

Juin 2016

**Etude de ruissellement urbain  
sur le néo-quartier du Lion  
à Vitrolles (13)**

# NOTE HYDRAULIQUE

## IDENTIFICATION

---



INGÉROP Conseil & Ingénierie – Région Méditerranée – Agence d'Aix en Provence  
Domaine du Petit Arbois - Pavillon Laënnec - B.P 20056 - 13 545 AIX EN PROVENCE Cedex

04

Téléphone : +33 4 42 50 83 00 - Télécopie : +33 4 42 50 83 01

E-mail : [ingerop.aix@ingerop.com](mailto:ingerop.aix@ingerop.com)

### INGÉROP Conseil et Ingénierie

Agence de Aix-en-Provence - Domaine du Petit Arbois - Pavillon Laënnec - Hall B - BP 20056 - F-13545 Aix-en-Provence cedex 4  
Tél. : (33)4 42 50 83 00 - N° Siret 489 626 135 00250 - [ingerop.aix@ingerop.com](mailto:ingerop.aix@ingerop.com) - [ingerop.fr](http://ingerop.fr)  
Siège Social : 18 rue des deux gares - CS 70081 - F-92563 Rueil-Malmaison Cedex  
S.A.S. au capital de 5 800 000 € - R.C.S. Nanterre B 489 626 135 - APE 7112B - Code TVA n° FR 454 896 261 35



## GESTION DE LA QUALITE

---

| Version | Date    | Intitulé | Rédaction | Lecture | Validation |
|---------|---------|----------|-----------|---------|------------|
| 1       | 12/2015 | EH       | JF        | SH      | SH         |
| 2       | 06/2016 | EH       | AT        | JF      | JF         |
|         |         |          |           |         |            |
|         |         |          |           |         |            |

### Observations sur l'utilisation du rapport :

***Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations d'INGÉROP ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.***

***La société INGÉROP n'est pas responsable de la vérification de la véracité des informations transmises, à l'exception de celles normalement décelables par l'homme de l'art, et celles pour lesquelles le Client a exigé une analyse spécifique.***



## SOMMAIRE

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>CONTEXTE, OBJET DE L'ETUDE</b>                                  | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>RAPPELS DE L'ETUDE GLOBALE - SITUATION ACTUELLE</b>             | <b>8</b>  |
| 2.1      | CONTEXTE, HISTORIQUE   | 8         |
| 2.2      | METHODOLOGIE, HYPOTHESES DE CALCUL                                 | 8         |
| 2.3      | RESULTATS DES SIMULATIONS EN SITUATION ACTUELLE                    | 9         |
| <b>3</b> | <b>ETUDE HYDRAULIQUE EN SITUATION PROJETEE – SOLUTION DE BASE</b>  | <b>11</b> |
| 3.1      | PRESENTATION DES AMENAGEMENTS                                      | 11        |
| 3.2      | METHODOLOGIE D'ANALYSE HYDRAULIQUE EN SITUATION APRES AMENAGEMENTS | 12        |
| 3.3      | RESULTATS DES SIMULATIONS EN SITUATION PROJETEE                    | 17        |
| <b>4</b> | <b>ÉTUDE DE VARIANTES</b>  | <b>22</b> |
| 4.1      | MODIFICATIONS DES AMENAGEMENTS PAR RAPPORT A LA SOLUTION DE BASE   | 22        |
| 4.2      | METHODOLOGIE D'ANALYSE HYDRAULIQUE                                 | 23        |
| 4.2.1    | Présentation de la variante n°1                                    | 25        |
| 4.2.2    | Présentation de la variante n°2                                    | 26        |
| 4.3      | RESULTATS DES SIMULATIONS POUR LES DEUX VARIANTES                  | 27        |
| 4.3.1    | Variante n°1   | 27        |
| 4.3.2    | Variante n°2   | 31        |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSION</b>  | <b>35</b> |

## FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Plan de situation.....  | 6  |
| Figure 2 : Maquette 3D du projet.....  | 6  |
| Figure 3 : Extrait du plan des aléas inondation par débordement et ruissellement (source : PLU Vitrolles).....                     | 7  |
| Figure 4 : Cartographie des mécanismes d'écoulement en crue centennale (Etat actuel) .....   | 9  |
| Figure 5 : Cartographie des hauteurs d'eau maximales en crue centennale (Etat actuel) .....  | 10 |
| Figure 6 : Cartographie des vitesses maximales d'écoulement en crue centennale (Etat actuel) .....                                 | 10 |
| Figure 7 : Vue en plan des aménagements projetés .....   | 11 |
| Figure 8 : Bâtils « durs » et bâtils « légers » au droit du projet.....  | 12 |
| Figure 9 : Modèle topographique en situation après aménagements.....   | 13 |
| Figure 10 : Modèle de rugosité en situation après aménagements .....   | 14 |
| Figure 11 : Schéma de principe du réseau d'accompagnement des eaux de ruissellement pour un orage centennal – « fossé Nord » ..... | 15 |
| Figure 12 : Schéma de principe du réseau d'accompagnement des eaux de ruissellement pour un orage centennal – « fossé Sud ».....   | 16 |
| Figure 13 : Cartographie des hauteurs d'eau maximales en crue centennale (Etat projet).....  | 17 |
| Figure 14 : Cartographie des vitesses maximales d'écoulement en crue centennale (Etat projet) .....                                | 18 |
| Figure 15 : Profil en long de la ligne d'eau en cas d'orage centennal (fossé « Nord »).....  | 19 |
| Figure 16 : Profil en long de la ligne d'eau en cas d'orage centennal (fossé « Sud »).....   | 20 |
| Figure 17 : Cartographie de l'aléa inondation en situation après aménagements.....   | 21 |
| Figure 18 : Vue en plan des modifications du plan de masse.....  | 22 |
| Figure 19 : Modèle topographique modifié en situation après aménagements .....   | 23 |
| Figure 20 : Modèle de rugosité modifié en situation après aménagements .....   | 24 |
| Figure 21 : Vue en plan de la variante 1 .....   | 25 |
| Figure 22 : Vue en plan de la variante 2 .....   | 26 |
| Figure 23 : Cartographie des hauteurs d'eau maximales en crue centennale (Etat projet – variante 1) .....                          | 27 |
| Figure 24 : Cartographie des vitesses maximales d'écoulement en crue centennale (Etat projet – variante 1).....                    | 28 |
| Figure 25 : Profil en long de la ligne d'eau en cas d'orage centennal (fossé « Sud ») – état projet variante 1 .....               | 29 |
| Figure 26 : Cartographie de l'aléa inondation en situation après aménagements (variante 1) .....                                   | 30 |
| Figure 27 : Cartographie des hauteurs d'eau maximales en crue centennale (Etat projet – variante 2) .....                          | 31 |
| Figure 28 : Cartographie des vitesses maximales d'écoulement en crue centennale (Etat projet – variante 2).....                    | 32 |



Figure 29 : Profil en long de la ligne d'eau en cas d'orage centennial (fossé « Sud ») – état projet variante 2 ..... 33

Figure 30 : Cartographie de l'aléa inondation en situation après aménagements (variante 2) ..... 34

# 1 CONTEXTE, OBJET DE L'ETUDE

La société R2M a en projet l'aménagement du néo-quartier du Lion, sur la commune de Vitrolles.



Figure 1 : Plan de situation



Figure 2 : Maquette 3D du projet

Le projet est au stade avant-projet, un dossier de demande de permis de construire est en cours de réalisation.

Dans ce contexte, au regard du règlement du PLU, le projet est concerné par l'aléa inondation par ruissellement.

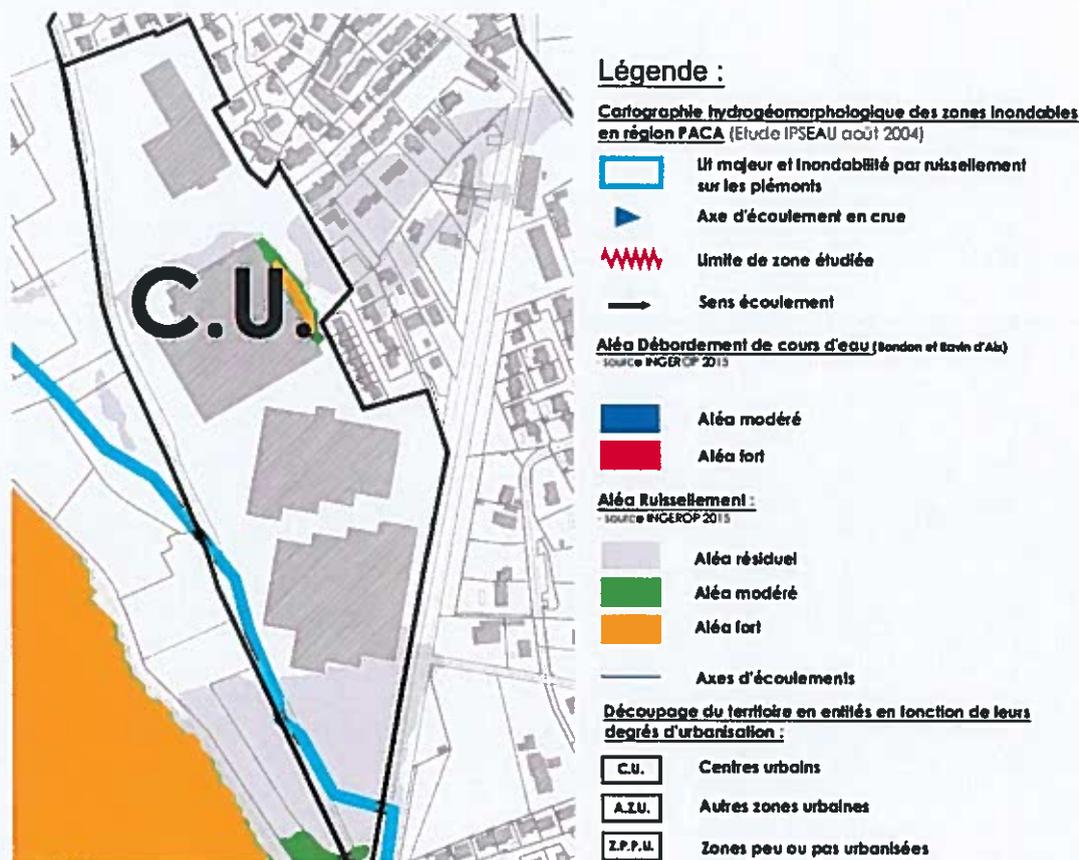


Figure 3 : Extrait du plan des aléas inondation par débordement et ruissellement (source : PLU Vitrolles)

La définition initiale de cet aléa a été réalisée en considérant les entrepôts existants, qu'il est prévu de détruire dans le cadre de l'aménagement.

Du fait de cette situation et de la présence d'une zone inondable par ruissellement, la commune de Vitrolles a souhaité qu'une étude hydraulique soit réalisée afin de préciser le nouvel aléa inondation lié au ruissellement urbain sur le projet, en intégrant la topographie du site après aménagement et permettant de définir, si besoin, les éventuelles mesures compensatoires à mettre en place.

C'est l'objet du présent document.

## 2 RAPPELS DE L'ETUDE GLOBALE - SITUATION ACTUELLE

---

### 2.1 CONTEXTE, HISTORIQUE

La commune de Vitrolles a réalisé récemment un «Schéma Directeur et Zonage d'Assainissement des Eaux Pluviales».

Parallèlement à cette étude, le pôle risque de la DDTM 13 avait demandé que soit réalisée une étude des zones de ruissellement et l'actualisation de l'étude des zones inondables du Bondon et du ravin d'Aix entre le Parc du Griffon et la Cadlière.

Ces deux études ont été réalisées par IPSEAU / INGEROP (rendues en 2013).

Il est important de préciser que, depuis la réalisation de l'étude globale en 2013, des projets et travaux ont été réalisés, et avaient fait l'objet de mises à jour du modèle hydraulique.

Ainsi, la nouvelle bretelle d'accès à la RD113 et les ouvrages de transparence hydraulique associés, le projet de complexe cinématographique et les travaux d'adaptation de l'ouvrage de surverse du bassin du Vélodrome, même s'il ne sont pas dans la zone d'étude, sont bien intégrés au modèle hydraulique repris dans le cadre de la présente étude.

### 2.2 METHODOLOGIE, HYPOTHESES DE CALCUL

Le rapport de l'étude du ruissellement pluvial (Réf. MM2566, version 3, novembre 2013) présente de manière détaillée les hypothèses de calcul (analyse hydrologique, données topographiques, étude hydraulique). Les résultats ci-après sont extraits de la simulation effectuée, dans le cadre de cette étude, pour l'évènement de référence (pluie centennale de type double triangle de durée 2 heures et de période intense 10 minutes).

Le modèle mis en œuvre permet le couplage des modèles suivants :

- un modèle 1D du réseau d'assainissement pluvial (MIKE URBAN),
- un modèle 1D du lit mineur du Bondon et du Ravin d'Aix (MIKE 11),
- un modèle 2D du lit majeur / du champ d'expansion de crue (MIKE 21), par un maillage de 5 m par 5 m sur l'ensemble du territoire communal.

Ces trois modèles sont couplés dynamiquement sous l'interface de MIKE FLOOD (le calcul se fait alors en simultané dans les 3 logiciels).

## 2.3 RESULTATS DES SIMULATIONS EN SITUATION ACTUELLE

Les résultats des simulations pour une pluie centennale sont présentés ci-après.

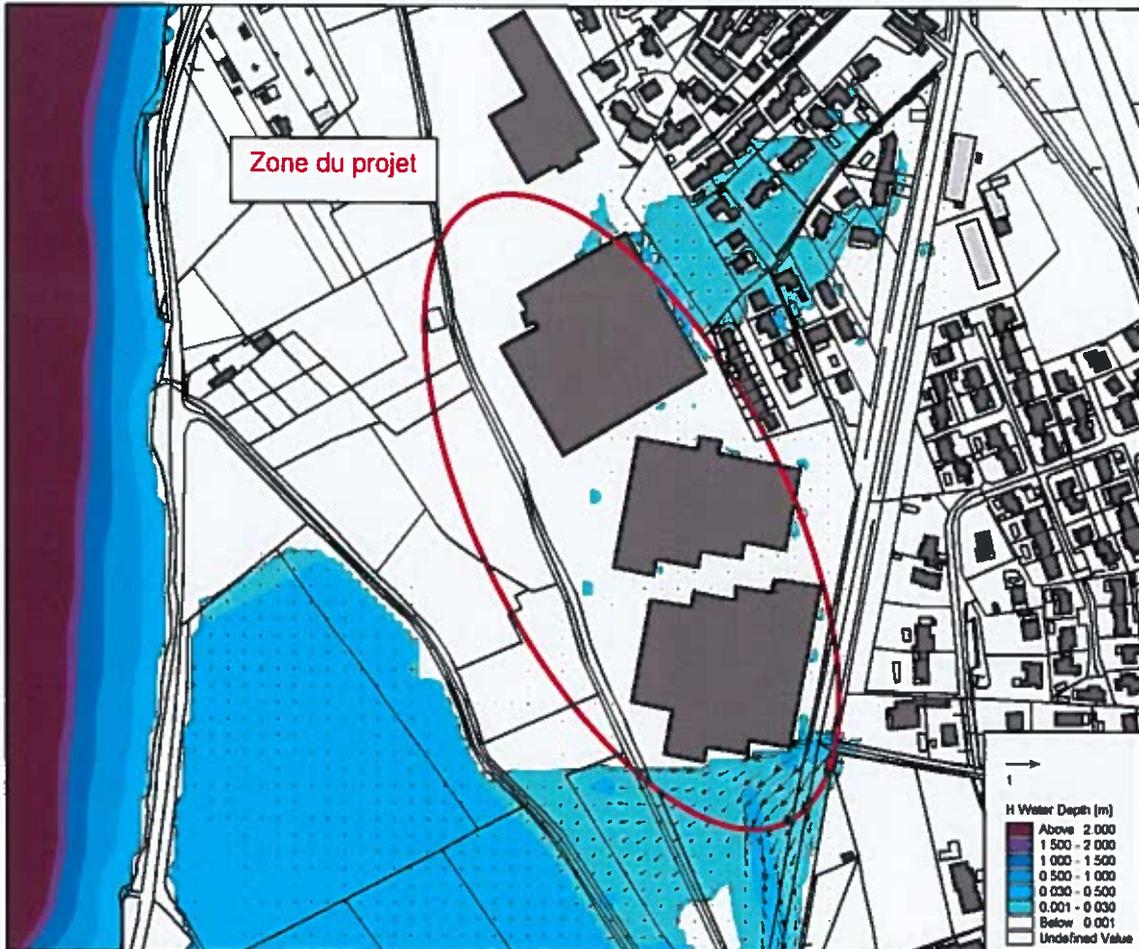


Figure 4 : Cartographie des mécanismes d'écoulement en crue centennale (Etat actuel)

Les résultats des simulations en situation actuelle montre que la zone du projet est concernée par deux axes de ruissellement.

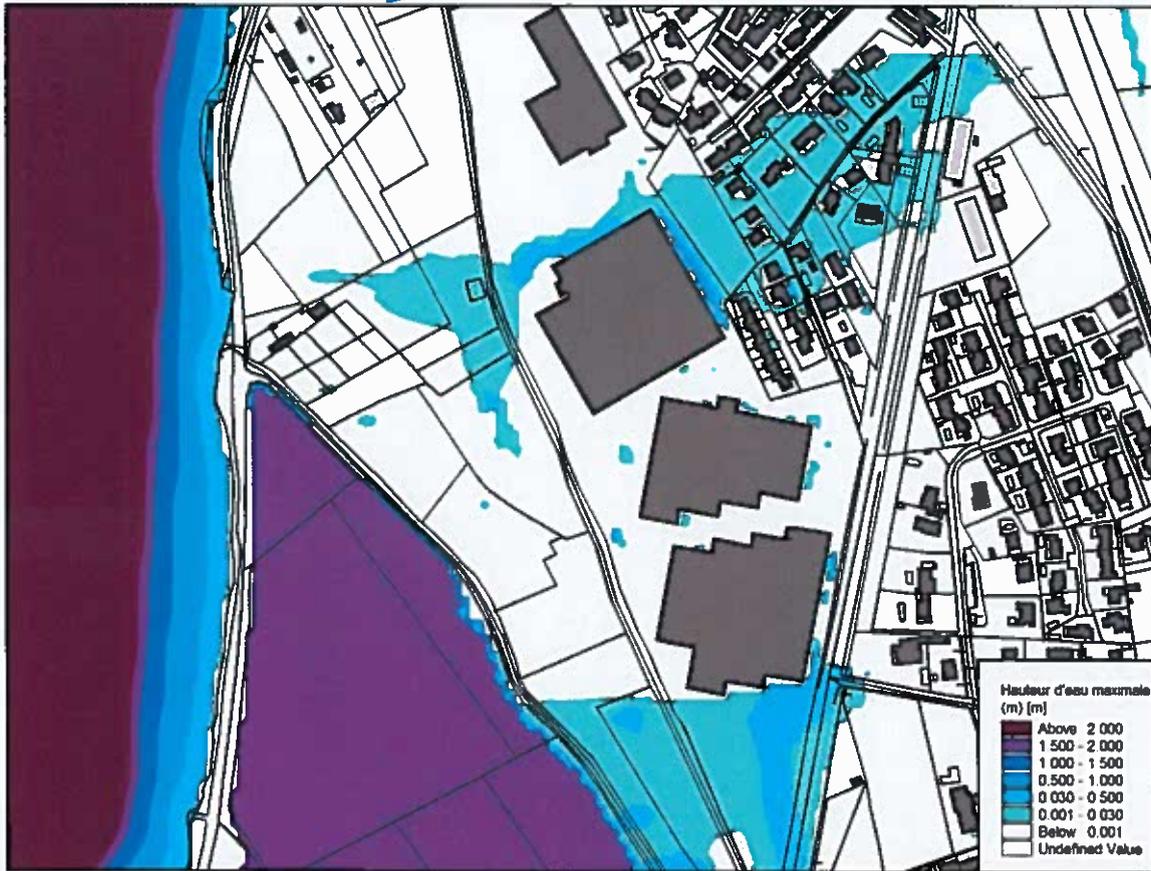


Figure 5 : Cartographie des hauteurs d'eau maximales en crue centennale (Etat actuel)

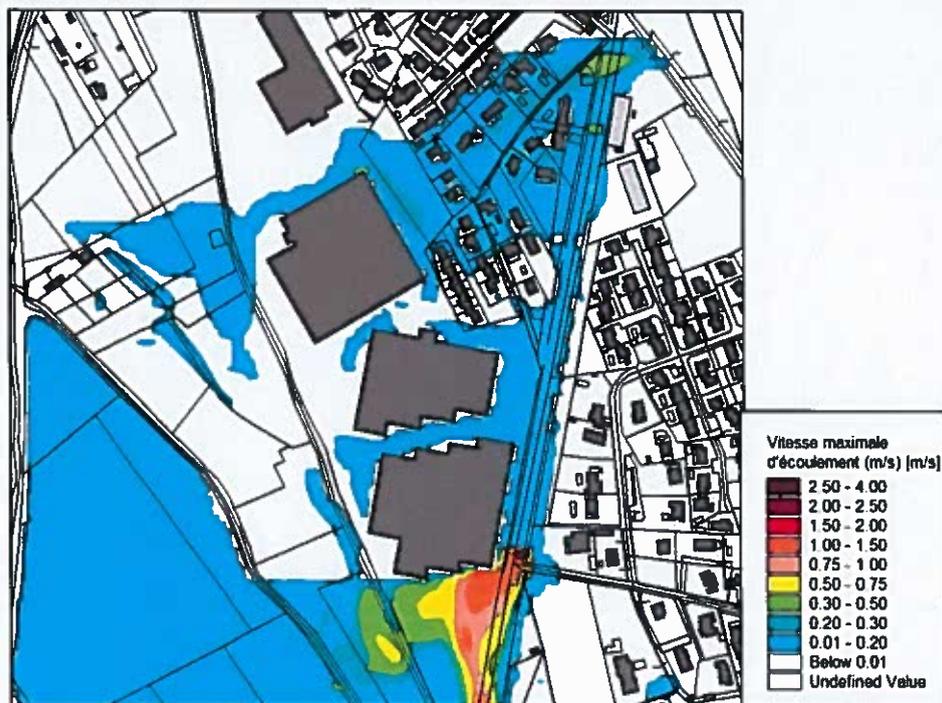


Figure 6 : Cartographie des vitesses maximales d'écoulement en crue centennale (Etat actuel)

### 3 ETUDE HYDRAULIQUE EN SITUATION PROJETEE – SOLUTION DE BASE

#### 3.1 PRESENTATION DES AMENAGEMENTS

Les aménagements envisagés sont présentés sur la vue en plan ci-dessous.

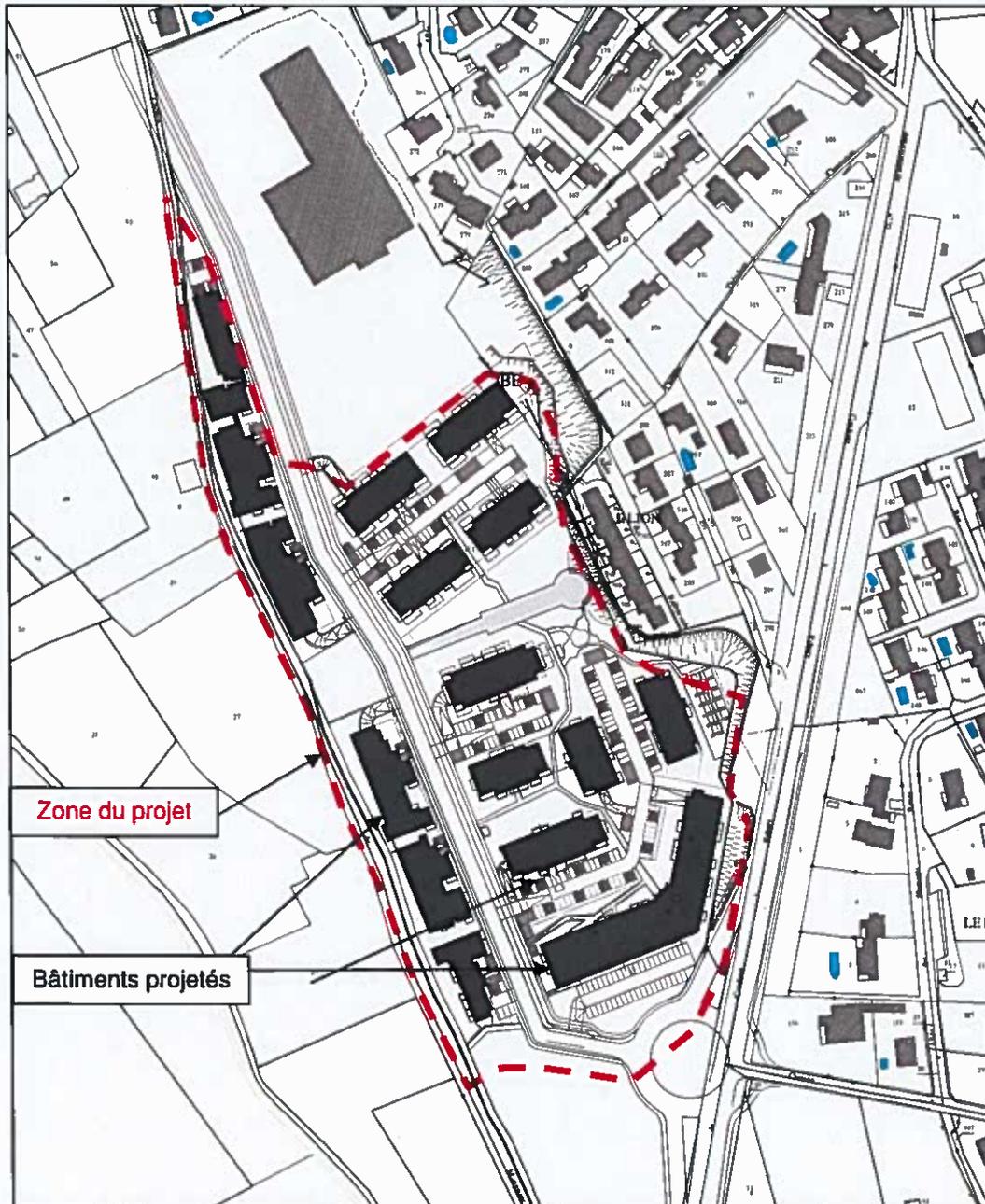


Figure 7 : Vue en plan des aménagements projetés

### 3.2 METHODOLOGIE D'ANALYSE HYDRAULIQUE EN SITUATION APRES AMENAGEMENTS

Les aménagements présentés au paragraphe précédent ont été intégrés au modèle mathématique.

Le maillage de surface a été modifié afin d'intégrer :

- La suppression des bâtiments à démolir dans le cadre du réaménagement de la zone,
- L'altimétrie projetée de la zone du projet, incluant les zones de stationnement, les voiries d'accès, les espaces verts et jardins, etc...
- Les bâtiments projetés, renseignés dans le modèle en tant qu'obstacle infranchissable à l'écoulement.

Notons que seuls les bâtiments principaux ont été mis hors d'eau. Les bâtis légers (de type local poubelle, local transformateur, local vélo) ont été intégrés au modèle en tant que zone de rugosité importante (coefficient de Strickler  $K_s$  égal à  $5 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Cette méthodologie permet de prendre en compte le fait que l'eau va pouvoir ruisseler au sein de ces locaux en général ouverts vers l'extérieur, mais que les vitesses d'écoulement y seront faibles du fait des nombreux obstacles présents dans ces secteurs. La figure ci-dessous présente les bâtiments mis hors d'eau et les bâtis légers intégrés au modèle de rugosité.

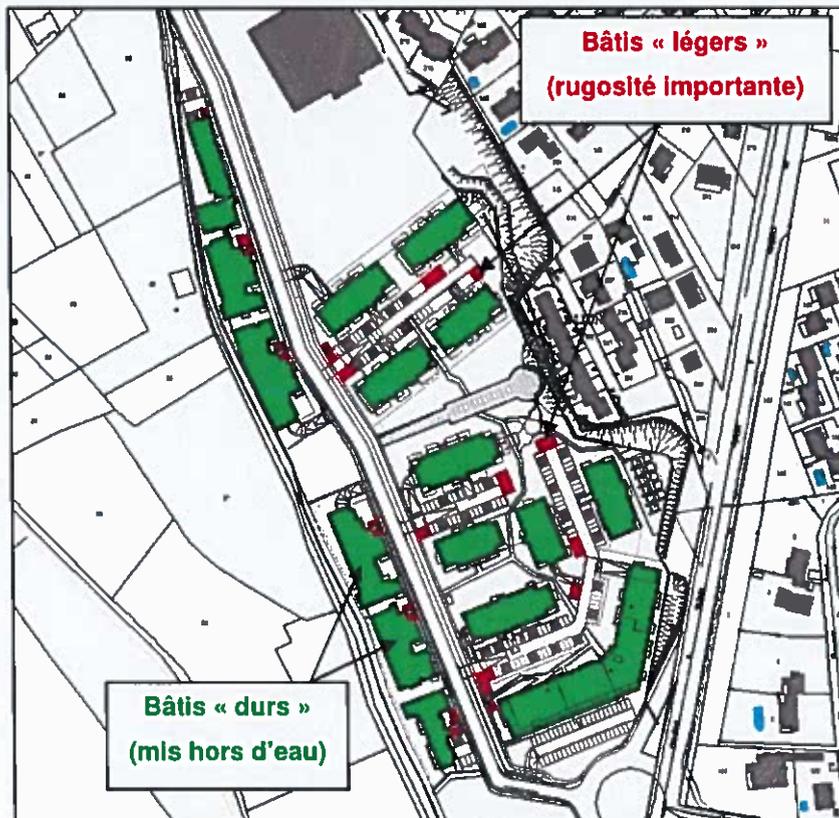


Figure 8 : Bâtis « durs » et bâtis « légers » au droit du projet

La figure ci-dessous présente le modèle topographique en situation après aménagement.

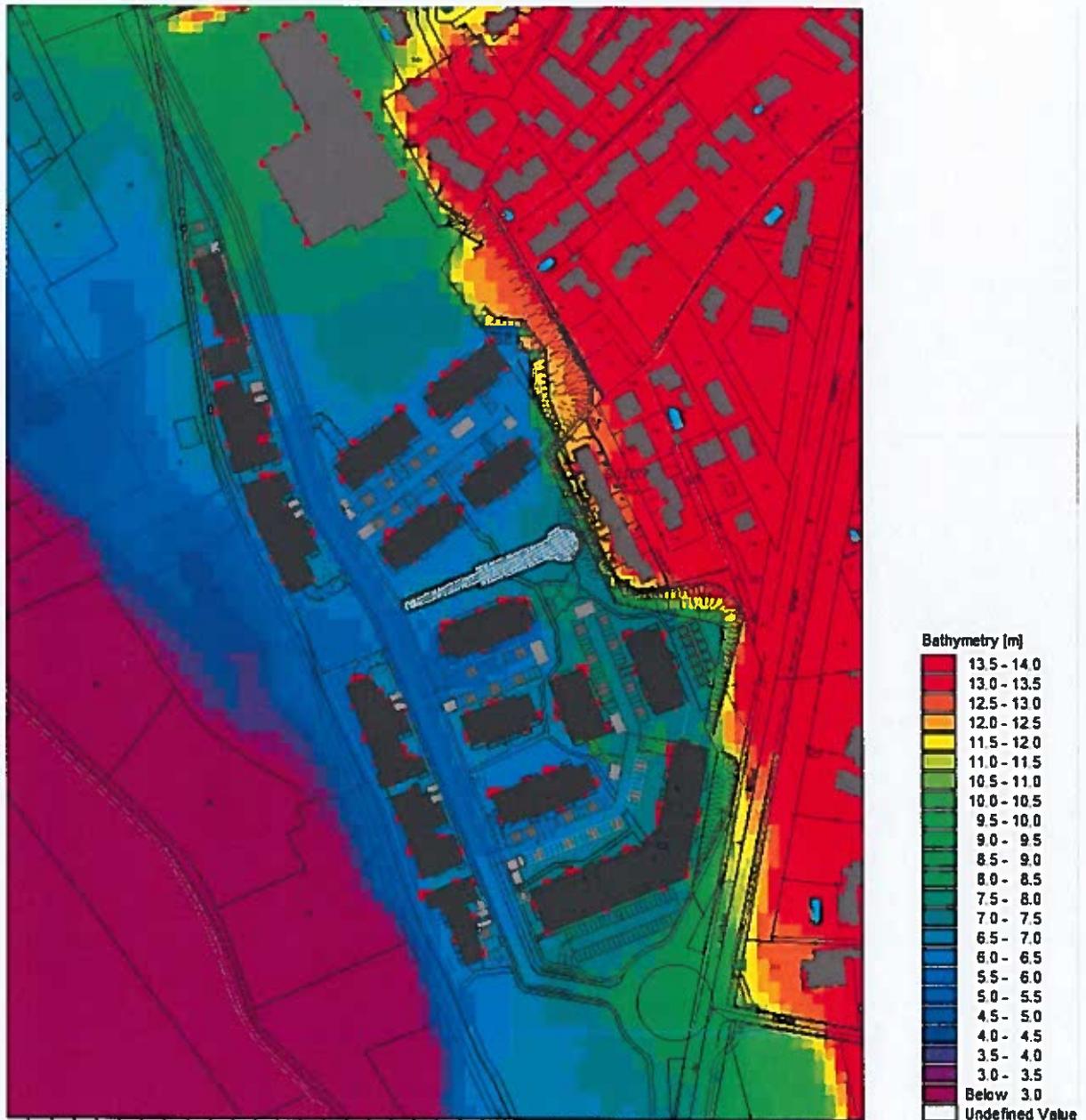


Figure 9 : Modèle topographique en situation après aménagements

De même, le coefficient de rugosité du terrain naturel a été modifié. Les valeurs suivantes ont été appliquées :

- Zone de stationnement :  $45 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$
- Voirie :  $50 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$
- Espaces verts et jardins :  $20 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$
- Bâtis légers :  $5 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$

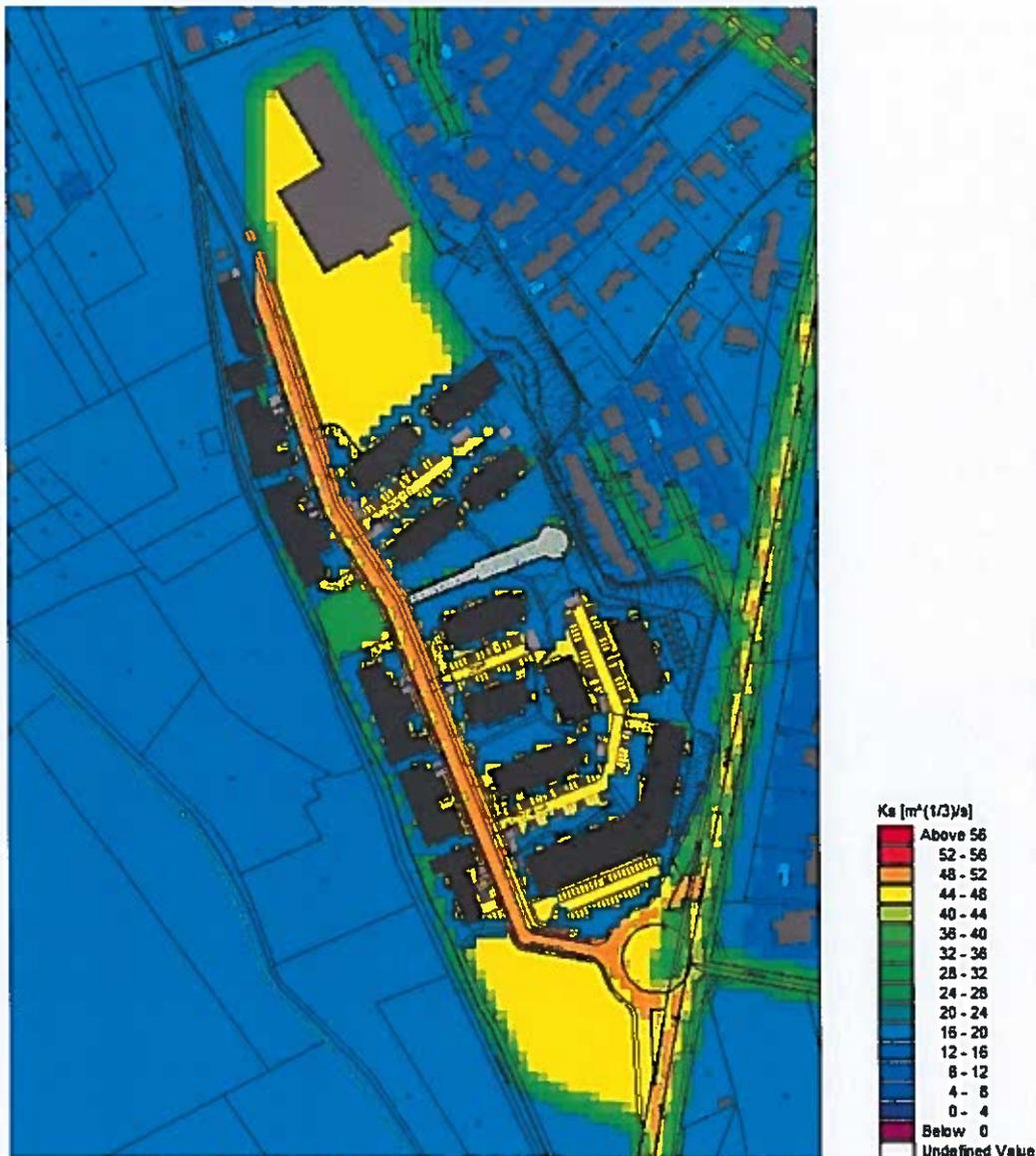


Figure 10 : Modèle de rugosité en situation après aménagements

Enfin, afin d'accompagner au mieux les ruissellements dans la traversée du projet et réduire la vulnérabilité des biens et des personnes sur le secteur, des ouvrages de drainage ont été intégrés à la modélisation, via le logiciel MIKE 11. Il s'agit de deux fossés / noues / caniveaux collectant les eaux de ruissellement en limite amont de l'assiette de l'opération, et faisant transiter les ruissellements par les axes préférentiels « à moindre dommage ». Les figures ci-après présentent le schéma de principe des propositions de réseaux d'accompagnement des eaux de ruissellement.

Afin de permettre cette analyse, un modèle local a été réalisé. Les conditions aux limites ont été récupérées du modèle global relaté précédemment.

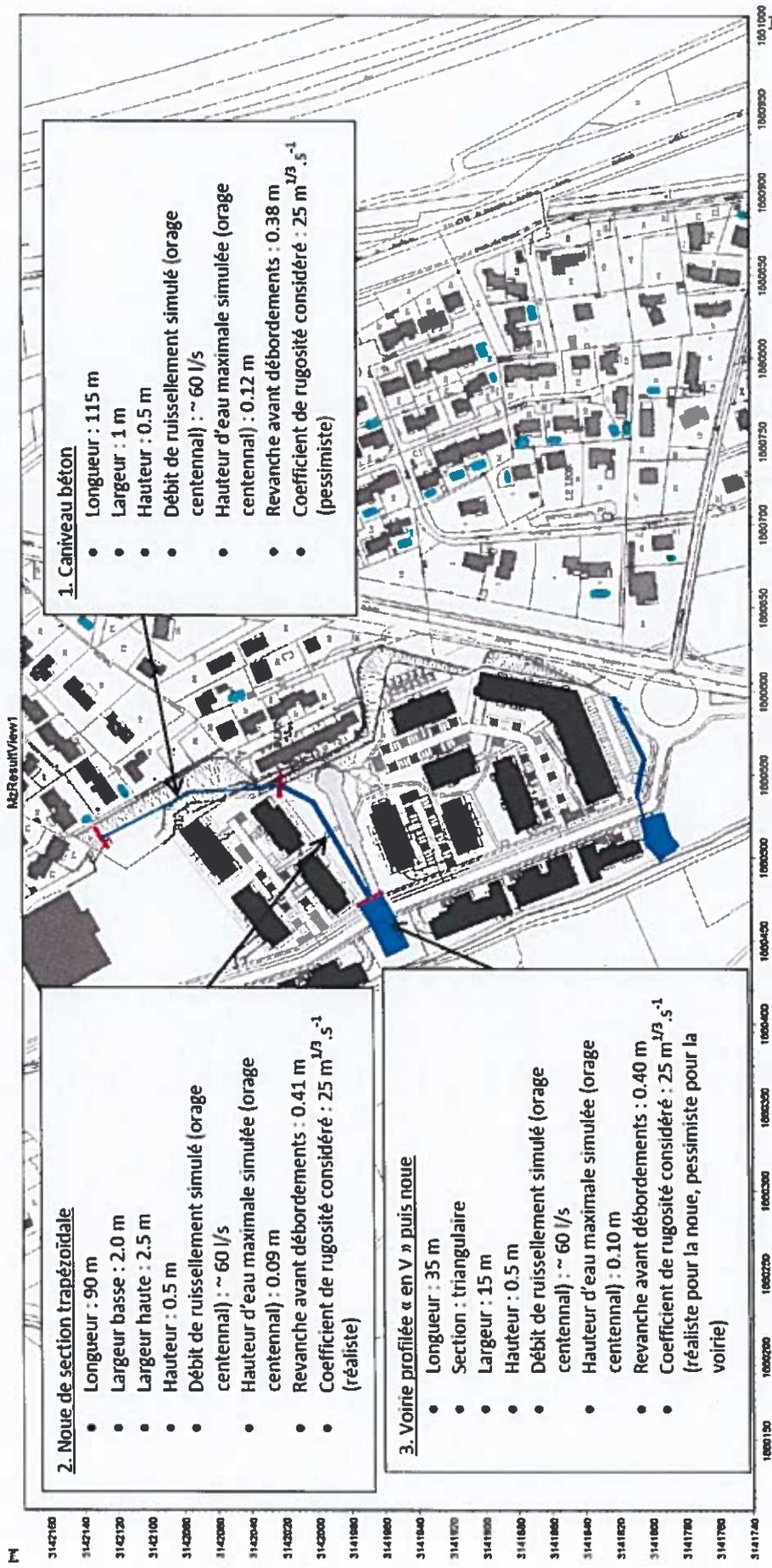


Figure 11 : Schéma de principe du réseau d'accompagnement des eaux de ruissellement pour un orage centennal – « fossé Nord »

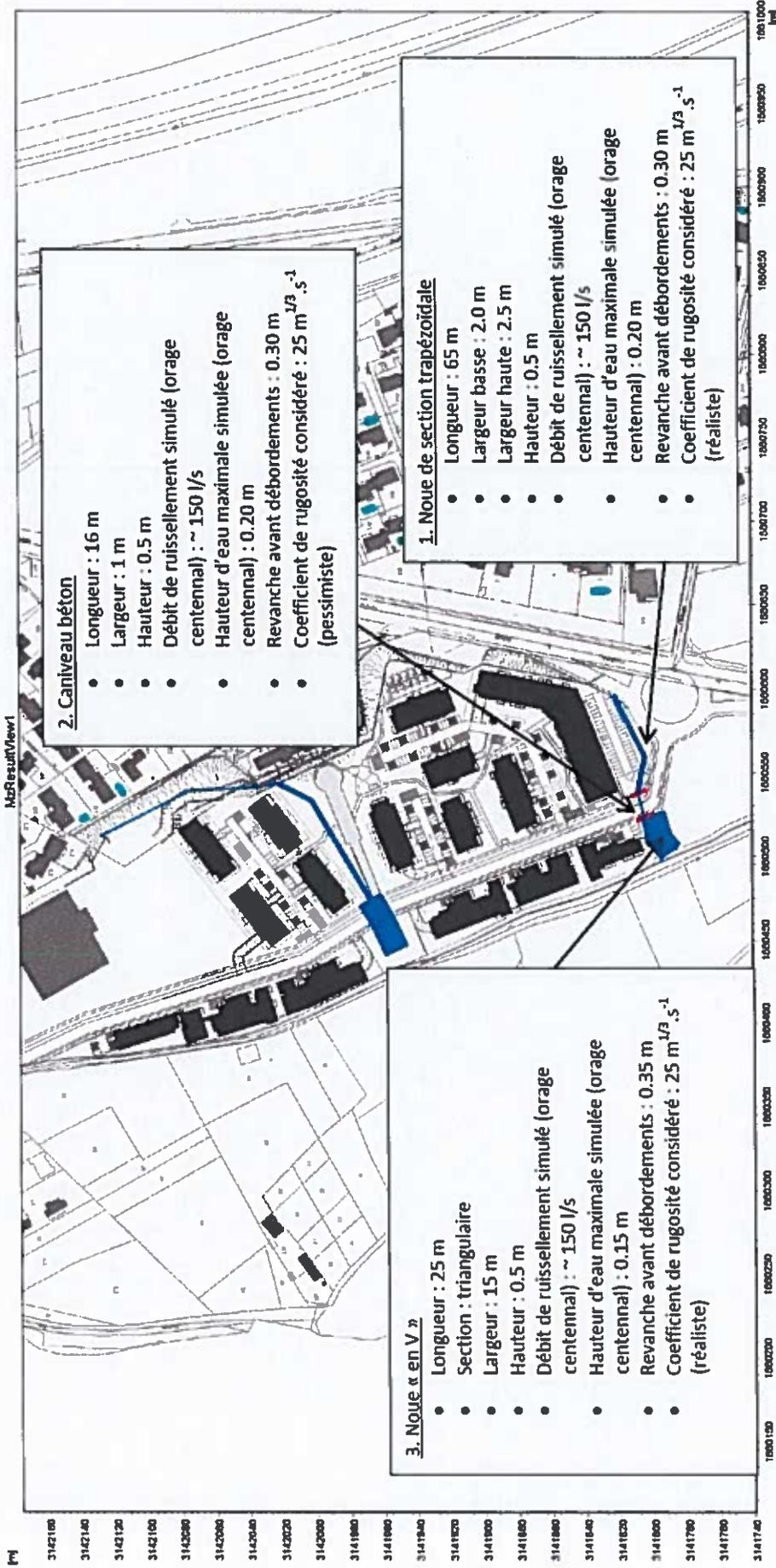


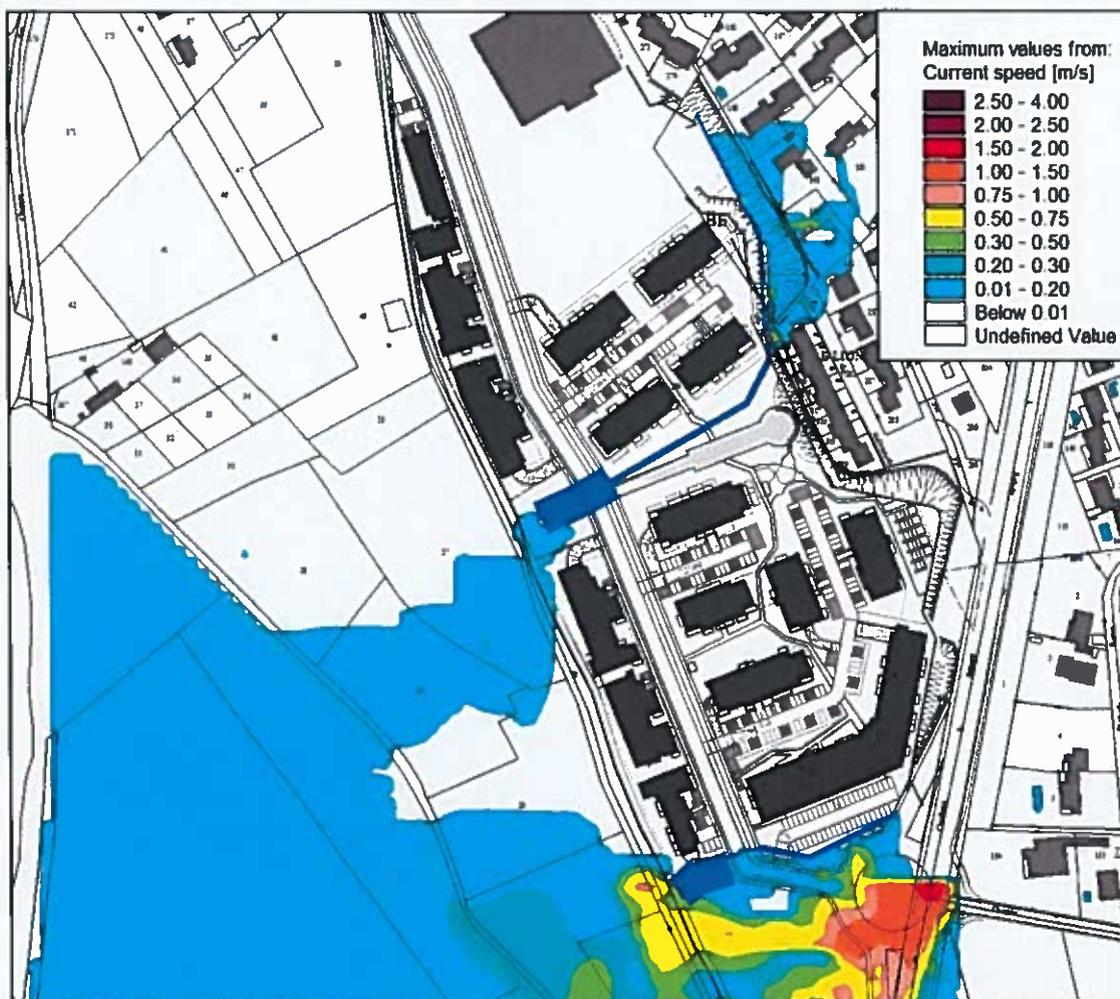
Figure 12 : Schéma de principe du réseau d'accompagnement des eaux de ruissellement pour un orage centennal – « fossé Sud »

### 3.3 RESULTATS DES SIMULATIONS EN SITUATION PROJETEE

Les résultats des simulations pour une pluie centennale en situation après aménagements sont présentés ci-après.



Figure 13 : Cartographie des hauteurs d'eau maximales en crue centennale (Etat projet)



**Figure 14 : Cartographie des vitesses maximales d'écoulement en crue centennale (Etat projet)**

Les profils en long de la ligne d'eau dans les deux fossés d'accompagnement des eaux pluviales sont présentés ci-après.

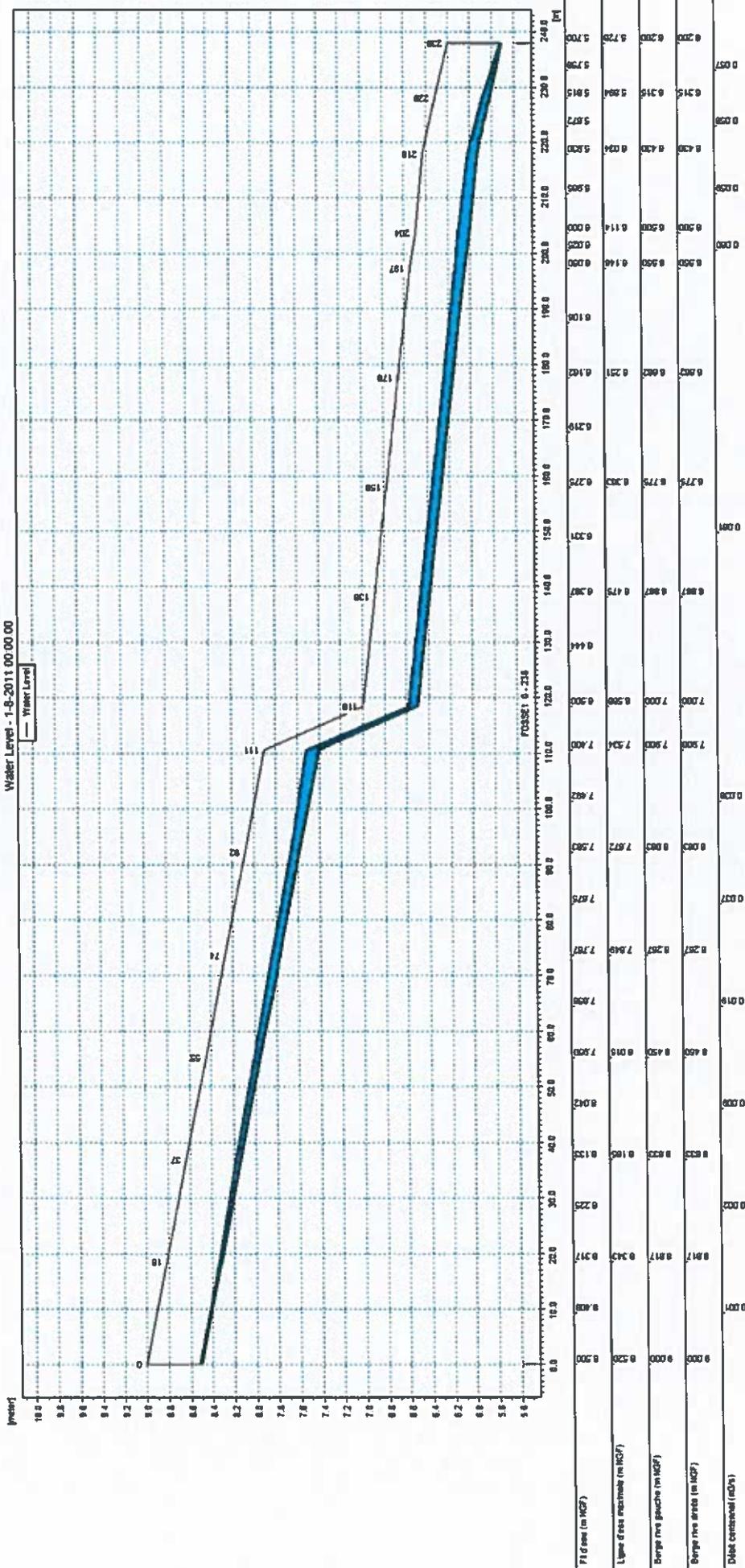


Figure 15 : Profil en long de la ligne d'eau en cas d'orage centennal (fossé « Nord »)



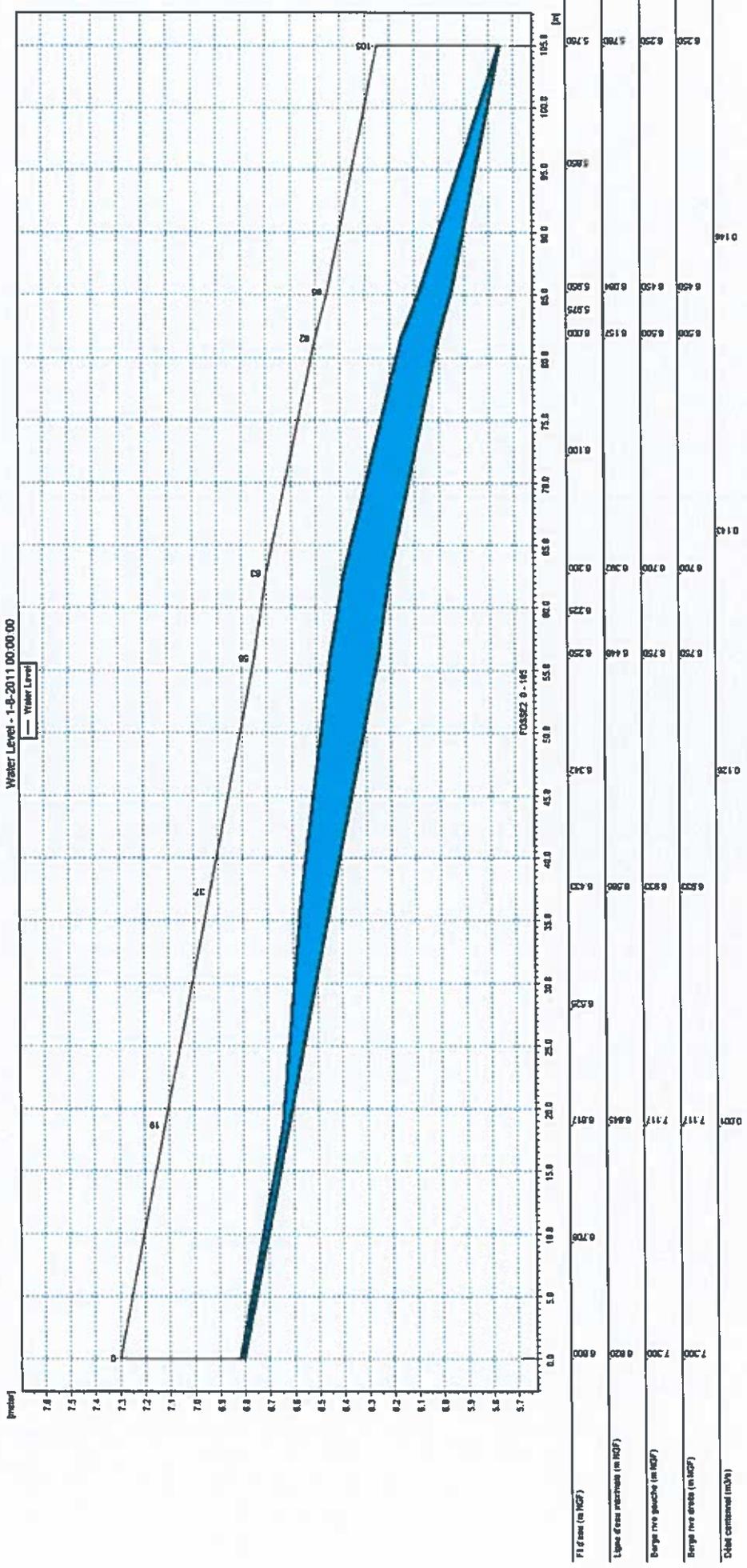
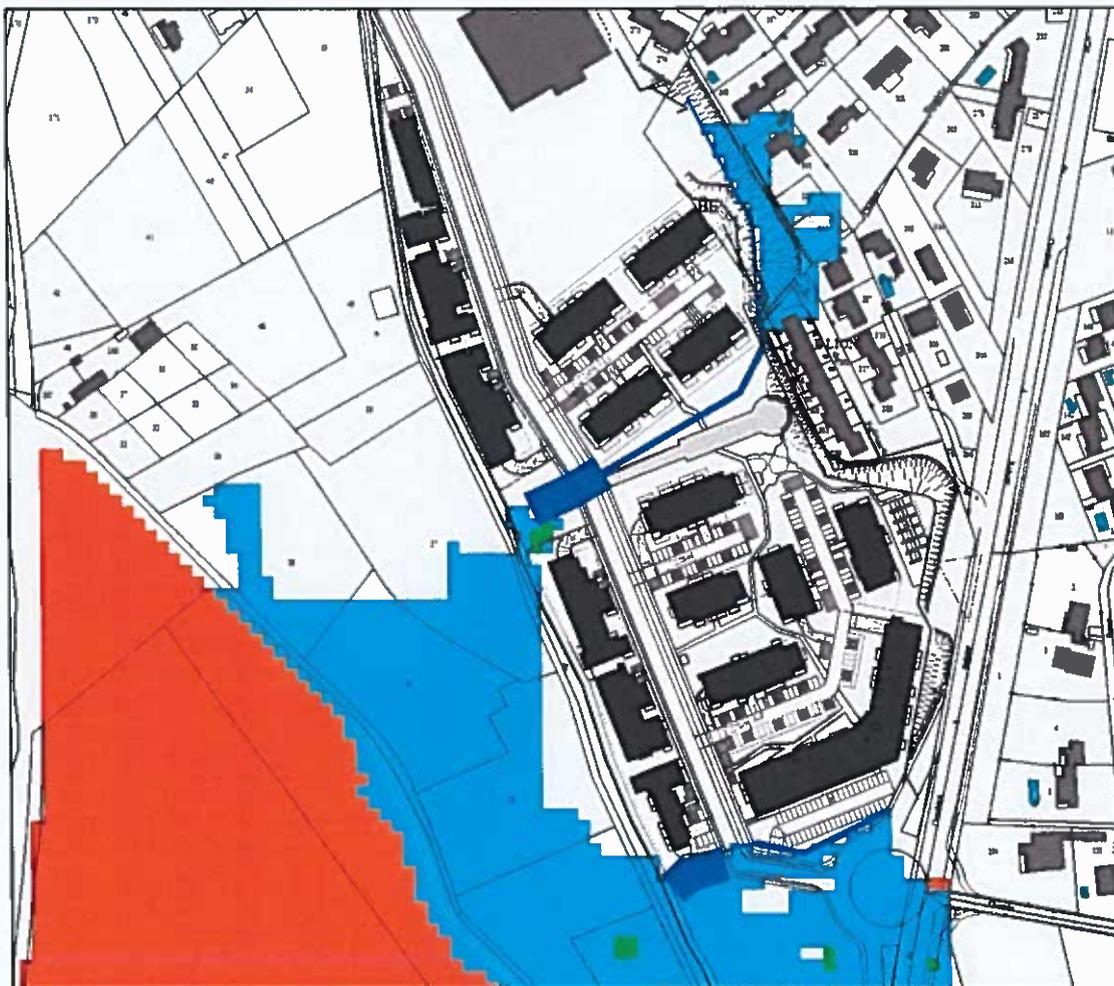


Figure 16 : Profil en long de la ligne d'eau en cas d'orage centennal (fossé « Sud »)



Sur la base des classes d'aléa définies en concertation avec la commune et la DDTM dans le cadre de l'étude globale, la cartographie de l'aléa inondation a été réalisée. Cette cartographie brute (croisement hauteur / vitesse en chaque maille du modèle) est présentée ci-dessous.



**Légende :**

-  : aléa fort ruissellement ( $H > 0.5\text{m}$  et/ou  $V > 1\text{m/s}$ )
-  : aléa modéré ruissellement ( $0.1\text{ m} < H < 0.5\text{ m}$  et  $V < 1\text{ m/s}$ )
-  : aléa résiduel ruissellement ( $H < 0.1\text{ m}$ )

**Figure 17 : Cartographie de l'aléa inondation en situation après aménagements**

## 4 ÉTUDE DE VARIANTES

### 4.1 MODIFICATIONS DES AMÉNAGEMENTS PAR RAPPORT A LA SOLUTION DE BASE

Les modifications des aménagements envisagés concernent la partie sud et le fossé sud de la zone du projet.

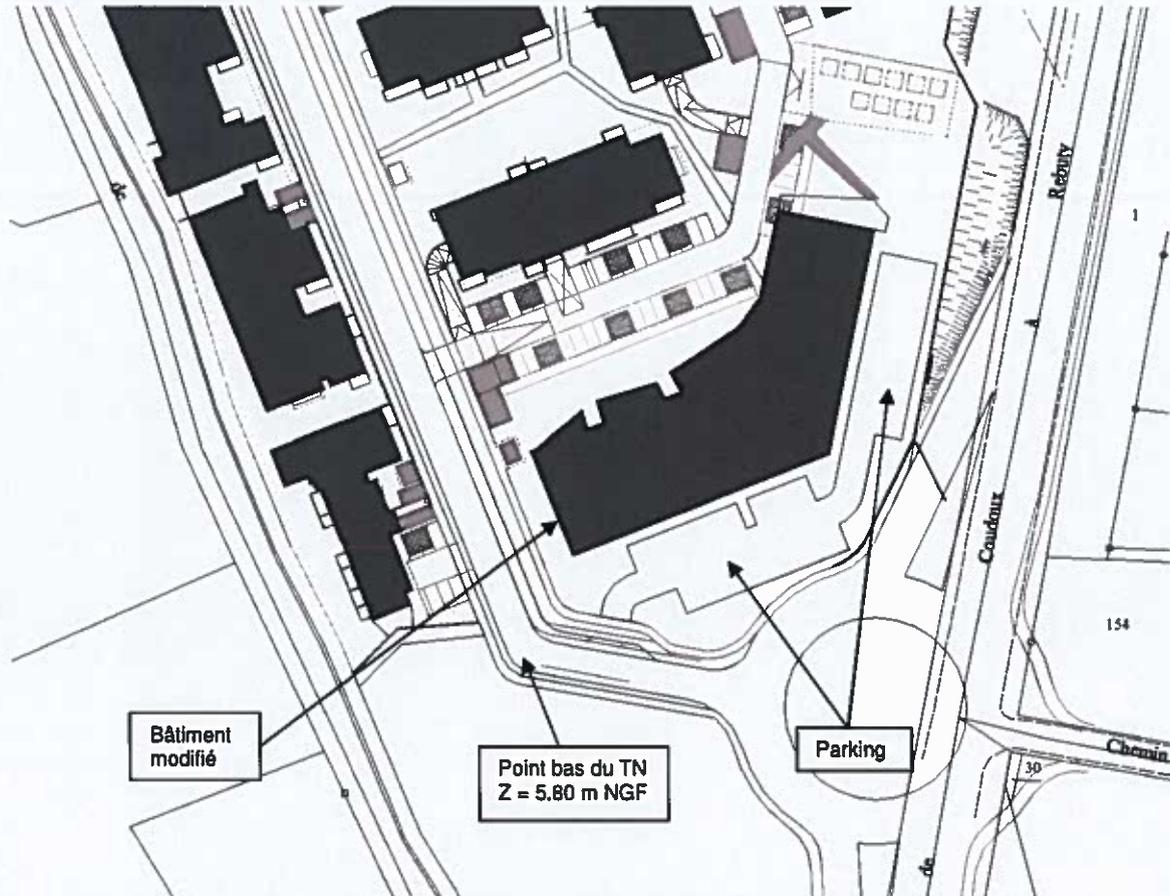


Figure 18 : Vue en plan des modifications du plan de masse

La bâtiment à l'extrémité sud-est du projet est légèrement modifié, tandis que le parking est abaissé et agrandi. Un point bas du TN est désormais créé à l'angle de la nouvelle voirie. Ce point bas pourrait ainsi permettre une évacuation des eaux de ruissellement.

## 4.2 METHODOLOGIE D'ANALYSE HYDRAULIQUE

Les aménagements présentés au paragraphe précédent ont été intégrés au modèle mathématique.

Le maillage de surface a été modifié afin d'intégrer :

- Le nouveau bâtiment projeté, renseigné dans le modèle en tant qu'obstacle infranchissable à l'écoulement,
- La nouvelle altimétrie projetée de la zone du projet, incluant les zones de stationnement, les voiries d'accès, les espaces verts et jardins, etc...

La méthodologie mise en place est la même que celle présentée en §3.2 Méthodologie d'analyse hydraulique en situation après aménagements. Les modèles de surface et de rugosité après intégration de la variante sont les suivants :

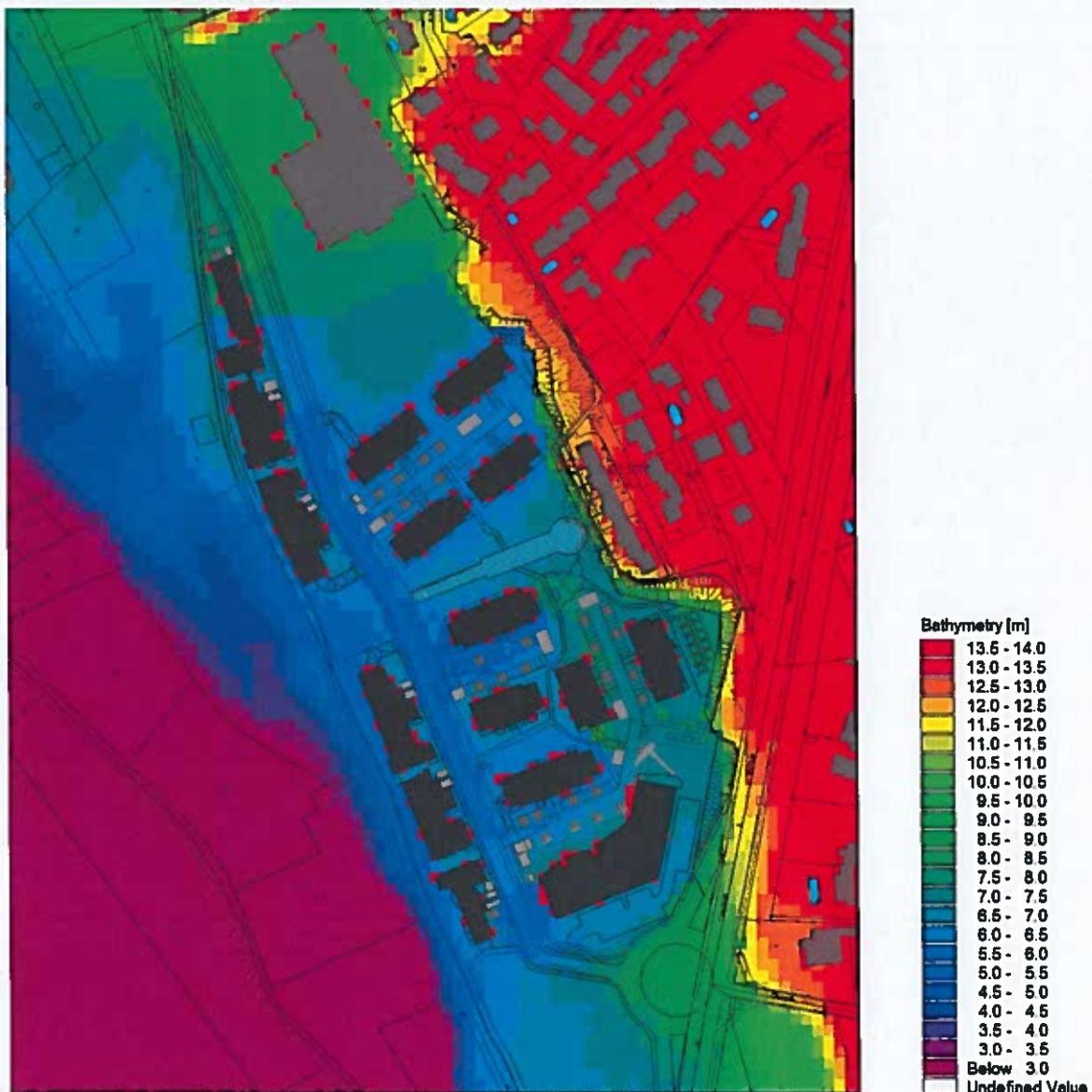


Figure 19 : Modèle topographique modifié en situation après aménagements



Figure 20 : Modèle de rugosité modifié en situation après aménagements

Le fossé d'accompagnement nord, situé dans une zone où la variante n'apporte aucun changement est conservé à l'identique.

Le fossé d'accompagnement sud est adapté de deux manières différentes, qui constituent les variantes n°1 et 2 présentées ci-après.

#### 4.2.1 PRESENTATION DE LA VARIANTE N°1

Le descriptif de la variante n°1 est donné ci-dessous :

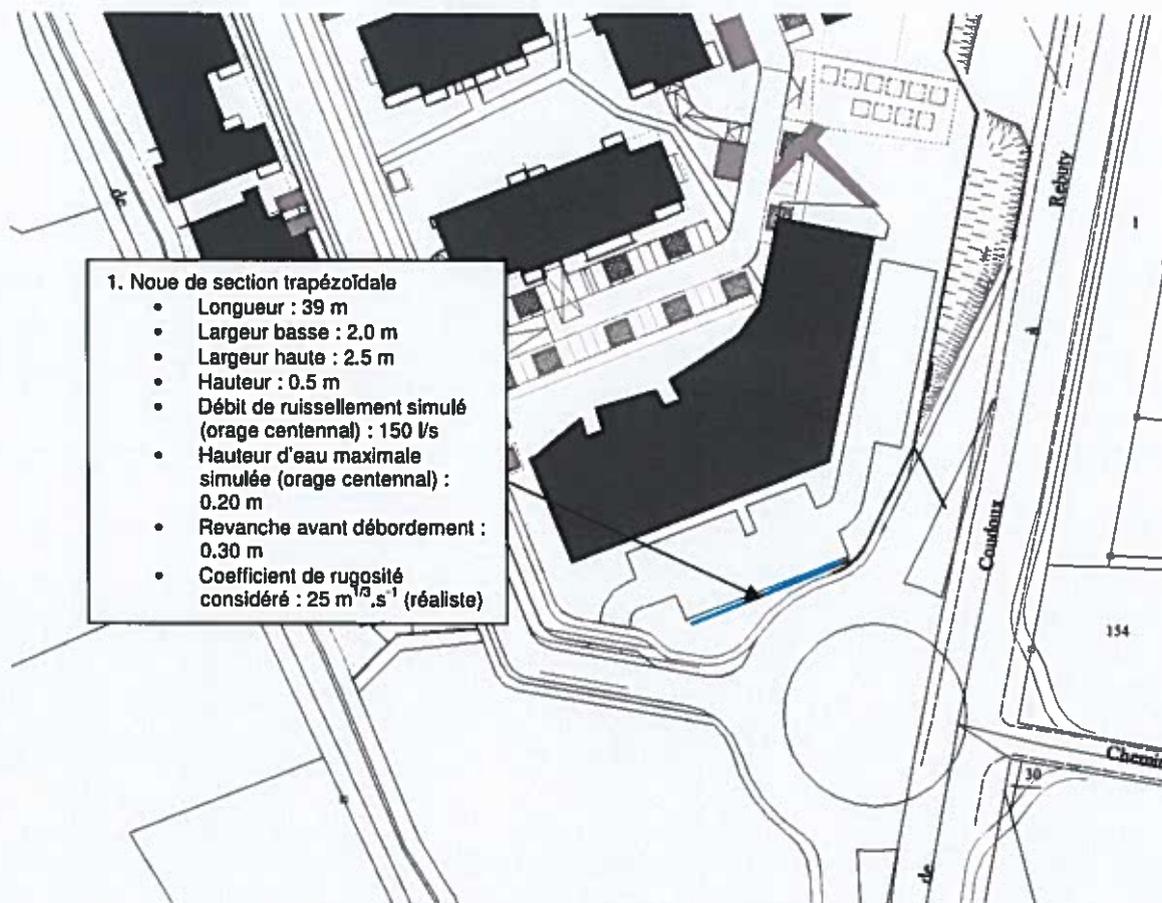


Figure 21 : Vue en plan de la variante 1

Dans la variante n°1, le fossé se rejette sur l'espace vert entre la zone de stationnement et la voirie.

## 4.2.2 PRESENTATION DE LA VARIANTE N°2

Le descriptif de la variante n°2 est donné ci-dessous :

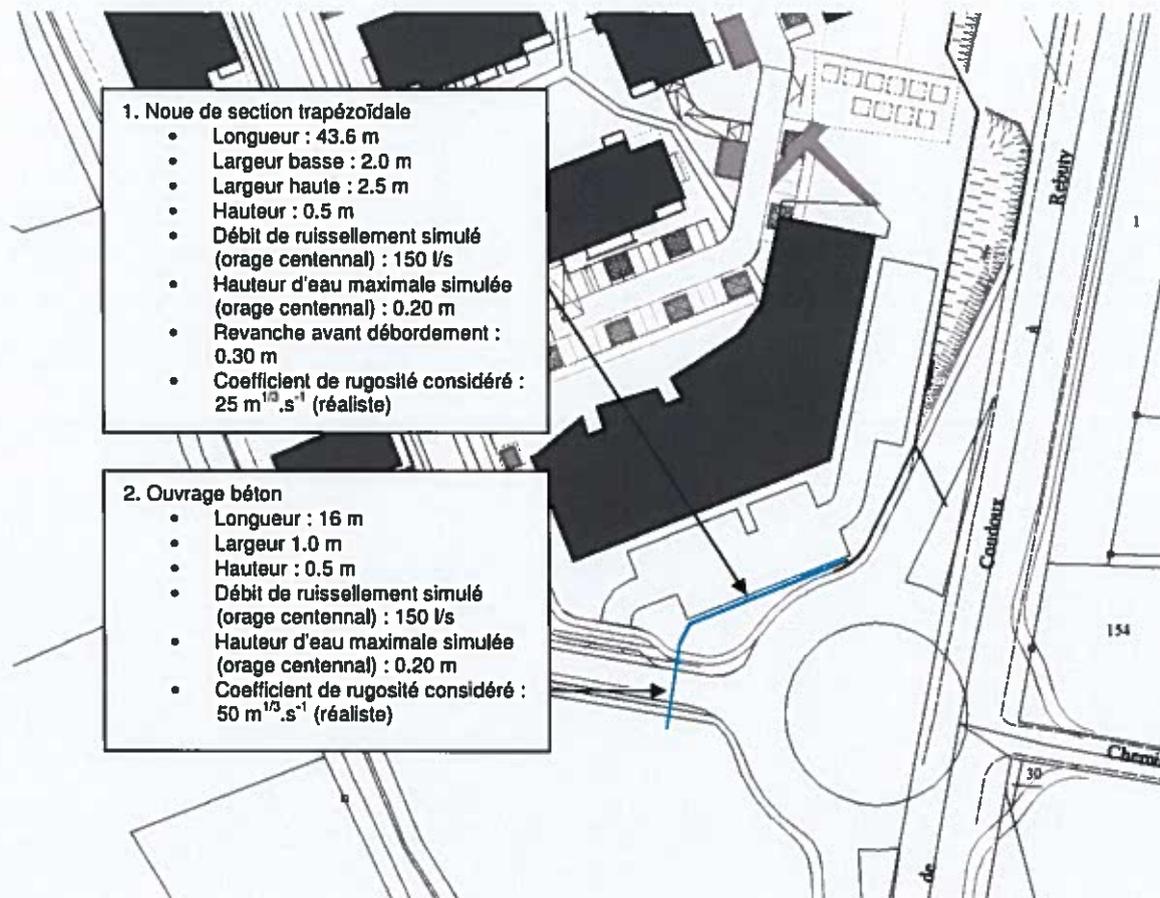


Figure 22 : Vue en plan de la variante 2

Dans la variante n°2, le fossé franchit la voirie au moyen d'un ouvrage en béton puis se rejette en pied de voirie, au sud de celle-ci.

## 4.3 RESULTATS DES SIMULATIONS POUR LES DEUX VARIANTES

### 4.3.1 VARIANTE N°1

Les résultats des simulations pour une pluie centennale en situation après aménagements de la variante 1 sont présentés ci-après.

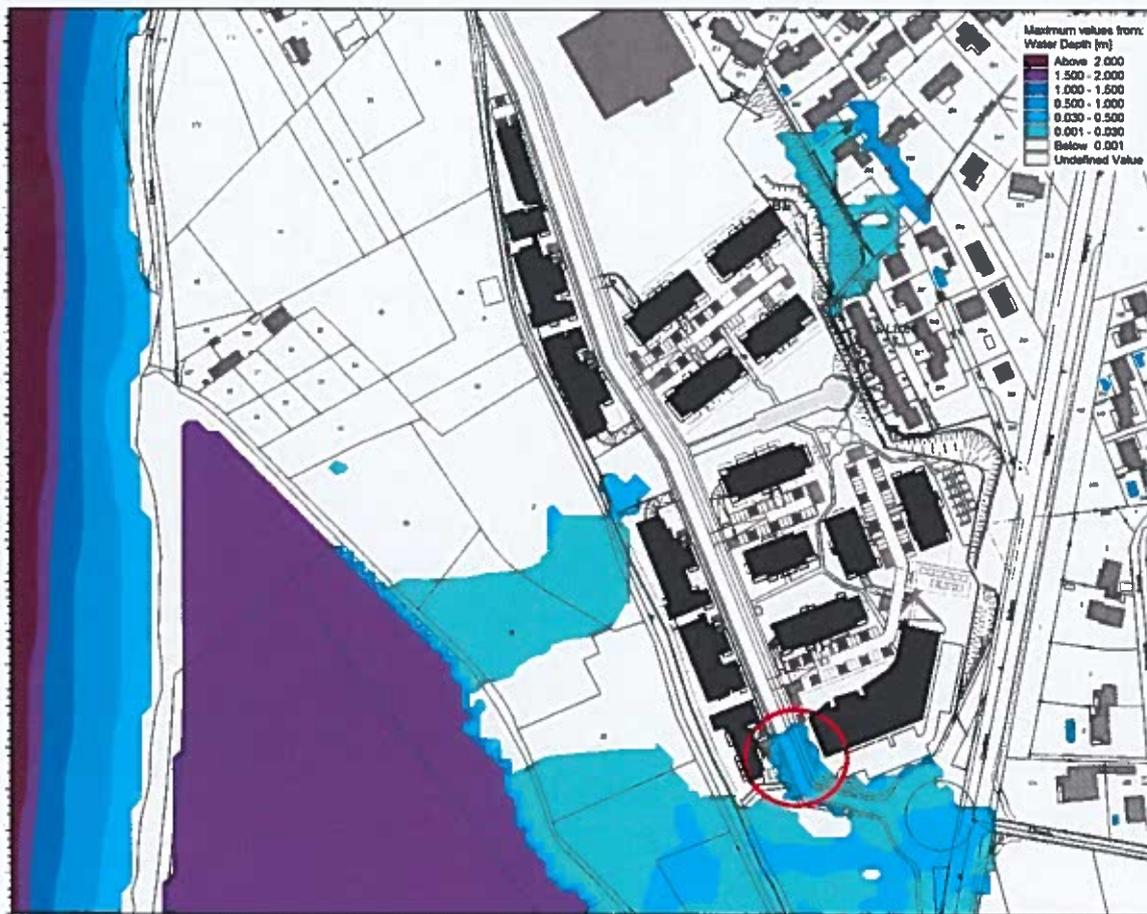


Figure 23 : Cartographie des hauteurs d'eau maximales en crue centennale (Etat projet – variante 1)

La cote maximale de la ligne d'eau (m NGF) atteinte au niveau du point bas de la voirie (cercle en rouge) est de 6.09 m NGF.

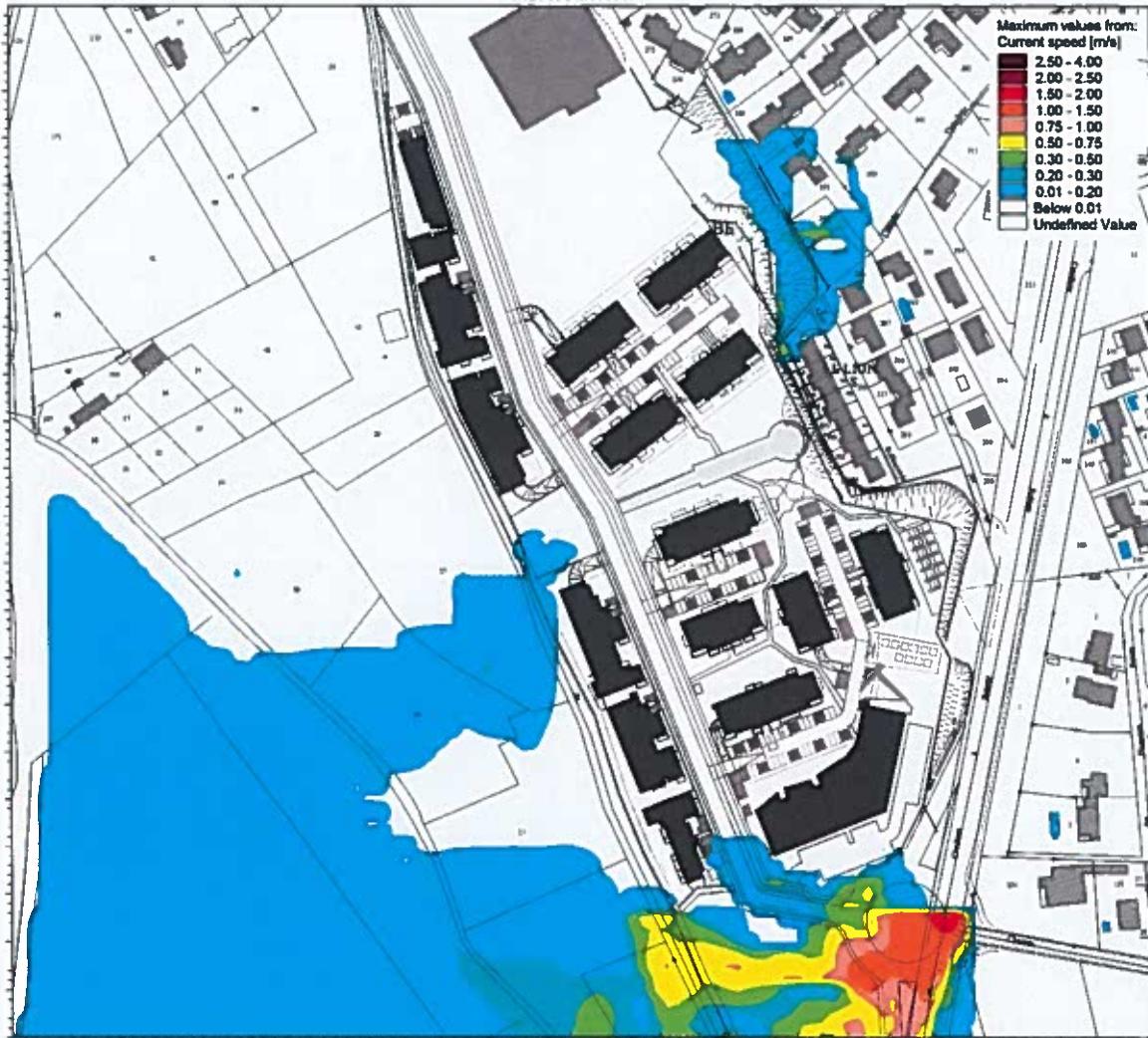


Figure 24 : Cartographie des vitesses maximales d'écoulement en crue centennale (Etat projet – variante 1)

Le profil en long de la ligne d'eau dans le fossé d'accompagnement sud des eaux pluviales est présenté ci-après.



Sur la base des classes d'aléa définies en concertation avec la commune et la DDTM dans le cadre de l'étude globale, la cartographie de l'aléa inondation a été réalisée. Cette cartographie brute (croisement hauteur / vitesse en chaque maille du modèle) est présentée ci-dessous.



**Légende :**

-  : aléa fort ruissellement ( $H > 0.5\text{m}$  et/ou  $V > 1\text{m/s}$ )
-  : aléa modéré ruissellement ( $0.1\text{ m} < H < 0.5\text{ m}$  et  $V < 1\text{ m/s}$ )
-  : aléa résiduel ruissellement ( $H < 0.1\text{ m}$ )

**Figure 26 : Cartographie de l'aléa inondation en situation après aménagements (variante 1)**

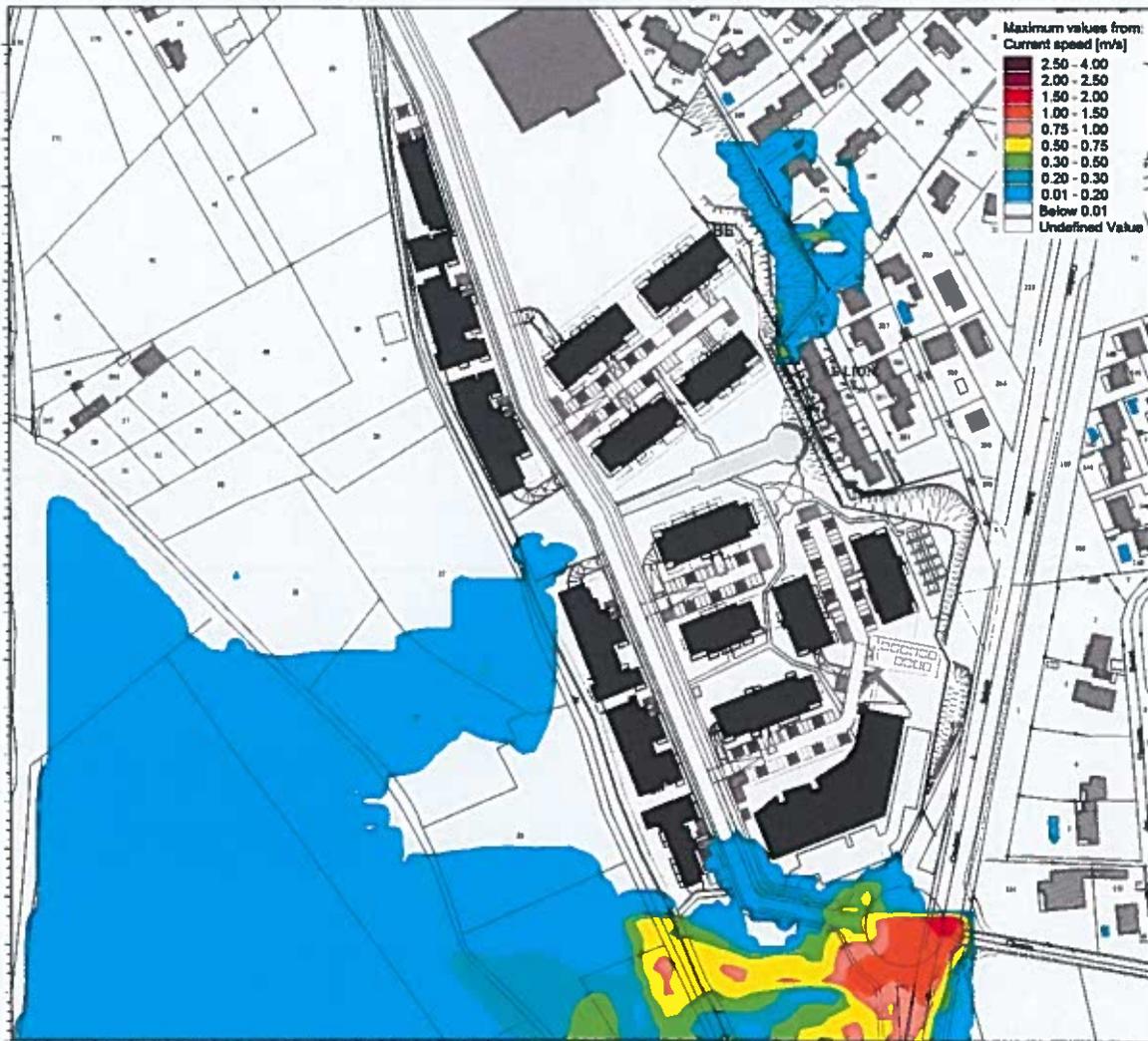
### 4.3.2 VARIANTE N°2

Les résultats des simulations pour une pluie centennale en situation après aménagements de la variante 2 sont présentés ci-après.



Figure 27 : Cartographie des hauteurs d'eau maximales en crue centennale (Etat projet – variante 2)

La cote maximale de la ligne d'eau (m NGF) atteinte au niveau du point bas de la voirie (cercle en rouge) est de 5.97 m NGF. Cet écart vis-à-vis de la variante n°1 est dû au fait que le fossé d'interception sud n'est plus rejeté sur l'espace vert, mais directement de l'autre côté de la voirie au moyen d'un ouvrage de franchissement (meilleure évacuation).



**Figure 28 : Cartographie des vitesses maximales d'écoulement en crue centennale (Etat projet – variante 2)**

Le profil en long de la ligne d'eau dans le fossé d'accompagnement sud des eaux pluviales est présenté ci-après.

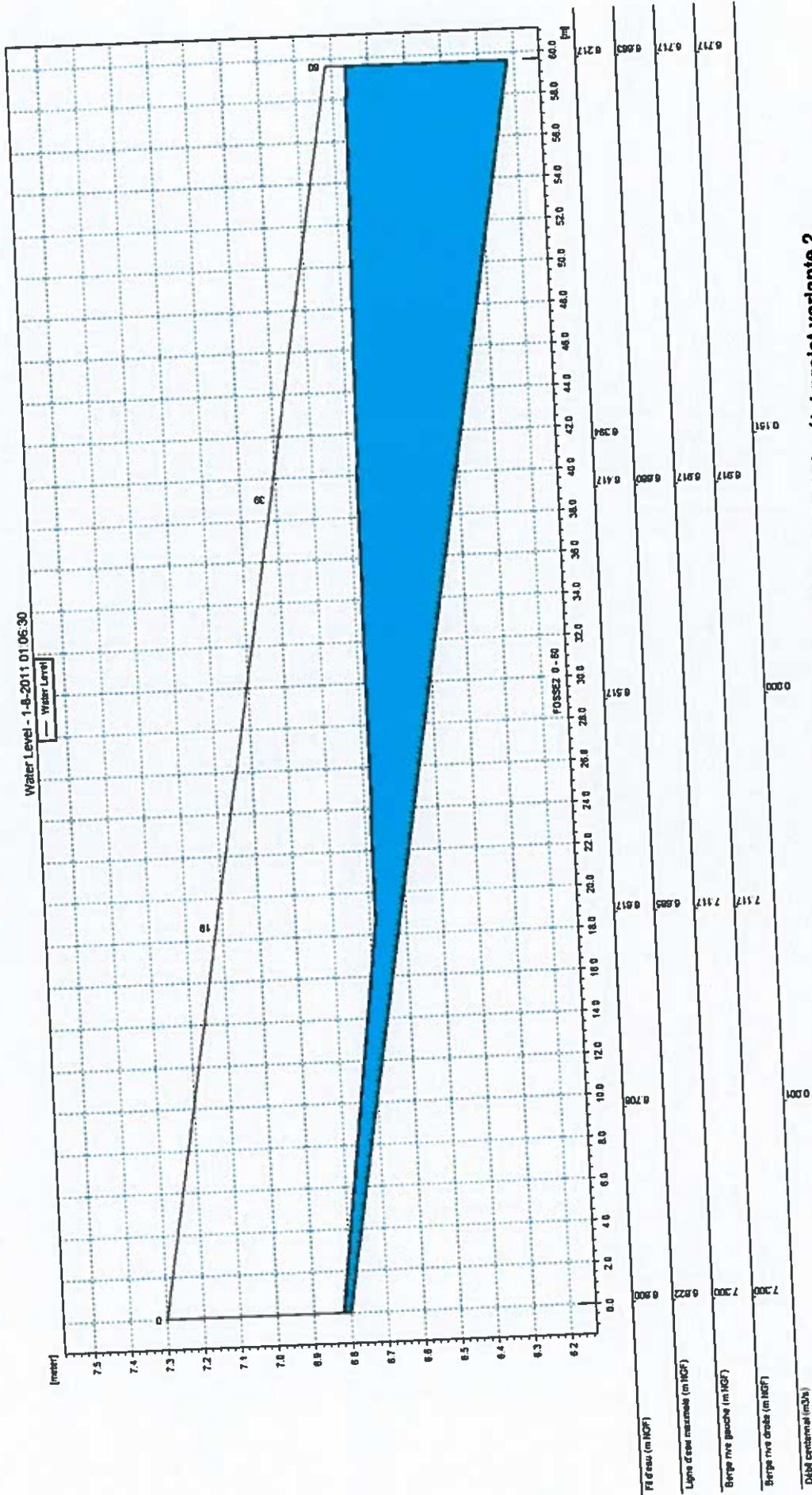


Figure 29 : Profil en long de la ligne d'eau en cas d'orage centennial (fossé « Sud ») – état projet variante 2

Sur la base des classes d'aléa définies en concertation avec la commune et la DDTM dans le cadre de l'étude globale, la cartographie de l'aléa inondation a été réalisée. Cette cartographie brute (croisement hauteur / vitesse en chaque maille du modèle) est présentée ci-dessous.



Légende :

-  : aléa fort ruissellement ( $H > 0.5\text{m}$  et/ou  $V > 1\text{m/s}$ )
-  : aléa modéré ruissellement ( $0.1\text{ m} < H < 0.5\text{ m}$  et  $V < 1\text{ m/s}$ )
-  : aléa résiduel ruissellement ( $H < 0.1\text{ m}$ )

**Figure 30 : Cartographie de l'aléa inondation en situation après aménagements (variante 2)**

## 5 CONCLUSION

---

La société R2M a en projet l'aménagement du néo-quartier du Lion, sur la commune de Vitrolles.

La présente étude hydraulique a permis de récapituler les conditions d'écoulement en cas d'orage centennal en situation actuelle (évènement de référence).

Au vu des éléments de diagnostic de la situation actuelle, des propositions de mesures d'accompagnement des ruissellements en situation future ont été formulées et leur efficacité a été vérifiée par le modèle hydraulique.

Il ressort de cette analyse que le projet, associé aux ouvrages de drainage proposés, n'est pas inondable en situation future. Du fait d'un débit ruissellement très faible, les lames d'eau en provenance des terrains amont peuvent être collectées par des ouvrages adaptés et être accompagnées vers l'aval du projet sans engendrer de débordements.

Afin de garantir l'efficacité et la pérennité de ces ouvrages, il sera nécessaire de les entretenir régulièrement (arase de la végétation, inspection visuelle fréquente, au moins une fois par an et après chaque gros orage).

Suite à une adaptation du plan de masse pour la partie la plus au sud de l'aménagement, les variantes 1 et 2 d'aménagement du fossé sud font ressortir deux résultats différents au niveau du point bas de la voirie. La cote NGF atteinte avec la variante 2 est 12 centimètres inférieure à celle atteinte avec la variante 1, et est donc préférable vis-à-vis du risque inondation par ruissellement (en particulier pour le calage du premier plancher du bâtiment situé à l'extrémité sud-ouest du projet).