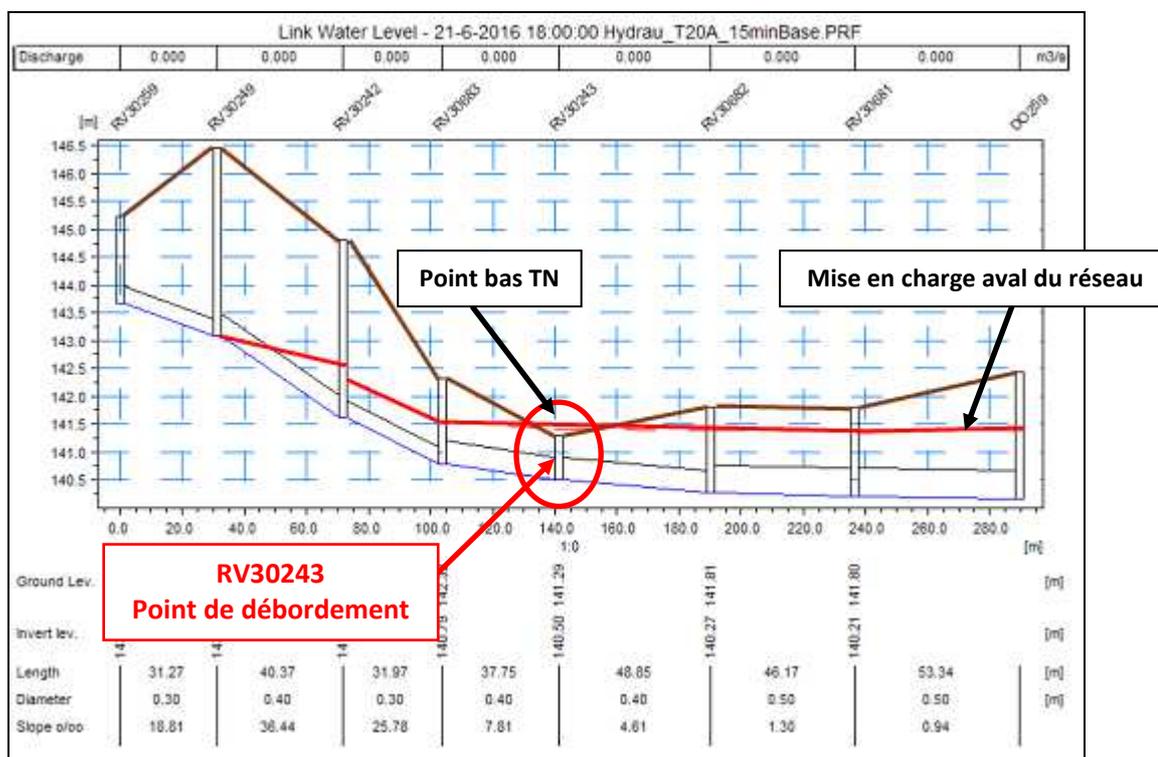


Figure 33 Profil en long de la mise en charge du réseau au niveau du RV30243

Par ailleurs, le diagnostic inondation effectué à partir du modèle de Mundolsheim a également mis en évidence la présence d'un débordement au niveau du RV30243. Les débordements constatés sont du même ordre de grandeur.

### **6.3. Analyse du débordement du RV30243**

Par fortes pluies, le débordement du RV30243 est susceptible d'occasionner des inondations sur le domaine public et chez les particuliers. Le service de l'eau et de l'assainissement a l'obligation de protéger les habitations contre les inondations liées aux débordements de voirie pour les pluies inférieures ou égales à une période de retour 20 ans.

Dans le cas du RV30243, il n'y a pas de risques de débordement chez le particulier puisque la pente du terrain naturel est orientée vers le champ voisin et que les habitations proches ont un TN surélevé d'au moins 1,50 mètres. Le champ voisin est classé comme zone N1 (zone naturelle) par le PLU, ce qui signifie qu'il ne sera pas prochainement urbanisé.



**Figure 34** *Valeurs du TN à proximité du RV30243*

En réunion CTMO, il a été validé qu'aucune modification du réseau ne sera faite au niveau du RV30243. En effet, les volumes débordés sont mineurs et ne représentent pas de risques pour les habitations proches. Si le champ avait été en zone « IAU » ou « IIAU » (zone prochainement urbanisable), des aménagements du réseau auraient été à prévoir.

#### **Résumé :**

Pour effectuer le diagnostic inondation de Lampertheim, un « modèle inondation » a été créé. Il comporte les coefficients d'imperméabilisation initialement estimés. Quatre pluies vicennales d'intensité t1 différentes ont été testées à partir de ce modèle. Ces pluies de projet sont du type double triangle et ont été élaborées à partir de la méthode du CERTU.

Seul quatre points de débordement ont été constatés, ce qui démontre que le réseau d'assainissement de Lampertheim est très bien protégé contre les inondations pour des pluies inférieures ou égales à une occurrence 20 ans. La pluie de projet la plus impactante est la « P20ans-15min ». Elle sera considérée comme la pluie de référence pour le diagnostic inondation.

Parmi les débordements constatés, trois présentent des débordements trop faibles ou liés aux incertitudes pour entreprendre des travaux. Il faudra, cependant, surveiller ces points par fortes pluies et s'assurer que les habitations proches sont équipées d'une protection anti-refoulement.

Seuls, les débordements constatés au niveau du RV30243 sont significatifs (de l'ordre de 70m<sup>3</sup> pour la pluie « P20ans-15min »). Le diagnostic inondation de Mundolsheim a également mis en évidence des débordements à cet endroit. Les habitations proches du RV30243 ne sont pas menacées par les inondations car l'écoulement naturel des flux débordés se fait vers le champ voisin. Il a été validé en CTMO qu'aucun aménagement du réseau n'est à prévoir à cet endroit car ce champ n'est pas dans une zone « prochainement urbanisable » et les volumes débordés sont faibles.

## PARTIE 7 - Modèle impact milieu

### 7.1. Méthodologie d'évaluation de l'impact milieu

La méthode utilisée pour l'évaluation de l'impact milieu a été définie par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (AERM). Elle a pour objectif de répondre aux attentes de la Directive cadre sur l'eau, c'est-à-dire de **contribuer à l'atteinte du bon état écologique** des cours d'eau à l'aval des rejets urbains.

Le **système d'évaluation de la qualité des cours d'eau (SEQ-Eau)** permet de réaliser le calcul d'impact des rejets d'un réseau d'assainissement par temps de pluie pour un cours d'eau dont le débit de référence est le **débit d'étiage moyen mensuel de fréquence biennale ( $Q_{MNA2}$ )**. Cet outil est basé sur la notion d'altération de la qualité d'un milieu. Il est divisé en cinq classes de qualité (de « très bon état » à « très mauvais état ») qui sont fonction de la concentration de quatre paramètres biologiques de référence.

| Paramètres / Qualité  | Très bon état | Bon état  | Passable | Mauvais | Très mauvais |
|---|---------------|-----------|----------|---------|--------------|
| DCO (mg $O_2$ /L)   | <20           | 20 à 30   | 30 à 40  | 40 à 80 | >80          |
| DBO <sub>5</sub> (mg $O_2$ /L)                                      | <3            | 3 à 6     | 6 à 10   | 10 à 25 | >25          |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L)   | <0,1          | 0,1 à 0,5 | 0,5 à 2  | 2 à 5   | >5           |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /L) | <0,1          | 0,1 à 0,5 | 0,5 à 1  | 1 à 2   | >2           |

**Tableau 10** *Limites des paramètres biologiques de classification des cours d'eau (SEQ-Eau)*

De plus, les conditions suivantes doivent également être respectées :

- ❖ le déclassement en « classe 1 » ne doit pas dépasser 10% de la durée de la période sensible ;
- ❖ le déclassement en « classe 2 » ne doit pas dépasser 5% de la durée de la période sensible ;
- ❖ aucun déclassement en « hors classe » n'est toléré sur toute la durée de la période sensible.

La période sensible correspond, pour le bassin Rhin-Meuse, aux 5 mois d'étiages allant de mai à septembre inclus. Pour cette étude, son débit caractéristique a été choisi égal au  $Q_{MNA2}$ .

### 7.2. Chronique des pluies retenues pour le calcul d'impact

Les pluies retenues pour le calcul de l'impact milieu sont issues du SDA de l'Eurométropole élaboré par la SAFEGE en 2012. Cette classification a été effectuée par regroupement des pluies de même typologie et précipitées au niveau du pluviomètre du « centre technique assainissement » entre 1998 et 2009 (soit 12 ans de précipitation et 534 pluies analysées). Cependant, il aurait été intéressant d'effectuer cette classification à partir des pluies des 27 pluviomètres de l'Eurométropole car la spatialisation des pluies n'est pas homogène sur le territoire des 28 communes.

Au total, 27 groupes de pluies ont été répertoriés. Elles sont caractérisées par une intensité maximale sur 30 minutes, un cumul moyen, une durée moyenne et une fréquence d'apparition calculée à partir du nombre d'événement répertorié par classe de pluie.

Parmi les 27 groupes initiaux, 13 ont été retenus comme « pluies références » pour l'estimation de l'impact milieu. Elles correspondent aux événements les plus courants et donc les plus pertinents pour le calcul d'impact (soit 95% des événements pluvieux observés sur la période d'analyse de 12 ans).



#### Remarques :

*Les 13 groupes de pluies retenus possèdent les caractéristiques suivantes :*

- ❖ *Groupes 1 à 7 : Fréquence annuelle d'apparition supérieure ou égale à 1 ;*
- ❖ *Groupes 8 à 13 : Fréquence annuelle d'apparition comprise entre 0,5 et 1.*

*Les coefficients de Montana, issus de la station météo d'Entzheim, ont permis de calculer les périodes de retour de chaque groupe de pluie. Les occurrences des 13 groupes retenus s'échelonnent d'hebdomadaire à annuelle.*

Les fréquences d'apparition ont été ajustées pour que l'ensemble des 13 pluies atteigne 100% des événements pluvieux (contre 100% pour 27 pluies auparavant).

| Groupe    | Nombre d'événements | Duree moyenne (heures) | Cumul moyen (mm) | Imax (mm/h sur 30 mn) | Fréquence d'apparition annuelle sur la période sensible | % du nombre d'événements total | % cumulé du nombre d'événements total |
|-----------|---------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---|--------------------------------|---------------------------------------|
| Groupe 1  | 239                 | 2.5                    | 2.7              | 3.0                   | 19.9  | 45%                            | 45%                                   |
| Groupe 2  | 73                  | 5.9                    | 5.3              | 3.3                   | 6.1   | 14%                            | 58%                                   |
| Groupe 3  | 45                  | 3.7                    | 6.4              | 6.4                   | 3.8   | 8%                             | 67%                                   |
| Groupe 4  | 36                  | 0.9                    | 6.0              | 10.9                  | 3   | 7%                             | 74%                                   |
| Groupe 5  | 30                  | 8.5                    | 9.7              | 5.7                   | 2.5   | 6%                             | 79%                                   |
| Groupe 6  | 18                  | 3.4                    | 8.5              | 11.1                  | 1.5   | 3%                             | 83%                                   |
| Groupe 7  | 13                  | 1.3                    | 11.4             | 20.2                  | 1.1   | 2%                             | 85%                                   |
| Groupe 8  | 11                  | 6.0                    | 13.9             | 9.1                   | 0.9   | 2%                             | 87%                                   |
| Groupe 9  | 9                   | 9.3                    | 16.9             | 7.8                   | 0.8   | 2%                             | 89%                                   |
| Groupe 10 | 9                   | 2.8                    | 14.8             | 13.5                  | 0.8   | 2%                             | 90%                                   |
| Groupe 11 | 9                   | 12.6                   | 18.4             | 7.0                   | 0.8   | 2%                             | 92%                                   |
| Groupe 12 | 8                   | 6.1                    | 13.0             | 17.5                  | 0.7   | 1%                             | 94%                                   |
| Groupe 13 | 7                   | 1.5                    | 16.0             | 27.0                  | 0.6   | 1%                             | 95%                                   |
| Groupe 14 | 4                   | 9.0                    | 19.2             | 16.8                  | 0.3   | 1%                             | 96%                                   |
| Groupe 15 | 3                   | 7.6                    | 26.1             | 19.6                  | 0.2   | 1%                             | 96%                                   |
| Groupe 16 | 3                   | 13.2                   | 10.8             | 2.1                   | 0.2   | 1%                             | 97%                                   |
| Groupe 17 | 2                   | 16.6                   | 16.7             | 3.6                   | 0.2   | 0%                             | 97%                                   |
| Groupe 18 | 2                   | 16.2                   | 26.3             | 4.6                   | 0.2   | 0%                             | 98%                                   |
| Groupe 19 | 2                   | 4.0                    | 24.8             | 21.2                  | 0.2   | 0%                             | 98%                                   |
| Groupe 20 | 3                   | 2.8                    | 19.9             | 35.9                  | 0.2   | 1%                             | 99%                                   |
| Groupe 21 | 2                   | 17.4                   | 57.9             | 15.0                  | 0.2   | 0%                             | 99%                                   |
| Groupe 22 | 1                   | 10.1                   | 12.0             | 10.8                  | 0.1   | 0%                             | 99%                                   |
| Groupe 23 | 1                   | 4.8                    | 52.2             | 42.4                  | 0.1   | 0%                             | 99%                                   |
| Groupe 24 | 1                   | 4.3                    | 43.2             | 35.2                  | 0.1   | 0%                             | 99%                                   |
| Groupe 25 | 1                   | 1.8                    | 27.0             | 52.4                  | 0.1   | 0%                             | 100%                                  |
| Groupe 26 | 1                   | 9.5                    | 35.8             | 16.8                  | 0.1   | 0%                             | 100%                                  |
| Groupe 27 | 1                   | 23.3                   | 32.0             | 6.8                   | 0.1   | 0%                             | 100%                                  |

**Tableau 11** *Groupes de pluies retenues pour le calcul d'impact [10][11]*

Une étude réalisée sur plusieurs déversoirs d'orage urbains de l'Eurométropole a permis d'évaluer les concentrations des rejets unitaires en fonction de deux classes d'intensité de pluies (pluies faibles et pluies fortes). Les pluies faibles correspondent aux pluies dont l'intensité maximale est inférieure à 16 mm/h (soit les groupes de pluie 1, 2, 5, 9 et 11). Les pluies fortes correspondent aux pluies dont l'intensité maximale est supérieure à 16 mm/h (soit les groupes 3, 4, 6, 7, 8, 10, 12 et 13). (cf. Annexe 12 : caractéristiques des 13 pluies et leurs périodes de retour).

Les concentrations des paramètres chimiques pour les rejets unitaires de pluies faibles et pluies fortes sont présentées ci-dessous :

|                          | DCO (mg/L) | DBO <sub>5</sub> (mg/L) | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L) | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L) |
|--------------------------|------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Imax &lt; 16 mm/h</i> | 391        | 101                     | 17,5                                | 7,9                                  |
| <i>Imax &gt; 16 mm/h</i> | 168        | 38                      | 10,3                                | 2,7                                  |

**Tableau 12** *Valeurs des concentrations des rejets unitaires en fonction de l'intensité de la pluie [10][11]*



**Remarque :**

Des valeurs de concentration des rejets pluviaux en fonction de l'intensité des pluies ont également été élaborées. Elles permettent de distinguer les concentrations rejetées par un réseau pluvial vis-à-vis de celles rejetées par un réseau unitaire.

## 7.3. Méthodologie de calcul des déclassements

### 7.3.1. Les biefs étudiés dans ce rapport

Les rejets urbains de Lampertheim s'effectuent sur plusieurs biefs (n°5.2, 5.3bis, 5.4, et 5.5). Il a été décidé en CTMO que les calculs d'impacts seront effectués « biefs par biefs » et uniquement pour les biefs 5.2, 5.3bis, 5.4. C'est pourquoi, dans ce dossier, seul les résultats de ces trois biefs sont présentés.

D'après le SDA, les biefs, 5.4 et 5.3bis ne présentent pas de déclassement, il s'agira donc de vérifier cette hypothèse. Le bief 5.2 est, quant à lui, déclassé. C'est pourquoi, le SDA propose la mise en place d'un bassin de 4 200 m<sup>3</sup> pour reprendre les rejets des déversoirs de ce bief (DO203 et DO259). (cf. chapitre 2.3.3).



#### Remarque :

Le bief 5.5 possède des rejets communs entre Lampertheim et Mundolsheim. C'est pour cela que l'estimation de son impact milieu ne sera pas traitée dans ce rapport.

En effet, pour calculer l'impact du bief 5.5, il faudra effectuer une estimation commune des déclassements :

- ❖ soit en associant les hydrogrammes de rejet des déversoirs d'orage de Lampertheim et de Mundolsheim avec l'outil de la SAFEGE ;
- ❖ soit en fusionnant les deux modèles hydrauliques et en effectuant une simulation des 13 pluies de référence.

### 7.3.2. L'outil employé pour le calcul d'impact

Avant d'estimer l'impact milieu avec la méthode de l'AERM, il faut effectuer la simulation hydrologique et hydraulique des 13 pluies de référence. Chacune des pluies testées correspond à un groupe parmi les 13. C'est le résultat de ces simulations qui permet d'obtenir les pourcentages de déclassement des paramètres biologiques.

L'outil pour effectuer le calcul d'impact avec la méthode de l'AERM a été acheté par l'Eurométropole au bureau d'études SAFEGE. Il s'agit d'un programme informatique confidentiel comprenant de nombreuses macros. La méthode employée par SAFEGE permet de distinguer les concentrations rejetées pour les pluies faibles et pluies fortes. Cette différenciation permet d'ajuster précisément le calcul de l'impact milieu.

La méthode de l'AERM pour l'estimation de l'impact milieu est présentée en Annexe 13. Les paramètres qui sont à prendre en compte pour ce calcul sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

| Identifiant du bief   | Bief 5.2 - Souffel 1  | Bief 5.3bis - Leisbach | Bief 5.4 - Kolbsenbach                             |
|---|---|------------------------|--|
| Longueur totale du bief   | 3 800 m   | 230 m                  | 2 200 m  |
| $Q_{MNA2}$ amont  | 576 m <sup>3</sup> /h   | 216 m <sup>3</sup> /h  | 216 m <sup>3</sup> /h                              |
| V moyenne cours d'eau   | 0,30 m/s  | 0,30 m/s               | 0,30 m/s   |
| Lag-time du bief  | 211,11 min  | 12,78 min              | 122,22 min   |
| Concentrations des paramètres biologiques                           | Les concentrations des paramètres NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , DCO et DBO <sub>5</sub> sont disponibles au paragraphe 2.2.4   |                        |  |
| Durée d'effet totale du bief  | 6,5 h   | 6,5 h                  | 6,5 h  |
| Coefficient de pondération de Muskingum (Annexe 4)                  | 0,2   | 0,2                    | 0,2  |
| Chronique des pluies d'impact milieu                                | Cette chronique correspond aux 13 pluies d'impact milieu.<br>Leur pas de temps est de 5 minutes.<br>On distingue :<br>⇒ Pluies faibles : 1, 2, 5, 9 et 11 ;<br>⇒ Pluies fortes : 3, 4, 6, 7, 8, 10, 12 et 13. |                        |  |
| Points de rejets et distance du point par rapport au début du bief. | TD319 (DO203) → 1 443 m<br>TD318 (DO203) → 1 447 m  | TD634 (DO206) → 84 m   | TD314 (DO199) → 1 435 m<br>TD315 (DO201) → 1 856 m |

**Tableau 13 Paramètres à prendre en compte dans le calcul de l'impact milieu d'un bief**

## 7.4. Résultats du calcul d'impact initial

### 7.4.1. Calcul d'impact pour le bief 5.2

|  | DCO    | DBO <sub>5</sub> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|--|--------|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Temps de déclassement en <b>Hors Classe</b><br>(% de période sensible) | 1,28%  | 0,33%            | 0,94%                        | 0,94%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 2</b><br>(% de période sensible)    | 10,64% | 11,81%           | 10,10%                       | 9,12%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 1</b><br>(% de période sensible)    | 13,59% | 14,98%           | 13,93%                       | 13,89%                        |

**Tableau 14** Temps de déclassement du Bief 5.2 pendant la période sensible

Conformément aux hypothèses du SDA, les rejets urbains de Lampertheim provoquent le déclassement du bief 5.2. Il convient donc de prévoir des aménagements de stockage du flux afin de limiter le déversement du DO203 (via les TD319 et TD318) et de ne pas dégrader la qualité de la Souffel.

### 7.4.2. Calcul d'impact pour le bief 5.3bis

|  | DCO   | DBO <sub>5</sub> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|--|-------|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Temps de déclassement en <b>Hors Classe</b><br>(% de période sensible) | 0,00% | 0,00%            | 0,00%                        | 0,00%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 2</b><br>(% de période sensible)    | 0,46% | 0,46%            | 0,46%                        | 0,16%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 1</b><br>(% de période sensible)    | 0,47% | 0,62%            | 0,47%                        | 0,47%                         |

**Tableau 15** Temps de déclassement du Bief 5.3bis pendant la période sensible

Les normes de déclassements de la méthode de l'AERM sont respectées pour ce bief. Par conséquent, aucun aménagement n'est à prévoir car les rejets du DO206 ne dégradent pas la qualité du milieu récepteur.

### 7.4.3. Calcul d'impact pour le bief 5.4

|  | DCO   | DBO <sub>5</sub> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|--|-------|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Temps de déclassement en <b>Hors Classe</b><br>(% de période sensible) | 0,47% | 0,46%            | 0,00%                        | 0,00%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 2</b><br>(% de période sensible)    | 1,46% | 1,47%            | 1,43%                        | 0,63%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 1</b><br>(% de période sensible)    | 1,68% | 2,27%            | 1,70%                        | 1,50%                         |

**Tableau 16** Temps de déclassement du Bief 5.4 pendant la période sensible

Dans le cas du bief 5.4, les normes de déclassements sont respectées pour les « classes 1 et 2 ». Seul le déclassement en « hors classe » pour les paramètres DCO et DBO5 n'est pas conforme. Il faut donc prévoir un aménagement pour limiter les déversements des DO199 et DO201 (via les TD314 et TD315).

#### **7.4.4. Volumes déversés par les déversoirs d'orage**

L'ensemble des volumes déversés par les têtes de déversement pour les 13 pluies du schéma directeur est présenté ci-dessous :

| Volumes déversés bruts (m <sup>3</sup> )                | Bief 5.2         |                 | Bief 5.3bis     | Bief 5.4        |                 | Bief 5.5                  |                                       |
|---|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|---------------------------------------|
|   | TD318 (DO203)    | TD319 (DO203)   | TD634 (DO206)   | TD314 (DO199)   | TD315 (DO201)   | TD322 (DO200 - 209 - 198) | TD322 (DO204 - 205 - 207 - 208 - 210) |
| <b>P1</b>   | 97               | 51              | 0               | 0               | 0               | 11                        | 2                                     |
| <b>P2</b>   | 221              | 118             | 0               | 0               | 0               | 272                       | 19                                    |
| <b>P3</b>   | 257              | 137             | 0               | 0               | 0               | 534                       | 34                                    |
| <b>P4</b>   | 139              | 74              | 0               | 0               | 21              | 758                       | 104                                   |
| <b>P5</b>   | 359              | 194             | 0               | 0               | 0               | 1040                      | 65                                    |
| <b>P6</b>   | 215              | 116             | 0               | 0               | 5               | 923                       | 67                                    |
| <b>P7</b>   | 240              | 134             | 31              | 79              | 71              | 1495                      | 348                                   |
| <b>P8</b>   | 483              | 266             | 0               | 6               | 11              | 1646                      | 141                                   |
| <b>P9</b>   | 735              | 402             | 0               | 0               | 0               | 1803                      | 119                                   |
| <b>P10</b>  | 332              | 187             | 0               | 77              | 36              | 1843                      | 235                                   |
| <b>P11</b>  | 754              | 412             | 0               | 2               | 0               | 2196                      | 145                                   |
| <b>P12</b>  | 451              | 245             | 7               | 36              | 37              | 1495                      | 239                                   |
| <b>P13</b>  | 313              | 177             | 46              | 125             | 93              | 1895                      | 474                                   |
| <b>Total des volumes déversés bruts (m<sup>3</sup>)</b> | <b>4 596</b>     | <b>2 513</b>    | <b>85</b>       | <b>325</b>      | <b>275</b>      | <b>15 911</b>             | <b>1 993</b>                          |
| <b>Pourcentage (Ordre décroissant)</b>                  | <b>17,9% (2)</b> | <b>9,8% (3)</b> | <b>0,3% (7)</b> | <b>1,3% (5)</b> | <b>1,1% (6)</b> | <b>61,9% (1)</b>          | <b>7,8% (4)</b>                       |

**Tableau 17 Volumes déversés par les têtes de déversement pour les 13 pluies du SDA**

L'analyse du tableau ci-dessus montre que les têtes de déversement qui rejettent le plus dans le milieu naturel sont les TD322, TD318, TD319 et TD322. Ces quatre ouvrages sont placés sur les biefs 5.2 et 5.5 de la Souffel, c'est-à-dire, les biefs les plus polluosensibles de la commune. Par conséquent, les volumes supplémentaires à stocker dans le réseau seront importants car les milieux les plus sensibles sont ceux qui tolèrent le moins de déversements de réseau.

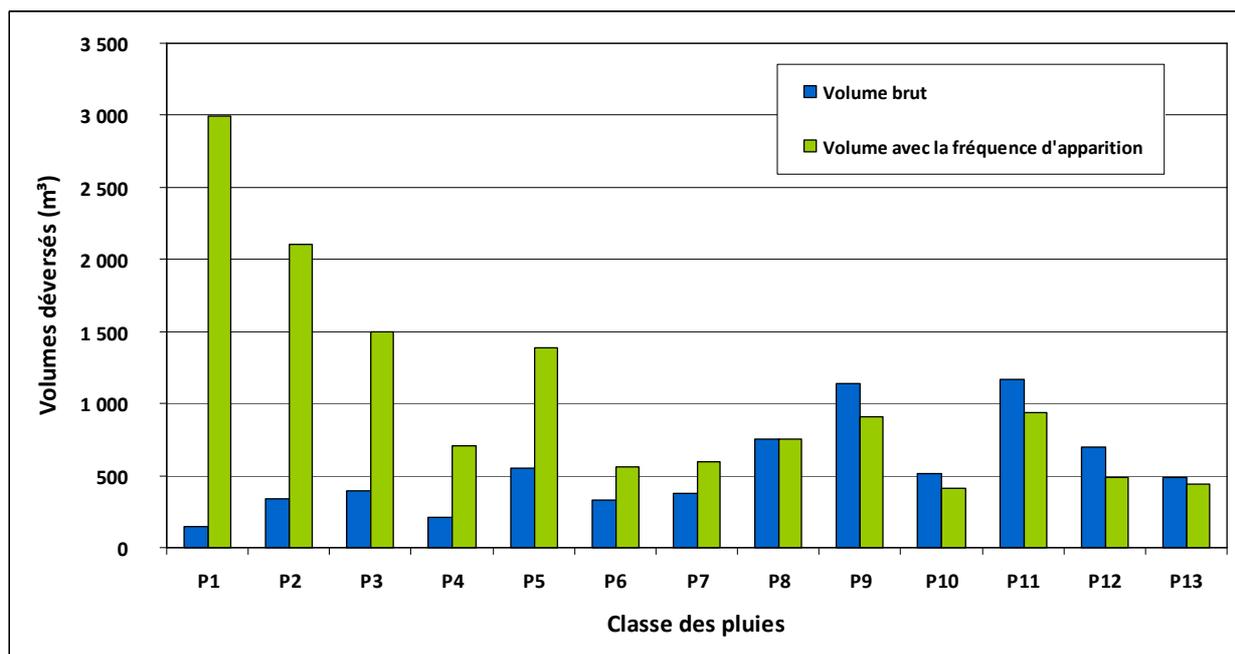
Les têtes de déversement correspondant aux biefs 5.3bis et 5.4 rejettent peu de flux vers le milieu naturel. L'association de ces faibles volumes à la bonne qualité des masses d'eau a pour conséquence une faible dégradation de la qualité de ces biefs juste au dessus des normes acceptables.

De plus, le déversoir d'orage le plus impactant pour le milieu naturel est le DO198. En effet, cet ouvrage rejette ses eaux vers le bief le plus polluosensible (5.5) et déverse le plus grand volume d'effluent. Il faudra donc imaginer une solution permettant de limiter les déversements du DO198 et stocker les volumes supplémentaires conservés dans le réseau.

#### **7.4.5. Volumes déversés par les pluies**

La méthode d'estimation de l'impact milieu intègre dans son calcul la fréquence d'apparition des pluies. Ce paramètre a pour objectif d'estimer pour la période sensible (5 mois de mai à septembre) les volumes totaux déversés pour chaque classe de pluie. Les pluies les plus impactantes d'un bief sont celles qui génèrent le plus de volumes déversés sur la période sensible. Ces pluies varient en fonction du bief et sont le résultat de l'intégration des paramètres suivants : le volume déversé brut et la fréquence d'apparition des pluies.

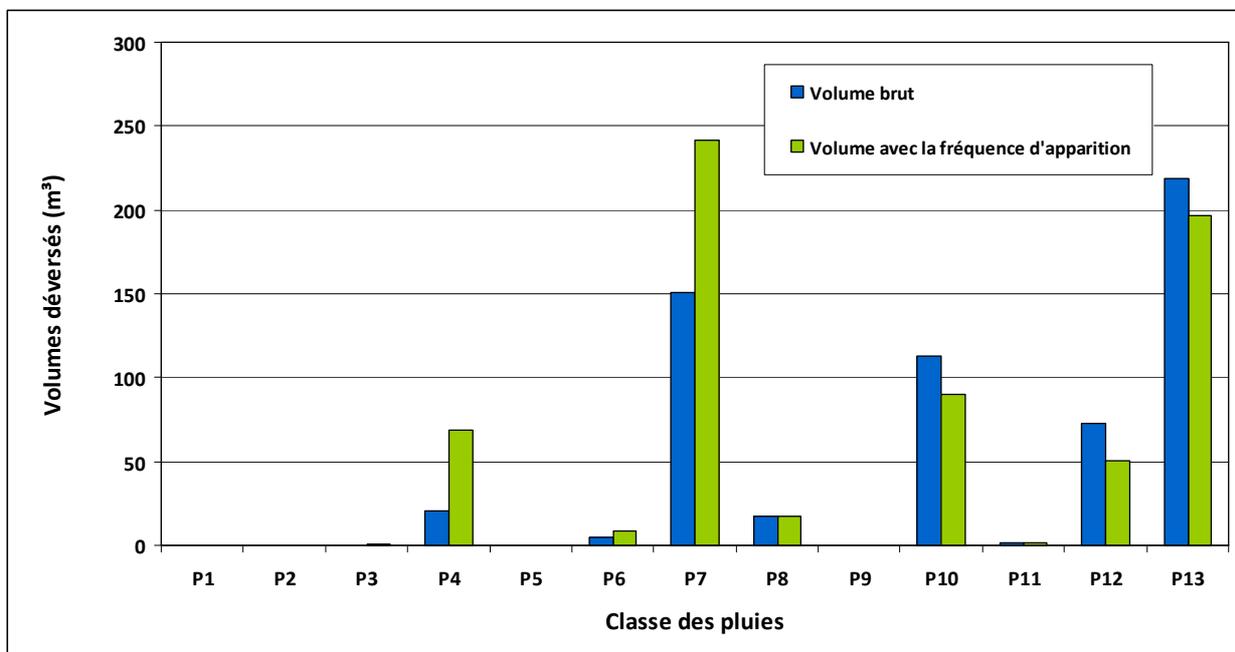
Les graphiques ci-dessous présentent l'écart entre le volume brut déversé et le volume brut associé à la fréquence d'apparition pour les biefs 5.2 et 5.4 :



**Figure 35** Comparaison entre les volumes déversés brut et les volumes déversés avec la fréquence d'apparition pour le bief 5.2

Les pluies les plus impactantes pour le bief 5.2 sont les suivantes :

- ❖ Sans tenir compte de la fréquence d'apparition des pluies : P11, P9 et P8 ;
- ❖ En tenant compte de la fréquence d'apparition des pluies : P1, P2 et P3.



**Figure 36** Comparaison entre les volumes déversés brut et les volumes déversés avec la fréquence d'apparition pour le bief 5.4

Les pluies les plus impactantes pour le bief 5.4 sont les suivantes :

- ❖ Sans tenir compte de la fréquence d'apparition des pluies : P13, P7 et P10 ;
- ❖ En tenant compte de la fréquence d'apparition des pluies : P7, P13 et P10.

Dans le cas du bief 5.2, les pluies qui génèrent le plus de déversements sur la période sensible sont des pluies de périodes de retour faibles (d'hebdomadaire à mensuelle). Cette configuration est la plus contraignante pour un bief car les aménagements à prévoir devront permettre de stocker des volumes d'effluents dans le réseau à partir de la pluie hebdomadaire. Les volumes de stockage à prévoir pour ce bief seront importants, proportionnellement aux volumes déversés.

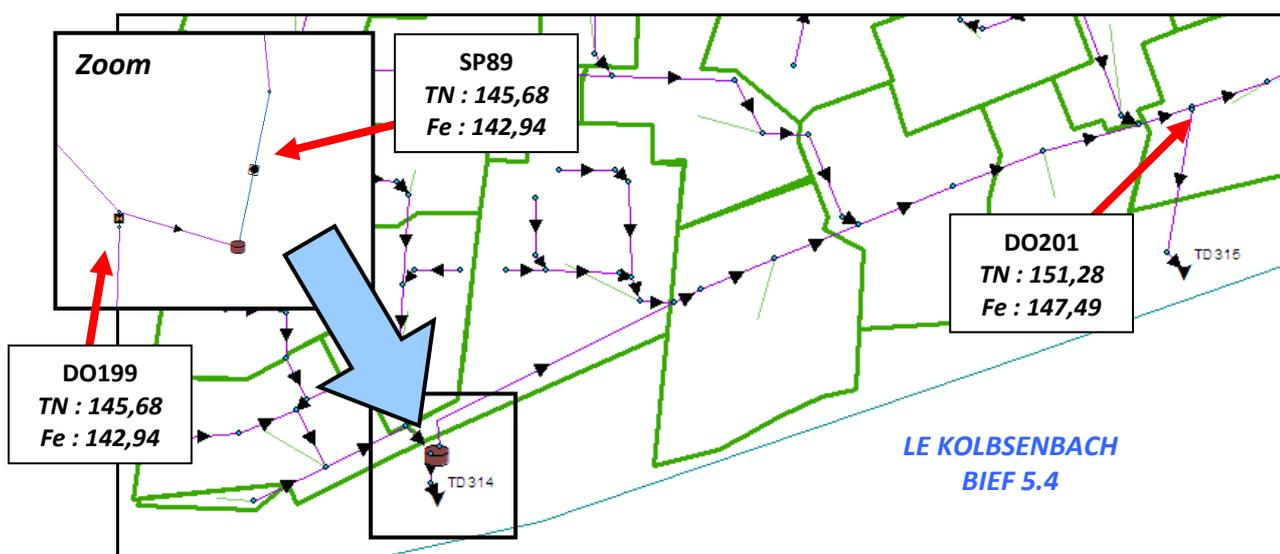
Le bief 5.4 possède une configuration moins contraignante car les pluies à stocker dans le réseau sont de période de retour plus importante (à partir de semestrielle pour la pluie 7).

## **7.5. Elaboration de solutions**

Pour atteindre les trois objectifs imposés par l'AERM pour le calcul d'impact, il faut modéliser et tester des aménagements avec le « modèle impact milieu ». Plusieurs solutions variées peuvent permettre de résoudre l'impact milieu d'un bief. Pour trouver la solution la plus adaptée, de nombreuses simulations et calculs d'impacts ont été effectués. Chaque simulation correspond à une configuration de réseau différente ou à des ajustements spécifiques en volume (diamètre des canalisations, taille d'un bassin, etc.).

Les aménagements proposés ci-dessous sont élaborés uniquement pour les biefs dont le résultat initial d'impact milieu n'est pas conforme aux exigences de l'AERM, c'est-à-dire les biefs 5.4 et 5.2. De plus, aucune proposition de solution ne sera établie pour le bief 5.5 car l'état de dégradation de celui-ci n'a pas été estimé à ce jour (cf. chapitre 7.3.1).

### **7.5.1. Aménagement du bief 5.4**



**Figure 37** Localisation des points de déversement pour le bief 5.4

Les flux déversés au niveau du bief 5.4 transitent par les déversoirs d'orage DO199 (via la TD314) et DO201 (via la TD315). L'estimation initiale de l'impact milieu démontre que les pluies P7 et P13 sont les plus contraignantes pour le milieu naturel. Pour ce bief, c'est le déversoir DO199 qui déverse le plus : 127 m<sup>3</sup> pour la pluie 7 et 113 m<sup>3</sup> pour la pluie 13. Il convient donc de prévoir un aménagement limitant les déversements de cet ouvrage.

#### **7.5.1.1. Test n°1 : aménagement du DO199**

Le déversement du déversoir d'orage DO199 est provoqué principalement par la mise en charge de la station de pompage SP89 en aval de celui-ci. Pour limiter le déversement de cet ouvrage, deux solutions ont été imaginées et testées avec le « modèle impact milieu » de Mike Urban :

- ❖ augmenter le débit de pompage de la station SP89 pour limiter le déversement du déversoir DO199 par mise en charge de la station ;
- ❖ augmenter la hauteur de la crête du déversoir DO199.

Globalement, les deux solutions testées amènent au même résultat. Elles permettent de réduire très faiblement l'impact milieu et ne suffisent pas à atteindre les exigences de l'AERM. Au maximum, on atteint les valeurs suivantes :

|  | <b>DCO</b> | <b>DBO<sub>5</sub></b> | <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> | <b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b> |
|--|------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Temps de déclassement en <b>Hors Classe</b><br>(% de période sensible) | 0,46%      | 0,46%                  | 0,00%                             | 0,00%                              |
| Temps de déclassement en <b>Classe 2</b><br>(% de période sensible)    | 1,42%      | 1,44%                  | 1,40%                             | 0,61%                              |
| Temps de déclassement en <b>Classe 1</b><br>(% de période sensible)    | 1,66%      | 2,09%                  | 1,68%                             | 1,66%                              |

**Tableau 18** *Temps de déclassement du Bief 5.4 pour la modification du fonctionnement du DO199*

#### 7.5.1.2. Test n°2 : aménagement du DO201

Le DO201 est situé à aval de la SP89. Il déverse 114 m<sup>3</sup> pour la pluie 7 et 84 m<sup>3</sup> pour la pluie 13. Pour limiter son impact sur le milieu naturel, un test de rehaussement de la crête a été effectué. Cette solution permet de réduire d'avantage l'impact milieu que pour le test 1. Cependant, ce n'est pas encore suffisant pour atteindre les objectifs souhaités :

|  | <b>DCO</b> | <b>DBO<sub>5</sub></b> | <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b> | <b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b> |
|--|------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Temps de déclassement en <b>Hors Classe</b><br>(% de période sensible) | 0,17%      | 0,16%                  | 0,00%                             | 0,00%                              |
| Temps de déclassement en <b>Classe 2</b><br>(% de période sensible)    | 0,83%      | 0,84%                  | 0,81%                             | 0,49%                              |
| Temps de déclassement en <b>Classe 1</b><br>(% de période sensible)    | 0,86%      | 1,25%                  | 0,86%                             | 0,86%                              |

**Tableau 19** *Temps de déclassement du Bief 5.4 pour la modification du fonctionnement du DO201*

#### 7.5.1.3. Test n°3 : aménagement des DO199 et DO201

L'association des deux tests précédents a ensuite été effectuée. Cette solution permet d'atteindre les objectifs fixés par l'AERM. Deux solutions sont techniquement envisageables :

- ❖ Solution 1 : Rehausser les crêtes des DO199 et DO201 ;
- ❖ Solution 2 : Augmenter le débit de pompage de la station SP89 et rehausser la crête du DO201.

Chacune des solutions présentées ci-dessus a été finement ajustée pour permettre d'atteindre les normes d'impact milieu sans provoquer de phénomènes d'inondation pour la pluie « P20ans-15min » (pluie de référence pour le test des inondations). Les résultats suivant ont été trouvés :

#### **Solution n°1 :**

- ❖ **DO199 :**
  - ✓ Hauteur de crête initiale = 143,69 mNGF ;
  - ✓ Hauteur de crête modifiée = 143,89 mNGF.  + 20 cm
- ❖ **DO201 :**
  - ✓ Hauteur de crête initiale = 147,82 mNGF ;
  - ✓ Hauteur de crête modifiée = 148,12 mNGF.  + 30 cm

|  | <i>DCO</i> | <i>DBO<sub>5</sub></i> | <i>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i> | <i>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></i> |
|--|------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Temps de déclassement en <i>Hors Classe</i><br>(% de période sensible) | 0,00%      | 0,00%                  | 0,00%                             | 0,00%                              |
| Temps de déclassement en <i>Classe 2</i><br>(% de période sensible)    | 0,52%      | 0,53%                  | 0,51%                             | 0,47%                              |
| Temps de déclassement en <i>Classe 1</i><br>(% de période sensible)    | 0,69%      | 0,88%                  | 0,69%                             | 0,68%                              |

**Tableau 20** *Temps de déclassement du Bief 5.4 pour la Solution 1*

**Solution n°2 :**

❖ **SP89 :**

- ✓ Débit de pompage initial = 64,8 m<sup>3</sup>/h ;
- ✓ Débit de pompage modifié = 108 m<sup>3</sup>/h ;



**+ 43,2 m<sup>3</sup>/h**

❖ **DO201 :**

- ✓ Hauteur de crête initiale = 147,82 mNGF ;
- ✓ Hauteur de crête modifiée = 148,12 mNGF.



**+ 30 cm**

Un diagnostic capacitair de la conduite de refoulement en Ø150 de la SP89 a été effectué pour vérifier que celle-ci tolère le passage d'un débit de pompage de 108 m<sup>3</sup>/h. Le résultat de ce test confirme la capacité de la conduite à faire passer ce débit. En effet, la vitesse de refoulement passera de 1,05 m/s en situation actuelle à 1,7 m/s en situation future (avec une nouvelle pompe).

Une augmentation du diamètre en Ø200 est également envisageable. Elle permet de conserver la vitesse de refoulement à 1,0 m/s.

|  | <i>DCO</i> | <i>DBO<sub>5</sub></i> | <i>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i> | <i>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></i> |
|--|------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Temps de déclassement en <i>Hors Classe</i><br>(% de période sensible) | 0,00%      | 0,00%                  | 0,00%                             | 0,00%                              |
| Temps de déclassement en <i>Classe 2</i><br>(% de période sensible)    | 0,69%      | 0,83%                  | 0,67%                             | 0,48%                              |
| Temps de déclassement en <i>Classe 1</i><br>(% de période sensible)    | 0,85%      | 0,91%                  | 0,86%                             | 0,84%                              |

**Tableau 21** *Temps de déclassement du Bief 5.4 pour la Solution 2*

Les solutions trouvées pour réduire l'impact milieu ont pour conséquence une limitation forte des volumes déversés vers le milieu. Le Kolbsenbach étant un petit cours d'eau à faible débit, le moindre déversement de réseau provoque son déclassement.

**Bilan des aménagements :**

La solution n°1 (rehaussement des crêtes des DO201 et DO199) sera préférée car elle est plus facile à mettre en œuvre par le « département exploitation » du service de l'eau et de l'assainissement. Elle est également, moins onéreuse. En effet, il suffit de fixer une plaque en aluminium au dessus de la crête actuelle ou de maçonner celle-ci.

Si l'on applique la solution n°2, il faudra rehausser la crête du DO201 et changer les deux pompes de la station. Cette solution est plus onéreuse et plus compliquée à mettre œuvre.

**7.5.1.4. Répercussions de ces aménagements sur les biefs en aval**

La mise en œuvre de la solution n°1 ou de la solution n°2 engendre un déplacement des volumes pluviaux vers l'aval du réseau de Lampertheim car les déversements du bief 5.4 sont réduits. Cela a un impact sur la

valeur de l'impact milieu des biefs en aval (5.3bis, 5.2 et 5.5). Par conséquent, l'impact milieu des biefs aval (5.3bis et 5.2) a été recalculé en tenant compte des aménagements sur le bief 5.4 (cf. Annexe 14).

Les résultats des calculs d'impact démontrent que la mise en place des solutions n°1 et n°2 n'engendre pas de déclassement sur le bief 5.3bis. Cette masse d'eau respecte toujours les normes de l'AERM en matière d'impact milieu.

De plus, les résultats obtenus pour le bief 5.2 montrent que les solutions n°1 et n°2 provoquent une aggravation du déclassement de ce bief. Néanmoins, l'augmentation de l'impact milieu est faible et ne nécessitera pas une forte majoration des aménagements à mettre en œuvre.

### 7.5.2. Aménagement du bief 5.2

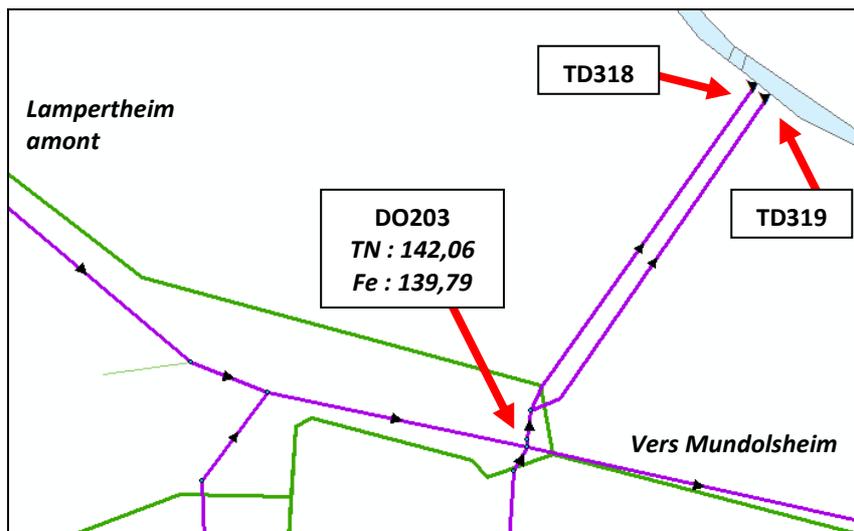


Figure 38 Localisation des points de déversement pour le bief 5.2

Les flux déversés au niveau du bief 5.2 transitent par le déversoir d'orage DO203 puis les têtes de déversement TD318 et TD319. L'estimation initiale de l'impact milieu démontre que ce sont les pluies de faibles occurrences qui sont les plus impactantes pour ce bief (P1, P2, P3 et P5).

Par manque de temps, aucune solution n'a été élaborée à ce jour pour limiter l'impact milieu au niveau du DO203. Il conviendra de proposer des aménagements pour ce bief dans les mois qui suivent ce TFE.

De nombreux aménagements sont envisageables :

- ❖ le rehaussement de la crête du déversoir DO203 ;
- ❖ la construction d'un bassin d'orage ;
- ❖ l'augmentation des diamètres des conduites ;
- ❖ la gestion des eaux pluviales par les techniques alternatives ;
- ❖ la déconnexion des eaux pluviales du réseau ;
- ❖ etc.

Conformément aux exigences du SDA, le débit de la SP105 ne pourra pas être augmenté.

Par ailleurs, une fois l'estimation du bief 5.5 effectuée, il serait intéressant de mutualiser les aménagements des biefs 5.2 et 5.5. En effet, ces deux biefs sont très proches et les déversoirs du bief 5.5 sont directement situés à l'amont du déversoir DO203 du bief 5.2 (cf. Annexe 15). La mutualisation de ces aménagements présente un avantage en matière de coût d'investissement et de coût d'exploitation.

Pour rappel, la construction d'un bassin d'orage de 4 200 m<sup>3</sup> a été proposée par le schéma directeur d'assainissement en 2012 (cf. chapitre 2.3.3). Il conviendra de tester cette solution et d'ajuster le volume du bassin de manière plus précise.

À l'issue de cette étude, plusieurs aménagements permettant de respecter l'impact milieu auront été proposés pour le bief 5.2. La solution choisie (mutualisée ou non avec le bief 5.5) devra être celle qui présente le plus d'avantages en matière de « coût global » pour l'Eurométropole :

- ❖ coût d'investissement ;
- ❖ coût d'exploitation ;
- ❖ durée de vie de l'ouvrage ;
- ❖ faisabilité technique ;
- ❖ facilité d'exploitation ;
- ❖ coût environnemental ;
- ❖ coût supplémentaire de traitement en STEP (du fait de la limitation des déversements vers le milieu) ;
- ❖ etc.

## **7.6. Evolution de la réglementation**

Initialement, seul le calcul de la méthode AERM était nécessaire pour répondre aux exigences de la Directive cadre sur l'eau. Cependant, depuis la mise en place de **l'Arrêté du 21 juillet 2015**, chaque collectivité doit démontrer sa conformité en matière de « **collecte des eaux résiduaires urbaines par temps de pluie** » par le calcul d'un « **critère de conformité** » [38][40].

Pour cela, chaque collectivité doit choisir un critère de conformité parmi trois proposés. Actuellement, l'Eurométropole n'a pas déterminé le critère qui sera choisi comme référence. Des études d'aide à la décision sont en cours. Lorsque ce paramètre sera officiellement fixé, il faudra calculer sa valeur et déterminer si le réseau de collecte est « conforme ». L'Eurométropole pense faire ce calcul à l'échelle de la commune.

En conséquence, lorsque la méthode d'estimation de la « conformité du réseau » sera validée, il faudra effectuer ce calcul pour la commune de Lampertheim. Ce nouveau diagnostic complètera le calcul de l'impact milieu.

### **Résumé :**

Les rejets urbains de Lampertheim s'effectuent au niveau des biefs 5.2, 5.3bis, 5.4, et 5.5. Conformément à la demande du CTMO, les calculs d'impact seront effectués bief par bief.

L'estimation de l'impact milieu pour le bief 5.5 n'est pas présentée car il faut préalablement combiner les résultats des modèles de Lampertheim et de Mundolsheim. Cette étape sera effectuée dans les mois qui suivent ce TFE.

Le calcul de l'impact milieu est effectué à partir de la méthode de l'AERM. Cette méthode est basée sur l'évaluation de la qualité des eaux avec la méthode du SEQ-Eau et la définition de trois classes de déclassement. Pour effectuer ce calcul, il faut utiliser les résultats des simulations hydrauliques de Mike Urban pour les 13 groupes de pluies du SDA sur la période sensible (5 mois).

Les résultats obtenus démontrent que les biefs 5.2 et 5.4 sont déclassés et que seul le bief 5.3bis respecte des normes d'impact milieu de l'AERM.

Des aménagements ont été testés pour le bief 5.4. Deux solutions ont été retenues : La première est le rehaussement des crêtes des déversoirs DO199 et DO201. La seconde est le rehaussement de la crête du DO201 associé à une augmentation du débit de la station de pompage SP89. La solution la plus facile à mettre en œuvre et la moins onéreuse est le rehaussement des deux crêtes de déversoir. C'est un aménagement que les agents de l'Eurométropole sont habitués à mettre en place.

Par manque de temps, aucune solution n'est proposée dans ce rapport pour résoudre les déclassements observés sur le bief 5.2. Il convient de proposer des aménagements pour ce bief dans les mois qui suivent ce TFE. À première vue, il semble intéressant de tester une mutualisation des aménagements pour les biefs 5.2 et 5.5 (comme préconisé dans le SDA).

## CONCLUSION

Cette étude du diagnostic hydraulique de Lampertheim intervient dans le cadre du programme de modélisation par commune du schéma directeur d'assainissement de l'Eurométropole de Strasbourg. En plus de répondre aux obligations de la réglementation, cette démarche offre à la collectivité une opportunité de mieux connaître le fonctionnement de son réseau d'assainissement.

Pour ce faire, l'ensemble du réseau d'assainissement de Lampertheim a fait l'objet d'une modélisation hydraulique. La méthode de modélisation est très cadrée par la collectivité dans un souci d'homogénéité sur l'ensemble du territoire de ses communes. Cette étude a tenu à discuter cette méthode et ses hypothèses en montrant l'influence de ces dernières. Globalement, cette méthodologie est une bonne solution pour la gestion, le suivi et la reprise des modèles.

La construction du modèle est basée sur une campagne de mesures de 3 mois durant l'été 2013, mais aussi sur les retours terrains des usagers (plaintes d'inondation) et du personnel d'exploitation. Une analogie entre la réaction des capteurs dans le réseau et la pluviométrie a permis de montrer l'incohérence des données pluviométriques de Lampertheim et ainsi sélectionner 4 pluies de calage et de validation à partir des données pluviométriques de Vendenheim et de Mundolsheim.

Les étapes de calage de temps de pluie et de temps sec n'ont pas pu être réalisées complètement du fait de l'incertitude de nombreuses « données d'entrée ». Pour le temps sec, le calage a dû être effectué « en volume » à partir d'une estimation des volumes transités. Pour le temps de pluie, seule la partie aval de la commune a pu être calée convenablement. En résumé, le calage de temps de pluie n'est pas d'une qualité suffisante pour valider le modèle et exploiter celui-ci. Il est indispensable de réaliser une nouvelle campagne de mesures afin de caler les bassins versants situés en aval de la commune.

Cependant, dans l'objectif de rendre un travail de TFE complet et terminé, cette étude a été poursuivie à partir des données de calage non-validées. Les résultats obtenus et les solutions imaginées en matière d'inondation et d'impact milieu serviront de base pour orienter le futur modélisateur lors de la reprise du modèle. Les résultats de la modélisation du « modèle inondation » ont permis de démontrer que la commune n'est pas sujette aux inondations pour les pluies d'occurrence inférieures ou égales à 20 ans. Par ailleurs, dans le cas du « modèle impact milieu », les résultats obtenus ont mis en évidence le déclassement des biefs n°5.4 et n°5.2. Deux solutions ont été retenues pour résoudre « l'impact milieu » du bief n°5.4. Ces aménagements sont envisageables car ils sont simples à mettre en œuvre et n'aggravent pas les débordements de voiries et les résultats d'impact milieu des biefs en aval.

A ce stade, aucune solution précise n'est proposée pour résoudre les déclassements observés sur le bief n°5.2. Il conviendra de proposer des aménagements pour ce bief dans les mois qui suivent ce TFE. À première vue, il semble intéressant de tester une mutualisation des aménagements pour les biefs n°5.2 et n°5.5 (bief commun avec Mundolsheim) comme préconisé dans le schéma directeur d'assainissement.

Enfin, dans un futur proche, toutes les études de modélisation de l'Eurométropole devront répondre aux exigences de l'arrêté du 21 juillet 2015 et démontrer la « conformité de leur réseau de collecte » par le calcul d'un « critère de référence ». Ce critère est en cours de validation entre les services de l'Etat et la collectivité. Actuellement, l'Eurométropole s'oriente vers le critère relatif « aux flux de pollution déversés ». À terme, il conviendra, en plus du calcul de la méthode AERM, de se conformer à cette nouvelle réglementation et de vérifier la conformité du réseau de Lampertheim.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] ASSOCIATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE POUR L'EAU ET L'ENVIRONNEMENT (ASTEE). **Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement - Bonnes pratiques - Aspect technique et financier**. ASTEE, décembre 2015. 247 pages.
- [2] BERTRAND-KRAJEWSKI Jean-Luc. **Cours d'Hydrologie Urbaine - Partie 3 - Les pertes avant ruissellement** [En ligne]. INSA, Lyon, octobre 2006. [consulté le 22/06/2016]. <<http://jlbkpro.free.fr/teachingmaterial/oshu-03-pertes-avant-ruissellement.pdf>>
- [3] BERTRAND-KRAJEWSKI Jean-Luc. **Cours d'Hydrologie Urbaine - Partie 4 - Le ruissellement** [En ligne]. INSA, Lyon, novembre 2006. [consulté le 22/09/2016]. < <http://jlbkpro.free.fr/teachingmaterial/oshu3-04-ruissellement.pdf>>
- [4] CHOCAT Bernard. **Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement**. Edition Lavoisier TECH & DOC, 1997. 1124 pages. ISBN 2-7430-0126-7.
- [5] DEPARTEMENT DU BAS-RHIN. **Règlement sanitaire départemental (RSD) - Article 44, Protection contre le reflux des eaux d'égout**. Département du Bas-Rhin, 26 mars 1980. page n°37. <[http://www.selestat.fr/fileadmin/user\\_upload/reglementation/rsd-bas-rhin.pdf](http://www.selestat.fr/fileadmin/user_upload/reglementation/rsd-bas-rhin.pdf)>
- [6] DESBORDES M. **Réflexions sur les méthodes de calcul des réseaux urbains d'assainissement pluvial**. Thèse de doctorat, USTL Montpellier, 1974. 224 pages.
- [7] DIRECTION DE L'INFORMATION LEGALE ET ADMINISTRATIVE (DILA). **Glossaire de Vie Publique - ECPI** [En ligne]. DILA, 2016 [consulté le 17/03/2016] <<http://www.vie-publique.fr/th/glossaire/epci.html>>
- [8] EAUFRANCE. **Protection des captages** [En ligne]. Eaufrance. [consulté le 23/06/2016]. <<http://www.eaufrance.fr/agir-et-participer/prevenir-les-risques/protection-des-captages>>.
- [9] ECOLE NATIONALE DU GENIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (ENGEES), ANJOU RECHERCHE, FOND NATIONAL POUR LE DEVELOPPEMENT DES ADDUCTIONS D'EAU (FNDAE). **Guide technique sur le fonctionnement des déversoirs d'orage** [En ligne]. ENGEES, Anjou Recherche, FNDAE, juillet 2006 [consulté le 03/03/2016].<[https://engees.unistra.fr/fileadmin/user\\_upload/pdf/shu/Guide\\_technique.pdf](https://engees.unistra.fr/fileadmin/user_upload/pdf/shu/Guide_technique.pdf)>.
- [10] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Révision du Schéma Directeur et Zonage d'Assainissement : Rapport définitif de Phase 1**. [document interne], mars 2011. 96p
- [11] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Révision du Schéma Directeur et Zonage d'Assainissement : Rapport définitif de Phase 2**. [document interne], février 2012. 238p
- [12] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Les chiffres clés de l'Eurométropole de Strasbourg**. Intranet communautaire [document interne]. Février 2015.
- [13] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Manuel de conduite d'études et de modélisation des réseaux d'assainissement avec Mike Urban** [document interne]. juillet 2015. 96 pages.
- [14] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Organigramme de l'Eurométropole de Strasbourg**. Intranet communautaire [document interne]. 6 septembre 2016.
- [15] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Plan local d'urbanisme** [En ligne]. [consulté le 27/06/2016] <<http://www.strasbourg.eu/developpement-rayonnement/urbanisme-logement-amenagement/planification-territoriale/plu>>.
- [16] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Point sur l'arrêté du 21 Juillet 2015** [document interne]. 1<sup>er</sup> avril 2016.
- [17] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Rapport annuel 2015 sur la qualité et le prix des services publics de l'eau et de l'assainissement**. 87p. 2015.

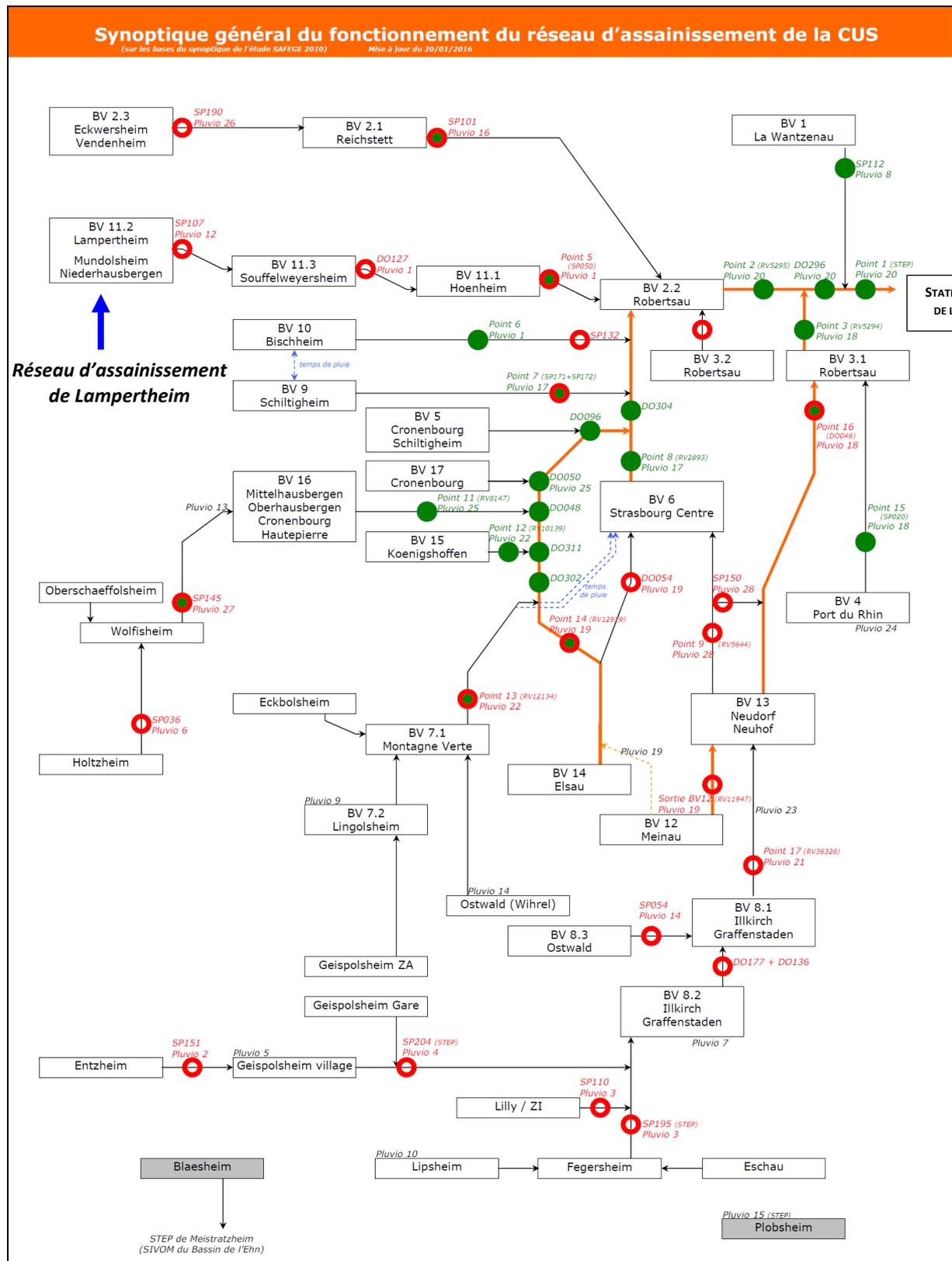
- [18] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Règlement d'assainissement collectif** [document interne]. janvier 2016. 50 pages.
- [19] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Synoptique du fonctionnement du réseau d'assainissement de Lampertheim – BV11.2B** [document interne].2015.
- [20] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Synoptique générale du fonctionnement du réseau d'assainissement de l'Eurométropole** [document interne].20 janvier 2016.
- [21] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Synoptique générale du fonctionnement du réseau d'assainissement de l'Eurométropole** [document interne].20 janvier 2016.
- [22] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Tableau de suivi des inondations par commune** [document interne]. 2016.
- [23] EUROMETROPOLE DE STRASBOURG. **Zonage assainissement** [document interne]. version 2015.
- [24] EVRARD. Marie. **Autosurveillance des déversoirs d'orage de la Communauté Urbaine de Strasbourg**. Mémoire de fin d'études, Diplôme d'ingénieur en Eau et Environnement, ENGEES, juillet 2011. 80 pages.
- [25] FOUGNIE Thomas. **Modélisation hydraulique du réseau d'assainissement de la commune de Lingolsheim et de ses environs**. Mémoire de fin d'études, Diplôme d'ingénieur en Eau et Environnement, ENGEES, octobre 2013. 109 pages.
- [26] HYDREKA. **Débitmètre à effet Doppler - Mainstream IV**. HYDREKA, novembre 2012. 4 pages.
- [27] ICUBE, ECOLE NATIONALE DU GENIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (ENGEES). **Hydrologie et hydraulique des réseaux d'assainissement** [En ligne]. ICUBE, ENGEES, avril 2006 [consulté le 21/09/2016]. <<http://hydraulique-des-reseaux.engees.eu/hydrologie-et-hydraulique-pour-l-assainissement>>.
- [28] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES (INSEE). **Commune de Lampertheim - Chiffres clés - Evolution et structure de la population** [En ligne]. INSEE 2012 [consulté le 23/06/2016]. <[http://www.insee.fr/fr/themes/dossier\\_complet.asp?codgeo=COM-67256](http://www.insee.fr/fr/themes/dossier_complet.asp?codgeo=COM-67256)>.
- [29] MENILLET F. **Les formations superficielles des Vosges et de l'Alsace** [En ligne]. BRGM, Décembre 1995. page n°9. [consulté le 23/06/2016] <<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RR-38640-FR.pdf>>.
- [30] MIKE URBAN CS. **Introduction à la modélisation des réseaux de collecte avec Mike Urban** [document interne]. avril 2012. 230 pages.
- [31] MIKE URBAN CS. **Support de formation** [document interne]. mai 2009. 242 pages.
- [32] MINISTERE DE L'ECOLOGIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, CERTU. **La ville et son assainissement**. 2003.503 pages.
- [33] MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER. **Eau et Biodiversité - Directive Cadre européenne sur l'Eau** [En ligne]. Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, 19 Mars 2013 [consulté le 03/06/2016]. <<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-objectifs.html>>.
- [34] NORME FRANCAISE. **NF EN 752 - Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments**. mars 2008.
- [35] OBSERVATOIRE DE LA NAPPE D'ALSACE (APRONA). **La nappe en direct** [En ligne]. APRONA, 2016. [consulté le 23/06/2016] <<http://www.aprona.net/FR/observatoire-eau/acces-aux-donnees/nappe-en-direct.html>>.
- [36] PORTAIL NATIONAL D'ACCES AUX DONNEES DES EAUX SOUTERRAINES (ADES). **La nappe d'Alsace à Lampertheim** [en ligne]. ADES, 2016 [consulté le 23/06/2016]. <<http://www.ades.eaufrance.fr/FichePtEau.aspx?code=02346X0139/313A>>.

- [37] PREFECTURE DU BAS-RHIN, DIRECTION DES ACTIONS DE L'ETAT, BUREAU DE L'ENVIRONNEMENT. **Projet d'arrêté au bénéfice du Syndicat des Eaux de Strasbourg-Nord de du Syndicat des Eaux et de l'Assainissement (SDEA) – Périmètre du Kochersberg.** version janvier 2012. 18 pages.
- [38] REPUBLIQUE FRANCAISE. **Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5** [En ligne]. [consulté le 11/02/2016]. <<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2015/7/21/DEVL1429608A/jo>>.
- [39] REPUBLIQUE FRANCAISE. **Code de l'Environnement -Article L211-1** [En ligne]. [consulté le 23/05/2016] <<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000006832979&dateTexte=20080226>>.
- [40] REPUBLIQUE FRANCAISE. **Note technique du 7 septembre 2015 relative à la :mise en œuvre de certaines dispositions de l'arrêté du 21 juillet 2015 aux systèmes d'assainissement collectifs et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectifs recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2Kg.j de DBO5** [En ligne]. [consulté le 13/02/2016].<[http://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/recueil/03\\_AC/Note%20Technique%20du%207%20septembre%202015.pdf](http://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/recueil/03_AC/Note%20Technique%20du%207%20septembre%202015.pdf)>.
- [41] SOCIETE AUXILIAIRE FRANÇAISE D'ÉLECTRICITE, GAZ ET EAU (SAFEGE). **Note méthodologique - Construction et calage des modèles de réseau d'assainissement - Logiciel Mike Urban.** Version n°1, janvier 2010. 163 pages
- [42] THEODORE Cécile. **Diagnostic et modélisation des réseaux d'assainissement de la rive gauche du lac d'Annecy.** Mémoire de fin d'études, Master spécialisé Eau Potable Assainissement, ENGEES, octobre 2014. 112 pages.
- [43] WALTZ Marie, WALTZ Jonathan. **Photographie des inondations et coulées de boue à l'entrée est de Lampertheim.** 28 mai 2016.

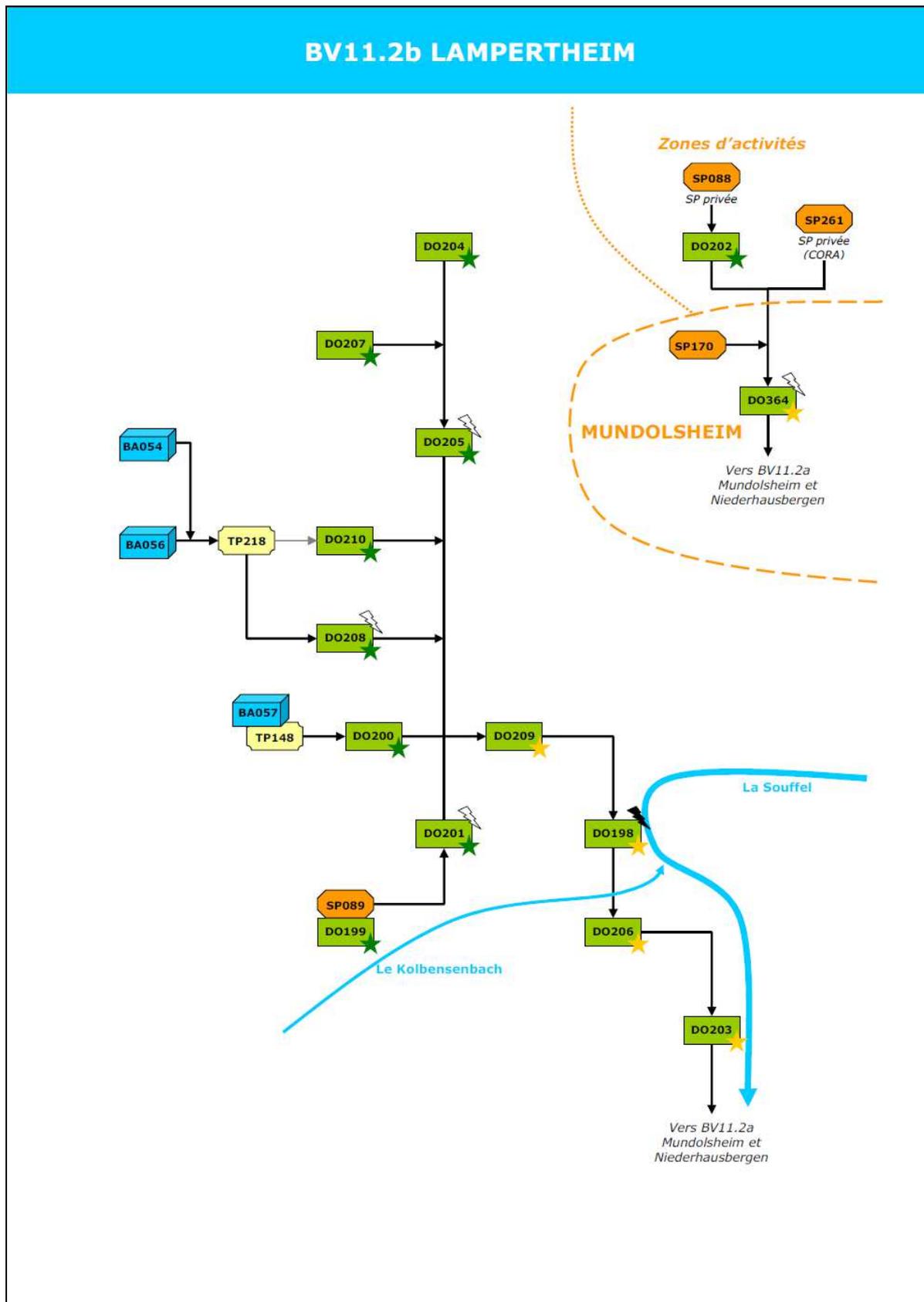
# ANNEXES

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Annexe 1  | Synoptique générale du réseau d'assainissement de l'Eurométropole de Strasbourg .....   | 80  |
| Annexe 2  | Synoptique du réseau d'assainissement de Lampertheim.....                               | 81  |
| Annexe 3  | Résumé synthétique des fiches terrain .....   | 83  |
| Annexe 4  | La modélisation hydrologique et hydraulique .....                                       | 84  |
| Annexe 5  | Méthodologie de modélisation des ouvrages particuliers.....                             | 86  |
| Annexe 6  | Cartographie du découpage des bassins versants .....                                    | 96  |
| Annexe 7  | Paramètres des bassins versants avant et après calage .....                             | 97  |
| Annexe 8  | Hyétoigrammes des pluies de calage et de validation.....                                | 99  |
| Annexe 9  | Résultats du calage et de la validation .....   | 100 |
| Annexe 10 | Généralités sur la construction des pluies de projet.....                               | 108 |
| Annexe 11 | Localisation des points de débordement .....  | 110 |
| Annexe 12 | Tableau complémentaire des 13 groupes de pluies.....                                    | 111 |
| Annexe 13 | Description de la méthode AERM .....  | 112 |
| Annexe 14 | Répercussions des aménagements du bief 5.4 sur les biefs à l'aval (5.3bis et 5.2) ..... | 113 |
| Annexe 15 | Synoptique générale de Lampertheim pour l'aide à la lecture du dossier .....            | 114 |

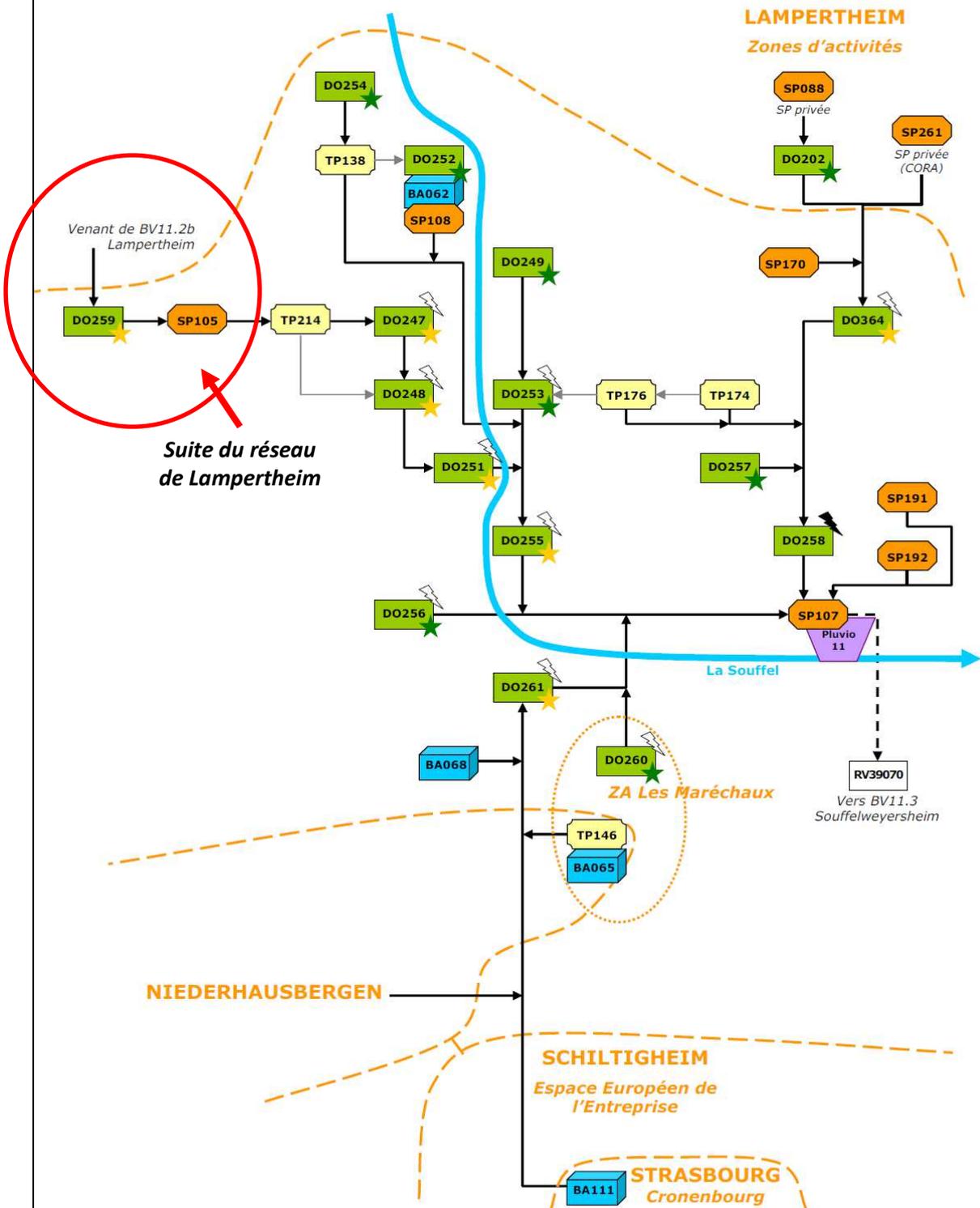
# Annexe 1 Synoptique générale du réseau d'assainissement de l'Eurométropole de Strasbourg



## Annexe 2 Synoptique du réseau d'assainissement de Lampertheim



## BV11.2a MUNDOLSHEIM – NIEDERHAUSBERGEN



### Annexe 3 **Résumé synthétique des fiches terrain**

Les « fiches de terrain » sont des documents de suivi du bon fonctionnement des capteurs au moment de la campagne. Elles sont élaborées par les agents qui sont chargés de la pose, du nettoyage et du suivi des capteurs. Ces fiches donnent des renseignements précieux sur les anomalies de fonctionnement constatées et permettent d'identifier et d'éliminer les données incohérentes. Le tableau ci-dessous regroupe les informations essentielles des « fiches terrain » pour la campagne de Lampertheim :

| <b>Point de mesure</b>          | <b>Date et heure</b> | <b>Anomalie constatée</b>                         |
|---------------------------------|----------------------|---|
| <b>DO205 amont</b>              | RAS                  | RAS   |
| <b>DO208 amont</b>              | RAS                  | RAS   |
| <b>DO208 aval déversé</b>       | RAS                  | RAS   |
| <b>BA56 amont</b>               | RAS                  | RAS   |
| <b>BA57 amont</b>               | 22/07/2013 à 06h53   | Mesure de hauteur : 8 mm<br>Hauteur réelle : 0 mm |
| <b>DO201 amont</b>              | RAS                  | RAS   |
| <b>DO198 A (amont)</b>          | RAS                  | RAS   |
| <b>DO 198 B (amont déversé)</b> | 06/08/2013 à 7h49    | Décalage temporel : 07h39 au lieu de 7h43         |
| <b>DO198 C (aval déversé)</b>   | 06/08/2013 à 7h40    | Décalage temporel : 07h48 au lieu de 7h40         |
| <b>DO203 amont</b>              | 19/06/2013 à 07h53   | Pas de vitesse dans le réseau                     |
|                                 | 21/06/2013 à 07h16   | Réseau en charge et peu de vitesse                |
|                                 | 02/07/2013 à 07h23   | Présence d'un gros bloc de graisse dans le DO203  |
|                                 | 11/07/2013 à 07h29   | Hors d'eau suite au nettoyage du DO203            |
|                                 | 06/08/2013 à 07h46   | Niveau haut et déversement temps sec du DO203     |
| <b>DO203 aval</b>               | 19/06/2013 à 08h03   | Pas de vitesse dans le réseau                     |
|                                 | 21/06/2013 à 07h16   | Réseau en charge et peu de vitesse                |
|                                 | 06/08/2013 à 08h01   | Décalage temporel : 07h56 au lieu de 08h01        |

Le décalage temporel du capteur est un dysfonctionnement fréquemment rencontré. Le réajustement de l'horloge tout au long de la campagne permet d'avoir une cohérence temporelle entre les données mesurées et les événements pluvieux ou flux de temps sec.



Par ailleurs, la présence d'un gros bloc de graisse a été constatée dans le DO203 le 02 juillet 2013 (cf. photographie). Ce bouchon a occasionné une baisse importante de la vitesse d'écoulement et la mise en charge du réseau en amont du DO203.

En conséquence, l'ensemble des données mesurées pour ce déversoir entre le début de la campagne et le nettoyage du réseau (le 11/07/2013) n'a pas été exploité pour le calage du modèle.

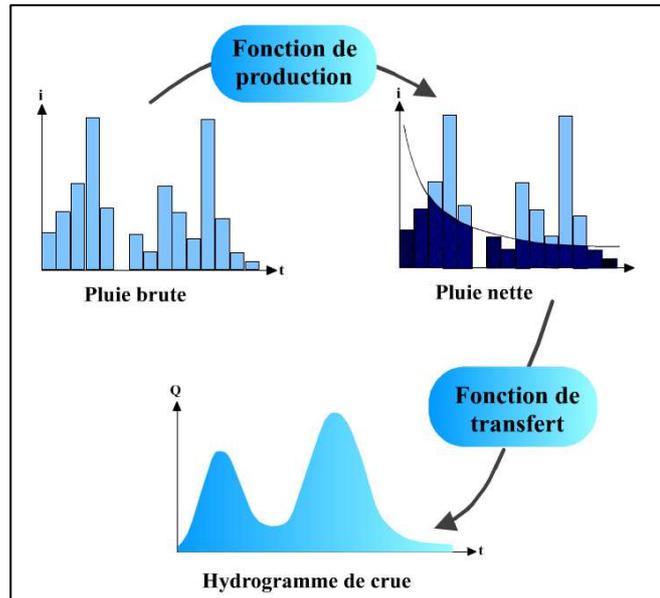
## Annexe 4 La modélisation hydrologique et hydraulique

L'ensemble des modèles hydrologiques et hydrauliques présentés ci-dessous sont utilisés par le logiciel Mike Urban et/ou pour le calcul de l'impact milieu. Ces éléments sont issus de la littérature [27][32].

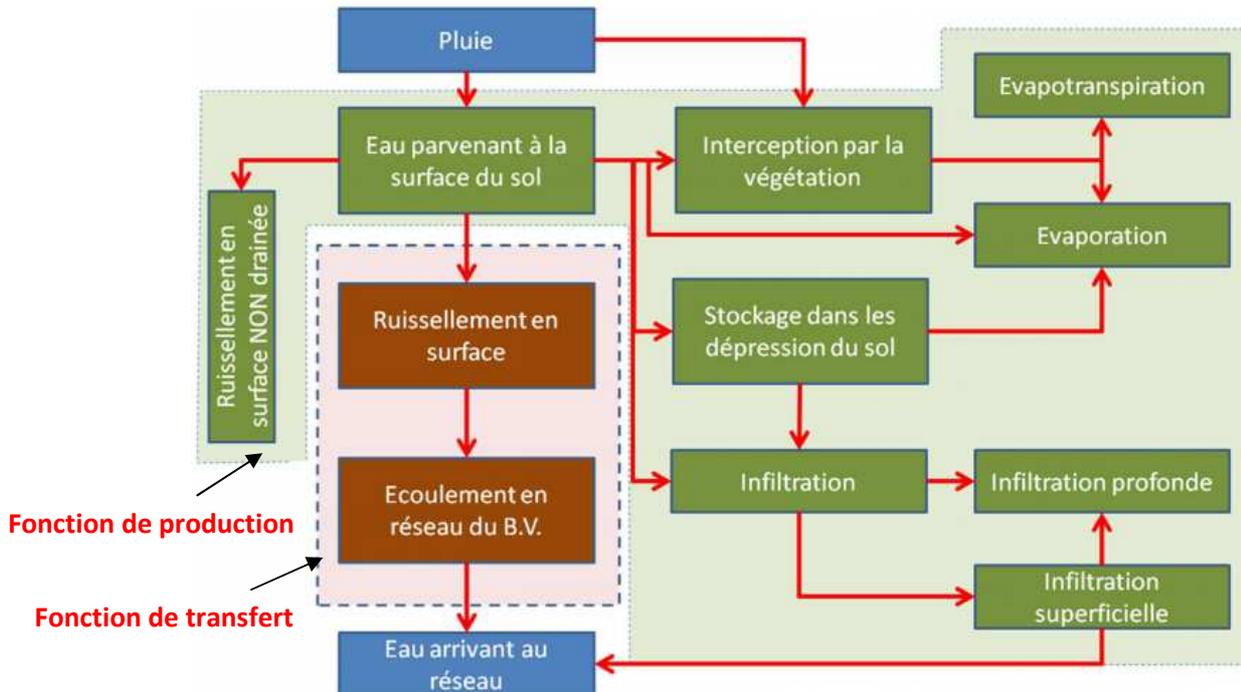
### 1. Modélisation hydrologique :

La modélisation hydrologique consiste à transformer la pluie en débit ruisselé. La transformation de la pluie en hydrogramme de crue se traduit par l'application successive de deux fonctions, nommées fonction de production et fonction de transfert.

La fonction de production permet de déterminer le hyétogramme de pluie nette à partir de la pluie brute. La fonction de transfert permet quand à elle de déterminer l'hydrogramme de crue résultant de la pluie nette.



La figure ci-dessous présente les détails et interactions qui existent entre les fonctions de transfert et de production [27] :



**Remarque :** Le logiciel Mike Urban utilise la méthode rationnelle généralisée [3] pour les bassins versant dont le coefficient d'imperméabilisation est de moins de 20%. La méthode des réservoirs linéaires [3] est utilisée pour les bassins versant dont l'imperméabilisation est supérieure à 20%.

## 2. Modélisation hydraulique :

### Le modèle de MUSKINGUM :

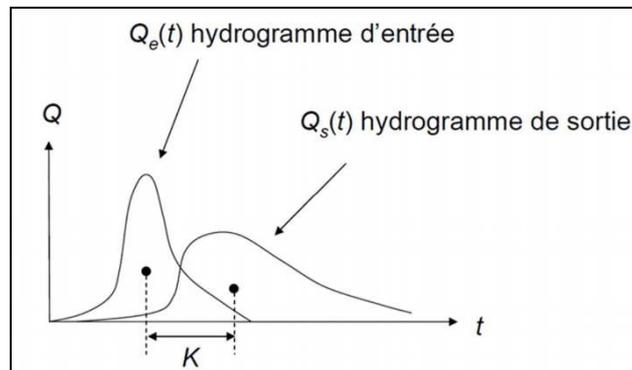
Ce modèle est très proche des modèles à réservoir. Il est utilisé pour représenter la fonction de transfert de la transformation pluie-débit. Ce modèle ne tient pas compte des influences en aval et est fréquemment utilisé pour modéliser le transport de la pluie dans des canalisations. Il peut également être utilisé pour modéliser le transfert des hydrogrammes au sein du milieu naturel.

Les équations régissant le modèle de Muskingum sont les suivantes :

$$\begin{cases} \frac{dV_s(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_s(t) & \text{loi de conservation des débits} \\ V_s(t) = K[\alpha Q_e(t) + (1 - \alpha) Q_s(t)] & \text{équation de stockage} \end{cases}$$

Le paramètre  $\alpha$  correspond au coefficient de pondération. Ses valeurs sont comprises entre 0 et 0,5. Néanmoins, dans la majorité des cours d'eau, sa valeur est comprise entre 0,1 et 0,3.

Le paramètre K est le temps de l'onde dans le bief :

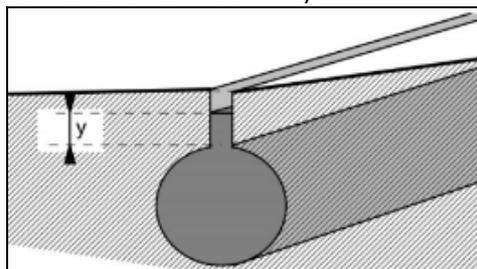


### Le modèle de Barré de Saint Venant :

Le modèle de Barré de Saint Venant (BSV) se base sur deux équations : une équation de continuité et une équation dynamique. Les équations de BSV sont destinées à traiter les écoulements à surface libre uniquement.

$$\begin{cases} U \frac{\partial S}{\partial x} + S \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial S}{\partial t} = q_l & \text{équation de continuité} \\ \frac{\partial U}{\partial t} + \alpha U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g(J_f - J_e) + (\varepsilon - 1) q_l \frac{U}{S} & \text{équation dynamique} \end{cases}$$

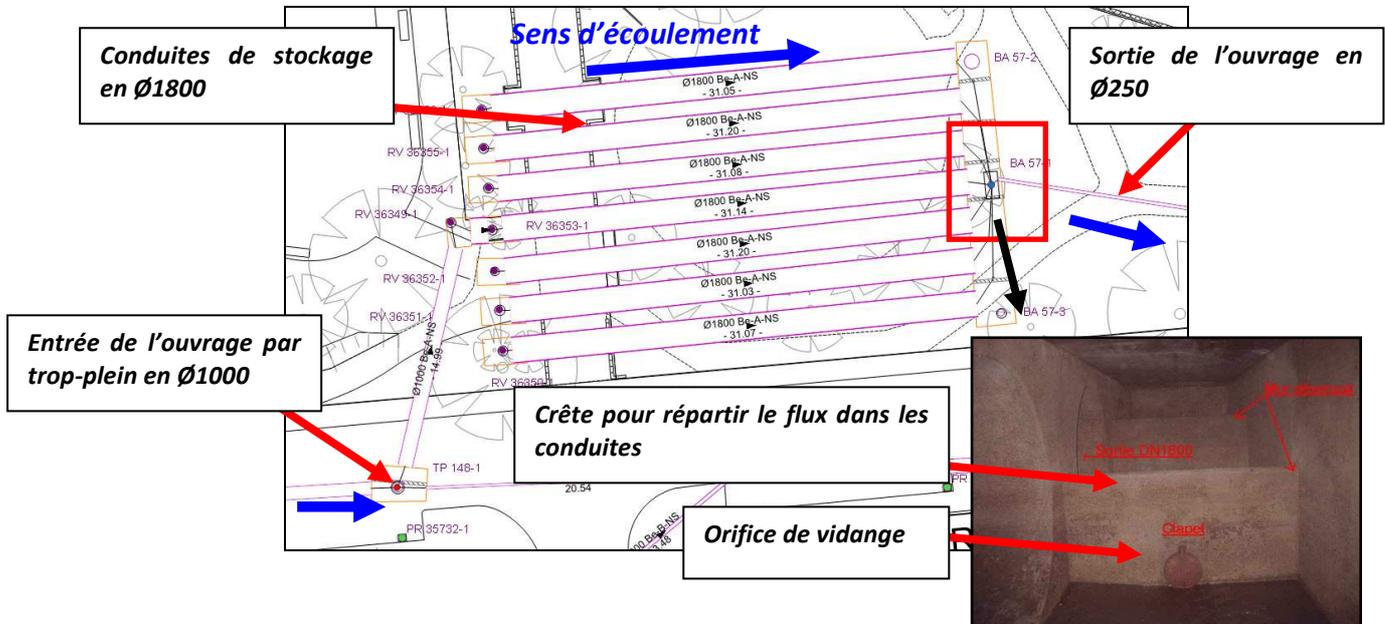
Pour le calcul des écoulements en charge, la méthode de Preissmann est utilisée. Cette méthode permet de quantifier et de délimiter les zones de mises en charge du réseau tout en utilisant la méthode de BSV (en effectuant un calcul à surface libre).



## Annexe 5 Méthodologie de modélisation des ouvrages particuliers

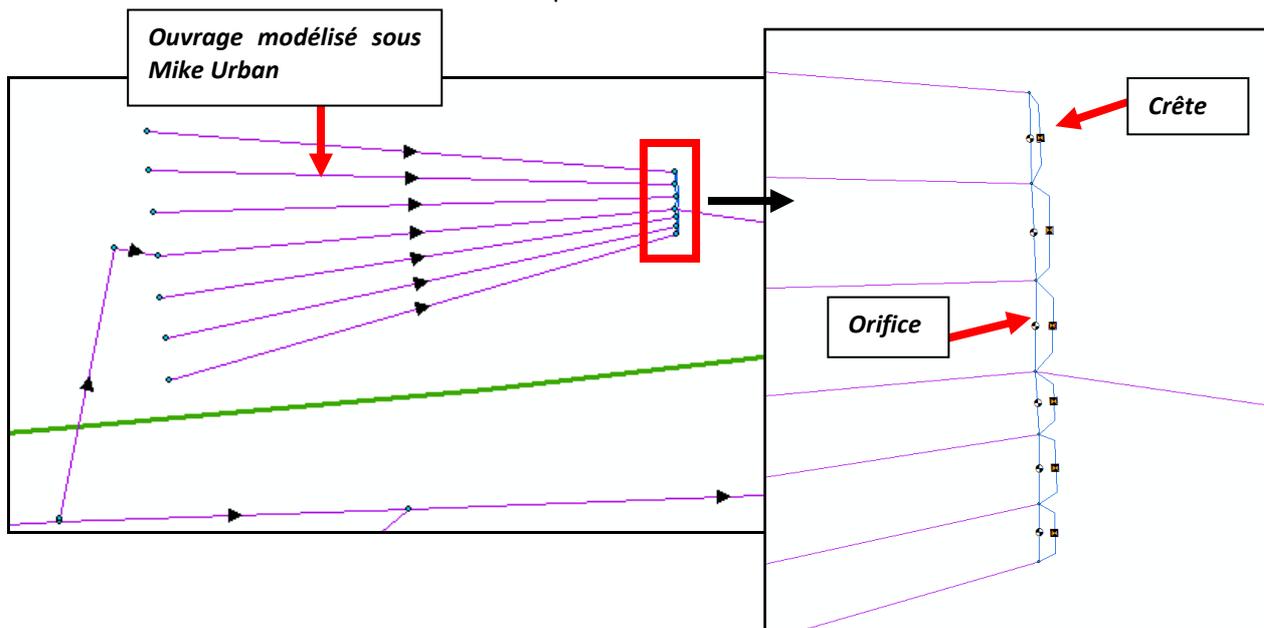
### 1. Les bassins d'orage BA56 et BA57 :

Les bassins d'orage BA56 et BA57 ont une architecture particulière constituée de conduites « surdimensionnées » permettant le stockage des effluents.



Pour modéliser ces deux ouvrages spéciaux, la procédure du schéma directeur d'assainissement a été suivie. Elle propose de s'inspirer du modèle général de l'Eurométropole dans lequel de nombreux ouvrages particuliers ont été dessinés.

Les ouvrages BA57 et BA56 ont été modélisés sous forme de conduites surdimensionnées conformément à leur architecture réelle. Les crêtes et orifices permettant la répartition du flux dans l'ouvrage ont également été dessinés. L'ensemble des côtes et diamètres renseignés dans le modèle sont conformes à la réalité et ont été vérifiés par une visite sur site en avril 2016.



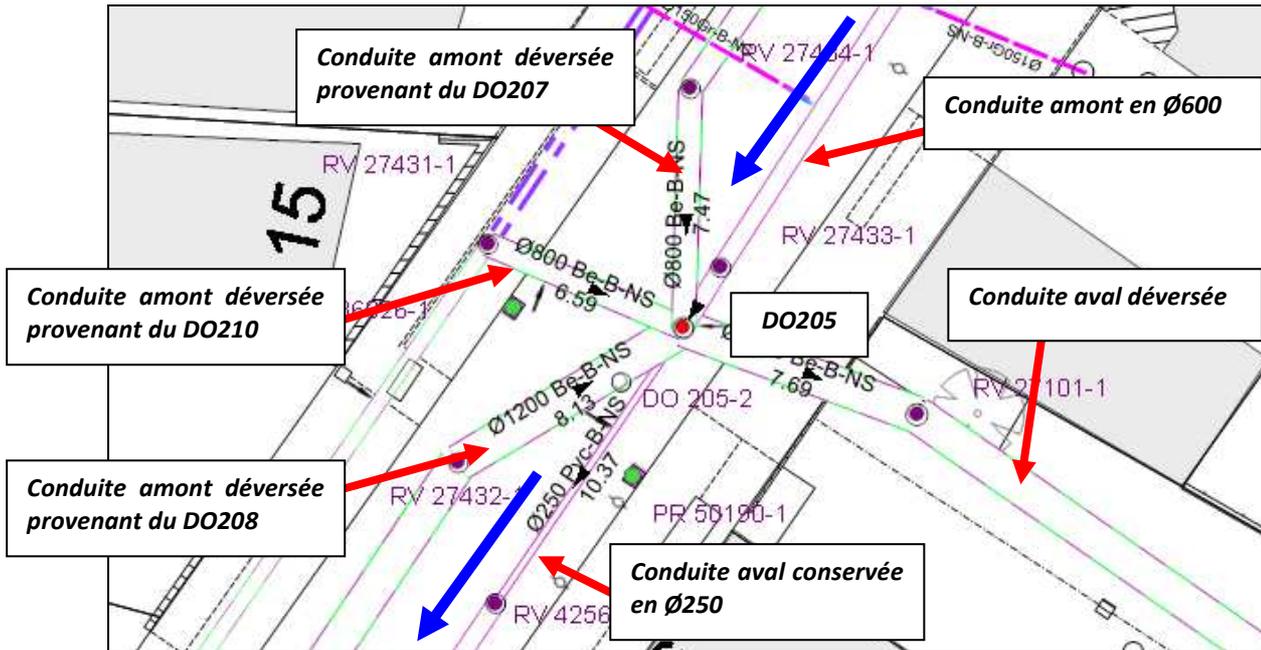
## 2. Le déversoir d'orage DO205 :



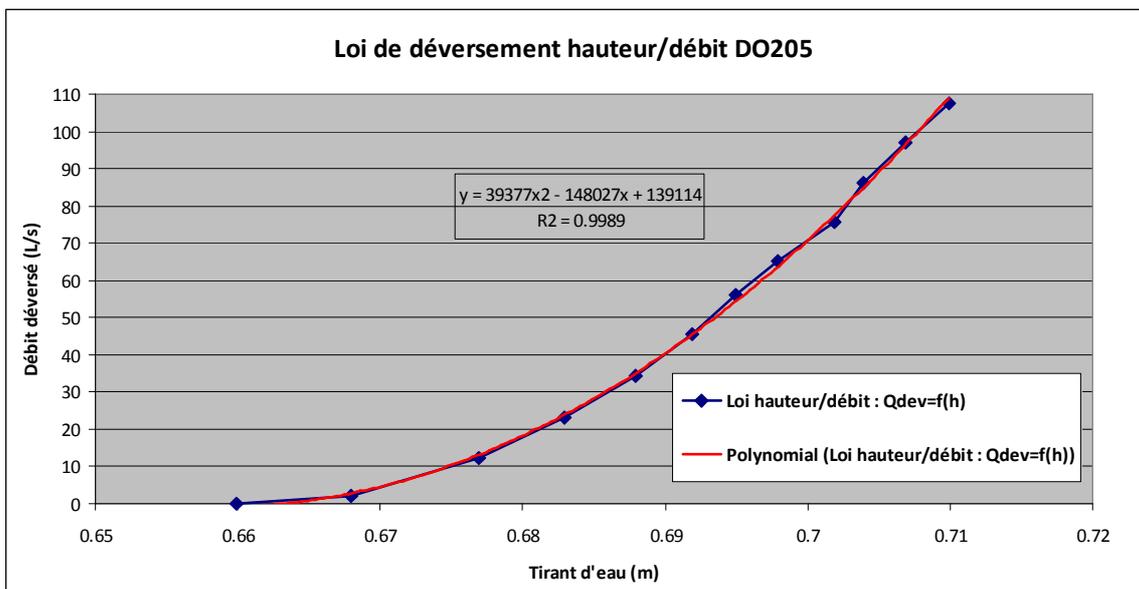
Le déversoir d'orage DO205 est un ouvrage particulier par lequel transite quatre conduites de déversement en partie inférieure et une conduite conservée surélevée en partie supérieure. Cet ouvrage comporte deux crêtes identiques qui bordent la conduite conservée.

Conduite conservée surélevée

Sens d'écoulement



Pour modéliser cet ouvrage, l'architecture du DO205 a été représentée à l'identique dans le modèle. Une seule crête a été dessinée, sa loi de déversement a été estimée avec le logiciel CalDO et est équivalente au fonctionnement des deux crêtes.



### 3. Les déversoirs d'orage DO198 et DO203 :

Ces deux ouvrages ont été modélisés en 3D et instrumentés dans le cadre de l'autosurveillance des déversoirs d'orage. Les lois de déversement estimées lors de la modélisation en 3D ont été prises en compte pour la modélisation de ces ouvrages sous Mike Urban :

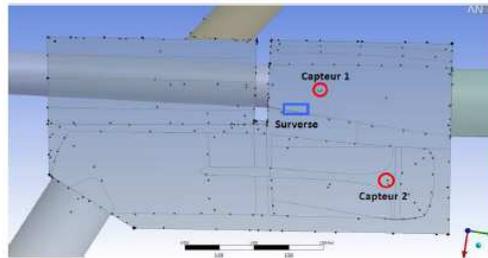
## DO 198 : Lampertheim

### ■ Description générale de l'ouvrage

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Code SANDRE :</b>                  | DO198  |
| <b>Localisation – adresse :</b>       | Rue de Mundolsheim - 67450 Lampertheim   |
| <b>Type de déversoir :</b>            | Déversoir latéral à crête basse – passage du flux conservé sous le déversement |
| <b>Equipement(s) particulier(s) :</b> | Non  |
| <b>Conduite(s) amont :</b>            | Une conduite : circulaire DN1000   |
| <b>Conduite(s) aval :</b>             | Une conduite : circulaire DN600  |

### ■ Mesure du débit

- Une mesure de hauteur au dessus du flux de temps sec (hauteur 1).
- Une seconde mesure juste après la crête pour surveiller les intrusions du milieu naturel (hauteur 2).
- Mesure toutes les 15 minutes en temps sec et toutes les 2 minutes en temps de pluie.



Une détection de surverse sur la partie aval de la crête de déversement.

### ■ Transfert des données

- Utilisation du GSM/GPRS pour un envoi journalier des mesures vers la base de données de L'Eurométropole de Strasbourg. Le logiciel d'exploitation des données utilisé est EVE'm.
- Vérification régulière de la cohérence des mesures en temps sec et en temps de pluie.

### ■ Installation des capteurs et mesures de la crête

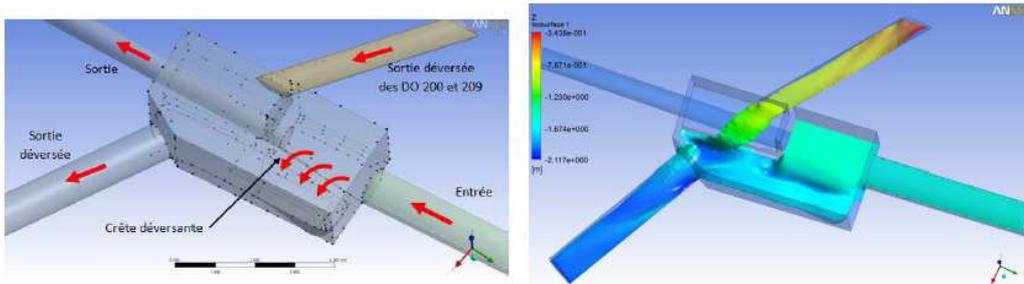


La hauteur au point le plus bas de la crête mesurée par le radar 1 est de 410 mm.  
La hauteur au point le plus bas de la crête mesurée par le radar 2 est de 490 mm.

### ■ Modélisation 3D

La modélisation 3D de l'ouvrage permet de déterminer une loi de déversement :

- Avec une incertitude plus faible,
- et qui garantira une instrumentation moins coûteuse financièrement et en temps d'entretien.



### ■ Loi de déversement ajustée après instrumentation

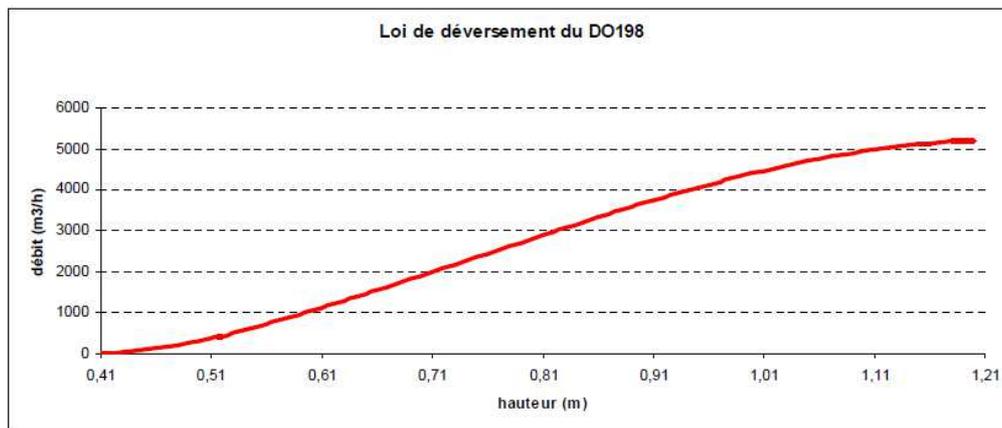
Le déversement se produit seulement si  $h_1 > h_2 - 0,08$

La loi de déversement pour des hauteurs supérieures à 0,516 m est :

$$Q_{dev}(m^3/h) = 3,6 \cdot (-7411,91 \times h_1^{1,5} + 12961,07 \times h_1^2 - 4326,51 \times h_1^3)$$

La loi de déversement pour des hauteurs comprises entre 0,41 et 0,516 m est :

$$Q_{dev}(m^3/h) = 11397,43 \cdot (h_1 - 0,41)^{3/2}$$



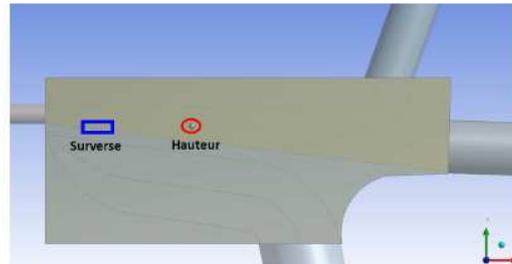
## DO 203 : Lampertheim

### ■ Description générale de l'ouvrage

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Code SANDRE :                  | DO203  |
| Localisation – adresse :       | Rue de la Souffel - 67450 Lampertheim                |
| Type de déversoir :            | Déversoir latéral à crête haute et frontal           |
| Équipement(s) particulier(s) : | Non  |
| Conduite(s) amont :            | Deux conduites : circulaire DN800 + circulaire DN700 |
| Conduite(s) aval :             | Une conduite : circulaire DN300                      |

### ■ Mesure du débit

- Une mesure de hauteur au dessus du flux de temps sec.
- Mesure toutes les 15 minutes en temps sec et toutes les 2 minutes en temps de pluie.



Une détection de surverse sur la partie aval de la crête de déversement.

### ■ Transfert des données

- Utilisation du GSM/GPRS pour un envoi journalier des mesures vers la base de données de L'Eurométropole de Strasbourg. Le logiciel d'exploitation des données utilisé est EVE'm.
- Vérification régulière de la cohérence des mesures en temps sec et en temps de pluie.

### ■ Installation des capteurs et mesures de la crête

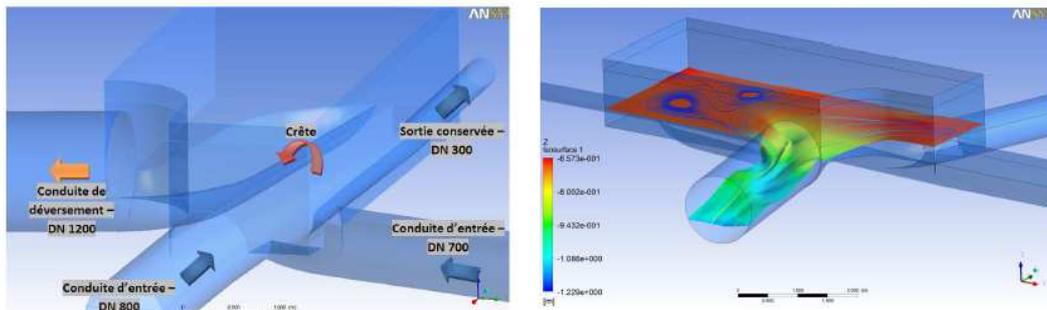


La hauteur au point le plus bas de la crête mesurée par le radar est de 505 mm.

### ▪ Modélisation 3D

La modélisation 3D de l'ouvrage permet de déterminer une loi de déversement :

- Avec une incertitude plus faible,
- et qui garantira une instrumentation moins coûteuse financièrement et en temps d'entretien.



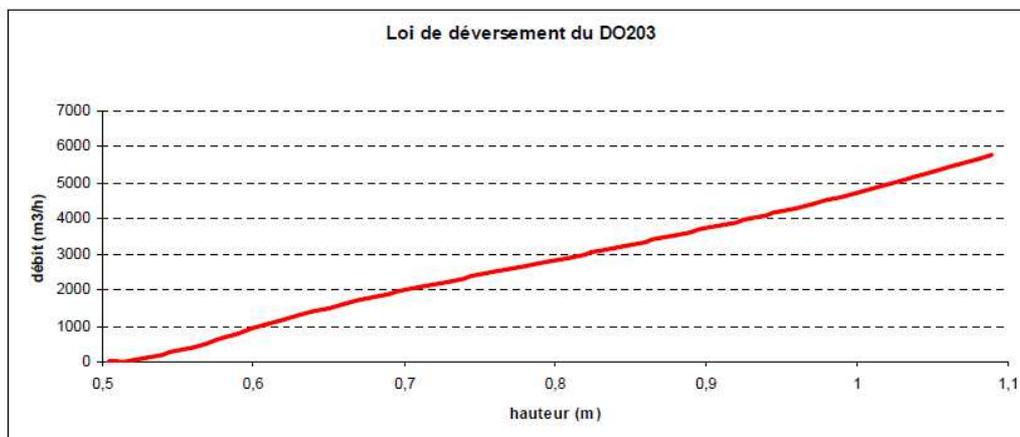
### ▪ Loi de déversement ajustée après instrumentation

La loi de déversement pour des hauteurs supérieures à 0,58 m est :

$$Q_{\text{dev}} (m^3 / h) = 3600 \left( 0,3656 + 0,9718 \times h^3 - \frac{0,0246}{h^5} \right)$$

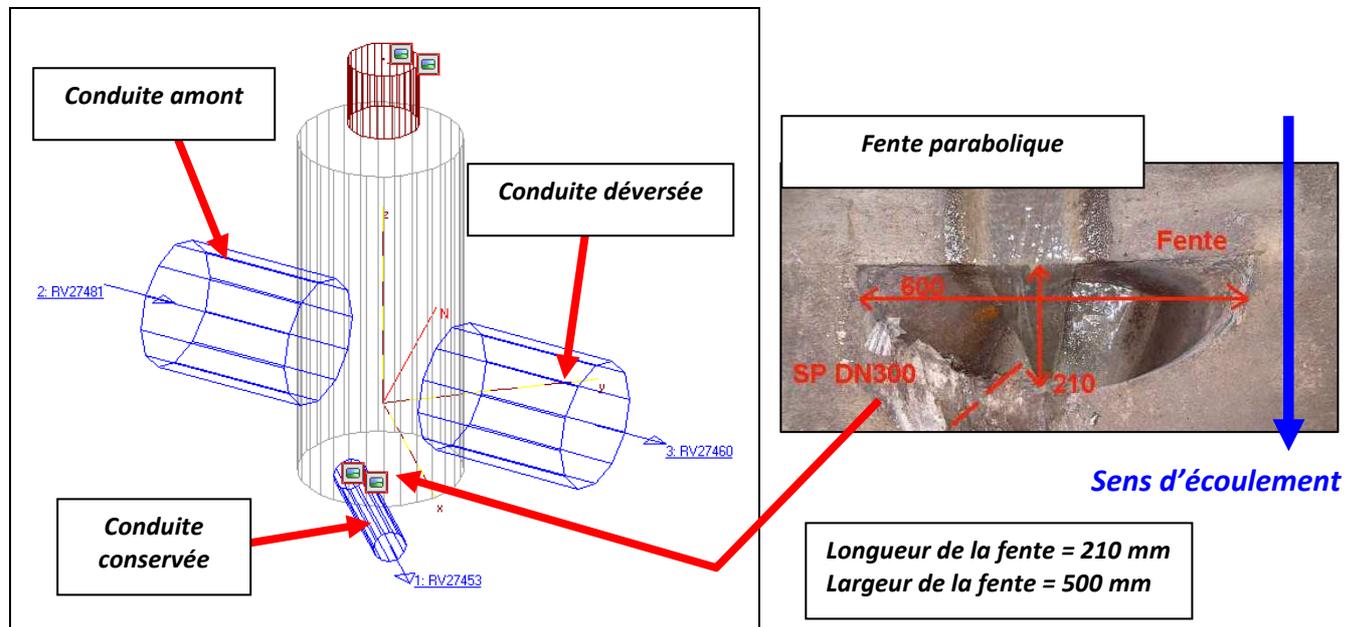
La loi de déversement pour des hauteurs comprises entre 0,505 et 0,58 m est :

$$Q_{\text{dev}} (m^3 / h) = 31621,32 \cdot (h - 0,505)^{3/2}$$



#### 4. Le déversoir d'orage DO208 :

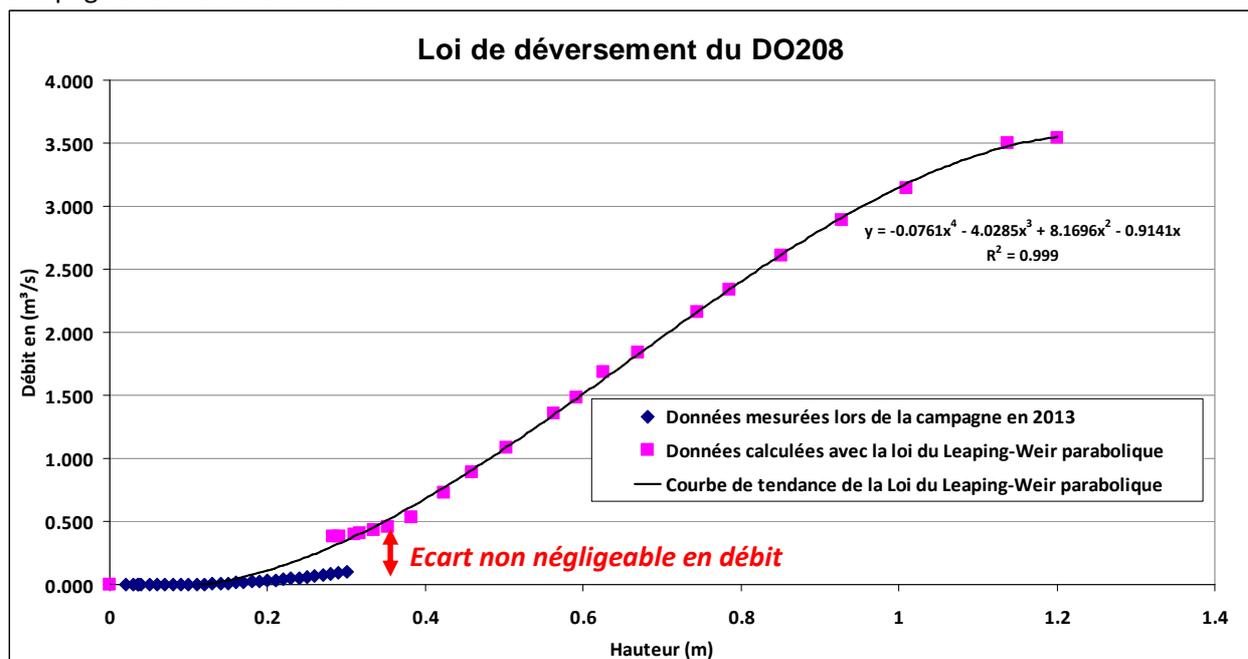
Le déversoir d'orage DO208 est un Leaping-Weir à fente parabolique. C'est le seul ouvrage de ce type sur l'ensemble du réseau de l'Eurométropole.



Plusieurs méthodes ont été envisagées pour modéliser le fonctionnement du DO208. D'abord, la modélisation de cet ouvrage comme un déversoir classique auquel est affectée une loi de déversement. Ensuite, la modélisation de la fente comme un orifice.

#### ❖ Calcul de la loi de déversement du Leaping-Weir :

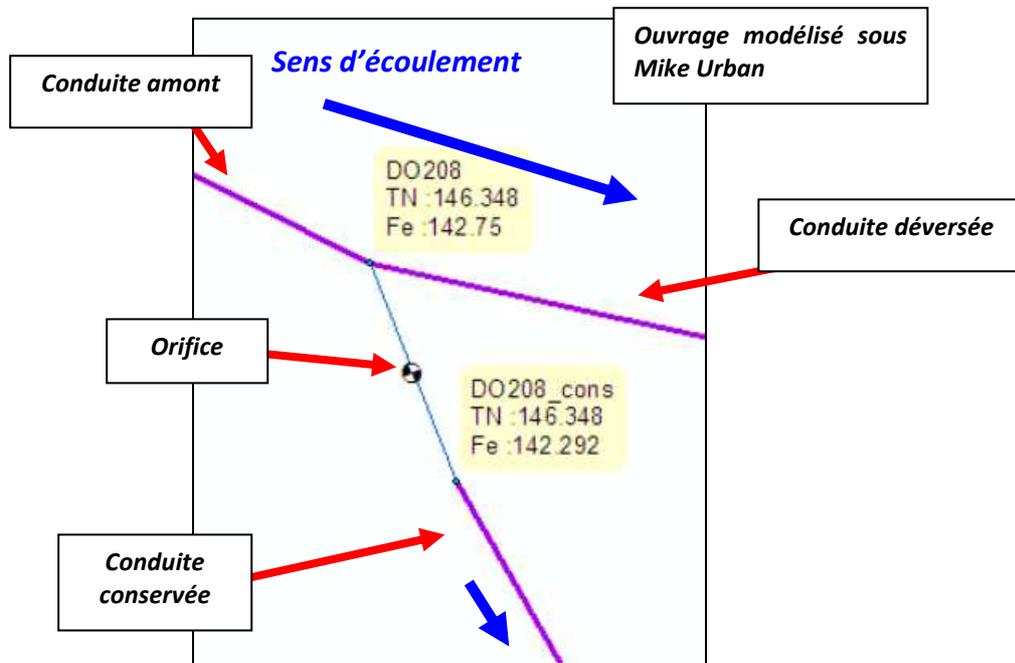
D'abord, une loi de déversement hauteur-débit a été créée à partir de la loi relative aux Leaping-Weir paraboliques [27]. Cette loi a ensuite été comparée aux mesures effectuées dans le DO208 lors de la campagne de mesures en 2013.



Le résultat de cette comparaison démontre que cette loi n'est pas utilisable pour ce Leaping-Weir car l'écart des deux courbes en matière de débit est trop important. Si l'on utilise cette loi dans le modèle, les débits déversés seront largement surestimés par rapport à la réalité.

❖ Modélisation de l'ouvrage avec un orifice :

La modélisation de la fente de l'ouvrage avec un orifice a été proposée par DHI et la spécialiste modélisation de l'Eurométropole. L'orifice a été représenté dans Mike Urban au fond de la conduite principale et avec la même section de passage que dans la réalité.



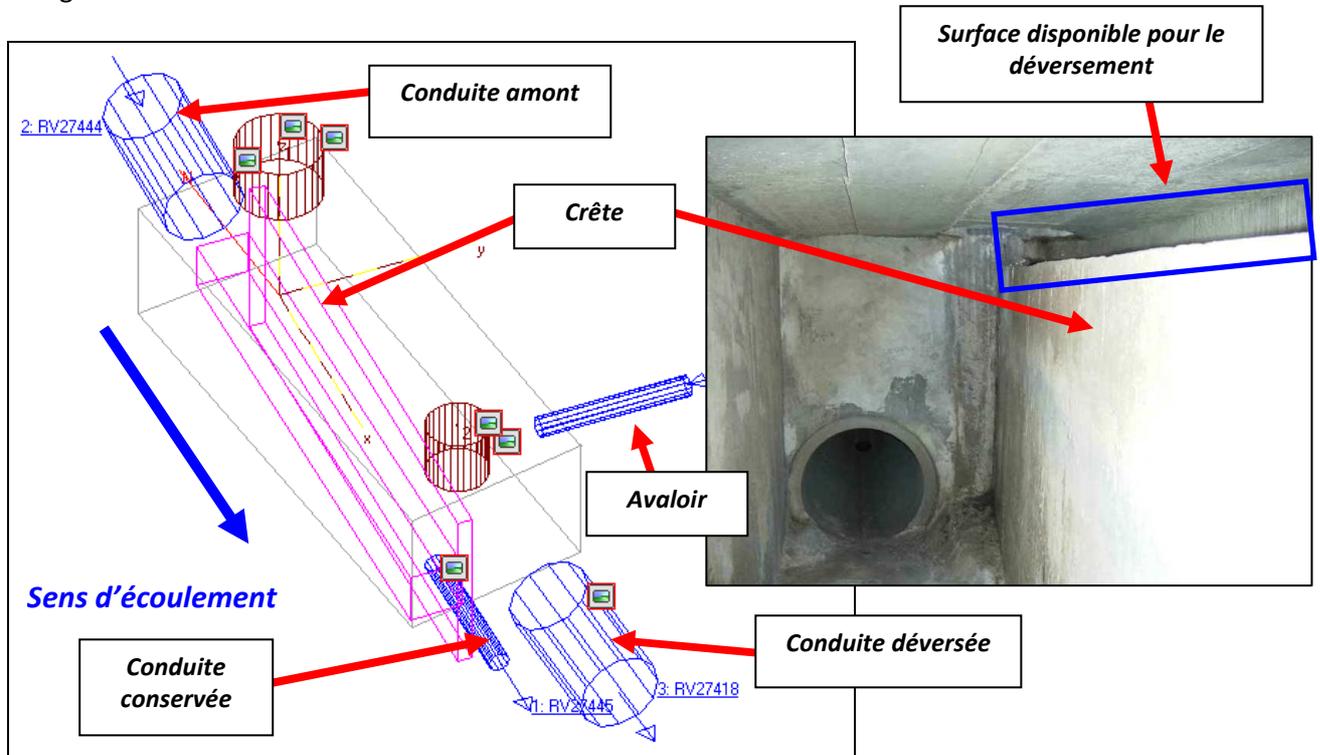
Au départ, ce mode de construction semblait être une bonne solution pour modéliser le Leaping-Weir. Cependant, lors du calage, il s'est avéré que la construction du Leaping-Weir est hydrauliquement « fausse ». En effet, pour caler le modèle, il a été nécessaire d'augmenter le coefficient d'orifice (jusqu'à la valeur 4) de manière à augmenter le débit conservé dans le réseau. Or, un coefficient d'orifice doit être compris entre 0 et 1 pour être hydrauliquement viable.

❖ Résultats :

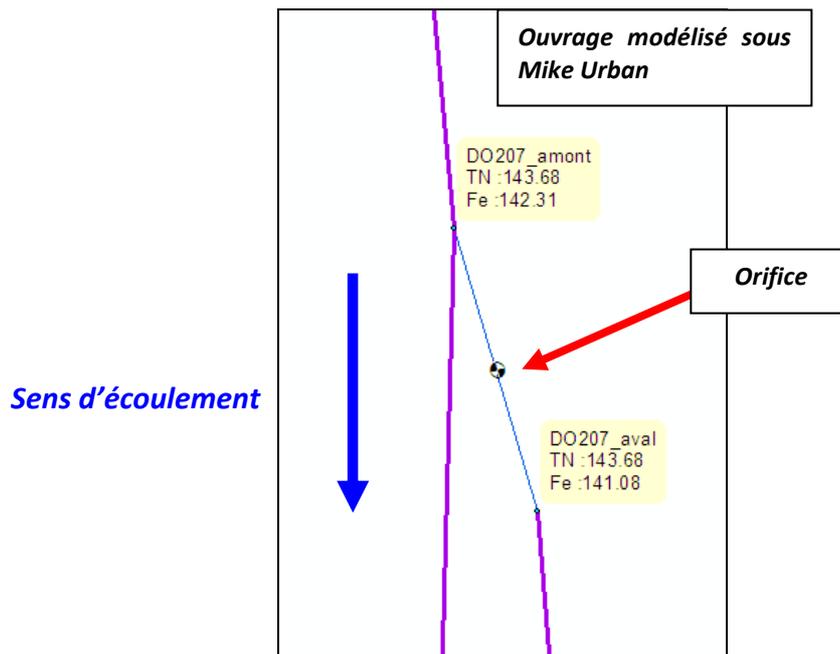
Aucune de ces méthodes ne permet de modéliser correctement le fonctionnement du DO208. Cependant, n'ayant pas trouvé de meilleure solution à ce jour, la construction du DO208 avec l'orifice a été conservée. Il conviendra de trouver une solution viable pour modéliser cet ouvrage et ajuster le calage du modèle en conséquence.

### 5. Le déversoir d'orage DO207 :

Le déversoir d'orage DO207 est un ouvrage à crête latérale haute. Sa crête mesure 1,72 mètre et le plafond de l'ouvrage est seulement 33 cm au dessus de celle-ci. La faible surface disponible pour le déversement des eaux constitue une contrainte qui, comme un orifice, peut engendrer une mise en charge amont.

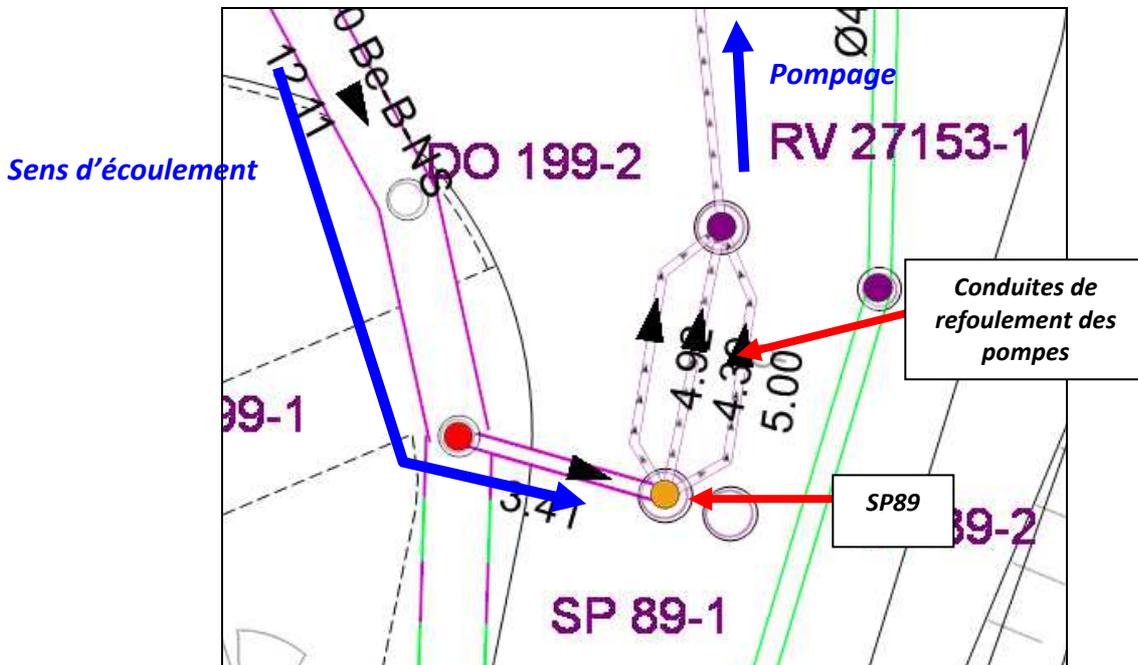


Cet ouvrage a été modélisé sous forme d'un orifice dont la section de passage correspond à la section réelle de déversement dans l'ouvrage. Cette méthode de modélisation permet de représenter dans Mike Urban la contrainte engendrée par la limitation de la section de passage du flux.

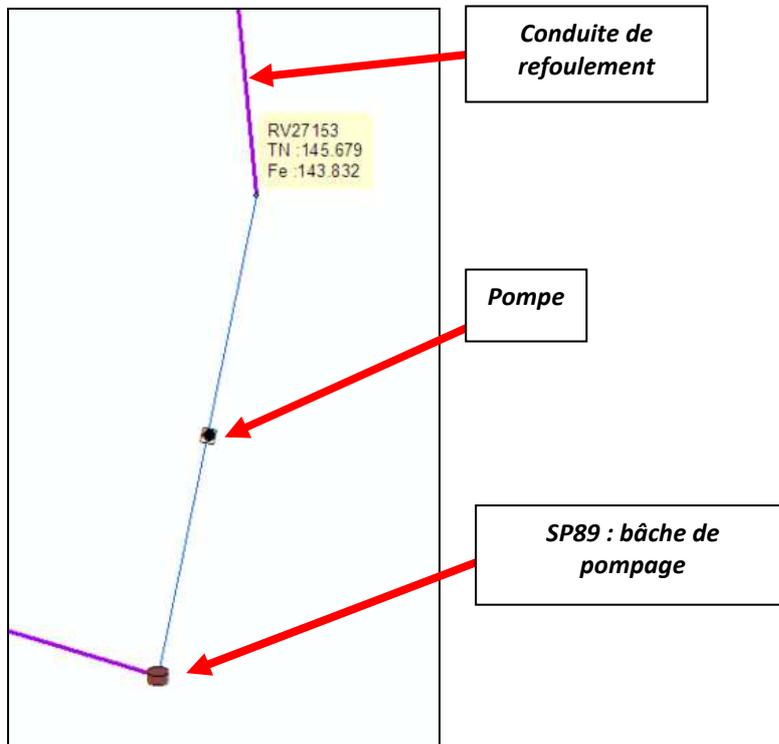


## 6. La station de pompage SP89 :

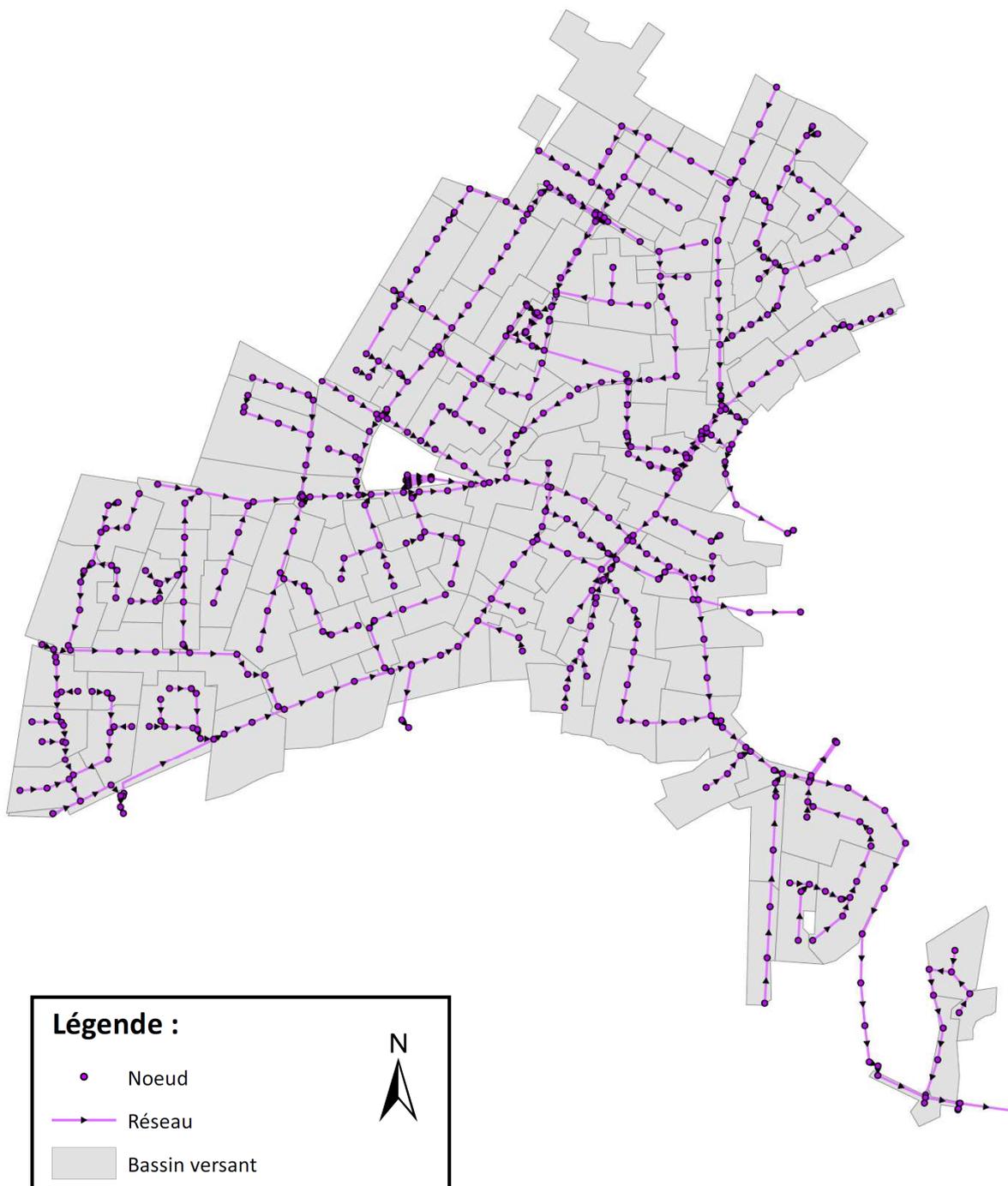
La station de pompage SP89 est un ouvrage composé d'une bache de 18 m<sup>3</sup> et de deux pompes d'une capacité de 40 m<sup>3</sup>/h qui fonctionnent en alternance.



Pour modéliser cet ouvrage, un bassin a été créé. Il possède les caractéristiques géométriques de la bache de pompage. De plus, une pompe a été dessinée dans Mike Urban. Elle possède les mêmes caractéristiques que dans la réalité. Il n'est pas nécessaire de créer deux pompes dans le modèle car il n'y a pas de fonctionnement en parallèle.



## Annexe 6    Cartographie du découpage des bassins versants



## Annexe 7

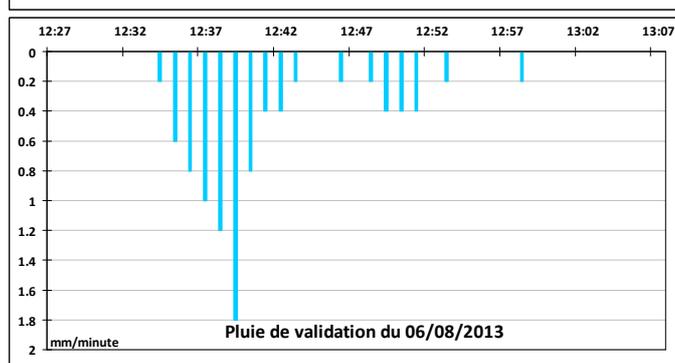
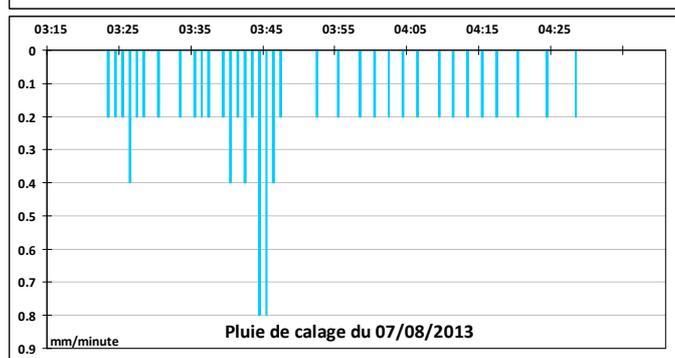
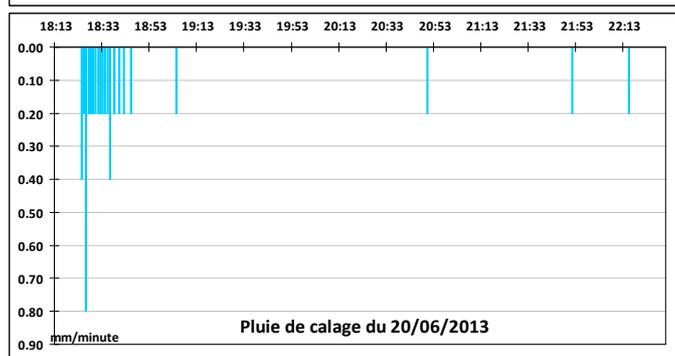
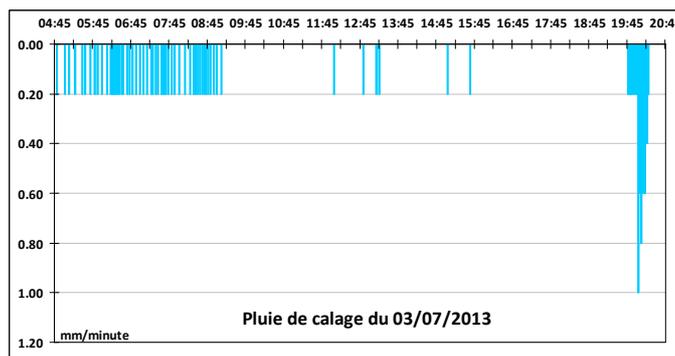
## Paramètres des bassins versants avant et après calage

|            |            | Surface<br>(Ha) | Longueur<br>(m) | Pente<br>(‰) | Nombre<br>d'EH | Pertes<br>initiales<br>(mm) | Modèle initial non calé                 |          | Modèle calé                             |          |
|------------|------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|-----------------------------|---|----------|---|----------|
|            |            |                 |                 |              |                |                             | Coefficient<br>d'impermé<br>abilisation | Lag time | Coefficient<br>d'impermé<br>abilisation | Lag time |
| DO201      | BV_LD19    | 1,30            | 132,2           | 1,5          | 61             | 1,0                         | 29,98                                   | 34,00    | 26,98                                   | 27,20    |
|            | BV_RV27068 | 1,48            | 90,9            | 81,8         | 68             | 0,5                         | 46,07                                   | 4,33     | 36,85                                   | 3,46     |
|            | BV_RV27077 | 0,86            | 111,7           | 0,3          | 45             | 2,0                         | 36,38                                   | 5,58     | 29,10                                   | 4,46     |
|            | BV_RV27117 | 0,52            | 103,4           | 56,4         | 32             | 0,5                         | 43,66                                   | 4,85     | 34,93                                   | 3,88     |
|            | BV_RV27125 | 0,77            | 72,4            | 15,8         | 41             | 0,5                         | 39,50                                   | 20,50    | 35,55                                   | 16,40    |
|            | BV_RV27137 | 0,86            | 110,4           | 18,1         | 45             | 0,5                         | 40,84                                   | 21,38    | 36,76                                   | 17,10    |
|            | BV_RV27143 | 0,66            | 55,5            | 29,0         | 38             | 0,5                         | 36,44                                   | 18,25    | 32,79                                   | 14,60    |
|            | BV_RV27150 | 0,37            | 34,8            | 11,5         | 27             | 0,5                         | 34,39                                   | 14,25    | 30,95                                   | 11,40    |
|            | BV_RV27151 | 0,72            | 68,5            | 75,6         | 40             | 0,5                         | 34,09                                   | 21,38    | 30,68                                   | 17,10    |
|            | BV_RV27160 | 0,35            | 59,0            | 12,3         | 26             | 0,5                         | 43,93                                   | 1,93     | 35,14                                   | 1,54     |
|            | BV_RV27172 | 1,24            | 57,8            | 4,1          | 59             | 0,5                         | 33,09                                   | 1,48     | 26,47                                   | 1,18     |
|            | BV_RV27183 | 1,02            | 108,0           | 8,6          | 51             | 0,5                         | 37,44                                   | 5,38     | 29,95                                   | 4,30     |
|            | BV_RV27199 | 0,77            | 102,7           | 28,9         | 41             | 0,5                         | 40,56                                   | 4,70     | 32,45                                   | 3,76     |
|            | BV_RV27308 | 0,57            | 64,5            | 5,2          | 34             | 0,5                         | 39,02                                   | 2,03     | 31,22                                   | 1,62     |
|            | BV_RV27329 | 0,79            | 22,2            | 3,1          | 42             | 0,5                         | 35,25                                   | 1,25     | 28,20                                   | 1,00     |
| BV_RV39039 | 1,23       | 77,3            | 0,6             | 58           | 2,0            | 34,01                       | 23,00                                   | 30,61    | 18,40                                   |          |
| BV_RV39042 | 0,45       | 43,9            | 7,0             | 30           | 0,5            | 42,74                       | 7,00                                    | 38,47    | 5,60                                    |          |
| DO205      | BV_LD30    | 0,46            | 81,1            | 16,1         | 15             | 0,5                         | 41,16                                   | 17,30    | 28,81                                   | 8,65     |
|            | BV_RV27102 | 0,69            | 62,5            | 2,2          | 23             | 1,0                         | 50,30                                   | 11,80    | 35,21                                   | 5,90     |
|            | BV_RV27272 | 0,51            | 63,6            | 83,2         | 17             | 0,5                         | 36,76                                   | 15,80    | 25,73                                   | 7,90     |
|            | BV_RV27395 | 0,47            | 48,2            | 13,6         | 15             | 0,5                         | 30,97                                   | 14,60    | 21,68                                   | 7,30     |
|            | BV_RV27400 | 0,71            | 56,7            | 3,4          | 23             | 0,5                         | 40,88                                   | 13,90    | 28,62                                   | 6,95     |
|            | BV_RV27423 | 0,48            | 62,5            | 51,7         | 16             | 0,5                         | 34,53                                   | 16,10    | 24,17                                   | 8,05     |
|            | BV_RV27433 | 0,72            | 55,1            | 6,0          | 23             | 0,5                         | 45,92                                   | 12,90    | 32,14                                   | 6,45     |
|            | BV_RV27444 | 0,30            | 62,9            | 43,9         | 10             | 0,5                         | 63,13                                   | 11,90    | 44,19                                   | 5,95     |
|            | BV_RV27447 | 0,33            | 65,1            | 41,3         | 11             | 0,5                         | 65,57                                   | 11,90    | 45,90                                   | 5,95     |
|            | BV_RV27495 | 0,83            | 74,8            | 2,6          | 27             | 1,0                         | 31,91                                   | 6,30     | 22,33                                   | 3,15     |
|            | BV_RV27498 | 0,65            | 60,5            | 2,2          | 21             | 1,0                         | 32,32                                   | 10,00    | 22,62                                   | 5,00     |
|            | BV_RV27499 | 0,59            | 46,9            | 1,6          | 19             | 1,0                         | 33,30                                   | 13,80    | 23,31                                   | 6,90     |
|            | BV_RV27506 | 0,44            | 38,6            | 3,9          | 14             | 0,5                         | 36,62                                   | 5,80     | 25,63                                   | 2,90     |
|            | BV_RV27508 | 0,34            | 31,5            | 21,5         | 11             | 0,5                         | 29,52                                   | 11,60    | 20,67                                   | 5,80     |
|            | BV_RV27510 | 0,51            | 56,6            | 1,9          | 17             | 1,0                         | 33,74                                   | 8,30     | 23,61                                   | 4,15     |
| BV_RV27511 | 0,53       | 88,9            | 48,6            | 17           | 0,5            | 52,09                       | 16,20                                   | 36,46    | 8,10                                    |          |
| DO208      | BV_BA54    | 0,58            | 62,0            | 0,2          | 0              | 2,0                         | 10,15                                   | 10,83    | 20,00                                   | 6,50     |
|            | BV_RV27061 | 0,17            | 76,1            | 5,7          | 0              | 0,5                         | 10,00                                   | 18,00    | 20,00                                   | 10,80    |
|            | BV_RV27106 | 0,22            | 64,3            | 0,2          | 0              | 2,0                         | 10,00                                   | 16,33    | 20,00                                   | 9,80     |
|            | BV_RV27114 | 0,82            | 74,5            | 26,7         | 24             | 0,5                         | 43,24                                   | 10,60    | 34,59                                   | 6,36     |
|            | BV_RV27222 | 0,69            | 63,5            | 8,3          | 20             | 0,5                         | 65,60                                   | 4,13     | 52,48                                   | 2,48     |
|            | BV_RV27257 | 0,42            | 50,9            | 3,6          | 12             | 0,5                         | 42,90                                   | 8,53     | 34,66                                   | 5,12     |
|            | BV_RV27263 | 1,10            | 85,2            | 4,9          | 32             | 0,5                         | 43,33                                   | 4,80     | 30,77                                   | 2,88     |
|            | BV_RV27264 | 0,59            | 94,1            | 27,8         | 17             | 0,5                         | 38,47                                   | 9,47     | 34,22                                   | 5,68     |
|            | BV_RV27270 | 0,47            | 48,9            | 9,9          | 14             | 0,5                         | 42,78                                   | 8,80     | 34,60                                   | 5,28     |
|            | BV_RV27284 | 0,75            | 91,7            | 55,0         | 22             | 0,5                         | 40,95                                   | 12,40    | 32,76                                   | 7,44     |
|            | BV_RV27322 | 1,18            | 84,0            | 25,2         | 34             | 0,5                         | 39,46                                   | 12,47    | 31,57                                   | 7,48     |
|            | BV_RV27459 | 0,81            | 77,1            | 18,8         | 23             | 0,5                         | 46,80                                   | 5,07     | 37,44                                   | 3,04     |
|            | BV_RV27472 | 1,16            | 94,8            | 1,2          | 18             | 2,0                         | 27,95                                   | 4,40     | 22,36                                   | 2,64     |
|            | BV_RV27475 | 0,92            | 58,0            | 56,7         | 27             | 0,5                         | 40,77                                   | 8,80     | 32,62                                   | 5,28     |
|            | BV_RV27488 | 0,72            | 93,9            | 14,0         | 21             | 0,5                         | 37,47                                   | 13,20    | 29,97                                   | 7,92     |
|            | BV_RV27489 | 0,78            | 67,6            | 31,9         | 22             | 0,5                         | 33,67                                   | 11,40    | 26,94                                   | 6,84     |
|            | BV_RV27504 | 0,58            | 41,1            | 11,8         | 17             | 0,5                         | 41,70                                   | 7,53     | 33,36                                   | 4,52     |
|            | BV_RV27513 | 0,40            | 32,1            | 15,5         | 12             | 0,5                         | 35,68                                   | 7,07     | 28,54                                   | 4,24     |
|            | BV_RV27514 | 0,60            | 46,9            | 43,2         | 17             | 0,5                         | 37,78                                   | 9,33     | 30,22                                   | 5,60     |
|            | BV_RV27515 | 0,60            | 74,0            | 43,5         | 17             | 0,5                         | 40,16                                   | 10,93    | 32,13                                   | 6,56     |
| BV_RV27516 | 0,59       | 74,3            | 23,4            | 17           | 0,5            | 46,95                       | 10,20                                   | 37,56    | 6,12                                    |          |
| BV_RV27520 | 1,41       | 134,7           | 8,1             | 41           | 0,5            | 38,21                       | 7,27                                    | 30,56    | 4,36                                    |          |
| BV_RV27523 | 0,49       | 66,8            | 63,2            | 14           | 0,5            | 42,60                       | 10,07                                   | 34,08    | 6,04                                    |          |
| BV_RV27279 | 0,38       | 37,6            | 0,4             | 11           | 2,0            | 43,25                       | 6,67                                    | 41,52    | 4,00                                    |          |
| BV_RV27249 | 0,02       | 35,0            | 26,7            | 0            | 0,5            | 31,09                       | 26,50                                   | 100,00   | 15,90                                   |          |
| BV_RV27215 | 0,05       | 60,0            | 23,4            | 0            | 0,5            | 51,87                       | 25,50                                   | 100,00   | 15,30                                   |          |

|            |            |              |              |            |             |                       | Modèle initial non calé          |          | Modèle calé                      |          |
|------------|------------|--------------|--------------|------------|-------------|-----------------------|----------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
|            |            | Surface (Ha) | Longueur (m) | Pente (%0) | Nombre d'EH | Pertes initiales (mm) | Coefficient d'imperméabilisation | Lag time | Coefficient d'imperméabilisation | Lag time |
| DO198      | BV_RV27096 | 0,55         | 62,2         | 4,2        | 17          | 0,5                   | 63,27                            | 7,87     | 44,29                            | 4,72     |
|            | BV_RV27192 | 0,80         | 102,0        | 5,9        | 24          | 0,5                   | 47,26                            | 12,27    | 33,08                            | 7,36     |
|            | BV_RV27211 | 0,84         | 88,1         | 14,8       | 25          | 0,5                   | 51,87                            | 10,53    | 36,31                            | 6,32     |
|            | BV_RV27220 | 0,46         | 45,6         | 52,4       | 14          | 0,5                   | 29,76                            | 9,60     | 20,83                            | 5,76     |
|            | BV_RV27229 | 0,50         | 43,2         | 23,3       | 15          | 0,5                   | 54,39                            | 6,80     | 38,07                            | 4,08     |
|            | BV_RV27232 | 0,70         | 46,5         | 2,5        | 21          | 1,0                   | 31,09                            | 2,33     | 21,77                            | 1,40     |
|            | BV_RV27250 | 0,53         | 57,3         | 20,3       | 16          | 0,5                   | 35,55                            | 9,93     | 24,88                            | 5,96     |
|            | BV_RV27255 | 0,60         | 34,1         | 13,3       | 18          | 0,5                   | 25,20                            | 2,80     | 17,64                            | 1,68     |
|            | BV_RV27265 | 0,43         | 52,5         | 9,4        | 13          | 0,5                   | 47,03                            | 5,07     | 32,92                            | 3,04     |
|            | BV_RV27269 | 0,27         | 31,8         | 64,2       | 8           | 0,5                   | 51,85                            | 5,47     | 36,29                            | 3,28     |
|            | BV_RV27274 | 0,60         | 35,4         | 42,0       | 18          | 0,5                   | 41,10                            | 6,53     | 28,77                            | 3,92     |
|            | BV_RV27277 | 0,97         | 80,4         | 8,4        | 29          | 0,5                   | 52,12                            | 10,13    | 36,48                            | 6,08     |
|            | BV_RV27280 | 0,59         | 29,5         | 16,7       | 18          | 0,5                   | 44,89                            | 4,53     | 31,43                            | 2,72     |
|            | BV_RV27288 | 1,12         | 73,8         | 15,4       | 34          | 0,5                   | 41,76                            | 10,00    | 29,24                            | 6,00     |
|            | BV_RV27290 | 0,89         | 62,8         | 5,8        | 27          | 0,5                   | 36,72                            | 10,40    | 25,70                            | 6,24     |
|            | BV_RV27291 | 0,48         | 68,7         | 14,1       | 14          | 0,5                   | 47,56                            | 9,67     | 33,29                            | 5,80     |
|            | BV_RV27297 | 0,48         | 62,4         | 68,4       | 15          | 0,5                   | 36,90                            | 10,07    | 25,83                            | 6,04     |
|            | BV_RV27436 | 1,24         | 92,9         | 6,2        | 37          | 0,5                   | 46,13                            | 11,67    | 32,29                            | 7,00     |
|            | BV_RV27449 | 1,11         | 85,3         | 43,7       | 34          | 0,5                   | 38,47                            | 12,20    | 26,93                            | 7,32     |
|            | BV_RV27452 | 1,31         | 98,7         | 3,0        | 39          | 0,5                   | 53,76                            | 3,20     | 37,63                            | 1,92     |
|            | BV_RV27466 | 1,28         | 75,6         | 23,9       | 39          | 0,5                   | 42,09                            | 0,80     | 29,46                            | 0,48     |
|            | BV_RV27470 | 0,74         | 95,2         | 16,0       | 22          | 0,5                   | 45,98                            | 6,40     | 32,19                            | 3,84     |
|            | BV_RV27491 | 0,95         | 95,6         | 18,9       | 29          | 0,5                   | 54,14                            | 11,00    | 37,89                            | 6,60     |
|            | BV_RV27494 | 0,62         | 78,0         | 25,8       | 19          | 0,5                   | 50,69                            | 3,00     | 35,49                            | 1,80     |
|            | BV_RV27262 | 0,55         | 31,5         | 9,6        | 17          | 0,5                   | 38,03                            | 6,53     | 26,62                            | 3,92     |
|            | BV_RV27066 | 0,58         | 36,1         | 41,8       | 17          | 0,5                   | 31,96                            | 2,40     | 22,37                            | 1,44     |
|            | BV_RV27076 | 0,61         | 88,3         | 16,4       | 18          | 0,5                   | 52,37                            | 10,53    | 36,66                            | 6,32     |
|            | BV_RV27156 | 0,52         | 56,0         | 25,9       | 16          | 0,5                   | 39,55                            | 9,40     | 27,69                            | 5,64     |
|            | BV_RV27158 | 0,49         | 39,6         | 57,6       | 15          | 0,5                   | 33,57                            | 8,27     | 23,50                            | 4,96     |
|            | BV_RV27161 | 0,57         | 84,8         | 13,4       | 17          | 0,5                   | 42,69                            | 11,60    | 29,88                            | 6,96     |
|            | BV_RV27164 | 0,53         | 91,2         | 5,6        | 16          | 0,5                   | 41,89                            | 12,27    | 29,32                            | 7,36     |
|            | BV_RV27165 | 0,53         | 82,0         | 55,3       | 16          | 0,5                   | 58,45                            | 9,67     | 40,92                            | 5,80     |
|            | BV_RV27169 | 0,57         | 49,2         | 11,8       | 17          | 0,5                   | 31,14                            | 9,80     | 21,80                            | 5,88     |
|            | BV_RV27173 | 0,85         | 74,3         | 16,1       | 26          | 0,5                   | 38,50                            | 5,40     | 26,95                            | 3,24     |
| BV_RV27178 | 0,79       | 77,7         | 39,5         | 24         | 0,5         | 37,89                 | 10,80                            | 26,52    | 6,48                             |          |
| BV_RV27184 | 0,71       | 58,5         | 17,8         | 21         | 0,5         | 29,77                 | 2,33                             | 20,84    | 1,40                             |          |
| BV_RV27186 | 0,38       | 59,4         | 24,6         | 12         | 0,5         | 46,60                 | 8,93                             | 32,62    | 5,36                             |          |
| BV_RV27194 | 0,39       | 82,2         | 35,2         | 12         | 0,5         | 50,40                 | 10,47                            | 35,28    | 6,28                             |          |
| BV_RV27198 | 0,96       | 59,1         | 32,2         | 118        | 0,5         | 40,60                 | 11,87                            | 28,42    | 7,12                             |          |
| BV_RV27324 | 0,47       | 37,0         | 66,1         | 14         | 0,5         | 40,60                 | 7,20                             | 28,42    | 4,32                             |          |
| BV_RV27328 | 0,68       | 38,9         | 15,3         | 20         | 0,5         | 45,26                 | 7,73                             | 31,68    | 4,64                             |          |
| BV_RV34933 | 0,70       | 92,5         | 4,7          | 21         | 0,5         | 37,38                 | 13,00                            | 26,16    | 7,80                             |          |
| BV_RV34934 | 1,42       | 104,9        | 4,0          | 181        | 0,5         | 42,41                 | 13,07                            | 29,69    | 7,84                             |          |
| DO203      | BV_RV27095 | 1,06         | 70,3         | 7,5        | 32          | 0,5                   | 50,05                            | 9,47     | 35,04                            | 5,68     |
|            | BV_RV27406 | 0,36         | 59,9         | 0,2        | 11          | 2,0                   | 70,62                            | 3,93     | 49,43                            | 2,36     |
|            | BV_RV27415 | 0,67         | 116,0        | 16,8       | 20          | 0,5                   | 59,06                            | 11,87    | 41,34                            | 7,12     |
|            | BV_RV27424 | 0,81         | 41,6         | 7,3        | 24          | 0,5                   | 28,86                            | 11,53    | 20,20                            | 6,92     |
|            | BV_RV27435 | 0,81         | 49,0         | 11,6       | 24          | 0,5                   | 45,25                            | 7,87     | 31,67                            | 4,72     |
|            | BV_RV27437 | 0,74         | 43,2         | 11,1       | 22          | 0,5                   | 44,95                            | 7,47     | 31,46                            | 4,48     |
|            | BV_RV27450 | 1,27         | 128,0        | 26,3       | 38          | 0,5                   | 41,61                            | 2,87     | 29,13                            | 1,72     |
|            | BV-RV27404 | 0,67         | 125,6        | 18,1       | 20          | 0,5                   | 54,82                            | 11,53    | 38,37                            | 6,92     |
|            | BV_RV27384 | 1,28         | 103,1        | 7,6        | 39          | 0,5                   | 40,89                            | 13,27    | 28,62                            | 7,96     |
|            | BV_RV27396 | 1,45         | 121,5        | 5,5        | 44          | 0,5                   | 37,06                            | 15,40    | 25,94                            | 9,24     |
| BV-RV27412 | 0,75       | 93,5         | 7,7          | 23         | 0,5         | 37,73                 | 13,07                            | 26,41    | 7,84                             |          |

## Annexe 8      Hyétogrammes des pluies de calage et de validation

| Pluie    | Pluviomètre de référence | Date              | Durée (h) | Cumul (mm) | Intensité (mm/h sur 30mn) | Groupe de pluie | Période de retour                   | Usage      |
|----------|--------------------------|-------------------|-----------|------------|---------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------|
| Pluie 1  | Mundolsheim              | <b>20/06/2013</b> | 3,87      | 5,20       | 8,52                      | <b>3</b>        | Bi-mensuelle                        | Calage     |
| Pluie 6  | Vendenheim               | <b>03/07/2013</b> | 15,48     | 21,8       | 27,75                     | <b>13</b>       | Entre trimestrielle et semestrielle | Calage     |
| Pluie 9  | Mundolsheim              | <b>06/08/2013</b> | 0,40      | 9,40       | 23,00                     | <b>7</b>        | Semestrielle                        | Validation |
| Pluie 10 | Mundolsheim              | <b>07/08/2013</b> | 1,08      | 9,00       | 12,00                     | <b>6</b>        | Trimestrielle                       | Calage     |





**Tableau des résultats pour le modèle calé :**

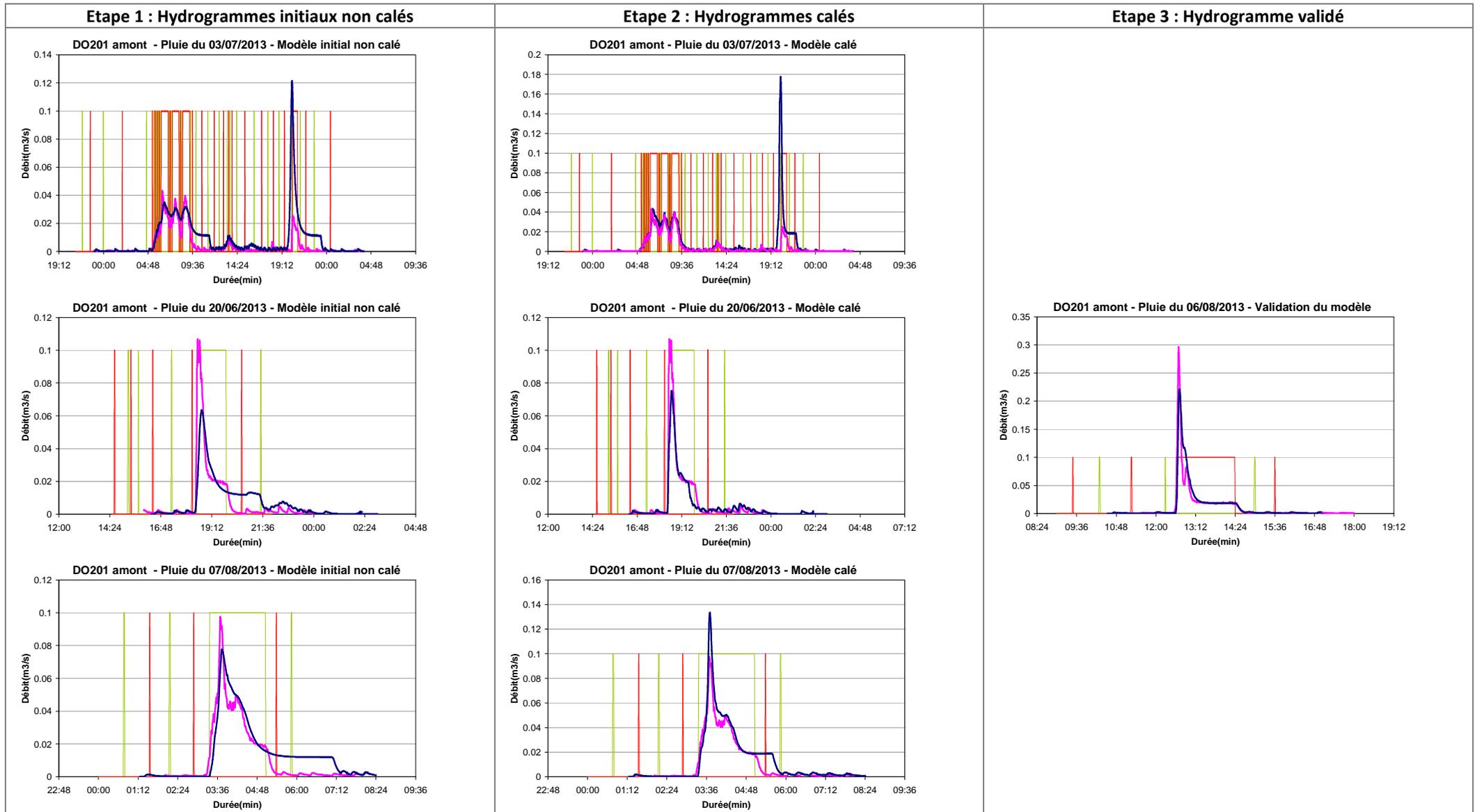
|   | Point de mesure<br>(Rouge : non calés) | Erreur Volume (%) |                   |                   | Erreur Débit de Pointe (%) |                   |                   | Erreur Hauteur de pointe (cm) |                   |                   | Synthèse calage (en % ou cm) |                 |                  | Validation du modèle avec la pluie du 06/07/13 |                 |                  |
|---|--|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|-----------------|------------------|--|-----------------|------------------|
|   |  | Pluie<br>03/07/13 | Pluie<br>20/06/13 | Pluie<br>07/08/13 | Pluie<br>03/07/13          | Pluie<br>20/06/13 | Pluie<br>07/08/13 | Pluie<br>03/07/13             | Pluie<br>20/06/13 | Pluie<br>07/08/13 | Volume<br>(%)                | Q pointe<br>(%) | H pointe<br>(cm) | Volume<br>(%)                                  | Q pointe<br>(%) | H pointe<br>(cm) |
| Amont<br>du<br>réseau<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br> | DO205 amont                            | 2%                | -3%               | 9%                | -3%                        | -7%               | -2%               | 1.46                          | -8.51             | 1.53              | 2.7%                         | -4.2%           | -1.00            | 20%  | -56%            | -0.83            |
|   | BA56 amont                             | -14%              | -27%              | Pas de mesures    | -16%                       | -62%              | Pas de mesures    | 1.46                          | -0.65             | Pas de mesures    | -20.2%                       | -39.0%          | 0.40             | Pas de mesures                                 | Pas de mesures  | Pas de mesures   |
|   | DO208 amont                            | 16%               | 16%               | -20%              | 1%                         | -13%              | -2%               | 1.00                          | 0.44              | 1.55              | 4.1%                         | -3.8%           | 1.13             | -31%   | -41%            | -6.74            |
|   | DO208 déversé                          | 113%              | 5%                | 35%               | -37%                       | -38%              | 86%               | -2.54                         | -2.77             | 10.92             | 51.0%                        | 24.1%           | 4.13             | 17%  | 20%             | -0.45            |
|   | BA57 amont                             | 15%               | -82%              | -17%              | -74%                       | -70%              | -64%              | -20.75                        | -11.79            | -17.50            | -28.2%                       | -69.5%          | -16.68           | -65%   | -73%            | -37.34           |
|   | DO201 amont                            | 16%               | -24%              | 20%               | 2%                         | -30%              | 37%               | -0.91                         | -4.56             | 0.50              | 3.0%                         | 11.6%           | -1.12            | 2%   | -25%            | -5.25            |
|   | DO198 A (amont)                        | 434%              | 309%              | 1635%             | 761%                       | 406%              | 628%              | 17.60                         | -2.01             | 11.32             | 792.5%                       | 598.5%          | 8.97             | 610%   | 529%            | -12.67           |
|   | DO198 B (déversé amont)                | -94%              | -97%              | -94%              | -100%                      | -100%             | -100%             | -6.69                         | -6.45             | -5.22             | -95.0%                       | -99.9%          | -6.12            | -98%   | -100%           | -9.41            |
|   | DO198 C (déversé)                      | 180%              | 21%               | 139%              | 48%                        | -19%              | 49%               | 13.78                         | 42.31             | 24.60             | 113.1%                       | 26.0%           | 26.90            | 25%  | -35%            | 4.16             |
|   | DO203 amont                            | 192%              | -29%              | -44%              | 223%                       | -54%              | -56%              | -5.01                         | -8.68             | -7.35             | -36.3%                       | -55.4%          | -7.10            | -44%   | -64%            | -16.69           |
| Aval<br>du<br>réseau  | DO203 aval (conservé)                  | Pas de mesures    | Pas de mesures    | 14%               | Pas de mesures             | Pas de mesures    | 19%               | Pas de mesures                | Pas de mesures    | -6.00             | 14.0%                        | 18.8%           | -6.00            | 342%   | 173%            | -19.72           |
|   | SP105                                  | Pas de mesures    | Pas de mesures    | Pas de mesures    | Pas de mesures             | Pas de mesures    | Pas de mesures    | Pas de mesures                | Pas de mesures    | Pas de mesures    | Pas de mesures               | Pas de mesures  | Pas de mesures   | Pas de mesures                                 | Pas de mesures  | Pas de mesures   |

**Description des points de mesure non calés :**

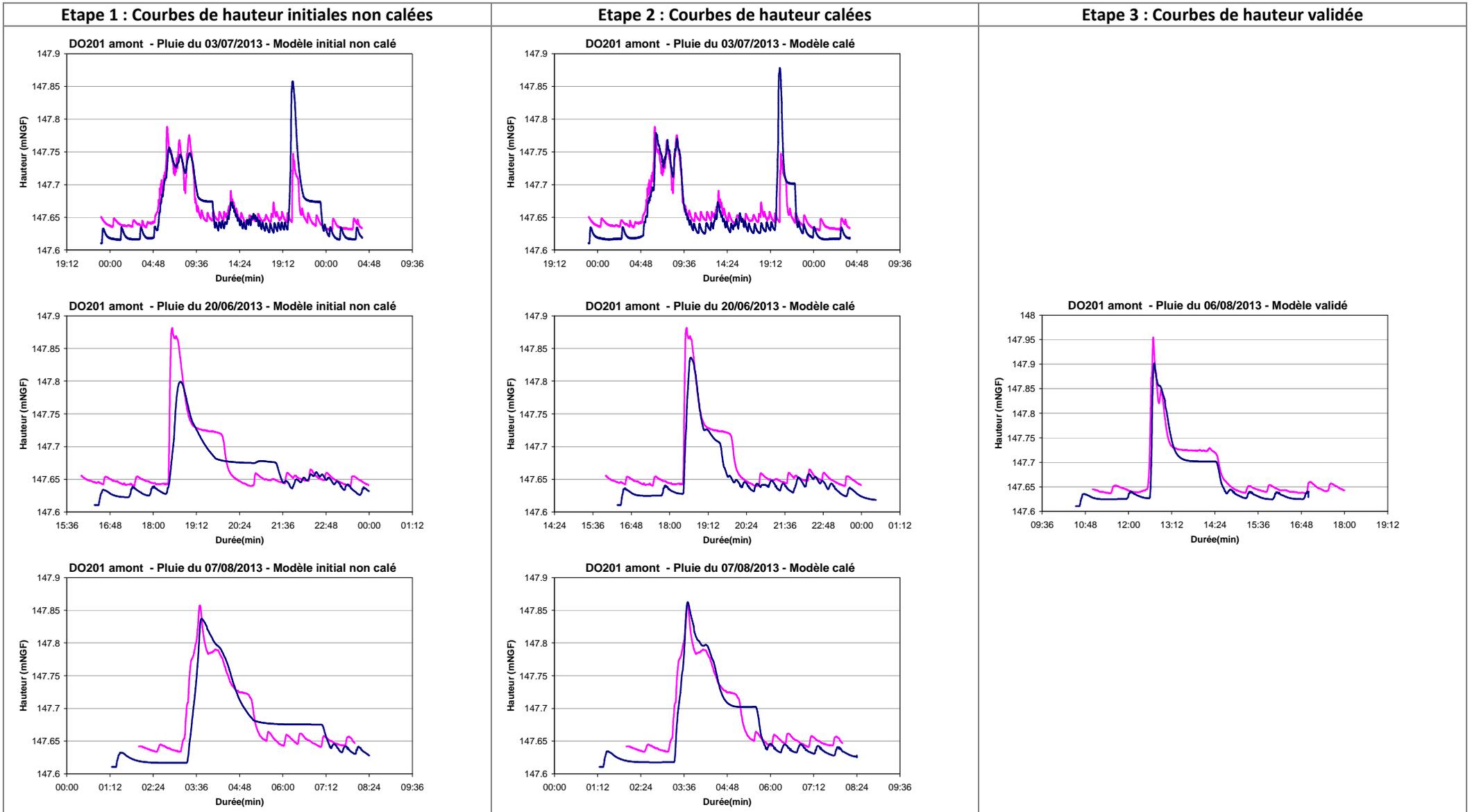
- ❖ BA57 amont : La mesure ne permet pas de contrôler la répartition du flux (3 conduites, 1 mesure) ;
- ❖ DO198 A (amont) : La mesure de vitesse est surestimée par le capteur (cf. chapitre 3.3.1) ;
- ❖ DO198 B (amont déversé) : Il n'est pas possible de reproduire un écoulement particulier dans le modèle (cours d'eau phréatique) ;
- ❖ DO203 amont : La mesure de vitesse est sous-estimée par le capteur (cf. chapitre 3.3.1) ;
- ❖ SP105 : Il n'y aucune mesure pour cet ouvrage (cf. chapitre 3.2).

## Exemple d'un processus complet de calage :

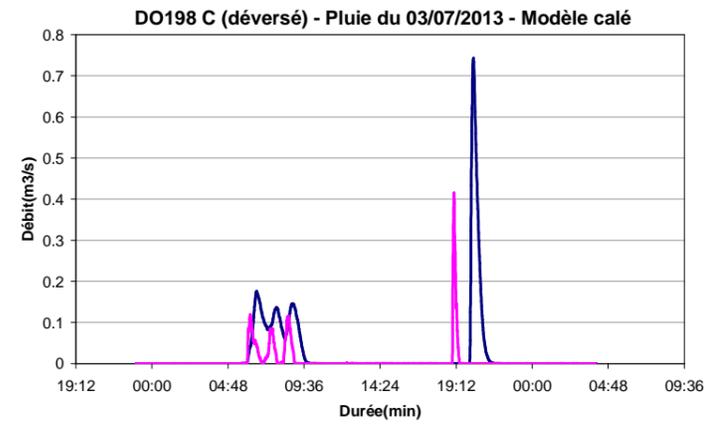
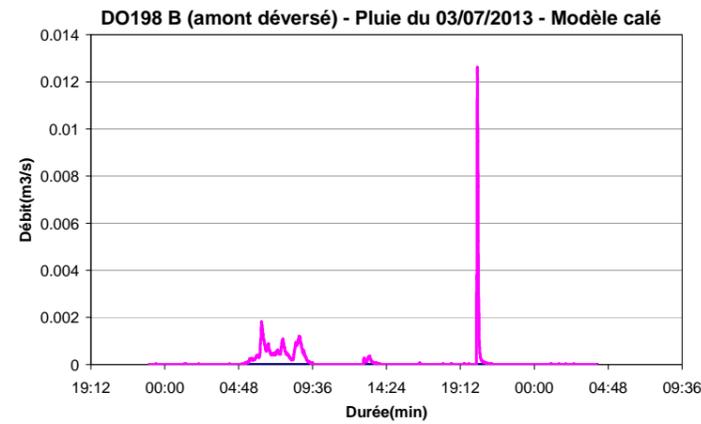
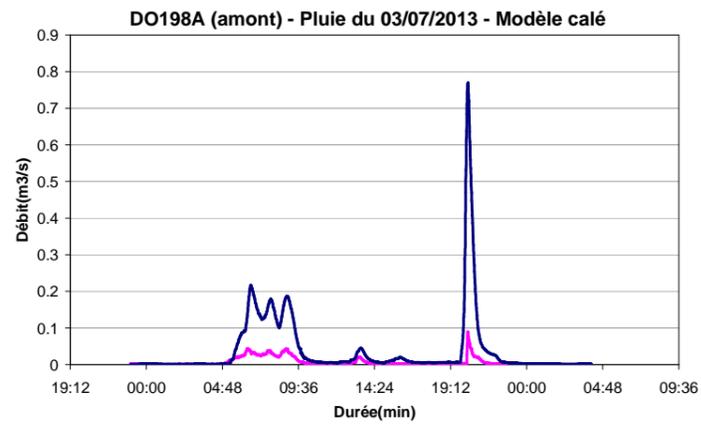
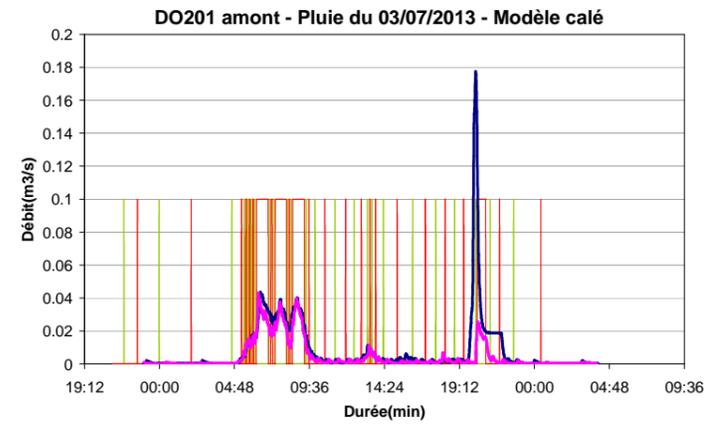
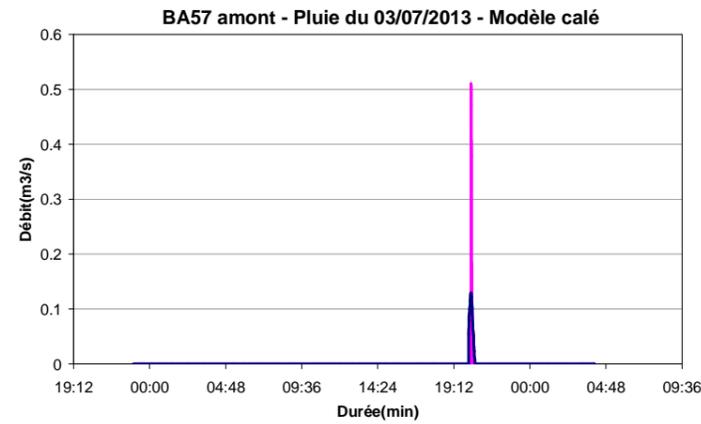
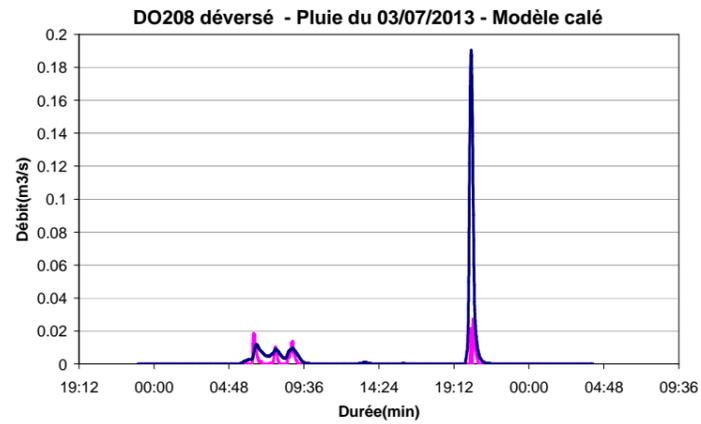
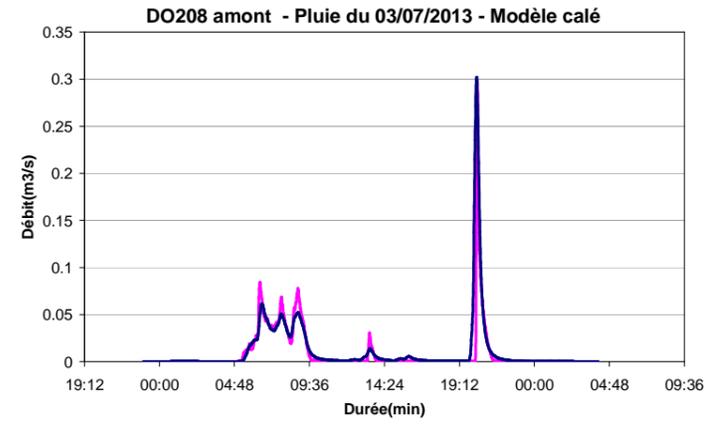
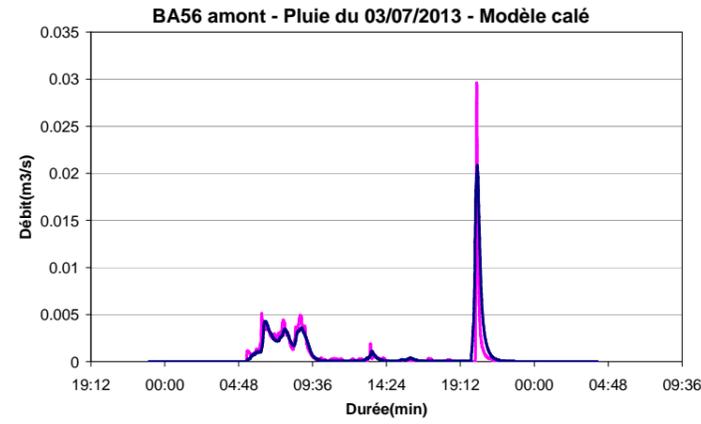
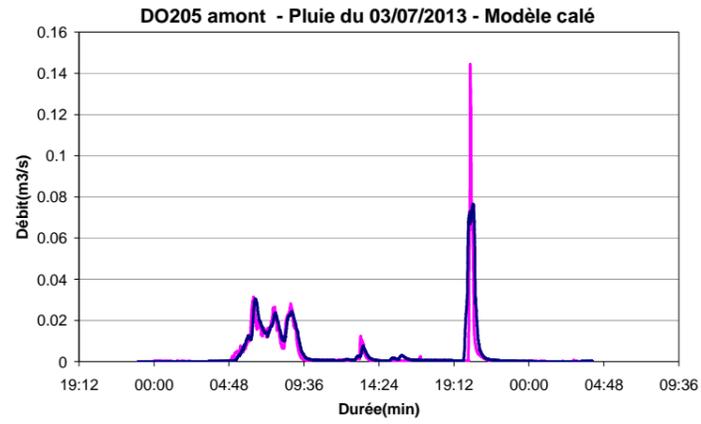
### 1. Calage des débits pour le point de mesure « DO201 amont » :



2. Calage des hauteurs pour le point de mesure « DO201 amont » :



## PLUIE DE CALAGE DU 03/07/2013

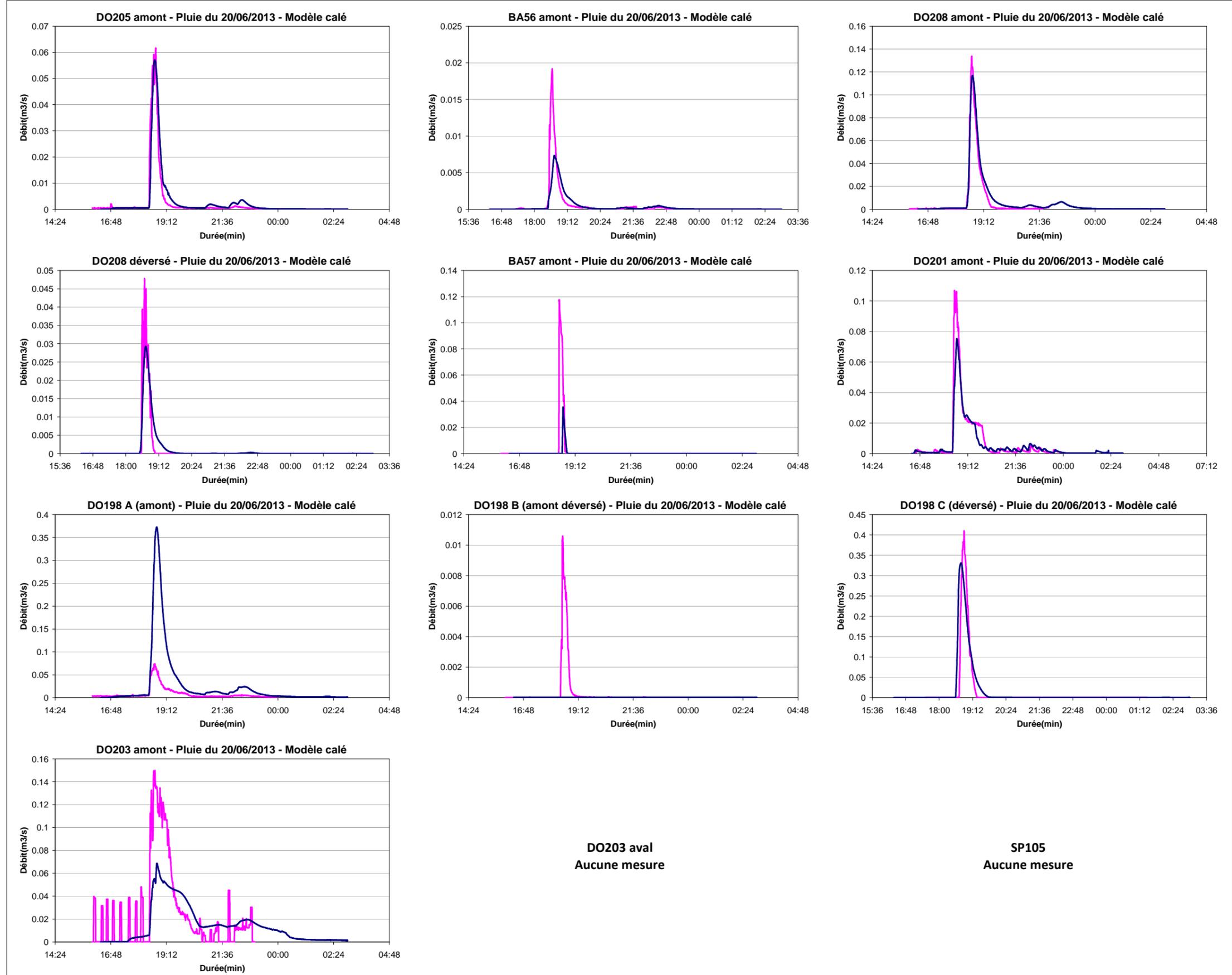


**DO203 amont**  
Données inexploitables  
Nettoyage du réseau suite à un bouchon de graisse

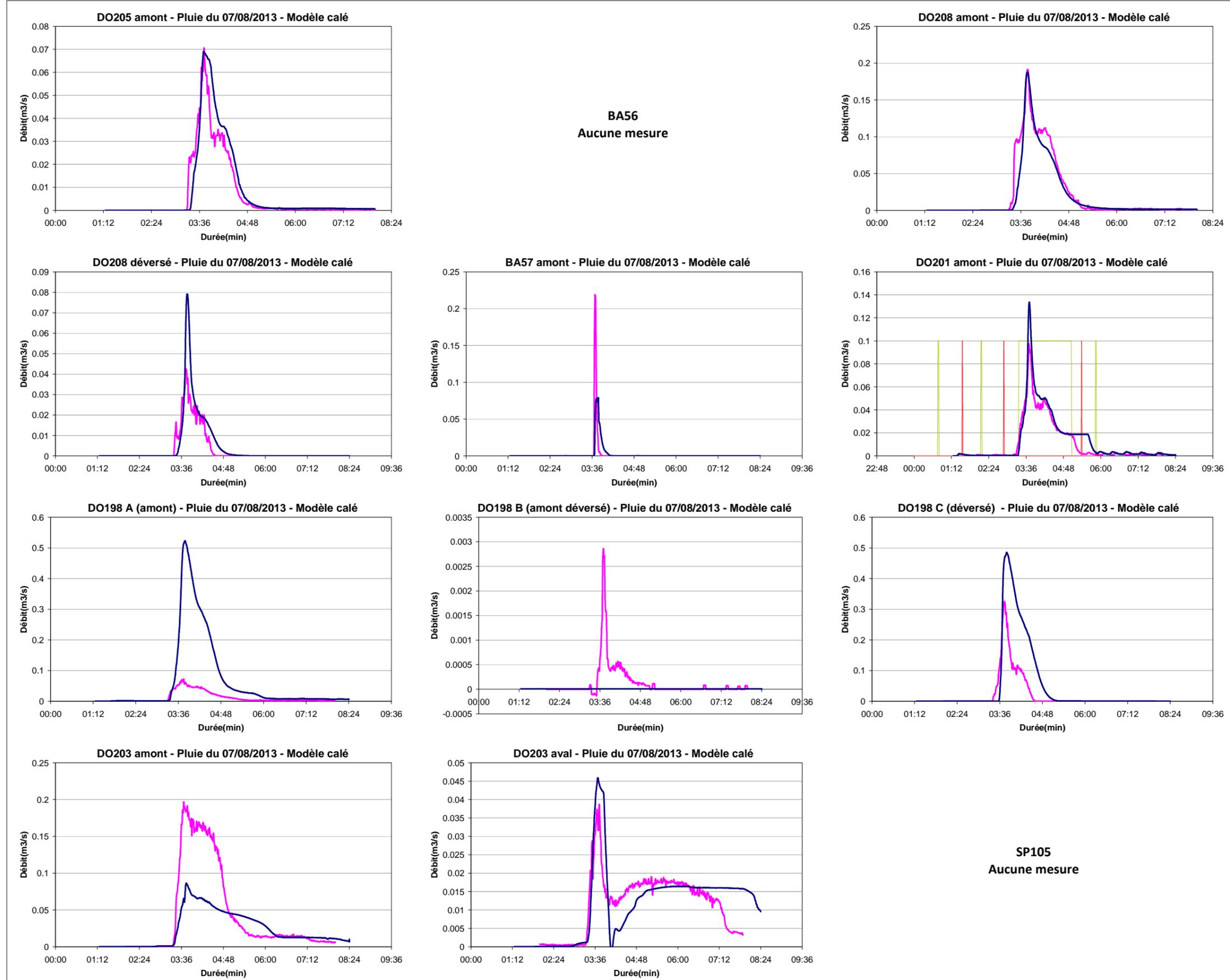
**DO203 aval**  
Données inexploitables  
Nettoyage du réseau suite à un bouchon de graisse

**SP105**  
Aucune mesure

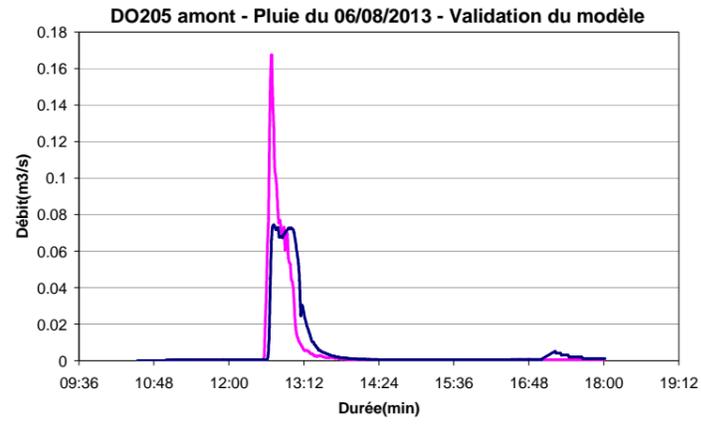
## PLUIE DE CALAGE DU 20/06/2013



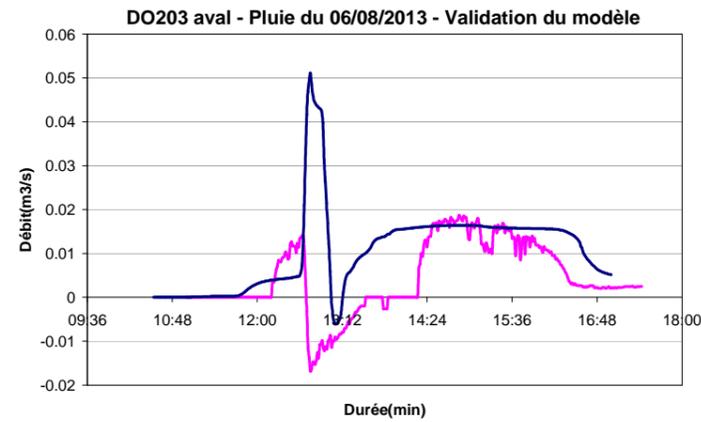
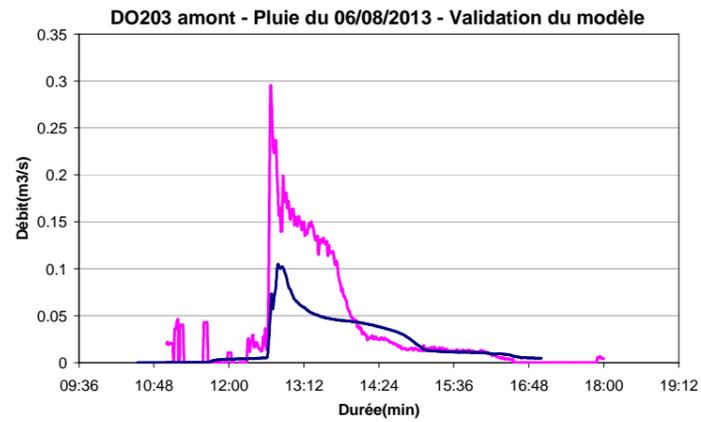
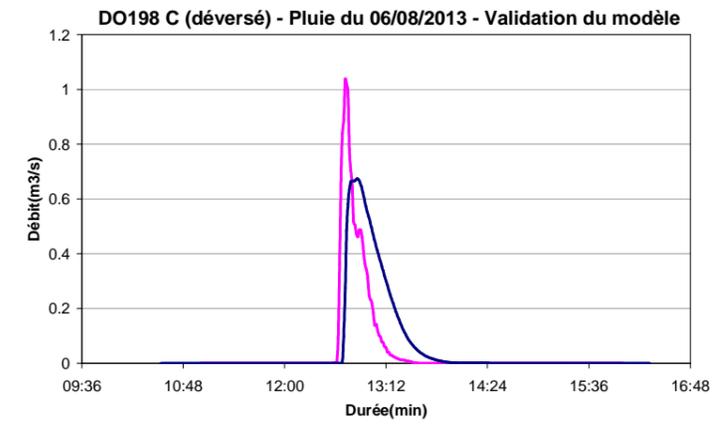
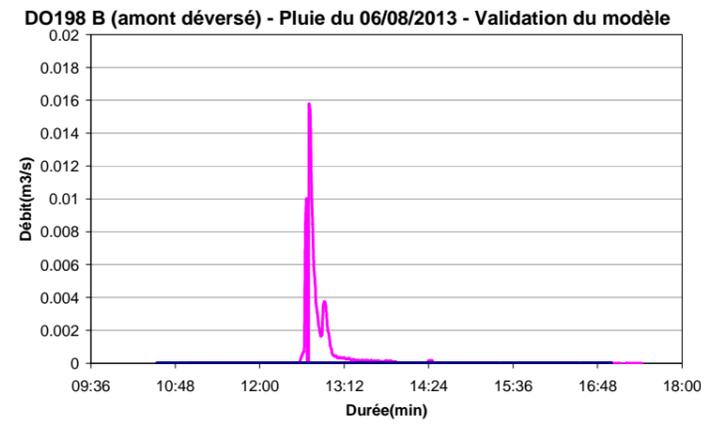
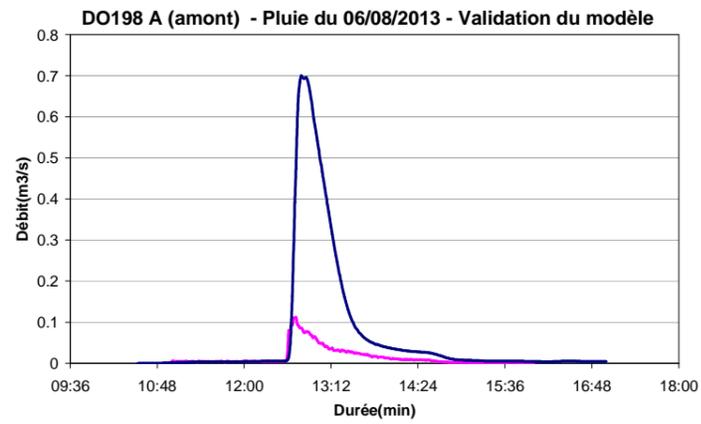
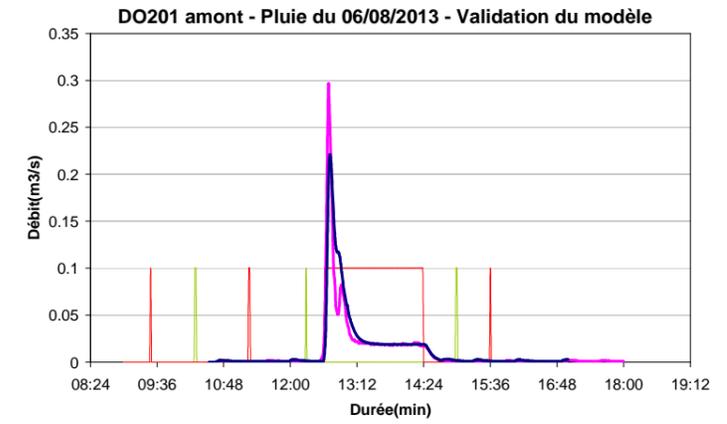
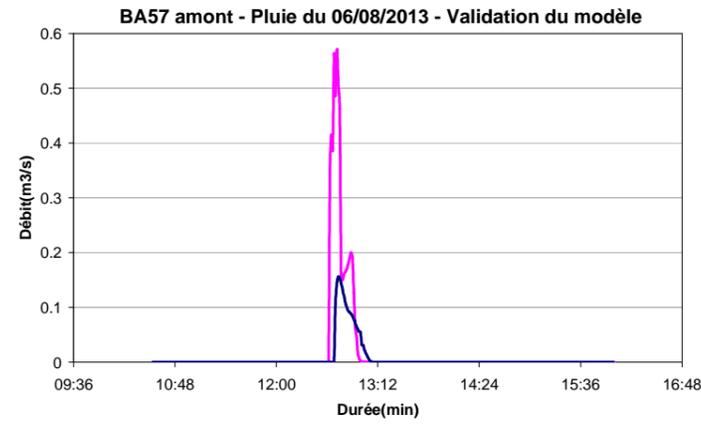
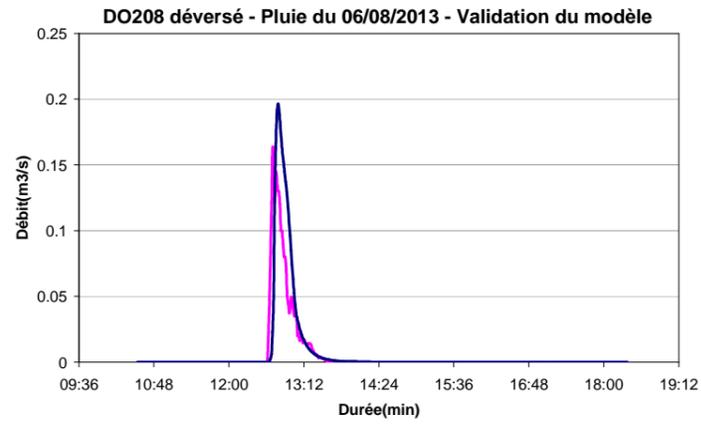
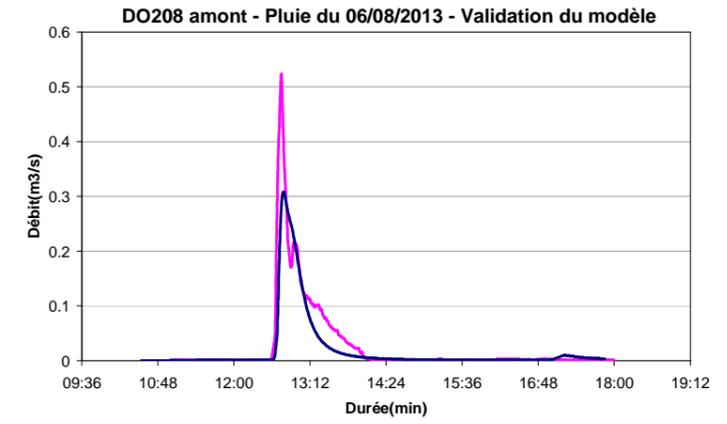
## PLUIE DE CALAGE DU 07/08/2013



# PLUIE DE VALIDATION DU 06/08/2013



**BA56**  
Aucune mesure



**SP105**  
Aucune mesure

## Annexe 10    Généralités sur la construction des pluies de projet

La méthode du CERTU (pages 333 à 335) a été employée pour construire les quatre pluies de projet du SDA. Cette méthodologie est la suivante :

### 8.3.5.4.3 Pluie de type double-triangle

Le modèle des pluies double-triangle repose sur un double constat :

- les événements pluvieux réels provoquant des désordres dans les réseaux d'assainissement pluvial sont généralement constitués d'une période de pluie intense relativement courte située à l'intérieur d'une séquence de pluie de quelques heures ;
- le point précédent mis à part, aucune forme particulière de distribution temporelle des intensités n'est plus probable qu'une autre.

Desbordes & Raous (1976) , (1980) ont donc pris le parti de choisir une forme de pluie de projet en raisonnant non plus en fonction du phénomène physique, puisque cette approche n'apporte pas d'information pertinente, mais uniquement en fonction de critères numériques. L'idée de base a été de choisir une forme simple telle qu'une erreur sur le choix d'un paramètre ait le moins d'influence possible sur la valeur du débit de pointe. Cette approche nécessite de déterminer quels sont les éléments auxquels le modèle de ruissellement (utilisé après le modèle pluviométrique) est le plus sensible. Cette analyse de sensibilité, conduite à partir du modèle du réservoir linéaire, a permis de montrer qu'une forme simple, doublement triangulaire, fournissait des formes d'hydrogrammes et des valeurs de débit maximales peu sensibles à des erreurs sur le paramètre principal du modèle de ruissellement : le lag time.

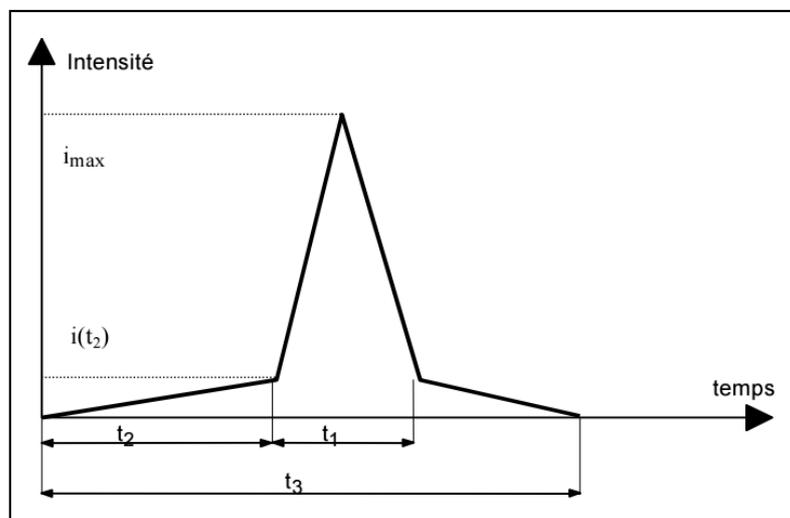


figure34:    Exemple de pluie de projet double triangle.

Une pluie de projet de ce type est entièrement définie par cinq paramètres :

- la durée totale  $t_3$  (quelques heures) ;
- la durée de la période de pluie intense :  $t_1$  (quelques dizaines de minutes) ;
- la position de la pointe d'intensité par rapport au début de la pluie : temps  $t_2$  ou rapport  $t_2 / t_3$  ;
- l'intensité moyenne pendant la période de pluie intense :  $i_1$  ou l'intensité maximum  $i_{\max}$  ;
- l'intensité moyenne en dehors de la période de pluie intense :  $i_2$  ou l'intensité au temps  $t_2$  :  $i(t_2)$ .

Les principaux éléments de choix proposés lors de l'étude initiale sont les suivants :

- la durée totale  $t_3$  peut être prise égale à 4 heures. Sur cette durée, il tombe plus de 80 % de la hauteur totale des épisodes pluvieux significatifs dans 73 % des cas. Par ailleurs, pour les grands bassins versants sur lesquels des pluies plus longues pourraient paraître intéressantes, la variation relative du débit de pointe obtenu n'est que de 2 % lorsque la durée totale de la pluie passe de deux à quatre heures.
- la durée de la période de pluie intense  $t_1$  peut être choisie entre quinze minutes et une heure selon la nature et la surface du bassin versant étudié.
- la position de la période de pluie intense au sein de l'averse ( $\theta = t_2 / t_3$ ) influe de façon sensible sur le débit de pointe (le débit augmente avec  $\theta$ ). L'analyse des pluies n'a pas permis de mettre en évidence une valeur préférentielle de  $\theta$ . On pourra donc prendre  $\theta = 0.5$ , valeur moyenne, ou  $\theta = 0.75$  pour se placer dans une situation plus défavorable au sens des débits de pointe.
- la hauteur précipitée pendant la période de pluie intense constitue la grandeur qui influe le plus sur le débit de pointe. Sa valeur pourra être prise égale à l'intensité moyenne maximum correspondant à la même durée sur les courbes Intensité-Durée-Fréquence caractérisant la région pluviométrique et la période de retour choisies.
- la hauteur précipitée en dehors de la période de pluie intense joue un rôle moindre sur la valeur du débit de pointe. Sa valeur devra correspondre à une période de retour plus faible que celle pour laquelle on calcule le débit de pointe.

Le "*Guide de construction et d'utilisation des pluies de projet*" (Hémain, 1986) fournit les données permettant de choisir ces paramètres.

Une analyse théorique du comportement du modèle du réservoir linéaire a conduit Chocat *et al.* (1981) à proposer des formules permettant de calculer directement les paramètres précédents. La pluie est supposée symétrique, le calcul des autres coefficients s'effectue à partir des coefficients a et b d'un ajustement de type Montana de la pluviométrie locale et d'une estimation grossière du lag time K du bassin versant à étudier :

$$t_1 = 0.5.K \quad t_2 = 2.25K \quad t_3 = 5K \quad \text{équation 53}$$

$$i(t_2) = (0.25K)^b \times \frac{1 - (0.1)^{b+1}}{0.9(0.1)^b} \times 120 \times a \times 2^b \quad \text{équation 54}$$

$$i_{\max} = (0.25K)^b \times \frac{(0.1)^b - 1}{0.9(0.1)^b} \times 120 \times a \times 2^b \quad \text{équation 55}$$

Cette méthode modifiée présente un double avantage par rapport à la précédente :

- Elle peut être utilisée directement dès lors que l'on connaît les valeurs de a et b (voir le paragraphe 8.3.5.3).
- Les valeurs de débits de pointe calculées sont peu sensibles aux valeurs de  $t_1$  et  $t_2$  (donc de K). En cas d'utilisation sur un réseau drainant des bassins versants emboîtés de surfaces très différentes, il est cependant utile de tester plusieurs valeurs de K.

## Annexe 11 Localisation des points de débordement



## Annexe 12 Tableau complémentaire des 13 groupes de pluies

Les 13 groupes de pluies définis dans le schéma directeur d'assainissement sont présentés ci-dessous. Ce tableau est un complément du Tableau 11. Il fait le lien entre les 13 groupes de pluies et leurs périodes de retour.

| Groupe    | Nombre d'événements | Durée moyenne (heures) | Cumul moyen (mm) | I <sub>max</sub> (mm/h sur 30 mn) | Fréquence d'apparition annuelle sur la période sensible | Période de retour calculée à partir des coefficients de Montana |
|-----------|---------------------|------------------------|------------------|-----------------------------------|---|---|
| Groupe 1  | 239                 | 2,5                    | 2,7              | 3,0                               | 19,9  | Hebdomadaire  |
| Groupe 2  | 73                  | 5,9                    | 5,3              | 3,3                               | 6,1   | Entre hebdomadaire et bi-mensuelle                              |
| Groupe 3  | 45                  | 3,7                    | 6,4              | 6,4                               | 3,8   | Bi-mensuelle  |
| Groupe 4  | 36                  | 0,9                    | 6,0              | 10,9                              | 3   | Entre Mensuelle et bimestrielle                                 |
| Groupe 5  | 30                  | 8,5                    | 9,7              | 5,7                               | 2,5   | Mensuelle   |
| Groupe 6  | 18                  | 3,4                    | 8,5              | 11,1                              | 1,5   | Mensuelle   |
| Groupe 7  | 13                  | 1,3                    | 11,4             | 20,2                              | 1,1   | Semestrielle  |
| Groupe 8  | 11                  | 6,0                    | 13,9             | 9,1                               | 0,9   | Entre bimestrielle et trimestrielle                             |
| Groupe 9  | 9                   | 9,3                    | 16,9             | 7,8                               | 0,8   | Trimestrielle   |
| Groupe 10 | 9                   | 2,8                    | 14,8             | 13,5                              | 0,8   | Entre trimestrielle et semestrielle                             |
| Groupe 11 | 9                   | 12,6                   | 18,4             | 7,0                               | 0,8   | Entre trimestrielle et semestrielle                             |
| Groupe 12 | 8                   | 6,1                    | 13,0             | 17,5                              | 0,7   | Entre bimestrielle et trimestrielle                             |
| Groupe 13 | 7                   | 1,5                    | 16,0             | 27,0                              | 0,6   | Entre semestrielle et annuelle                                  |

## Annexe 13    Description de la méthode AERM

Pour calculer les pourcentages de déclassement avec la méthode de l'AERM, il faut utiliser les formules suivantes :

### **1. Calcul de la concentration de la masse d'eau à l'aval des déversements :**

$$C_{aval} = ( Q_{amont} * C_{amont} + Q_{rejet} * C_{rejet} ) / Q_{aval}$$

Avec :

$Q_{amont}$  : débit du cours d'eau à l'amont des rejets (=QMNA2)

$C_{amont}$  : concentration du paramètre dans le cours d'eau à l'amont des rejets

$Q_{rejet}$  : débit déversé par les déversoirs d'orage

$C_{rejet}$  : concentration des déversements des déversoirs d'orage pour le paramètre testé (DCO, DBO<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ou NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

$Q_{aval}$  : somme du débit amont du cours d'eau avec le débit déversé

Ce calcul doit être effectué pour tous les paramètres biologiques et pour chaque pas de temps. Il permet d'estimer les temps de déclassement pour les classe 1, classe2 et hors classe.

### **2. Calcul de la durée d'effet :**

$$Durée\ d'effet = L_{bief} / ( V * 3,6 ) + ( 7 - L_{bief} ) / ( V * 3,6 )$$

Avec :

$L_{bief}$  : Longueur du bief en kilomètre

$V$  : Vitesse du cours d'eau en m/s

La durée d'effet est la période pendant laquelle la concentration d'un paramètre déversé à un impact sur le cours d'eau.

### **3. Calcul du temps de déclassement total :**

$$Temps\ de\ déclassement\ période\ total = Temps\ de\ déclassement\ total * Durée\ d'effet$$

### **4. Calcul du temps de déclassement sur la période sensible :**

$$Temps\ de\ déclassement\ sur\ la\ période\ sensible = Temps\ de\ déclassement\ période\ total * Fréquence\ d'apparition\ de\ la\ pluie$$

### **5. Calcul du pourcentage de déclassement :**

$$Pourcentage\ de\ déclassement = Temps\ de\ déclassement\ sur\ la\ période\ sensible / (3672h)$$

## Annexe 14 Répercussions des aménagements du bief 5.4 sur les biefs à l'aval (5.3bis et 5.2)

### 1. Répercussions avec la solution n°1 :

Rappel :

- ❖ **DO199 :**
  - ✓ Hauteur de crête initiale = 143,69 mNGF ;
  - ✓ Hauteur de crête modifiée = 143,89 mNGF.
- ❖ **DO201 :**
  - ✓ Hauteur de crête initiale = 147,82 mNGF ;
  - ✓ Hauteur de crête modifiée = 148,12 mNGF.



Temps de déclassement du Bief 5.3bis :

|   | DCO   | DBO <sub>5</sub> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|---|-------|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Temps de déclassement en <b>Hors Classe</b> | 0,00% | 0,00%            | 0,00%                        | 0,00%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 2</b>    | 0,47% | 0,47%            | 0,46%                        | 0,16%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 1</b>    | 0,47% | 0,62%            | 0,60%                        | 0,47%                         |

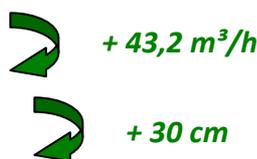
Temps de déclassement du Bief 5.2 :

|   | DCO    | DBO <sub>5</sub> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|---|--------|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Temps de déclassement en <b>Hors Classe</b> | 1,28%  | 0,33%            | 0,94%                        | 0,94%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 2</b>    | 10,65% | 11,81%           | 10,10%                       | 9,12%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 1</b>    | 13,59% | 14,99%           | 13,94%                       | 13,89%                        |

### 2. Répercussions avec la solution n°2 :

Rappel :

- ❖ **SP89 :**
  - ✓ Débit de pompage initial = 64,8 m<sup>3</sup>/h ;
  - ✓ Débit de pompage modifié = 108 m<sup>3</sup>/h ;
- ❖ **DO201 :**
  - ✓ Hauteur de crête initiale = 147,82 mNGF ;
  - ✓ Hauteur de crête modifiée = 148,12 mNGF.



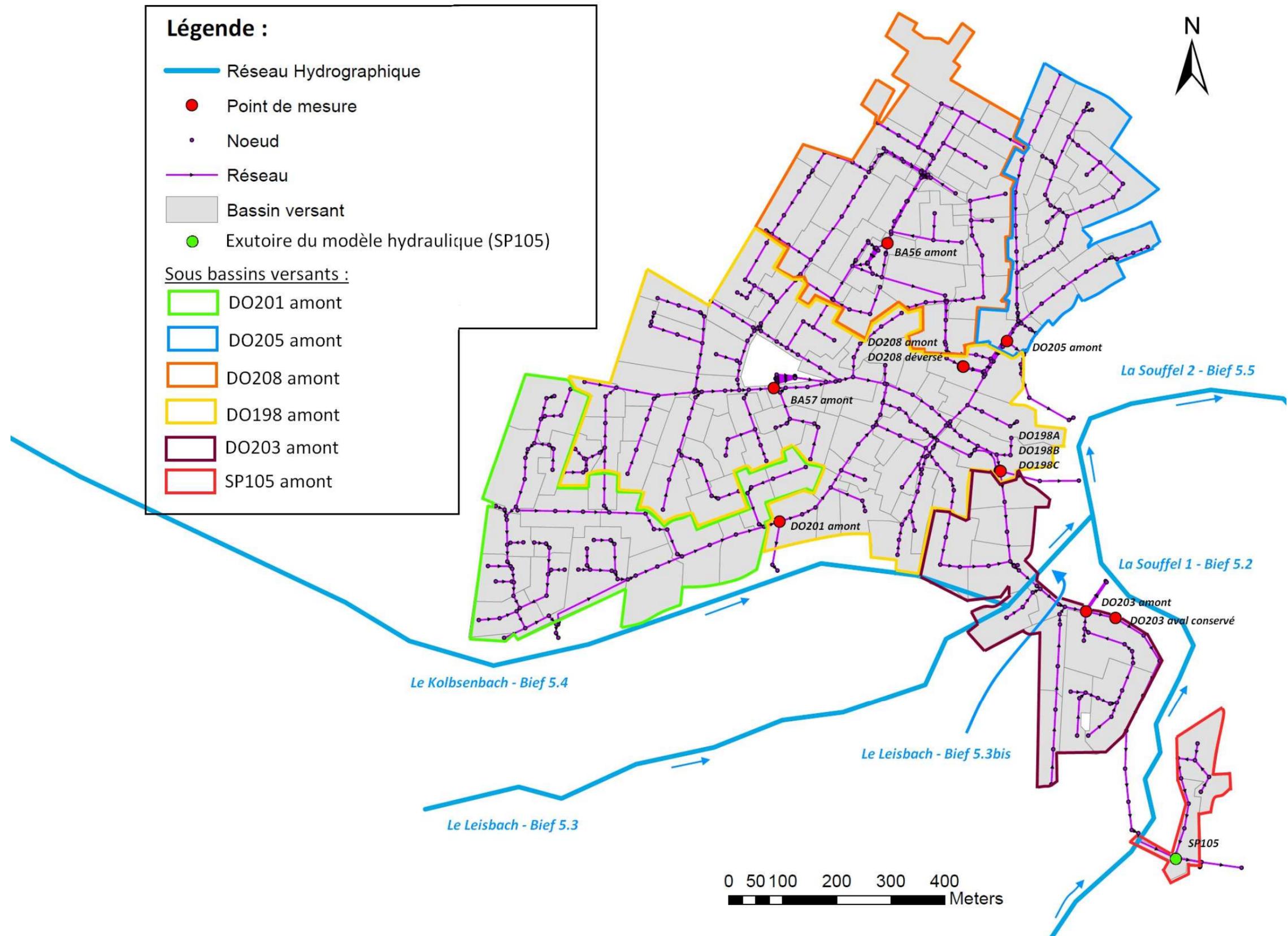
Temps de déclassement du Bief 5.3bis :

|   | DCO   | DBO <sub>5</sub> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|---|-------|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Temps de déclassement en <b>Hors Classe</b> | 0,00% | 0,00%            | 0,00%                        | 0,00%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 2</b>    | 0,47% | 0,47%            | 0,46%                        | 0,16%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 1</b>    | 0,47% | 0,62%            | 0,60%                        | 0,47%                         |

Temps de déclassement du Bief 5.2 :

|   | DCO    | DBO <sub>5</sub> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|---|--------|------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Temps de déclassement en <b>Hors Classe</b> | 1,28%  | 0,33%            | 0,94%                        | 0,94%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 2</b>    | 10,65% | 11,78%           | 10,10%                       | 9,12%                         |
| Temps de déclassement en <b>Classe 1</b>    | 13,57% | 14,89%           | 13,91%                       | 13,87%                        |

**Annexe 15** Synoptique générale de Lampertheim pour l'aide à la lecture du dossier



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**Diplôme(s) :** Ingénieur ENGEES par la voie de l'apprentissage

**Spécialité :** Exploitation et travaux

**Auteur :**

ROCABOY Maëna

**Année :**

2016

**Titre :**

Diagnostic et modélisation hydraulique du réseau d'assainissement de Lampertheim :  
Propositions de solutions pour limiter l'impact milieu et résoudre les problèmes d'inondations.

**Nombre de pages :** 75

**Annexes :** 36

**Nombre de références bibliographiques :** 43

**Structure d'accueil :** Eurométropole de Strasbourg – Service de l'eau et de l'assainissement (67)

**Maître de stage :** Michaël MALFROY-CAMINE

**Tuteur académique :** Matthieu DUFRESNE

**Résumé :**

L'Eurométropole de Strasbourg est maître d'ouvrage sur son territoire et assure l'essentiel de ses missions d'assainissement en régie. Dans le cadre de son schéma directeur d'assainissement, l'Eurométropole a choisi d'effectuer un diagnostic hydraulique du réseau de la commune de Lampertheim afin de mieux connaître et de résoudre les dysfonctionnements hydrauliques observés.

Dans ce dossier, il est présenté l'ensemble de la méthodologie d'élaboration du diagnostic hydraulique notamment l'exploitation de la campagne de mesures, la construction du modèle, son calage temps sec et temps de pluie et sa validation. Les résultats montrent que Lampertheim est protégée contre les inondations pour des pluies d'occurrences inférieures ou égales à 20 ans. Il a également été mis en évidence la dégradation du milieu récepteur pour 3 des 4 biefs de la commune. Des aménagements sont proposés pour l'un de ses biefs.

**Mots-clés :**

Réseau d'assainissement – Eurométropole de Strasbourg – Lampertheim – Modélisation hydraulique – Mike Urban – Diagnostic inondation – Diagnostic impact milieu – Aménagements urbains.