



# Etude hydrologique CRU 04 Avenue du Roi

Rapport final



bruxelles  
environnement  
.brussels 



contrats de  
rénovation urbaine  
.brussels 

u  
urban  
.brussels 

Projet Etude hydrologique CRU 04 Avenue du Roi  
Adjudicateur Bruxelles Environnement

Document Rapport final  
Statut Contrôlé  
Date 19 décembre 2019  
Référence -

Code du projet 111231  
Chef de projet Stefanie Dens  
Directeur de projet Sofie Depauw

Auteur(s) Alison Heath, Wim Debucquoy  
Contrôlé par Katrien Van Eerdenbrugh  
Approuvé par Stefanie Dens

Paraphe

Adresse Witteveen+Bos Belgium N.V.  
Siège social: Posthoflei 5-1  
2600 Antwerpen-Berchem  
Belgique  
+32 (0)3 286 75 75  
www.witteveenbos.be  
RPR Anvers

Le système de management de la qualité de Witteveen+Bos Belgium N.V. est certifié sur base de la norme ISO 9001  
© Witteveen+Bos Belgium N.V.

Aucune partie de ce document ne peut être reproduite et/ou publiée sous quelque forme que ce soit sans l'autorisation écrite préalable de Witteveen+Bos Belgium N.V. et ne peut être utilisée sans cette autorisation pour un travail autre que celui pour lequel elle a été produite, sauf accord écrit contraire. Witteveen+Bos Belgium N.V. décline toute responsabilité pour tout dommage résultant de ou lié à des modifications du contenu du document fourni par Witteveen+Bos Belgium N.V.

## TABLE DES MATIERES

0	INTRODUCTION	7
1	INVENTAIRE	11
1.1	Le cycle naturel de l'eau	11
1.1.1	Historique	12
1.1.2	Topographie	13
1.1.3	Sol	14
1.1.4	Eau souterraine	15
1.1.5	Potentiel d'Infiltration	16
1.2	Cycle anthropique de l'Eau	17
1.2.1	Utilisation du Sol	17
1.2.2	Flux Hydrologiques	19
1.2.3	Pollution du Sol	21
1.2.4	Infrastructure de gestion des eaux urbaines résiduaires	22
2	ANALYSE DU SYSTEME	25
2.1	Problématique de l'Eau	25
2.2	Analyse des sens d'écoulement	31
2.3	Bilan hydrologique	32
2.4	Besoin en temporisation de l'eau	36
3	PROGRAMME DU CONTRAT DE RENOVATION URBAINE	38
3.1	Contrat de rénovation urbaine Avenue du Roi	38
3.2	Information pertinent générale au sein du périmètre d'étude	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4	FICHES DE MESURE	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
5	CONCLUSION	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
5.1	Analyse-AFOM	40
5.2	Orientations basées sur l'étude hydrologique	41
5.3	Niveau d'Ambition	41
5.4	Intégration des mesures dans les définitions du programme	41
6	PROJETS EN LIEN AVEC L'EAU: PRINCIPES, GLOSSAIRE ET FONDEMENTS	43
6.1	Glossaire des outils de gestion de l'eau en Région de Bruxelles-Capitale (RBC)	43

6.2	Gestion de l'eau urbaine: principes de découplage dans le réseau d'égouts	45
6.3	Ouvrages hydrauliques	49
<b>7</b>	<b>VISION DU PROJET HYDROLOGIQUE</b>	<b>51</b>
7.1	Questions pour déterminer le niveau d'ambition	51
7.2	Méthodologie de conception	51
7.2.1	Principes pour calculer et établir un modèle de direction d'écoulement	52
7.2.2	Étape 1 : Détermination du niveau d'ambition hydrologique : quel type d'averse ?	55
7.2.3	Étape 2 : Détermination des directions d'écoulement et des bassins versants éventuels	55
7.2.4	Étape 3 : Analyse du périmètre du projet : où y a-t-il de la place pour tamponner ?	58
7.2.5	Étape 4 : Sélection et représentation des ouvrages hydrauliques	59
7.2.6	Étape 5 : Détermination et calcul des capacités de temporisation (m <sup>3</sup> )	63
7.2.7	Étape 6 : Détermination et calcul des potentiels d'acheminement	79
7.3	Scénarios envisagés : conclusion	100
7.4	Liens avec le contrat de rénovation urbaine	103
<b>8</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>105</b>

Dernière page

**Erreur ! Signet  
non défini.**

## Annexe(s)

Nombre de  
pages

I	Liste de références	2
II	Suppléments comité technique	3
III	Profondeur de la nappe phréatique par rapport à la surface du sol	1
IV	Note sur les essais d'infiltration	7
V	Carte du réseau d'égouttage avec dimensions et profondeur	1
VI	Plan technique Vanne Fonsny	1
VII	Dimensions du réseau d'égouttage connecté au déversoir avenue du Roi	1
VIII	Étude de Bruxelles Environnement sur les eaux souterraines	2
IX	Campagne de mesure pour une surveillance des eaux de surface	X
X	Représentants des groupes de travail	2

## Résumé non technique

La vision hydrologique pour le Contrat de Rénovation Urbaine (CRU) a pour but de déterminer comment concevoir un espace public résistant à l'eau afin de réduire les inondations dans les quartiers en fond de Vallée. Afin de déterminer les zones de gestion ('bufferzones') optimales, un inventaire de la zone du projet a tout d'abord été entrepris. Le développement urbain historique de la zone ainsi que l'occupation et l'affectation des sols et les flux hydrologiques ont été analysés. En combinant cette analyse topographique avec des informations sur les récentes inondations, il a été possible de fournir une image claire des points noirs actuels, ainsi que des zones ayant un potentiel de stockage d'eau.

Le niveau d'ambition de l'étude est formulé comme ceci : l'eau qui ruisselle des espaces publics durant une averse de période de retour TR20 doit être gérée autant que possible par des structures bleues-vertes et ensuite acheminée en surface jusqu'à la Senne. De plus, dans le contexte de la Région bruxelloise, l'eau qui provient des espaces privés doit être gérée au niveau de leurs propres parcelles jusqu'à une averse de temps de retour TR20 et n'est dès lors pas prise en compte dans la vision hydrologique. L'eau provenant depuis l'amont du projet doit être gérée là, que cela soit dans le Parc de Forest ou Duden. Ce volume de ruissellement n'est dès lors pas inclus dans la vision.

Ensuite, un workshop avec les partenaires concernés a été organisé pour déterminer quels dispositifs de gestion de l'eau seraient les plus intéressants à mettre en œuvre dans l'espace public. Dans l'Avenue du Roi et l'avenue du Parc, des dispositifs du type « noues » et « massifs stockant » se sont avérés les plus opportuns ; dans l'avenue Wielemans-Ceuppens, c'est un « massif stockant » qui s'applique principalement ; et dans le futur parc de l'Avant-Senne, les parcelles pourraient être converties en bassins de rétention.

La vision hydrologique a été élaborée et calculée plus avant en partant de ces dispositifs ; à cette fin, la zone du projet a été divisée en sous-bassins versants ('sub-catchements'), ce qui a permis de combiner différents scénarios pour chaque avenue. Les zones tampons ('bufferzones') été à la fois délimitées dans l'espace et modélisées hydrauliquement. Afin de remplir les zones tampons de manière optimale, un réseau de rigoles a été dimensionné et ajusté de manière itérative à l'aide d'un modèle hydraulique. Ce modèle est autonome et n'est pas lié à la modèle d'égout existant de Vivaqua, car celui-ci n'a pas été mis à disposition. L'impact des interventions proposées sur le réseau d'égouts sont donc inconnues. Parce que l'impact d'une éventuelle infiltration sur le système des eaux souterraines doit encore être examiné par Bruxelles Environnement, l'infiltration n'a pas été prise en compte dans le modèle hydraulique.

La modélisation a montré que la gestion complète d'une averse de TR20 qui ruisselle sur l'espace public n'est pas possible. Même une averse de TR10 ne peut pas totalement être stockée. La norme stricte de rejet vers la Senne de 5 l/s/ha, basée sur les exigences flamande pour les périmètres sensibles aux inondations, pourrait bien être respectée par la conception hydrologique proposée.

Dans un projet plus détaillé de masterplan qui suivra cette étude, le focus devra être mis plus en profondeur sur la faisabilité technique, les coûts d'aménagement des différents dispositifs retenus, et le dimensionnement réel des dispositifs. Cette vision hydrologique propose une solution, qui comporte encore un grand nombre de degrés de liberté.

En bref : cette vision hydrologique donne un aperçu des outils et des philosophies qui peuvent être utilisés pour réaménager l'espace public du CRU4 de manière à le rendre résilient vis-à-vis de la gestion de l'eau. L'étude tente de donner une première impulsion aux possibilités de stockage de l'eau qui pourront être affinées et optimisées dans le masterplan ultérieur, pour au final créer un quartier agréable de par son paysage, l'eau et la perception.

# 0

## INTRODUCTION

Dans le cadre du contrat de rénovation urbaine CRU 04 Avenue du Roi, Witteveen+Bos mène une étude hydrologique dans les communes bruxelloises de Forest et Saint-Gilles (Illustration 0.1). Le périmètre du projet de rénovation urbaine est connu pour sa problématique d'inondations. En conséquence cette étude a pour but d'optimiser la gestion de l'eau et de fournir des lignes directrices concernant l'hydrologie au programme du contrat de rénovation urbaine, de sorte que les espaces publics et voiries puissent être rendus résilients vis-à-vis de l'eau.

Figure 0.1 Périmètre du projet et d'étude

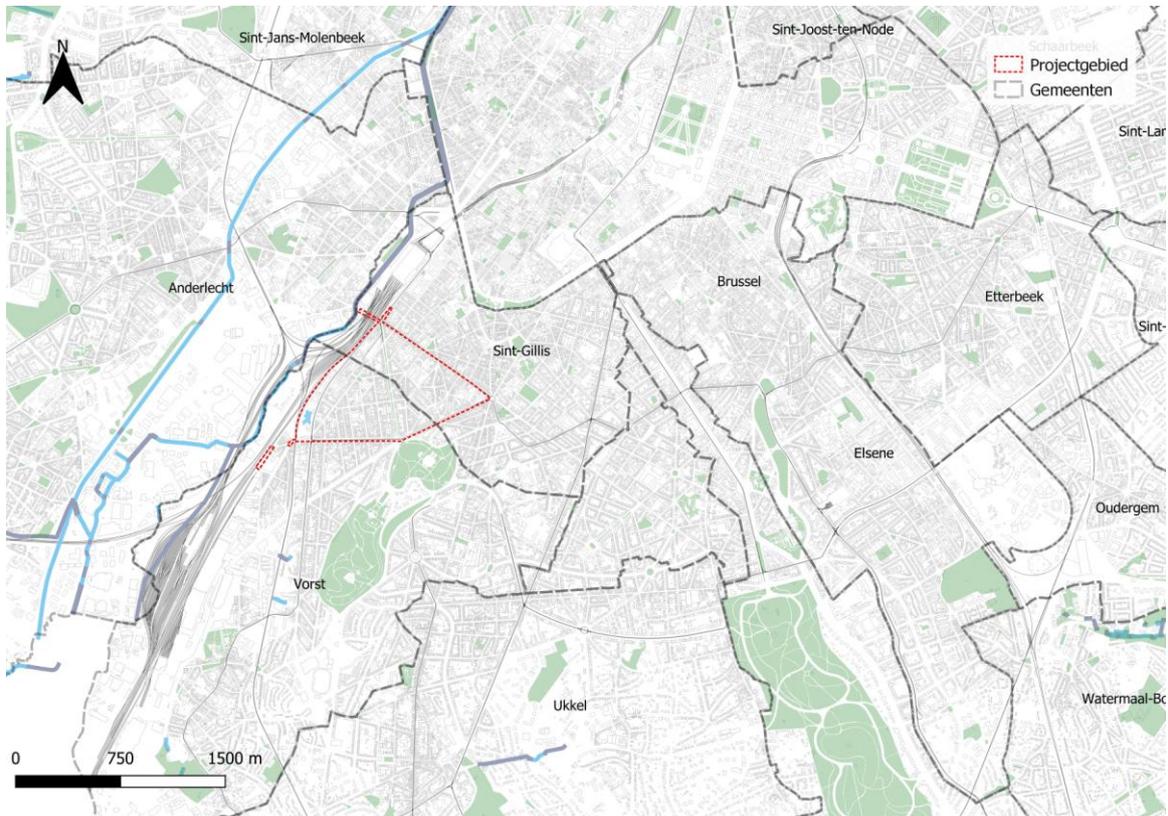
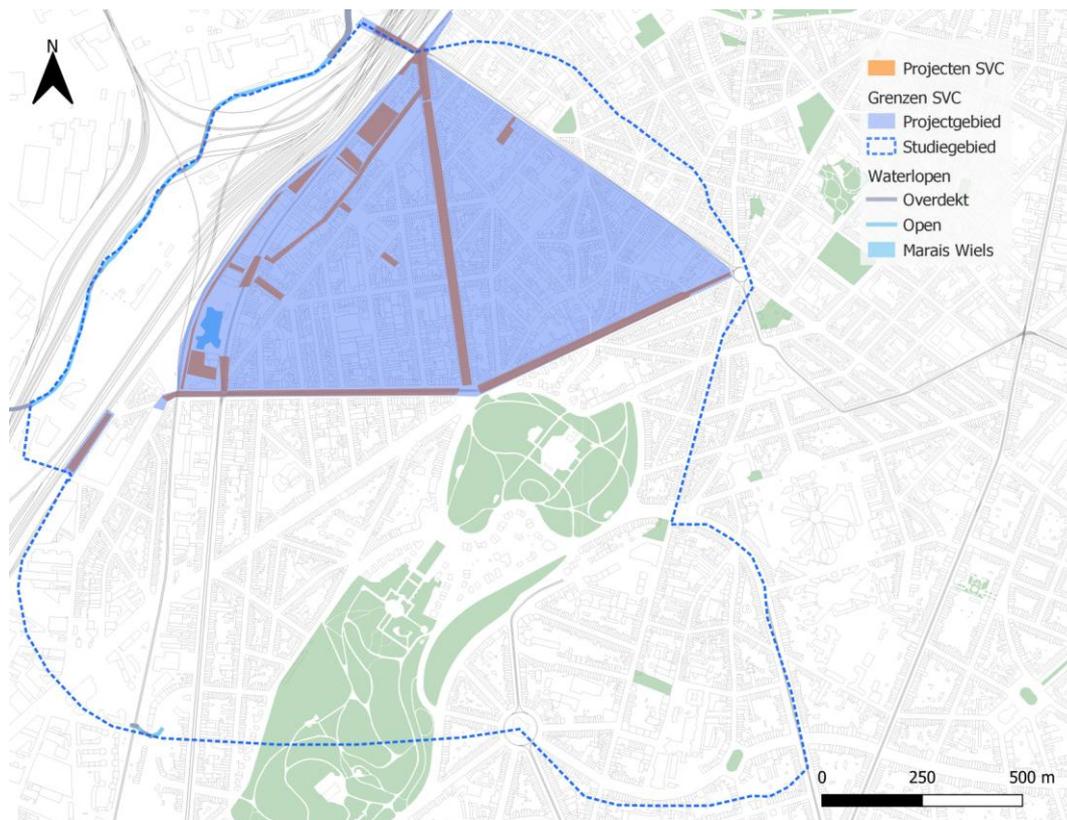


Figure 0.2 Indication du périmètre d'étude et de la zone de projet. Le périmètre d'étude correspond au bassin versant- la zone amont qui alimente la zone du projet.



L'étude hydrologique se concentre d'une part sur le futur Parc de l'Avant-Senne au nordouest de la zone d'étude et d'autre part, sur les trois grande avenues au sein de la zone : l'Avenue du Roi, l'avenue du Parc et l'Avenue Wielemans-Ceuppens.

Figure 0.2 Avenue du Roi (source: visite de terrain).



Figure 0.3 Avenue du Parc (source : visite de terrain).



Figure 0.4 Avenue Wielemans-Ceuppens (source : visite de terrain).



Cette étude hydrologique tâche d'analyser le système eau existant, de formuler des mesures d'aménagement pour réduire les risques d'inondation et intégrer celles-ci aux prescriptions du contrat de rénovation urbaine. Les principes définis peuvent ensuite être utilisés dans le masterplan qui suivra. Le but de l'étude hydrologique est d'améliorer le cycle 'naturel' de l'eau ainsi que de permettre d'infiltrer et tamponner autant que possible ou à défaut d'envoyer vers une eau de surface ou le réseau d'égout.

# 1

## INVENTAIRE DANS LE PERIMETRE DU PROJET

Dans ce chapitre l'inventaire des données concernant le cycle naturel et le cycle anthropique de l'eau est décrit. Le cycle naturel de l'eau inclut des processus tel que les précipitations, l'évapotranspiration, l'infiltration, la percolation et le ruissellement de surface. Le cycle anthropique de l'eau (en milieu urbain) inclut le captage d'eau potable ainsi que la collecte et l'assainissement de l'eau usée via un réseau de tuyaux, canalisations, déversoirs et pompes. Ce même système est utilisé pour la collecte des eaux pluviales excédentaires. Le cycle anthropique de l'eau domine pour le moment dans le périmètre du projet et sera dans le futur de plus en plus sous pression. Le but du projet est, dans la mesure du possible, d'amener la gestion de l'eau vers une gestion plus proche du cycle naturel et ainsi réduire (en partie) la pression sur le réseau d'égouttage. A ce niveau, les grands axes présents dans le périmètre (Avenue du Roi, Avenue du Parc et Wielemans-Ceuppens) joue un rôle important de par leur potentiel à stocker et acheminer l'eau.

### Atlas cartographique

Une base de données SIG a été compilée avec toutes les informations spatiales pertinentes dans le périmètre d'étude et du projet. Les différentes couches SIG ont été collectées après sollicitation aux parties suivantes concernées :

- Bruxelles Environnement : information du Cadastre, hauteur et relief, sol, état de la nappe phréatique, stations de mesures hydrologiques, projets futurs ;
- Brusseau: information sur l'utilisation des sols, l'imperméabilisation et ruissellement, infiltration, collecteurs principaux, projets futurs;
- Vivaqua: informations sur le réseau d'égout et zones inondées;
- SBGE: information sur les déversements hydrauliques dans le périmètre d'étude;
- Infrabel: information sur les infrastructures de collecte des eaux près des voies de chemin de fer;
- Waterbouwkundig Laboratorium: information sur la Senne.

Sur base des informations collectées des cartes SIG ont été réalisées selon les thématiques:

- 1 Le cycle naturel de l'eau:
  - historique;
  - topographie;
  - sol;
  - eau souterraine;
  - potentiel d'infiltration;
- 2 Le cycle anthropique de l'eau:
  - Utilisation du sol;
  - Flux hydrologiques;
  - Pollution du sol;
  - Infrastructure de collecte des eaux.

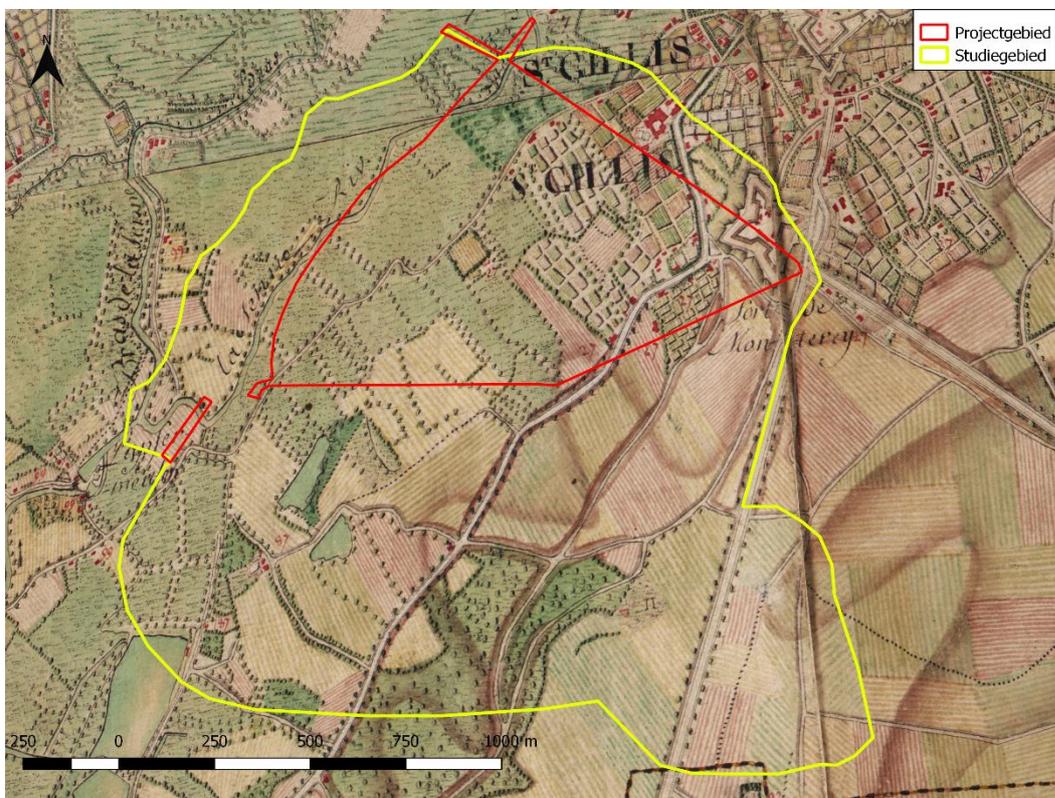
Toutes les couches SIG sont élaborées conformément aux spécifications du système de projection belge Lambert 72 (EPSG 31370).

### 1.1 Le cycle naturel de l'eau

### 1.1.1 Historique

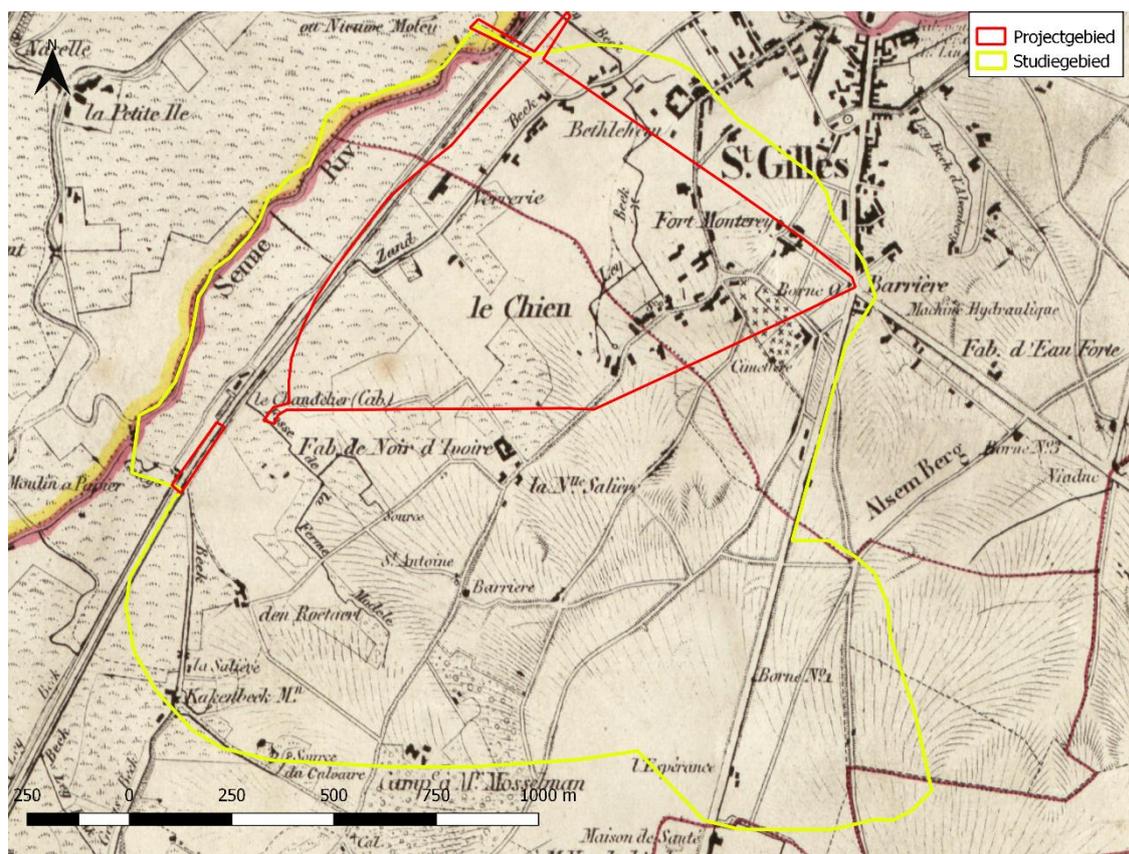
Les figures 2.1 et 2.2 montrent deux cartes historiques du périmètre du projet: la carte Ferraris (1771-1778) et la carte de Vandermaelen (1846-1854). Au temps de la carte Ferraris on rencontre dans le périmètre du projet et la zone d'étude des jachères et des champs. La structure urbaine actuelle n'apparaît pas encore sur la carte. St-Gilles est encore un village rural avec des constructions éparses. Sur la carte de Vandermaelen est visible le chemin de fer nouvellement construit entre Bruxelles et Braine-Le-Comte, ainsi que le Leybeek<sup>1</sup> (repris comme 'beek'), qui a son cours dans le périmètre du projet, parallèle à la Senne. On ne peut pas encore parler d'un territoire fortement urbanisé. Ce n'est qu'avec Victor Besme (1834-1904) et sa conception pour l'extension urbaine de Bruxelles vers son agglomération par le développement de voiries que la zone du projet a obtenu sa structure spatiale très reconnaissable et a été transformée en une banlieue entièrement urbanisée. Cela aura également un impact sur la gestion de l'eau dans la zone du projet (voir section 1.2).

Figure 1.1 Carte de Ferraris (1771-1778) du périmètre du projet et d'étude. La carte de Ferraris est à l'échelle du 1:11520 (source: geopunt)



<sup>1</sup> Le 'Ley beek' est un ancien nom du Geleitsbeek amont. Le 'Zand beek' était un affluent du Geleitsbeek, le cours de cette rivière correspond au tracé actuel de la Rue de Belgrade.

Figure 1.2 Carte de Vandermaelen (1846-1854) du périmètre du projet et du périmètre d'étude. La carte de De Vandermaelen est à l'échelle 1:20.000 (source: geopunt)

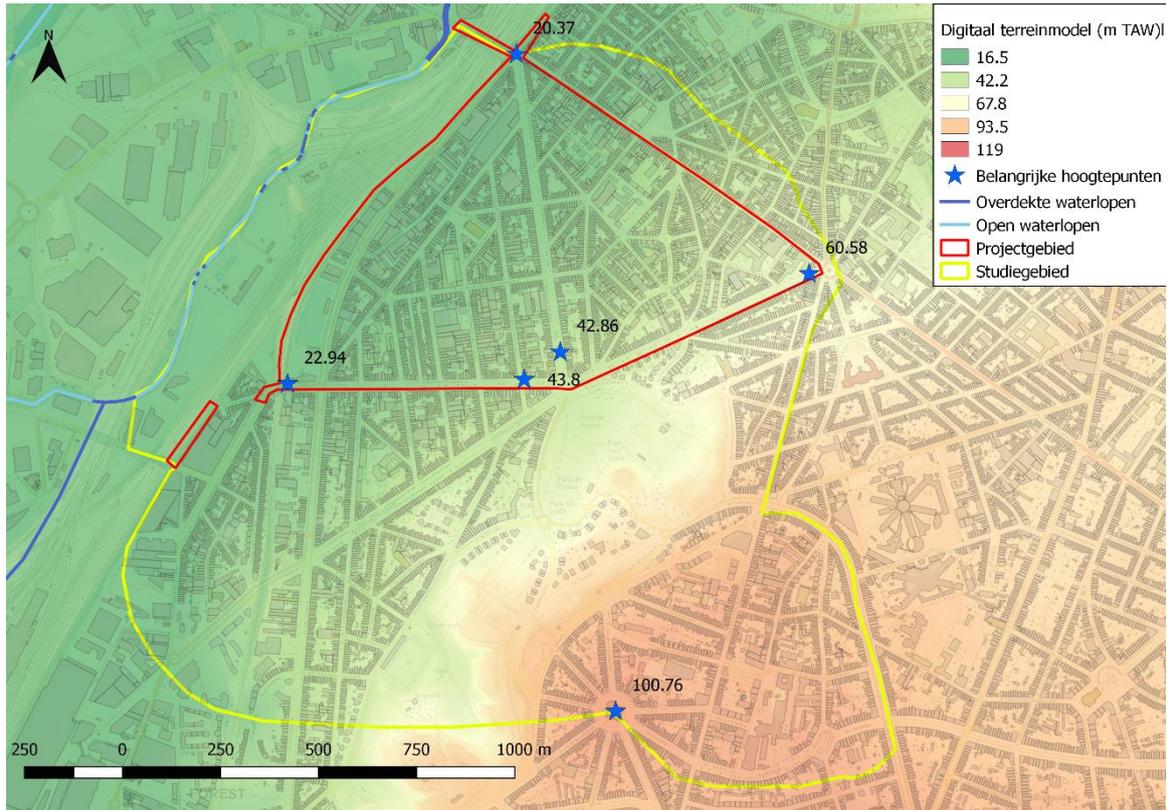


## 1.1.2 Topographie

La figure 2.3 montre le modèle numérique de terrain (MNT) du projet et de la zone d'étude. Le périmètre du projet et la zone d'étude apparaissent clairement dans la Vallée de la Senne. Il existe des différences d'altitude significatives dans la zone du projet : le point le plus bas est à 20,37 m DNG (à hauteur du croisement entre l'Avenue du Roi et l'avenue Fonsny) et le plus haut point est à 60,58 m DNG (à hauteur du croisement entre l'avenue du Parc et la rue Théodore Verhaeghen). Il y a également d'importantes différences de niveau au sein des rues: l'avenue du Parc compte une différence de niveau de 15 m; entre l'avenue Wielemans-Ceuppens et l'avenue du Roi cela peut atteindre jusqu'à 20 m.

Au sein du périmètre d'étude les différences de niveaux sont encore plus grandes : le plus haut point d'altitude est 'l'altitude 100' (100,76 m DNG à hauteur du rondpoint de l'avenue Everard). Le MNT est relativement précis, jusqu'à 25 cm, et est mis à jour 3 fois par mois.

Figure 1.3 Modèle numérique de Terrain dans la zone du projet et le périmètre de l'étude (Source : UrbIS)



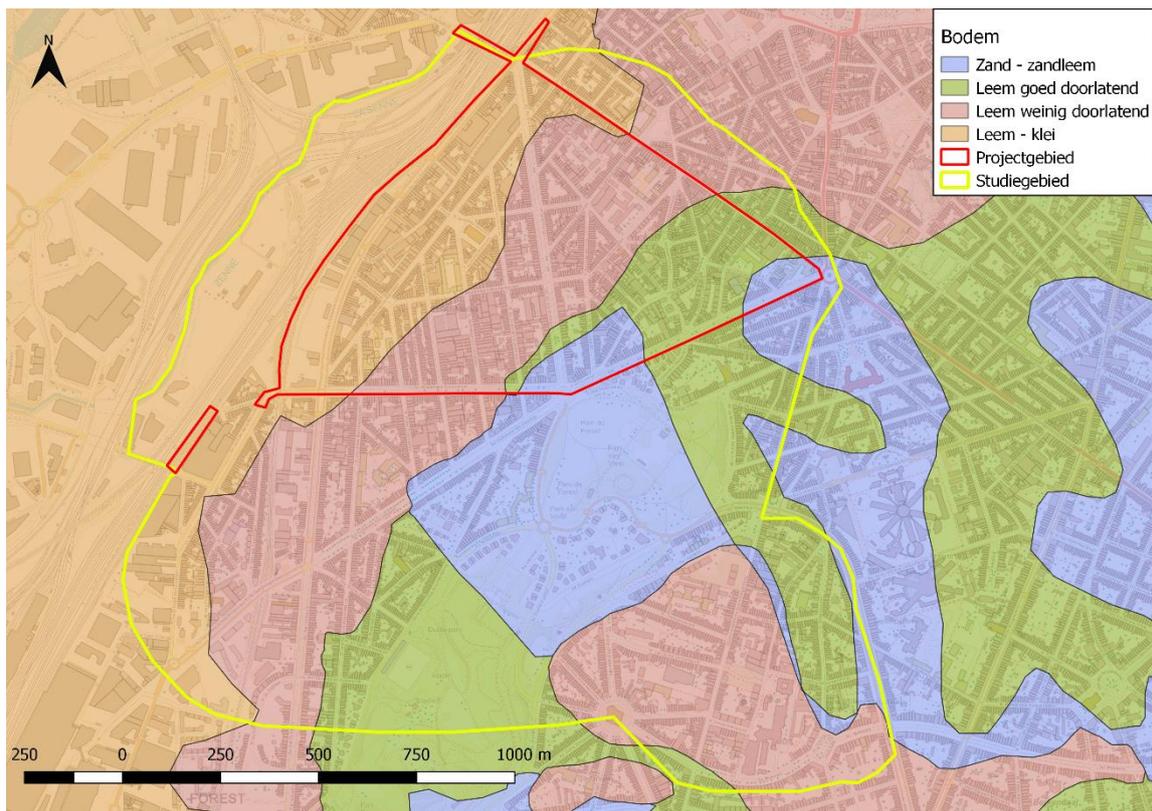
### 1.1.3 Sol

La figure 2.4 montre la texture du sol dans le périmètre du projet et la zone d'étude. Ceci est basé sur la carte de Bruxelles Environnement pour la géologie de la Région (Carte du Quaternaire, échelle 1: 200.000 et 1: 50.000). Le sol dans le périmètre du projet peut être classé suivant trois délimitations :

- Dans la vallée, on rencontre un sol de limon et d'argile, qui permettent une infiltration modérée à mauvaise ;
- Plus à l'amont dans le projet, au niveau de l'Avenue du Roi, le sol est limoneux et peu perméable;
- Sur les hauteurs, on rencontre un sol sableux à sablo-limoneux, propice à l'infiltration.

Dans le reste de la zone d'étude, la répartition de la texture du sol est moins claire. Dans la vallée près de la Senne, le sol est limoneux à argileux et l'eau s'infiltré difficilement. Autour de l'avenue Van Volxem et de l'Altitude 100, le sol est constitué de limon peu perméable ; toutes les autres zones sont constituées de sable ou de sablo-limon bien perméable. Cette estimation initiale sera affinée par la réalisation d'essais d'infiltration à onze endroits dans la zone du projet. Pour les résultats des tests d'infiltration, voir note séparée (ref. 111231\_011-notc01-infiltratieproeven).

Figure 1.4 Constitution du Sol dans le périmètre du projet- et zone d'étude (source : Bruxelles Environnement)



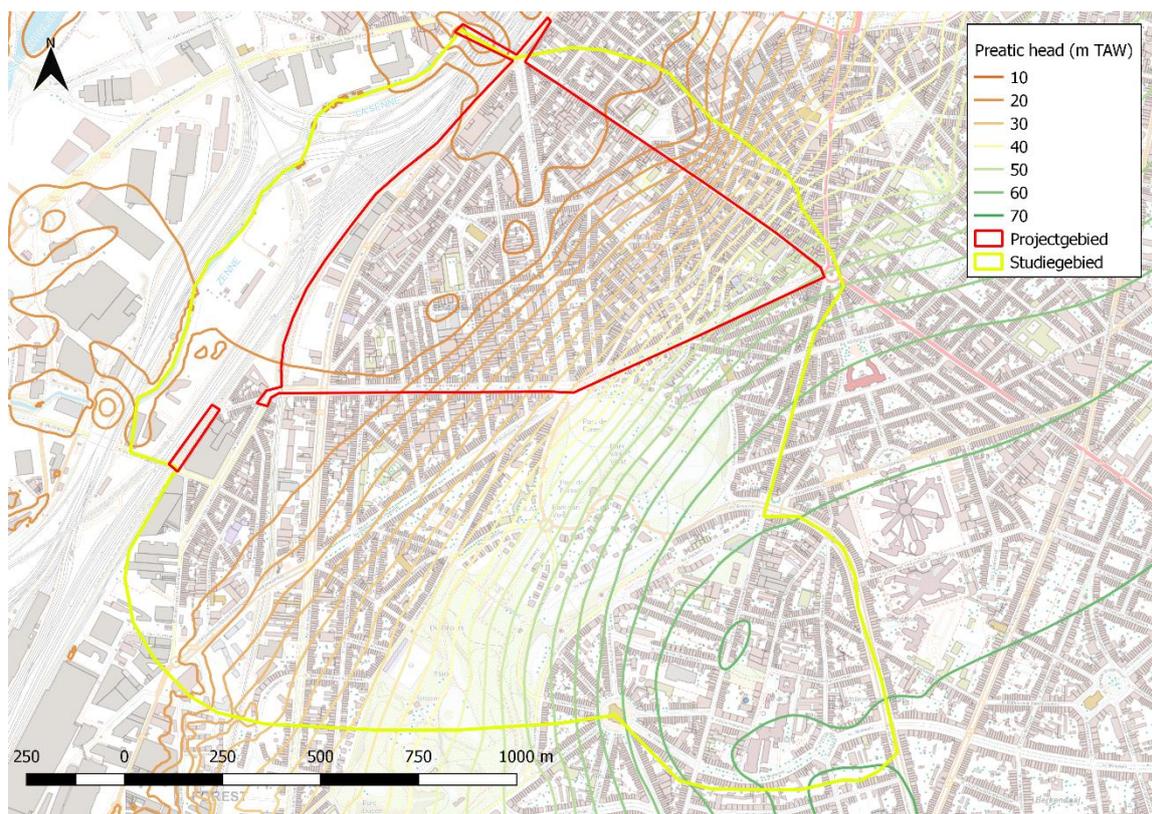
#### 1.1.4 Eau souterraine

La figure 2.5 donne la modélisation de la profondeur de nappe phréatique en mai 2013. Ceci est basé sur le BPSM (Brussels' Phreatic System Model), un modèle hydro-géologique du système phréatique, qui est réalisé par Bruxelles Environnement. Figure 1.5 doit être interprétée avec précaution. Le BPSM est un modèle établi à l'échelle régionale et l'erreur associée est estimé à maximum 2,00 m. Ainsi, la carte suivante peut donner une estimation approximative de la nappe phréatique dans la zone du projet et dans la zone d'étude.

Dans le périmètre du projet, situé dans la vallée de la Senne, les niveaux d'eaux souterraines suivent la topographie : à l'intérieur du périmètre du projet, il existe de grandes différences de niveaux des eaux souterraines, qui semblent être liées aux différences de hauteur dans la zone. Dans les zones les plus basses du périmètre (Wiels, Quartier St. Antoine) le niveau de la nappe est relativement bas (< 2,00 m sous la surface du sol). Les caves dans ces zones sont en conséquence sensibles aux inondations par remontée de nappe (voir également section 3.1).

Dans la zone d'étude, les niveaux d'eau souterraine s'élèvent et atteignent un niveau maximal à hauteur de l'Altitude 100, au sud du Parc de Forest.

Figure 1.5 Niveaux d'eaux souterraines dans le périmètre de projet et d'étude sur base du modèle régional des eaux souterraines. Erreur à la marge est estimée à 2 m (Source: Bruxelles Environnement)



### 1.1.5 Potentiel d'Infiltration

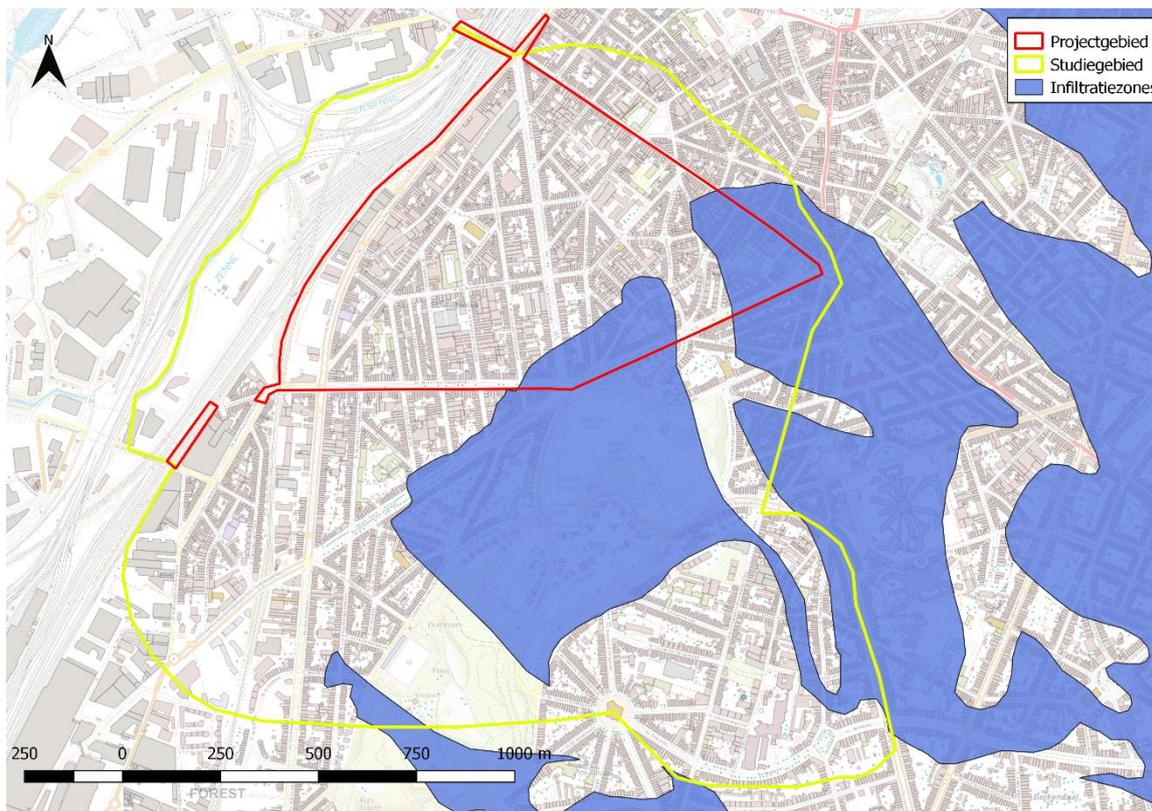
Avec un niveau d'eaux souterraines relativement bas et une perméabilité du sol relativement bonne dans la plupart des parcelles, la zone est potentiellement favorable à l'infiltration. La figure 2.6 présente une estimation théorique du potentiel d'infiltration basée sur une analyse (conservatrice) de Brusseau. Il est supposé que l'infiltration ne peut avoir lieu que si les conditions suivantes sont remplies :

- La pente doit être plus petite que 2 à 3 % ;
- Les deux premiers mètres du sol-ci doivent être constitués de sable ;
- Il n'est pas tenu compte de la couche superficielle du sol (loess du Quaternaire), alors que celle-ci conditionne souvent le potentiel d'infiltration.

Sur base de cette estimation, dans le périmètre du projet, le croisement entre l'avenue du Parc et l'avenue Wielemans-Ceuppenslaan serait une bonne zone d'infiltration; dans le périmètre d'étude les zones du Parc de Forest, du Parc Duden et de l'Avenue Albert sont de bonnes zones d'infiltration (figure 2.6).

La carte des potentiels d'infiltration doit être utilisée avec une grande précaution. La carte doit s'employer comme une première estimation théorique d'où l'infiltration peut avoir lieu de manière certaine. Bruxelles Environnement a des réserves sur cette information car le périmètre du projet est fortement urbanisé et le sol susceptible d'être remanié. Lors d'un projet concret, il faut toujours prévoir de réaliser des tests d'infiltration. Afin d'estimer le potentiel d'infiltration réel du sol dans la zone du projet, plusieurs essais d'infiltration ont été effectués dans toute la zone du projet (voir annexe V pour les résultats de ces tests d'infiltration).

Figure 1.6 Estimation théorique des zones d'infiltration, la carte doit être interprétée avec précaution (Source : VUB, adaptée pour Brusseau)



## 1.2 Cycle anthropique de l'Eau

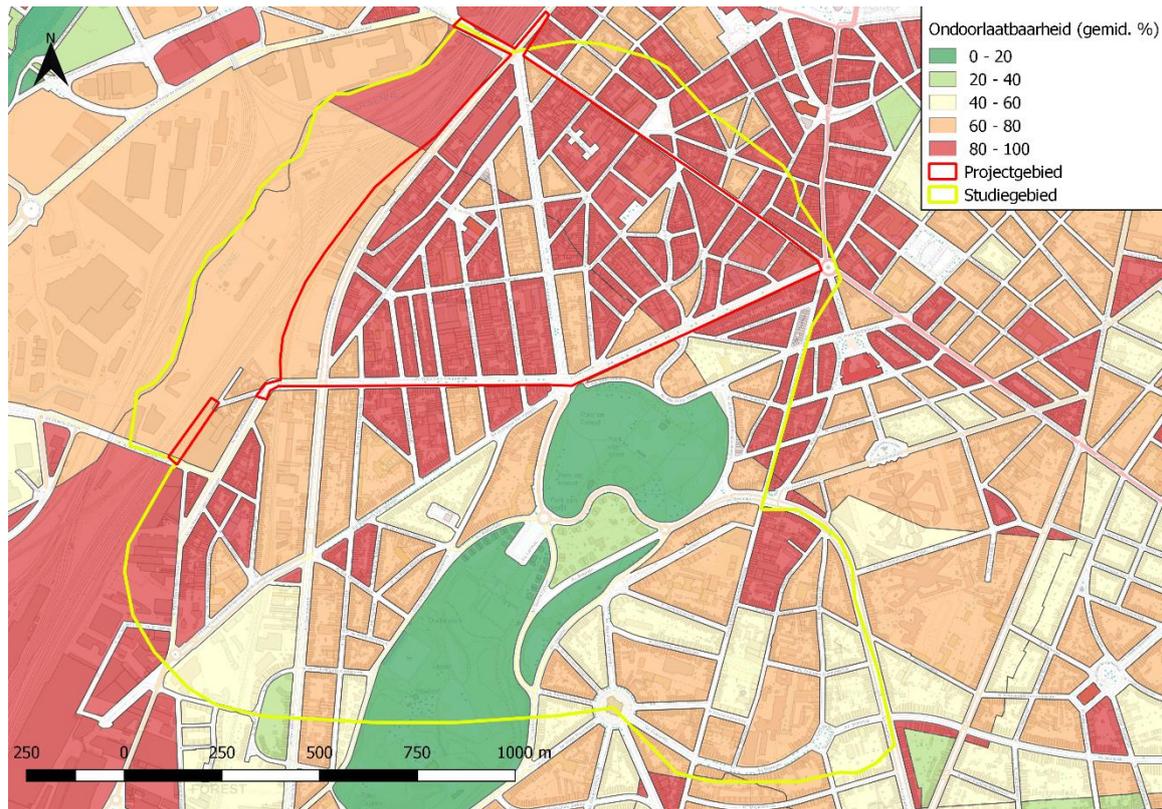
### 1.2.1 Utilisation du Sol

#### Imperméabilisation

La figure 1.7 laisse entrevoir le pourcentage d'imperméabilisation par blocs de bâtiments. La carte a été établie par Brusseau sur base d'images satellitaires. Sur base de la différence entre la mesure de l'indice de réflexion et l'indice de surface foliaire (LAI), le sol est classé en différents types (pavé, végétation, plan d'eau), avec une précision de 20 m<sup>1</sup>. Partant de ces données, le pourcentage d'imperméabilisation (TIA: total impervious area) dans le périmètre est défini. La Figure 1.7 montre que le périmètre du projet est pratiquement imperméabilisé en totalité : à quelques groupes de bâtiments près, le taux d'imperméabilisation est de 80-100 %. Comme conséquence du taux d'imperméabilisation élevé pratiquement toute l'eau pluviale qui tombe sur le périmètre du projet ruisselle en surface. Ceci montre l'enjeu immense à faire évoluer le système actuel de gestion des eaux urbaines vers un système de gestion plus naturel et robuste.

<sup>1</sup>Plus d'information sur la méthode appropriées se trouve dans le rapport 'Le Bassin d'orage du Square Lainé est-il nécessaire?' (Brusseau, 2019).

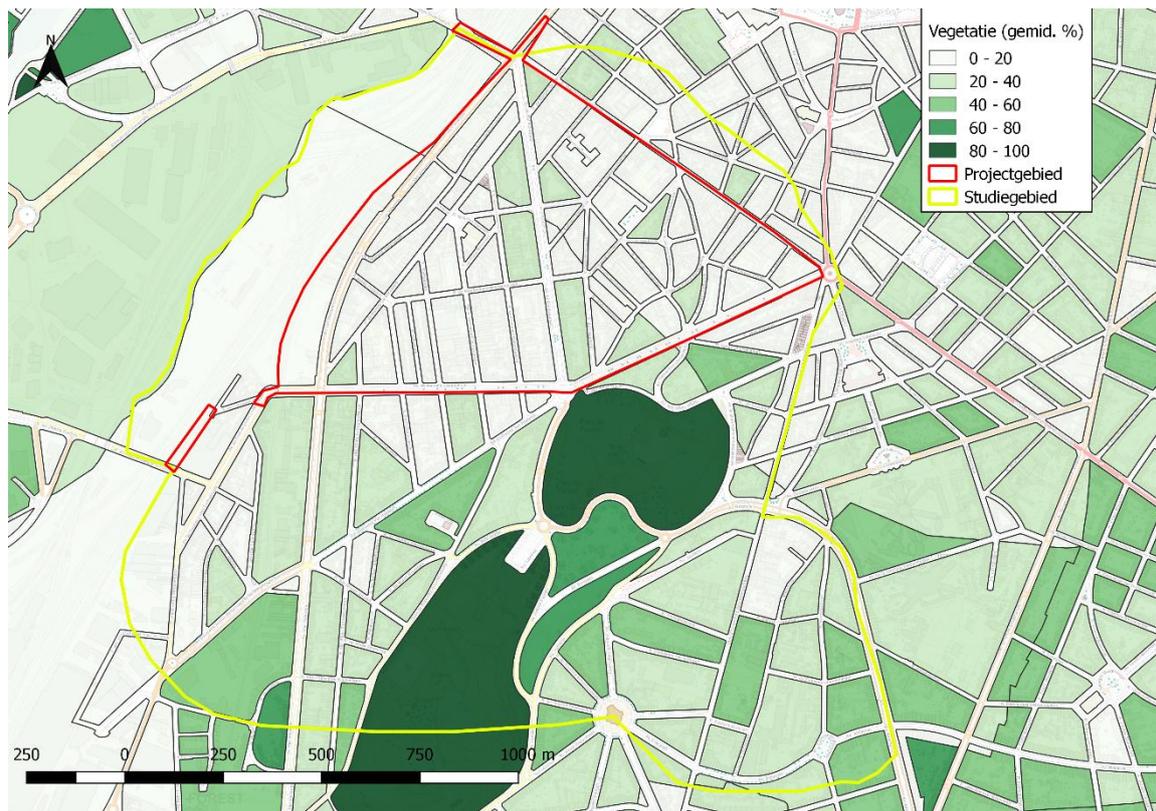
Figure 1.7 Taux d'imperméabilisation par bloc de construction dans le périmètre du projet et la zone d'étude (Source: Brusseau)



### Végétation

La figure 1.8 montre le pourcentage de végétation par îlot et les espaces verts publics (Parc Duden, Parc de Forest). Le taux de végétation par îlot provient de Brusseau avec la même méthodologie que celle développée pour la carte de l'imperméabilisation en se basant sur des images satellitaires. La carte peut se lire comme l'inverse de la carte sur l'imperméabilisation: il n'y a quasiment aucune végétation présente dans les îlots situés dans le périmètre du projet. Il y a comme conséquence très peu d'eau infiltrée dans le sol. La zone d'étude comporte plus d'espaces végétalisés en ce compris la présence des parcs : le parc Duden et le Parc de Forest. Au niveau de l'avenue de Jupiter, de la chaussée de Bruxelles et de l'avenue de la Deuxième Armée britannique, le pourcentage de végétation est également relativement élevé (40-80 %) de par la présence de grand jardin et d'espaces verts publics.

Figure 1.8 Pourcentage de la couverture végétale dans le périmètre du projet et la zone d'étude (Source: Brusseau)



## 1.2.2 Flux Hydrologiques

Les précipitations qui tombent sur le périmètre du projet et la zone d'étude, peuvent soit être infiltrées dans le sol, soit rejetées vers un réseau de surface via l'égout ou une eau de surface. Dans son étude 'Le Bassin d'orage du Square Lainé est-il nécessaire?', Brusseau a analysé ces flux hydrologiques sur base d'images satellitaires, de l'indice de réfraction et de la quantité de précipitations ( $l/m^2$ ). Tous les calculs ont été développés au moyen de relations paramétriques, basées sur des analyses de régression. Les formules développées dans ce cadre ont été calibrées et validées sur base de mesures prises au bassin d'orage du Watermaelbeek et du Roodebeek.

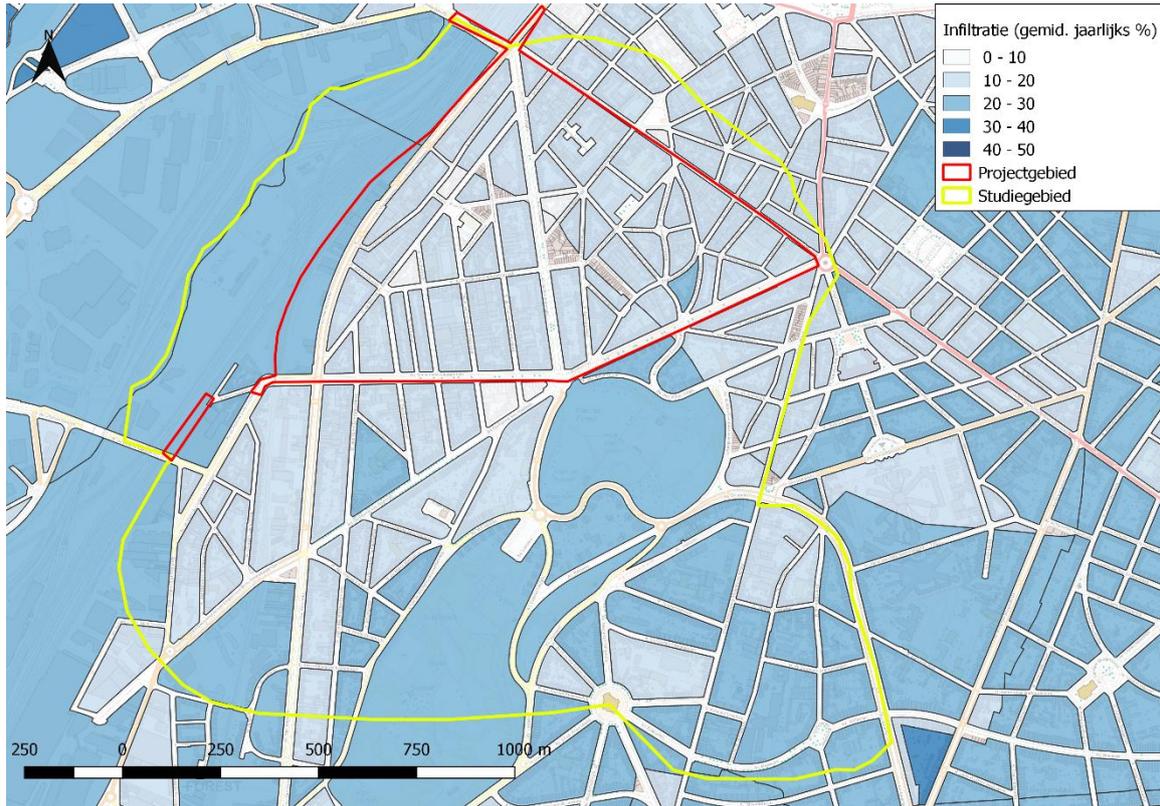
### Infiltration

L'infiltration dans le sol dépend du pourcentage de couverture végétale et de la quantité de précipitation qui tombe au sol. Celle-ci a été évaluée à 98% des précipitations totales, les 2% restant étant interceptés par la végétation.

L'infiltration est définie comme le volume d'eau pluviale qui n'est pas intercepté et non envoyé à l'égout. Dans la zone du projet, sur base de mesures et données, estimée avec un LAI moyen de 0.02.

L'infiltration évolue de pair avec la végétation dans le périmètre du projet. Vu le peu d'espaces verts présent au sein de la zone de projet, les potentialités d'infiltration sont ici limitées (0-10%). Par contre, de plus grandes zones de végétation sont présentes dans la zone d'étude, ce qui augmente le potentiel d'infiltration (jusqu'à 30%).

Figure 1.9 Potentiel d'infiltration moyen annuel au sein du périmètre du projet et de la zone d'étude (Source: Brusseau).



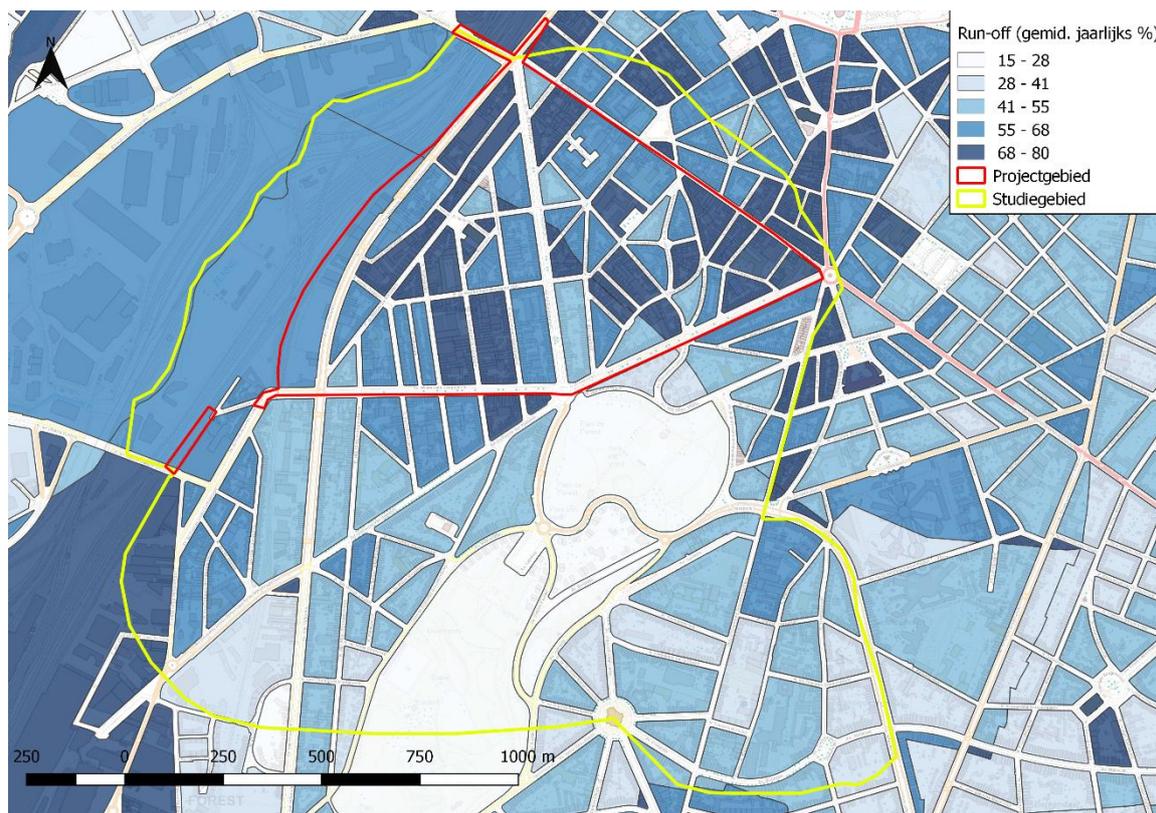
### Ruissellement

Le pourcentage de ruissellement dépend de la quantité nette de précipitation, ainsi que du taux d'imperméabilisation. Il est estimé avec un coefficient de ruissellement moyen de 0,65 et une précipitation nette de 98% des pluies totales.

Le ruissellement dépend fortement de l'imperméabilisation totale dans le périmètre du projet. Vu qu'à l'intérieur du périmètre d'étude ce sont principalement des zones fortement imperméabilisées, le taux de ruissellement est estimé élevé (plus de 70% des précipitations. Seulement à la hauteur des quelques zones vertes, les taux de ruissellement (run-off) sont plus limités (30-40 %).

Dans le reste de la zone d'étude le ruissellement est d'ampleur beaucoup plus limitée. A hauteur des zones bâties, le runoff fluctue entre 30 et 50 %; dans les parcs, le ruissellement est encore plus faible.

Figure 1.10 Ruissellement annuel moyen dans le périmètre du projet et la zone d'étude



### 1.2.3 Pollution du Sol

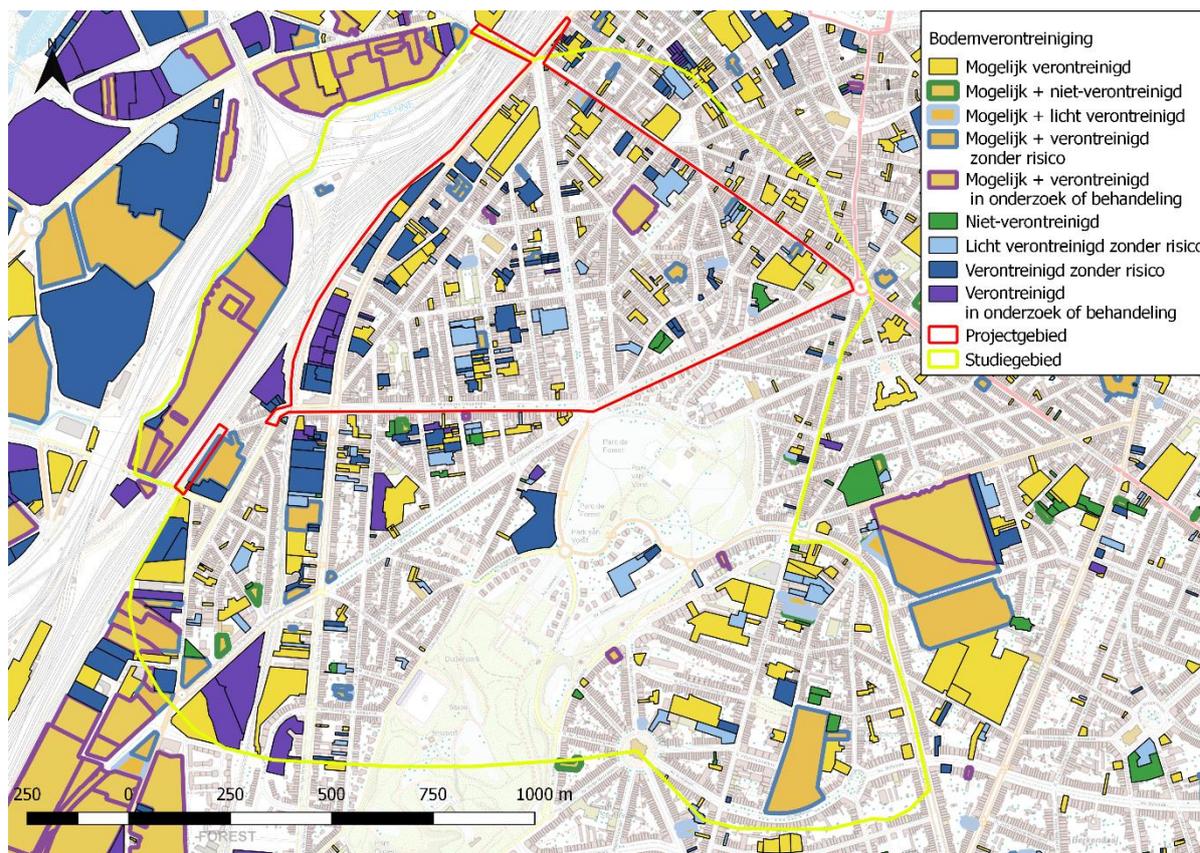
La figure 1.11 montre la pollution du sol connue dans le périmètre du projet et la zone d'étude. Bruxelles Environnement gère au niveau de la Région bruxelloise une base de données des parcelles polluées<sup>1</sup> (les parcelles polluées sont réparties en différentes classes, dépendant de l'intensité de la pollution et du niveau de risque). La base de données n'est pas exhaustive. Seuls les terrains où une étude du sol a été menée sont repris dans la base de données. La base de données est mise à jour quotidiennement pour autant que de nouvelles données aient été fournies.

Au sein du périmètre de projet et au sein de la zone d'étude, il y a un grand nombre de parcelles polluées qui sont identifiées. La pollution est très étendue et ne peut pas être liée à des rues ou des régions en particuliers. Dans le périmètre du projet, des hotspots de pollution importants semblent se situer le long de l'avenue Van Volxem, de la rue de Belgrade et de la Rue de Fierlant et à l'est et l'ouest du Parc de Forest, mais il y a également des pollutions du sol en d'autres localisations, notamment la parcelle de JCX.

De par la présence de pollutions du sol cela peut rendre localement impossible l'infiltration d'eau. Ceci dépend du type de pollution et de la structure du sol en présence. La plupart des dispositifs seront toutefois (en premier lieu) axé sur le tamponnage, vu que lors du pique de précipitation, l'infiltration a peu ou pas d'impact. Passé le pique de crue, lorsque les dispositifs de tamponnage sont pleins, ceux-ci doivent se vider, de préférence via infiltration, mais également lorsque cela s'avère nécessaire via débit (limité). Dans le cadre de l'élaboration technique des mesures cela devra être étudié plus en détail pour chaque projet.

<sup>1</sup> Ceci peut être consulté sur <http://geoportal.ibgebim.be/webgis/bodemtoestand.phtml>

Figure 1.11 Pollutions du sol dans le périmètre d'étude (Source: Bruxelles Environnement)

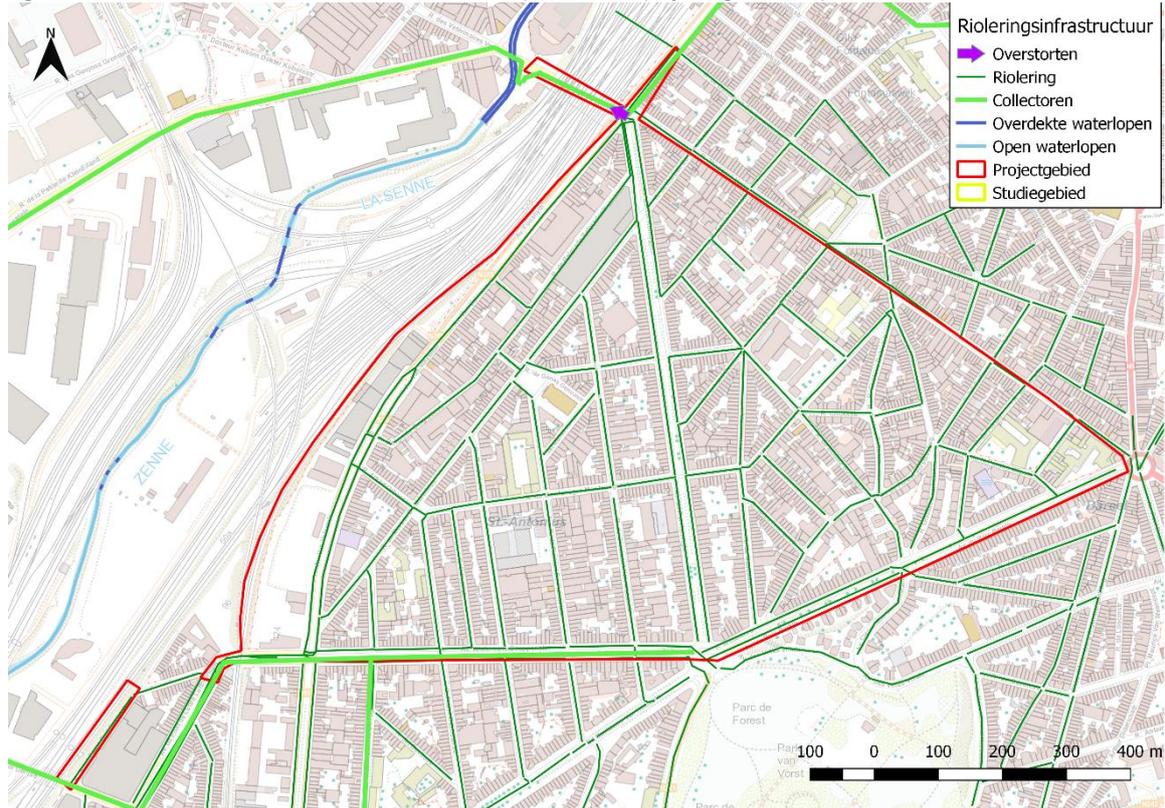


### 1.2.4 Infrastructre de gestion des eaux urbaines rsiduelles

Dans le p rimtre, il existe un vaste rseau d'gouts, de collecteurs, de dversoirs et de stations de mesures (voir figure 1.12). Le rseau d'gouttage communal st g r par Vivaqua, qui est responsable de la collecte des eaux rsiduelles urbaines (eaux us es ou m lange d'eaux us es et d'eau de pluies issue du ruissellement) au niveau communal pour la R gion de Bruxelles Capitale. Le rseau d'eaux us es au niveau r gional (collecteur et stations d' puration - STEP) est g r par la SBGE. Enfin, il y a probablement aussi une infrastructure de drainage d'Infrabel, le long de la ligne de chemin de fer.

Dans le p rimtre du projet, un gout communal (Vivaqua) rejoint la STEP via deux grands collecteurs : soit via pont de Luttre, soit via le carrefour form r par l'Avenue du Roi, l'Avenue Van Volxem et l'Avenue Th odore Verhaegen. La Senne court le long du p rimtre du projet et est alternativement ouverte et couverte. Les deux collecteurs pr sents ont leur dversoir vers la Senne (voir figure 1.12). Un descriptif plus d t ail l du rseau d'gouttage, inclus ses dimension, sa profondeur est repris en annexe V.

Figure 1.12 Réseau d'eaux urbaines résiduaires au sein du périmètre du projet : égout (Vivaqua) et collecteurs (SBGE)



L'eau provenant de la zone d'étude s'écoule le long de deux directions : (1) le long du Parc de Forest vers l'avenue du Parc où l'eau se sépare pour rejoindre soit le carrefour entre l'Avenue du Roi et l'Avenue Van Volxem, soit le Pont de Luttre; (2) via la Rue des Alliés vers l'avenue Wielemans-Ceuppens, où elle peut répartier entre Pont de Luttre et l'avenue Van Volxem. A hauteur du Parc de Forest et Duden, il y a un bassin d'orage de prévu (BO Lainé). Au nord du périmètre du projet se trouve également un collecteur de la SBGE à hauteur de la Porte de Halle.

#### Connexion entre le périmètre du projet et la Senne

##### Connexion entre l'Avenue du Roi et la Senne

Bruxelles Environnement a déjà investigué la possibilité d'établir d'une connexion directe avec la Senne à partir de l'avenue du Roi en utilisant les infrastructures souterraines existantes. Le réseau d'égout de la Vanne Fonsny, au carrefour entre l'Avenue du Roi, l'avenue Fonsny et la rue Théodore Verhaegen, a été inspecté. En annexe III est fourni le plan technique de l'infrastructure souterraine. A cet endroit, aboutissent plusieurs collecteurs. Il y a également des déversoirs vers la Senne et canalisation de transport vers la STEP. De l'inspection réalisée, il découle deux constats:

- 1 Le puits existant qui auparavant formait la connexion entre l'égout et la Senne est en très bon état et n'est actuellement plus utilisé. Avec la construction de la STEP, un mur a été construit pour condamner ce puits;
- 2 Depuis La Vanne (point \*1 et point \*2 sur la carte, voir annexe III) une connexion pourrait à nouveau être réalisée à la Senne. L'étude donne ici une série de recommandation technique concrète pour ce faire.

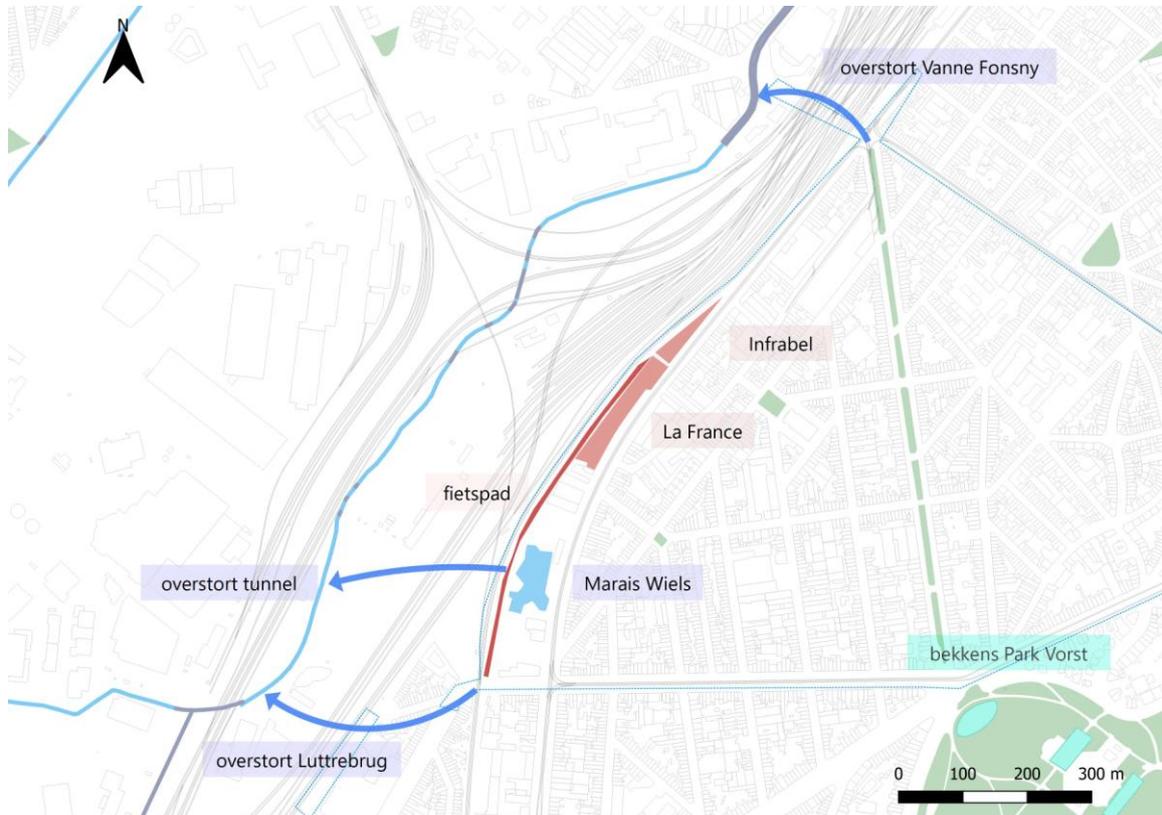
##### Connexion entre Pont de Luttre et la Senne

Une autre voie de connection à la Senne est via la Rue Preckher, par une traversée existante sous le chemin de fer. Une difficulté à ce niveau est d'atteindre la Senne, la topographie constitue un grand désavantage, et de plus de nombreux câbles internet et/ou les impétrants de gaz devront être croisés pour atteindre la Senne.

### Connexion Tunnel – Senne

La dernière possibilité de passage pour l'eau est via le tunnel existant à hauteur du Marais Wiels. Ce tunnel est un passage accessible en direction de Divercity (sur le côté nord du talus de la voie ferrée), mais il a une forte valeur résiduelle : une école sera construite sur le terrain triangulaire à l'embouchure du tunnel. Cette conception peut ou non limiter fortement le passage à la Senne.

Figure 1.12 Aperçu des hypothèses de travail pour le périmètre du projet (Marais Wiels, voie cyclable, La France, Infrabel), pour la zone d'étude (Bassin dans le Parc de Forest) et point de connexion (pont de Luttre, tunnel Marais Wiels, Vanne Fonsny).



### Infrastructure de gestion des eaux Infrabel

Il n'y a pas d'information disponible sur de potentiels drains ou autres infrastructures de gestion des eaux le long des voies de chemin de fer. Infrabel a fait savoir qu'il n'y avait pas d'aqueduc ou bassin d'orage présent dans le périmètre du projet. Ils n'ont pas une vue d'ensemble claire des autres infrastructures de drainage. Infrabel indique que les tuyaux d'un diamètre inférieur à 60 cm ne sont pas inclus dans sa base de données et qu'elle n'a aucun plan pour la zone du projet. La commune de Saint-Gilles et de Forest ont toutes deux indiqué qu'elles ont connaissance d'infrastructures de drainage existantes le long des voies ferrées dans la zone du projet (notamment rue Saint Denis au bout de la rue Prechker), mais l'emplacement et dimensions ne sont pas connues.

# 2

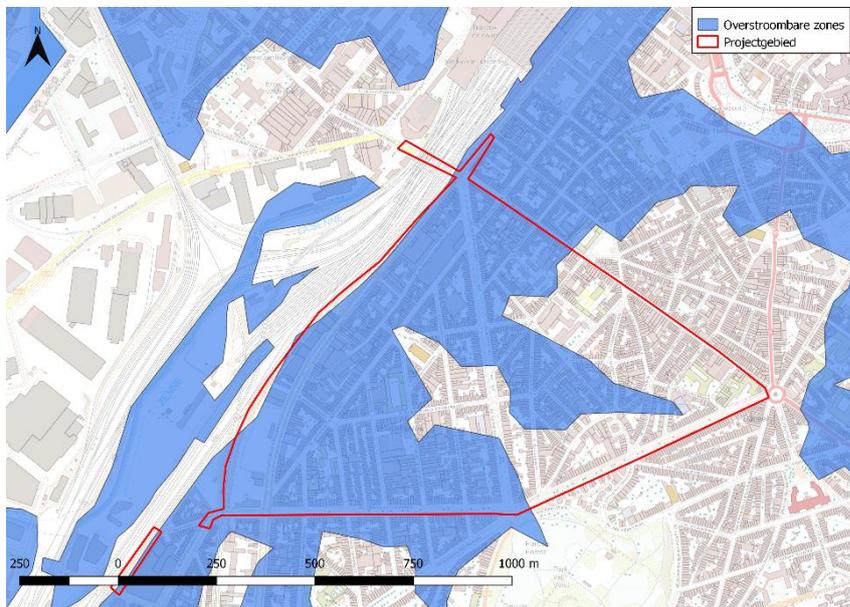
## ANALYSE DU SYSTEME

Dans ce Chapitre, la problématique de l'eau au sein du périmètre du projet est décrite et l'état du système eau est analysé. Ceci est réalisé au regard des informations disponibles et études existantes. Cette étude se focalise sur les inondations (eau sur la rue) causée par une capacité (trop) limitée de l'égout. Aucun modèle n'a été développé avec le modèle d'égout de Vivaqua, car, d'une part, ce modèle n'est pas accessible à la demande et, d'autre part, il n'est pas complet. A la place deux analyses des flux et un (premier) bilan sera aoo hydrologique simple ont été menés. Dans la phase suivante, un modèle hydraulique conceptuel 1D de la vision hydrologique de la zone sera développé, à partir duquel les conditions préalables pour les différents projets CRU4 seront dérivées.

### 2.1 Problématique de l'Eau

La problématique inondations est bien connue du projet. Figure 2.1 montre une carte d'ensemble des zones inondables au sein du périmètre du projet, basées sur les événements d'inondations survenus, les plaintes pour caves inondées, inventaires des pompiers et différentes analyses.

Figure 2.1 Zones potentiellement inondables au sein du périmètre du projet, basé sur les données inondations, les plaintes et analyses (Source: Bruxelles Environnement)



La figure 2.2 montre quelques images récentes des inondations dans la Commune de Forest.

Figure 2.2 Photos des inondations au sein du périmètre du projet, au coin de l'Avenue du Roi et de la Rue F. Bernier source: commune de Forest)

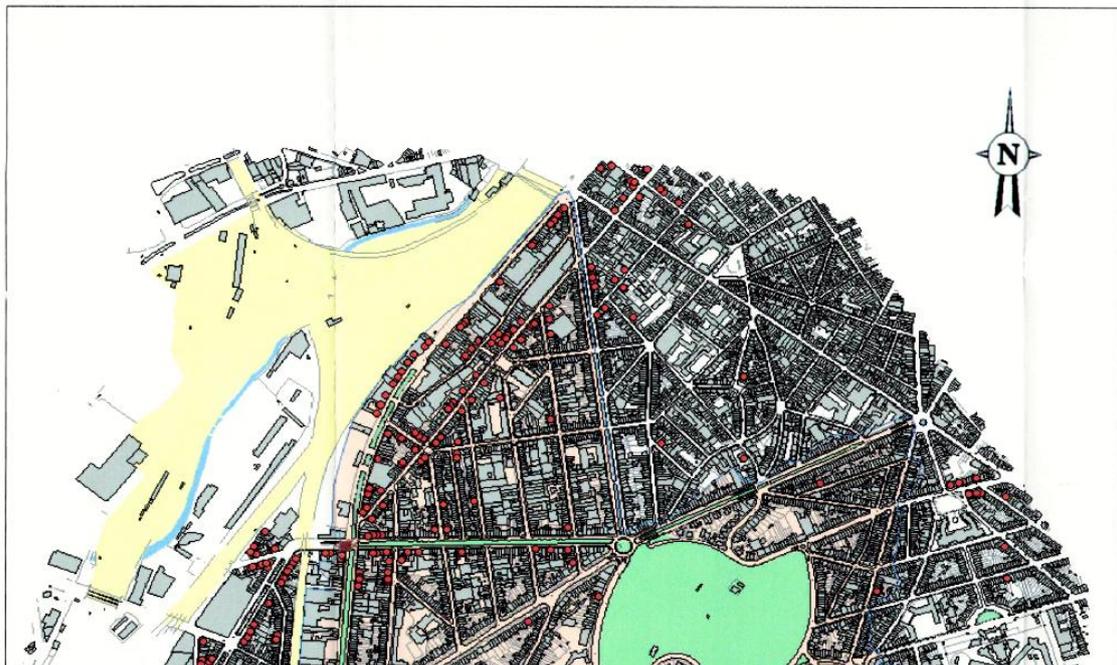


#### Plaintes inondation

Aussi bien Vivaqua que Bruxelles Environnement disposent d'informations au sujet de plaintes inondation. La figure 3.3 montre les résultats de l'étude de 2008 et montre les plaintes inondations. La majorité des plaintes inondation sont situées à l'aval dans l'avenue Wielemans-Ceuppens, le long de l'entièreté de la rue de Belgrade et sur la moitié de l'avenue Van Volxem.

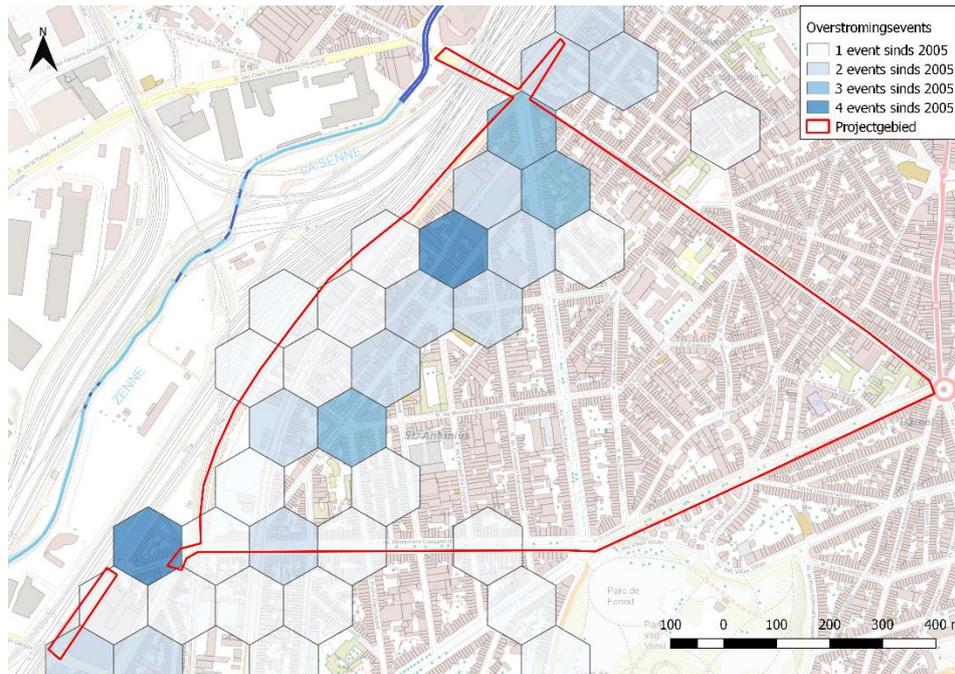
Figure 2.3 Les plaintes des riverains et instances consultées en 2008 par Vivaqua (Source : Vivaqua)

#### *Plaintes Inondations reçues*



Les plaintes que Bruxelles enregistre débutent en 2005 et cours toujours en 2018 (figure 2.4). La plupart des inondations prennent place dans la vallée de la Senne. A hauteur du croisement des avenues du Roi et De Van Volxem et au croisement entre l'Avenue du Roi et la rue de Mérode, meeste overstromingen vonden plaats in de vallei van de Zenne. Ter hoogte van het kruispunt van de Koningslaan en de Van Volxemlaan en het kruispunt tussen de Koningslaan en de Mérodestraat, les points les plus bas de la zone du projet, on dénombre trois évènements d'inondation depuis 2005; à hauteur du croisement de la rue de l'imprimerie et de la Rue de Belgrade e au Pont de Luttre, deux endroits où d'importants volumes d'eau convergent, on comptabilise quatre évènements d'inondation depuis.

Figure 2.4 Carte des évènements d'inondation depuis 2005. La plupart des inondations ont pris place dans la vallée de la Senne  
(Source : Bruxelles Environnement)



Il existe cependant différents types d'inondations par saturation et par débordement, chacune avec ses propres causes et mécanismes<sup>1</sup>. Pour limiter le risque d'inondation par débordement/saturation, les causes et la source de l'inondation doivent être correctement appréhendées. Des mesures particulières pour un certain type d'inondation n'ont bien souvent aucun ou peu d'effet sur un autre type d'inondation. Ici une différence est faite entre :

- 1 Débordement du réseau d'égout (réseau d'égout sous dimensionné);
- 2 Réseau privé insuffisant (remontée d'eau depuis l'égout vers l'habitation);
- 3 Inondation par remontée de nappe phréatique (haut niveau d'eaux souterraines);
- 4 Inondation par débordement de la Senne.

#### Débordement du réseau d'égout

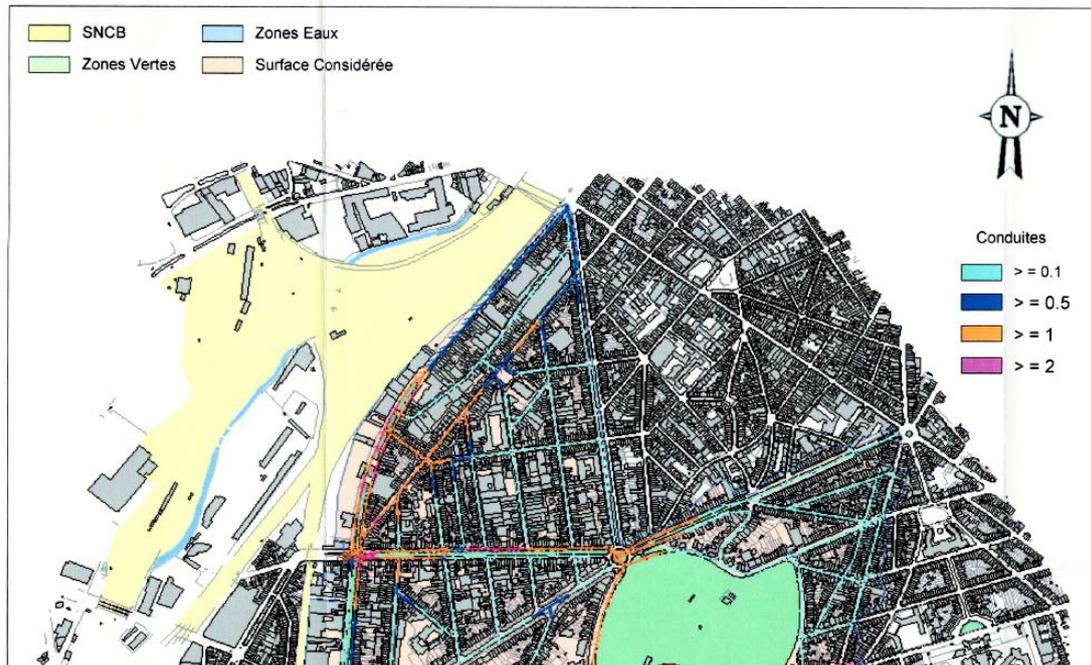
Les inondations peuvent être provoquées par une insuffisance des capacités du réseau d'égouttage. Ce problème se produit en premier lieu sur le territoire de la commune de Forest, où le réseau d'égouts ne peut accueillir la quantité d'eau ruisselant. Le niveau de l'eau monte dans les regards à un point tel que l'eau déborde en rue.

<sup>1</sup> Le mot 'inondation par débordement (overstroming)' correspond généralement aux inondations issues des ruisseaux, rivières et de la mer. Le mot 'inondation par saturation (wateroverlast)' est employé pour les inondations par refoulement d'égout ou remontée de nappe.

La figureFigure 2.5, fournie par Vivaqua (2008), montre quelle conduites sont sous pression (surcharge plus grande ou égale à un facteur deux) pour une précipitation d'une période de retour de 10 ans. Au milieu et en bas de l'avenue Wielemans-Ceuppens, les écoulements dans les conduites sont sous pression, ainsi que la première partie de l'avenue Van Volxem et de la Rue de Belgrade. Lorsque l'écoulement au sein d'une conduite est sous pression, le niveau d'eau dans les chambres d'inspection intermédiaires monte. Cela peut conduire à de l'eau qui jaillit des taques et atteint directement la surface, avec pour conséquences des inondations.

Figure 2.5 Conduites sous pression dans le réseau d'égout et le périmètre du projet (Source : Vivaqua, 2008). Les conduites avec une surcharge de deux débits ou plus sous pression, ce qui peut provoquer une inondation.

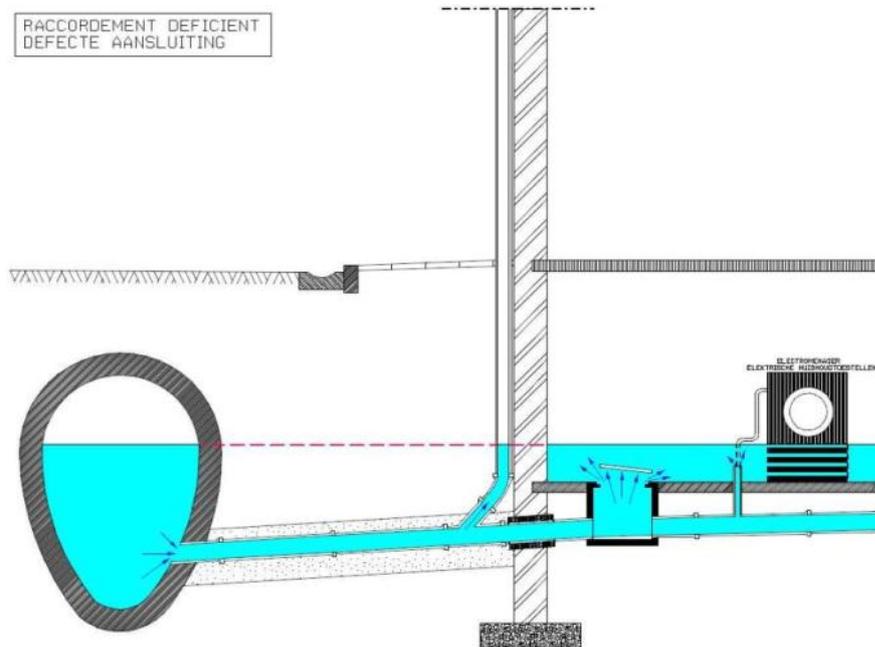
### État de surcharge du réseau



### Réseau privé insuffisant

Une seconde cause d'inondation se produit lorsque l'eau issue de l'égout peut remonter dans l'habitation. La figure 3.6 montre ce principe. La partie supérieure du système d'égout se trouve au-dessus du niveau planché de la cave. Si le réseau privé n'est pas étanche au niveau de la rue, même si les capacités du réseau d'assainissement ne sont pas encore entièrement atteintes, l'eau peut remonter par le raccord situé dans la cave. Cela explique les inondations dans les caves des maisons. Ce problème est fort connu pour les communes de Saint-Gilles et Forest. On estime à 200 habitations sur Saint-Gilles affectées par ce type d'inondations.

Figure 2.6 Inondation dans les caves des maisons par un réseau privé défaillant (Source Vivaqua)



Pour résoudre ce problème, on doit rendre les caves étanches jusqu'au niveau de la voirie. Ainsi, par exemple, il est possible de raccorder le branchement domestique au réseau d'égout par un tuyau coudé haut au lieu d'un tuyau bas (figure 2.7). Cette mesure peut également être combinée avec un clapet anti-retour, qui peut empêcher l'eau du réseau public d'assainissement de se déverser dans le réseau privé. Un clapet anti-retour sur une canalisation basse "classique" n'est pas suffisant, car l'eau de pluie provenant du logement lui-même ne peut pas être évacuée dans le réseau d'assainissement à cause de la contre-pression. Par conséquent, l'eau pluviale remonterait en arrière et causerait des problèmes avec les sanitaires, le lavabo et la baignoire.

Par ailleurs, dans le périmètre du projet, le phénomène est aggravé par des raccordements plus bas que la normale dus à la présence de caves transformées en cuisines (ex. quartier Saint-Antoine)

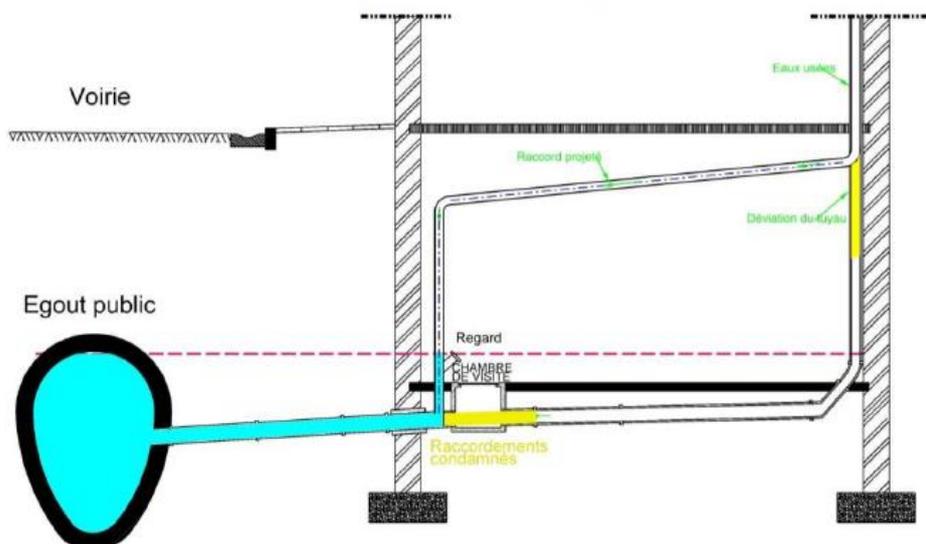
La mise en place de mesures/adaptation du réseau privé des réseaux existants sort du cadre du contrat de rénovation urbaine. Ce type d'inondation ne pourra donc pas être (du moins pas totalement<sup>1</sup>) solutionnée dans le cadre du contrat de rénovation urbaine CRU4 Avenue du Roi.

<sup>1</sup> Par la mise en œuvre de mesures du contrat de rénovation urbaine, la pression sur le réseau d'égoutage sera diminuée, ce qui fera que ce type d'inondation se passera bien moins souvent que dans la situation actuelle.

Figure 2.7 L'ajustement du raccordement de l'habitation au moyen d'une conduite haute au lieu d'une conduite basse pourrait résoudre l'inondation dans le réseau privé (Source : Vivaqua).

## Binnennet aanpassen

### Onderbreking en omleiding van het bestaande net



#### Inondation par remontée de nappe phréatique

Il est également possible que des inondations se produisent dans les caves des maisons en raison d'un niveau élevé des eaux souterraines. La zone du projet est située dans la vallée de la Senne. Comme le montre le chapitre 2, le niveau de la nappe phréatique dans les zones les plus basses n'est que de 2 à 4 m au-dessous du niveau du sol (avec une marge d'erreur de 2 m), ce qui peut entraîner des inondations en rue ou dans les caves (voir annexe I pour une représentation cartographique des niveaux de la nappe par rapport à la surface). Les zones où le niveau de la nappe est subaffleurant sont sensibles aux inondations par remontée de nappe.

Dans la Rue de Belgrade, il y a des notifications d'eau en permanence dans les caves. Il est probable que le niveau de la nappe soit ici au-dessus du niveau de sol de la cave, mais ceci doit être étudié plus en détail. La dynamique des eaux souterraines n'est pas étudiée en détail dans le cadre de ce projet car cela nécessiterait des investigations de terrains complémentaires. Bruxelles Environnement a étudié plus en détail la dynamique des eaux souterraines dans le périmètre ainsi que réalisé une (première) évaluation des risques d'une infiltration future à l'amont. Les résultats de cette étude seront annexés comme addendum au rapport final.

#### Débordement de la Senne

Une dernière cause possible d'inondation est le débordement de la Senne. Toutefois, ce type d'inondation n'est applicable que dans les zones les plus en fond de vallée.

#### Conclusion

On peut conclure que la zone du projet souffre clairement d'une problématique de gestion de l'eau. Toutefois, on ne sait pas exactement quelles proportions des inondations sont liées au réseau d'égout sous-dimensionné, au réseau privé inadéquat ou une remontée des eaux souterraines. Néanmoins, cette étude hydrologique se concentre sur le périmètre du Contrat de Rénovation Urbaine Avenue du Roi et donc sur la (re)qualification de l'espace public, et donc sur les problèmes d'eau causés par le réseau d'assainissement. Se référer à l'annexe VI pour une série de points de compréhension et principes de base sur la gestion des eaux.

## 2.2 Analyse des sens d'écoulement

Afin d'évaluer l'impact des mesures de gestion à la source sur le petit (urbain) cycle de l'eau, les inondations causées par le sous-dimensionnement du réseau d'égout devraient idéalement être calculées en cas de précipitations différentes. Cependant, en l'absence d'un modèle d'égout exhaustif, l'analyse hydrologique se limitera principalement à une analyse des flux et à l'établissement de simples bilans hydriques. Dans la phase suivante, un modèle hydraulique 1D de la vision hydrologique de la zone sera développé sur lequel devront s'appuyer les conditions pour les différents projets du CRU4.

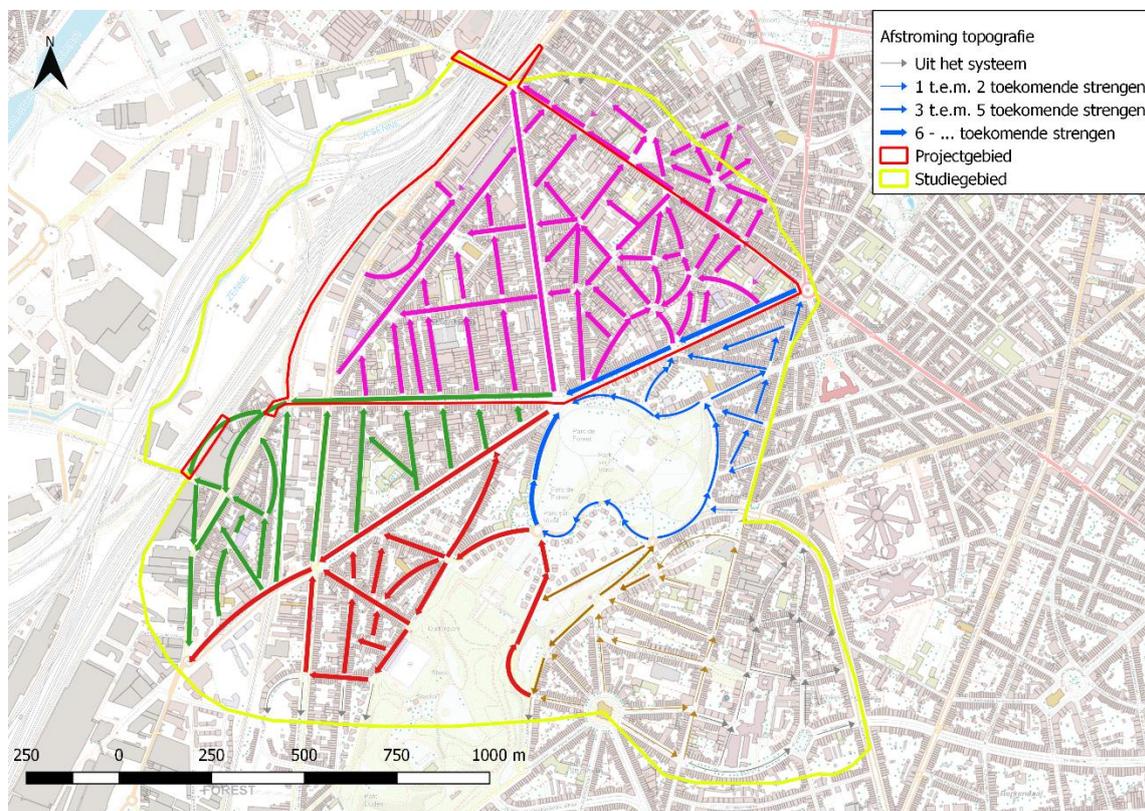
La figure 3.8 montre la carte des sens d'écoulement en fonction de la topographie. La carte des sens d'écoulement est basée sur le modèle numérique de terrain. Pour chaque rue, on détermine le nombre de rues en amont qui l'alimentent ("maille"). De cette manière, il est ainsi possible de déterminer les principaux sens d'écoulement.

Dans la zone d'étude, cinq directions d'écoulement peuvent être définies :

- à l'intersection entre l'avenue Van Volxem, l'avenue du Roi et l'avenue Théodore Verhaeghen, en direction de la Senne (indiqué en fuchsia sur la figure ci-dessous)
- à l'intersection de l'avenue du Parc et de l'Avenue du Roi (sens d'écoulement en bleu) ;
- jusqu'au pont de Luttre, après quoi écoulement en direction de la Senne (sens d'écoulement en vert) ;
- à l'intersection de la Rue Saint-Denis et de l'avenue de la Deuxième Armée (sens d'écoulement en rouge) ;
- jusqu'à l'intersection entre l'avenue de Jupiter et rue du Tournoi (sens d'écoulement en brun).

Une dernière portion disparaît (indiquée en gris sur la figure 2.8) part hors du périmètre du projet et se poursuit via l'Avenue Albert jusqu'à l'avenue du Parc (flèches bleues). Sur base de l'analyse du ruissellement causé par la topographie, différents sous-territoires seront définis dans la phase de vision et la délimitation de la zone d'étude pourra être affinée dans la phase suivante.

Figure 2.8 Carte des écoulements sur base de la topographie

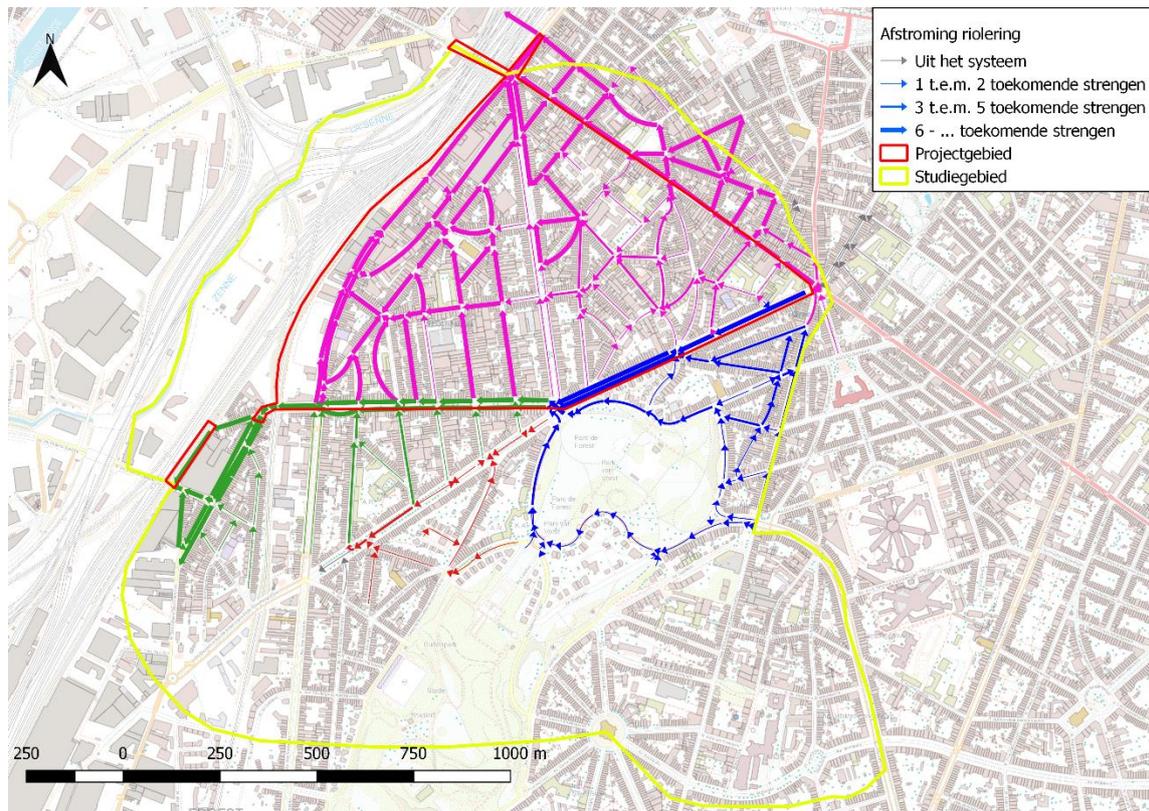


De plus, une carte des sens d'écoulements dans le réseau d'égouts peut également être établie (figure 2.9). À partir de l'information issue du réseau d'égout de Vivaqua<sup>1</sup>, quatre directions principales de rejet ont été définies :

- à l'intersection des avenues Van Volxem, du Roi et Théodore Verhaeghen, en direction de la Senne (indiquée en fuchsia sur la photo suivante) ;
- à l'intersection entre l'Avenue du Parc et l'Avenue du Roi (flèches bleue) ;
- jusqu'au pont de Luttre, après quoi écoulement en direction de la Senne (flèches vertes) ;
- à l'avenue Guillaume Van Haelen (flèches rouges).

Au final toute l'eau du réseau d'égouts est acheminée soit à l'intersection entre l'Avenue du Roi et l'avenue Van Volxem, soit en direction du pont de Luttre pour au final être conduite aux installations de la station d'épuration de Bruxelles Sud. Au niveau du carrefour, l'eau peut également déverser vers la Senne.

Figure 2.9 Carte des écoulements dans le réseau d'égouts



L'annexe IV montre la portion du réseau d'égout communal qui peut déborder et déverser via le carrefour formé par l'avenue du Roi et Van Volxem.

## 2.3 Bilan hydrologique

### Méthodologie

Un bilan hydrologique approximatif sera dressé pour le périmètre du projet et la zone d'étude, dans lequel les précipitations totales seront divisées en un volume infiltrant et un volume ruisselant.

Tout d'abord, une analyse SIG des bâtiments, des rues et des espaces verts sera utilisée pour calculer la superficie imperméabilisée et non imperméabilisée de la zone d'étude et du périmètre du projet. Les

<sup>1</sup> De l'information a été reçue concernant le réseau d'assainissement de la partie nord du périmètre d'étude (voir annexe IV)

données proviennent de la base de données 'Geo.Brussels' de Bruxelles Environnement. Le volume d'eau d'infiltré et à évacuer est ensuite calculé au moyen d'un bilan hydrologique pour des averses intenses. Une précipitation de temps de retour T20 sur une période de 4 heures (44,3 mm ; soit une moyenne de 11,1 mm/h) est utilisée pour analyser l'apport d'eau dans les situations de précipitations extrêmes. Les coefficients de ruissellement suivants ont été utilisés :

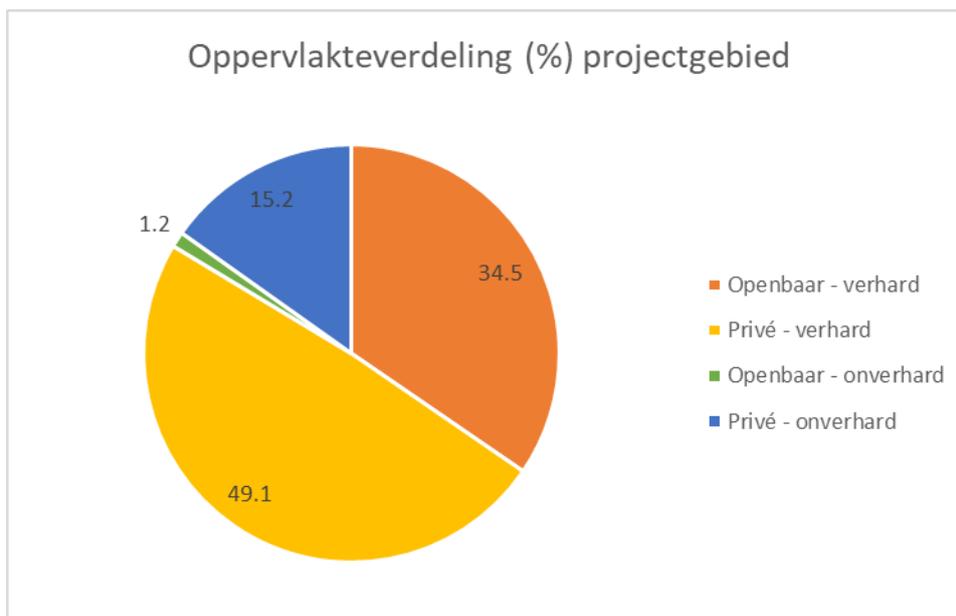
- imperméabilisé : 1 ;
- non imperméabilisé : 0.3.

Ces coefficients proviennent du document d'orientation "Pluies de référence pour le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales et des eaux résiduaires urbaines en Région de Bruxelles-Capitale " de Bruxelles Environnement, et sont les coefficients de ruissellement les plus défavorable pour les surfaces imperméabilisées et non imperméabilisée. En tenant compte de cela, il est possible de déterminer les apports d'eau en situation la plus défavorable (= toutes les superficies contributrices aux ruissellements connectées drainées par l'égout ou via un réseau eaux pluviales séparatif à la Senne<sup>1</sup>).

#### Imperméabilisation dans le périmètre de projet et la zone d'étude

Au sein du périmètre du projet il y a environ 84% des surfaces imperméabilisée (les espaces publics imperméabilisés comptent pour 34,5 % de la surface totale et les espaces privés imperméabilisés comptent pour 49,1 %) ; seulement 16 % est perméable. Ce dernier peut être divisé en espaces verts publics (1,2%) et privés (15,2 %) (Voir figure 2.10).

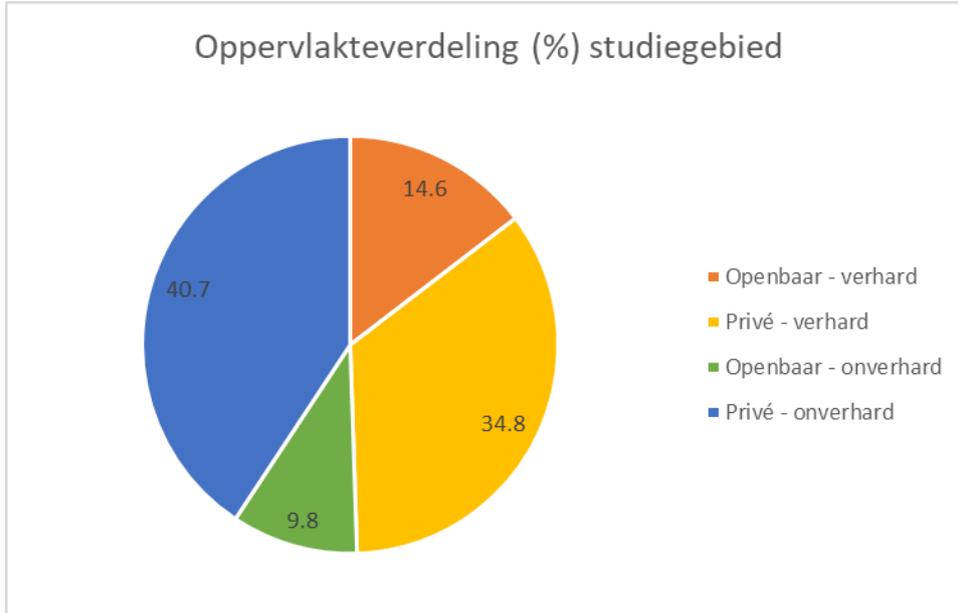
Figure 2.10 Répartition en pourcentage des surfaces imperméabilisées et perméables privées et publiques dans le périmètre du projet. Le décompte a été réalisé sur base des informations issues de la base de données Geo.Brussels de Bruxelles Environnement



Dans la zone d'étude, il y a beaucoup plus d'espaces perméable : environ 50,5% sont perméables (9,8% d'espaces verts publics et 40,7% d'espaces verts privés). Ceci est dû aux grands espaces verts tels que le parc de Forest, mais aussi aux jardins plus grands des maisons privées. Sur les 49,5 % restants, 14,6 % sont des surfaces imperméables publiques et 34,8 % sont des surfaces imperméables privés tels que toits, allées et terrasses (figure 2.11).

<sup>1</sup> En réalité, toutes les surfaces contributrices (imperméabilisée ou non) ne sont pas drainées à l'égout ou vers un autre réseau. Dans la vision hydrologique, on déterminera quelles surfaces contributrices s'écoulent vers où (par exemple, uniquement l'espace public vers un système séparatif d'eau pluvial).

Figure 2.11 Répartition en pourcentage des surfaces imperméabilisées et perméables privées et publiques dans la zone d'étude.  
Le décompte a été réalisé sur base des informations issues de la base de données Geo.Brussels de Bruxelles Environnement



#### Bilan hydrologique

Pour une précipitation d'une durée de 4 heures avec un temps de retour de T20 (= 44,3 mm) il tombe 31.634 m<sup>3</sup> et 122.000 m<sup>3</sup> de pluie sur le périmètre du projet et la zone d'étude, respectivement. Le Tableau 2.1 montre les volumes et les proportions de pluie qui ruisselle ou s'infiltré. En supposant un coefficient de ruissellement de 1 pour les surfaces imperméabilisée pendant ces précipitations intenses, aucune infiltration ne se produit dans les surfaces imperméabilisée. En conséquence, la seule infiltration qui a lieu dans le périmètre de projet et la zone d'étude prend place dans les surfaces non imperméabilisées. Le coefficient d'infiltration est de 0,7 (= 1 – coefficient de ruissellement de 0,3).

Tableau 2.1 Bilan hydrologique pour une pluie de T20

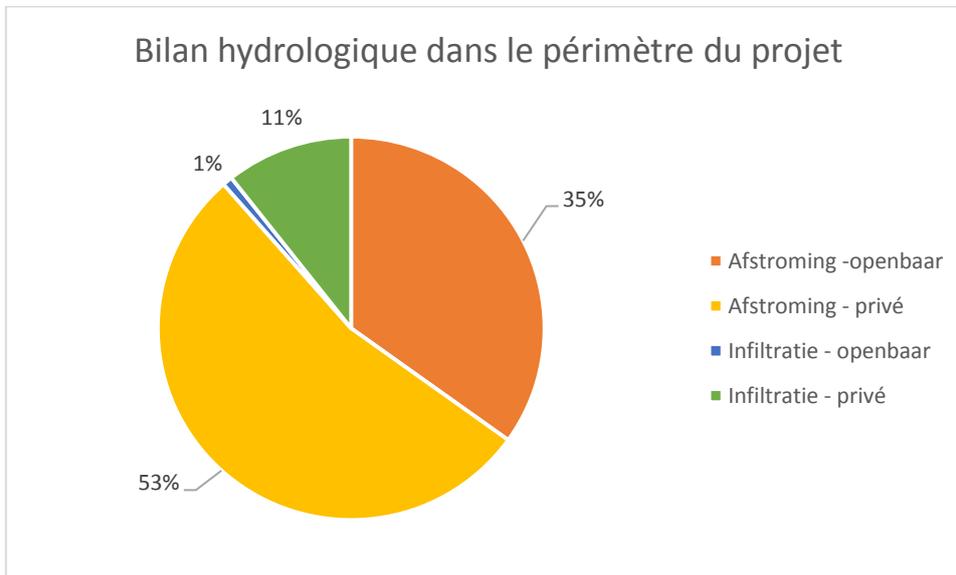
	Périmètre du Projet		Zone d'étude	
	volume [m <sup>3</sup> ]	pourcentage [%]	volume [m <sup>3</sup> ]	pourcentage [%]
Ruissellement-public	11.039	34,9	21.453	17,6
Ruissellement-privé	16.965	53,6	57.398	47,0
infiltration-public	265	0,8	8.401	6,9
infiltration-privé	3.366	10,6	34.747	28,5
total	31.634	100	122.000	100

La figure 2.12 montre le bilan hydrologique dans le périmètre du projet durant une averse de T20. En supposant que toutes<sup>1</sup> les surfaces contributrices sont connectées à un égout, 88 % des précipitations va

<sup>1</sup>En réalité, toutes les surfaces contributrices (imperméabilisée ou non) ne déversent dans un réseau d'égout. Pensons ici à l'exemple d'un jardin non imperméabilisée ; celui-ci n'est pas connecté à l'égout. Dans le modèle conceptuel 1D de la vision hydrologique cela sera pris en compte.

ruisseler, vers l'égout ou la Senne. C'est l'eau de pluie ruisselante (run-off) qui directement atteint les égouts qui est responsable des inondations par débordement d'égouts dans le périmètre du projet.

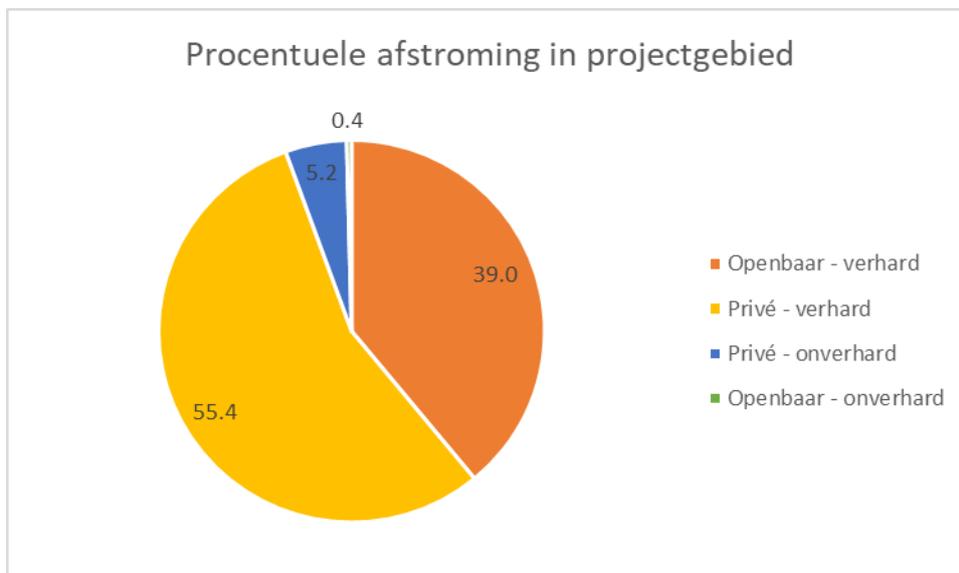
Figure 2.12 Bilan hydrologique dans le périmètre du projet durant une averse intense de T20



La Figure 2.13 montre la répartition de l'eau qui s'écoule vers l'aval. Ce sont les volumes d'eau qui doivent être tamponnés pour réduire les inondations. Les surfaces imperméabilisées représentent 94,4% du débit total (run-off). Plus de 55% de ce volume provient des surfaces privées. Considérant que toutes les surfaces imperméabilisées sont reliées au réseau d'égout unitaire, ce sont les volumes engendrés par les surfaces privées et publiques imperméables qui doivent être tamponnés si on veut soulager le réseau d'égouttage unitaire. D'où la nécessité de découpler<sup>1</sup> les surfaces privées du réseau public d'égouttage. Si seules les espaces publics sont déconnectées du réseau d'égout unitaire (eaux mélangées) existant (et par conséquent si seules des mesures sont prises pour gérer ces volumes), seulement 39 % de l'eau de pluie qui s'écoule pourra être tamponnée, infiltrée et retardée. Tous les volumes de ruissellement provenant des surfaces contributives privées continueront à aboutir au réseau unitaire d'égout avec comme conséquence probable encore des inondations causées par le dépassement des capacités du réseau unitaire existant.

<sup>1</sup> La déconnexion est l'adaptation du réseau d'eau pluviale (donc l'eau de pluie provenant surfaces imperméabilisées) de manière à ce que cette eau n'aille plus au réseau d'eau usée ou au réseau unitaire et que l'eau pluviale soit gérée par un réseau séparé. Dans la vision hydrologique nous essayerons d'aller une étape plus loin et que les dispositifs de gestion soient connectés à un système alternatif d'eau pluviale/en cascade. La déconnexion des surfaces privée via des mesures de gestion à la source sur l'espace public est encore un projet dans la sphère du public, mais avec une participation du privé.

Figure 2.13 Pourcentage de ruissellement dans le périmètre d'étude. La plus grande partie des volumes ruisselés proviennent des espaces privés et publics imperméabilisés. Pour les surfaces imperméabilisées, il a été attribué un coefficient de ruissellement de 1, pour les surfaces non imperméabilisées le coefficient de ruissellement utilisé est de 0,3.



## 2.4 Besoin en temporisation de l'eau

Les besoins en temporisation de l'eau dans le périmètre est la quantité d'eau pluviale qui doit être stockée et rejetée (avec un décalage temporel) vers une eau de surface. Si davantage de mesures de gestion à la source sont prises sur les propriétés privées (et dès lors l'eau pluviale retenue sur les domaines privés), le besoin de temporisation d'eau dans le domaine public sera réduit. Dans le cas des bâtiments existants, cependant, il est souvent très difficile d'agir sur les problèmes de temporisation sur parcelle privée en un court laps de temps. La temporisation doit dès lors s'opérer sur le domaine public (e.x. par l'aménagement de noue sur l'espace public). Ainsi, lors d'un pique d'averse, il arrivera moins d'eau directement dans le réseau d'égout (unitaire) de sorte que les capacités du réseau d'égoutage ne seront pas dépassées et il n'y aura pas d'inondation par saturation. Dans la zone du projet, les besoins en temporisation sont déterminés par la quantité d'eau de pluie qui ruisselle. In fine, c'est cette quantité qui peut provoquer des inondations si le réseau d'égouts n'a pas une capacité suffisante.

Au niveau du cadre réglementaire<sup>1</sup> une différence est faite d'une part entre la gestion de l'eau pluviale sur domaine privé et sur domaine public et d'autre part entre le 'réseau gris' et 'le réseau pluvial'. Le réseau gris est le réseau existant d'égouts (unitaire). Le réseau pluvial comporte toutes les mesures possibles (voir chapitre 5) pour le stockage, l'infiltration et le rejet à débit régulé d'eau pluviale. Suivant le cadre réglementaire, le domaine privé (réseau gris et pluvial) doit pouvoir retenir totalement à la parcelle une pluie de T20 avec un débit de fuite maximum de 5 l/s/ha. Cela se traduit par une capacité de temporisation de 390 m<sup>3</sup>/ha. Une exigence supplémentaire est que les 8 premiers mm de précipitations doivent être complètement retenus et infiltrés (= rejet nul pour les 8 premiers mm de précipitations).

Pour le domaine public, le réseau gris (existant) doit pouvoir en toute sécurité reprendre une averse de T10. Le réseau pluvial doit lui pouvoir gérer une averse de T20. Il n'est pas encore clair quel est le débit maximal de rejet à la Senne. Cela sera précisé avec le gestionnaire.

<sup>1</sup> Source: 'Pluies de référence pour le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales et des eaux résiduaires urbaines en Région de Bruxelles-Capitale (Bruxelles Environnement, 2018).

Ces exigences pour le domaine privé ne s'appliquent qu'aux nouveaux bâtiments ou aux rénovations majeures. La question se pose de savoir ce qu'il faut faire avec les bâtiments existants. Comme indiqué ci-dessus, une grande partie du volume d'eau de pluie qui s'écoule dans le réseau d'assainissement unitaire provient des surfaces imperméabilisées privées. Si, dans le cadre du réaménagement de l'espace public, les surfaces imperméabilisées privées peuvent être (partiellement) déconnectées via domaine public, des tampons peuvent également être prévus à cet effet. Si les surfaces privées ne peuvent pas être déconnectées, elles continueront à être rejetées dans le réseau d'égouts (unitaire).

Le Tableau 2.2 montre le besoin en temporisation sur domaine public (et donc dans le périmètre du programme du contrat de rénovation urbaine Avenue du Roi) si seule les eaux pluviales issues des parcelles publiques sont tamponnées et acheminées à l'aval ou si les parcelles privées sont également considérées. Cette dernière implique que (une partie des) les surfaces imperméabilisées privées devront à leur tour être déconnectées.

Tableau 2.2 Première estimation des besoins de gestion en eau pour le contrat de rénovation urbaine Avenue du Roi (périmètre du projet) si seul le domaine public est considéré ou si parcelles publiques et privées sont considérées pour une précipitation standardisée (T20) de 4h. Les capacités de stockage sont très dépendantes du débit de fuite considéré.

	Public (25,5 ha)	Public + privé (71,4 ha)
Rejet à débit régulé (20l/s/ha, capacité de stockage de 250 m <sup>3</sup> /ha)	6375 m <sup>3</sup>	17850 m <sup>3</sup>
Rejet à débit régulé (5l/s/ha, capacité de stockage 390 m <sup>3</sup> /ha)	9945 m <sup>3</sup>	27846 m <sup>3</sup>

Ces chiffres donnent un premier ordre de grandeur de l'estimation au sein du périmètre, lorsque le modèle hydraulique conceptuel 1D de la vision hydrologique sera élaboré, il permettra d'affiner ceci.

# 3

## PROGRAMME DU CONTRAT DE RENOVATION URBAINE

Dans ce chapitre, un bref aperçu sera donné sur le programme du contrat de rénovation urbaine numéro 4 Avenue du Roi (CRU4) et les autres projets pertinents au sein de la zone d'étude.

### 3.1 Contrat de rénovation urbaine Avenue du Roi

L'étude hydrologique constitue la première étude prospective telle que formulée dans le contrat de rénovation urbaine 4 élaboré par Karbon Architecture et Urbanisme. Cette étude doit donc mettre en évidence les projets proposés par le CRU04 à travers leur potentiel vert/bleu et formuler progressivement un certain nombre de prescriptions afin de réaliser les ambitions hydrologiques du programme de rénovation urbaine. L'essentiel - et peut-être aussi le plus grand défi - est que la vision urbaine et la vision hydrologique soient définies suivant une ligne du temps : in fine, la vision hydrologique doit rester en place et pouvoir rester opérationnelle au cas où le CRU 04 ne serait pas réalisé dans son intégralité, ou si le programme et la définition des projets déjà établis se retrouvent soumises à des changements (résultant ou non d'une décision politique).

Figure 3.1 L'étude hydrologique comme partie du contrat de rénovation urbaine CRU 04

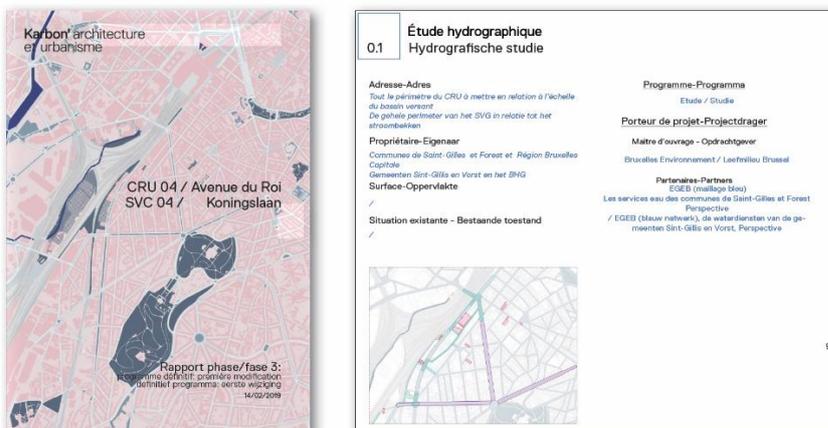


Figure 3.2 Fiches Projet avec objectifs et définition de projet issues du CRU 04, exemple 1.A.1 Terrain van Volxem



Pour une vision complète du programme complet du contrat de rénovation urbaine, nous nous référons à l'étude réalisée par Karbon. En résumé et en mettant l'accent sur cette étude hydrologique, on peut dire que le CRU 04, pour ce qui est du verdissement urbain et du développement d'une trame verte et bleue, s'appuie sur deux axes, où le premier axe vise à assurer la continuité verte et bleue ainsi que celle des pistes cyclables par la création du Parc de l'Avant-Senne d'une part et par un remaniement complet de l'espace existant des voiries, d'autre part. L'axe 2 va travailler à l'échelle de la ville et va réaménager les grandes avenues pour le bénéfice de l'usager de la mobilité douce ainsi que sur la trame verte et bleue.

**Axe 1**

L'Axe 1 prévoit la création du Parc de l'Avant-Senne, avec comme support (driver) à ce développement une piste cyclable continue et sécurisée qui traverserait le parc. L'axe 1 utilise pour cela deux cheminements : un cheminement paysager (1.A) qui consiste en la construction du parc en lui-même autour d'infrastructures vertes et bleues et un cheminement pour la mobilité (1.B) qui facilitera la continuité pour les usagers de la mobilité douce grâce à un réaménagement complet d'un certain nombre de profils routiers.

Un plan directeur (Masterplan) sera élaboré pour le Parc de l'Avant-Senne, qui regroupera et priorisera les projets proposés dans le contrat de rénovation urbaine. Par exemple, il y a une proposition de Bruxelles Mobilité pour acheter la parcelle de la société La France Invest afin d'augmenter la taille du parc. La Commune de Forest souhaiterait la construction d'un nouveau tunnel piétonnier sous le chemin de fer à hauteur du projet Diversity. Le plan directeur de l'Avant-Senne déterminera les choix qui seront faits dans le cadre du contrat de rénovation urbaine. Dans cette étude, différentes hypothèses de travail seront donc utilisées.

**Axe 2**

L'axe 2 complète l'étude en se concentrant sur le réaménagement des grandes avenues (avenue du Parc, Avenue du Roi, Avenue Wielemans-Ceuppens) et offre en ville une place à l'eau (cheminement, tamponnage et infiltration), à la nature et à la mobilité douce.

Un aperçu des différents projets prévus dans le cadre du Contrat de rénovation urbaine Avenue du Roi accompagné de leur calendrier et de leurs descriptifs est donné ci-dessous.

# 4

## PHASE D'INVENTAIRE : CONCLUSION

Sur base des éléments mis en évidence dans l'inventaire et dans l'analyse du système, une analyse synthétique AFOM est menée ; Ci-après sont repris les forces, faiblesses, opportunités et menaces (risques) liés aux objectifs de l'étude hydrologique. Ensuite, les différents points d'attention et hypothèses de travail de l'étude hydrologique sont énumérés. Enfin, le niveau d'ambition de l'étude hydrologique et l'intégration des mesures dans les définitions du programme de rénovation urbaine seront discutés.

### 4.1 Analyse-AFOM

#### Forces

- Le périmètre se situe à proximité de la Senne et peu relativement facilement être connecté avec la Senne ;
- L'eau peut être temporisée à l'amont du projet, au niveau du Parc de Forest, du Parc Duden ou entre les deux. Les capacités d'infiltration sont ici grandes (alternative Brusseau ou Bassin d'orage Lainé).

#### Faiblesses

- Le périmètre du projet est très imperméabilisé, il y a peu ou pas d'infiltration;
- Il y a plusieurs types d'inondation : depuis le réseau public d'égouttage, dû à un réseau privé défaillant, par remontée d'eau souterraine. Seules les inondations depuis le réseau public d'égouttage peuvent être traitées dans le cadre du contrat de rénovation urbaine Avenue du Roi;
- Le périmètre est fort pentu. Ce qui limite les possibilités d'infiltration et de tamponnage.

#### Opportunités

- La structure spatiale (axes principaux orientés suivant la topographie de la zone) offre un potentiel pour acheminer l'eau pluviale en surface;
- Le Parc de l'Avant-Senne offre une occasion de créer de larges dispositifs de tamponnage. La localisation (dans le fond de vallée du périmètre du projet) est fort appropriée;
- Les projets de réaménagement sur le domaine public offre des occasions de déconnecter l'eau pluviale (venant aussi bien des terrains publics que privés) et d'intégrer des mesure de temporisation de l'eau sur l'espace public. Une condition préalable à cela est que chaque projet du domaine public soit considéré comme un projet de déconnexion ;
- La conduite existante (Vanne Fonsny) est en bon état et peut former une connexion vers la Senne;
- A hauteur de la Rue Preckher il existe un pertuis sous les voies de chemin de fer qui pourrait constituer une connexion vers la Senne ;
- Le Marais Wiels existants peut être utilisés comme bassin de rétention. A défaut, parcelles publiques à aménager pour retenir l'eau dans des quantités comparables.
- Les résultats des tests d'infiltration (voir annexe IV) montrent qu'il n'y a pas de déficit de potentiel d'infiltration dans le périmètre du projet.

## Menaces

- La déconnexion des surfaces imperméabilisées privés n'est pas évidente. Si les parcelles privées ne sont pas déconnectées, les ruissellements issus des parcelles privées continueront à atteindre le réseau unitaire d'égout, avec comme conséquence probable des inondations si les quantités ruisselées dépassent les capacités existantes du réseau unitaire<sup>1</sup> ;
- La présence d'une nappe phréatique affleurant dans les zones les plus basse du périmètre de projet les rendent sensible aux inondations par remontée de nappe ;
- les mesures relatives au réseau privé ne font pas partie du Contrat de rénovation urbaine. Ce type d'inondation n'est pas couvert par des projets de rénovation urbaine.

## 4.2 Orientations basées sur l'étude hydrologique

Dans la phase suivante, une vision hydrologique pour le périmètre du projet sera élaborée. Différentes variantes seront d'abord réalisées sur la base des points de départ et des hypothèses de travail suivants :

- L'eau issue de l'amont du projet sera retenue à l'amont (bassin Lainé ou alternative Brusseau) ;
- hypothèses de travail pour le parc de l'Avant-Senne :
  - Marais Wiels conservé ou non;
  - Le terrain de la s.a. La France est acquis/ ou non;
  - La piste d'un RER-vélo le long du talus de la voie ferrée est/n'est pas aménagées;
  - La parcelle Infrabel n'est/n'est pas utilisée;
- Points de rejet des eaux pluviales vers la Senne : Avenue du Roi ou Pont de Luttre.

Quels que soient les mesures et la vision hydrologique choisies, la non-imperméabilisation de l'espace public doit être une priorité absolue du programme du contrat de rénovation urbaine Avenue du Roi. La présence d'un taux d'imperméabilisation trop élevé dans le périmètre du projet est l'une des causes principales des problèmes existants pour la gestion de l'eau.

## 4.3 Niveau d'Ambition

Dans la phase suivante, un premier niveau d'ambition est à établir sur base de l'étude hydrologique. Les questions suivantes doivent être répondues:

- Quelle quantité de zones tampons et/ou de cheminements d'eau en surface devrait être prévue dans le cadre du Contrat de rénovation urbaine ?
- Comment se gère le niveau d'ambition au regard du réseau d'assainissement existant ? La norme s'applique-t-elle uniquement au réseau d'eau pluvial ou à l'ensemble du réseau de gestion de l'eau ?
- Comment l'imperméabilisation privée est-elle traitée dans cette étude hydrologique ? Les surfaces imperméabilisées privées pourront-elles être déconnectées ?

La réponse à ces questions est cruciale pour le dimensionnement et la justification des mesures du programme de rénovation urbaine.

## 4.4 Intégration des mesures dans les définitions du programme

Lors de l'élaboration ultérieure des mesures, il sera important d'aligner le degré de détail des mesures sur la définition du programme du Contrat de rénovation urbaine. Ceci est important, d'une part, pour garantir

---

<sup>1</sup> A contrario, s'il apparaît que la déconnexion des seules surfaces privées suffit pour résoudre les problèmes d'inondation par saturation du réseau, cela représente une opportunité (si et seulement si le réseau d'égout à une capacité suffisante pour reprendre les volumes du privés par précipitations extrême) : après tout, il n'est pas nécessairement obligatoire de déconnecter les surfaces privées - une opération délicate - pour faire face aux inondations. C'est toutefois peu probable et peut seulement être déterminé avec une modélisation hydraulique du réseau d'égout (voir aussi chapitre 5 pour quelques concepts de base sur la gestion de l'eau pluviale en milieu urbain).

l'intégration des mesures dans les projets et, d'autre part, pour disposer a posteriori d'une liberté suffisante lors de la conception des projets. Le niveau de détail requis dépend également du type de projet. Au minimum, l'étude hydrologique doit traduire les ambitions hydrologiques en un certain nombre d'objectifs chiffrés concrets (par exemple, les volumes tampon à fournir dans le périmètre). Le niveau de détail suivant est recherché dans les différentes actions du programme :

- Parc de l'Avant-Senne : conditions préalables à l'aménagement du parc ;
- Axes : profils- type pour montrer que les exigences sont réalistes et réalisables ;
- Aménagement des voiries : des profils-type pour montrer que les exigences sont réalistes et réalisables ;

# 5

## PROJETS EN LIEN AVEC L'EAU: PRINCIPES, GLOSSAIRE ET FONDEMENTS

Pour pouvoir élaborer des projets intégrant l'eau, il faut d'abord ébaucher quelques principes de base et proposer certaines mesures. On peut ainsi avoir une vision du fonctionnement du cycle des eaux pluviales en ville et des interventions possibles à ce niveau. On pourra s'attaquer à ces outils dans un prochain chapitre.

### 5.1 Glossaire des outils de gestion de l'eau en Région de Bruxelles-Capitale (RBC)

#### *Programme de maillage bleu*

Le redéploiement du réseau hydrographique ancien et existant, et le développement du maillage pluie (version du plan de gestion de l'eau PGE2). Après quelques définitions, le fonctionnement proprement dit du programme du maillage pluie est expliqué.

#### *Réseau hydrographique*

Les cours d'eau et étangs existants, qui sont repris dans l'Atlas des Cours d'eau de Bruxelles Environnement. Ils englobent les sources (c.-à-d. un apport quasi-permanent, sauf dans des cas extrêmes en été). Souvent appelé "maillage bleu" en Région bruxelloise, par assimilation avec le programme de gestion.

#### *Maillage pluie*

Toutes les techniques d'aménagement et les travaux qui contribuent à restaurer le cycle naturel de l'eau en amont du réseau hydrographique naturel. Il s'agit de ralentir les eaux pluviales sur place, et de favoriser leur infiltration et leur évapotranspiration. C'est pourquoi ces installations sont de préférence végétalisées. Le maillage pluie applique les principes de la gestion intégrée des eaux pluviales et permet de les dissocier du réseau d'égouts transportant les eaux usées. La gestion intégrée des eaux pluviales vise à utiliser les espaces urbains et les éléments de construction en leur donnant une fonction supplémentaire, à savoir la gestion des eaux pluviales.

Le maillage pluie est applicable aussi bien dans l'espace public (voiries, rigoles, places ou parcs pouvant être inondés, etc.) que dans l'espace privé (toitures stockantes, jardins de pluie, fondations stockantes et infiltrantes, etc.).

Les dispositifs sont très variés et peuvent être combinés, en incluant si nécessaire le raccordement au réseau hydrographique, de préférence mis à ciel ouvert et intégré dans le paysage, mais avec la possibilité, à titre exceptionnel, d'un passage dans des conduites.

#### *Dispositif pour la gestion des eaux pluviales*

Techniques d'aménagement et/ou travail qui favorisent l'infiltration et/ou l'évapotranspiration des eaux pluviales, tout en les ralentissant.

#### *Nouvelles rivières urbaines*

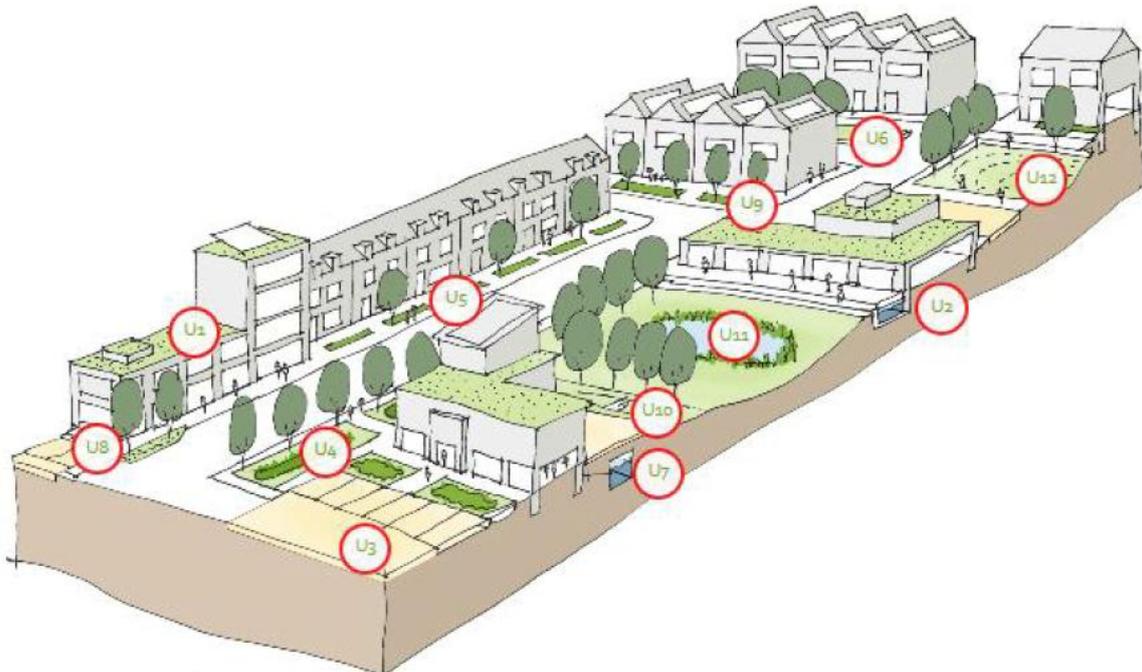
Terme utilisé dans la thèse de doctorat de Valérie Mahaut "L'eau et la ville, le temps de la réconciliation. Jardins d'orage et nouvelles rivières urbaines", UCL, 2009.

Dans la thèse, le terme "Nouvelles rivières urbaines" désigne le concept général de revalorisation de l'eau et de son cycle dans un environnement urbain, et reprend en particulier l'ensemble des dispositifs prévus dans

le maillage pluie. Certains interprètent parfois cela en se cantonnant à une partie de la définition initiale, comme ce qui récolte et transporte l'eau ruisselante, comme une rivière artificielle périodique.

Suite à ces différentes interprétations, la Région a préféré au terme "nouvelle rivière urbaine", le terme "maillage pluie", avec une description précise et un lien logique avec le maillage vert et bleu.

Figure 5.1 Illustration du maillage pluie. U1 est le toit vert / stockant; U2 est la collecte d'eau de pluie (pour utilisation); U3 est une surface perméable, U4 est une rigole / un fossé (infiltré, filtre et stocke); U5 sont des canaux paysagers et des rigoles (transporter, décanter et ralentir); U6 est une bande filtrante d'herbe légèrement creusée (ralentit et filtre); U7 est un bassin d'infiltration, un puits; U8 est un chenal d'infiltration (peut être rempli de différents matériaux); U9 est un jardin de pluie; U10 est un bassin de collecte ou un bassin à sec (ralentir le ruissèlement et décanter); U11 est un bassin de stockage ou un bassin d'eau; U12 est un bassin d'infiltration. Source: [www.nwrm.eu](http://www.nwrm.eu)



#### Le programme de maillage bleu appliqué à la gestion de l'eau de pluie et de l'eau claire: le "maillage pluie"

L'amélioration du cycle naturel de l'eau de pluie (et des autres eaux claires) en milieu urbain ne peut pas se limiter aux abords des cours d'eau et étangs, mais doit aussi intervenir en amont du réseau hydrographique, à l'échelle d'un bassin hydrographique. Ces interventions en amont sont actuellement désignées sous le terme "maillage pluie", appelé précédemment "maillage bleu+".

Le maillage pluie peut donc être également défini comme l'ensemble de tous les dispositifs qui contribuent à restaurer le cycle naturel de l'eau (et/ou ses fonctionnalités) en amont du réseau hydrographique naturel.

Les dispositifs qui constituent le maillage pluie s'appliquent aux principes de gestion des eaux pluviales "à la source" (mesures à la source). Ils visent l'intégration de ce traitement dans le milieu naturel ou le bâti, aussi bien dans l'espace public (voiries, places, plaines de jeux, parcs, etc.) que dans l'espace privé (bâtiments, parcelles). Pour définir cette gestion des eaux pluviales, on utilise les termes 'gestion alternative' (utilisés en France), 'gestion intégrée' ou 'gestion décentralisée'. Pour éviter que le terme 'gestion alternative' ait une connotation contreproductive ou réductrice par rapport aux objectifs visés, le terme 'décentralisée' sera utilisé pour les techniques de gestion nécessaires et complémentaires au réseau de collecte (égouts, égout principal, bassins d'orage). Ces techniques de gestion doivent être introduites lorsque c'est possible, pour soulager le réseau d'égouttage, parfois limité, et pour offrir une plus-value par rapport aux aspects écologiques et paysagers.

Les principes de base: infiltration ou évapotranspiration de l'eau de pluie (le plus près possible de l'endroit où elle tombe) ou rétention de petits volumes dans des dispositifs paysagers, en vue de compenser l'impact négatif du revêtement de sol qui, dans un environnement urbain, accélère et concentre le ruissèlement des eaux pluviales. Les objectifs auxquels répondent les dispositifs du Maillage pluie sont multiples. Premièrement, ils apportent une réponse à la problématique de la lutte contre les inondations en Région de Bruxelles-Capitale. Mais ils remplissent aussi d'autres objectifs, à savoir l'amélioration du cadre de vie dans un environnement urbain et l'amélioration de la qualité de l'eau proprement dite.

Le Maillage pluie se base sur le développement de petits écosystèmes, favorise la biodiversité, aide à lutter contre l'effet des îlots de chaleur, prévient le déversement d'eau claire dans le réseau d'égouts et donc la dilution de l'eau qui arrive dans les stations d'épuration. Il permet en outre d'alimenter le sol, le sous-sol et le réseau hydrographique en eau.

Vous trouverez à titre d'exemple une liste non exhaustive de ces dispositifs qui dépendent du maillage pluie:

- revêtements poreux, voiries et parkings avec structure de réservoir;
- toits verts, stockage d'eau en toiture;
- cheminement en surface: cours d'eau, nouvelles rivières urbaines;
- fossés, rigoles, bassins de rétention;
- citernes, bassins individuels de temporisation, bassins de rétention ou d'infiltration aériens;
- jardins de pluie, arbres de pluie (aménagés pour collecter l'eau de pluie);
- réseaux séparatifs locaux, etc.

Cette gestion de l'eau de pluie, que la Région de Bruxelles-Capitale veut davantage appliquer et valoriser, est basée sur les concepts européens de "Natural water retention measures" et "Nature-based solutions".

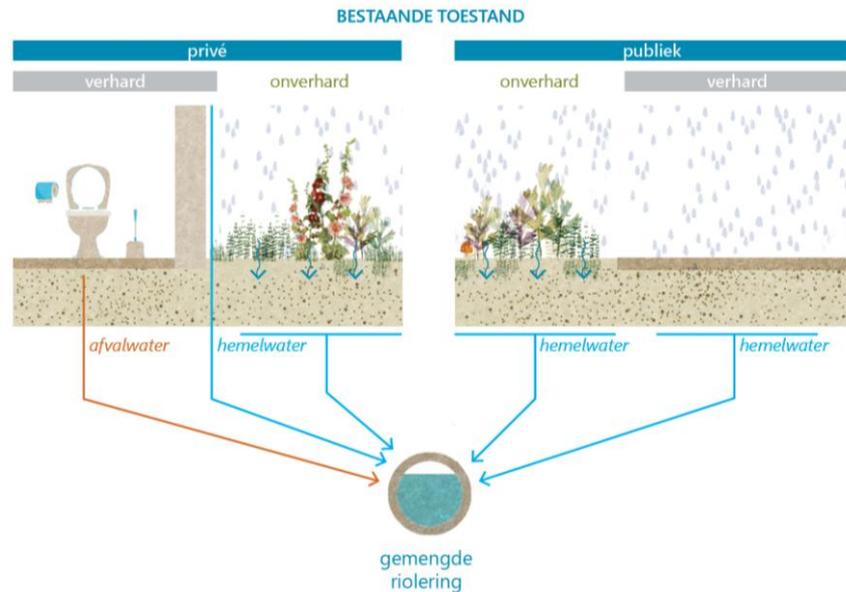
## 5.2 Gestion de l'eau urbaine: principes de découplage dans le réseau d'égouts

Quelques notions en lien avec la gestion de l'eau urbaine sont définies ci-dessous.

### Principe d'égouttage dans la situation existante

Dans la situation existante, toute l'eau qui ne s'infiltré pas, part dans les égouts communs. Cela englobe l'eau provenant du domaine public (eau de pluie venant de surfaces minéralisées et non minéralisées) et du domaine privé (eau de pluie provenant de surfaces minéralisées (et parfois non minéralisées), et eaux usées).

Figure 5.2 Principe d'égouttage dans la situation existante



### Déconnexion

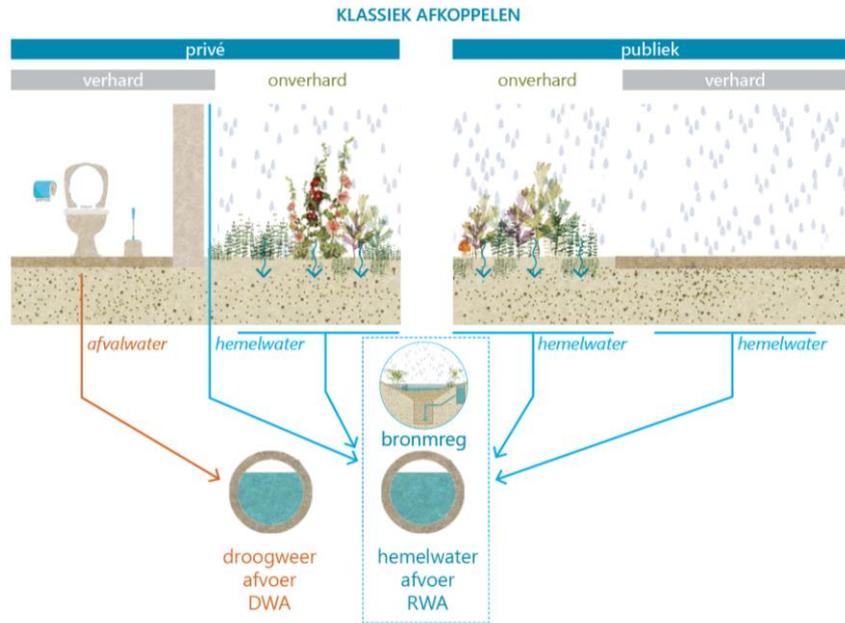
Par 'déconnexion', on entend l'ensemble des mesures permettant d'extraire l'eau claire du système d'égouttage unitaire initial. Plusieurs variantes de déconnexion sont décrites ci-dessous.

#### Déconnexion classique

Dans un projet de déconnexion classique, deux systèmes de drainage sont aménagés en parallèle. Un premier système (évacuation par temps sec ou ETS) évacue uniquement les eaux usées, qui partent vers les stations d'épuration, sans être diluées. Un second système (évacuation d'eau de pluie ou EEP) collecte l'eau de pluie du domaine public et privé (surface minéralisée et (partiellement) non minéralisée) pour ensuite l'acheminer ailleurs. La déconnexion du domaine privé exige souvent des mesures radicales en termes de technique de construction dans les habitations privées.

Des mesures peuvent en plus être prises à la source pour soulager l'EEP. Les mesures à la source sont prises à la source d'un bassin hydrographique pour limiter la problématique de l'eau en aval. Citons pour exemple une temporisation d'eau et des mesures favorisant l'infiltration.

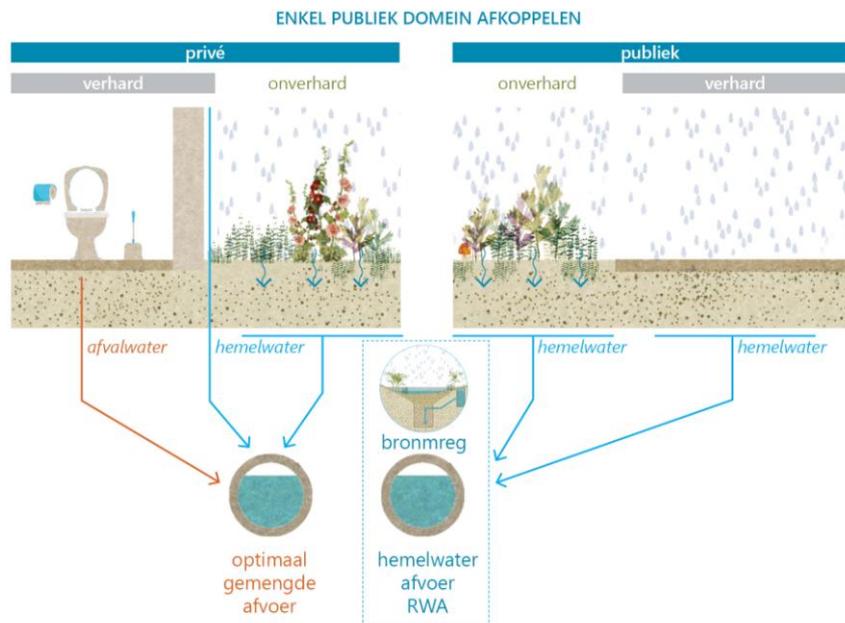
Figure 5.3 Principe de déconnexion classique.



*Déconnexion uniquement du domaine public*

Dans cette variante de déconnexion, seule l'eau de pluie du domaine public (minéralisé et non minéralisé) est acheminée vers une EEP séparée. Elle peut être combinée à des mesures à la source. Aucune mesure n'est prise dans le domaine privé pour découpler l'eau de pluie. Ce volume d'eau de pluie rejoint donc l'ETS dans un second système ('mix optimal').

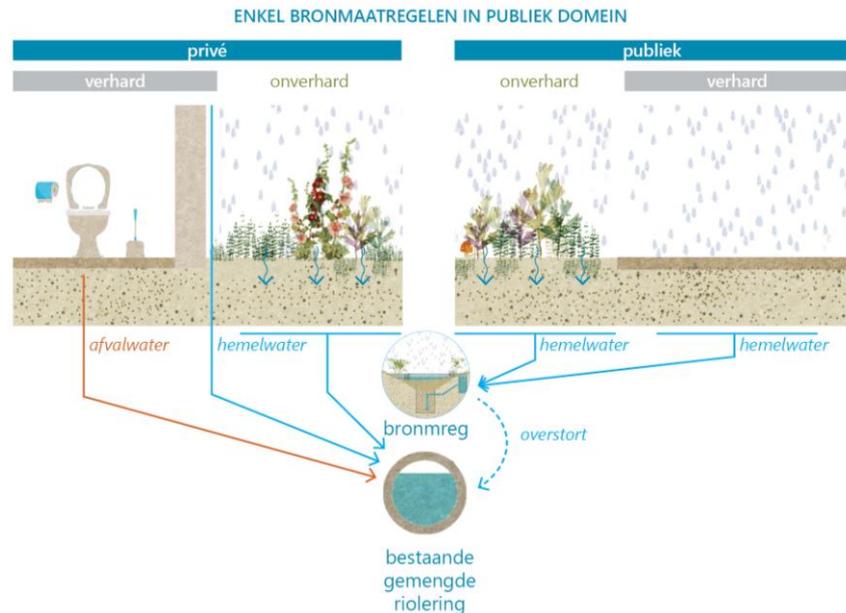
Figure 5.4 Principe de déconnexion uniquement sur le domaine public



### Uniquement des mesures de gestion à la source dans le domaine public

Dans le contexte de l'étude hydrologique CRU 04 Avenue du Roi, il n'est pas prévu de prendre de mesure dans le domaine privé. Seul le domaine public est donc déconnecté avec des mesures à la source, avec possibilité de déversement dans le réseau unitaire existant. L'aménagement d'un réseau de drainage supplémentaire pour l'évacuation d'eau de pluie n'est donc pas prévu.

Figure 5.5 Principe de mesures de gestion à la source uniquement dans le domaine public.



### Volume tampon versus débit régulé

Il est important d'éviter que l'eau ne transite trop rapidement dans un système d'égouts, occasionnant des problèmes aux parcelles en aval, qui créent un engorgement, ou dans la rivière dans laquelle se déverse le réseau. L'objectif est donc de retenir l'eau dans des bassins tampons ou dans les canalisations elles-mêmes (en amont des seuils, des goulots ou des déversoirs). De cette façon, le débit vers le cours d'eau peut être limité. Les objectifs imposés par la Région sur les volumes tampons et les débits déterminent les conditions préalables à l'aménagement d'un réseau d'égouttage. En Flandre, par exemple, les exigences suivantes sont généralement imposées :

- capacité de tamponnage minimale : 250 m<sup>3</sup>/ha de surface imperméabilisée
- débit maximal : 20l/s/ha de surface imperméabilisée

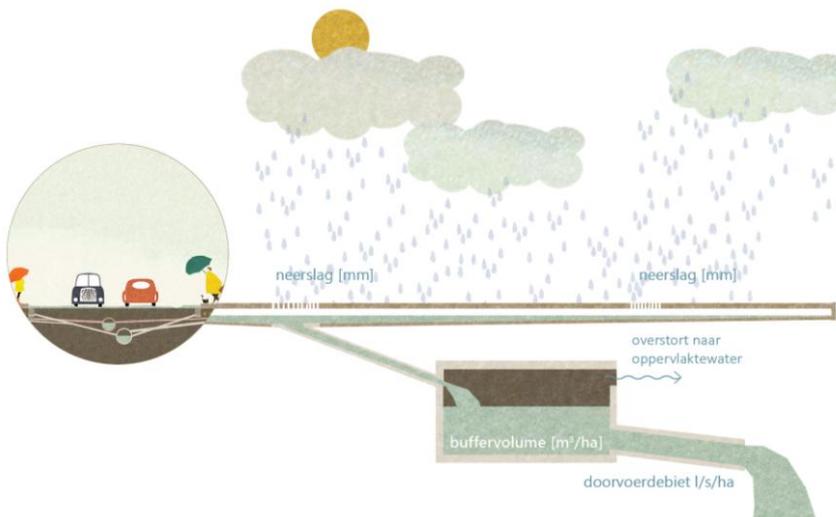
Aucune règle de ce type n'est d'application actuellement à Bruxelles.

Ces deux mesures sont liées. Par exemple, plus le volume tampon est important, plus le débit est faible vers la rivière.

Figure 5.6 Un grand volume tampon entraîne un faible débit vers l'eau de surface réceptrice.



Figure 5.7 Inversement, un petit volume tampon entraîne un plus grand débit.



Dans les zones inondables, les rejets des égouts peuvent exacerber les problèmes d'inondation d'un réseau fluvial. Les rivières qui sont déjà vulnérables aux inondations peuvent être impactées par des volumes supplémentaires provenant du réseau d'égouttage. Dans ces cas-là, ces exigences peuvent être plus strictes. En Flandre, par exemple, une capacité de tamponnage minimum de 330 à 380 m<sup>3</sup>/ha de surface imperméabilisée et un débit maximum de 5 l/s/ha de surface imperméabilisée ne sont pas exceptionnels dans ces situations.

### 5.3 Ouvrages hydrauliques

Ce chapitre comprend des mesures (ouvrages) d'adaptation aux changements climatiques qui fonctionnent selon les principes du Maillage pluie et peuvent être intégrées dans les projets de rénovation urbaine. Les mesures ont été évaluées sur la base de différents critères :

- fonction : réutilisation/stockage/infiltration/transport/protection ;
- effectivité ;

- espace requis :
  - limité/complet ;
  - à ciel ouvert/enterré ;
  - public/privé ;
- avantage supplémentaire : avantage pour le verdissement ;
- coûts.

De plus, le principe de fonctionnement est toujours expliqué, des illustrations de référence sont reprises et des variantes (mesures avec la même fonction) sont citées.

Les fiches de mesures comprennent également des mesures pour l'application au domaine privé. Compte tenu de l'étendue des projets du CRU 4, le focus des mesures sera mis sur les mesures à prendre sur l'espace privé dans la vision hydrologique.

# 6

## VISION DU PROJET HYDROLOGIQUE

### 6.1 Questions pour déterminer le niveau d'ambition

Au chapitre 5, les questions suivantes ont été posées afin de définir le niveau d'ambition de la vision hydrologique pour le projet de l'avenue du Roi :

- Quelle quantité de zones tampons et/ou de cheminements d'eau en surface devrait être prévue dans le cadre du contrat de rénovation urbaine ?
- Comment se gère le niveau d'ambition au regard du réseau d'assainissement existant ? La norme TR20 s'applique-t-elle uniquement au réseau d'eaux pluviales ou à l'ensemble du réseau de gestion de l'eau ?
- Comment l'imperméabilisation privée est-elle traitée dans cette étude hydrologique ? Les surfaces imperméabilisées privées pourront-elles être déconnectées ?

La réponse à ces questions est cruciale pour le dimensionnement et la justification des mesures du programme de rénovation urbaine.

Les réponses à ces questions émanent de la méthodologie de conception expliquée dans le paragraphe suivant.

### 6.2 Méthodologie de conception

La méthodologie suit les étapes suivantes :

- 0 (Déterminer où les inondations sont les plus problématiques : consulter la phase d'inventaire pour des détails)
- 1 Déterminer le niveau d'ambition à atteindre sur le plan hydrologique : tamponnage d'une averse de TR20.
- 2 Déterminer la direction du flux hydraulique dans le périmètre du projet et rechercher de préférence des zones qui fonctionnent indépendamment les unes des autres afin de pouvoir élaborer différents scénarios. Concrètement, il s'agit de déterminer les « sous-bassins versants » ('subcatchments')
- 3 Analyser le périmètre du projet en vue d'identifier un espace pour la conception des ouvrages hydrauliques.
- 4 Sélectionner les ouvrages et les intégrer spatialement dans le tissu urbain (ici, par le biais d'un atelier)
- 5 Déterminer les capacités de temporisation en  $m^3$  :
  - esquisse : extraire les capacités de temporisation en  $m^3$  à partir de la représentation spatiale
  - calcul : modéliser le scénario de temporisation sur ICM
- 6 Déterminer le parcours d'acheminement de l'eau vers les zones tampons :
  - esquisse : intégrer le scénario en fonction de l'écoulement gravitaire
  - calcul : modéliser le scénario de cheminement sur ICM
- 7 Évaluer le scénario avec la temporisation et le cheminement, puis vérifier différents aspects de la capacité de temporisation :
  - si la capacité de temporisation est dépassée, le réseau des rues acheminées doit être réduit et le processus itératif calcul/esquisse recommence (recommence à partir de l'étape 6) ;
  - si la capacité de temporisation est suffisante, certains tronçons, par zone ou par axe, peuvent être inclus dans les projets du contrat de rénovation urbaine. Ils entrent ainsi en compte dans les

définitions du projet. Remarque : choisir d'autres ouvrages entraînera un tamponnage différent dans chaque zone. Cette vision hydrologique ne doit donc pas être considérée comme la seule solution possible.

- Une analyse de coût des ouvrages choisis pourrait être un autre facteur menant à un aménagement différent. Dans cette étude, les coûts n'ont pas été pris en compte comme un facteur déterminant, car il s'agit d'une première évaluation de faisabilité.

Elle propose également de lancer une campagne de surveillance de la qualité de l'eau de surface qui ruisselle. En effet, cette vision hydrologique veut avant tout se concentrer sur la temporisation. En outre, si de futures études démontrent que cela n'aurait pas de conséquences préjudiciables pour l'environnement, elle inclura également l'infiltration. Il est donc important d'avoir une estimation de la qualité de l'eau qui est retenue dans les espaces verts et qui s'infiltre dans le sol. Les résultats de l'atelier pour la campagne de surveillance se trouvent à l'annexe IX.

Dans les paragraphes suivants, les différentes étapes sont mises en évidence. Pour garantir une bonne compréhension, les principes et les outils de modélisation utilisés sont préalablement expliqués.

### 6.2.1 Principes pour calculer et établir un modèle hydraulique

Lors de l'élaboration de la vision hydrologique, un modèle est établi afin de calculer les volumes d'eau de surface qui ruisselle (explications ci-dessous). Idéalement, ce modèle d'eau de surface devrait être combiné avec un modèle d'égout (et éventuellement un modèle hydrogéologique). On peut ainsi examiner les interactions entre les systèmes des trois modèles et estimer l'impact des mesures à la source proposées sur le réseau d'égouttage, l'eau souterraine et les inondations éventuelles.

Dans cette étude, l'impact des mesures hydrologiques mentionnées ci-dessous sur le réseau d'égouttage et le réseau d'eaux souterraines n'est pas connu. Le modèle d'égout Vivaqua pour le périmètre du projet n'est en effet pas complet et n'a pas été mis à disposition pour cette étude. Bruxelles Environnement a réalisé plusieurs simulations portant sur un éventuel impact sur le système d'eau souterraine. Ses conclusions figurent à l'annexe VIII.

Le modèle de l'eau de surface ne prend en compte que l'eau qui s'écoule de l'espace public (élaboré dans la section 6.2.3). Bruxelles Environnement ne souhaite pas déconnecter le domaine privé, mais il devra, à terme, pouvoir retenir l'eau sur ses parcelles. À court et moyen terme, la majeure partie de cette eau s'écoule dans le réseau d'égouttage.

Au cours de la modélisation, l'accent a été mis en priorité sur le tamponnage de l'eau issue du ruissellement. Witteveen+Bos a élaboré une boîte à outils incluant les mesures visant à réutiliser, retenir, infiltrer et/ou transporter l'eau pluviale dans l'espace public ou privé. Un atelier avec le comité technique (CT 3, 06/05/2019) a ensuite permis d'identifier les ouvrages qui pourraient être réalisés dans les différents secteurs du périmètre du projet du contrat de rénovation urbaine (voir sections 6.2.4 à 6.2.6). Il est ressorti de la séance de travail que les « noues », les « bassins de rétention » et les « tampons souterrains » sont les ouvrages les plus prometteurs. Ces éléments ont servi de base à la poursuite du projet et se concentrent principalement sur la temporisation.

L'infiltration n'est pas incluse dans le modèle. Les essais d'infiltration réalisés (annexe IV) ont montré que le sol à l'intérieur du périmètre du projet est moyennement à bon potentiel. Cependant, en raison de la forte pente de la zone, il a été décidé de ne pas inclure l'infiltration dans cette vision. De cette façon, la possibilité de tamponnage la plus conservatrice est calculée. En effet, toute l'eau qui s'écoule vers les zones tampons doit y être retenue pendant le pic de précipitations. Dans ces moments-là, le sol sera largement saturé d'eau, ce qui signifie que l'infiltration sera moins importante. En pratique, après l'averse, l'eau quittera les ouvrages verts/bleus par infiltration.

L'impact possible d'une augmentation de l'infiltration dans le périmètre du projet est étudié plus en détail par Bruxelles Environnement sur la base de son modèle hydrogéologique. Une étude similaire a déjà été

effectuée pour la zone en amont du périmètre du projet. Les résultats de cette étude sont présentés à l'annexe VIII.

Enfin, en plus du tamponnage, le rejet à la Senne est également examiné. La Région de Bruxelles-Capitale n'a pas encore établi de normes en matière de rejet, mais plusieurs normes sont déjà courantes en Flandre. Dans les zones inondables, par exemple, le débit de fuite est limité à 5 l/s/ha de surface connectée. Au cours de la modélisation, on vérifie à titre de référence si cette exigence pourrait être respectée.

Une fois les zones tampons définies, on examine comment l'eau qui tombe dans le périmètre du projet peut être amenée vers les différentes zones. Cela peut se faire par un réseau de conduites/rigoles dissimulées (exemple dans Figure 66.1), un système de petites canalisations superficielles qui transportent l'eau depuis les rues jusqu'aux grandes zones tampons. Le diamètre des rigoles diffère à l'intérieur du périmètre du projet. Les conduites les plus en amont ont le plus petit diamètre, tandis que plus en aval, où plusieurs canalisations se rejoignent, leur diamètre augmente. Les dimensions exactes sont précisées au point 6.2.7. Les conduites sont modélisées de manière à ce qu'elles ne soient pas sous pression. Concrètement, cela signifie qu'une grande partie de l'eau qui s'écoule vers une conduite sera excédentaire dans le modèle<sup>1</sup>, car les possibilités de cheminement sont limitées par la capacité et le diamètre des conduites.

Figure 66.1 Exemple rigole dissimulée.



En fin de compte, le modèle a deux objectifs :

- déterminer les mesures nécessaires pour assurer que suffisamment d'eau s'écoule vers les ouvrages tampons disponibles afin que l'espace disponible puisse être utilisé au maximum pour remplir des conditions préalables de l'étude ;
- estimer l'effet des mesures de gestion à la source sur le bilan hydrologique et ainsi déterminer la quantité d'eau qui peut être stockée et celle qui sera déversée dans le réseau d'égouttage.

Un modèle hydraulique des eaux de surface est disponible sur InfoWorks ICM (Figure 6.2) pour élaborer la vision de conception hydrologique. Le modèle est composé de plusieurs éléments.

Deux types d'objets ponctuels sont créés : les nœuds de cheminement et les nœuds tampons. Les nœuds de cheminement sont des points de collecte de l'eau provenant de l'espace public, qui acheminent ensuite l'eau jusqu'aux zones tampons. Les nœuds tampons sont des endroits où de grandes quantités d'eau peuvent être stockées (un bassin de rétention, par exemple) ou des endroits où l'eau sort du périmètre du projet (c.-à-d. les points de rejet vers la Senne). Le modèle numérique de terrain permet de déterminer la hauteur au sol de chaque nœud.

Les nœuds sont reliés entre eux par des installations linéaires servant de conduites. Dans la mesure du possible, ces conduites doivent être installées depuis la surface du sol la plus élevée (point hypothétique a) vers la surface du sol la plus basse (point b). Si cela n'est pas possible et que la différence de hauteur entre les deux points est de 5 cm maximum, le point le plus haut est abaissé pour que l'écoulement soit encore

---

<sup>1</sup> En réalité, c'est de l'eau qui ira dans les égouts.

possible. Ceci est autorisé dans le modèle, car cela est également possible dans le profil de voirie réel. Dans les autres cas, d'autres directions de cheminement sont choisies (par exemple, en reliant le point a à un point c qui est plus bas),

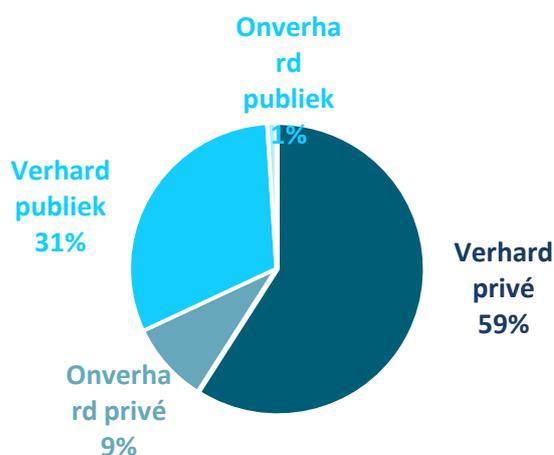
Figure 6.2 Modèle préparé sur InfoWorks ICM. Les arrière-plans des espaces publics et privés, ainsi que les jonctions et les conduites sont visibles.



Le modèle utilise la localisation des espaces publics et privés comme surfaces supplémentaires. Les surfaces imperméables publiques et privées (rues, maisons et terrasses) sont représentées sous forme de polygones avec un coefficient de ruissellement de 1, pour indiquer que 100 % de l'eau qui y tombe s'écoulera vers le caniveau le plus proche. Les surfaces perméables (jardins, accotements, etc.) sont modélisées sous forme de polygones avec un coefficient de ruissellement de 0,3 pour indiquer que 30 % de l'eau qui y tombe s'écoulera dans le caniveau le plus proche. Les 70 % restants de l'eau s'infiltreront dans le sol ou disparaîtront par capture et évaporation par l'intermédiaire de la végétation. Cela permet de déterminer le volume des précipitations qui s'écoulent vers les nœuds.

Figure 6.3 montre que les précipitations qui ruissellent sur l'ensemble du périmètre du projet lors d'une averse de TR20 peuvent être fractionnées comme suit. 32 % des précipitations ruissellent des espaces publics, dont 31 % des surfaces imperméables (rues, bordures et trottoirs) et 1 % des surfaces perméables (espaces verts, parcs). Les 68 % des précipitations restantes ruissellent des espaces privés, dont 59 % des surfaces imperméables (maisons, terrasses) et 9 % des surfaces perméables (jardins). C'est donc sur les 31 % de précipitations provenant des surfaces imperméables de l'espace public que ce projet se focalise, conformément aux objectifs du pouvoir adjudicateur.

Figure 6.3 Différenciation des précipitations qui ruissellent de l'ensemble du périmètre du projet en fonction des surfaces, imperméables et perméables, et subdivision en fonction de l'espace, privé ou public.



Dans les sections suivantes, les conditions préalables et la conception des zones tampons et du réseau de conduites/rigoles seront discutées et développées plus en détail.

### 6.2.2 Étape 1 : Détermination du niveau d'ambition hydrologique : quel type d'averse ?

Le niveau d'ambition hydrologique doit être déterminé avant d'identifier les zones tampons. Cela détermine pour quel type d'averse (et donc pour quel volume d'eau) les mesures envisagées seront conçues.

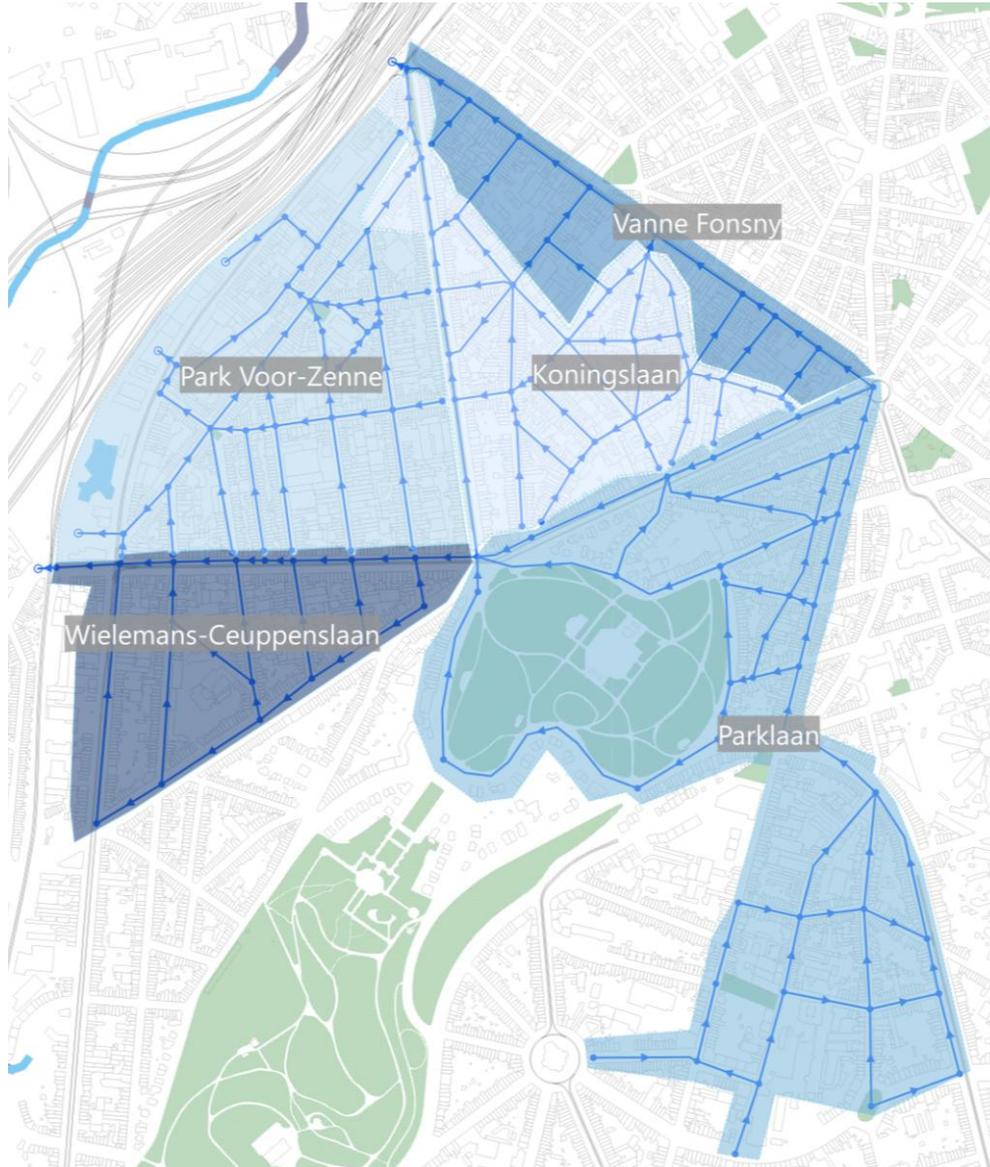
En accord avec le pouvoir adjudicateur, il a été établi que les zones tampons doivent pouvoir stocker l'eau qui ruisselle de l'espace public lors d'une averse de TR20. Une averse de TR20 est une averse dont la probabilité d'apparition moyenne est d'une fois tous les 20 ans, TR signifiant « temps de retour ».

Les prochaines étapes servent à déterminer le volume tampon maximal théorique pouvant être stocké dans chaque zone. Celui-ci déterminera la possibilité de contenir l'intégralité d'une averse de TR20. Il est important de noter que les volumes tampons conçus pour stocker les précipitations d'une averse de TR20 ne seront que rarement ou jamais complètement utilisés. C'est pourquoi nous examinons également comment l'eau qui ruisselle lors d'une averse de TR10 (un événement de précipitation dont la probabilité d'apparition est d'une fois tous les dix ans) peut être acheminée et retenue.

### 6.2.3 Étape 2 : Détermination des directions d'écoulement et des sous-bassins versants éventuels

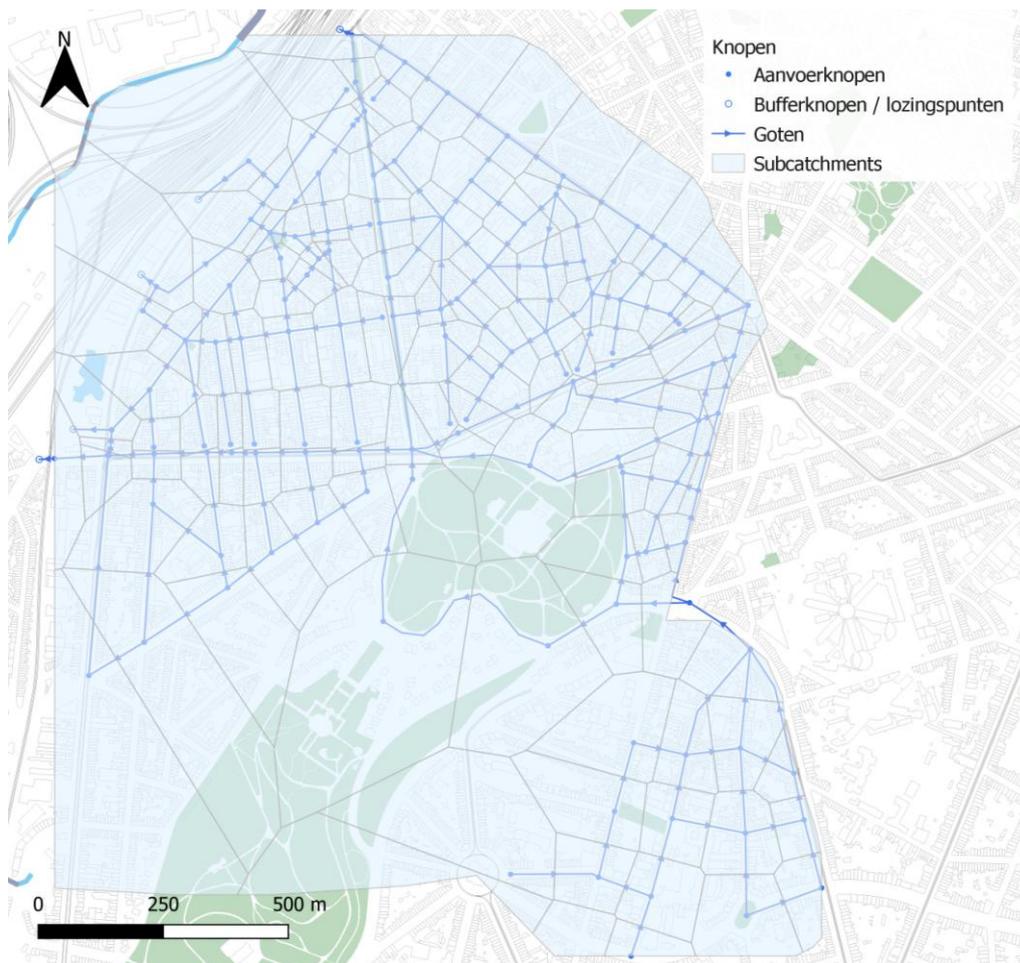
Sur la base de la topographie, l'ensemble du périmètre d'étude peut être divisé en zones qui peuvent être séparées géographiquement selon que les précipitations ruissellent vers un axe ou un endroit différent à l'intérieur du périmètre du projet. Pour chaque zone, il existe plusieurs endroits qui offrent des possibilités de tamponnage : la berme végétalisée sur l'avenue du Parc, la berme végétalisée sur l'avenue du Roi, l'espace central sur l'avenue Wielemans-Ceuppens et le futur Parc de l'Avant-Senne (Figure 6.4).

Figure 6.4 Zones définies géographiquement, drainant chacune vers une zone tampon potentielle différente.



Comme décrit dans la section 6.2.1, pour chaque nœud du modèle hydraulique, il convient de déterminer quelles zones du périmètre du projet vont être à l'origine de ruissellements. Pour chaque nœud, on définit un sous-bassin ou 'subcatchment' qui détermine la quantité d'eau qui y ruisselle et, par extension, qui ruisselle dans le réseau de conduites. Afin de pouvoir le faire à l'échelle du périmètre du projet, des polygones de Thiessen ont été créés sur la base de la localisation des nœuds d'acheminement dans le modèle (Figure 6.5).

Figure 6.5 Un bassin versant s'écoule vers chaque nœud du modèle hydraulique.



La dynamique du ruissellement de ces sous-bassins versants est déterminée par les coefficients de ruissellement définis au point 6.2.1. Les zones du périmètre du projet d'où les eaux évacuées aboutissent dans les nœuds de collecte ou les nœuds tampons sont appelées « surfaces contributrices effectives ». L'exemple ci-dessous en est une illustration. Au Tableau 6.1, un bassin versant fictif d'une superficie totale de 1 ha est défini.

Tableau 6.1 Bassin versant fictif qui illustre comment est calculée la surface contributrice effective dans le modèle hydraulique.

Divisions d'un bassin versant	Superficie (ha)	Surface contributrice (ha)
espace privé		
- minéralisé	0,5	$1 \times 0,5 = 0,5$
- non minéralisé	0,1	$0,3 \times 0,1 = 0,03$
espace public		
- minéralisé	0,2	$1 \times 0,2 = 0,2$
- non minéralisé	0,2	$0,3 \times 0,2 = 0,06$

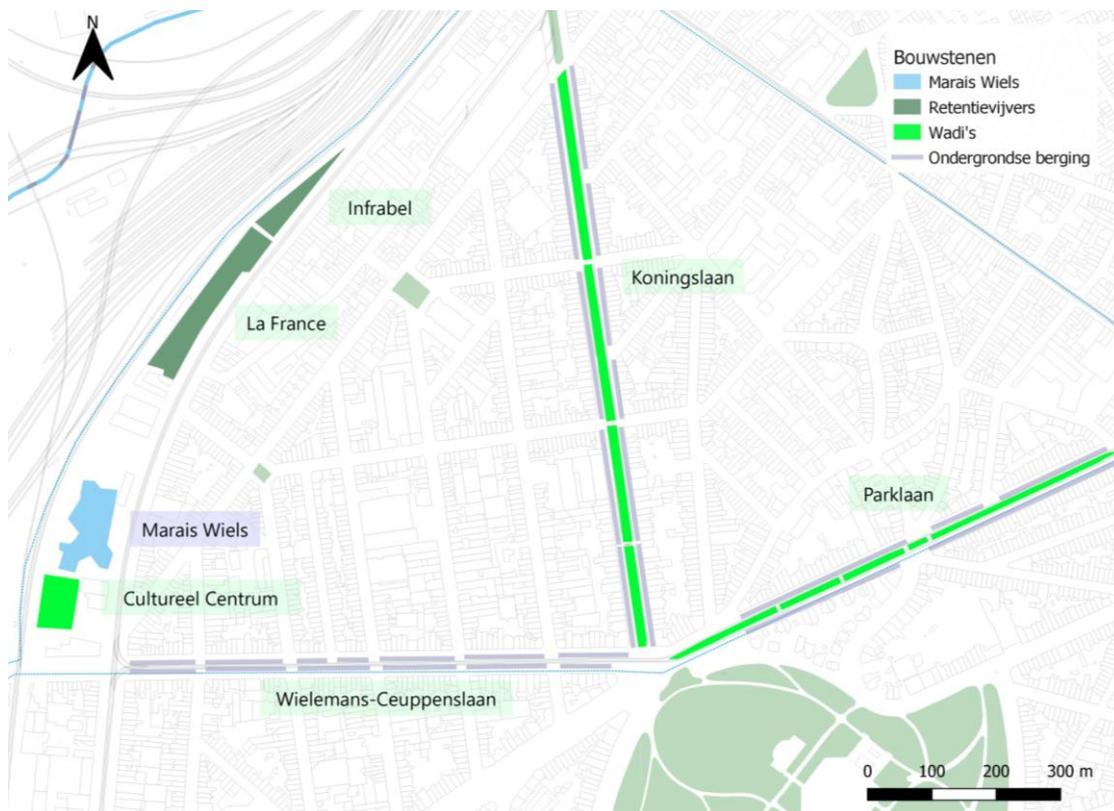
L'espace privé dans le bassin versant fictif totalise 0,6 ha, dont 0,5 ha imperméable et 0,1 ha perméable. Dans l'espace public imperméable, l'eau s'écoulera intégralement, car le coefficient de ruissellement est de 1, alors que 30 % seulement s'écoulera de l'espace privé perméable. La surface contributrice effective privée est de

0,53 ha au total. L'espace public totalise 0,4 ha, dont la moitié est imperméable et l'autre moitié perméable. Ici aussi, l'eau s'écoulera intégralement de l'espace public imperméable, alors que 30 % seulement s'écoulera de l'espace public perméable. La surface contributrice effective publique est de 0,26 ha. La surface contributrice effective totale est donc de 0,79 ha, d'où l'eau s'écoulera vers le nœud.

### 6.2.4 Étape 3 : Analyse du périmètre du projet : où y a-t-il de la place pour tamponner ?

Les différentes zones géographiques au sein du périmètre du projet incluent chacune une zone tampon potentielle. Sur la base d'une analyse spatiale, on examine quels sont les endroits spécifiques de l'espace public qui disposent de l'espace nécessaire pour le stockage et/ou l'infiltration d'eau (Figure 6.6).

Figure 6.6 Possibilités de stockage dans la zone du projet. Dans le Parc de l'Avant-Senne ainsi que pour l'avenue du Roi, l'avenue du Parc et l'avenue Wielemans-Ceuppens, l'eau peut être stockée dans des ouvrages verts/bleus.



Sur l'avenue du Roi et l'avenue du Parc, les plus grandes zones tampons potentielles sont situées dans les bermes centrales végétalisées. Le terre-plein central de l'avenue Wielemans-Ceuppens est occupé par des voies de tram, mais une zone tampon souterraine sous les espaces de stationnement pourrait être aménagée.

En outre, le Parc de l'Avant-Senne offre également des possibilités. Le Marais Wiels est actuellement un bassin de rétention qui dispose encore d'une grande capacité de stockage. Les parcelles du Centre Culturel Wiels et celles des sociétés La France et Infrabel pourraient, après non-imperméabilisation, être utilisées comme zones de tamponnage et/ou d'infiltration.

Des observations doivent encore être réalisées sur les zones tampons proposées. Si les zones mentionnées sont potentiellement les plus efficaces, les petites interventions locales ne doivent pas être négligées pour autant. Chaque action compte. Le domaine public peut également agir dans les rues voisines et contribuer à la réduction des problèmes d'eau dans les zones plus en aval, notamment grâce à la non-imperméabilisation

à l'échelle locale et à l'aménagement de compartiments végétaux. Des actions dans le domaine privé, comme l'aménagement de toiture végétale ou la déconnexion et la non-imperméabilisation, seraient également très précieuses.

Les zones situées en dehors du périmètre du projet, mais à l'intérieur du périmètre de ruissellement ne sont pas incluses. Il s'agit des rues découplées d'où, topographiquement, l'eau ruisselle vers le Parc de Forest ou le Parc Duden. Pour ces rues, on suppose que le volume de ruissellement peut être stocké dans le parc. Cette zone n'est donc pas incluse dans la vision de conception hydrologique.

## 6.2.5 Étape 4 : Sélection et représentation des ouvrages hydrauliques

Une fois les zones de stockage définies, il convient de déterminer comment ces espaces publics peuvent être aménagés pour servir de tampons.

Comme mentionné ci-avant, un atelier a permis de déterminer quels ouvrages seraient les plus prometteurs dans le cadre du contrat de rénovation urbaine. Les « noues », les « bassins de rétention » et les « tampons souterrains » semblent être les plus prometteurs. 2 remarques dans la marge

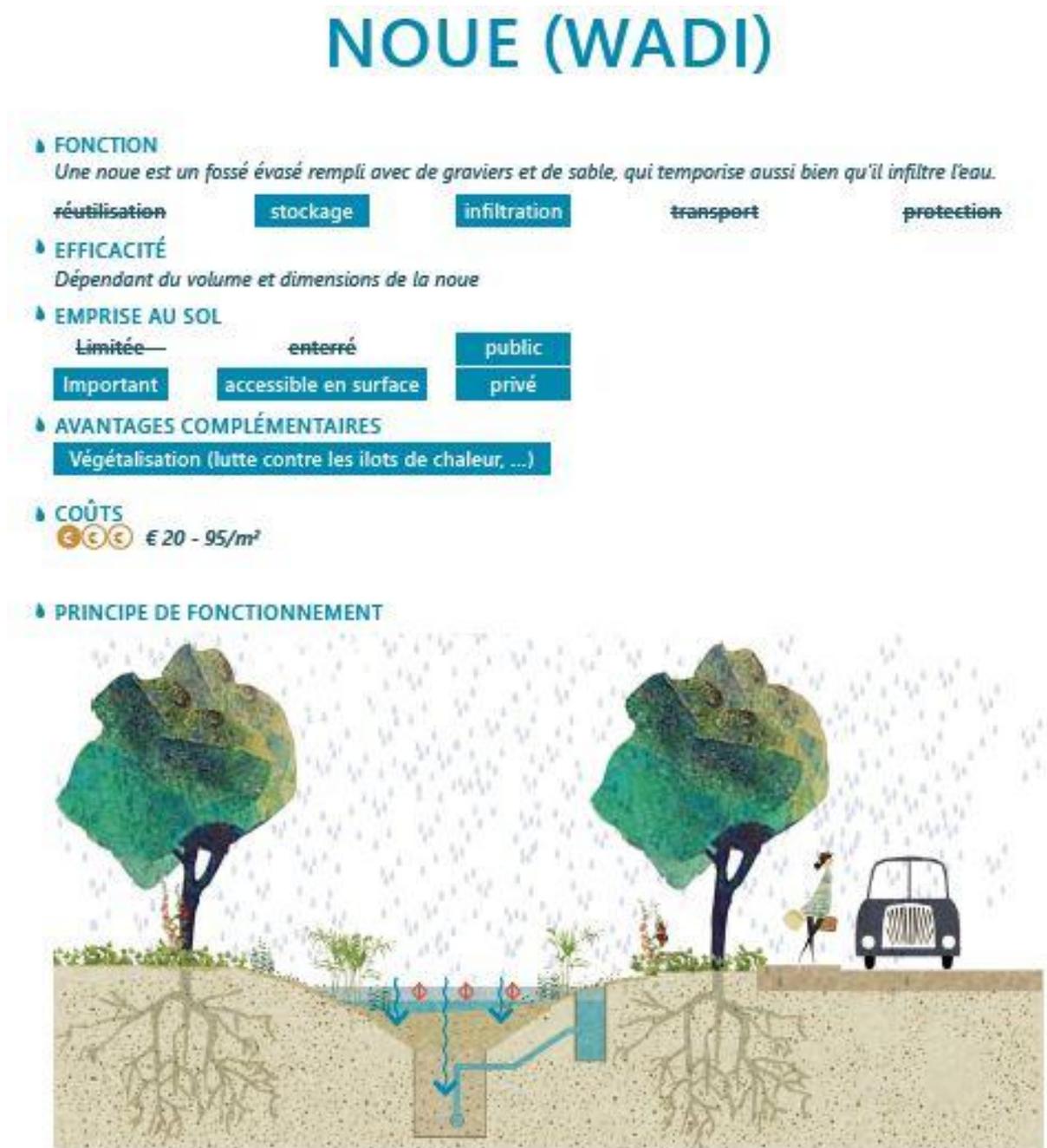
- D'autres ouvrages ou combinaisons d'ouvrages peuvent également être efficaces : les ouvrages choisis dans le cadre de cet atelier ne sont donc pas les seules options.
- Cet atelier n'a pas non plus pris en compte le coût des différents aménagements : le coût n'est donc pas utilisé comme critère de sélection dans cette étude.

Les ouvrages choisis dans le cadre de l'atelier sont également la base de la conception hydrologique. Les ouvrages choisis sont les suivants :

### Noues

Les « noues » peuvent être utilisées dans les espaces verts de l'avenue du Roi et l'avenue du Parc. Leur fonction principale est le stockage de l'eau et l'infiltration. Les essais d'infiltration effectués dans le périmètre du projet ont montré que le sol limoneux, sableux des deux avenues est moyennement à bien perméable.

Figure 6.7 Ouvrage hydraulique « noue ».

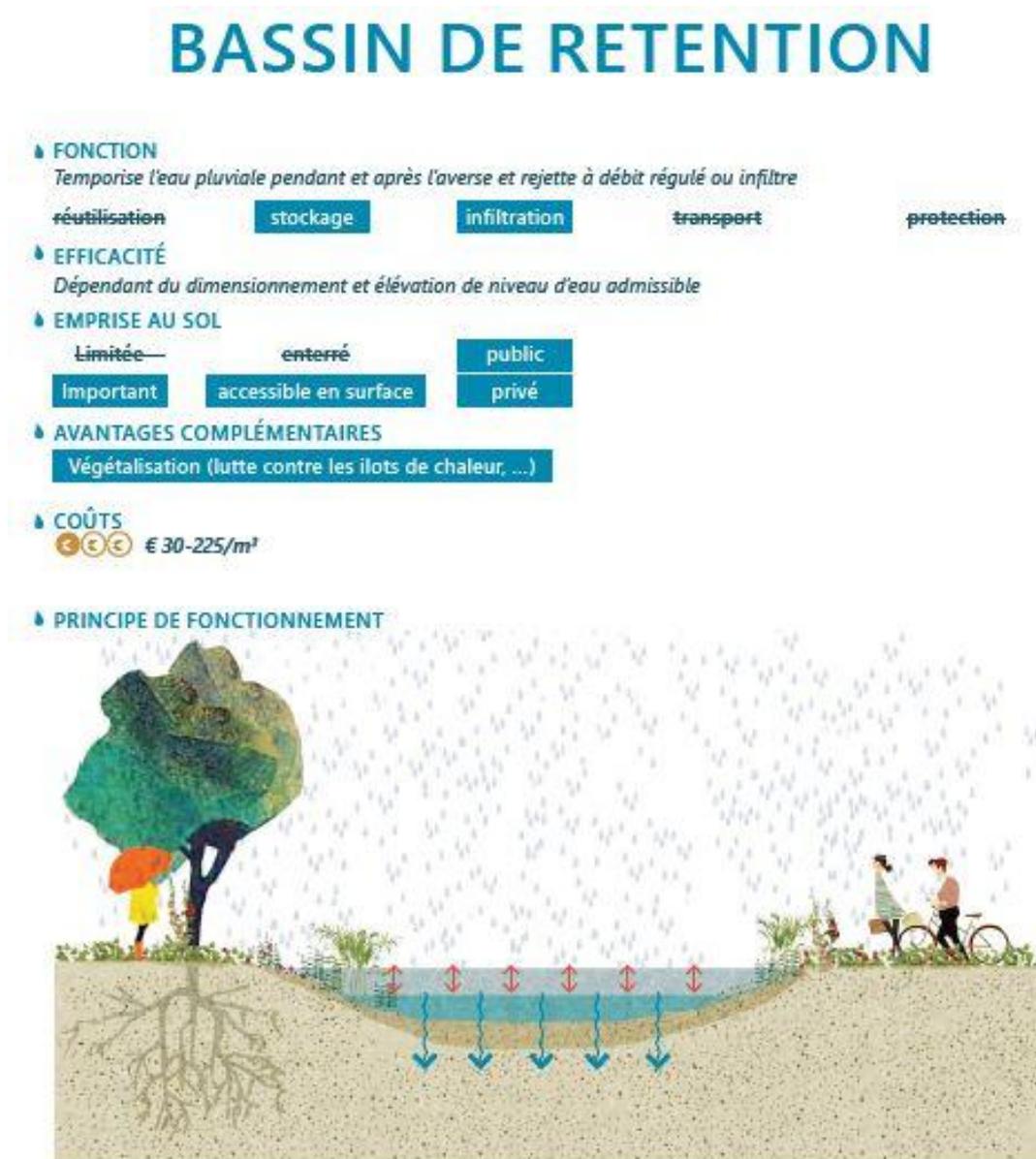


Dans ce projet, les noues sont aménagées dans les rues comme des fossés tampons de 0,3 m de profondeur et 15 m de longueur. Afin de retenir l'eau le plus longtemps possible compte tenu de la forte pente dans la zone du projet, des seuils sont aménagés en aval des noues. Si nécessaire, les noues peuvent être connectées les unes aux autres par des canalisations de 400 mm de diamètre.

#### Bassin de rétention

Les « bassins de rétention » pourraient être utilisés sur les parcelles qui font partie du Parc de l'Avant-Senne. Le Marais Wiels sert déjà de bassin tampon, mais de nouvelles excavations pourraient également être aménagées.

Figure 6.8. Ouvrage hydraulique « bassin de rétention ».



La fonction principale d'un bassin de rétention est le stockage de l'eau. Si le sol le permet, il peut également permettre l'infiltration. Cela serait possible sur toutes les parcelles à l'exception de celle du Marais Wiels, qui est un bassin artificiel et imperméable, et celle d'Infrabel, qui n'est que très peu perméable. Dans 6.2.6, il est précisé comment les différentes parcelles peuvent être aménagées en bassins de rétention, ainsi que le volume d'eau qu'elles pourraient stocker.

### Tampons souterrains

Les « tampons souterrains » pourraient être aménagés sous les espaces de stationnement de l'avenue Wielemans-Ceuppens, de l'avenue du Roi et de l'avenue du Parc.

Figure 6.9 Ouvrage hydraulique « Massif enterré».



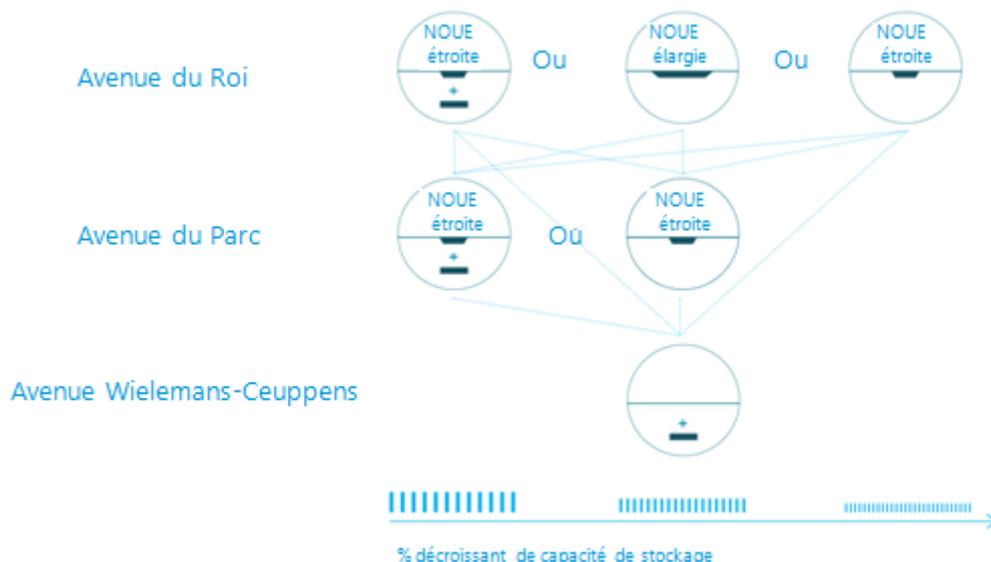
Le tamponnage souterrain est réalisé au moyen de « caisses à eau » ou de puits. Si le sol le permet, il peut également permettre l'infiltration. Les essais d'infiltration effectués sur les grandes avenues ont montré que le sol est moyennement à bien perméable. Dans la section 6.2.6, l'aménagement de massifs enterrés dans le périmètre du projet est décrit plus en détail.

## 6.2.6 Étape 5 : Détermination et calcul des capacités de temporisation (m<sup>3</sup>)

L'objectif de cette étape est de créer une représentation spatiale des aménagements sélectionnés et de calculer la capacité de temporisation d'eau en m<sup>3</sup>. Il convient de commencer par les grandes avenues. La capacité de temporisation du Parc de l'Avant-Senne est expliquée séparément dans cette section.

Sur l'avenue du Roi et l'avenue du Parc, deux ouvrages hydrauliques peuvent être combinés. Plusieurs scénarios peuvent dès lors être envisagés (Figure 6.10). Comme les différentes zones tampons peuvent être topographiquement séparées les unes des autres en fonction des sous-bassins versants et qu'elles peuvent donc fonctionner indépendamment les unes des autres, les scénarios de tamponnage sont combinables. Par exemple, le scénario « noue étroite » de l'avenue du Roi peut être combiné avec le scénario « noue étroite avec stockage souterrain » de l'avenue du Parc.

Figure 6.10 Scénario de temporisation pour les différentes zones tampons. Le + désigne les massifs enterrés stockant situés sous les espaces de stationnement. Les différents scénarios peuvent être combinés entre les différentes avenues, comme l'illustrent les lignes de connexion. L'axe inférieur classe les capacités de temporisation des différents scénarios par ordre décroissant (de gauche à droite).



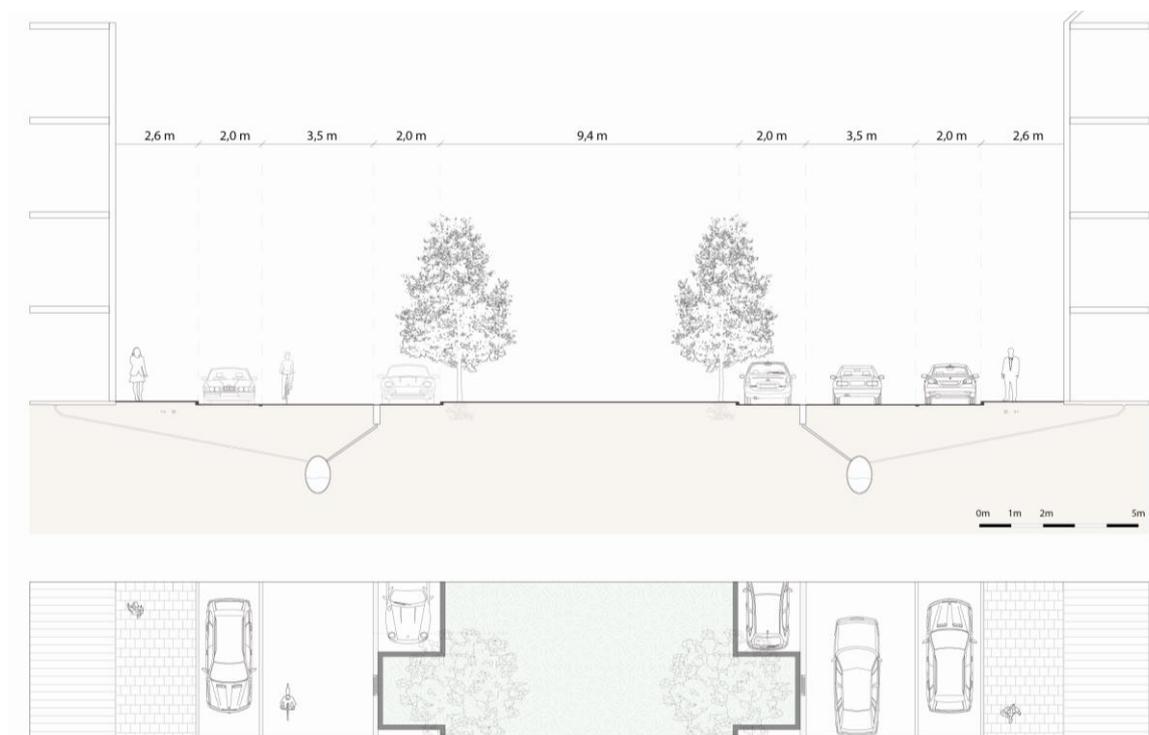
Les différents scénarios n'ont pas les mêmes capacités de temporisation. En toute logique, la combinaison d'une noue étroite avec un dispositif de stockage souterrain permet de temporiser plus d'eau qu'une noue étroite seule. Les sections suivantes analysent la capacité de temporisation des différents scénarios et des zones tampons.

Il est important de souligner que cette étude propose une vision hydrologique qui assurera le bon fonctionnement théorique de la temporisation et de l'évacuation de l'eau. Pour la mise en œuvre pratique, nous renvoyons au masterplan qui suit, comprenant de plus amples développements et dès lors plus de détails. Les scénarios proposés peuvent parfois sembler extrême, mais c'est précisément en raison de leur caractère radical qu'ils illustrent l'impact actuel d'un tel réaménagement de voirie sur les problèmes d'eau dans le périmètre du projet.

### Capacités de temporisation dans l'avenue du Roi

Actuellement, l'avenue du Roi est structurée comme suit (Figure 6.11). En partant du côté gauche de l'avenue se trouvent, dans l'ordre, les façades des bâtiments, le trottoir, des places de stationnement, la chaussée sous laquelle est aménagé un réseau d'égouttage unitaire, des espaces de stationnement discontinus du fait de la présence des arbres et une berme centrale végétalisée. Le côté droit de la rue est construit en miroir.

Figure 6.11 Coupe transversale de l'état actuel de l'Avenue du Roi



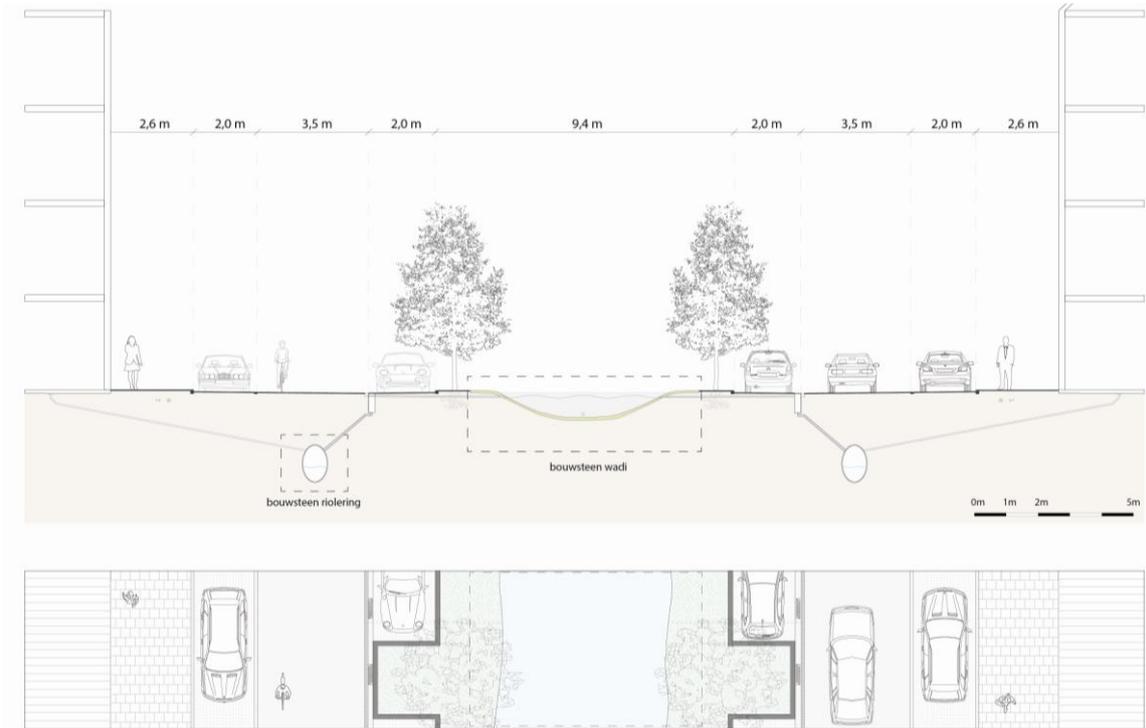
Trois scénarios sont envisagés afin d'assurer la temporisation maximale de l'eau dans l'avenue du Roi.

#### *Noue étroite*

La berme centrale végétalisée de l'avenue du Roi est creusée à une profondeur d'au moins 30 cm afin de créer une noue tampon. La Figure 6. illustre le principe. La topographie de la rue doit permettre à l'eau de s'écouler dans la noue. L'eau qui ne peut plus être stockée dans la noue s'écoule vers le réseau d'égouttage existant.

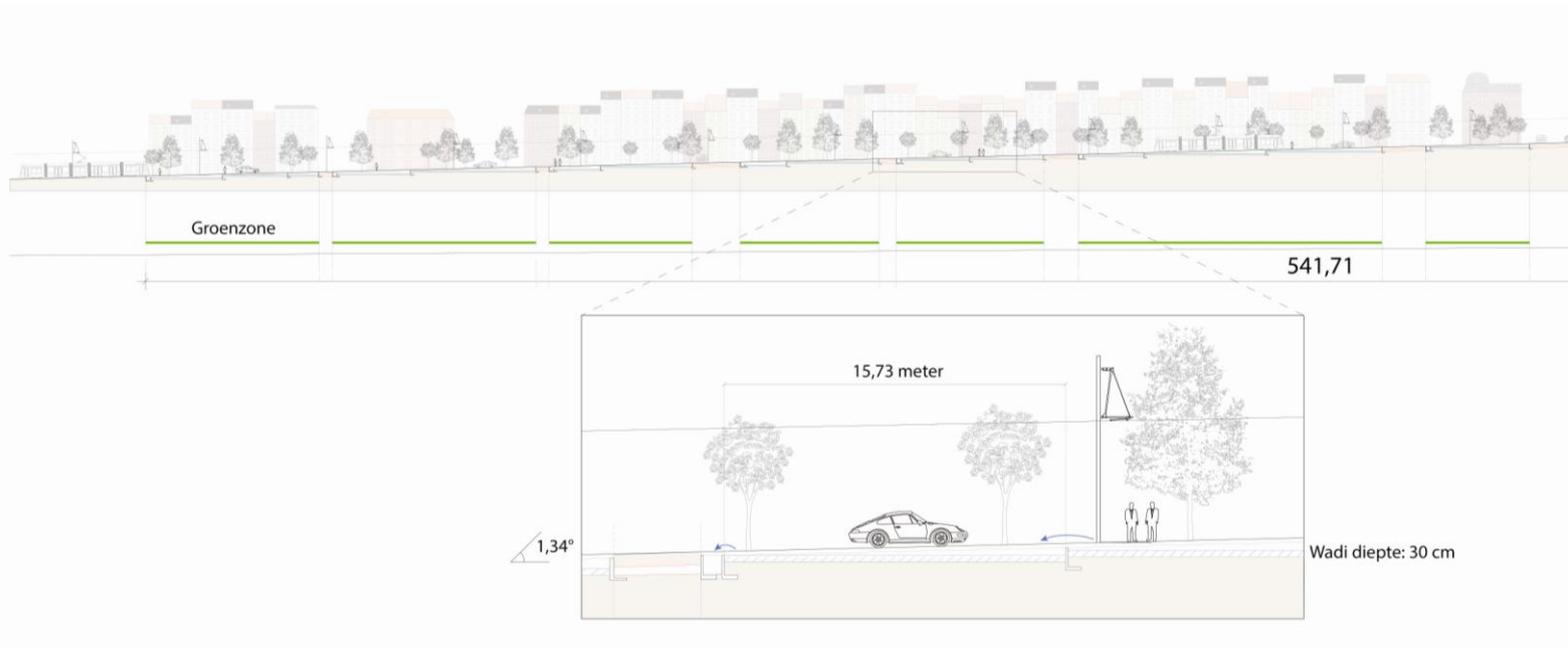
Dans ce scénario, un volume de stockage théorique maximal de 250 m<sup>3</sup> peut être atteint.

Figure 6.12 Coupe transversale du scénario « noue étroite » dans l'avenue du Roi.



En raison de la forte pente du terrain, les noues devraient être discontinues et interrompues tous les 15 m environ par des redents, qui permettraient de retenir l'eau plus longtemps dans les noues en l'empêchant de s'écouler directement en aval (Figure 6.13).

Figure 6.13 Schéma transversal des noues dans l'avenue du Roi, représentées comme fossés tampons de 0,3 m de profondeur et d'environ 15 m de longueur, périodiquement interrompus par des seuils.



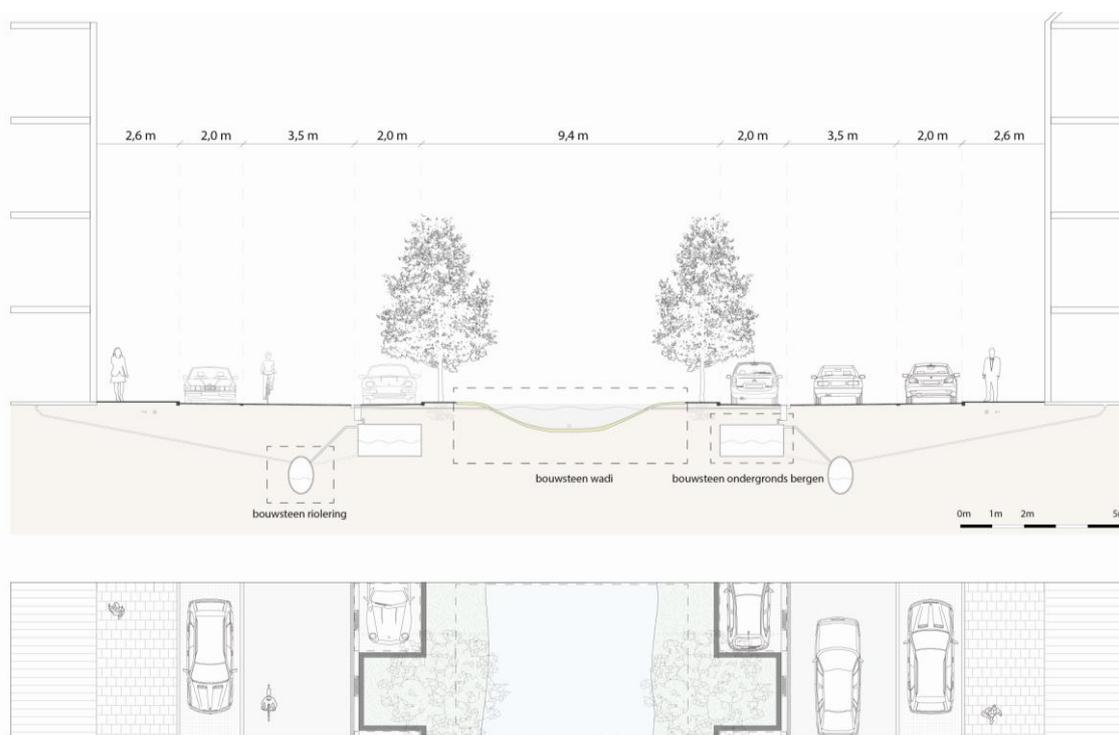
### *Noue étroite avec stockage enterré*

L'avenue du Roi compte également des espaces de stationnement à côté des maisons et au niveau de la berme centrale. Des caissons de stockage pourraient être installés sous les espaces de stationnement de la berme centrale. Les caissons envisagés ont une profondeur moyenne de 1,2 m et peuvent être utilisés pour stocker un volume d'eau supplémentaire dans l'avenue du Roi. Nous ne préconisons pas l'installation de caissons du côté des maisons où, comme indiqué par le CICC (Point de Contact fédéral d'Informations Câbles et Conduites), se trouvent beaucoup de lignes enterrées de services publics.

La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** 6.14 explique le principe. Comme dans le scénario précédent, la berme centrale végétalisée est creusée jusqu'à une profondeur de 30 cm. De plus, des caissons de stockage sont installés sous les espaces de stationnement centraux. L'eau retenue dans les caissons et les noues peut s'écouler vers le réseau d'égouttage existant.

Dans ce scénario, un volume tampon théorique maximal de 3 000 m<sup>3</sup> peut être atteint.

Figure 6.14 Coupe transversale du scénario « noue étroite avec stockage enterré ».

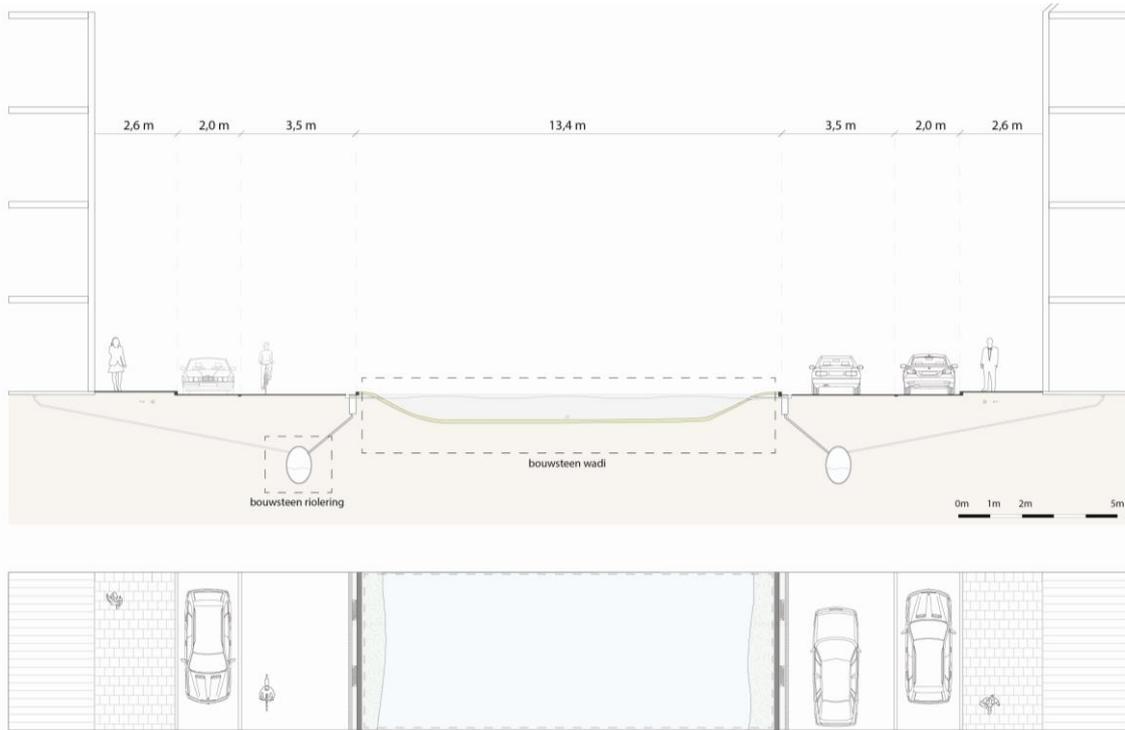


### *Noue élargie*

Enfin, un scénario plus extrême peut également être envisagé pour l'avenue du Roi. Dans ce cas de figure, la berme centrale végétalisée est étendue jusqu'aux actuels espaces de stationnement centraux et creusée afin d'aménager une noue large, mais peu profonde (30 cm de profondeur) (Figure 6.15). Pour réaliser une noue large, il faudrait retirer les arbres existants et supprimer les espaces de stationnement centraux. Il convient de souligner que ce scénario ne tient pas compte des questions sociales ou environnementales. De plus, les arbres ont également une capacité de temporisation lors des averses. Ce scénario est donc à considérer uniquement sur le plan des principes.

Dans ce scénario, un volume de stockage théorique maximal de 1.200 m<sup>3</sup> peut être atteint.

Figure 6.15. Coupe transversale du scénario « noue large » dans l'avenue du Roi.



#### Capacités de temporisation dans l'avenue du Parc.

Actuellement, l'avenue du Parc est structurée comme suit. En partant du côté gauche de l'avenue se trouvent, dans l'ordre, les bâtiments, le trottoir, des places de stationnement, la chaussée, les voies de tram et une berme centralisée végétalisée. Le côté droit de la rue est construit en miroir. (Figure 6.16).

Figure 6.16 Coupe transversale de la structure actuelle de l'avenue du Parc.



Deux scénarios sont envisagés afin d'assurer la temporisation maximale de l'eau dans l'avenue du Parc.

### *Noue étroite*

Dans un premier scénario, la berme centrale végétalisée est creusée afin d'aménager une noue de 30 cm de profondeur. La topographie de la rue doit permettre à l'eau de s'écouler d'abord dans la noue. L'eau ne s'écoule ainsi dans le réseau d'égouttage existant que lorsque la noue est saturée (Figure 6.17).

Dans ce scénario, un volume de stockage théorique maximal de 400 m<sup>3</sup> peut être atteint.

Figure 6.17 Coupe transversale du scénario « noue étroite » dans l'avenue du Parc.

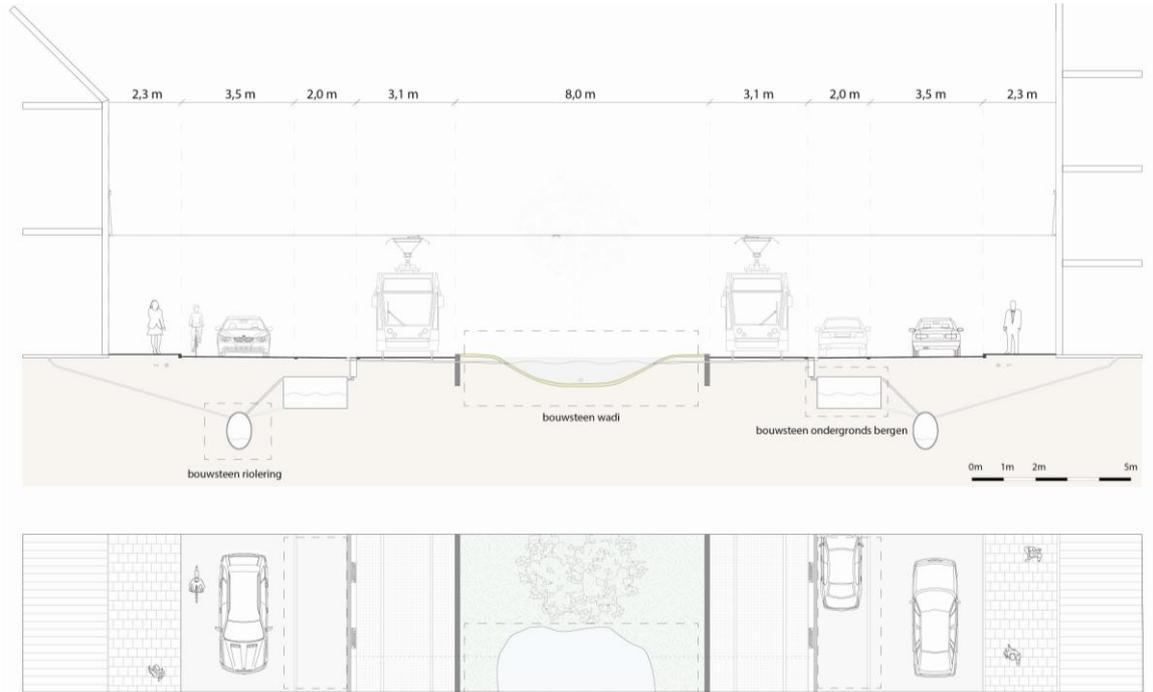


### *Noue étroite avec stockage enterré*

Dans un deuxième scénario, deux ouvrages sont combinés. La berme centrale de l'avenue du Parc est creusée afin d'aménager une noue de 30 cm de profondeur, et des caissons de stockage sont installés sous les espaces de stationnement. Ce second ouvrage implique un réaménagement de la rue. Actuellement, les espaces de stationnement sont situés du côté des bâtiments, où se trouvent également beaucoup de raccordements électriques souterrains. Pour installer les caissons enterrés, la chaussée et les espaces de stationnement doivent être intervertis (Figure 6.18).

Dans ce scénario, un volume de stockage théorique maximal de 2 600 m<sup>3</sup> peut être réalisé.

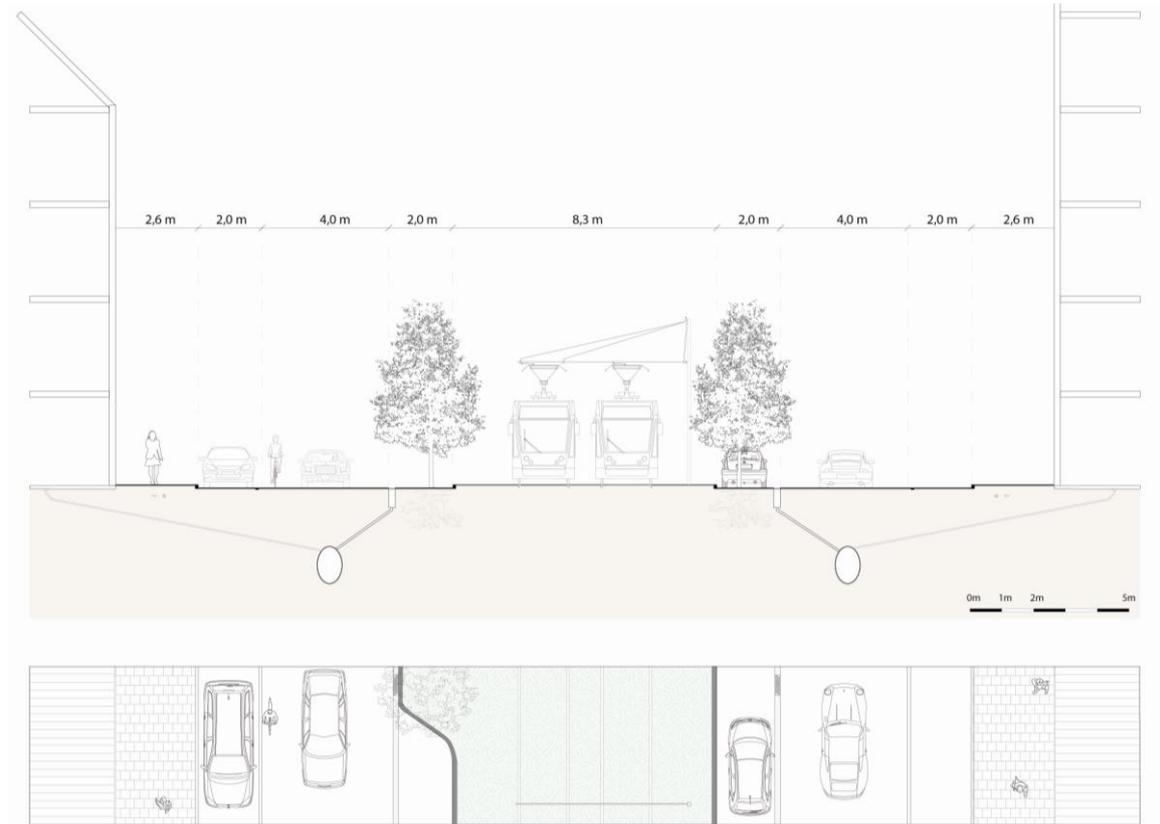
Figure 6.18 Coupe transversale du scénario « noue étroite avec stockage souterrain » dans l'avenue du Parc.



#### Capacités de temporisation dans l'avenue Wielemans-Ceuppens

Actuellement, l'avenue Wielemans-Ceuppens est structurée comme suit. En partant du côté gauche de l'avenue se trouvent, dans l'ordre, les façades des bâtiments, le trottoir, des espaces de stationnement, la chaussée, des espaces de stationnement discontinus du fait de la présence des arbres et des voies de tram sur la berme centrale végétalisée. Le côté droit de la rue est construit en miroir (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** 6.19).

Figure 6.19 Schéma transversal de la structure actuelle de l'avenue Wielemans-Ceuppens.



Comme la berme centrale végétalisée de l'avenue Wielemans-Ceuppens est occupée par deux voies de tram, aucune noue ne peut y être aménagée. Dans cette avenue, un seul scénario de stockage/temporisation de l'eau peut être réalisé avec les ouvrages envisagés.

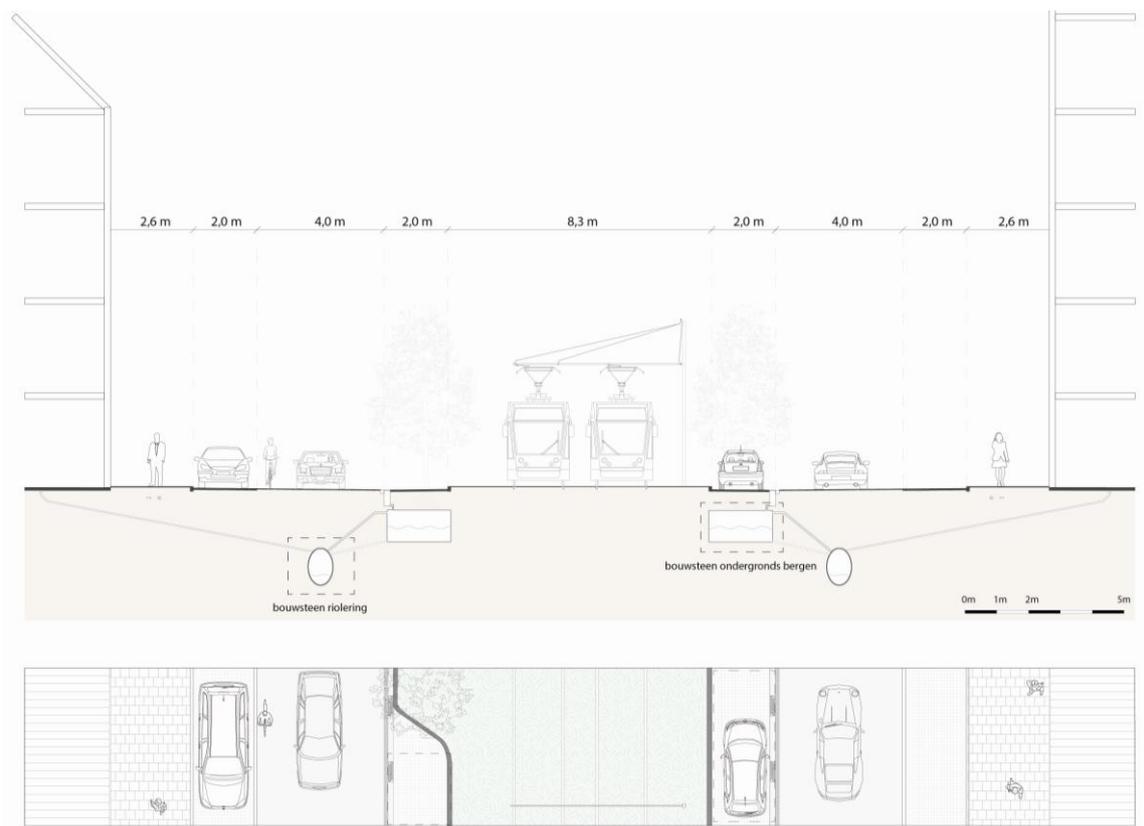
#### Stockage enterré

Des caissons enterrés de stockage d'eau de 1,2 m de haut peuvent être installés sous les espaces de stationnement de part et d'autre des voies de tram. Puisque, comme indiqué par le CICC, des raccordements électriques passent sous les espaces de stationnement situés côté maisons, l'installation de caissons de stockage y est impossible.

La topographie de la rue doit permettre à l'eau de s'écouler d'abord vers les caisses en passant par un collecteur. L'eau ne s'écoule ainsi dans le réseau d'égouttage existant que lorsque celui-ci est saturé (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**20).

Dans ce scénario, un volume de stockage théorique maximal de 2 400 m<sup>3</sup> peut être atteint.

Figure 6.20 Coupe transversale du scénario « stockage enterré » pour l'avenue Wielemans-Ceuppens.



### Capacités de temporisation dans le Parc de l'Avant-Senne

Cette étude hydrologique entre dans le contrat de rénovation urbaine CRU 04, qui étudie la construction du nouveau Parc de l'Avant-Senne. Le parc pourrait couvrir les parcelles du Centre Culturel, du Marais Wiels et des sociétés La France et Infrabel. Pour chaque parcelle, on évalue la capacité de tamponnage théorique maximale qui pourrait être atteinte. Dans la modélisation, le Centre Culturel Wiels et le Marais Wiels sont fusionnés en un seul grand nœud tampon, car ils sont situés à proximité l'un de l'autre.

#### Centre Culturel

Actuellement, la parcelle de terrain du Centre Culturel Wiels est occupée par un espace vert, des jardins potagers collectifs et un espace de stationnement pavé. Si l'espace vert est transformé en un bassin de rétention de 1,2 m de profondeur, un volume de stockage théorique maximal de 800 m<sup>3</sup> peut être atteint. La fonction principale du bassin serait d'assurer le tamponnage et l'infiltration de l'eau. Toutefois, la faisabilité technique de ce scénario devrait être prise en compte dans une étude ultérieure plus concrète, à condition que les fondations du Centre Culturel et le talus de la voie ferrée disposent d'un espace suffisant.

Figure 6.21 La parcelle actuelle du Centre Culturel Wiels pourrait être utilisée comme bassin de rétention avec un volume tampon théorique maximal de 800 m<sup>3</sup>.



#### *Marais Wiels*

Situé dans l'avenue Van Volxem, le Marais Wiels a été créé par l'homme suite à la percée d'une nappe phréatique sur un chantier de construction. Petit écriin de biodiversité dans une zone largement pavée, le Marais Wiels assure également un tamponnage de grande capacité.

Figure 6.22 Actuellement, le Marais Wiels sert déjà de bassin tampon. En ajoutant un stockage avec 1,5 m de hauteur supplémentaire, un volume de stockage théorique maximal de 11 000 m<sup>3</sup> peut être atteint.

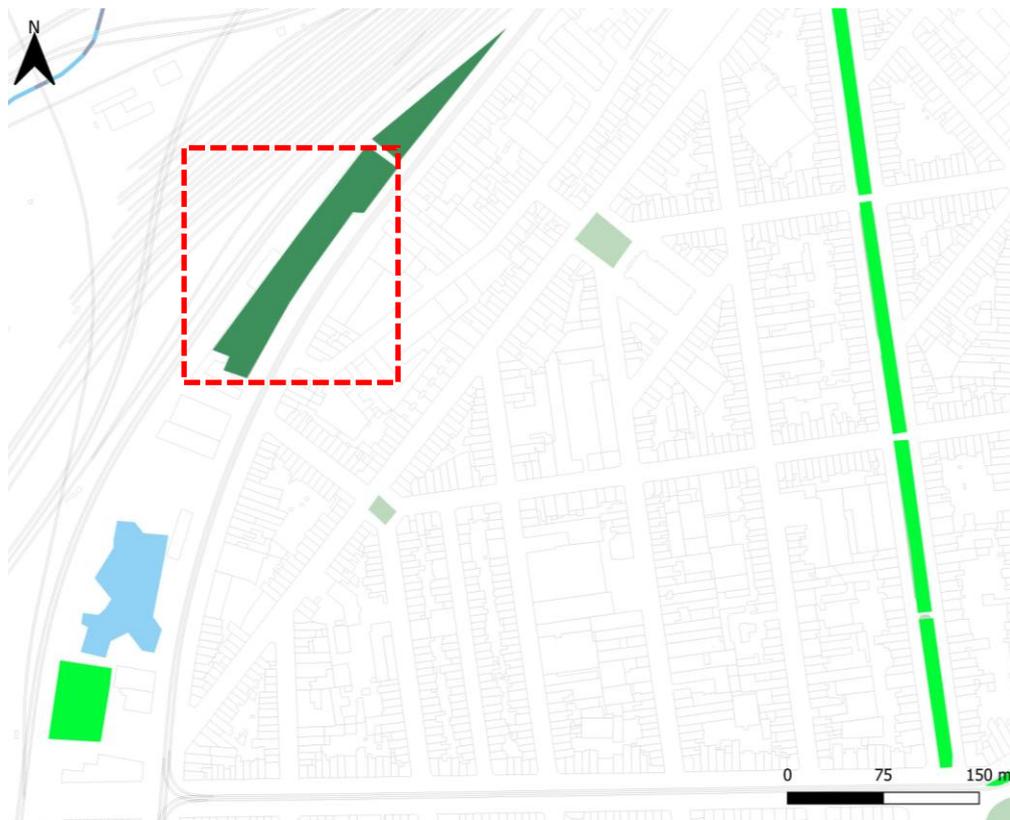


Le bassin a encore une grande capacité de stockage. Si un espace de stockage d'eau supplémentaire de 1,5 m de hauteur était ménagé dans le Marais, un volume de stockage théorique maximal de 11 000 m<sup>3</sup> pourrait être obtenu.

#### *La France*

La parcelle de terrain de La France est actuellement entièrement pavée. Cependant, si elle était achetée et perméabilisée dans le cadre du CRU, un bassin de rétention de 1,2 m de profondeur pourrait y être construit pour offrir un volume de stockage théorique maximal de 3 000 m<sup>3</sup>.

Figure 6.23 Actuellement, la parcelle de La France est encore pavée. En la perméabilisant et en l'aménageant en bassin de rétention, un volume de stockage théorique maximal de 3 000 m<sup>3</sup> peut être atteint.



La fonction principale du bassin est d'assurer le stockage et l'infiltration de l'eau.

La France s'étend sur plusieurs parcelles cadastrales. Si seul une ou plusieurs parcelles sous-jacentes de La France étaient aménagées en bassin de rétention, le volume tampon théorique maximal serait plutôt limité (Figure 6.24). Dans ce scénario aussi, la faisabilité devrait faire l'objet d'une étude ultérieure.

Figure 6.24 La France s'étend sur plusieurs parcelles cadastrales. Celles-ci peuvent également être individuellement aménagées en bassins de rétention plus petits avec un volume tampon réduit.



### *Infrabel*

Actuellement, la parcelle de terrain d'Infrabel est entièrement pavée. Cependant, si elle était achetée et perméabilisée dans le cadre du CRU, un bassin de rétention de 1,2 m de profondeur pourrait y être construit pour permettre un volume de stockage théorique maximal de 1 400 m<sup>3</sup>.

Figure 6.25 Actuellement, la parcelle de terrain d'Infrabel est pavée. En la perméabilisant et en l'aménageant en bassin de rétention, un volume tampon théorique maximal de 1 400 m<sup>3</sup> peut être atteint.



Les essais d'infiltration réalisés durant une phase antérieure de cette étude (voir annexe IV) ont montré que l'infiltration n'est que très limitée sur cette parcelle. La fonction principale de cette parcelle serait donc le tamponnage, l'écoulement gravitaire étant acheminé vers le Vanne Fonsny.

Aperçu des scénarios de temporisation avec une capacité de temporisation en m<sup>3</sup>

Tableau 6.1 énumère les volumes de stockage théoriques maximaux pour les grandes avenues et le Parc de l'Avant-Senne. Lorsque plusieurs scénarios sont possibles, les différents volumes sont spécifiés.

Tableau 6.1 Volumes de stockage théoriques maximaux par emplacement, spécifiés par scénario si nécessaire.

Site	scénario avec volume de stockage théorique (m <sup>3</sup> )		
Avenue du Parc			
	3.000	1.200	250
	2.600	400	
Avenue Wielemans-Ceuppens			
	2.400		
Parc de l'Avant-Senne			
Centre culturel	800		
Marais Wiels	11.000		
La France	3.000		
Infrabel	1.400		

Aperçu des scénarios de vidange des zones tampons

Il est important que l'eau, une fois stockée dans la zone tampon, puisse être évacuée. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable**. 6.26 indique les directions d'écoulement possibles pour chaque zone tampon, déterminées en fonction de la topographie.

Figure 6.26 Directions d'écoulement possibles dans les zones tampons du périmètre du projet, déterminées en fonction de la topographie.



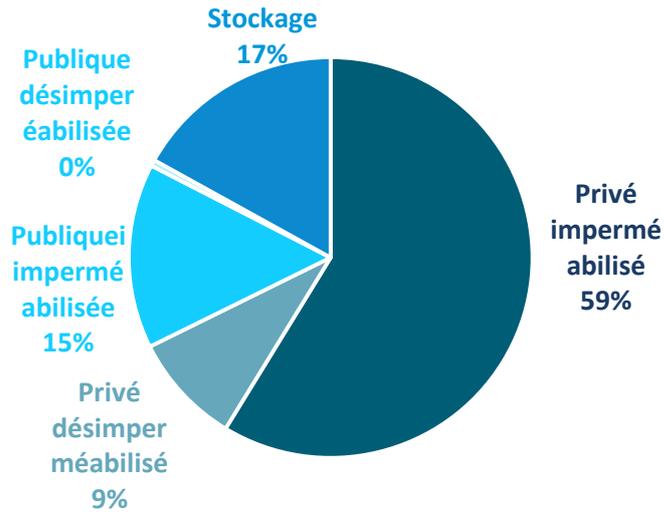
L'eau des zones tampons de l'avenue du Parc peut s'écouler soit vers l'avenue du Roi, soit vers l'avenue Wielemans-Ceuppens. L'eau des zones tampons de l'avenue du Roi peut s'écouler vers la Senne par la Vanne Fonsny, à l'intersection de l'avenue du Roi, de l'avenue Fonsny et de l'avenue Théodore Verhaeghen. L'eau des zones tampons de l'avenue Wielemans-Ceuppens peut s'écouler vers la Senne par le pont de Luttre et la rue Jean Preckher.

L'eau de la zone tampon du Centre Culturel a deux voies d'écoulement possibles. Elle peut s'écouler via le pont de Luttre et la rue Jean Preckher jusqu'à la Senne, ou s'écouler jusqu'au Marais Wiels en suivant la topographie. L'eau du Marais pourrait alors être évacuée vers la Senne via un nouveau dispositif d'évacuation à construire dans le tunnel existant sous la voie ferrée.

L'eau de la zone tampon de La France ne peut que suivre la topographie et être évacuée par la parcelle d'Infrabel. Si la parcelle d'Infrabel n'est pas aménagée en zone tampon, la seule option est d'évacuer les eaux de La France dans le réseau d'égouttage existant sous l'avenue Van Volxem. Si la parcelle d'Infrabel est aménagée en zone tampon, l'eau pourrait s'écouler de celle-ci vers le Vanne Fonsny par une nouvelle canalisation de raccordement dans l'avenue Fonsny.

En se basant sur la superficie des espaces privés et publics dans le périmètre du projet, ainsi que sur la capacité de temporisation des zones tampons proposées, on peut calculer le volume d'eau théorique pouvant être tamponné et le volume qui s'écoulera dans le réseau d'égouttage et la Senne (Figure 6.27).

Figure 6.27 Temporisation théorique maximale d'une pluie de TR20 dans les zones tampons proposées.



Le secteur « stockage » indique le volume de précipitations qui est stocké dans les aménagements tampons à l'intérieur du périmètre du projet. En théorie, lors d'une averse de TR20, maximum 17 % des précipitations totales peuvent être tamponnées. Or, 31 % des précipitations totales s'écoulent de l'espace public. Cela signifie que tamponner intégralement une pluie de TR20 dans l'espace public n'est pas envisageable.

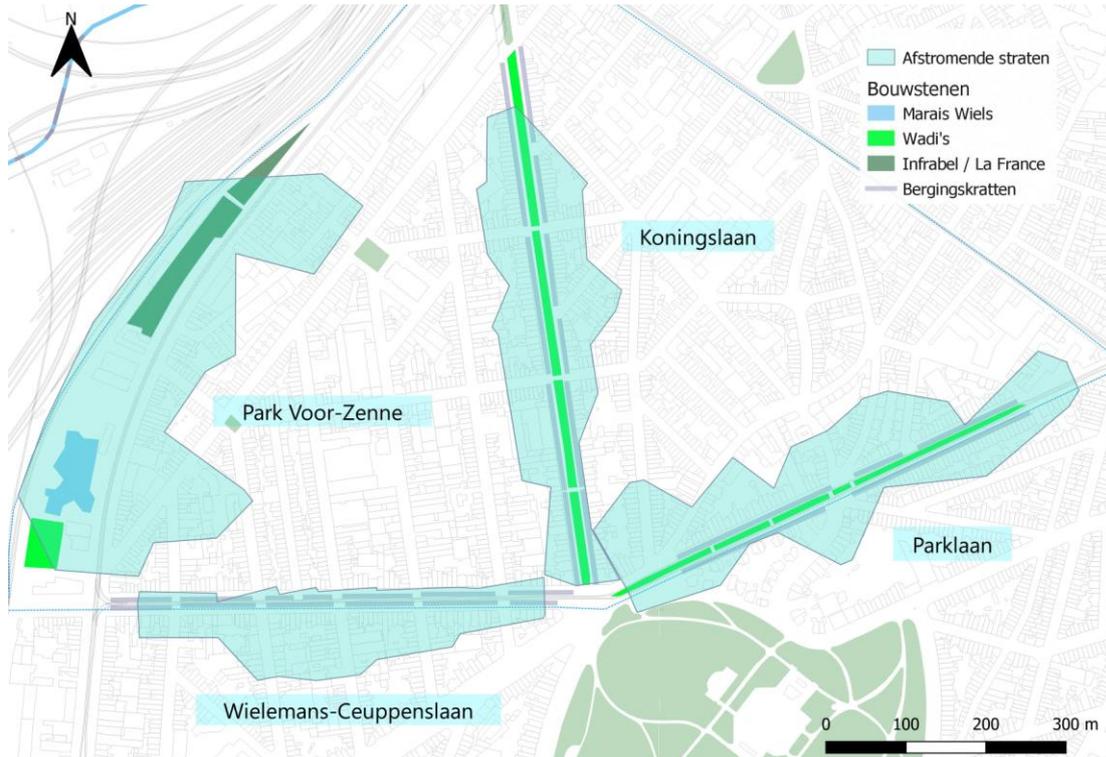
## 6.2.7 Étape 6 : Détermination et calcul des potentiels d'acheminement

### Options d'acheminement local

Maintenant que les zones tampons ont été définies, il convient d'examiner comment l'eau pluviale qui tombe sur les espaces publics peut y être acheminée.

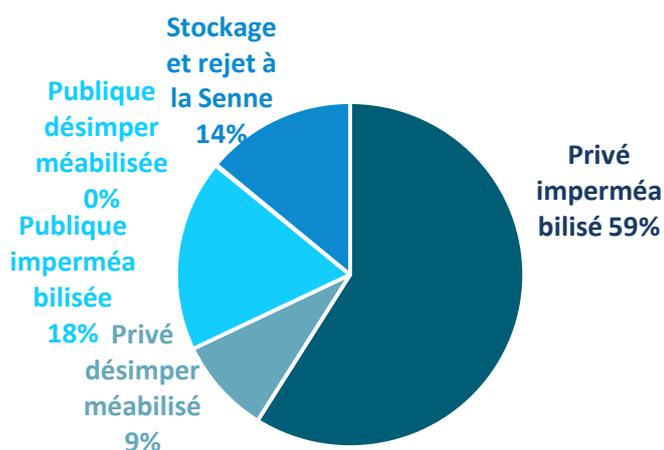
La première étape consiste à déterminer le volume d'eau qui pourrait être stocké si seule l'eau pluviale des rues avoisinantes s'écoulait dans les zones tampons (Figure 6.2 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**8).

Figure 6.28 Détermination des rues avoisinantes dont l'eau pluviale s'écoule dans les zones tampons.



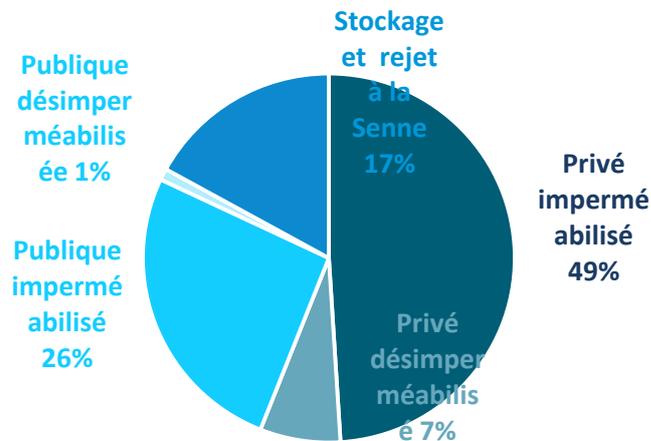
Si seules les rues avoisinantes sont raccordées aux zones tampons, un peu moins de la moitié de l'eau ruisselante sera tamponnée (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** 6.29). Le graphique en secteurs ci-dessous montre que lors d'une averse de TR20, 32 % des précipitations totales dans le périmètre du projet s'écoulent vers l'espace public. Sur ces 32 %, 14 % s'écoulent vers les zones tampons voisines ou les points de rejet vers la Senne, et 18 % s'écoulent dans le réseau d'égouttage existant.

Figure 6.29 Tamponnage théorique de l'eau pluviale pendant une averse de TR20 si seul l'espace public environnant est raccordé aux zones tampons.



Il est également possible d'imaginer un scénario qui tiendrait compte de l'espace privé. Le volume tampon changerait-il si les habitations environnantes étaient également raccordées ? Figure 6.30 montre que 17 % du volume total de précipitations dans le périmètre du projet s'écouleront vers les zones tampons et les points de rejet vers la Senne.

Figure 6.30 Tamponnage théorique de l'eau pluviale pendant une averse de TR20 si l'espace public et privé environnant est raccordé aux zones tampons.

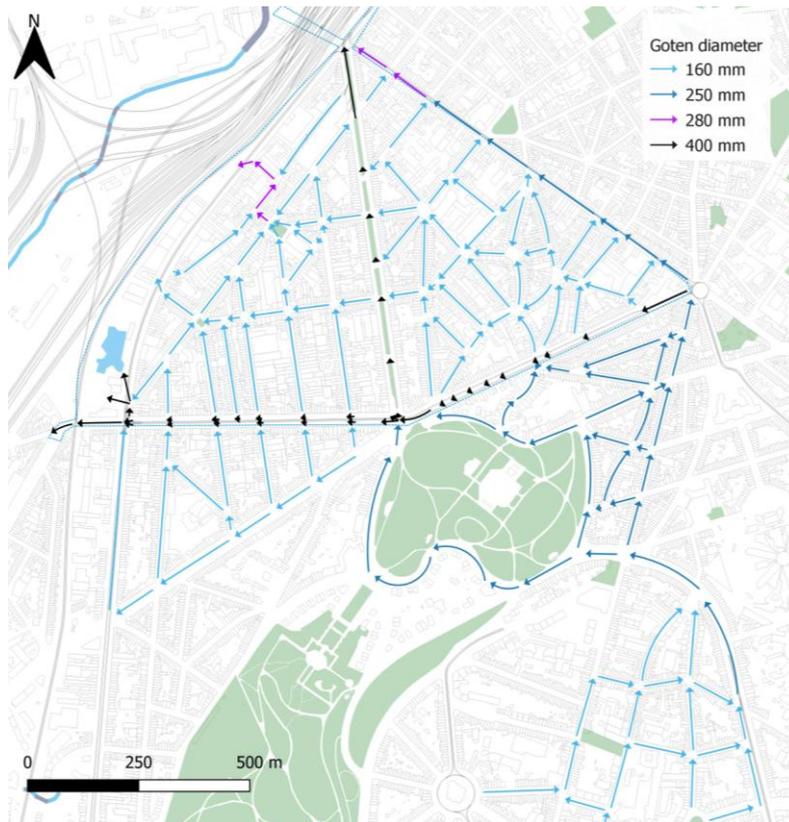


Si seule l'eau de l'espace public s'écoule localement vers les zones tampons, celles-ci ne seront pas saturées (14 % du volume d'eau total contre 17 %), mais une grande partie de leur capacité de stockage sera utilisée. Si l'eau de l'espace public et privé s'écoule localement vers les zones tampons, la quasi-totalité de leur capacité sera utilisée. Le pouvoir adjudicateur n'était pas favorable à cette dernière option. C'est la raison pour laquelle un système d'acheminement qui optimise le remplissage des zones tampons est nécessaire. Un réseau de conduites dissimulées est proposé.

#### Conduites dissimulées comme réseau d'acheminement

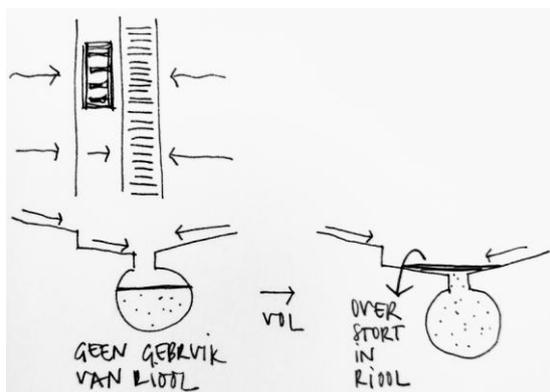
Afin d'optimiser le tamponnage des précipitations, l'eau des quartiers voisins doit être acheminée vers les dispositifs tampons. Pour y parvenir, un réseau de conduites (dissimulées) est proposé (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** 6.31).

Figure 6.31 Réseau de conduites dissimulées transportant l'eau pluviale ruisselante vers les dispositifs tampons des grandes avenues et du Parc de l'Avant-Senne. Plus il y a de rues raccordées, plus le diamètre des conduites augmente.



La topographie de chaque rue équipée d'une conduite doit permettre que l'eau ruisselante rejoigne d'abord la conduite (Figure 6. 6.32). Lorsque la conduite est saturée, l'eau excédentaire pourra s'écouler vers le réseau d'égouttage existant par un collecteur d'eaux pluviales.

Figure 6.32 Fonctionnement gravitaire du drainage d'une rue, en utilisant d'abord la conduite. Ce n'est que lorsque celle-ci est complètement remplie que l'eau excédentaire s'écoule dans le réseau d'égouttage.

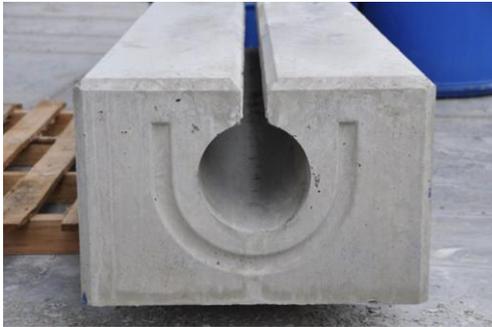


Les conduites (Figure 6.33) ont les diamètres suivants :

- 160 mm : pour les conduites en amont, lorsqu'aucune autre rue n'est raccordée ;
- 250 mm : lorsque trois rues ou plus sont raccordées ;

- 280 mm : lorsque six rues ou plus sont raccordées. En réalité, il ne s'agit pas d'une grande canalisation de 280 mm, mais d'une canalisation de 250 mm avec de l'espace pour un petit volume d'eau au-dessus de la conduite ;
- 400 mm : conduites d'acheminement dans les grandes avenues et juste en amont du Parc de l'Avant-Senne. En réalité, il ne s'agit pas d'une grande canalisation de 400 mm, mais de deux canalisations de 250 mm avec de l'espace pour un petit volume d'eau au-dessus de la conduite.

Figure 6.33 Rigoles eaux pluviales en pratique



Lors de la conception du réseau de conduites, un processus itératif est suivi. Durant ce processus, l'étendue du réseau de conduites est d'abord représentée le plus complètement possible, puis réduite à l'étendue nécessaire pour remplir le dispositif tampon.

La mise en place d'un tel réseau de conduites nécessite la prise en compte de certains aspects relatifs à leur entretien. En effet, l'eau qui s'écoule des espaces publics peut contenir des particules en suspension telles que du sable. Il existe plusieurs solutions pour éviter que les conduites ou les collecteurs se bouchent avec le temps :

- un couvercle amovible sur les conduites afin qu'elles puissent être nettoyées périodiquement ;
- un piège à sable en amont du réseau de conduites permet de retenir les particules les plus lourdes tout en laissant l'eau s'écouler vers les conduites. Le piège à sable doit être nettoyé régulièrement pour éviter l'accumulation de particules.

Enfin, il faut également définir les « goulots d'étranglement ». Ce sont des points où la vitesse d'écoulement pendant une averse déterminée est inférieure à 0,5 m/s, ce qui entraîne un dépôt de particules en suspension dans les conduites, pouvant ainsi créer des bouchons. Ces conduites devraient être nettoyées en priorité dans le cadre d'un programme d'entretien régulier.

Un point important à retenir est que les dimensions des zones tampons sont prévues pour stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public. Le volume d'eau qui s'écoule de l'espace privé environnant est d'un ordre de grandeur similaire. Dans cette étude, le choix a été fait de ne stocker que l'eau qui s'écoule des espaces publics pendant une averse de TR20 et de laisser l'eau de l'espace privé s'écouler dans le réseau d'égouttage existant, l'objectif à terme étant qu'elle soit intégralement retenue sur place. Cela nécessitera cependant des travaux de déconnexion qui s'étendront sur plusieurs années. Si la ville choisissait de stocker aussi une partie de l'eau de l'espace privé dans les zones tampons comme mesure transitoire, le réseau de conduites d'acheminement devrait être réexaminé et re-délimité.

Dans les paragraphes ci-dessous, le réseau de conduites d'acheminement nécessaire pour remplir les volumes de stockage est examiné, par scénario (voir Tableau 6.1) et par type d'averse (TR20 et TR10).

### Scénarios d'acheminement dans l'avenue du Roi

#### TR20

Le processus itératif commence par une simulation dans laquelle toutes les rues environnantes sont raccordées aux nœuds tampons de l'avenue du Roi. Par conséquent, le volume d'eau qui s'écoulera dans les

nœuds tampons sera supérieur à la capacité de stockage, et d'importants volumes d'eau se déverseront dans le réseau d'égouttage. Pour limiter ce volume d'eau excédentaire, le nombre de rues raccordées est restreint. Au final, on obtient un réseau de conduites différent pour chacun des scénarios : un pour le scénario « noue étroite avec stockage souterrain », un pour le scénario « noue large » (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**4) et un pour le scénario « noue étroite » (Figure 6.35).

Dans chaque scénario et chaque sous-zone, la surface de ruissellement est incluse dans la modélisation hydraulique sur la base des sous-bassins implémentés, qui sont construits en fonction des quantités d'espaces publics imperméabilisés et non imperméabilisés (voir explication Section 6.2.3). Tenant compte de ces surfaces la quantité de précipitations qui atteint la rigole et les zones de buffer est calculée.

Les résultats du scénario « noue étroite avec stockage souterrain » sont présentés Figure 6.34 et montrent qu'il suffit de raccorder quelques rues menant sur l'avenue du Roi. Le réseau nécessaire pour le scénario « noue large » étant identique, ses résultats ne sont pas spécifiés séparément.

Figure 6.34 Les lignes bleues indiquent quelles rues sont raccordées aux aménagements tampons dans le scénario « noue étroite avec stockage souterrain » dans l'avenue du Roi, si ceux-ci sont destinés à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR20. Les zones grises indiquent les rues acheminant l'eau vers le réseau de conduites. Les nombres encadrés de gris indiquent le volume tampon maximal théorique ; les nombres en bleu indiquent qu'il reste encore du volume de stockage dans le dispositif tampon ; les nombres en rouge indiquent le volume d'eau qui arrivera dans le tampon et qui pourra être stockée.



Dans les scénarios « noue étroite avec massif enterré » et « noue élargie », quatre noues tampons sur cinq sont remplies sans que le volume tampon maximal ne soit dépassé. Dans les deux scénarios, seule la capacité de stockage d'une seule noue est dépassée. Cela pourrait être résolu en raccordant cette noue à la noue en aval de sorte que l'eau soit répartie entre les deux tampons. Les détails de cet aménagement doivent être vérifiés dans le cadre d'une étude détaillée.

Figure 6.35 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux noues étroites sans massif enterré de l'avenue du Roi si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR20. Les zones grises indiquent les rues acheminant l'eau vers le réseau de conduites séparatives.



Dans le scénario « noue étroite », les noues n'ont pas une capacité suffisante pour stocker l'eau acheminée, même si le réseau de conduites d'acheminement est fortement réduit.

Les résultats ci-dessus donnent une indication du potentiel d'acheminement et de stockage de l'eau dans l'espace public du périmètre du projet. Il est clair qu'il n'est pas possible de stocker intégralement dans les zones tampons proposées une pluie de TR20 qui s'écoule de l'espace public, car leur capacité de temporisation est trop faible. De plus, les aménagements tampons envisagés ne seront que rarement remplis par une pluie de TR20. Pour y remédier, une averse de TR10 (un événement de précipitation dont la probabilité d'apparition moyenne est d'une fois tous les 10 ans) a également été prise en compte. Cet exercice de calcul est effectué pour chaque zone tampon, dans les autres avenues également.

#### TR10

Afin de remplir complètement les nœuds tampons de l'avenue du Roi avec les précipitations d'une averse de TR10, le réseau de conduites d'acheminement doit être élargi. Cela se traduit par un réseau plus étendu pour le scénario « noue étroite avec stockage souterrain » (Figure 6.36). Cette fois encore, les calculs pour le scénario « noue large » donnent des résultats similaires, qui ne sont donc pas spécifiés séparément.

Figure 6.36 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux zones tampons de l'avenue du Roi dans le scénario « noue étroite avec massif enterré », si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR10.



Dans les deux scénarios, le volume tampon maximal est dépassé dans deux nœuds tampons sur cinq ; les autres nœuds conservent une partie de leur capacité de temporisation. Le volume excédentaire dans le nœud le plus en aval devra s'écouler vers la Senne, mais le manque de capacité de temporisation dans le deuxième nœud le plus en amont peut être compensé par la création d'un débit vers la zone tampon suivante. Cela doit être détaillé dans une étape ultérieure.

Le réseau de conduites envisagé ci-dessus devrait être réduit dans le scénario « noue étroite », car les zones tampons ont une capacité moindre pour temporiser les averses de TR10 (Figure 6.37). Même lorsque le réseau est fortement réduit, il y a un manque de capacité de temporisation dans quatre nœuds tampons sur cinq.

Figure 6.37 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux noues étroites sans stockage souterrain dans l'avenue du Roi, si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR10.



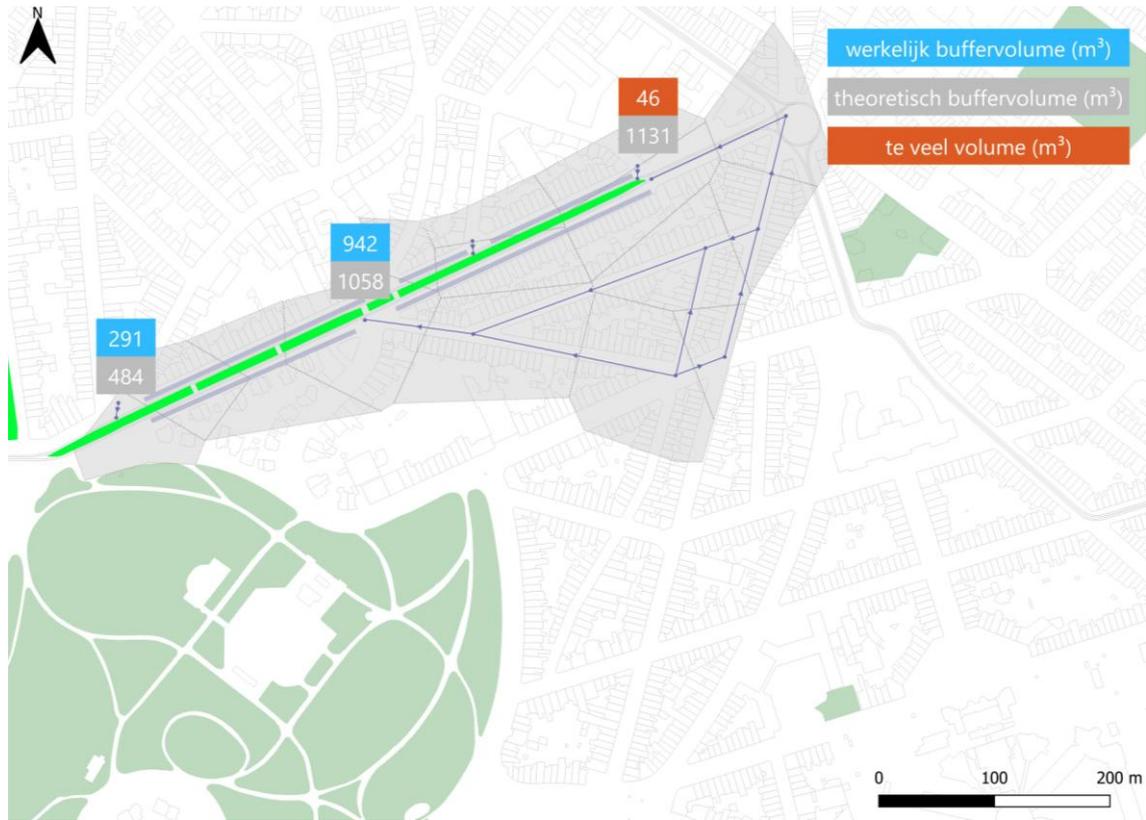
### Scénarios d'acheminement dans l'avenue du Parc

#### TR20

L'itération commence par une simulation dans laquelle toutes les rues en amont sont reliées aux nœuds tampons de l'avenue du Parc. Dans ce cas de figure, le volume d'eau qui arrive dans les zones tampons est supérieur à leur capacité de temporisation, ce qui entraîne un déversement d'importants volumes d'eau dans le réseau d'égouttage. Les rues avoisinantes ne sont pas raccordées afin de restreindre davantage le volume d'eau acheminé.

Le réseau d'acheminement dans le scénario « noue étroite avec stockage souterrain » (Figure 6.38) est plus étendu que dans le scénario « noue étroite », car ce premier scénario comprend une capacité de temporisation nettement supérieure.

Figure 6.38 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux zones tampons de l'avenue du Parc dans le scénario « noue étroite avec massif enterré », si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR20.



Avec une combinaison de noues centrales et d'aménagements de stockage, deux zones tampons sur trois n'arrivent pas à saturation. Ultérieurement, la possibilité d'y stocker l'eau excédentaire du nœud en amont en reliant les zones tampons pourrait être examinée.

Cependant, si des noues sont utilisées seules, sans stockage souterrain (Figure 6.39), le volume d'eau qui arrive dans les zones tampons est supérieur à leur capacité de temporisation, et ce même si le réseau d'acheminement est restreint.

Figure 6.39 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux zones tampons de l'avenue du Parc dans le scénario « noue étroite », si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR20.



#### TR10

Lors d'une averse de TR10, le volume de précipitations qui s'écoule de l'espace public est moindre que lors d'une averse de TR20. Dès lors, des rues supplémentaires doivent être à nouveau raccordées.

Dans le scénario « noue étroite avec stockage souterrain », le réseau de conduites est largement étendu afin d'optimiser l'utilisation des zones tampons (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). La majorité de l'eau s'écoulant des rues environnantes peut être stockée dans les noues et les caisses de stockage souterraines. Les deux noues les plus en amont disposent d'une capacité de temporisation insuffisante, mais elles pourraient être raccordées à la zone tampon en aval. Cette possibilité d'aménagement devra être explorée plus en détail dans le plan directeur.

Figure 6.40 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux zones tampons de l'avenue du Parc dans le scénario « noue étroite avec massif enterré », si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR10.



Dans le scénario « noue étroite », le réseau d'acheminement est raccourci, car les volumes tampons des noues sont largement inférieurs à ceux disponibles dans le scénario précédent (Figure 6.41). Même dans ce cas-ci, le volume d'eau qui arrive dans les zones tampons est supérieur à leur capacité de temporisation.

Figure 6.41 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux zones tampons de l'avenue du Parc dans le scénario « noue étroite », si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR10.



#### Scénarios d'acheminement dans l'avenue Wielemans-Ceuppens

##### TR20

Dans l'avenue Wielemans-Ceuppens aussi, toutes les rues en amont sont au départ raccordées. Cela implique que le volume d'eau qui arrive dans les zones tampons est supérieur à leur capacité de temporisation, ce qui entraîne un déversement d'importants volumes d'eau dans le réseau d'égouttage existant. Afin de limiter ce volume, l'acheminement depuis certaines rues en amont est restreint et la superficie d'acheminement de la rue du Croissant, de la rue de Fierlant, de la rue Berthelot et de la rue Pierre Decoster est réduite de moitié. Enfin, l'avenue Van Volxem est raccordée aux nœuds tampons du Centre Culturel et du Marais Wiels dans le Parc de l'Avant-Senne. On obtient ainsi un réseau final de conduites d'acheminement (Figure 6.42).

Figure 6.42 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux zones tampons de l'avenue Wielemans-Ceuppens, si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR20.



La conception du réseau de conduites d'acheminement doit permettre une utilisation optimale du volume des caisses de stockage. Néanmoins, à certains endroits, le volume d'eau est supérieur à la capacité de temporisation. Ce volume d'eau excédentaire pourrait être réparti entre des zones tampons en aval en créant des raccords. Cette possibilité doit être examinée ultérieurement, par exemple durant l'élaboration du plan directeur.

#### TR10

Lors d'une averse de TR10, le volume de précipitations qui s'écoule de l'espace public est moindre que lors d'une averse de TR20. Dès lors, des tronçons de rues supplémentaires doivent être à nouveau raccordés. (Figure 6.43). La capacité de tamponnage des différents nœuds est utilisée au maximum. Le faible volume d'eau excédentaire peut éventuellement être acheminé vers la Senne.

Figure 6.43 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux zones tampons de l'avenue Wielemans-Ceuppens, si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR10.

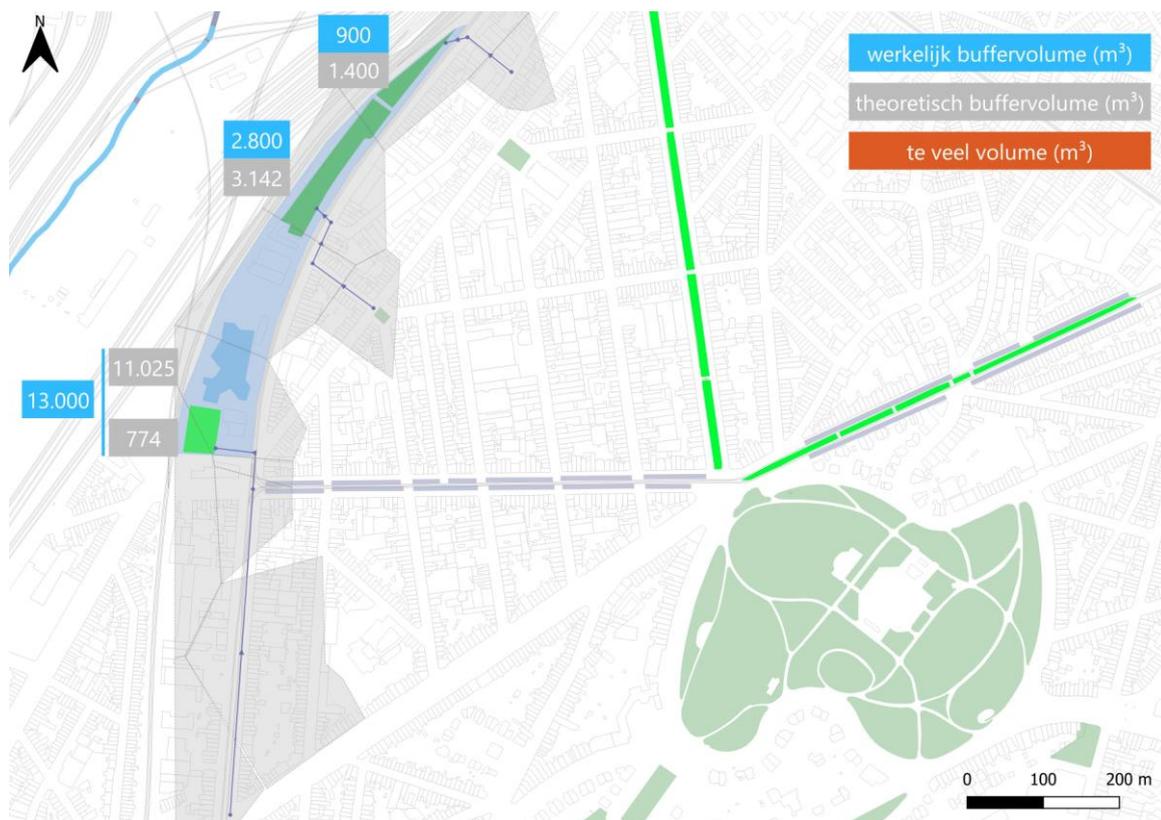


#### Scénarios d'acheminement au Parc de l'Avant-Senne

##### TR20

Afin d'optimiser le remplissage des nœuds tampons dans le Parc de l'Avant-Senne, nous partons d'une simulation dans laquelle toutes les conduites d'acheminement sont raccordées. Dans ce cas de figure, des volumes d'eau considérables transitent par le réseau de conduites, ce qui implique que, tant dans le réseau d'acheminement que dans les nœuds tampons, d'importants volumes d'eau ne peuvent être stockés et s'écoulent dans le réseau d'égouttage existant. Afin d'ajuster le volume d'eau réceptionné, le nombre de rues raccordées en amont est limité. On obtient ainsi un réseau de conduites final pour l'ensemble du Parc comme indiqué en Figure 6.4

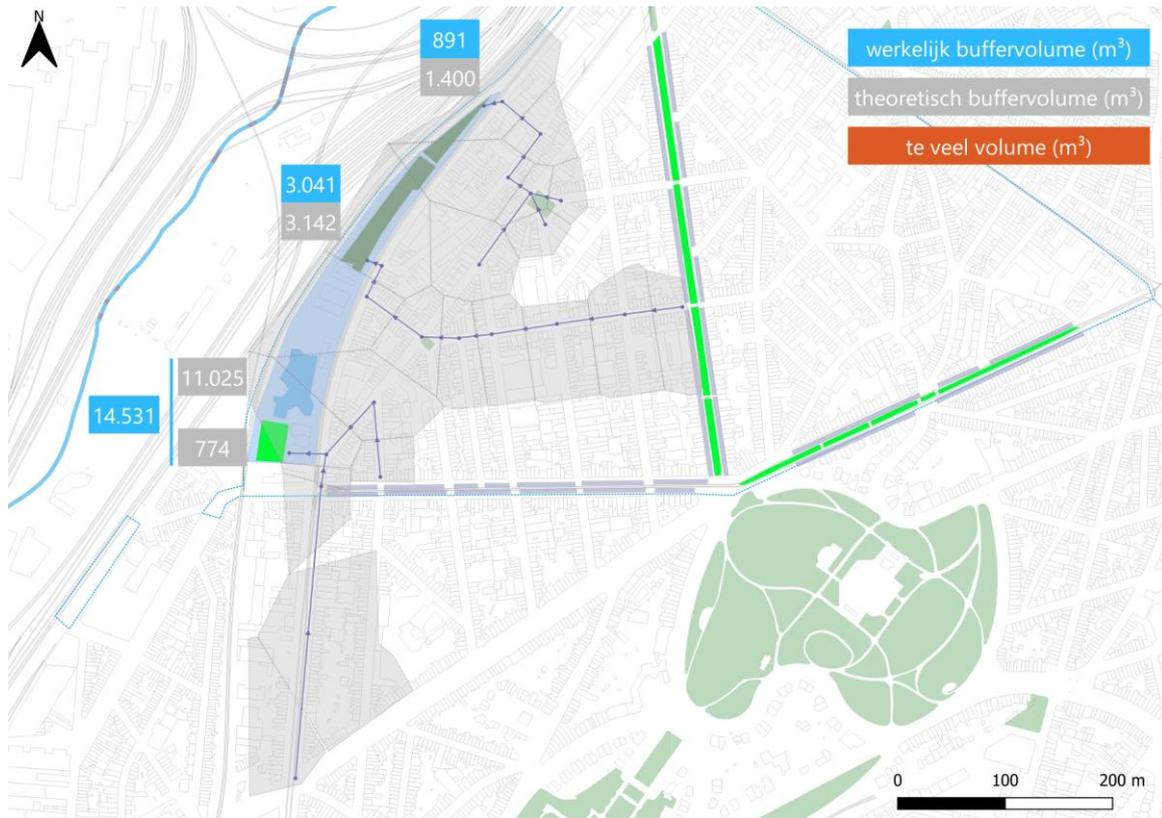
Figure 6.44 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux zones tampons du Parc de l'Avant-Senne, si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR20.



#### TR10

Comme le volume de précipitations qui tombe sur le périmètre du projet lors d'une averse de TR10 est moindre que lors d'une averse de TR20, il n'y aura pas suffisamment d'eau pour remplir les nœuds tampons. Par conséquent, d'autres rues en amont sont raccordées (Figure 6.45). Les zones tampons ne sont pas encore complètement saturées.

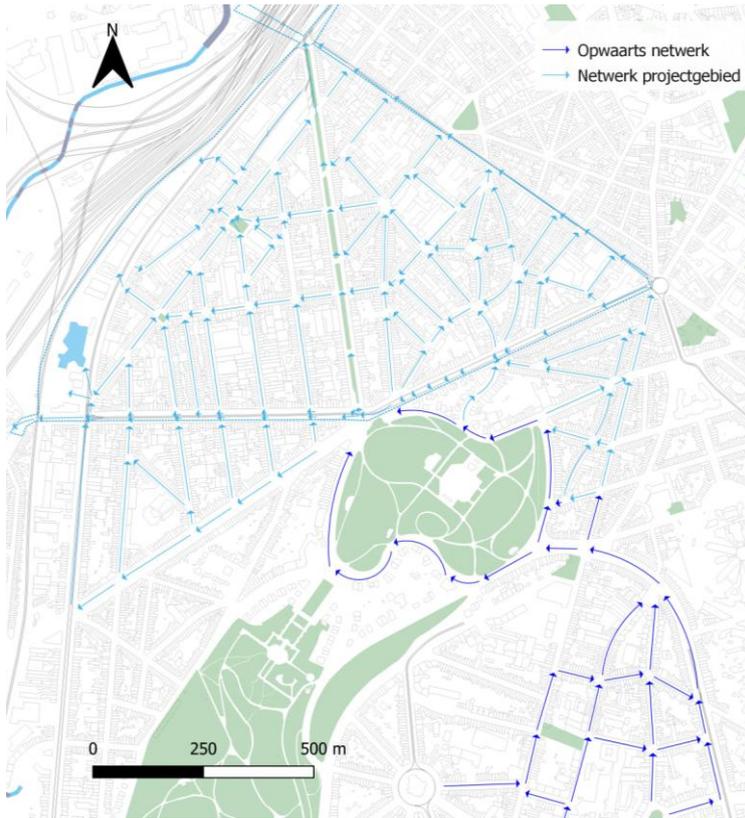
Figure 6.45 Les lignes bleues indiquent les rues raccordées aux zones tampons du Parc de l'Avant-Senne, si elles sont destinées à stocker l'eau qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR10.



#### Scénarios d'acheminement pour le parc de Forest

Afin de réduire le volume excédentaire et d'optimiser le stockage, il est proposé de déconnecter les rues menant topographiquement au parc de Forest ou au parc Duden (Figure 6.46). Pour ces rues, on suppose que le volume de ruissellement peut être tamponné dans un des parcs, par exemple dans un bassin d'orage (proposé par Vivaqua, voir ci-dessus) ou via l'alternative Brusseau. Ici aussi, un réseau de conduites assure l'acheminement de l'eau vers ces dispositifs tampons.

Figure 6.46 Le réseau en amont est constitué de rues qui se déversent topographiquement dans le parc de Forest. Celles-ci ne sont donc pas incluses dans la vision hydrologique, mais sont considérées comme « déconnectées ».



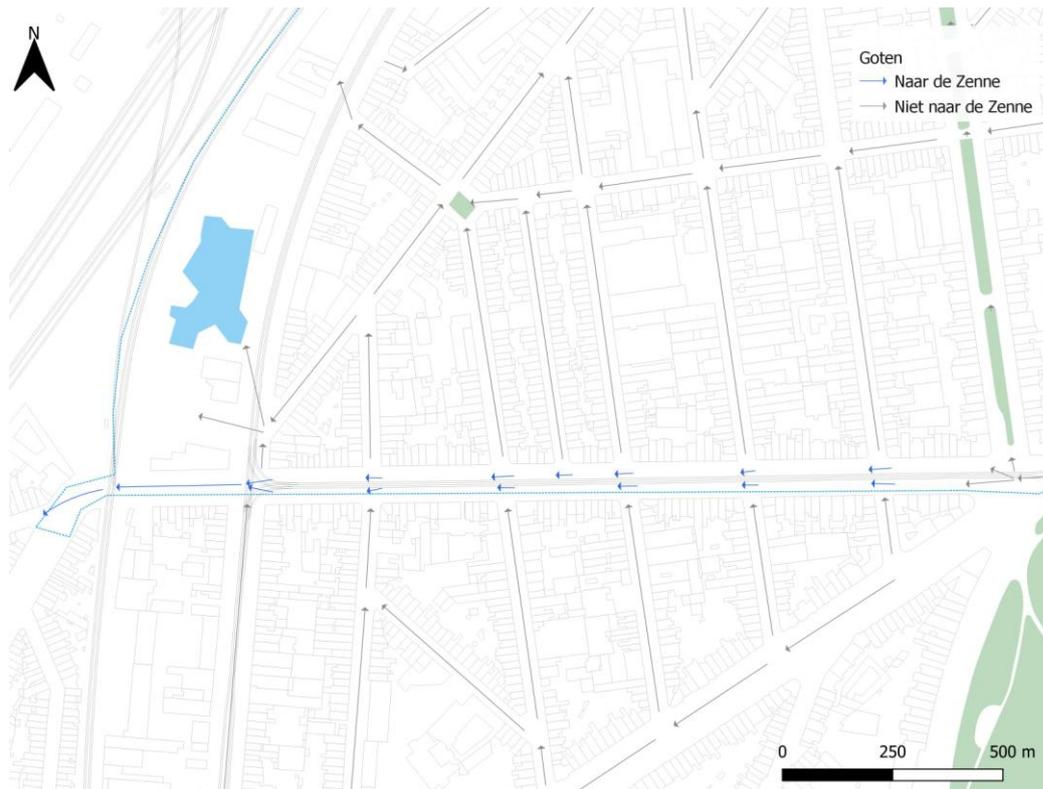
### Rejet à la Senne

Enfin, le rejet à la Senne est également examiné. L'étude hydrologique a notamment vérifié si un débit de fuite de 5 l/s/ha était un objectif réaliste. L'optimisation doit être réalisée au niveau des deux connexions avec la Senne : le pont de Luttre et la Vanne Fonsny.

### TR20

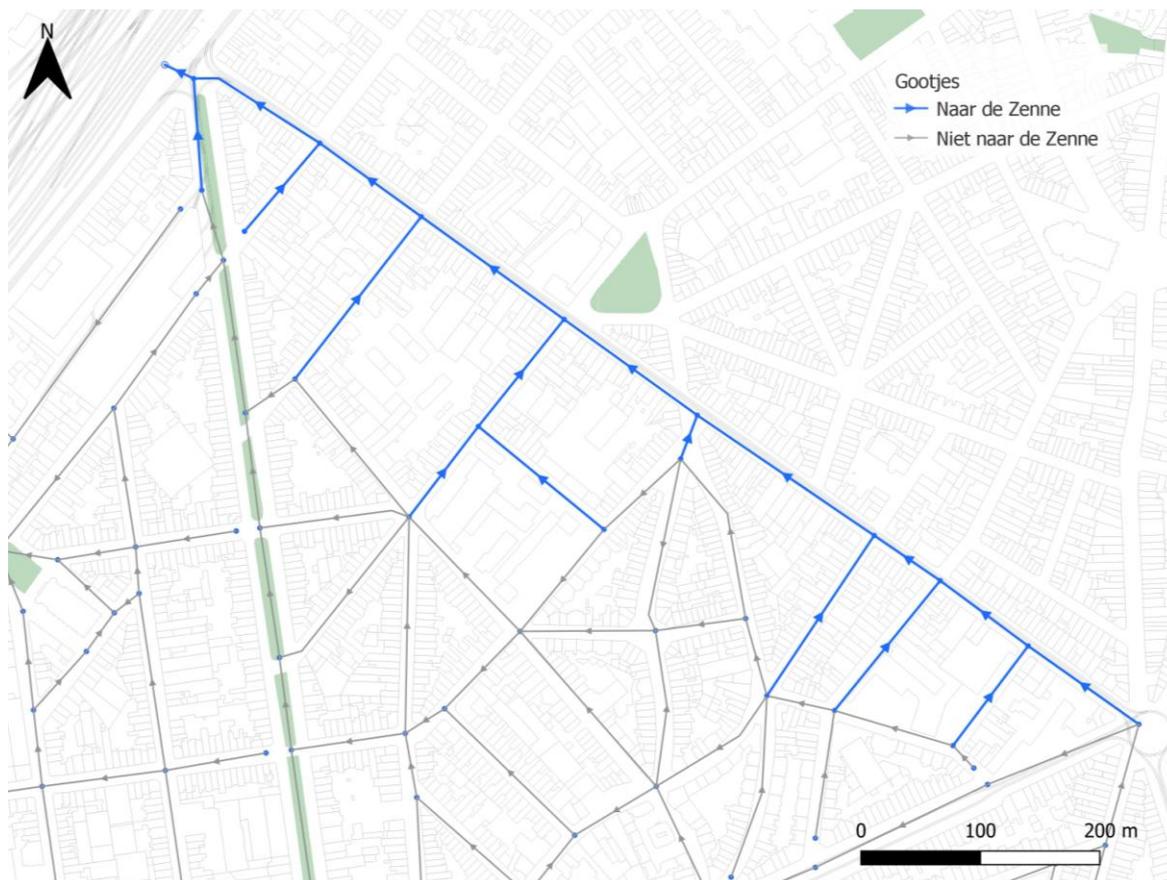
Au niveau du pont de Luttre, il n'y a qu'un réseau très limité de conduites qui acheminent l'eau jusqu'au point de déversement vers la Senne. L'eau qui s'écoule de l'avenue Wielemans-Ceuppens, en amont, lors d'une averse de TR20 est soit retenue sur place, soit acheminée vers les nœuds tampons du Parc de l'Avant-Senne. Un volume d'eau de 135 m<sup>3</sup> arrive au pont de Luttre avec un débit de 39 l/s.

Figure 6.47 Conduites d'évacuation vers la Senne via le Pont de Luttre.



Le réseau de conduites acheminant l'eau vers la Vanne Fonsny doit être optimisé. En limitant le nombre de conduites d'acheminement en amont de la rue Théodore Verhaeghen, le volume d'eau se déversant dans la Senne via la Vanne Fonsny est limité à 2 986 m<sup>3</sup> ou 179 l/s (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**8). Le débit de fuite total vers la Senne est donc de 218 l/s, soit un débit inférieur à la limite de 252 l/s.

Figure 6.48 Conduites d'évacuation vers la Senne via la Vanne Fonsny.



### TR10

Lors d'une averse de TR10, 111 m<sup>3</sup> d'eau arrivent au pont de Luttre avec un débit de 44 l/s. Pour la Vanne Fonsny, ce sont 2 472 m<sup>3</sup> d'eau qui arrivent avec un débit de 190 l/s. Le débit total de rejet vers la Senne s'élève à 234 l/s, soit un débit inférieur à la limite de 252 l/s. Les réseaux de conduites sont identiques pour une averse de TR20. C'est en effet la capacité de débit des conduites qui est le facteur limitant.

### Aperçu des potentiels d'acheminement

Le tableau ci-dessous indique le volume d'eau en m<sup>3</sup> pouvant être stocké dans les différentes zones tampons lors d'une averse de TR20. Dans tous les scénarios, la temporisation maximale modélisée avoisine la temporisation théorique, à l'exception du scénario « noue étroite avec stockage souterrain » dans l'avenue du Roi. Ceci est dû à la sous-utilisation de la noue la plus en amont de l'avenue. Davantage d'eau pourrait y être stockée. Cependant, comme il a été décidé au cours de l'étude que l'eau s'écoulant depuis les rues voisines du parc de Forest serait tamponnée dans le parc, le volume d'eau acheminé dans cette noue est inférieur à sa capacité. Seules les rues avoisinantes y sont raccordées. Au cours de l'élaboration du plan directeur, le volume tampon nécessaire dans cette zone est restreint et les aménagements peuvent donc être plus petits.

Tableau 6.2 Temporisation théorique versus temporisation modélisée dans les différentes zones lors d'une averse de TR20.

Zone tampon	Temporisation théorique maximale (m³)	Temporisation modélisée maximale lors d'une TR20 (m³)	Temporisation modélisée maximale lors d'une TR10 (m³)	Réseau de conduites nécessaire TR20 (m)	Réseau de conduites nécessaire TR10 (m)
<b>Avenue du Roi</b>					
- noue étroite avec stockage souterrain	3.000	1.753	1.784	1.029	1.969
- noue large	1.200	1.200	1.784	1.029	1.969
- noue étroite	250	236	210	485	502
<b>Avenue du Parc</b>					
- noue étroite avec stockage souterrain	2.600	2.364	2.443	1.081	2.091
- noue étroite	400	400	400	130	130
Avenue Wielemans-Ceuppens	2.400	2.324	2.375	623	1.083
Parc de l'Avant-Senne	18.000	16.700	18.000	975	1.970

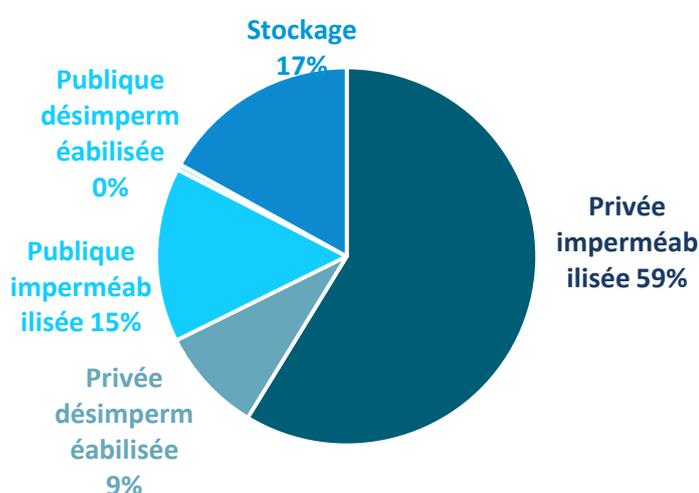
## 6.3 Scénarios envisagés : conclusion

### Possibilités de tamponnage

Les sections ci-dessus ont montré comment les zones tampons dans le périmètre du projet pourraient être aménagées pour assurer le tamponnage de l'eau. Toutefois, les volumes tampons disponibles sont insuffisants par rapport à l'objectif de tamponnage énoncé. En effet, les ouvrages tampons devraient être capables de retenir l'intégralité du volume qui s'écoule de l'espace public lors d'une averse de TR20.

Ceci est illustré à la Figure 6.49, qui montre le volume d'eau de ruissellement qui peut théoriquement être tamponné et celui qui s'écoulera dans le réseau d'égout. Lors d'une averse de TR20, 32 % de l'écoulement total dans le périmètre du projet s'écoule de l'espace public. Une fraction de ce pourcentage peut être tamponnée dans les ouvrages verts/bleus (section « tamponnage 17 % » dans le graphique) et une fraction s'écoulera (sections « public perméable » et « public imperméable »). Cela signifie, en théorie, qu'environ la moitié des précipitations qui tombent sur les surfaces imperméables peut être également tamponnée.

Figure 6.49 Temporisation théorique maximale d'une pluie de TR20 dans les zones tampons proposées.



Par la concrétisation de ces volumes tampon, le Parc de l'Avant-Senne joue un rôle important. Si les parcelles (actuellement privées) du Parc de l'Avant-Senne ne pouvaient pas être acquises dans le cadre du CRU et ne pouvaient être mise en œuvre comme zones de tamponnage, on ne pourrait compter que sur les grandes avenues, la part du « stockage » tomberait à 5%

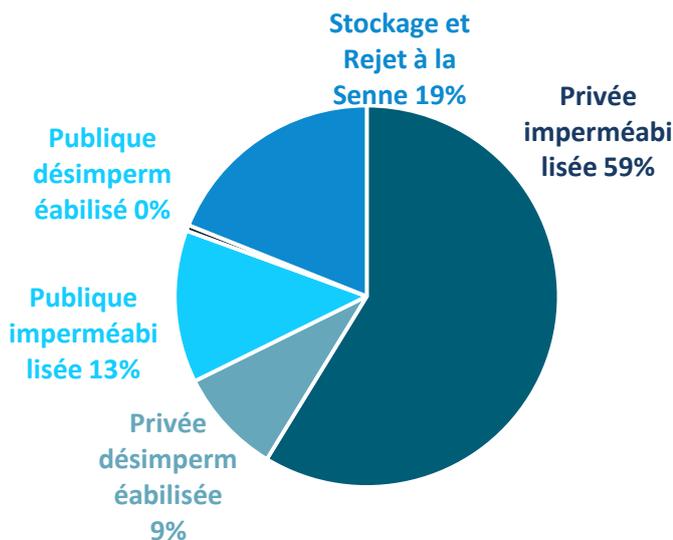
Le Parc de l'Avant-Senne joue un rôle important dans la mise en place de ces volumes tampons. Si les parcelles (actuellement privées) du Parc de l'Avant-Senne ne sont pas achetées dans le cadre du CRU et ne sont pas utilisées comme zone tampon, la seule possibilité de stockage de l'eau serait dans les grandes avenues. Cela signifierait que le tamponnage tomberait à 5 %. Il est donc important que ces parcelles de terrain soient incluses dans l'élaboration du plan directeur.

### Possibilités d'acheminement

Les calculs ci-dessus indiquent le volume théorique maximal qui peut être tamponné. Afin d'acheminer l'eau d'une averse de TR20 de l'espace public vers les zones tampons, il est proposé d'évacuer l'eau des rues avoisinantes par un réseau de conduites (dissimulées) à construire.

Grâce aux simulations, il est également possible de déterminer le volume d'eau réel qui peut être acheminé vers ces aménagements tampons via un tel réseau. En outre, elles calculent le volume d'eau qui peut être acheminé vers la Senne de la même manière (Figure 6.50 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 6.50 Calcul de la temporisation maximale d'une averse de TR20 dans les zones tampons proposées.

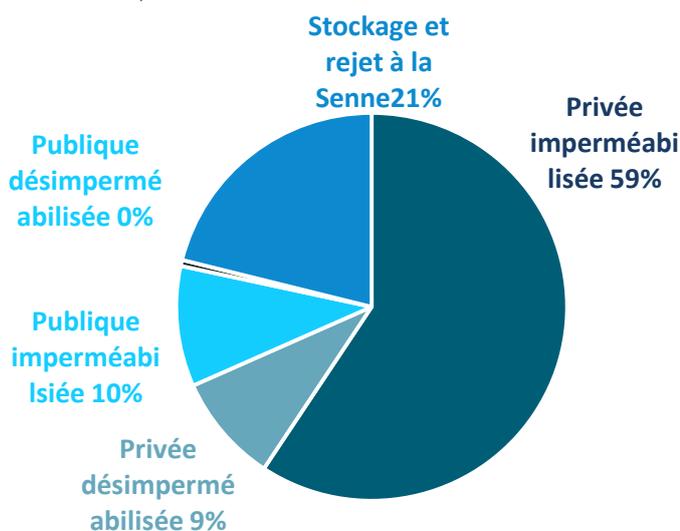


Concrètement, 32 % du total des précipitations ruisselantes s'écoulent de l'espace public. De ces 32 %, une partie est stockée dans les zones tampons et déversée dans la Senne au niveau de la Vanne Fonsny et du pont de Luttre (19 %), et une partie est déversée dans le réseau d'égouttage existant (13 %). Cela signifie que près de 60 % du volume escompté est tamponné dans les ouvrages verts/bleus et s'écoule vers la Senne. Comme indiqué précédemment dans les conditions préalables, l'eau qui tombe sur l'espace privé ne s'écoulera pas dans les aménagements tampons, mais dans le réseau d'égouttage existant.

#### Niveau d'ambition de l'étude

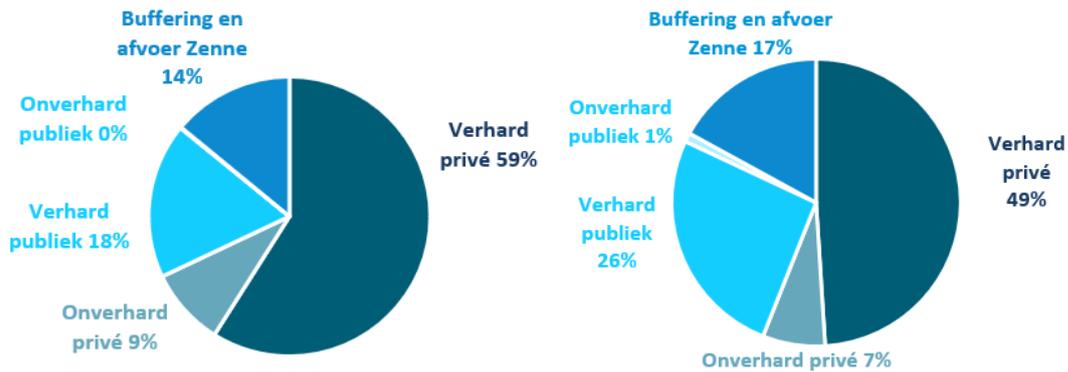
L'objectif de temporiser intégralement, dans les zones tampons proposées, une pluie de TR20 s'écoulant de l'espace public n'est donc pas rempli. De plus, les volumes tampons seront très rarement remplis s'ils sont destinés à stocker une pluie de TR20. C'est la raison pour laquelle les possibilités de temporisation d'une pluie de TR10 ont aussi fait l'objet d'une analyse. Ce scénario requiert également la construction d'un réseau de conduites dans (une partie) des rues avoisinantes. La figure 6.51 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**1 montre que lors d'une averse de TR10, la totalité des précipitations s'écoulant de l'espace public ne peut pas non plus être tamponnée (21 % des 31 %).

Figure 6.51 Calcul de la temporisation maximale d'une averse de TR10 dans les zones tampons proposées.



Il a été décidé que seule l'eau de l'espace public serait déconnectée du réseau d'égouttage pour être stockée dans les zones tampons disponibles. L'étude a également examiné le volume d'eau qui peut être stocké sans l'installation d'un vaste réseau de conduites. Dans ce cas, seules les zones environnantes sont raccordées aux zones tampons. Si seul l'espace public environnant est raccordé, un peu moins de la moitié des précipitations tombant sur l'espace public se déverseraient dans les zones tampons ou la Senne (32% des précipitations totales lors d'une averse de TR20 tombent sur l'espace public, sur lesquelles 14 % sont tamponnées). Si l'espace privé environnant est également raccordé, 17 % des précipitations d'une averse de TR20 sont tamponnées ou évacuées vers la Senne.

Figure 6.52 Le graphique en secteurs de gauche indique le volume d'eau qui sera tamponné si seul l'espace public environnant est raccordé ; le graphique en secteurs de droite indique le volume d'eau qui sera tamponné si l'espace public et l'espace privé environnants sont raccordés.



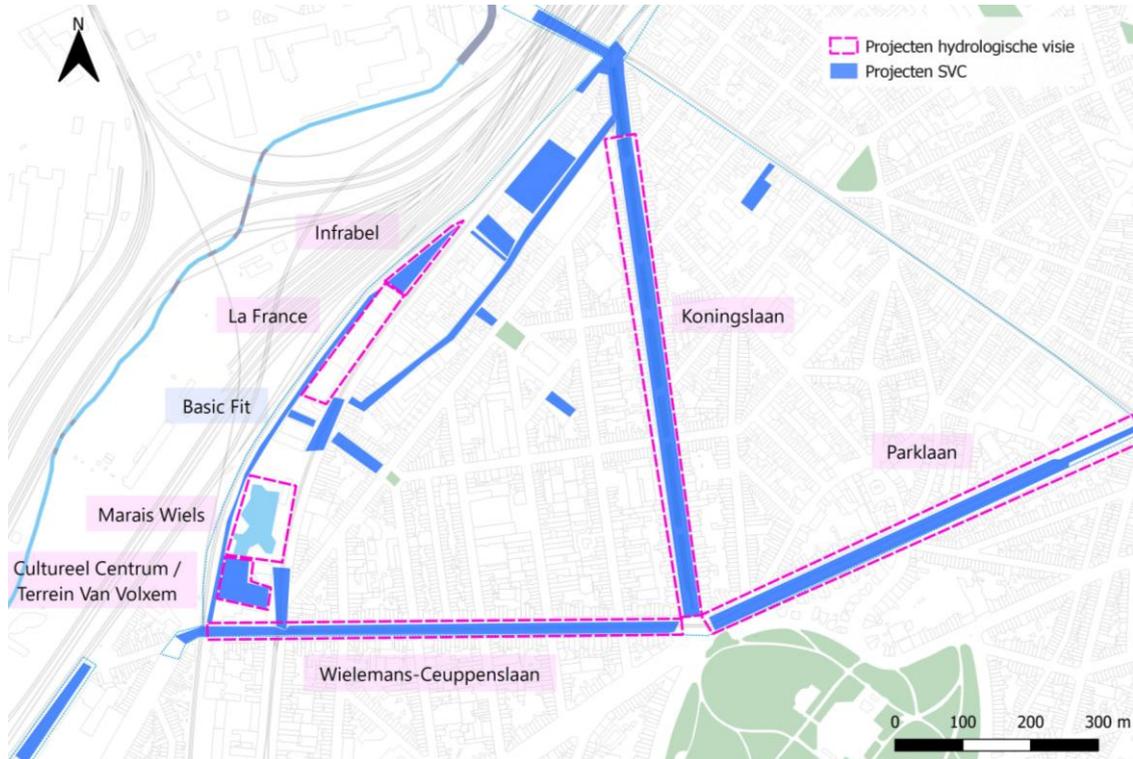
### Rejet à la Senne

Le rejet à la Senne doit également être détaillé. En Flandres, le débit dans les zones inondables est souvent limité à 5 l/s/ha de surface raccordée. À Bruxelles, il n'y a pas de limitation quant au débit de fuite. Néanmoins, l'étude a vérifié si le débit lors d'une averse de TR20 dans l'environnement du modèle remplit cette condition. Si le débit est de 5 l/s/ha dans le périmètre du projet, un maximum de 252 l/s peut être évacué vers la Senne. Un réseau de conduites a été conçu pour générer un débit de 39 l/s au pont de Luttre et de 179 l/s à la Vanne Fonsny lors d'une averse de TR20. On obtient ainsi un débit total de 218 l/s, ce qui répond à l'exigence d'un débit de 5 l/s/ha.

## 6.4 Liens avec le contrat de rénovation urbaine

Les possibilités de tamponnage proposées dans le périmètre du projet peuvent s'inscrire dans le contrat global de rénovation urbaine (Figure 6.53)

Figure 6.53 Les zones tampons proposées s'inscrivent dans le contrat de rénovation urbaine. Les cadres roses indiquent les projets qui s'inscrivent dans la vision hydrologique, et principalement dans le CRU ; les zones bleues qui ne sont pas dans un cadre rose s'inscrivent dans le CRU, mais pas dans la vision hydrologique.



L'axe 1 du CRU prévoit la création du Parc de l'Avant-Senne, en incluant les parcelles Van Volxem (section 1.A.1 dans le CRU, qui correspond au Centre Culturel), le parking du Basic Fit (la parcelle juste en amont du site de La France, 1.A.2 dans le CRU) et le site d'Infrabel (1.A.4 dans le CRU). Cette étude hydrologique inclut en outre les parcelles du Centre Culturel, du Marais Wiels, de La France et d'Infrabel.

Dans cette étude hydrologique, des bassins de rétention sont prévus sur les différentes parcelles afin de stocker l'eau qui s'écoule des rues avoisinantes. Suivant cette vision hydrologique, 800 m<sup>3</sup> peuvent être stockés sur la parcelle du Centre Culturel (aussi appelée « parcelle Van Volxem »), 11 000 m<sup>3</sup> dans le Marais Wiels, 3 000 m<sup>3</sup> sur la parcelle de La France et 1 400 m<sup>3</sup> sur la parcelle d'Infrabel.

L'axe 2 du CRU comprend les grandes avenues suivantes : l'avenue du Roi (section partie 2.1 du CRU), l'avenue du Parc (2.2 du CRU) et l'avenue Wielemans-Ceuppens (2.3 du CRU). Afin de stocker l'eau à ces endroits, cette étude propose des ouvrages verts/bleus dans l'avenue du Roi et l'avenue du Parc, constitués de noues peu profondes. Celles-ci peuvent être combinées avec un stockage enterré sous les espaces de stationnement. Selon le scénario choisi, la capacité de stockage varie entre 250 et 3 000 m<sup>3</sup> dans l'avenue du Roi, et entre 400 et 2 600 m<sup>3</sup> dans l'avenue du Parc.

L'espace structurel de l'avenue Wielemans-Ceuppens ne permet pas l'installation d'ouvrages verts/bleus. La temporisation de l'eau est donc assurée par des caissons de stockage enterrés d'une capacité de 2 400 m<sup>3</sup>.

Les propositions de tamponnage et d'acheminement de l'eau présentées dans cette étude hydrologique n'offrent qu'une seule vision qui peut être intégrée dans le contrat de rénovation urbaine. Bien entendu, d'autres configurations ou aménagements pour le tamponnage et l'acheminement de l'eau sont également précieux. Si, au cours de l'élaboration d'un master plan, il était décidé d'utiliser d'autres aménagements, le potentiel de tamponnage et d'acheminement devrait être recalculé.

# 7

## CONCLUSION

La vision hydrologique, qui est la première mission dans le cadre du contrat de rénovation urbaine 4, fournit les bases d'une conception de gestion de l'eau efficace dans l'espace public résistante. La portée principale de l'étude est de proposer différents outils pour la gestion des eaux urbaines.

Les quartiers autour de l'avenue du Roi, de l'avenue du Parc et de l'avenue Wielemans-Ceuppens ont une topographie en pente forte qui s'étend du parc de Forest en amont à la vallée de la Senne en aval, où passe aujourd'hui le chemin de fer. Hormis les nombreuses inondations, il reste peu de traces de cet ancien paysage hydrique : la Senne est creusée et n'est ouverte qu'à certains endroits.

Les inondations qui se produisent principalement dans la zone la plus en aval du périmètre du projet ont généralement quatre causes :

- 1 débordement du réseau d'égouttage (réseau d'égout sous-dimensionné) ;
- 2 réseau privé insuffisant (remontée d'eau depuis les égouts vers les logements) ;
- 3 inondation par remontée de nappe phréatique (haut niveau d'eaux souterraines) ;
- 4 inondation par débordement de la Senne.

Cette étude tente d'apporter la meilleure réponse possible aux problèmes d'inondation en se concentrant sur le tamponnage de l'eau (en amont). Pour ce faire, un ensemble d'ouvrages hydrauliques a été répertorié. De cet ensemble, trois ouvrages hydrauliques (noue, bassin de rétention et caisses de stockage souterraines) ont été sélectionnés et intégrés de manière optimale dans l'espace disponible. Les volumes tampons ainsi obtenus n'offrent qu'environ la moitié du volume de stockage nécessaire pour atteindre l'objectif escompté dans le projet. En effet, l'objectif est que l'intégralité des précipitations s'écoulant des espaces publics lors d'une averse de TR20 soit stockée dans ces zones tampons. Si une partie de l'eau excédentaire se déverse dans la Senne, 60 % de l'objectif peut être atteint.

Si les parcelles (actuellement privées) du Parc de l'Avant-Senne ne sont pas utilisées comme zone tampon, les possibilités de tamponnage de l'eau sont limitées aux grandes avenues. Dans ce cas, le tamponnage n'atteint plus qu'environ 15 % de l'objectif escompté. Il est donc important que ces parcelles de terrain soient incluses dans l'élaboration du plan directeur.

Temporiser intégralement, dans les zones tampons proposées, une pluie de TR20 s'écoulant de l'espace public n'est donc pas réalisable. De plus, les volumes tampons ne seront que très rarement remplis. C'est pourquoi, les possibilités de tamponnage d'une pluie de TR10 ont aussi fait l'objet d'une analyse. Dans le cas d'une averse de TR10, 67 % de l'eau s'écoulant de l'espace public peuvent être tamponnés.

Dans les deux scénarios (temporisation d'une pluie de TR20 et d'une pluie de TR10 s'écoulant de l'espace public), l'eau doit être acheminée vers les zones tampons et la Senne par un réseau de conduites (dissimulées). Ce réseau doit être aménagé dans (une partie) des rues avoisinantes. Une alternative pourrait être de découpler l'eau de l'espace public à proximité des zones tampons et de raccorder l'espace privé environnant. Cette mesure produit un effet similaire pour la temporisation et l'évacuation de l'eau. Les travaux d'aménagement nécessaires seront alors situés davantage dans l'espace privé (découpler les surfaces privées) que dans les rues avoisinantes (conduites dissimulées).

La vision proposée est donc une solution possible qui a été quantifiée dans le présent rapport. L'utilisation d'autres aménagements ou la modification de leur dimensionnement entraînerait la modification des volumes tampons et, par conséquent, du pourcentage d'eau qui peut être tamponnée lors d'une pluie de TR20. De plus, cette vision est limitée aux grandes avenues et au Parc de l'Avant-Senne. En plus des mesures formulées dans le cadre de cette étude, des mesures à la source supplémentaires dans les petites rues avoisinantes pourraient être d'une aide précieuse.

Le plan directeur qui suivra très probablement cette étude aura donc plusieurs missions. Avant tout, il devra détailler davantage la vision hydrologique proposée et la convertir en un phasage qui évolue avec les projets du CRU4. Ensuite, il devra organiser une phase de consultation avec les différentes parties pour examiner les coûts.

Enfin, il convient de souligner que tout projet de développement urbain dans l'ancien paysage hydrique de la vallée de la Senne devra par définition aller de pair avec une vision de l'eau globale.

Annexe(s)



## ANNEXE : LISTE DE RÉFÉRENCES

- 1 Agniel, M. pour Bruxelles Environnement (2019). Simulation pour évaluer l'impact d'une future infiltration annuelle sur la nappe phréatique (CRU 04 - Commune de Forest).
- 2 Antoine, M. pour Bruxelles Environnement (2018). Pluies de référence pour le dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales et des eaux résiduaires urbaines en Région de Bruxelles-Capitale Bruxelles: Bruxelles Environnement, Division Autorisations et Partenariats (département Eau).
- 3 Broers, O. pour Vivaqua (2008). Signalements d'inondations dans le périmètre du projet Bruxelles: Etude hydraulique du Bassin MERODE.
- 4 Broers, O. pour Vivaqua (2008). Canalisations sous pression dans le périmètre du projet Bruxelles: Etude hydraulique du Bassin MERODE.
- 5 Broers, O. pour Vivaqua (2008). Problèmes et solutions aux inondations au niveau des raccordements domestiques. Bruxelles: Etude hydraulique du Bassin MERODE.
- 6 Brusseau (2019). Cartes d'inventaire sur l'utilisation des sols, la végétation et l'infiltration Bruxelles: Potentiel d'infiltration des eaux pluviales en RBC.
- 7 Brusseau (2019). Le Bassin d'orage du Square Lainé est-il nécessaire?
- 8 Société Bruxelloise de Gestion de l'eau SBGE (1999). Les plans as-built prévoient un collecteur des eaux résiduaires de Saint-Gilles. Bruxelles : Études Verdeyen - Moenaert
- 9 Société Bruxelloise de Gestion de l'eau SBGE (2004). Égout Fonsny as-built Bruxelles: Verdeyen Moenaert Engineering.
- 10 Geopunt (2019). [www.geopunt.be](http://www.geopunt.be) (dernière visite: 05/11/2019)
- 11 Geo.brussels - Géoportail de la Région bruxelloise. [Geo.irisnet.be](http://Geo.irisnet.be) (dernière visite: 05/11/2019)
- 12 Mahaut V. (2009). L'eau et la ville, le temps de la réconciliation. Jardins d'orage et nouvelles rivières urbaines. Bruxelles: UCL.
- 13 Services Web UrbIS. WFS sur <http://geoservices-urbis.irisnet.be/geoserver/UrbisAdm/ows?Service=WFS&Request=GetCapabilities> (dernière visite: 05/11/2019)
- 14 Van Huyck, C. et Pireyn, O. pour Vivaqua (2016). Gestion des eaux de pluie dans l'espace public de Forest.
- 15 Verbeiren B. et Crespin. D pour la VUB et adapté par Brusseau (2017). Potentiel d'infiltration et flux. Bruxelles: Contexte hydrologique Réunion CHF 2 Nord.
- 16 Vivaqua (2019). Aperçu du réseau d'égouttage dans le périmètre du projet Bruxelles: Diffusion restreinte ASS RUC 04 Rue du Roi.



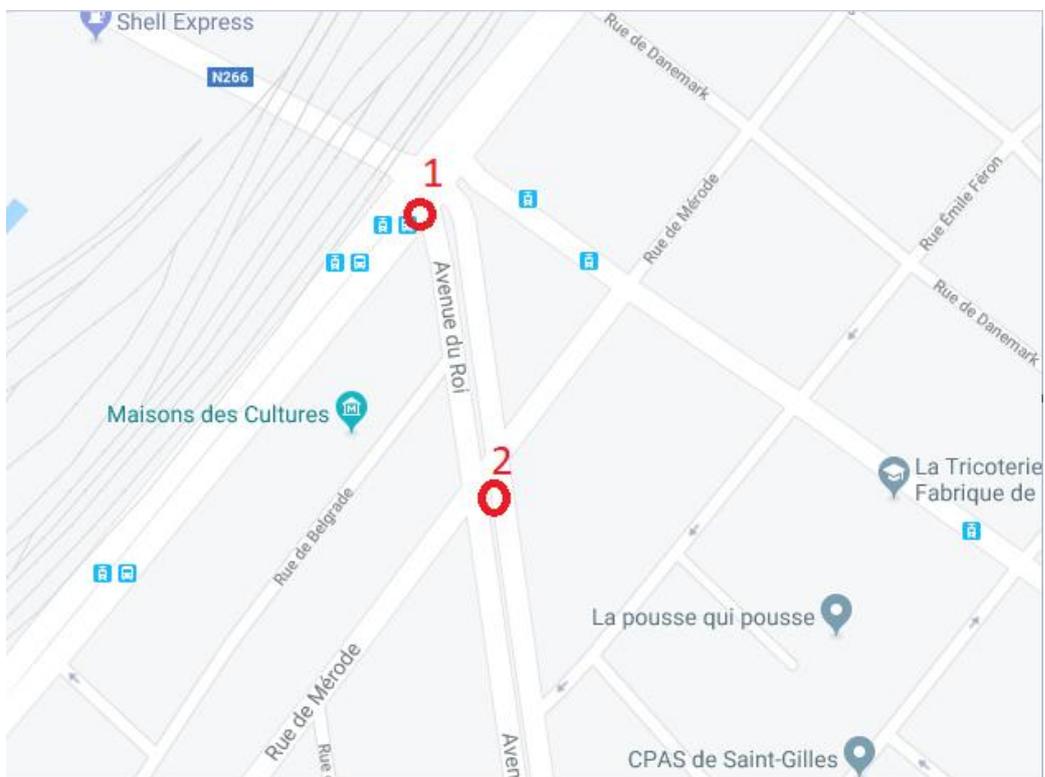


## ANNEXE : SUPPLÉMENTS COMITÉ TECHNIQUE

### Commune de Saint-Gilles

Dans l'avenue du Roi, les voies du tram sont rénovées (Illustration 7.1). Lors d'une visite du site en juillet 2019, les problèmes suivants ont été identifiés.

Illustration 7.1 Commentaires généraux Commune de Saint-Gilles sur l'avenue du Roi.



- 1 Au bas de l'avenue du Roi, une chambre d'inspection Vivaqua donne accès à deux collecteurs du réseau d'égouttage raccordés à la Vanne Fonsny. Une canalisation supplémentaire de 400 mm de diamètre peut être installée entre les collecteurs mixtes existants (Illustration 7.2) pour rajouter un raccord à la Vanne ;

Illustration 7.2 La chambre d'inspection de l'avenue du Roi abrite actuellement deux collecteurs mixtes Vivaqua. Une canalisation supplémentaire d'un diamètre de 400 mm peut éventuellement être placée entre les tuyaux. Source : Anne-Claire Dewez, 2019.



- 2 Un point d'accès Sibelga se trouve à l'intersection entre l'avenue du Roi et l'avenue de Mérode (Illustration 7.3). Il faut en tenir compte lors de futures excavations ou de travaux de terrassement à cet endroit.

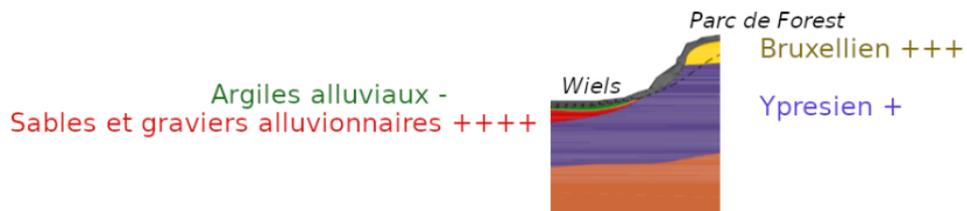
Illustration 7.3 Points d'accès de Sibelga au carrefour de l'avenue du Roi et de l'avenue de Mérode. Source: Anne-Claire Dewez, 2019.



### La problématique des eaux souterraines

Brusseau et Bruxelles Environnement ont déjà évoqué la problématique des eaux souterraines dans la zone de projet lors de plusieurs Comités techniques. A certains endroits dans la zone, la nappe phréatique monte à tel point qu'elle provoque des inondations. Suite à cela, les caves de plusieurs maison dans la rue de Belgrade se retrouvent sous eau. Dans certains cas, le problème est même permanent.

Illustration 7.4 Esquisse hydrogéologique du sous-sol entre l'Altitude 100 et le Marais Wiels. Source: Mathieu Agniel, Bruxelles Environnement.



Cette problématique est toujours en cours d'étude par Bruxelles Environnement. Le reporting à ce sujet est repris à l'annexe VIII.



## ANNEXE: PROFONDEUR DE LA NAPPE PHRÉATIQUE PAR RAPPORT À LA SURFACE DU SOL

# IV

## ANNEXE: NOTATION DES TESTS D'INFILTRATION

V

ANNEXE: CARTE DU RÉSEAU D'ÉGOUT AVEC DIMENSIONS ET PROFONDEUR

# VI

## ANNEXE: PLAN TECHNIQUE VANNE FONSNY

# VII

## ANNEXE: DIMENSIONS DU RÉSEAU D'ÉGOUT CONNECTÉ AU DÉVERSOIR AVENUE DU ROI

# VIII

## ANNEXE: ETUDE DES EAUX SOUTERRAINES BRUXELLES ENVIRONNEMENT

# IX

## ANNEXE: CAMPAGNE DE MESURE POUR UN MONITORING DES EAUX DE SURFACE



## ANNEXE: REPRÉSENTANTS DES GROUPES DE TRAVAIL

Les points de départ et les ambitions, mais aussi les conditions annexes de l'étude sont mis au point en collaboration avec le comité d'accompagnement et le comité technique. La liste suivante donne un aperçu des représentants dans ces groupes de travail:

### *Comité technique*

- François Mayer	Bruxelles Environnement
- Anne-Claire Dewez	Bruxelles Environnement
- Florence Provost	Bruxelles Environnement
- Olivier Pireyn	Vivaqua
- Benoit Tislair	Vivaqua
- Anne De Cannière	AC Saint-Gilles
- Juliana de Castro	AC Saint-Gilles
- Magali da Cruz	AC Forest
- Dimitri Crespin	VUB - Brusseau
- Patrick Panneels	Ecotechnic - Brusseau
- Boud Verbeiren	VUB - Brusseau
- Dominique Nalpas	Brusseau
- Alexandre Jongen	Bruxelles Mobilité
- Roberta Gagliardi	Bruxelles Mobilité
- Martial Petit	BUP - Rénovation Urbaine
- Julie De Bruyne	BUP - Rénovation Urbaine
- Pierre Bernard	Arkipel
- Andrea Aragone	Latitutte Platform -Brusseau
- Stefanie Dens	Witteveen+Bos
- Alison Heath	Witteveen+Bos
- Katrien Van Eerdenbrugh	Witteveen+Bos

### *Comité d'accompagnement*

- François Mayer	Bruxelles Environnement
- Anne-Claire Dewez	Bruxelles Environnement
- Patrick Panneels	Brusseau
- Dimitri Crespin	Brusseau - VUB
- Boud Verbeiren	Brusseau - VUB
- Dominique Nalpas	Brusseau - EGEB
- Rob Katti	Perspective
- Mathilde Berlanger	Perspective
- Martial Petit	Urban
- Carine Defosse	Urban
- Florence Provost	Bruxelles Environnement
- Céline Dutry	Bruxelles Environnement
- Elodie Santacana	STIB
- Audrey Fritz	STIB
- Magali Da Cruz	AC Forest
- Cédric Verstraeten	AC Forest
- Anne De Cannière	AC Saint-Gilles

- Juliana Castro AC Saint-Gilles
- Alexandre Jongen Bruxelles Mobilité
- Bernard Galand Bruxelles Mobilité
- Roberta Gagliardi Bruxelles Mobilité
- Béatrice Burny Beliris
- Stefanie Dens Witteveen+Bos
- Alison Heath Witteveen+Bos
- Katrien Van Eerdenbrugh Witteveen+Bos

*Campagne de mesure pour un monitoring des eaux de surface*

- François Mayer Bruxelles Environnement
- Anne-Claire Dewez Bruxelles Environnement
- Mathieu Agniel Bruxelles Environnement
- Michaël Antoine Bruxelles Environnement
- Arlette Lietar Bruxelles Environnement
- Stefanie Dens Witteveen+Bos
- Alison Heath Witteveen+Bos
- Jeroen Mandemakers Witteveen+Bos

