

REVISION DU PLAN LOCAL D'URBANISME

6.6.2 - Risque ruissellement

Procédure	Prescription	Arrêt	Approbation
Révision n°1 du PLU	27/01/2021	30/09/2025	



Direction de l'Eau

GESTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES

**Prescriptions à l'attention des usagers et des
concepteurs**

Table des matières

1. PREAMBULE	3
2. DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES GENERALES.....	4
2.1. CODE CIVIL	4
2.1.1. Articles relatifs aux eaux pluviales	4
2.1.2. Jurisprudence associée.....	4
2.2. CODE DE L'ENVIRONNEMENT.....	5
2.3. ARTICLE R. 111-2 DU CODE DE L'URBANISME.....	5
2.4. NORME NF EN 752.....	6
3. REGLES RELATIVES AUX PROJETS IMPERMEABILISANT LE SOL	7
3.1. REGLES GENERALES	7
3.1.1. Préambule.....	7
3.1.2. Calcul de la surface totale du projet	7
3.1.3. Calcul de la surface imperméabilisée du projet	8
3.1.4. Dimensionnement des ouvrages de rétention	9
3.1.5. Collecte interne vers l'ouvrage de rétention	9
3.1.6. Règles en cas de rejet.....	9
3.2. CAS DES OPERATIONS INDIVIDUELLES.....	11
3.3. CAS DES LOTISSEMENTS, DES ZONES D'AMENAGEMENT ET DES DIVISIONS PARCELLAIRES	11
3.3.1. Cas des opérations jusqu'à 5 lots (5 lots inclus).....	11
3.3.2. Cas des opérations de plus de 5 lots	11
3.3.2.1. Calcul des surfaces imperméabilisées	12
3.3.2.2. Calcul du volume de rétention.....	12
3.3.2.3. Appréciation des débits avant et après aménagement	14
3.3.2.4. Règles en cas de rejet.....	14
3.4. CONCEPTION DES BASSINS DE RETENTION.....	15
3.5. DIMENSIONNEMENT ET CONCEPTION DES RESEAUX DE COLLECTE	15
3.5.1. Dimensionnement des réseaux de collecte	15
3.5.2. Conception des réseaux de collecte.....	16
3.5.3. Evacuation des eaux pluviales des lots au réseau collectif	17
3.6. CAS DES DEMOLITIONS/RECONSTRUCTIONS	17
3.6.1. Cas d'une démolition totale puis reconstruction.....	17
3.6.2. Cas d'une modification des surfaces imperméabilisées	17
4. MODALITES PRATIQUES	18
4.1. MODALITES DE RACCORDEMENT AU RESEAU PUBLIC.....	18
4.2. DOCUMENTS A FOURNIR DANS LE CADRE DE LA DEMANDE D'URBANISME	19
4.2.1. En matière d'assainissement pluvial et de compensation de l'imperméabilisation.....	19
4.2.2. En matière de nouveau branchement.....	19
4.3. CONTROLE DE CONFORMITE	20
4.4. ENTRETIEN DES DISPOSITIFS.....	20
4.5. TRANSFERT EVENTUEL DES OUVRAGES DANS LE PATRIMOINE DE NIMES METROPOLE	21
5. SYNTHESE.....	22

1. PREAMBULE

La Communauté d'Agglomération Nîmes Métropole exerce depuis le 8 février 2016 la compétence « **gestion des eaux pluviales urbaines** » sur les **zones urbaines et à urbaniser** (zones U et AU) définies par les documents d'urbanisme de chaque commune.

A ce titre, Nîmes Métropole a en charge **l'instruction des demandes d'urbanisme pour le volet pluvial** et émet des prescriptions concernant la gestion des eaux pluviales.

Ce guide a ainsi pour objectif de définir **les règles de gestion des eaux pluviales**, dans le cadre d'opérations d'urbanisme (permis de construire, déclaration préalable, permis d'aménager, ZAC, ZAD, ou autre) ou dans le cadre d'opération d'aménagements du territoire.

Néanmoins, si des prescriptions plus contraignantes apparaissent dans les documents opposables des communes tels que le Plan Local d'Urbanisme ou dans d'autres documents cadres types SDAGE, SAGE, contrat de rivière, etc., ce sont celles-ci qui seront applicables.

Pour tenir compte au mieux de la diversité des situations du territoire de Nîmes Métropole, l'instruction des dossiers sera adaptée à chaque opération pour rechercher les préconisations les mieux adaptées dans l'esprit des règles du présent règlement.

2. DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES GENERALES

2.1. Code civil

2.1.1. Articles relatifs aux eaux pluviales

Le Code civil institue des **servitudes de droit privé**, destinées à régler les problèmes d'écoulement des eaux pluviales entre terrains voisins :

- Article 640 : « *Les fonds inférieurs sont assujettis envers ceux qui sont plus élevés, à recevoir les eaux qui en découlent naturellement sans que la main de l'homme y ait contribué. Le propriétaire inférieur ne peut point élever de digue qui empêche cet écoulement. Le propriétaire supérieur ne peut rien faire qui aggrave la servitude du fonds inférieur.* »

Le propriétaire du terrain situé en contrebas ne peut s'opposer à recevoir les eaux pluviales provenant des fonds supérieurs, il est soumis à une servitude d'écoulement.

- Article 641 : « *Tout propriétaire a le droit d'user et de disposer des eaux pluviales qui tombent sur son fonds. Si l'usage de ces eaux ou la direction qui leur est donnée aggrave la servitude naturelle d'écoulement établie par l'article 640, une indemnité est due au propriétaire du fonds inférieur.* »

Un propriétaire peut disposer librement des eaux pluviales tombant sur son terrain à la condition de ne pas aggraver l'écoulement naturel des eaux pluviales s'écoulant vers les fonds inférieurs.

- Article 681 : « *Tout propriétaire doit établir des toits de manière que les eaux pluviales s'écoulent sur son terrain ou sur la voie publique ; il ne peut les faire verser sur le fonds de son voisin.* »

Cette servitude d'égout de toits interdit à tout propriétaire de faire s'écouler directement sur les terrains voisins les eaux de pluie tombées sur le toit de ses constructions.

2.1.2. Jurisprudence associée

Cour de cassation, le 6 mai 1976

Fait une exacte application des dispositions de l'article 640 du Code civil la Cour d'appel qui constate que par suite du remblayage effectué sur le fonds dominant le fonds inférieur se trouvait inondé et qu'ainsi les travaux effectués sur le fonds supérieur avaient entraîné une aggravation de la condition du fonds inférieur, et appréciant souverainement les modalités de la réparation des dommages résultant de l'aggravation de la servitude, ordonne au propriétaire du fonds supérieur de faire cesser le déversement des eaux provenant de son terrain sur celui du fonds inférieur.

Cour de cassation, le 29 septembre 2010

Il a été retenu par la cour de cassation que le propriétaire du fonds inférieur ne peut être contraint, afin de remédier à une aggravation de la servitude naturelle d'écoulement des eaux causée par le propriétaire du fonds supérieur, d'accepter la réalisation d'un ouvrage sur son propre fonds.

Cour d'appel d'Amiens, le 5 juin 2008

La cour rappelle que l'article 640 du Code civil n'interdit pas le propriétaire dont le terrain transmet les eaux au fond inférieur d'exploiter normalement son bien ou de l'aménager.

De plus, la Cour reconnaît la prescription trentenaire acquisitive d'une servitude d'écoulement des eaux et interdit l'obturation d'un fossé.

2.2. Code de l'environnement

L'article R.214-1 du Code de l'environnement cite toutes les opérations soumises à déclaration ou à autorisation. Parmi ces rubriques, celles qui peuvent avoir un lien avec la gestion des eaux pluviales sont les suivantes :

- 2.1.5.0 Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant :
 - Supérieure ou égale à 20 ha (Autorisation) ;
 - Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha (Déclaration).

La présente note concerne essentiellement ce volet de la gestion des eaux pluviales.

- 3.2.2.0. Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :
 - Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m² (Autorisation) ;
 - Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m² (Déclaration).

Au sens de la présente rubrique, le lit majeur du cours d'eau est la zone naturellement inondable par la plus forte crue connue ou par la crue centennale si celle-ci est supérieure. La surface soustraite est la surface soustraite à l'expansion des crues du fait de l'existence de l'installation ou ouvrage, y compris la surface occupée par l'installation, l'ouvrage ou le remblai dans le lit majeur.

- 3.2.3.0. Plans d'eau, permanents ou non :
 - Dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha (Autorisation) ;
 - Dont la superficie est supérieure à 0,1 ha mais inférieure à 3 ha (Déclaration).

Cette dernière rubrique concerne essentiellement la création, l'extension, la modification ou la remise en eau de plans d'eau.

- 3.2.5.0. Barrage de retenue et ouvrages assimilés relevant des critères de classement prévus par l'article R.214-112 (Autorisation)
- 3.2.6.0. Ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions :
 - Système d'endiguement au sens de l'article R. 562-13 (Autorisation) ;
 - Aménagement hydraulique au sens de l'article R. 562-18 (Autorisation).

2.3. Article R. 111-2 du Code de l'Urbanisme

Sur tout le territoire s'applique l'article R.111-2 du Code de l'Urbanisme qui stipule :

« Le projet peut être refusé ou n'être accepté que sous réserve de l'observation de prescriptions spéciales s'il est de nature à porter atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique du fait de sa situation, de ses caractéristiques, de son importance ou de son implantation à proximité d'autres installations ».

2.4. Norme NF EN 752

La norme NF EN 752, révisée en mars 2008, relative aux réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments (eaux usées et eaux pluviales), précise des principes de base pour le dimensionnement hydraulique, la conception, la construction, la réhabilitation, l'entretien et le fonctionnement des réseaux. Elle rappelle ainsi que le niveau de performance hydraulique du système relève de spécifications au niveau national ou local.

En France, en l'absence de réglementation nationale, les spécifications de protection relèvent d'une prérogative des autorités locales compétentes (collectivités locales, maître d'ouvrage, service en charge de la police de l'eau).

Cette norme propose néanmoins un certain nombre de valeurs guides pour les fréquences de calcul et de défaillance des réseaux. Ces valeurs sont modulées selon les enjeux socio-économiques associés. Elle rappelle également la nécessité d'évaluer les conséquences des défaillances.

Fréquence de mise en charge acceptable <i>Le système doit fonctionner sans mise en charge</i>	Lieu	Fréquence d'inondation acceptable <i>Fréquence à partir de laquelle les débordements des eaux collectées sont admis en surface (impossibilité de pénétrer dans le réseau)</i>
1 fois par an	Zones rurales	1 fois tous les 10 ans
1 fois tous les deux ans	Zones résidentielles	1 fois tous les 20 ans
1 fois tous les 2 ans 1 fois tous les 5 ans	Centre-villes/zones industrielles ou commerciales -si risque d'inondation vérifié -si risque d'inondation non vérifié	1 fois tous les 30 ans
1 fois tous les 10 ans	Passages souterrains routiers ou ferrés	1 fois tous les 50 ans

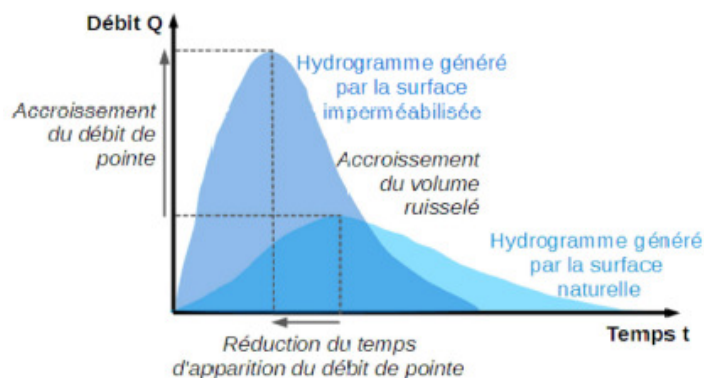
Cette norme propose uniquement des valeurs guides, il ne s'agit pas d'une norme obligatoire.

3. REGLES RELATIVES AUX PROJETS IMPERMEABILISANT LE SOL

3.1. Règles générales

3.1.1. Préambule

De façon générale, l'urbanisation, en créant de nouvelles surfaces imperméabilisées, augmente les débits ruisselés à l'aval :



Une politique de maîtrise des ruissellements est donc mise en œuvre par Nîmes Métropole afin de réduire les apports d'eau supplémentaires liés à l'urbanisation.

Ainsi, tout projet créant une surface imperméabilisée devra être accompagné de mesures visant à compenser l'imperméabilisation du sol et donc comporter un ouvrage de rétention pérenne.

3.1.2. Calcul de la surface totale du projet

Par définition, la surface à prendre en compte dans les calculs correspond à **la surface totale du projet augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet.**

Les schémas ci-dessous permettent d'illustrer cette définition :

<p>Aucun bassin versant intercepté : le projet est à l'amont du bassin versant</p>	<p>Bassin versant intercepté : le projet intercepte des eaux de ruissellement provenant d'un bassin versant situé en amont. Ces eaux sont ensuite dirigées vers le talweg, qui rejoint ensuite le cours d'eau qui possède son propre bassin versant dit « élémentaire ».</p>

En fonction du résultat du calcul, les cas suivants peuvent être rencontrés :

Milieu récepteur	Surface totale du projet > 1 ha	Surface totale du projet < 1 ha
Milieu superficiel (cours d'eau, fossé, etc.)	Dossier loi sur l'eau (déclaration ou autorisation) à déposer auprès de la DDTM 30 Récépissé de dépôt du dossier loi sur l'eau à annexer à la demande d'urbanisme Etude hydraulique à fournir au service instructeur de la demande d'urbanisme	Etude hydraulique à fournir au service instructeur de la demande d'urbanisme
Sol / sous-sol (infiltration)	Dossier loi sur l'eau (déclaration ou autorisation) à déposer auprès de la DDTM 30 Récépissé de dépôt du dossier loi sur l'eau à annexer à la demande d'urbanisme Etude hydraulique à fournir au service instructeur de la demande d'urbanisme	
Réseau pluvial (canalisation, caniveau, etc.)	Etude hydraulique à fournir au service instructeur de la demande d'urbanisme	

Remarque : la présente note ne s'applique pas aux projets qui dépendent de la rubrique 3.2.2.0. « Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau ».

3.1.3. Calcul de la surface imperméabilisée du projet

La surface imperméabilisée prise en compte dans le calcul de volume de rétention à mettre en œuvre correspond à la **somme de toutes les surfaces imperméabilisées du projet : toiture, terrasse, abri, garage, voie d'accès, parking, etc.**

Le **coefficient de ruissellement** pris en compte pour ces surfaces sera de **1** sauf pour les parkings en revêtement absorbant et les chaussées drainantes pour lesquels un **coefficient de 0,5** sera appliqué.

Les piscines devront être prises en compte dans le calcul des surfaces imperméabilisées pour le dimensionnement du bassin de rétention uniquement si elles sont couvertes.

Exemple de calcul de la surface imperméabilisée :

Type surface	Surface	Coefficient de ruissellement	Surface imperméabilisée à prendre en compte dans le calcul
Toiture	150 m ²	1	150 m ²
Terrasse	40 m ²	1	40 m ²
Abri jardin	20 m ²	1	20 m ²
Parking en revêtement absorbant	200 m ²	0,5	100 m ²
Piscine non couverte	40 m ²	0	0 m ²
Total			310 m²

3.1.4. Dimensionnement des ouvrages de rétention

Les règles de base appliquées seront fondées sur celles du guide technique de la DDTM 30 :

- **bassin de rétention de préférence à ciel ouvert dimensionné sur la base de 100 l/m² de surface imperméabilisée.** Ce ratio constitue un minimum qui pourra être revu à la hausse si la gestion des eaux pluviales locale l'exige.
- **en cas de rejet, débit de fuite régulé à 7 l/s/ha imperméabilisé.**
- **vidange de l'ouvrage en 48 h maximum afin de permettre de vider le volume utile du bassin : ainsi, en cas d'apparition de 2 épisodes pluvieux consécutifs, le bassin sera à nouveau vide.**

De façon générale, il conviendra de **privilégier l'infiltration au plus près de la source**, conformément aux préconisations du SDAGE Rhône Méditerranée 2016-2021 et retarder au maximum les écoulements vers le réseau public (suite à écoulements en surfaces, sur voiries...).

Il est à noter qu'un **double usage des ouvrages** de rétention (parking, aire de jeux, espaces verts, etc.) facilite leur acceptation et garantit leur pérennité.

Les cuves de récupération des eaux de pluie ne sont pas considérées comme des ouvrages de rétention des eaux pluviales.

3.1.5. Collecte interne vers l'ouvrage de rétention

Toutes les eaux pluviales ruisselant sur les nouvelles surfaces imperméabilisées du projet devront être collectées et dirigées vers l'ouvrage de rétention.

Aucun rejet généré par l'imperméabilisation de la parcelle ne devra être orienté directement vers le domaine public ou vers les propriétés riveraines.

La collecte des eaux pluviales jusqu'à l'ouvrage de rétention pourra être réalisée par les moyens suivants :

- cheminement gravitaire, si la topographie du terrain le permet,
- systèmes de noues ou fossés à ciel ouvert,
- réseau de canalisations enterrées, si les modes de collecte mentionnés ci-dessus ne peuvent pas être réalisés.

Remarque : la mise en place d'un poste privé de relevage des eaux pluviales est déconseillée.

3.1.6. Règles en cas de rejet

Pour rappel, quelle que soit la nature du projet, l'infiltration des eaux pluviales dans le sol est la solution à privilégier en priorité.

Il convient également de préciser que le gestionnaire du réseau n'a pas d'obligation de collecte des eaux pluviales issues des parcelles privées. De même, il n'existe pas d'obligation générale de raccordement des constructions existantes ou futures au réseau public d'eaux pluviales. Le demandeur doit envisager des solutions alternatives au raccordement au réseau public d'eaux pluviales avant de faire une demande auprès du service gestionnaire.

Pour les projets dont la surface imperméabilisée est supérieure ou égale à 500 m², une étude de sol devra être réalisée afin de s'assurer que l'infiltration est possible et que la vidange est réalisée en moins de 48 h. S'il est démontré que les terrains ne sont pas aptes à l'infiltration et/ou que la durée de vidange est trop longue, le raccordement au réseau pluvial pourra être envisagé sous réserve d'acceptation du gestionnaire du réseau en fonction des contraintes locales et sous conditions techniques à définir en fonction des caractéristiques de la zone d'étude.

En cas d'absence de réseau pluvial et si les études de sol démontrent que l'infiltration n'est pas envisageable, **le pétitionnaire devra apporter des solutions techniques pour la gestion des eaux pluviales** qui seront soumises à validation de la Direction de l'Eau de Nîmes Métropole.

Les possibilités d'infiltration dépendent de plusieurs facteurs à préciser par une étude de sol spécifique comprenant :

- la nature du sol : des tests de perméabilité sur l'emprise pressentie de l'ouvrage de rétention doivent être réalisés,
- les caractéristiques de la zone non saturée (épaisseur, perméabilité...), l'épaisseur minimale de la zone non saturée doit être de 1 m au-dessus du fond de l'ouvrage,
- les caractéristiques de la nappe (niveau des hautes eaux, vulnérabilité, usage...).

Le tableau ci-après présente les ordres de grandeur du coefficient de perméabilité K en fonction du type de sol et permet de visualiser pour quelles valeurs de perméabilité l'infiltration est possible (G. Castany) :

		<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"><div>Pas d'infiltration directe</div><div>Pérméabilité favorable à l'infiltration</div><div>Trop peu perméable</div></div>												
K	m/s	10 ⁻¹¹	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
	mm/h	36.10 ⁶	36.10 ²	36.10 ⁴	36.10 ³	36.10 ²	36.10 ¹	36	36.10 ⁻¹	36.10 ⁻²	36.10 ⁻³	36.10 ⁻⁴	36.10 ⁻⁵	36.10 ⁻⁶
Granulométrie	homogène	Gravier pur			Sable pur			Sable très fin			Silt		Argile	
	variée	Gravier gros et moyen	Gravier et sable			Sables et argiles-limons								
Types de formation		Perméables					Semi-perméables					Imperméables		

Pour assurer l'infiltration des eaux pluviales, la perméabilité du sol (K en m/s) doit être comprise entre 10^{-6} et 10^{-3} m/s.

3.2. Cas des opérations individuelles

Pour les opérations individuelles (construction individuelle, bâtiment collectif, etc.), les règles générales énoncées ci-avant et rappelées dans le tableau ci-dessous seront appliquées :

Volume de rétention à mettre en œuvre (V)	Débit de fuite (Qf) (si rejet au réseau, au caniveau ou au milieu naturel)	Rejet et temps de vidange
$V (m^3) = S_{imp} (m^2) \times 100 \text{ l/m}^2$	$Q_f (l/s) = S_{imp} (ha) \times 7 \text{ l/s}$	Infiltration des eaux pluviales dans le sol privilégiée Si $S_{imp} < 500 \text{ m}^2$: possibilité de raccordement au réseau pluvial si existant sous réserve d'acceptation et de conditions du gestionnaire Si $S_{imp} \geq 500 \text{ m}^2$: fournir une étude de sol permettant d'apprécier la capacité du sol à l'infiltration. En cas d'incapacité, le raccordement au réseau pluvial pourra être envisagé sous réserve d'acceptation et de conditions du gestionnaire

Remarque :

En cas d'impossibilité de création de bassin à ciel ouvert (cas d'une parcelle en centre urbain totalement imperméabilisée), il conviendra de privilégier **le stockage en toiture terrasse** (si les dispositions du règlement d'urbanisme de la commune le permettent).

Si nécessaire, le pétitionnaire aura la possibilité de prévoir un raccordement au caniveau existant (sous réserve d'autorisation du service voirie communal), ou le cas échéant, en écoulement en surface de voirie.

3.3. Cas des lotissements, des zones d'aménagement et des divisions parcellaires

3.3.1. Cas des opérations jusqu'à 5 lots (5 lots inclus)

En présence d'espaces communs pour un lotissement de 5 lots ou moins, un bassin de rétention spécifique pour ces espaces communs sera à créer. Il sera dimensionné sur la base de 100 l/m² imperméabilisé minimum. Toutes les eaux ruisselant sur ces surfaces devront être collectées et dirigées vers l'ouvrage de rétention.

La rétention des eaux pluviales des lots à bâtir pourra être réalisée à l'échelle de chaque lot ou bien être effectuée avec les espaces communs. Dans le cas où chaque lot devra prévoir son propre système de rétention, cette disposition devra être clairement mentionnée dans le règlement du permis d'aménager ou de la zone d'aménagement.

3.3.2. Cas des opérations de plus de 5 lots

En présence de voirie commune et/ou d'équipements communs et au-dessus de 5 lots, la rétention collective sera imposée, ce qui signifie que l'aménageur devra réaliser un bassin de rétention dimensionné en fonction de la surface imperméabilisée des espaces communs et des lots à bâtir, sur la base de 100 l/m² imperméabilisé minimum.

Une **étude hydraulique** approfondie du projet sera demandée. L'objectif d'une telle étude sera de s'assurer de la non aggravation de la situation hydraulique à l'aval

3.3.2.1. Calcul des surfaces imperméabilisées

Le calcul de la surface imperméabilisée de chaque lot à bâtir sera réalisé selon les hypothèses figurant dans le tableau suivant (tableau issu du guide technique de la DDTM 30) :

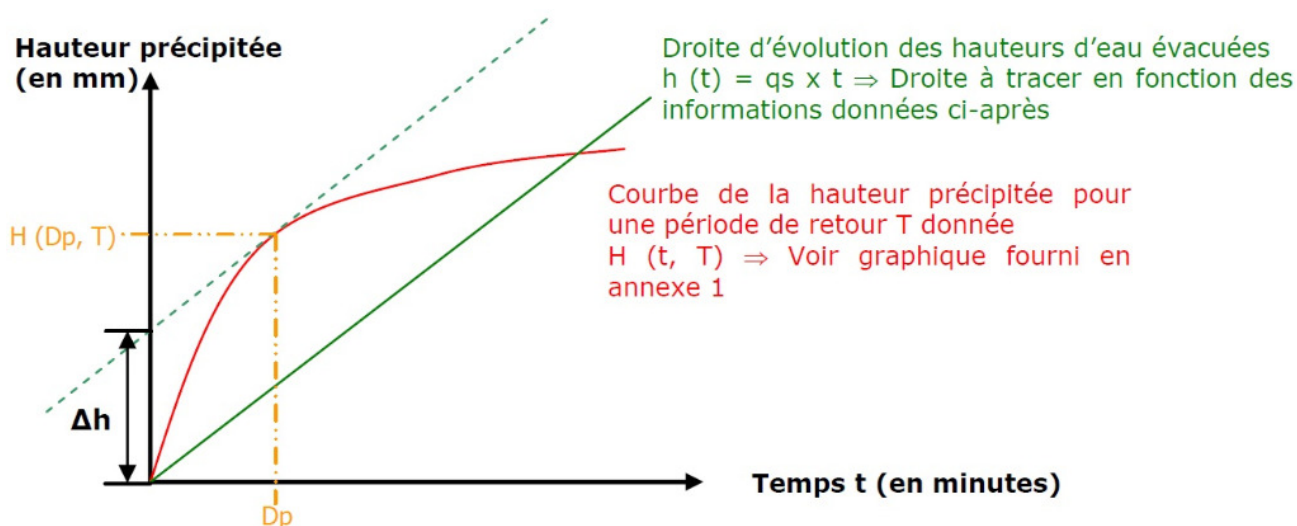
SUPERFICIE DU LOT (M ²)	SURFACE CONSIDÉRÉE COMME IMPERMÉABILISÉE (M ²)
Inférieure ou égale à 200 m ²	Surface TOTALE du lot
Entre 200 et 600 m ² inclus	Au moins égale à 50% de la surface du lot, 200 m ² minimum
Entre 600 et 1000 m ² inclus	Au moins égale à 40% de la surface du lot, 300 m ² minimum
Supérieure à 1000 m ²	Au moins égale à 30% de la surface du lot, 400 m ² minimum.

3.3.2.2. Calcul du volume de rétention

Le calcul du volume de rétention sera réalisé grâce à la **méthode des pluies** avec les hypothèses suivantes :

- une **pluie de période de retour 20 ans** dans les zones résidentielles,
- une **pluie de période de retour 30 ans** dans les centres-villes, les zones industrielles et commerciales.

Cette méthode consiste à calculer, en fonction du temps, la différence entre la lame d'eau précipitée sur le terrain et la lame d'eau évacuée par le ou les ouvrages de rejet.



Le calcul du volume de rétention par la méthode des pluies sera réalisé de la façon suivante :

1- Détermination de l'intensité (i) de pluie en fonction du temps (t) pour des durées de 0 à 24 heures

avec :

i, intensité (en mm/h),

t, temps (en min).

Le calcul de l'intensité de la pluie est réalisé à partir des données statistiques de la station météo la plus proche de la zone d'étude, à savoir Courbessac.

2- Détermination de la hauteur d'eau précipitée en fonction du temps

$$h_{\text{pluie}} = i \times t \times \frac{1}{60}$$

Avec :

h_{pluie} , hauteur d'eau précipitée, en mm

i, intensité, en mm/h

t, temps, en min

3- Détermination du coefficient d'apport global (Ca)

Le coefficient d'apport (Ca) mesure le rendement global de la pluie (fraction de la pluie qui parvient réellement à l'exutoire du bassin versant considéré).

Lorsque le bassin versant alimentant la retenue est très urbanisé, on pourra assimiler Ca au coefficient de ruissellement (Cr).

Le coefficient d'apport global est donné par la formule suivante, à partir des coefficients de ruissellement Cr_i et des surfaces d'apport S_i :

$$Ca_{\text{global}} = \frac{\sum Cr_{\text{imper}} \times S_{\text{imper}} + \sum Cr_{\text{non imper}} \times S_{\text{imper}}}{S_{\text{totale}}}$$

et

$$S_{\text{totale}} = \sum (S_{\text{imper}} + S_{\text{non imper}})$$

Lorsque la pluie tombe sur le sol, elle peut suivre différents cheminements :

- une partie peut s'infiltrer dans le sol,
- une partie peut être piégée dans des dépressions du sol et former des flaques,
- une partie ruisselle sur le sol et finit par rejoindre les réseaux d'assainissement ou le milieu naturel situé au point bas.

En fonction du type de sol sur lequel tombe la pluie, la répartition du volume d'eau entre les différents cheminements présentés ci-dessus peut être très différente. Ainsi, à chaque type de surface, il est possible d'affecter un coefficient de ruissellement Cr .

Le coefficient de ruissellement (Cr) est déterminé à partir des valeurs présentées précédemment.

4- Détermination de la hauteur d'eau évacuée par l'ouvrage de fuite en fonction du temps

$$h_{fuite} = \frac{(Q_{fuite} \times t)}{Sa} \times \frac{6}{1000}$$

$$\text{Où : } Sa = Cr \times S_{apport}$$

Avec :

h_{fuite} , hauteur d'eau évacuée, en mm

Q_{fuite} , débit de fuite, en l/s

t , temps, en min,

Sa , surface active de ruissellement du projet, en ha

S_{apport} , surface d'apport du projet (superficie du projet augmentée du bassin versant intercepté), en ha

Cr , coefficient d'apport global, sans unité

5- Détermination du volume d'eau à stocker

La hauteur d'eau à stocker est la valeur maximale de la différence ($h_{pluie} - h_{fuite}$).

Le volume d'eau à stocker est obtenu en multipliant cette valeur par la surface active du projet :

$$V = (h_{pluie} - h_{fuite}) \times Sa \times 10$$

Avec :

V , volume d'eau à stocker, en m³

h_{pluie} , hauteur d'eau précipitée, en mm

h_{fuite} , hauteur d'eau évacuée, en mm

Sa , surface active de ruissellement du projet, en ha

3.3.2.3. Appréciation des débits avant et après aménagement

L'étude hydraulique devra permettre d'apprécier les débits avant et après aménagement pour les pluies de période de retour 10 ans, 20 ans, 30 ans, 100 ans ainsi que sur la plus grosse crue connue. En fonction de la sensibilité de la zone d'étude, il pourra être demandé au pétitionnaire de ne pas aggraver la situation pour une pluie de période de retour donnée.

3.3.2.4. Règles en cas de rejet

Les règles à respecter en cas de rejet seront celles mentionnées au chapitre 3.1.6.

Quel que soit le débit de fuite calculé, le diamètre nominal de la canalisation entre le projet et l'exutoire naturel ne devra pas être inférieur à 200 mm. Dans le cas de bassins de rétention non étanches, l'orifice d'évacuation du débit de fuite sera positionné légèrement au-dessus de la cote de fond du système afin de favoriser l'infiltration.

Par ailleurs, pour limiter le risque de colmatage, l'ouvrage de régulation du débit de fuite devra être équipé d'un dispositif de protection (dégrillage amont) et **l'orifice de régulation ne devra pas être inférieur à 30 mm.**

Les ouvrages de rétention devront disposer d'une **surverse de sécurité adaptée**. Elle devra permettre de gérer les débordements des eaux pour une pluie supérieure à celle de dimensionnement sans altérer l'ouvrage de rétention jusqu'à une pluie de période de retour au moins 100 ans.

La surverse du système devra être calibrée pour permettre le transit du débit généré par le plus fort évènement pluvieux connu pour d'occurrence centennale si supérieur avec une revanche de 10 cm minimum. La hauteur d'eau au-dessus de la surverse ne doit pas dépasser 10 cm dans le cas de la présence d'une route ou d'un chemin à l'aval. Dans tous les cas, elle ne doit pas excéder 20 cm.

3.4. Conception des bassins de rétention

Si le pétitionnaire souhaite rétrocéder au domaine public les ouvrages de rétention de son opération, toutes les préconisations mentionnées ci-après devront être respectées.

Les bassins de rétention respecteront les préconisations suivantes :

- ils seront situés au point bas de la zone interceptée,
- ils seront à ciel ouvert,
- les ouvrages d'arrivées devront être conçus de façon à garantir la pérennité de l'ouvrage de rétention et à ne pas créer d'érosion des berges,
- ils devront comprendre un ouvrage de régulation du débit de fuite, réalisé dans les règles de l'art,
- en zone inondable, les bassins en remblais seront interdits,
- la pente des berges sera de 3/1 maximum. En cas de danger, l'ouvrage sera clôturé. La clôture sera implantée au minimum à 1 m des berges.

En zone inondable, la clôture devra être transparente aux écoulements.

Dans tous les cas de figure, des panneaux d'indication devront être mis en place afin de prévenir les usagers de la fonction de l'ouvrage par temps de pluie. Ils porteront à minima la mention : « *Zone susceptible d'être inondée par temps de pluie. Ne pas laisser les enfants sans surveillance.* »

- le fond du bassin sera laissé préférentiellement en pleine terre,
- en cas de présence de la nappe, le fond du bassin devra être au minimum à 1 m du toit de la nappe,
- l'ouvrage devra être accessible pour contrôle et entretien. A ce titre, une piste carrossable devra être prévue pour accéder au bassin. De la même façon, une rampe d'accès devra être mise en place à l'intérieur de l'ouvrage afin de pouvoir se rendre au fond du bassin.

Remarque : la mise en place d'essences végétales adaptées permet d'améliorer naturellement l'infiltration et la dépollution.

3.5. Dimensionnement et conception des réseaux de collecte

Si le pétitionnaire souhaite rétrocéder au domaine public les réseaux d'eaux pluviales de son opération, toutes les préconisations mentionnées ci-après devront être respectées.

3.5.1. Dimensionnement des réseaux de collecte

Les réseaux de collecte devront être dimensionnés pour :

- une **pluie de période de retour 20 ans** dans les zones résidentielles,
- une **pluie de période de retour 30 ans** dans les centres villes, les zones industrielles et commerciales.

Sur la Ville de Nîmes, par cohérence avec les aménagements du programme Cadereau, c'est la **pluie de période de retour 40 ans** qui devra être prise en compte.

Les autres hypothèses à prendre en compte pour le dimensionnement et la conception des réseaux de collecte sont mentionnées ci-après :

- Taux de remplissage maximum de 90 % des canalisations,
- Coefficient de Strickler :
 - 70 pour les canalisations en béton,
 - 90 pour les canalisations en PVC.

En fonction des aménagements, le service gestionnaire se réserve le droit de demander au pétitionnaire une modélisation des réseaux projetés.

3.5.2. Conception des réseaux de collecte

La conception des réseaux et ouvrages sera conforme aux prescriptions techniques applicables aux travaux publics, et aux réseaux d'assainissement.

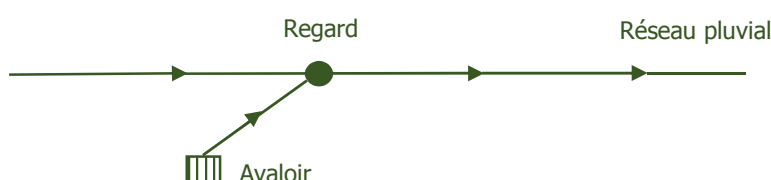
Les réseaux de collecte seront réalisés de préférence **en béton**. Aucun arbre ne sera planté à moins de 2 m des canalisations d'eaux pluviales.

Les prescriptions à appliquer pour les ouvrages constitutifs du réseau seront les suivantes :

- Ouvrages d'engouffrement :
 - Privilégier les grilles avaloirs concaves monoblocs à très grand engouffrement,
 - Les caniveaux grilles sont à proscrire autant que possible en raison des nuisances sonores qu'ils provoquent,
 - Les ouvrages devront être conformes à la réglementation relative aux personnes à mobilité réduite.
- Regards :
 - Les regards seront espacés de 40 m environ ou seront implantés à chaque changement de direction. Cette distance pourra être revue en fonction des contraintes locales.
 - Les regards seront soit circulaires de diamètre 800 mm, 1000 mm ou supérieur si nécessaire, soit carrés 800 x 800 mm, 1000 x 1000mm ou supérieur si besoin,
 - Les regards seront en béton, comprendront des joints d'étanchéité et ne seront pas munis d'échelons,
 - Les tampons seront articulés de fermeture, en fonte ductile 400 kN sur les voies circulées et en 250 kN sur les voies non circulées, ils comprendront un marquage « eaux pluviales » en toutes lettres dans la masse,
 - L'ouverture du tampon devra être réalisée dans le sens inverse du sens de circulation, c'est-à-dire que le roulage doit fermer le tampon s'il est ouvert.

Aucun poste de relevage des eaux pluviales ne sera accepté dans le domaine public.

La conception du réseau pluvial devra être conforme au schéma ci-dessous :



Le branchement de l'ouvrage d'engouffrement sur le réseau pluvial devra être réalisé en épi, dans le sens de l'écoulement, si possible en chute. Par ailleurs, le branchement de l'ouvrage d'engouffrement sera réalisé sur un regard, sauf contrainte technique avérée.

3.5.3. Evacuation des eaux pluviales des lots au réseau collectif

Les lots devront orienter les eaux pluviales ruisselant sur les parties imperméabilisées vers la voirie commune afin qu'elles soient ensuite orientées vers le ou les ouvrages collectifs.

Le gestionnaire de réseau se réserve le droit d'examiner les dispositions générales du raccordement, et de demander au propriétaire d'y apporter des modifications.

Dans tous les cas, le raccordement au réseau (réseau existant, fossé ou cadereau à ciel ouvert, cadereau enterré) ne doit pas perturber les écoulements dans les ouvrages existants ni les fragiliser ni en provoquer une usure prématurée.

3.6. Cas des démolitions/reconstructions

3.6.1. Cas d'une démolition totale puis reconstruction

En cas de démolition totale puis reconstruction à surface imperméabilisée égale, aucune rétention ne sera demandée au pétitionnaire. Néanmoins si la surface imperméabilisée après reconstruction est supérieure à la surface imperméabilisée avant démolition, les prescriptions du chapitre suivant s'appliqueront sur les surfaces nouvellement imperméabilisées.

3.6.2. Cas d'une modification des surfaces imperméabilisées

Ce chapitre concerne les extensions du bâti existant, les démolitions partielles du bâti existant avec reconstruction ou encore les annexes au bâti existant, **pour des surfaces nouvellement imperméabilisées supérieures à 40 m² d'emprise au sol.**

Les autres projets engendrant des surfaces nouvellement imperméabilisées inférieures ou égales à 40 m² ne sont pas concernés.

Le dimensionnement des ouvrages de compensation devra prendre en compte uniquement les nouvelles surfaces imperméabilisées créées.

Le service instructeur pourra émettre des prescriptions complémentaires si la gestion des eaux pluviales locale l'exige.

4. MODALITES PRATIQUES

4.1. Modalités de raccordement au réseau public

Le branchement devra comporter les équipements suivants :

- une caisse collectrice d'eaux pluviales ou un regard en limite de propriété,
- un regard intermédiaire de branchement éventuellement,
- un regard de visite de raccordement sur le collecteur existant,

Les raccordements directs sur les collecteurs (raccordements borgnes), sur les grilles ou avaloirs sont interdits.

- Caisse collectrice d'eaux pluviales ou regard de branchement en limite de propriété ou en pied de façade

Dans tous les cas, le pétitionnaire devra réaliser un regard de branchement sur le domaine public contre sa limite de propriété. Il s'agit du regard permettant de faire la démarcation entre le domaine public et le domaine privé.

Le regard sera en béton avec un fond incorporé, d'une dimension compatible avec les canalisations qui le traversent et pourvu d'un tampon fonte comportant éventuellement une échancrure pour le passage de la chute dans le cas d'un regard en pied de façade. Ses dimensions ne seront en aucun cas inférieures à 30 cm x 30 cm.

Dans tous les cas, les dispositifs de rétention seront disposés en amont du regard de branchement. Ainsi ces regards seront dimensionnés pour transiter sans débordement les débits de fuite des ouvrages de rétention.

- Regard de visite (raccordement au réseau enterré)

Les branchements borgnes sont proscrits. Le dispositif de raccordement sur la canalisation publique existante, comportera un regard de visite, coulé sur place, dénué d'échelons, en béton, de dimensions intérieures Ø 1000 mm étanche.

Le tampon devra être d'un modèle agréé par le service gestionnaire : en fonte hydraulique classe D400 sous voirie et de classe C250 sous voies non circulées, articulé, estampillé « Eaux Pluviales », circulaire avec verrouillage ou non en fonction de sa situation géographique.

Le raccordement sur un regard existant sera privilégié.

Si le raccordement est réalisé dans un regard existant, les travaux seront réalisés selon les prescriptions du service gestionnaire.

Notamment, le percement sera réalisé prioritairement par carottage, la canalisation sera affleurante ou ne dépassera pas le nu intérieur du regard de plus de 5 cm, l'espace entre la canalisation et le béton du regard sera soigneusement jointé au mortier ou au béton tant sur le nu extérieur que sur le nu intérieur du regard. La cunette sera ragrée si nécessaire.

Dans tous les cas, le raccordement d'une canalisation sur un regard sera réalisé en chute.

- Regard intermédiaire de branchement

Il ne sera créé que lorsque les caractéristiques du réseau l'exigent (linéaire de raccordement important, pente faible, changement de direction important, ...).

Ses caractéristiques techniques sont identiques à celles du regard de visite.

4.2. Documents à fournir dans le cadre de la demande d'urbanisme

4.2.1. En matière d'assainissement pluvial et de compensation de l'imperméabilisation

Pour tout projet, les documents suivants devront être fournis avec la demande d'urbanisme :

- Un plan de masse avec topographie du terrain naturel et projeté (sous réserve des besoins de l'opération)
- Une notice hydraulique détaillant à minima :
 - o Le calcul de toutes les surfaces imperméabilisées du projet avec un plan permettant de localiser l'ensemble de ces surfaces,
 - o Le calcul du volume de rétention à mettre en œuvre,
- Une vue en plan de l'ouvrage de rétention,
- Une vue en coupe de l'ouvrage de rétention, faisant apparaître les côtes du terrain naturel,
- Le schéma de collecte des eaux pluviales vers l'ouvrage de rétention : ce schéma devra permettre de visualiser le cheminement des eaux qui ruissellent sur toutes les nouvelles surfaces imperméabilisées jusqu'à l'ouvrage de rétention.
- En cas de rejet vers le réseau pluvial, vers un fossé ou un caniveau :
 - o Le calcul du débit de fuite,
 - o Le schéma de l'ouvrage de régulation du débit de fuite,
 - o Le lieu précis du rejet (à localiser sur un plan),
 - o La demande de raccordement au réseau public, le cas échéant.

Pour les opérations de plus de 10 lots, l'étude hydraulique sera à fournir dans la demande d'urbanisme.

En cas de projet soumis à déclaration ou autorisation au titre de l'article R.214-1 du Code de l'environnement, la demande d'urbanisme devra préciser que le projet est concerné par cette procédure, en application du Décret 2016-355 du 25 mars 2016 relatif à l'articulation des procédures d'autorisation d'urbanisme avec diverses procédures relevant du Code de l'environnement.

En cas de dossier loi sur l'eau, l'instruction de la demande sera menée parallèlement à l'instruction du dossier par les services de l'Etat.

4.2.2. En matière de nouveau branchement

Tout nouveau branchement sur le domaine public communal doit faire l'objet d'une demande auprès du gestionnaire de réseau. Cette demande implique l'acceptation des dispositions du présent règlement.

La direction de l'eau se réserve le droit d'accepter un nouveau branchement, selon les contraintes locales du réseau public existant.

Le diamètre du branchement sera à inférieur ou égal au diamètre du réseau public existant présent sur le domaine public.

Après instruction, une autorisation de branchement pourra être délivrée au pétitionnaire par le gestionnaire des réseaux. Elle est établie en 2 exemplaires, un pour le gestionnaire de réseau, un pour le propriétaire.

Les travaux pourront être engagés après validation du dossier d'exécution.

4.3. Contrôle de conformité

Lors de l'enquête de conformité des réseaux et installations intérieures de la construction, le contrôle porte notamment sur les éléments suivants :

- le volume de la rétention,
- la nature du régulateur,
- l'existence du trop-plein ou dispositif équivalent,
- l'existence de dispositions pour l'entretien des ouvrages et des équipements annexes s'ils ont été prescrits.

Le demandeur doit alors fournir un plan de récolement de son installation.

Le service gestionnaire se réserve le droit de réaliser des visites de contrôle des ouvrages de rétention afin de vérifier leur bon état de fonctionnement et leur entretien.

En ce qui concerne les aménagements d'ensemble, le propriétaire doit tenir à disposition le carnet d'entretien, et, complémentaiement ou à défaut, les justificatifs d'entretien

4.4. Entretien des dispositifs

L'entretien des ouvrages de rétention permet la pérennité du système en conservant leur volume de stockage initial. Il comprendra un entretien à la fois préventif (ramassage régulier des flottants, entretien des talus, enlèvement des végétaux indésirables, nettoyage des ouvrages de régulation) et curatif (élimination de la vase et des déchets par curage, ...).

L'entretien préventif devra être réalisé à minima une fois par an.

4.5. Transfert éventuel des ouvrages dans le patrimoine de Nîmes Métropole

Lorsqu'un aménageur souhaite procéder à la demande des transferts des ouvrages d'eaux pluviales, il doit respecter la procédure administrative et technique qui suit.

Au démarrage des travaux de pose du réseau pluvial, l'aménageur fournira 3 semaines avant la date de pose des réseaux à transférer :

- dossier d'agrément des fournitures des réseaux,
- plans d'exécution.

Les travaux de pose du réseau pluvial ne pourront débuter qu'à partir du moment où Nîmes Métropole aura validé ces éléments.

Un seul et unique interlocuteur de la Direction de l'eau de Nîmes Métropole sera désigné au démarrage de la mission par le Maître d'ouvrage afin d'éviter les multiples contacts.

Nîmes Métropole devra être convié de façon anticipée à la réunion de démarrage de l'opération.

Nîmes Métropole effectuera des visites inopinées afin de contrôler la pose des réseaux.

Un courrier de demande de rétrocession sera envoyé par l'aménageur avec le dossier complet mentionné ci-dessous et demandant une visite de pré-réception sur site. Les éléments seront transmis à minima 3 semaines avant la date souhaitée de visite.

Les installations susceptibles d'être intégrées au domaine public devront satisfaire aux exigences suivantes :

- être conforme aux préconisations techniques énoncées aux chapitres précédents,
- revêtir une notion d'intérêt général : collecteur susceptible de desservir d'autres propriétés, collecteur sur domaine privé recevant des eaux provenant du domaine public.
- être en bon état général et visitable : un diagnostic général préalable des ouvrages (bassins et réseaux) devra être réalisé. Pour se faire, les éléments suivants seront demandés :
 - plan de récolement au format informatique DWG et shape référencé en RGF 93, reprenant toutes les cotes tampons et Fe au droit de chaque élément du réseau, les diamètres et les matériaux des canalisations, la nature des ouvrages mis en place et leur triangulation, tableau des coordonnées,
 - un dossier des ouvrages exécutés (avec fiches techniques des ouvrages posés et conditions de leur entretien),
 - un descriptif détaillé du fonctionnement des dispositifs de rétention et en particulier du régulateur, du trop-plein et le cas échéant, des équipements de dépollution ;
 - un compte rendu détaillé d'inspection caméra de l'ensemble des réseaux avec :
 - un rapport certifié COFRAQ pour l'essai de compactage et réalisé par un organisme indépendant,
 - un rapport certifié COFRAQ pour l'inspection télévisée des réseaux et branchements et réalisé par un organisme indépendant.
 - une visite de réception sur site, en présence de Nîmes Métropole avec convocation.

Le cas échéant, ce diagnostic préalable permettra au gestionnaire de réseau de se prononcer sur le minimum des travaux à exécuter avant intégration au domaine public. Ces travaux seront à la charge du demandeur.
- accès aux ouvrages : l'emprise foncière des ouvrages (bassins et réseaux) devra être suffisante pour permettre l'accès et l'entretien par camion hydrocureur (piste carrossable, prévoir un demi-tour possible, ...) les travaux de réparation ou de remplacement du collecteur. L'emprise foncière devra être régularisée par un acte notarié.

Le gestionnaire de réseau se réserve le droit d'accepter ou de refuser l'intégration d'ouvrages pluviaux (bassins et réseaux) privés au domaine public, et de demander leur mise en conformité.

5. SYNTHÈSE

Ce guide a pour objectif de définir **les règles de gestion des eaux pluviales**, dans le cadre d'opérations d'urbanisme (permis de construire, déclaration préalable, permis d'aménager, ZAC, ZAD, ou autre) ou dans le cadre d'opération d'aménagements du territoire.

GESTION DES EAUX PLUVIALES URBAINES

PRESCRIPTIONS A L'ATTENTION DES USAGERS ET DES CONCEPTEURS

Synthèse des principales prescriptions applicables

Cas des opérations individuelles : habitat individuel et habitat groupé	Rétention de l'ensemble des surfaces imperméabilisées du projet : toiture, terrasse, abri, garage, voie d'accès, parking, etc.	Rétention à dimensionner sur la base de 100 l/m² imperméabilisé	Infiltration in-situ à privilégier	Surface imperméabilisée < 500 m² => Possibilité de raccordement au réseau sous réserve de la validation du gestionnaire du réseau Surface imperméabilisée ≥ 500 m² => Possibilité de raccordement au réseau sous réserve de la validation du gestionnaire du réseau si une étude de sol montre que l'infiltration n'est pas envisageable
--	---	---	---	--

Cas des lotissements, des zones d'aménagements et des divisions parcellaires de moins de 5 lots (5 lots inclus)	Rétention pour espaces communs uniquement (voirie, parking, etc.) + rétention à la parcelle des lots individuels ou Rétention pour espaces communs + lots individuels Surface imperméabilisée des lots à calculer sur la base du guide de la DDTM 30	Rétention à dimensionner sur la base de 100 l/m² imperméabilisé	Infiltration in-situ à privilégier	Surface imperméabilisée < 500 m² => Possibilité de raccordement au réseau sous réserve de la validation du gestionnaire du réseau Surface imperméabilisée ≥ 500 m² => Possibilité de raccordement au réseau sous réserve de la validation du gestionnaire du réseau si une étude de sol montre que l'infiltration n'est pas envisageable
--	---	---	---	--

Cas des lotissements, des zones d'aménagements et des divisions de plus de 5 lots	Rétention pour espaces communs + lots individuels Surface imperméabilisée des lots à calculer sur la base du guide de la DDTM 30	Etude hydraulique à fournir au dossier Rétention à dimensionner par la méthode des pluies Appréciation des débits de pointe ruisselés avant/après aménagement	Infiltration in-situ à privilégier	Surface imperméabilisée < 500 m² => Possibilité de raccordement au réseau sous réserve de la validation du gestionnaire du réseau Surface imperméabilisée ≥ 500 m² => Possibilité de raccordement au réseau sous réserve de la validation du gestionnaire du réseau si une étude de sol montre que l'infiltration n'est pas envisageable
--	--	--	---	--

Cas des démolitions / reconstructions	Démolition totale puis reconstruction à surface imperméabilisée égale : aucune rétention demandée Si surface imperméabilisée supérieure : application des principes ci-dessous Extension ou annexe engendrant une augmentation des surfaces imperméabilisées : - Si surface imperméabilisée créée ≤ 40 m² : aucune rétention demandée - Si surface imperméabilisée créée > 40 m² : rétention à dimensionner sur la base de 100 l/m² imperméabilisé	Infiltration in-situ à privilégier	Raccordement possible sous conditions
--	--	---	--

Documents à fournir dans le cadre de la demande d'urbanisme :

- Un plan de masse avec topographie du terrain naturel et projeté (sous réserve des besoins de l'opération)
- Une notice hydraulique détaillant à minima :
 - Le calcul de toutes les surfaces imperméabilisées du projet avec un plan permettant de localiser l'ensemble de ces surfaces,
 - Le calcul du volume de rétention à mettre en œuvre,
- Une vue en plan de l'ouvrage de rétention,
- Une vue en coupe de l'ouvrage de rétention, faisant apparaître les côtes du terrain naturel,
- Le schéma de collecte des eaux pluviales vers l'ouvrage de rétention : ce schéma devra permettre de visualiser le cheminement des eaux qui ruissellent sur toutes les nouvelles surfaces imperméabilisées jusqu'à l'ouvrage de rétention.
- En cas de rejet vers le réseau pluvial, vers un fossé ou un caniveau :
 - Le calcul du débit de fuite,
 - Le schéma de l'ouvrage de régulation du débit de fuite,
 - Le lieu précis du rejet (à localiser sur un plan),
 - La demande de raccordement au réseau public, le cas échéant.

Le gestionnaire du réseau d'eaux pluviales n'a pas obligation de collecte des eaux pluviales issues des parcelles privées. De même, il n'existe pas d'obligation de raccordement des constructions existantes ou futures au réseau public d'eaux pluviales.

Le service instructeur se réserve le droit d'adapter les préconisations mentionnées ci-dessus au contexte particulier de l'opération.




ZONAGE DES RUISSELLEMENTS

Etude hydraulique

LE PROJET

Client	Mairie de Manduel
Projet	Zonage des ruissellements
Intitulé du rapport	Etude hydraulique

LES AUTEURS

	<p>Cereg Ingénierie - 399 rue Georges Séguy – 34080 MONTPELLIER Tel : 04.67.41.69.80 - Fax : 04.67.41.69.81 - montpellier@cereg.com www.cereg.com</p>
--	--

Réf. Cereg - 2023-CI-000154

Id	Date	Etabli par	Vérifié par	Description des modifications / Evolutions
V1	Décembre 2024	Yann BARBOT	Fabien CHRISTIN	Version initiale
V2	Août 2025	Yann BARBOT	Fabien CHRISTIN	Intégration des remarques de la DDTM30

Certification



TABLE DES MATIERES

A. ETAT DES LIEUX	7
A.I. CONTEXTE GENERAL	8
A.I.1. Situation géographique.....	8
A.I.2. Réseau hydrographique	9
A.I.3. Risque inondation	10
A.I.3.1. Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRI)	10
A.I.3.2. Zonage EXZECO	11
A.II. ETUDES ANTERIEURES	12
A.II.1. Recherche des études antérieures.....	12
A.II.2. Etudes hydrauliques du PLU existant	12
A.III. OBJECTIFS DE L'ETUDE	14
A.III.1. Emprise de la modélisation hydraulique.....	14
A.III.2. Présentation des zones à fort enjeu	15
B. ETUDE HYDROLOGIQUE.....	16
B.I. ETUDE HYDROLOGIQUE	17
B.I.1. Détermination des bassins versant périphériques.....	17
B.I.2. Temps de concentration	19
B.I.3. Pluviométrie utilisée pour les simulations	20
B.I.3.1. Coefficients de Montana utilisés	20
B.I.3.2. Pluies de projet utilisée par le modèle hydraulique	20
B.I.4. Données d'entrée du modèle hydrologique	22
B.I.4.1. Coefficient de ruissellement	22
B.I.4.2. Débits de pointe.....	23
B.II. MODELISATION HYDRAULIQUE	25
B.II.1. Construction du modèle hydraulique	25
B.II.1.1. Choix du type de modélisation	25
B.II.1.2. Données topographiques.....	25
B.II.1.3. Construction du modèle hydraulique 2D	25
B.II.2. Enquête de terrain	32
B.II.3. Exploitation du modèle hydraulique en situation actuelle	37
B.II.3.1. Résultats généraux.....	37
B.II.3.2. Résultats au droit des zones à urbaniser	43
B.III. CARACTERISATION DE L'ALEA INONDATION	49
B.III.1. Différenciation de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau et par ruissellement	49
B.III.2. Cartographie de l'aléa inondation sur l'ensemble de la zone modélisée	49
B.III.3. Aléa inondation au droit des zones à urbaniser.....	50

B.IV.	CARTOGRAPHIE DU ZONAGE DES RUISSELLEMENTS SUR LA COMMUNE DE MANDUEL	54
B.IV.1.	Cartographie de l'aléa inondation	54
B.IV.2.	Cartographie des enjeux	54
B.IV.3.	Cartographie du zonage réglementaire des ruissellements	55
B.V.	SYNTHESE.....	60
C.	ETUDE D'EXONDEMENT	61
C.I.	DIMENSIONNEMENT DES MESURES D'EXONDEMENT	62
C.I.1.	Exondement de la zone à urbaniser Sud.....	62
C.I.2.	Exondement de la zone à urbaniser Est.....	65
C.II.	MODELISATION DES ECOULEMENTS EN PRESENCE DES MESURES D'EXONDEMENT	66
C.II.1.	Zone à urbaniser Sud	66
C.II.2.	Zone à urbaniser Est.....	66
C.III.	CONCLUSION	67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Caractéristiques physiques des bassins versants périphériques	19
Tableau 2 :	Temps de concentration des bassins versants périphériques	19
Tableau 3 :	Coefficient de Montana de la station de Nîmes-Courbessac (1982 - 2021)	20
Tableau 4 :	Coefficients de ruissellement unitaires par type d'occupation des sols.....	22
Tableau 5 :	Coefficients de ruissellement des bassins versants périphériques selon la méthode du Gard et la méthode de Ven Te Chow	23
Tableau 6 :	Débits de pointe des bassins versants périphériques.....	24
Tableau 7 :	Débit de pointe mesuré en plusieurs sections en travers des axes de ruissellement	43
Tableau 8 :	Caractéristiques physiques principales des bassins d'exondement	63
Tableau 9 :	Caractéristiques physiques des fossés liés à l'exondement du site.....	63

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 :	Localisation de la commune de Manduel	8
Illustration 2 :	Extrait de la cartographie des cours d'eau réglementaires au sens de la DDTM 30.....	9
Illustration 3 :	Cartographie du PPRI de Manduel	10
Illustration 4 :	Zonage EXZECO sur le territoire communal de Manduel.....	11
Illustration 5 :	Extrait du zonage réglementaire du PLU de Manduel – études hydrauliques existantes	13
Illustration 6 :	Emprise retenue pour la modélisation des ruissellements sur la commune de Manduel.....	14
Illustration 7 :	Localisation des zones à urbaniser dans le cadre de l'élaboration du nouveau PLU	15
Illustration 8 :	Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement	15
Illustration 9 :	Bassins versants périphériques identifiés	17

Illustration 10 : Exemples d’ouvrages de franchissement de la voie SNCF qui ont été identifiés lors des investigations sur site.	18
Illustration 11 : Localisation des traversées hydrauliques par rapport aux bassins versants de l’étude	18
Illustration 12 : Exemple de pluie de Keifer	21
Illustration 13 : Comparaison de l’épisode pluvieux de septembre 2002 avec les statistiques pluviométriques	21
Illustration 14 : Hydrogrammes obtenus sur chaque bassin versant périphérique pour la pluie d’occurrence centennale	24
Illustration 15 : Définition des lignes structurantes du modèle hydraulique 2D	26
Illustration 16 : Vue en plan du maillage du modèle hydraulique	26
Illustration 17 : Vue en plan du maillage du modèle hydraulique	27
Illustration 18 : Cartographie des injections en limite du modèle	29
Illustration 19 : Localisation des ouvrages de franchissement de la voie LGV par rapport aux bassins versants de l’étude	30
Illustration 20 : Nombre de courant maximal atteint lors de la modélisation pour la pluie d’occurrence centennale	32
Illustration 21 : Epicentre de l’épisode de 2021 et localisation des postes analysés	33
Illustration 22 : Analyse de la pluie de septembre 2021	34
Illustration 23 : Synthèse des retours relatifs à l’enquête de terrain réalisée au mois de janvier 2024 - 1	35
Illustration 24 : Synthèse des retours relatifs à l’enquête de terrain réalisée au mois de janvier 2024 - 2	36
Illustration 25 : Analyse des résultats de la modélisation en état actuel – secteur grand fossé	37
Illustration 26 : Analyse des résultats de la modélisation en état actuel – secteur Est par rapport au grand fossé	38
Illustration 27 : Analyse des résultats de la modélisation en état actuel – secteur Est et zone d’activités de Fumerian	39
Illustration 28 : Débit de pointe mesuré en plusieurs sections en travers des axes de ruissellement	43
Illustration 29 : Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement	55
Illustration 30 : Intégration des mesures d’exondement de la zone à urbaniser Sud au maillage	62
Illustration 31 : Positionnement des éléments utiles à l’exondement du site	64
Illustration 32 : Caractéristiques des ouvrages d’exondement de la zone AU Est	65
Illustration 33 : Pré-implantation des mesures d’exondement de la zone à urbaniser Est	65

PREAMBULE

Dans le cadre de l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune de Manduel, la collectivité a missionné Cereg pour réaliser le zonage des ruissellements à l'échelle de la commune.

Le territoire communal est sensible au ruissellement pluvial étant donné que la quasi-totalité de celui-ci est concerné par le zonage EXZECO. Ce zonage est réalisé à l'échelle du département et permet en particulier de prédéterminer quelles sont les zones qui sont potentiellement impactées par le risque inondation par ruissellement.

La réalisation du présent zonage des ruissellements a donc pour but de préciser et de caractériser le risque inondation par ruissellement sur l'ensemble du périmètre de l'étude.

L'intégration au PLU de plusieurs zones à urbaniser situées en zone EXZECO peut conduire au besoin d'étudier l'exondement de certaines parcelles afin de justifier et de valider leur ouverture à l'urbanisation.

Dans ce contexte, les différentes étapes suivies pour mener à bien la mission sont les suivantes :

- **Dresser l'état des lieux du fonctionnement hydraulique du secteur** (études existantes, réseaux d'écoulement, inondabilité, organisation des ruissellements, milieux récepteurs des ruissellements, ouvrages existants, ...) ;
- **Caractériser le risque inondation par ruissellement en élaborant un modèle hydraulique 2D**, afin de cartographier l'aléa inondation pour un épisode pluvieux de référence ;
- **Identifier les contraintes, enjeux et atouts à prendre en compte**, afin d'exonder les parcelles que la commune souhaite ouvrir à l'urbanisation ;
- **Proposer des mesures d'exondement compatibles avec les exigences du service risques de la DDTM du Gard.**

Le présent document constitue le rapport de cette étude hydraulique.

A. ETAT DES LIEUX



A.I. CONTEXTE GENERAL

A.I.1. Situation géographique

La commune de Manduel est située dans le département du Gard, au Sud-Est de la ville de Nîmes. Le territoire communal couvre une superficie d'environ 26.5 km². Celle-ci est limitrophe des communes de Beaucaire, Bellegarde, Bouillargues, Rodilhan, Marguerittes et Redessan.

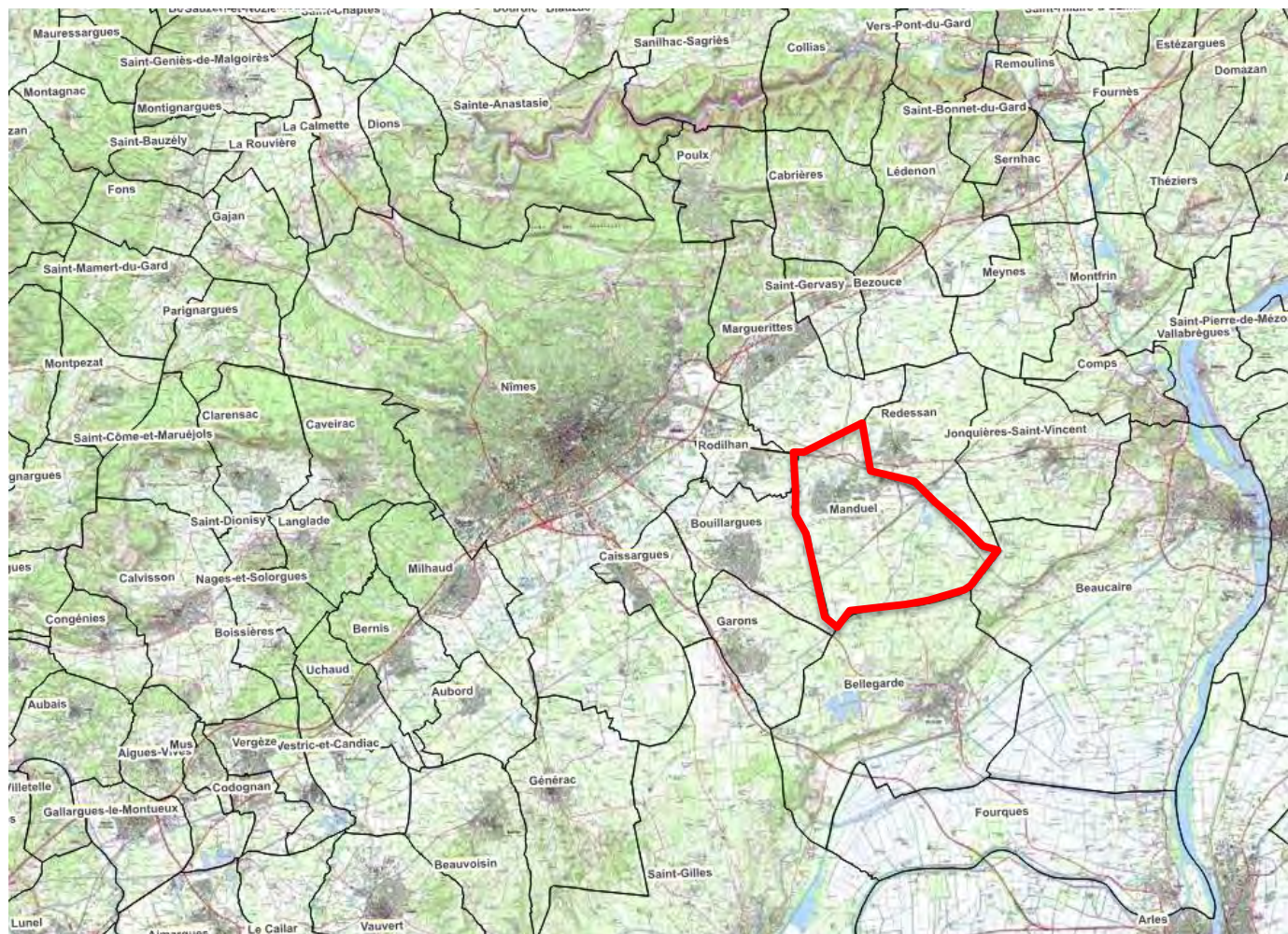


Illustration 1 : Localisation de la commune de Manduel

A.I.2. Réseau hydrographique

La commune de Manduel est traversée par le cours d'eau du Buffalon, qui représente l'exutoire de l'ensemble du réseau hydrographique communal.

Les entités secondaires relevées sont les suivantes :

- Un cours d'eau règlementaire s'écoule tout le long de la face Ouest du territoire communal et se rejette vers le Buffalon (au niveau de Rodilhan) ;
- Un fossé artificiel ceinturant le Sud et l'Ouest de l'aire urbaine de la ville a été créé par le passé. Celui-ci n'est pas considéré comme un cours d'eau règlementaire par les services de l'état mais il joue un rôle crucial en termes de gestion des eaux pluviales et de ruissellement ;
- Au Sud de l'aire urbaine, des branches de cours d'eau règlementaires sont identifiées par la DDTM du Gard. Celles-ci sont liées aux aménagements réalisés aux abords de la voie SNCF.

L'illustration suivante est un extrait de la cartographie des cours d'eau règlementaire qui est tenue par la DDTM du Gard :

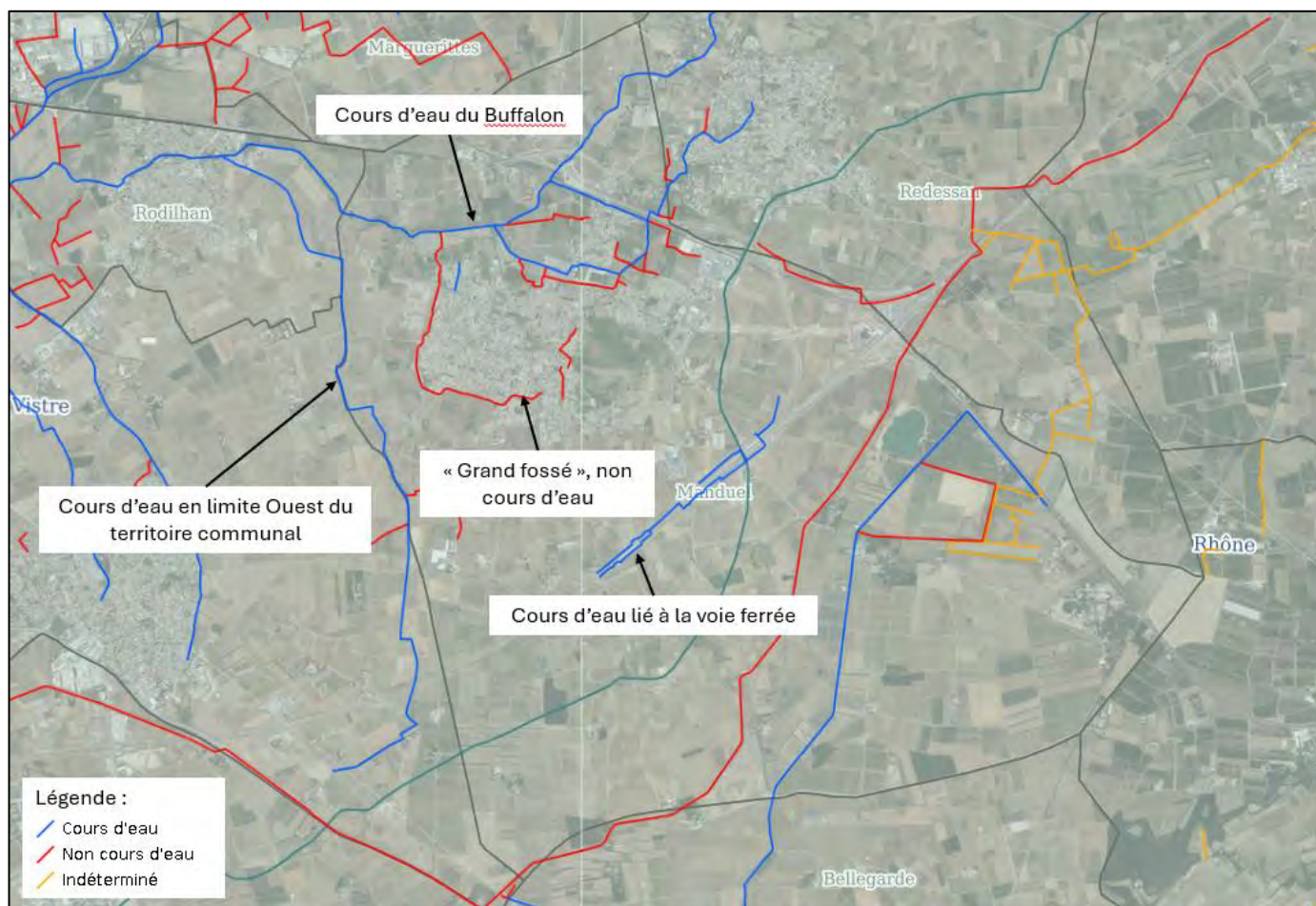


Illustration 2 : Extrait de la cartographie des cours d'eau règlementaires au sens de la DDTM 30

A.I.3. Risque inondation

A.I.3.1. Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi)

Le PPRi de la commune de Manduel a été approuvé le 04 avril 2014 par arrêté préfectoral.

Ce PPRi est quasi exclusivement lié aux débordements du cours d'eau du Buffalon, qui s'écoule au Nord de l'aire urbaine de Manduel.

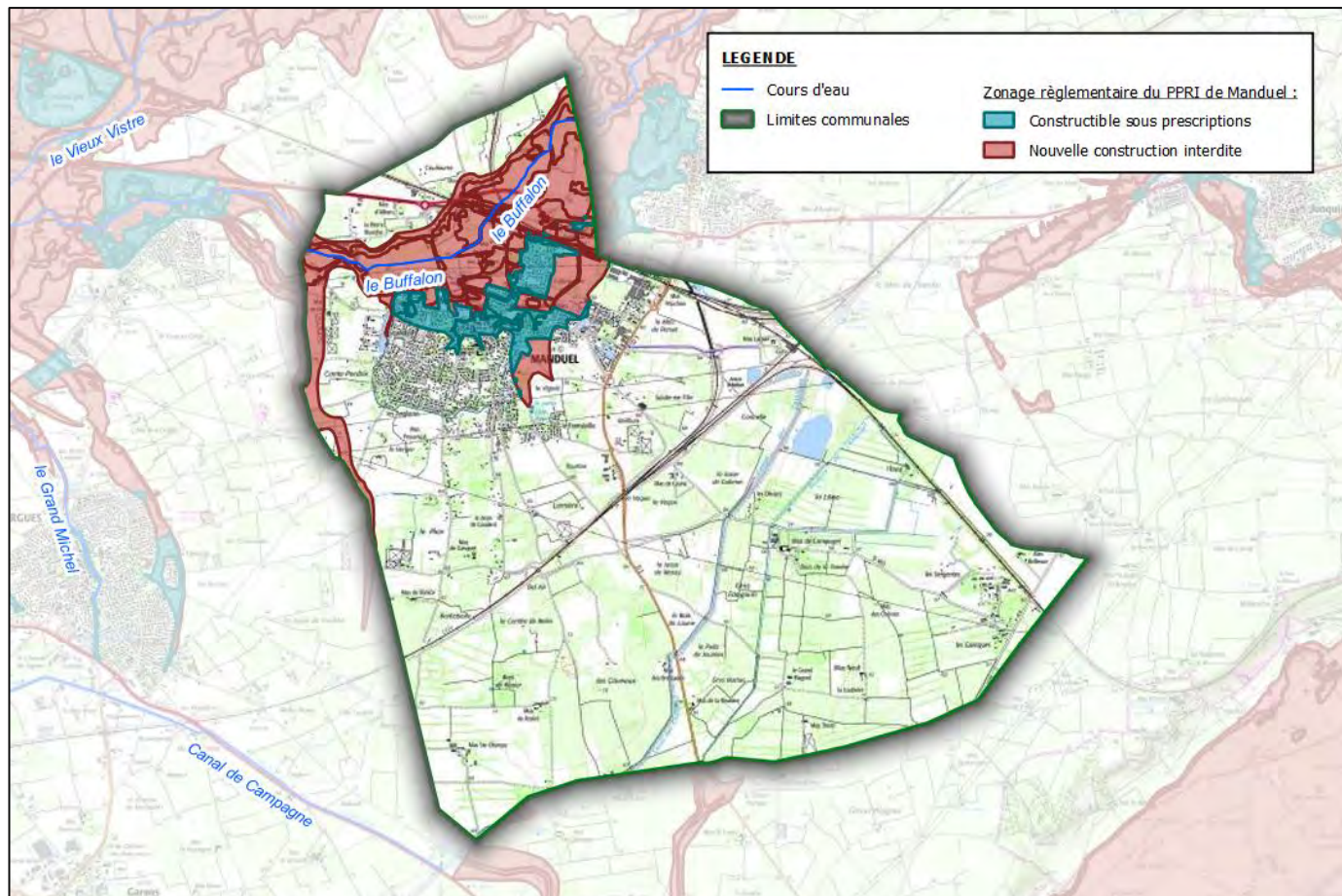


Illustration 3 : Cartographie du PPRi de Manduel

Etant donné que le territoire communal est très peu pentu, il apparaît que la ville de Manduel est fortement impactée par le risque inondation par débordement de cours d'eau.

Dans les zones impactées, le règlement d'urbanisme doit prendre en compte les préconisations du règlement du PPRi.

A.I.3.2. Zonage EXZECO

L'EXtraction des Zones de concentration des ECOulements (EXZECO) est un outil développé par le CEREMA visant à donner une estimation préliminaire à grande échelle des risques d'inondation **par débordement et par ruissellement**.

Il s'agit d'une méthode basée uniquement sur l'analyse de la topographie du terrain : pour chaque maille (25m x 25m) du modèle numérique de terrain (MNT) est calculée la superficie drainée et EXZECO en déduit les zones de concentration des écoulements **issus de ruissellements**. Cela permet de définir a priori les zones dans lesquelles se situent le réseau hydrographique naturel et son espace de mobilité ainsi que les endroits où les écoulements seront les plus concentrés.

En première approche, ces zones de concentration des écoulements peuvent être considérées comme des zones inondables.

Cependant, la méthode EXZECO ne permet pas d'établir une cartographie précise (inférieure au 1/25000^{ème}) des zones d'écoulement.

La cartographie de ce zonage à l'échelle du territoire communal de Manduel est disponible ci-dessous :

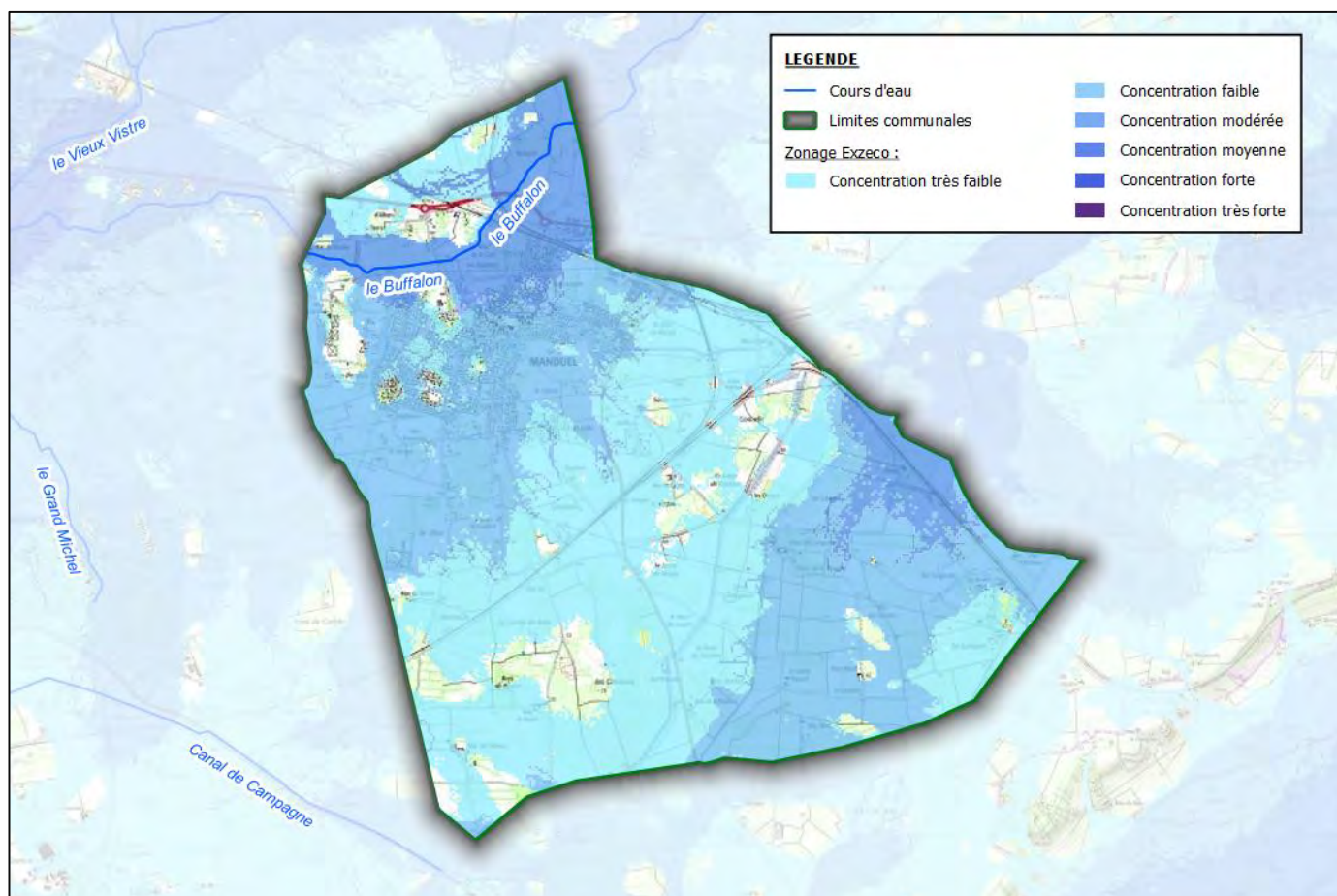


Illustration 4 : Zonage EXZECO sur le territoire communal de Manduel

Il apparaît que la quasi-totalité du territoire communal est concerné par un niveau de concentration au moins très faible. Ceci signifie en première approche que l'ensemble des zones concernées sont identifiées comme des zones potentiellement inondables.

Dans le cadre de la réalisation du PLU et de l'élaboration du règlement d'urbanisme de la commune, il convient par conséquent de réaliser une étude hydraulique plus fine permettant de caractériser le risque inondation sur les zones à enjeu de ce territoire.

En dehors des zones à enjeux et modélisées, les données EXZECO serviront de base pour la connaissance des phénomènes de ruissellement dans le cadre du zonage pluvial et du règlement.

A.II. ETUDES ANTERIEURES

A.II.1. Recherche des études antérieures

La recherche d'études antérieures traitant du risque inondation par ruissellement est un élément important vis-à-vis de l'étude actuelle car les éléments recueillis peuvent être utilisés comme des informations de calage pour le modèle hydraulique en deux dimensions qui est réalisé dans le cadre du zonage des ruissellements.

Plusieurs sources ont été utilisées :

- Etudes hydrauliques réalisées dans le cadre du PLU existant ;
- Etudes hydrauliques liées aux nouveaux aménagements d'importance sur le territoire (ZAC Magna Porta, nouvelle gare SNCF, etc...) ;
- Etude hydraulique liée au « Grand fossé » situé au Sud de l'aire urbaine de Manduel.

Suite à la collecte des études existantes, il se trouve que le risque inondation par ruissellement lié ou non au zonage EXZECO n'a pas réellement été étudié jusqu'à maintenant.

Les seules études qui communiquent des informations par rapport à ce risque sont les études hydrauliques intégrées au PLU existant. Celles-ci sont néanmoins relativement anciennes (2003 et 2004).

Concernant le « Grand fossé », celui-ci a été créé aux alentours des années 1980 et aucune étude n'a été retrouvée à son sujet.

A.II.2. Etudes hydrauliques du PLU existant

Les deux études apparaissant dans le zonage réglementaire du PLU sont :

- Une étude hydraulique réalisée par IPSEAU datant de 2003 qui traite du risque inondation par débordement du Buffalon et de cours d'eau présent en limite Ouest du territoire communal.
Cette étude est plus ancienne que le PPRi en vigueur.
- Une étude hydrogéomorphologique réalisée par CAREX Environnement en 2004 qui vient compléter l'étude IPSEAU en précisant le lit majeur des cours d'eau étudiés ainsi que les zones hydrogéomorphologiques de débordement et de ruissellement.

Aucun rapport écrit concernant les études hydrauliques du PLU n'a été retrouvé. La seule donnée disponible apparaît sur le zonage réglementaire du PLU :

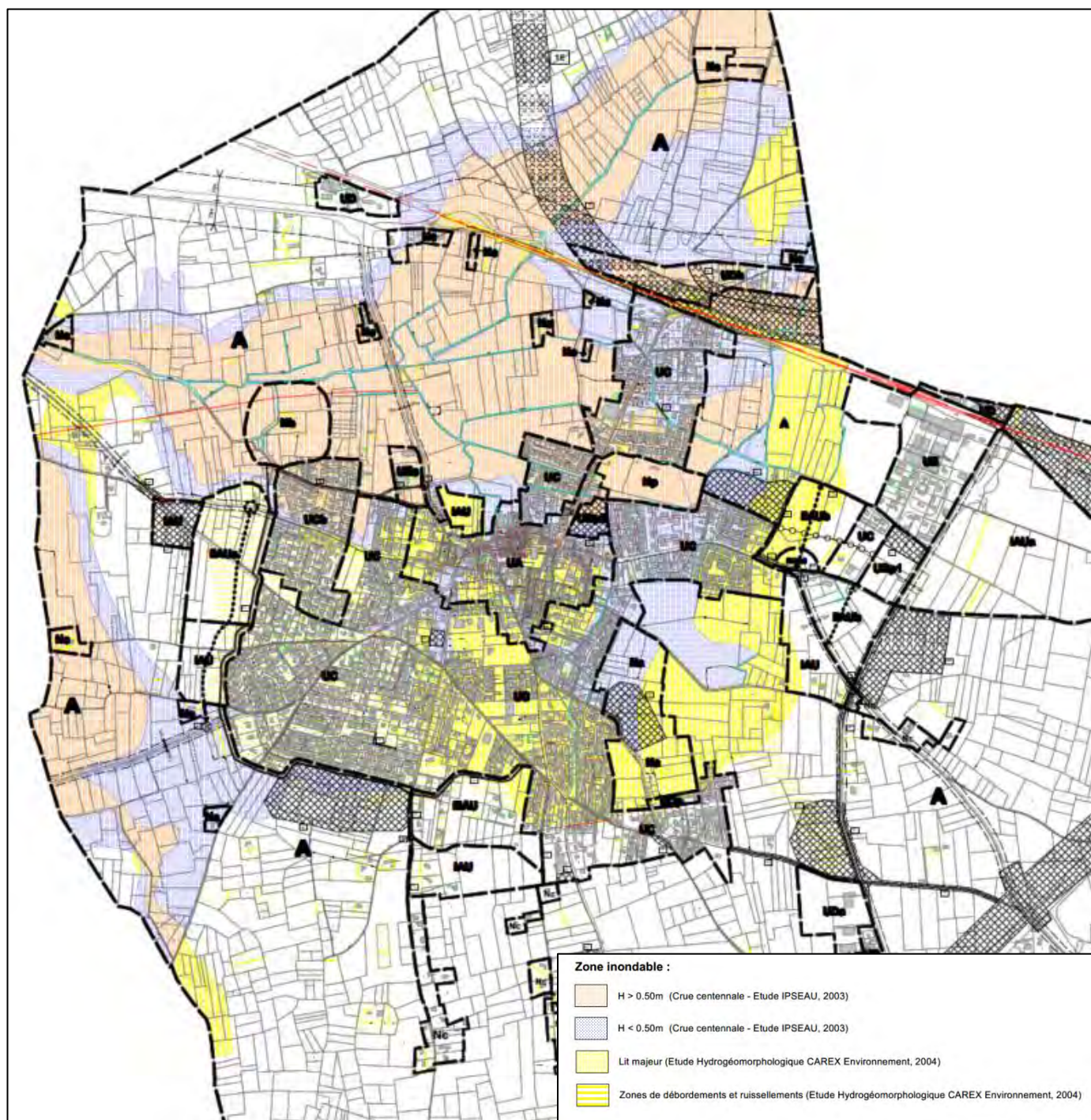


Illustration 5 : Extrait du zonage réglementaire du PLU de Manduel – études hydrauliques existantes

A.III. OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif de l'étude est de caractériser l'aléa inondation par ruissellement au droit des secteurs à enjeu sur le territoire communal de Manduel en vue de l'élaboration du nouveau PLU.

Les conclusions de l'étude hydraulique permettent de définir le règlement d'urbanisme spécifique au risque d'inondation par ruissellement sur l'ensemble de la commune. Cette étude caractérise également le risque inondation par ruissellement au droit des futures zones à urbaniser qui sont situées en zone EXZECO et donne des préconisations afin d'assurer leur exondement, et donc leur ouverture à l'urbanisation.

A.III.1. Emprise de la modélisation hydraulique

L'aire urbaine de la commune étant déjà en partie comprise en zone inondable au sens du PPRI, le périmètre de modélisation de la présente étude est défini de sorte à couvrir l'ensemble de l'aire urbaine tout en venant compléter la connaissance apportée par le PPRI en vigueur. En ce sens, le périmètre de modélisation retenu n'intersecte que très peu le zonage réglementaire lié au risque inondation par débordement de cours d'eau.

L'emprise de modélisation retenue s'étend sur une superficie de 348 ha et est représentée ci-dessous :

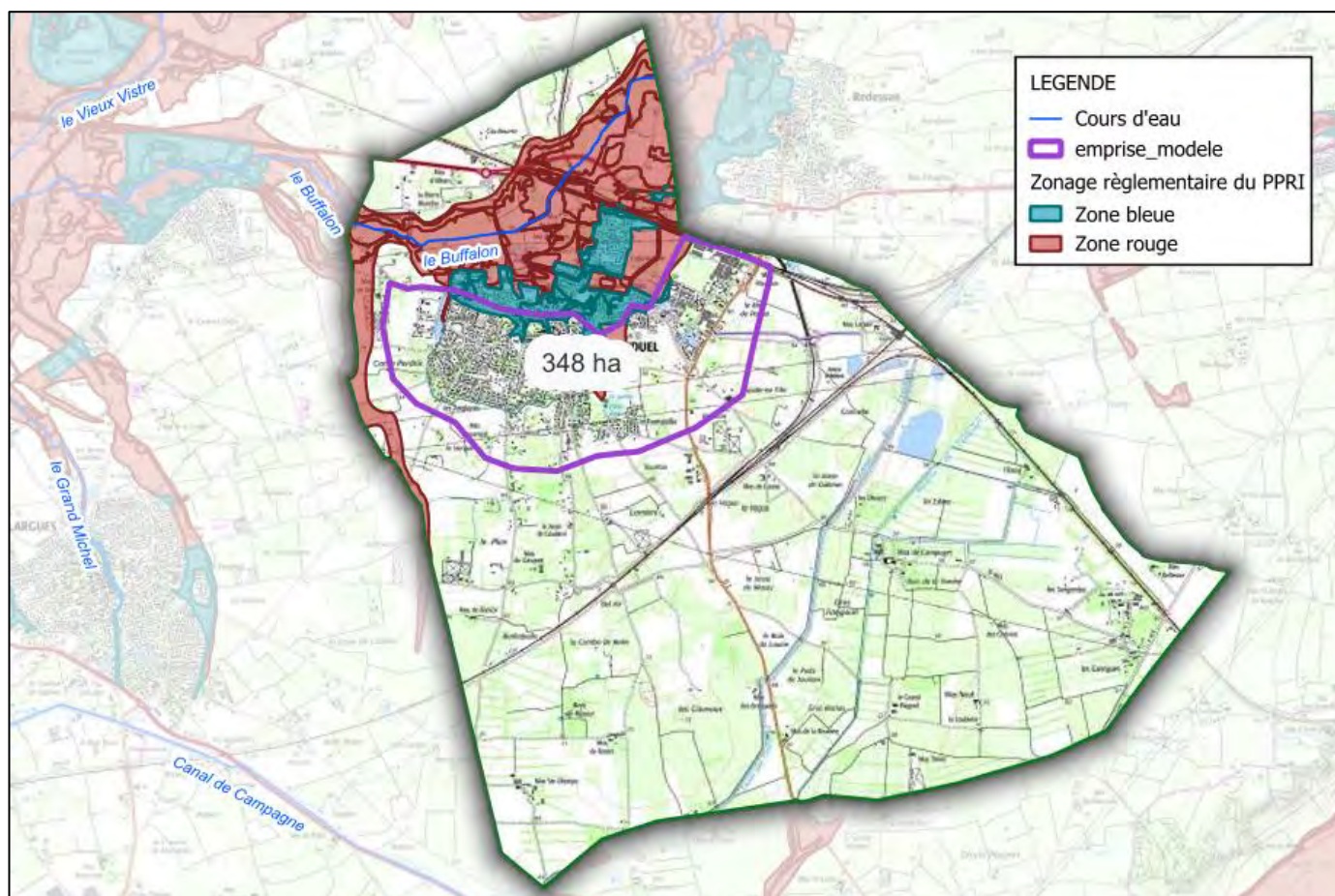


Illustration 6 : Emprise retenue pour la modélisation des ruissellements sur la commune de Manduel

A.III.2. Présentation des zones à fort enjeu

Au sein du périmètre de modélisation ainsi défini, la commune de Manduel prévoit l'ouverture à l'urbanisation de deux zones qui sont aujourd'hui impactées par le risque inondation au sens du zonage EXZECO.

Les deux zones concernées sont situées en limite de l'aire urbaine actuelle, sur des parcelles non urbanisées. Leur localisation est la suivante :

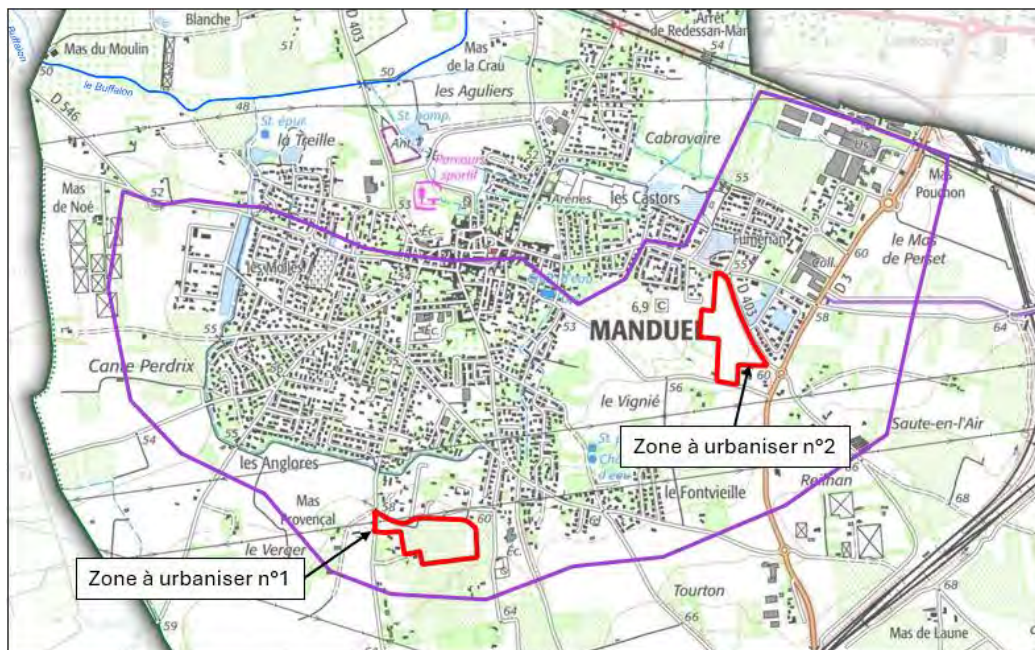


Illustration 7 : Localisation des zones à urbaniser dans le cadre de l'élaboration du nouveau PLU

En l'état, la doctrine de la DDTM du Gard concernant l'urbanisation de secteurs inondables pour un aléa non qualifié et situés en zone non urbanisée n'autorise pas leur ouverture à l'urbanisation :

ENJEUX	URBANISES	NON URBANISES
ALEA FORT	<ul style="list-style-type: none"> - inconstructibles - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions (calage à PHE+30cm ou TN+1m sans PHE) - adaptations possibles en centre urbain 	
NON QUALIFIE	<ul style="list-style-type: none"> - constructibles avec calage à PHE+30 cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain 	<ul style="list-style-type: none"> - inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
MODERE	<ul style="list-style-type: none"> - constructibles avec calage à PHE+30cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain 	<ul style="list-style-type: none"> - inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
EXONDE pour une pluie de référence (centennale ou historique)	<ul style="list-style-type: none"> - constructibles avec calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques 	<ul style="list-style-type: none"> - extension d'urbanisation possible (voir le paragraphe précédent) - calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques

Illustration 8 : Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement

Un des enjeux principaux de l'étude hydraulique est par conséquent de déterminer avec précision les portions impactées par le risque inondation par ruissellement sur ces deux secteurs.

Une fois le risque inondation par ruissellement caractérisé, il sera alors possible de proposer et de dimensionner des mesures d'exondement qui permettront l'ouverture à l'urbanisation sous conditions de ces zones.

B. ETUDE HYDROLOGIQUE



B.I. ETUDE HYDROLOGIQUE

B.I.1. Détermination des bassins versant périphériques

Bassins versants périphériques

La détermination des bassins versants périphériques se base sur l'étude de la topographie du territoire ainsi que sur des investigations sur site ayant permises d'affiner les résultats.

La zone modélisée dans le cadre de cette étude se trouve à proximité du cours d'eau du Buffalon et d'un de ses affluents (situés au Nord et à l'Ouest de la commune. En ce sens, celle-ci se trouve globalement en point bas par rapport aux terrains situés plus au Sud ainsi que, dans une moindre mesure, ceux à l'Est.

La voie ferrée passant au Sud et à l'Est du territoire communal joue un rôle important vis-à-vis des écoulements dirigés vers l'aire urbaine de Manduel du fait de sa configuration en remblai ou bien en déblais. Lorsque celle-ci est en remblais (BV 1, 3 et 5), des traversées hydrauliques permettent par endroit le passage de l'eau tandis que lorsque celle-ci est en déblais (BV 8) l'eau est récupérée par les rails.

Le secteur situé en amont de la voie ferrée, entre les BV 5 et 8, est une zone globalement plane sur 40 ha. Sur ce secteur, aucun axe d'écoulement n'apparaît clairement et le réseau pluvial est fortement limité puisque seul deux fossés longent la route située entre la RD3 et la RD403. Ces fossés s'écoulent vers l'Ouest mais n'ont pas d'exutoire.

Du fait de cette configuration particulière, il est retenu que cette zone fonctionne indépendamment des autres bassins versants et que le stockage et l'infiltration y sont privilégiés. En ce sens, celle-ci ne génère aucun ruissellement dirigé vers les BV 5 ou 8.

La superficie globale du bassin versant drainé vers la zone de la modélisation est de 435 ha. Celui-ci a été subdivisé en 9 sous-bassins versants afin de spatialiser les différentes injections en vue de la réalisation du modèle hydraulique. La délimitation de ces sous-bassins versants est fournie par l'illustration ci-après :

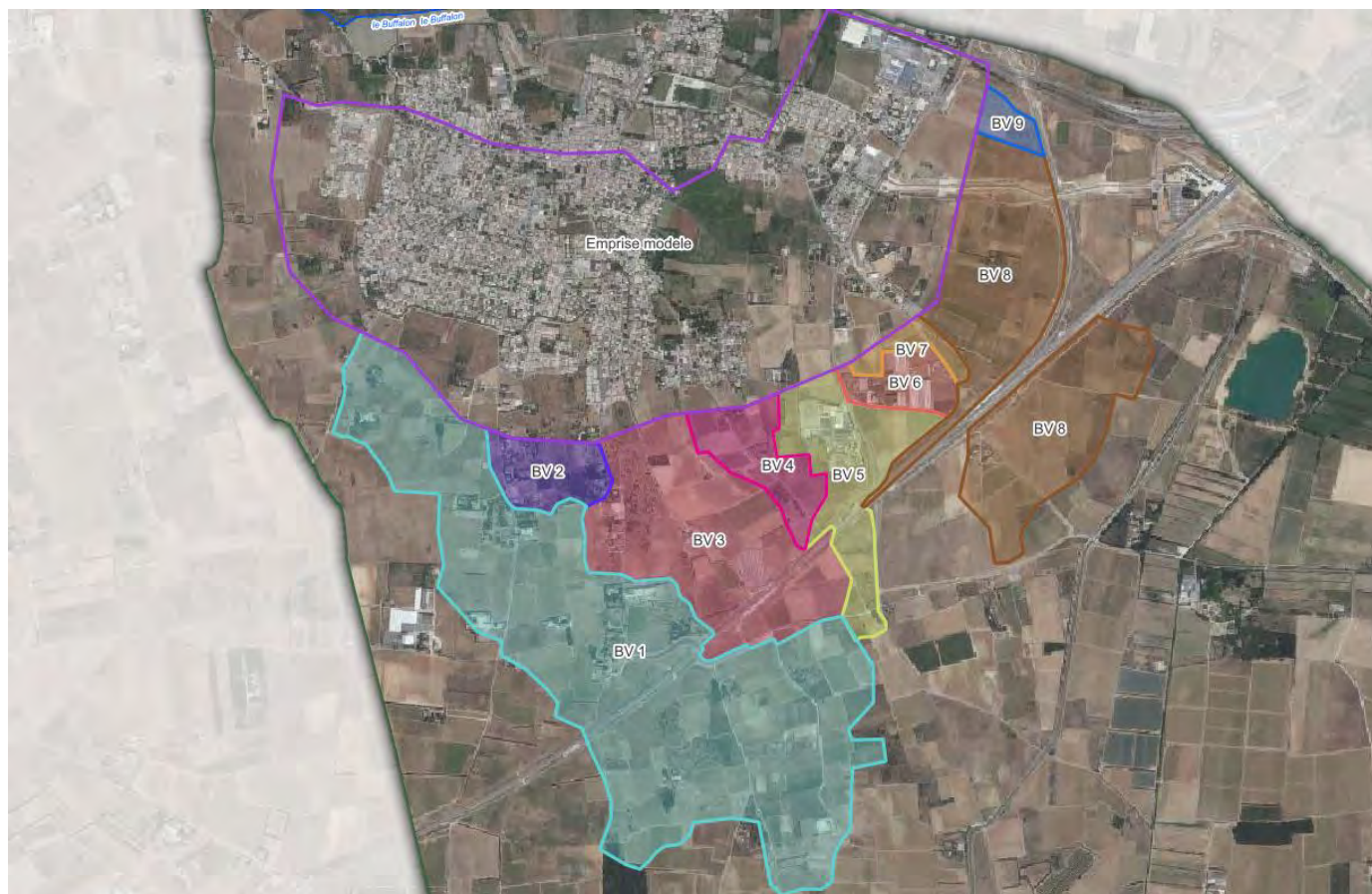


Illustration 9 : Bassins versants périphériques identifiés

 **Investigations sur la voie SNCF**

Le territoire de Manduel est traversé d'Est en Ouest par la voie SNCF liée à la nouvelle gare de Nîmes métropole. Celle-ci est soit réalisée en remblais soit en déblais, ce qui a des conséquences non négligeables vis-à-vis des écoulements périphériques à l'emprise de modélisation présentée plus tôt.

Aucune information sur la modification de ces écoulements n'a été retrouvée sur les études liées à la nouvelle gare. Étant donné le tracé de la voie SNCF vis-à-vis des bassins versants topographiques déterminés en première approche, des investigations de terrain ont été menées afin de recenser les ouvrages de franchissement de cette voie.



Illustration 10 : Exemples d'ouvrages de franchissement de la voie SNCF qui ont été identifiés lors des investigations sur site

Les informations recueillies en lien avec ces ouvrages permettent de valider le tracé des bassins versants périphériques à prendre en compte dans le cadre de la présente étude hydraulique :

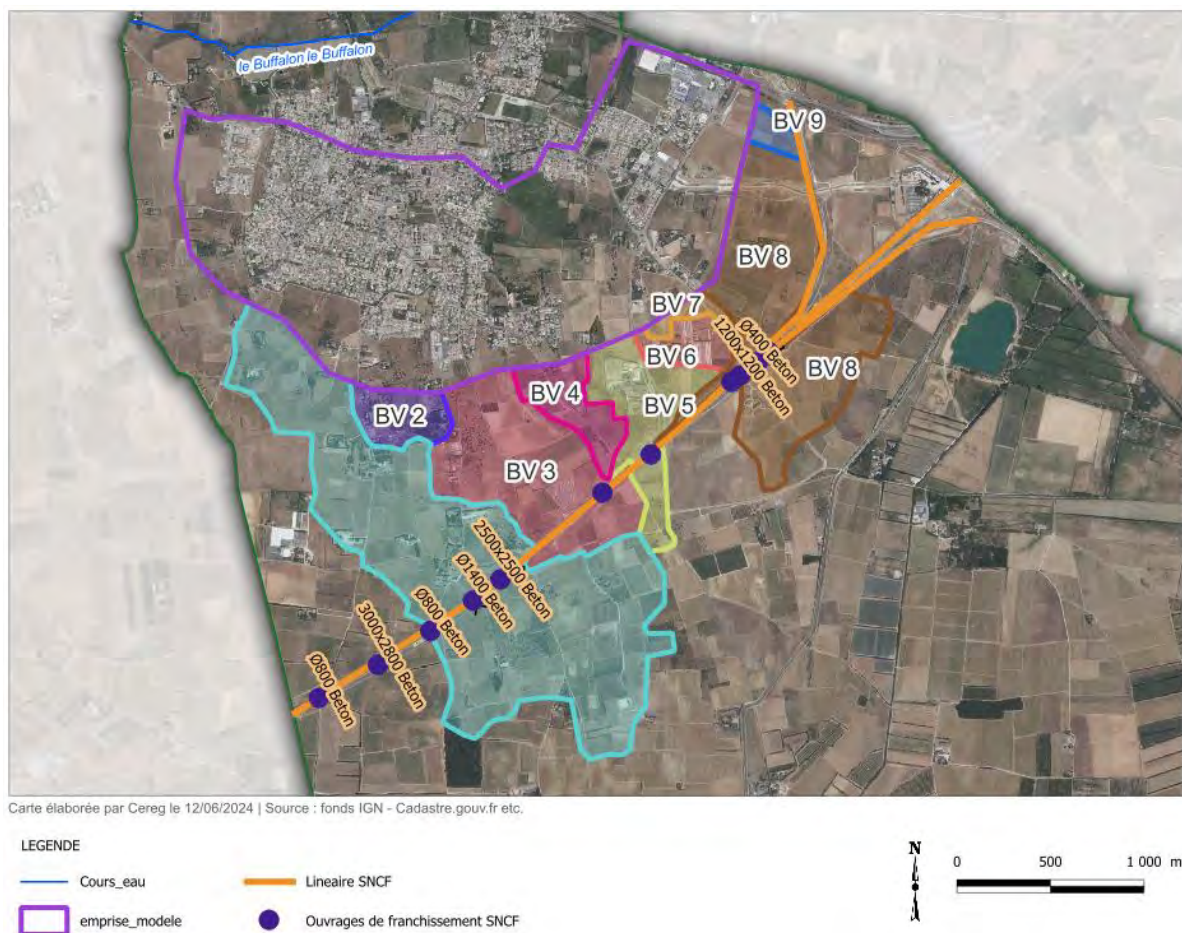


Illustration 11 : Localisation des traversées hydrauliques par rapport aux bassins versants de l'étude



Caractéristiques des bassins versants périphériques retenus

Le tableau suivant présente les caractéristiques physiques principales des bassins versants périphériques identifiés :

Identifiant du bassin versant	Surface (ha)	Longueur (m)	Dénivelé (m)	Pente moyenne
BV 1	193	3700	17.8	0.5%
BV 2	14	330	2.4	0.7%
BV 3	68	1500	8.3	0.6%
BV 4	17	655	4.6	0.7%
BV 5	33	1300	5.9	0.5%
BV 6	11	600	1.5	0.3%
BV 7	5	340	2.1	0.6%
BV 8	90	2000	11.5	0.6%
BV 9	4	360	1	0.3%
TOTAL	435	/	/	/

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des bassins versants périphériques

B.I.2. Temps de concentration

Le temps de concentration correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de parcourir le plus long chemin hydraulique sur le bassin avant d'atteindre l'exutoire (il est généralement supposé que les écoulements se propagent en surface).

Différents auteurs ont présenté des formules pour calculer le temps de concentration des bassins versants en fonction de leurs caractéristiques (superficie, chemin hydraulique, pente, occupation du sol, intensité de pluie...).

De nombreuses méthodes de calcul sont possibles, chacune généralement adaptée à certaines caractéristiques du bassin versant (notamment la superficie).

Dans le cas présent, les bassins versants étudiés ont une superficie inférieure ou de l'ordre du km². En ce sens, trois méthodes de détermination du temps de concentration sont testées (pour une occurrence de pluie centennale), à savoir la méthode donnée par la doctrine du Gard, la méthode de Kirpich et la méthode de Richards.

La comparaison des temps de concentration obtenus est détaillée ci-dessous :

Sous bassin versant	Temps de concentration (min) T = 100 ans		
	Méthode du Gard	Méthode de Kirpich	Méthode de Richards
BV 1	61	Hors domaine d'application	90
BV 2	6	11	14
BV 3	25	Hors domaine d'application	47
BV 4	11	19	24
BV 5	22	38	44
BV 6	10	27	30
BV 7	6	12	15
BV 8	20	30	37
BV 9	6	17	22

Tableau 2 : Temps de concentration des bassins versants périphériques

La mise en application de chacune des méthodes proposées met en avant le fait que le temps de concentration calculé via la méthode du Gard est systématiquement plus faible par rapport aux deux autres méthodes.

Cette dernière est par conséquent retenue pour les deux raisons suivantes :

- Son adaptation au contexte local (méthode favorisée par les services de la DDTM dans le cadre des dossiers Loi sur l'Eau pour la rubrique 2.1.5.0) ;
- Cette approche est sécuritaire. En effet, plus un temps de concentration est faible plus les débits de pointe qui sont générés sont importants.

B.I.3. Pluviométrie utilisée pour les simulations

Afin de simuler le fonctionnement d'un système pluvial pour des pluies d'occurrences différentes, représentatives de la pluviométrie locale, il est nécessaire d'établir des pluies de projet. Ces pluies de projet sont des pluies synthétiques construites à partir de statistiques établies sur les pluies réelles mesurées sur plusieurs années.

B.I.3.1. Coefficients de Montana utilisés

Dans le cadre de cette étude, ce sont les statistiques pluviométriques de la station Météo France de Nîmes-Courbessac (statistiques sur la période 1982 – 2021), située à 9 km de la zone d'étude, qui sont utilisées pour l'élaboration des pluies de projet. Cette station est le poste de référence utilisé dans le département du Gard.

Les intensités des précipitations, connues sur une période de 40 ans (1982-2021), sont reliées à leur durée par la formule suivante :

$$I(mm/h) = a * t(h)^{-b}$$

Où **a** et **b** sont les coefficients de Montana précisés dans le tableau ci-dessous.

Nîmes - Courbessac	6' - 2h		2h - 6h		6h - 24h	
1982 - 2021	a	b	a	b	a	b
5 ans	49.5	0.453	52.8	0.705	65.2	0.823
10 ans	59.8	0.426	64.6	0.679	84.1	0.833
30 ans	76.3	0.382	83.4	0.620	122.4	0.845
100 ans	84.3	0.361	92.2	0.588	144.1	0.851

Tableau 3 : Coefficient de Montana de la station de Nîmes-Courbessac (1982 - 2021)

B.I.3.2. Pluies de projet utilisée par le modèle hydraulique



Pluie de projet de Keifer

Une pluie de projet est une pluie de synthèse fictive, établie à partir des éléments statistiques observés sur les pluies locales (courbes Intensité-Durée-Fréquence ou coefficients de Montana).

Le type de pluie de projet qui est utilisé dans cette étude est la **pluie de Keifer**. Celle-ci est constituée d'éléments (hauteur précipitée sur une durée donnée) qui ont tous la même période de retour T. Ainsi, en appliquant cette pluie de projet sur un bassin versant, on s'assure d'obtenir le débit de période de retour T en tout point de calcul.

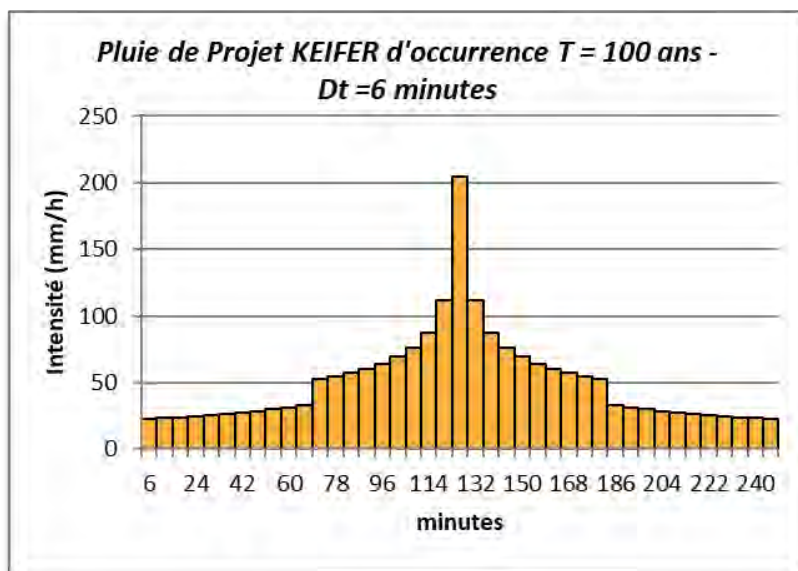


Illustration 12 : Exemple de pluie de Keifer

Lors de l'élaboration d'une pluie de synthèse se pose la question de la durée de la pluie. Pour les pluies de Keifer, la méthodologie préconise de prendre une durée supérieure ou égale à deux fois le temps de concentration du bassin versant à modéliser. Une durée totale de 4 heures est considérée.



Pluie réelle de septembre 2002

La pluie du 8 et 9 septembre 2002 est une pluie qui a localement été très intense sur le secteur de Nîmes. Les cumuls obtenus ont par endroit été plus importants que ceux estimés pour la pluie statistique centennale. Il convient alors de s'intéresser à cet évènement au droit de la commune de Manduel.

Cette pluie réelle du 08 septembre 2002 est comparée aux statistiques pluviométriques (1982-2021) afin de la caractériser sur différentes durées (cf. graphe ci-après).

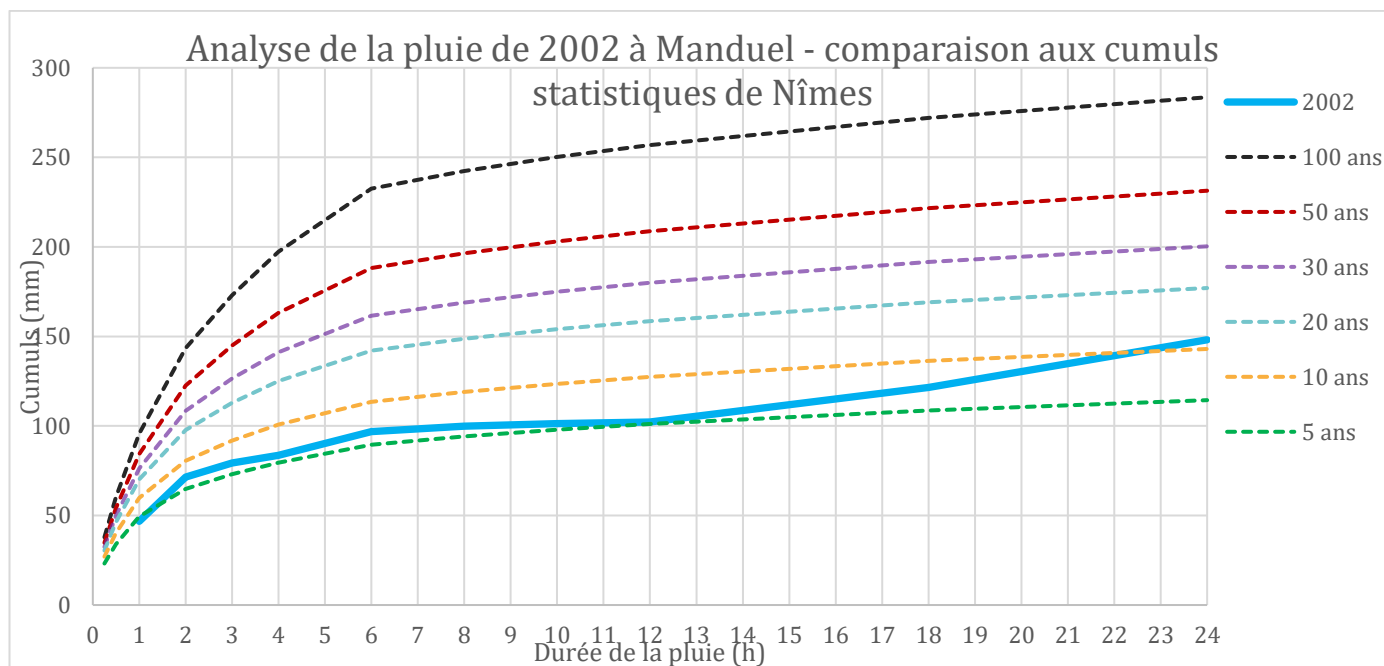


Illustration 13 : Comparaison de l'épisode pluvieux de septembre 2002 avec les statistiques pluviométriques

D'après les statistiques pluviométriques locales les plus à jour, la pluie historique de septembre 2002 est d'intensité plus faible que la pluie de période de retour 10 ans (pour toutes les durées inférieures à 23 h). Ainsi, la pluie de référence utilisée pour la modélisation hydrologique-hydraulique de la présente étude est la pluie de projet centennale de type Kiefer.

B.I.4. Données d'entrée du modèle hydrologique

La pluie de référence utilisée étant déterminée, il est ensuite nécessaire de déterminer les hydrogrammes générés pour un tel évènement au niveau des bassins versants périphériques identifiés précédemment. Ces hydrogrammes sont essentiels à la mise en œuvre du modèle hydraulique étant donné qu'ils seront injectés sur certaines limites du modèle hydraulique.

B.I.4.1. Coefficient de ruissellement

Pour un bassin versant, le coefficient de ruissellement correspond au rapport entre le volume de pluie effectivement ruisselé et le volume de pluie tombé.

Le calcul des coefficients de ruissellement permet donc d'évaluer la proportion des précipitations qui participent au ruissellement sur le bassin versant. Ces calculs tiennent compte des pertes initiales dues au remplissage des dépressions du sol et à la rétention par la végétation ainsi que des pertes continues liées à l'infiltration de l'eau dans le sol pour les surfaces perméables.

Ce coefficient est fortement influencé par l'occupation et la nature du sol du bassin versant. La valeur des coefficients croît avec l'intensité de la précipitation (phénomène de saturation des sols dû à leur limite de capacité d'infiltration).

Deux méthodes distinctes sont utilisées en vue de la détermination des coefficients de ruissellement : la méthode du Gard et la méthode de Ven Te Chow.



Méthode du Gard

La méthode du Gard consiste à utiliser des coefficients unitaires variables en fonction de l'occupation du sol et de l'occurrence de la pluie étudiée. Dans le cadre du projet, seule l'occurrence centennale est étudiée et propose des coefficients unitaires définis tels que :

- Pour les surfaces imperméabilisées, le coefficient de ruissellement est égal à 1 quelle que soit l'occurrence de pluie.
- Pour les surfaces non imperméabilisées, le coefficient de ruissellement utilisé est déterminé par la méthode des experts, $Cr = 0.8 * (1 - P_0/P_{100})$ avec P_{100} la pluie journalière centennale en mm et P_0 la rétention initiale en mm (déterminée à partir d'abaques).

Les coefficients retenus sont précisés ci-dessous :

Occupation des sols	T= 100 ans
<i>Surfaces perméables (naturelles, espaces verts, matériaux perméables)</i>	<i>0,63</i>
<i>Voiries, bâtiments</i>	<i>1</i>

Tableau 4 : Coefficients de ruissellement unitaires par type d'occupation des sols



Méthode de Ven Te Chow

La méthode de Ven Te Chow consiste à utiliser des coefficients de ruissellement standardisés selon l'occupation du sol et l'occurrence de pluie considérée (voir les abaques existantes).



Détermination des coefficients de ruissellement

L'occupation du sol a été déterminée à partir de la photo aérienne du secteur et des informations acquises lors des visites sur site. Les coefficients de ruissellement déterminés selon les deux méthodes présentées sont les suivants :

Coefficient de ruissellement	Méthode du Gard T = 100 ans	Ven Te Chow T = 100 ans
BV 1	0.64	0.37
BV 2	0.65	0.39
BV 3	0.65	0.39
BV 4	0.64	0.37
BV 5	0.69	0.46
BV 6	0.73	0.52
BV 7	0.64	0.38
BV 8	0.64	0.37
BV 9	0.63	0.36

Tableau 5 : Coefficients de ruissellement des bassins versants périphériques selon la méthode du Gard et la méthode de Ven Te Chow

La comparaison des deux méthodes fait apparaître que la méthode du Gard renvoie, pour deux bassins versant semblables, des coefficients de ruissellement plus élevés que la méthode de Ven Te Chow.

B.I.4.2. Débits de pointe

Plusieurs méthodes de détermination des débits de pointe existent et peuvent être appliquées à l'échelle des bassins versants étudiés.

Sur la façade méditerranéenne la formule privilégiée est la formule rationnelle qui, sous les paramètres retenus (Tc Gard et Cr Gard), est identique à la formule de Bressand-Golossof. Afin de comparer plusieurs méthodes de détermination des débits de pointe, ceux-ci sont également calculés en suivant la méthode rationnelle, pour les coefficients de ruissellement de Ven Te Chow.

La formule rationnelle est rappelée ci-dessous :

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Avec

- Q = débit de pointe (m³/s)
- C = coefficient de ruissellement (%)
- I = intensité de pluie (mm/h) sur le temps de concentration t_c
- A = surface du bassin (ha)

Les débits de pointe obtenus en suivant les différentes méthodes sont indiqués dans le tableau suivant :

Bassin versant	Débit de pointe (m^3/s) – T=100 ans	
	Bressand-Golosod (méthode Gard)	Ven Te Chow + méthode rationnelle
BV 1	32.60	18.90
BV 2	5.13	3.08
BV 3	15.60	9.38
BV 4	4.92	2.84
BV 5	8.43	5.62
BV 6	3.67	2.62
BV 7	1.91	1.13
BV 8	18.6	6.77
BV 9	1.57	0.90

Tableau 6 : Débits de pointe des bassins versants périphériques

L'analyse réalisée sur les deux méthodes présentées (trois méthodes en réalité) montre que les débits les plus élevés sont produits en suivant la méthode de Bressand-Golossof. Dans une approche sécuritaire, ce sont ces débits qui sont retenus pour la suite de cette étude.

Les hydrogrammes de ruissellement de chaque sous-bassins versants pour la pluie d'occurrence centennale sont obtenus à partir d'une transformation pluie-débit. Les débits de pointe sont calés sur les débits de la méthode de Bressand-Golossof (approche sécuritaire).

Les hydrogrammes obtenus sont présentés ci-dessous :

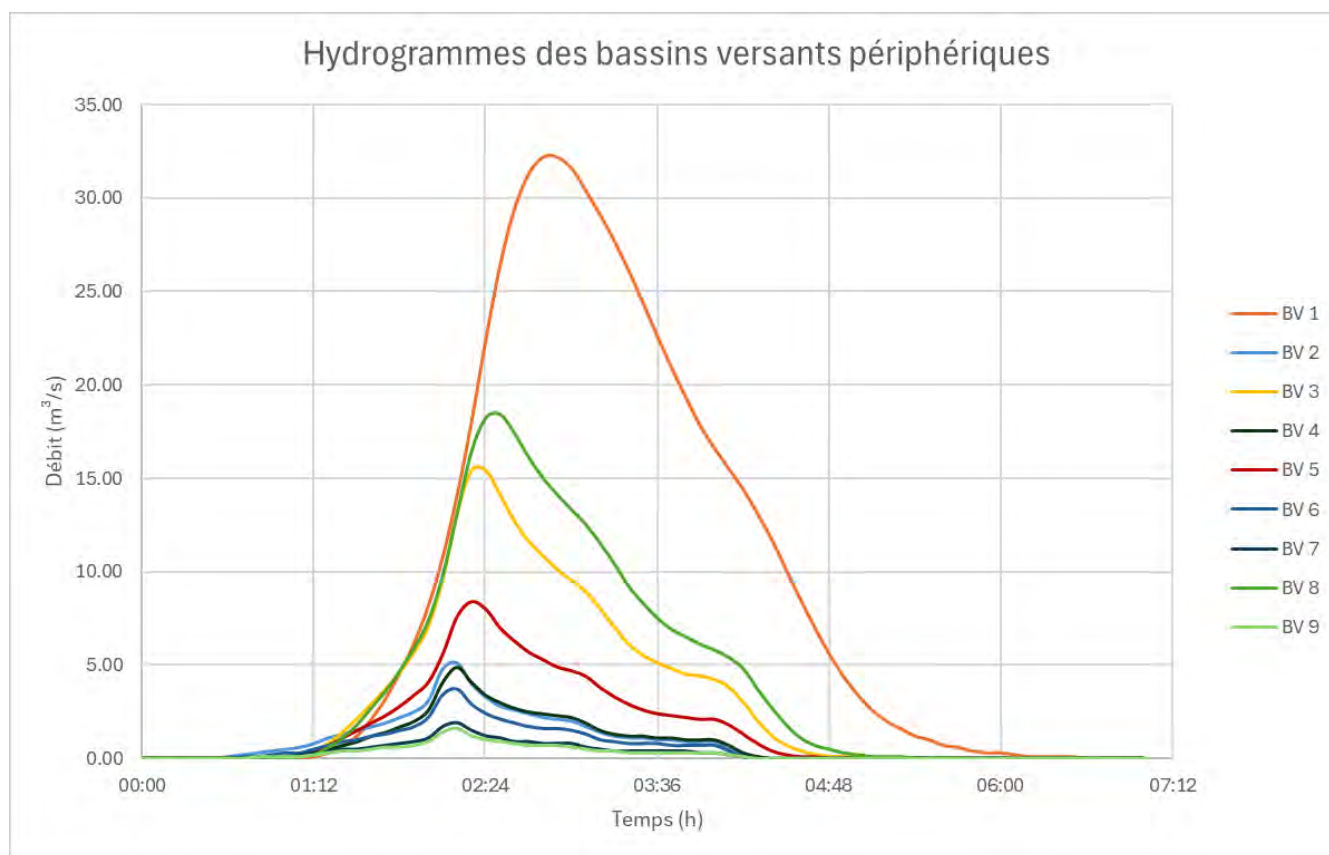


Illustration 14 : Hydrogrammes obtenus sur chaque bassin versant périphérique pour la pluie d'occurrence centennale

B.II. MODELISATION HYDRAULIQUE

B.II.1. Construction du modèle hydraulique

B.II.1.1. Choix du type de modélisation

L'emprise de la zone modélisée présente de multiples axes d'écoulements en raison de sa topographie complexe. L'utilisation d'un modèle hydraulique bidimensionnel capable de résoudre l'ensemble des équations 2D du système de Barré-de-Saint-Venant s'est avérée nécessaire.

Le code de calcul utilisé par CEREg est SW2D (Shallow Water 2D), développé par le laboratoire HYDROSCIENCES de Montpellier. Il repose sur la discrétisation de la zone d'étude en petites mailles basées sur les données topographiques disponibles.

Le modèle hydraulique mis en œuvre intègre l'ensemble des ouvrages de franchissement recensés ainsi que tous les éléments topographiques susceptibles de générer un obstacle au libre écoulement des crues (talus, remblais, ...).

B.II.1.2. Données topographiques

Une donnée topographique de type modèle numérique de terrain (MNT) a été construite sur la base des données du LIDAR HD. Ces données ont par conséquent fait l'objet d'un traitement suivant une méthodologie développée par Cereg afin d'être exploitables dans le cadre de cette étude.

Le MNT obtenu est exploité pour réaliser le maillage du modèle hydraulique 2D.

En complément, des points topographiques terrestres ont été relevés au niveau des éléments structurants locaux notamment les fossés principaux.

B.II.1.3. Construction du modèle hydraulique 2D

B.II.1.3.1. Maillage de la zone d'étude

Le modèle mathématique utilisé s'appuie sur un maillage de l'espace élaboré à partir des données topographiques et complété localement par des observations de terrain. Il permet de prendre en compte les éléments structurants principaux du secteur : les ouvrages linéaires en remblais, les talus, les fossés, ainsi que les ouvrages de franchissement nécessaires à la bonne description du fonctionnement hydrodynamique de la zone d'étude.

Le maillage s'appuie donc sur l'utilisation de lignes de structure, c'est-à-dire des lignes topographiques utilisées obligatoirement dans le maillage : cas des fossés, digues, et des remblais en lit majeurs (route, ...). Les lignes de structure sont ainsi des lignes de forçage du maillage afin que la donnée topographique souhaitée (dans le cas de remblai ou de fossé) soit utilisée dans le maillage.

L'illustration ci-après présente les lignes de structures ainsi définies :

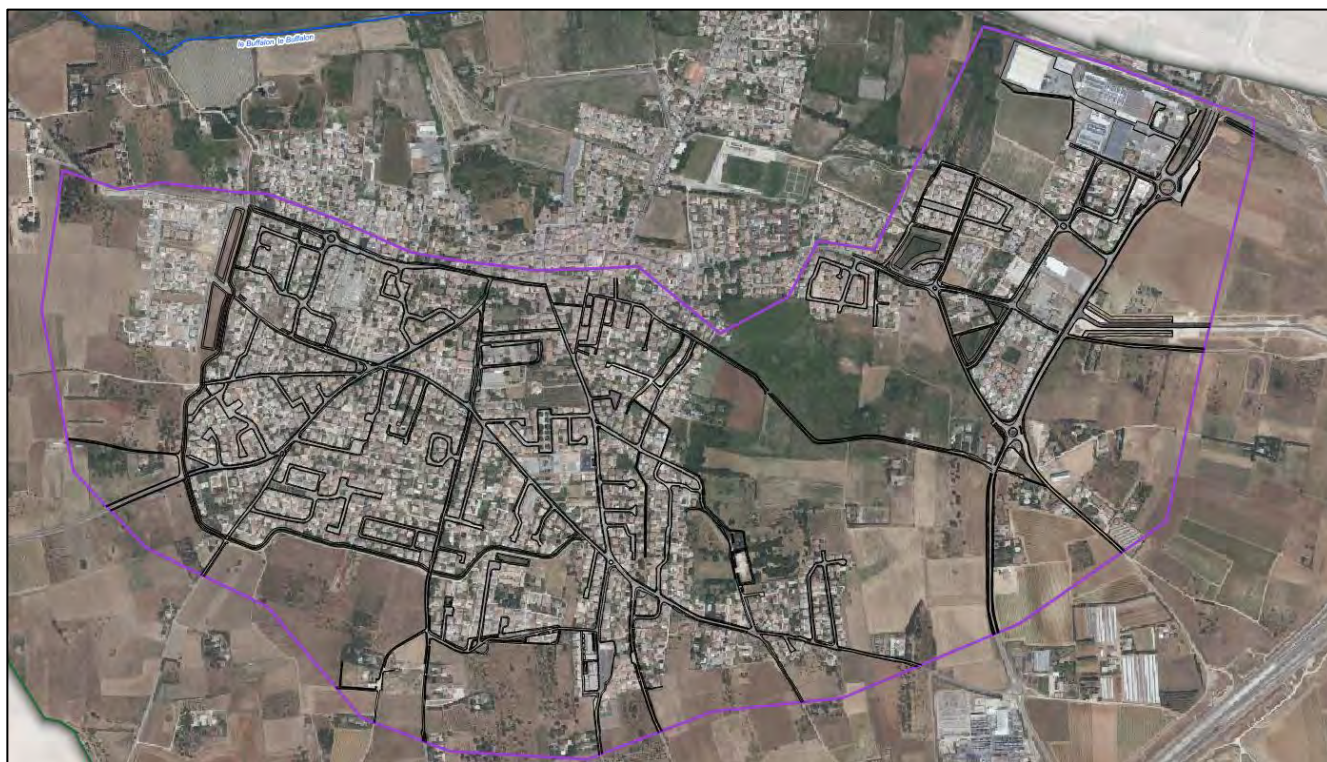


Illustration 15 : Définition des lignes structurantes du modèle hydraulique 2D

Les lignes de structure représentées sur la zone modélisée ne sont liées à aucun mur. En ce sens, la modélisation réalisée ne prend pas en compte la présence de mur. Etant donné l'importance spatiale du maillage certains murs peuvent apparaître en raison de la précision du Lidar HD, mais les éléments bordant les principaux axes de circulation ne sont pas pris en compte.

À partir de ces lignes de structures, un maillage intégrant la composante topographique a été réalisé sur l'ensemble du secteur d'étude.

Le maillage obtenu couvre une superficie de 348 ha et est défini par plus de 354 000 mailles au droit desquelles sont effectuées en chaque pas de temps, un calcul de hauteur et de vitesse. L'illustration suivante présente le maillage réalisé pour les besoins de l'étude.

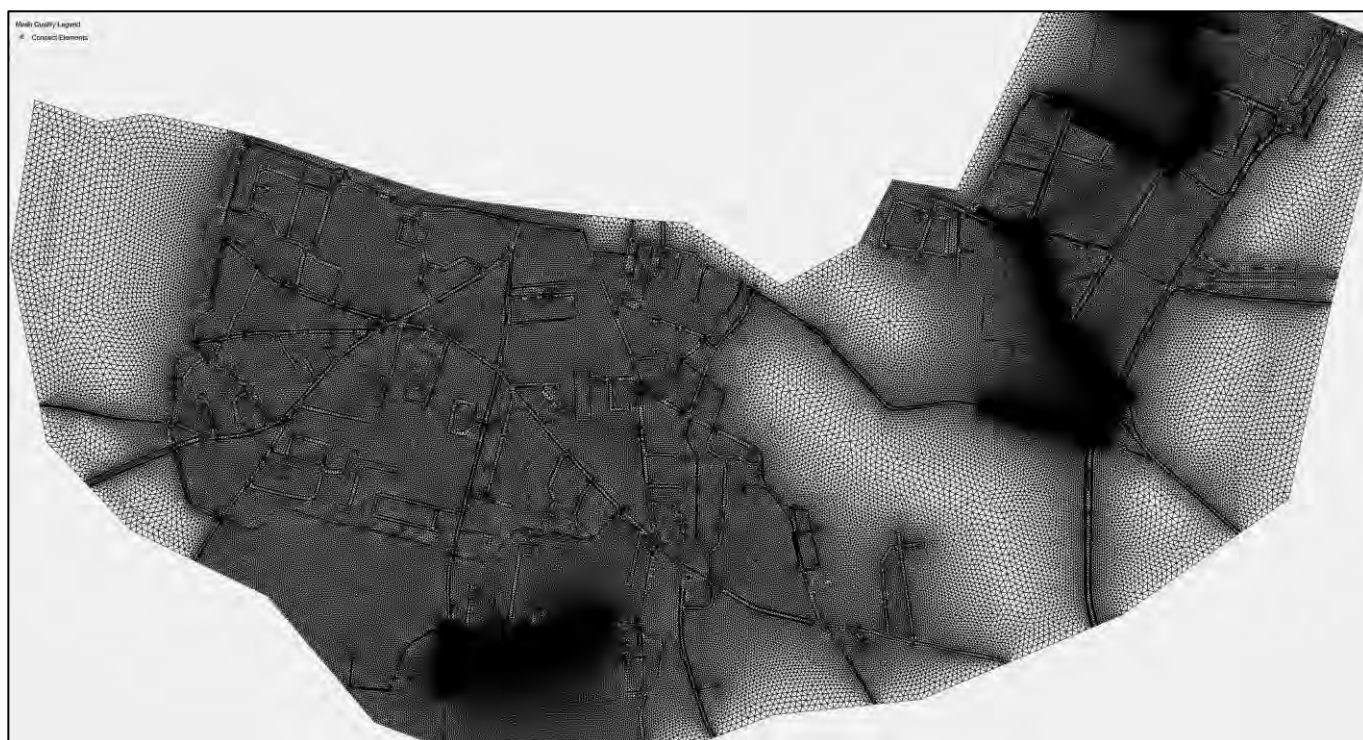


Illustration 16 : Vue en plan du maillage du modèle hydraulique

La différence de rugosité du sol a été prise en compte en différenciant les surfaces naturelles des surfaces anthropisées, notamment représentées par les routes.

Le maillage créé intègre également les bâtiments de la ville. L'obstacle représenté par ces derniers est pris en compte dans le modèle en considérant une très forte rugosité au droit des bâtiments. Etant donné que le territoire urbanisé de la commune est très majoritairement résidentiel et peu dense, aucun secteur compris dans l'emprise de la modélisation n'est identifié comme un groupe d'obstacles pouvant conduire à une forte canalisation des écoulements au niveau d'un axe de circulation. En ce sens, la prise en compte des bâtiments une rugosité élevée est considérée comme satisfaisante.

La différenciation spatiale mentionnée ci-dessus est prise en compte en intégrant le coefficient de Strickler noté K. Il est alors retenu :

- K=3 pour les bâtiments ;
- K=20 pour les surfaces naturelles ;
- K=40 pour les routes.

B.II.1.3.2. Prise en compte des réseaux pluviaux

Plan du réseau pluvial – Nîmes métropole

Le réseau pluvial de la commune a été transmis par les services de Nîmes métropole. Les données recueillies permettent d'identifier les tronçons structurants du réseau et de compléter les éléments observés sur le terrain. Les principaux éléments structurants du réseau EP sont les suivants :

- Présence du « grand fossé » sur la face Sud/Sud-Ouest de l'aire urbaine de Manduel. Le ruissellement est restitué vers le Buffalon ;
- Une branche principale du réseau pluvial enterré collecte une large partie de l'aire urbaine de la commune et est connectée au grand fossé, à proximité de son exutoire. Cette branche collecte essentiellement du ruissellement urbain.
- Une seconde branche principale du réseau pluvial enterré est identifiée sur la partie Est de la zone urbanisée de la commune. Celle-ci draine des écoulements périphériques et est connectée à un réseau de fossés situés en aval du périmètre de modélisation qui se rejettent vers le cours d'eau du Buffalon.

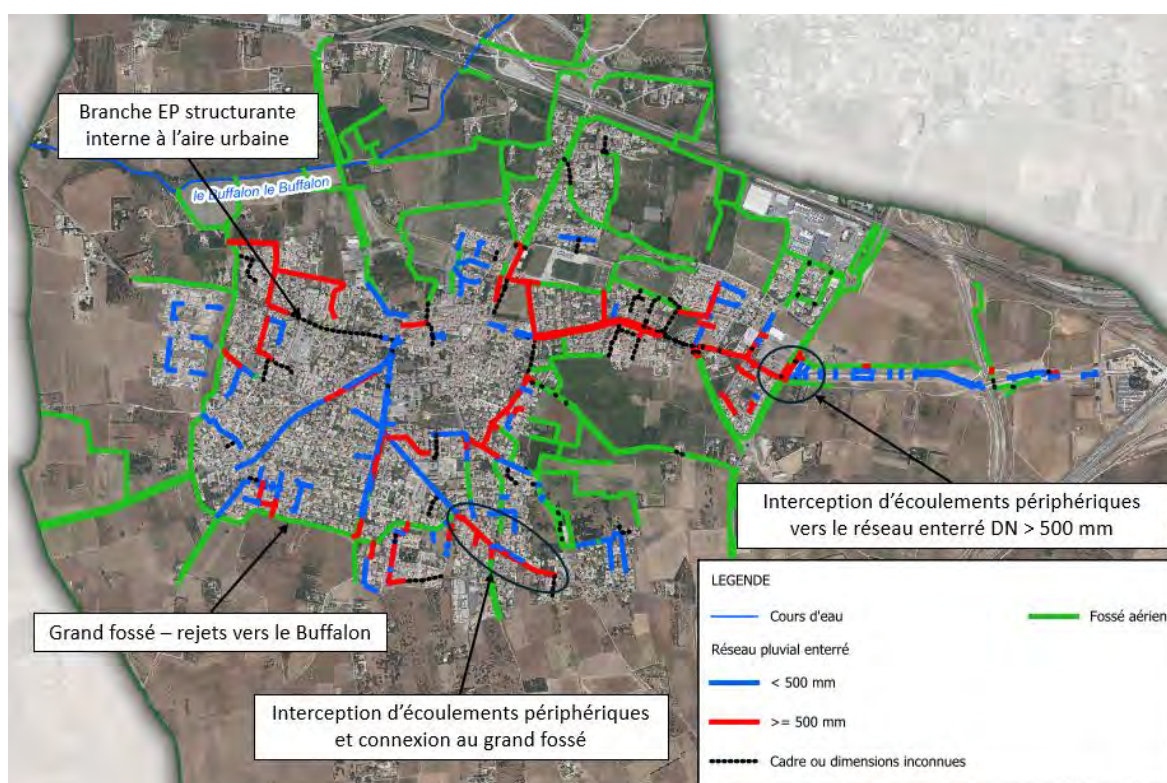


Illustration 17 : Vue en plan du maillage du modèle hydraulique



Investigations complémentaires

Les éléments fournis par Nîmes métropole permettent d'avoir une vision globale sur le réseau pluvial de la commune. Il se trouve néanmoins que certaines données sont parfois manquantes et il faut par conséquent faire des compléments afin de pouvoir utiliser cette donnée d'entrée.

En ce sens, l'ensemble des fossés identifiés soit via le plan des réseaux soit directement sur le terrain ont été levés par Cereg afin de croiser les dimensions mesurées à la topographie issue du Lidar HD. Il se trouve en effet que les fossés apparaissent via le Lidar HD mais il convient d'affiner leur géométrie notamment en vérifiant leur largeur en gueule et en fond.

De plus, de par l'importance du grand fossé vis-à-vis des ruissellements à l'échelle de la commune, les ouvrages de franchissement des différentes routes ont été levés par Cereg afin d'être implantés sur le modèle hydraulique. Au total, six ouvrages de franchissement ont été identifiés sur le linéaire du grand fossé qui intersecte l'emprise de la modélisation.



Prise en compte du réseau pluvial dans le modèle hydraulique

A la lumière de l'ensemble de ces éléments, il convient de prendre en compte les axes structurants du réseau pluvial dans le modèle hydraulique. Soit en intégrant les ouvrages de franchissement comme cela peut être le cas pour le grand fossé, soit en considérant qu'un certain débit est accepté par le réseau enterré et en le faisant directement sortir du modèle (représentant un écoulement « direct » vers l'exutoire).

En ce sens, il est fait le choix de prendre en compte dans le modèle la capacité hydraulique des branches principales pour lesquelles le diamètre des canalisations est supérieur ou égal à 500 mm (au niveau de l'engouffrement). Ceci concerne quasi essentiellement la branche de réseau enterré qui draine la partie Est de l'aire urbaine de Manduel.

Il est en effet considéré que les conduites dont le diamètre nominal est inférieur à 500 mm sont transparentes pour un épisode pluvieux d'occurrence centennale.

Au Sud de l'aire urbaine de la commune, une branche de réseau de DN supérieur à 500 mm est reliée au grand fossé. La part d'écoulements périphériques liée à cette branche est injectée au grand fossé.

B.II.1.3.3. Conditions aux limites



Conditions limites amont :

- La pluie nette est précipitée sur le maillage du modèle 2D.
- Les hydrogrammes issus des bassins versants non modélisés en 2D sont injectés aux limites amonts du maillage.

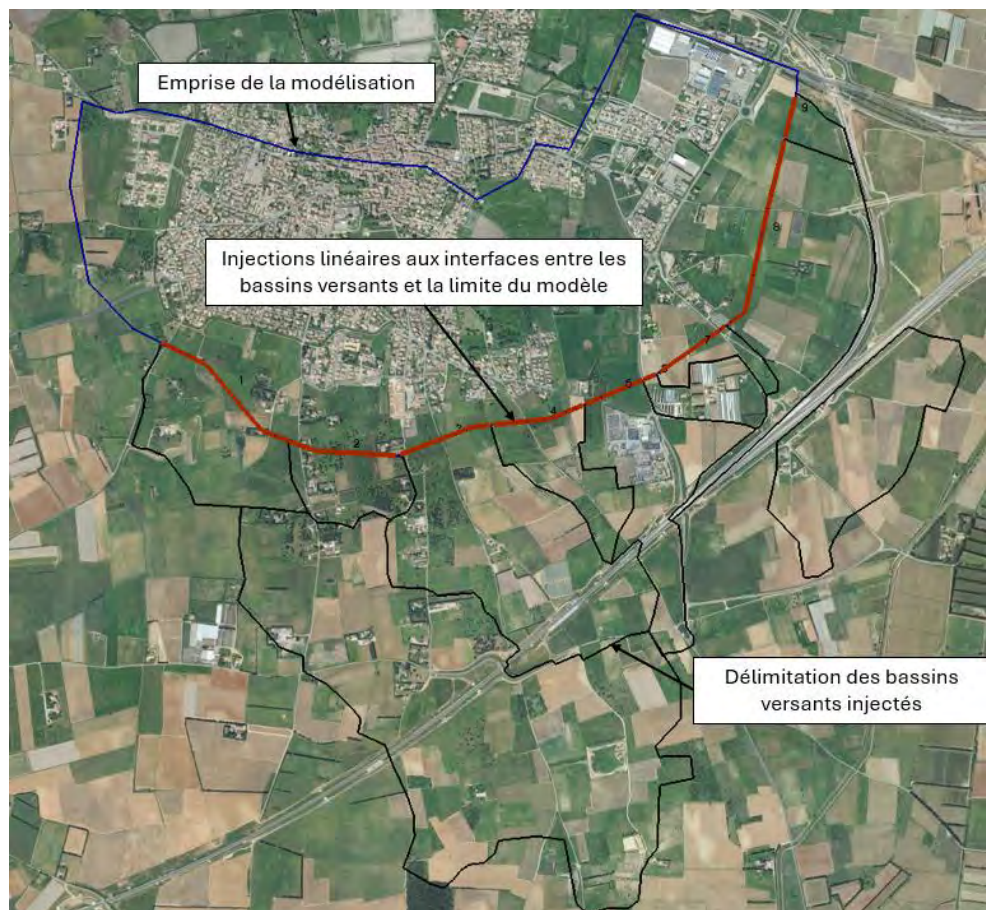


Illustration 18 : Cartographie des injections en limite du modèle

Les injections réalisées tiennent également compte de la ligne LGV et des ouvrages de franchissement qui ont été réalisés. Il faut également noter que cette ligne de voie ferrée a fait l'objet d'un dossier d'autorisation environnementale au titre de la rubrique 2.1.5.0 de la Loi sur l'Eau.

La localisation des ouvrages de franchissement de la LGV croisée avec les bassins versants de l'étude est rappelée ci-après :

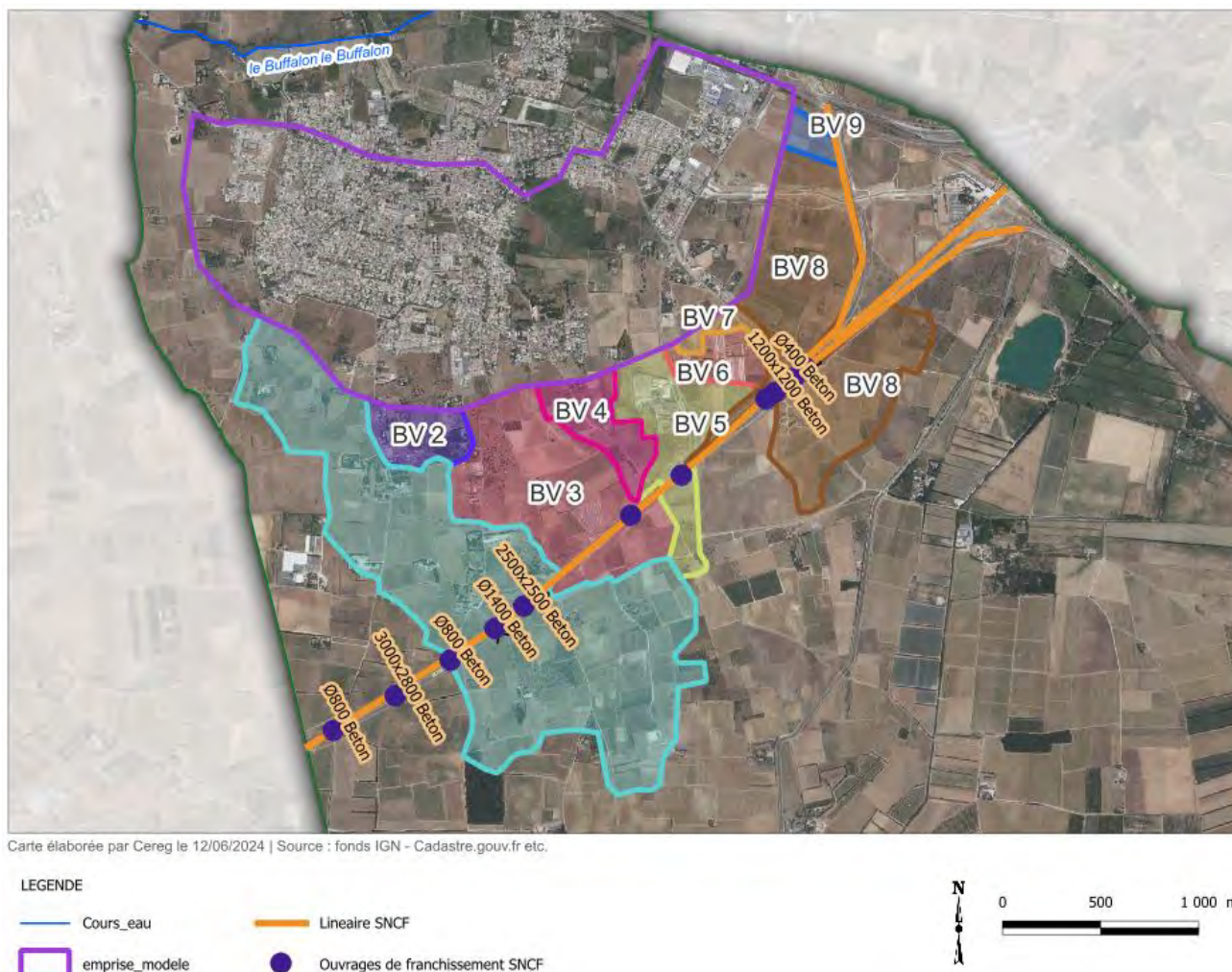


Illustration 19 : Localisation des ouvrages de franchissement de la voie LGV par rapport aux bassins versants de l'étude

La localisation des ouvrages de franchissement de la voie LGV est également étudiée afin de s'assurer que ceux-ci ne génèrent aucune influence notable sur les injections qui sont réalisées en limite amont du modèle hydraulique :

- BV 1 : Trois ouvrages de franchissement sont recensés. Le DN 800 est placé en point haut donc celui-ci n'a pas de réel intérêt.

En amont de la LGV, les écoulements ne sont pas canalisés par des ouvrages spécifiques à la LGV. Le ruissellement est dans sa grande majorité naturellement dirigé vers les deux ouvrages de franchissement qui sont placés en point bas. L'écart entre les deux s'explique par la présence d'un point haut local entre ces derniers.

L'injection vers le modèle hydraulique est située plus de 1 400 m en aval de la voie ferrée. L'accélération ponctuelle induite par les ouvrages de franchissement (et de transparence) de la voie ferrée n'est pas de nature à remettre en question les conditions d'écoulement au niveau de la limite amont de l'emprise de la modélisation.

- BV 3 : La superficie du bassin versant située en amont de la voie ferrée est de 15.1 ha, ce qui représente environ 22% de la superficie totale du bassin versant. Pour ce bassin versant, la LGV constitue un obstacle globalement situé à proximité du point haut du bassin versant (voir l'illustration du tracé des bassins versants). L'impact brut de la LGV est donc plutôt limité.

Un seul ouvrage de franchissement de la LGV a été identifié sur cette zone. Dans le cas de ce bassin versant, cet ouvrage de franchissement modifie les conditions d'écoulement en amont de la voie ferrée, ce qui a tendance à ralentir l'écoulement général puisque celui-ci est « bloqué » par le remblai de la LGV.

En aval du franchissement, l'écoulement doit encore parcourir 900 m avant d'atteindre le point d'injection.

La présence de l'ouvrage de franchissement va localement modifier les conditions d'écoulement. Dans le cadre de la modélisation hydrologique, la LGV n'est pas considérée, ce qui conduit à un temps de concentration plus faible et donc une légère surestimation du débit de pointe généré.

Cette approche est sécuritaire vis-à-vis du ruissellement dirigé vers la zone urbaine de la commune.

- BV 5 : La configuration du bassin versant et la présence d'un ouvrage de franchissement de très grande capacité n'a qu'un impact très limité (pour ne pas dire aucun) sur le ruissellement généré en amont de la voie ferrée.

Ceci est d'autant plus le cas que la limite de l'emprise de la modélisation est située à plus de 600 m en aval de la voie ferrée. L'accélération potentielle de l'écoulement au sein de l'ouvrage de franchissement est négligeable et les écoulements retrouvent une configuration proche de leur état naturel en aval.

- BV 8 : La configuration de ce bassin versant est particulière par rapport aux autres BV étudiés car les contre canaux de la LGV ne sont pas liés au BV 8.

La modification locale de la topographie liée aux travaux d'aménagement de la voie ferrée conduit à une modification notable des conditions d'écoulement de la partie Nord-Est de la zone située en amont de la voie ferrée sur environ 11.5 ha. L'écoulement est bloqué par la voie ferrée et celui-ci est dirigé vers les ouvrages de franchissement situés plus au Sud.

Sur la partie Sud, 4 ouvrages de franchissement permettent d'assurer la transparence du ruissellement par rapport à la situation avant création de la LGV.

En aval des ouvrages de franchissement, les terrains sont légèrement réhaussés par rapport au terrain naturel en pied du talus de la voie ferrée. En ce sens, la configuration naturelle des terrains situés en aval de la voie ferrée conduit à la canalisation du ruissellement provenant de l'amont et ceux-ci doivent parcourir environ 900 m avant d'atteindre la limite de l'emprise de la modélisation.

La LGV n'a donc pas d'impact sur le temps de concentration du bassin versant 8. La concentration des écoulements induite en amont de la voie ferrée ainsi que leur accélération au sein des ouvrages de franchissement conduit à un impact limité puisque les quatre ouvrages de franchissement conduisent à des « rejets » en différents points et que ces derniers sont canalisés par la configuration naturelle des terrains en aval de la voie ferrée. Ainsi, il est considéré que la LGV n'a qu'un impact négligeable sur la modélisation hydrologique et le bassin versant 8 est modélisé comme une entité unique pour un temps de concentration conforme à la situation des terrains avant aménagement de la LGV.

Compte de l'absence d'impact sur les écoulements – éléments nécessairement validés lors du dossier d'autorisation de la voie SNCF – et de la distance entre cette voie et les points d'injections dans le modèle hydraulique, l'accélération des écoulements produite par les ouvrages traversants et les contre-canaux sont locales et ne devrait pas réglementairement avoir d'incidences notables sur les hydrogrammes injectés.



Condition limite aval :

Aux frontières aval du modèle 2D, une condition de libre écoulement est considérée. Il s'agit d'un coefficient d'écoulement défini tel que la pente de la ligne d'eau soit parallèle à la pente du terrain naturel.

B.II.1.3.4. Nombre de courant des simulations

Le logiciel SW2D adapte automatiquement le pas de temps du calcul en le réduisant afin d'atteindre les critères de convergences, notamment vis-à-vis du nombre de courant, pour résoudre les équations.

Chacune des simulations effectuées dans le cadre de cette étude se base sur le maillage présenté dans les paragraphes précédents. En ce sens, il a été vérifié que le nombre de courant soit bien inférieur à 1 sur chacune des cellules du maillage utilisé.

La cartographie suivante montre le nombre de courant obtenu en chaque maille :

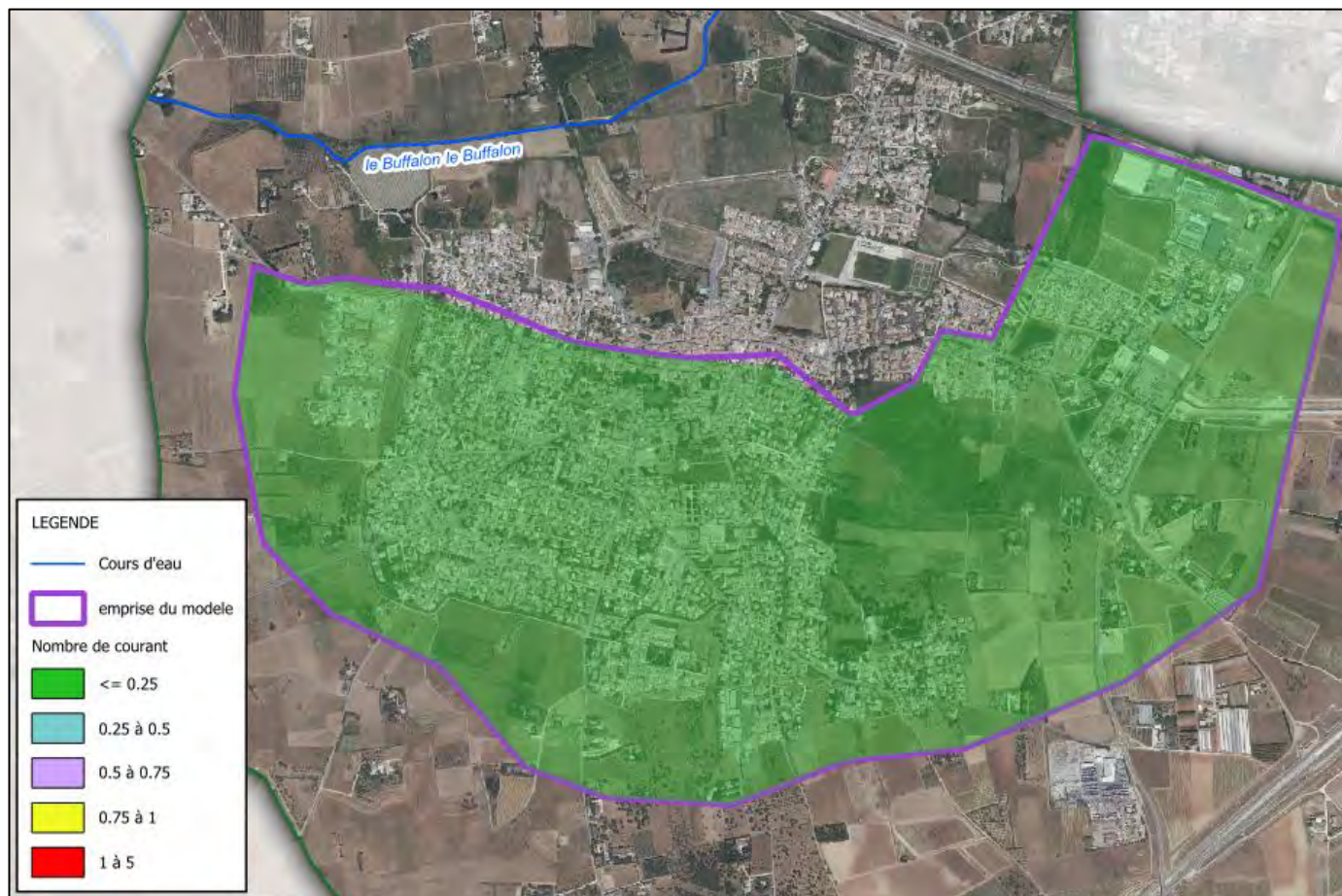


Illustration 20 : Nombre de courant maximal atteint lors de la modélisation pour la pluie d'occurrence centennale

B.II.2. Enquête de terrain

Afin de contrôler la qualité et la cohérence des résultats de la modélisation hydraulique, il convient de s'appuyer sur des informations historiques vis-à-vis du ruissellement (zones de la ville impactées, hauteur d'eau atteinte, etc...).

En ce sens, une enquête de terrain a été réalisée en janvier 2024 en compagnie de deux agents des services des espaces verts de la ville de Manduel. Cette enquête ayant pour objectif de faire l'inventaire des points noirs hydrauliques et/ou des zones à enjeu qui ont été identifiés lors de précédents événements pluvieux intenses.

De manière générale, les personnes rencontrées convergent à affirmer que l'évènement pluvieux ayant le plus impacté la commune depuis bien longtemps est celui de septembre 2021.



Analyse de l'évènement pluvieux de septembre 2021

L'évènement orageux de septembre de 2021 a principalement touché le Sud-Ouest de la ville de Nîmes. Cet évènement a été très localisé (épicerie présentant un rayon de 15 à 20 km de diamètre).

Dans le cadre de l'analyse de cet évènement pluvieux, CEREG a récupéré les données radars relatives à cet épisode et quatre postes situés à proximité de l'épicentre orageux ont été analysés. La ville de Manduel est située à mi-distance entre les postes de Nîmes-Courbessac et Nîmes-Garons :

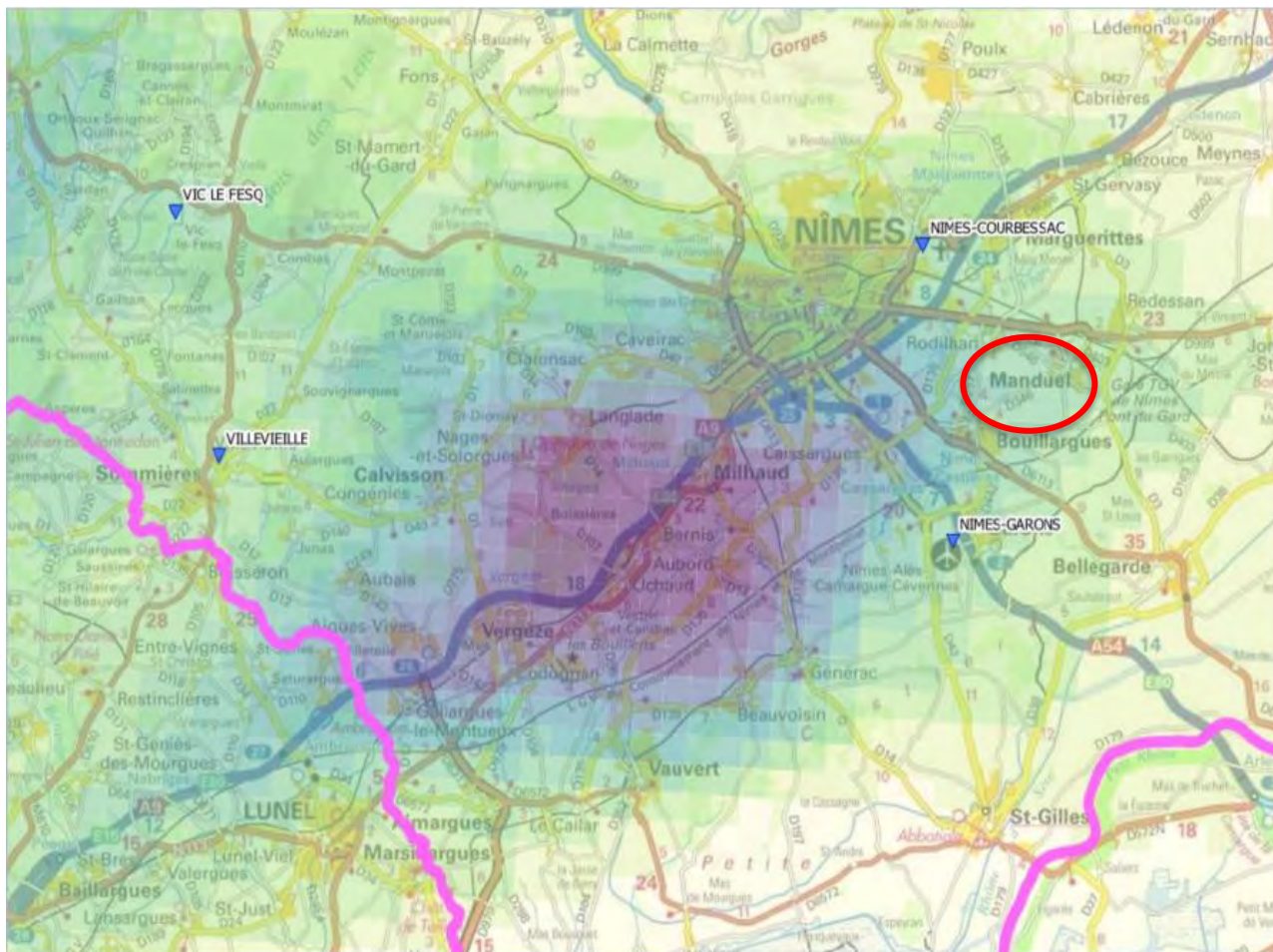


Illustration 21 : Epicentre de l'épisode de 2021 et localisation des postes analysés

Malgré l'écrêtement de certains pics d'intensité, la comparaison des hyétogrammes au droit de chacun des postes montre que la donnée radar est cohérente avec les pluviomètres de ces stations de mesure.

L'exploitation de la donnée radar permet alors de comparer la pluie de septembre 2021 aux pluies statistiques (Nîmes-Courbessac 1982-2020) au droit de chacun des quatre points présentés sur l'illustration ci-avant.

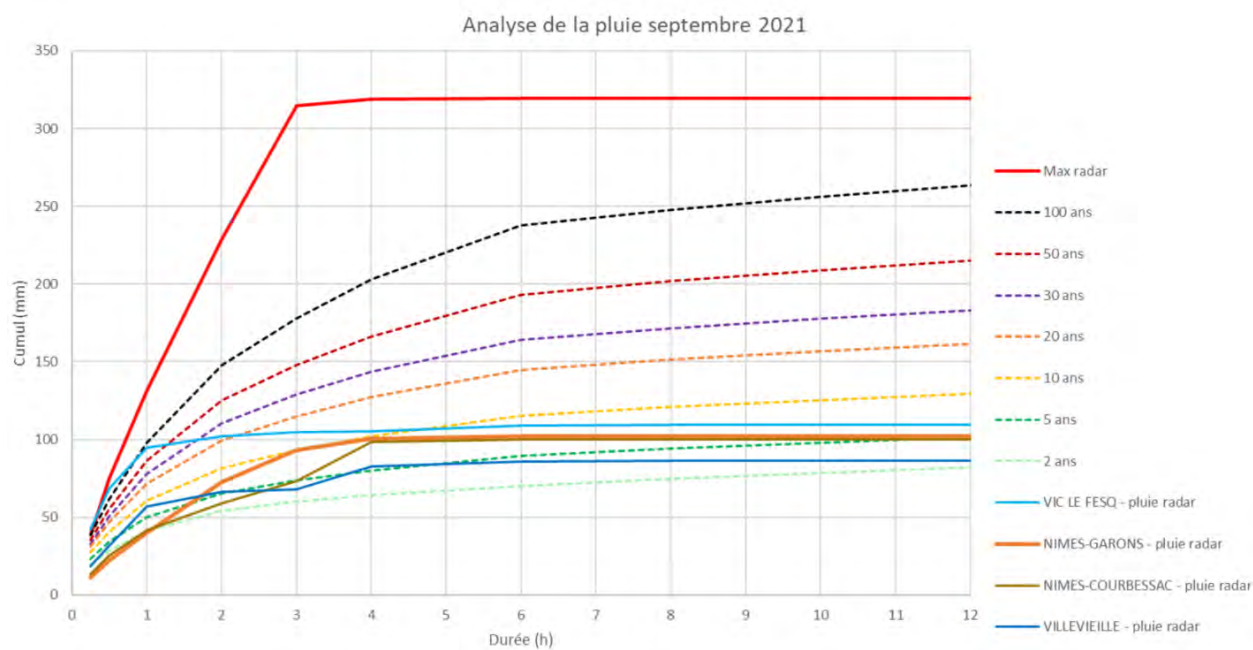


Illustration 22 : Analyse de la pluie de septembre 2021

Au niveau de Manduel, la période de retour de cet évènement peut être estimée aux alentours de la pluie décennale.

Cette analyse permet également d'appuyer sur le fait que la ville de Manduel n'a pas été soumise à un évènement rare depuis quelques décennies. Malgré les recherches effectuées, aucune trace d'un tel évènement n'a été retrouvée.



Résultats de l'enquête de terrain

En raison des conclusions de l'analyse de l'épisode pluvieux de 2021, qui est l'évènement le plus intense observé par les personnes rencontrées, l'enquête de terrain qui est réalisée se concentre sur les témoignages des agents municipaux ainsi que des habitants rencontrés afin de localiser les secteurs les plus impactés par le ruissellement pluvial.

L'ensemble des témoignages recueillis convergent vers une même tendance :

- Le grand fossé qui borde le Sud-Ouest de l'aire urbaine de la ville n'a jamais débordé depuis sa création (dont on ne dispose pour rappel d'aucune étude hydraulique/de dimensionnement) ;
- Le ruissellement pluvial à l'Est du grand fossé est canalisé par deux rues (le chemin du mas des Roziers et le chemin du bois des Roziers) sur lesquelles le réseau pluvial est non existant et/ou sous-dimensionné. Ceci conduit à la création d'un axe principal de ruissellement le long de la rue de Jeanne d'Arc qui s'écoule jusqu'au centre-ville (aux alentours de la place de la mairie) où des désordres sont fréquemment constatés.
- Dans une moindre mesure, le ruissellement urbain est canalisé par la rue de Bouillargues, où le réseau est également sous-dimensionné, ce qui participe à augmenter la part de ruissellement qui impacte le centre-ville.
- La hauteur d'eau peut atteindre 60 cm dans le centre-ville. L'ensemble du ruissellement est dirigé vers un ruisseau qui a été busé et bétonné, et qui représente l'exutoire de la zone. Malgré les problématiques fréquentes qui sont rencontrées, celles-ci sont ponctuelles puisque le niveau d'eau diminue très rapidement.

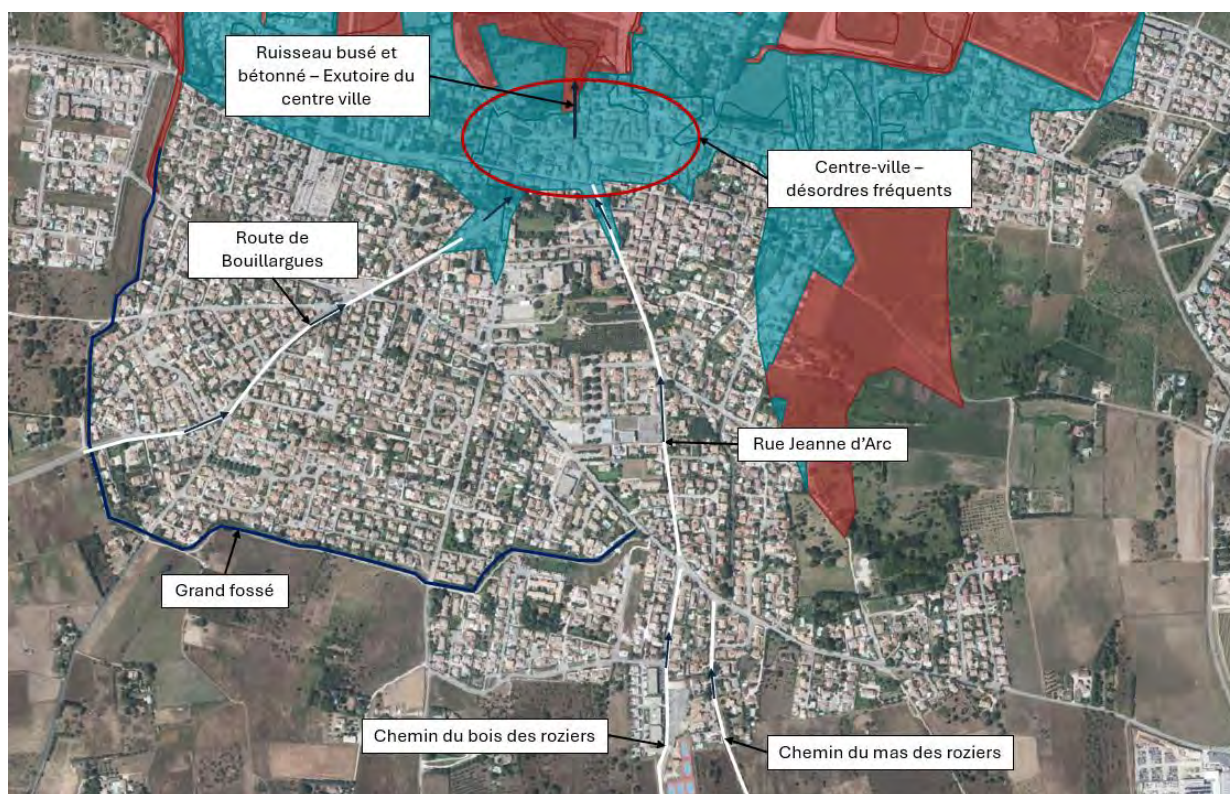


Illustration 23 : Synthèse des retours relatifs à l'enquête de terrain réalisée au mois de janvier 2024 - 1

- Un axe de ruissellement existe également selon l'axe Est/Ouest. Le ruissellement est dirigé vers le stade de football. Les aménagements pluviaux récents (bassins de compensation et/ou d'écroulement) couplés à la création de la voie ferrée ont néanmoins permis de réduire la problématique de ruissellement dans ce secteur.

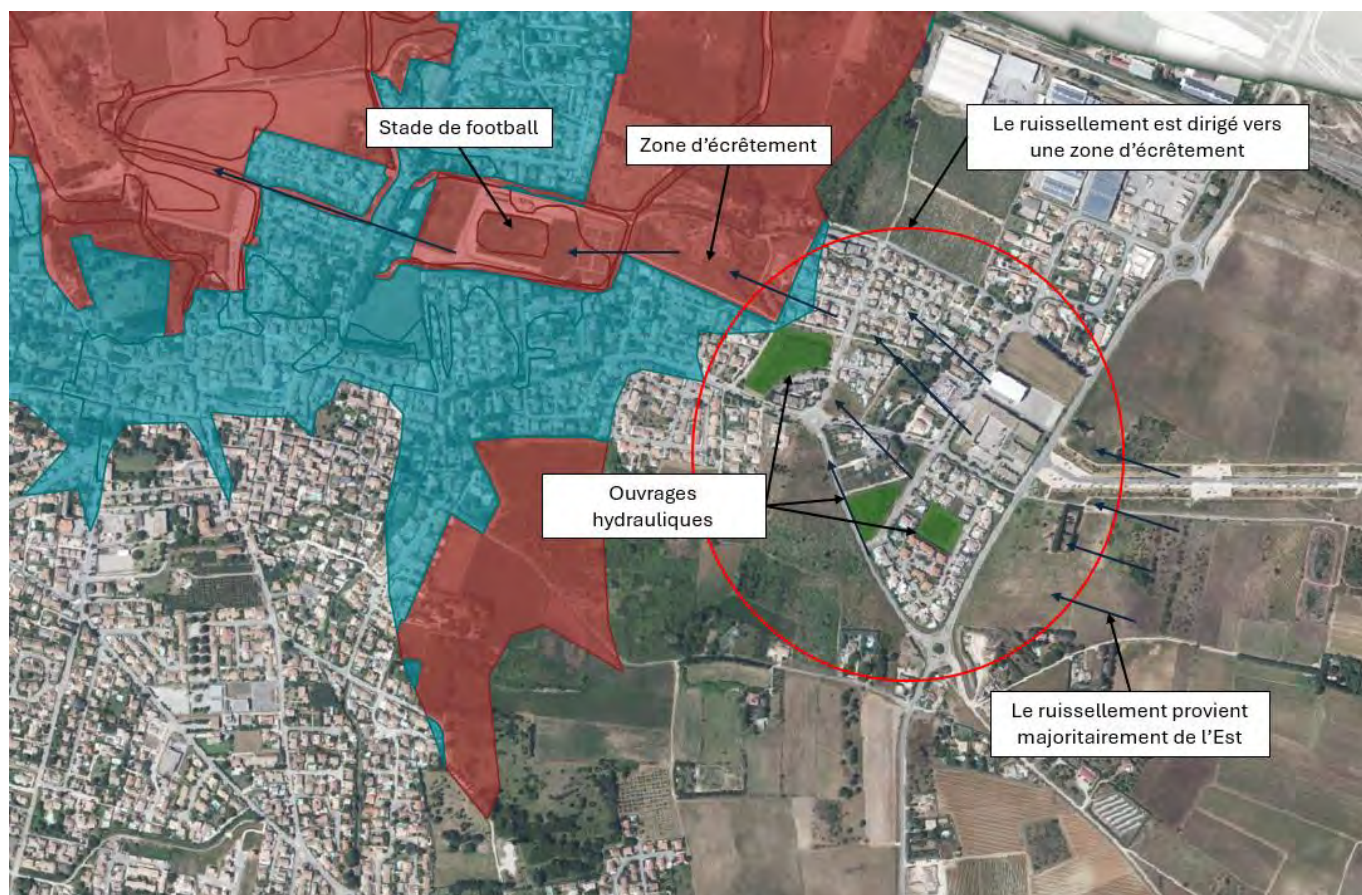


Illustration 24 : Synthèse des retours relatifs à l'enquête de terrain réalisée au mois de janvier 2024 - 2

Aucune information chiffrée permettant d'établir un certain niveau d'eau n'est exploitable dans le cadre de la présente étude car le centre-ville est situé en zone inondable au sens du PPRI. Les zones à enjeux ne sont a priori pas situées sur des axes problématiques.

Il convient néanmoins de se baser sur ces informations afin de valider la cohérence des résultats obtenus par la modélisation en deux dimensions du ruissellement à l'échelle de la commune.

B.II.3. Exploitation du modèle hydraulique en situation actuelle

B.II.3.1. Résultats généraux

La mise en œuvre du modèle hydraulique sous les hypothèses explicitées plus tôt met en lumière plusieurs phénomènes de ruissellement remarquables à l'échelle de la zone modélisée :

- Le grand fossé situé au Sud de l'aire urbaine de Manduel joue pleinement son rôle pour un événement centennal. Les débordements vers la ville sont diffus. La partie Sud-Ouest du territoire est protégée, notamment sur les secteurs de la rue de Bouillargues et du chemin de Garons où le ruissellement est particulièrement concentré en raison d'un bassin versant drainé de grande importance ;

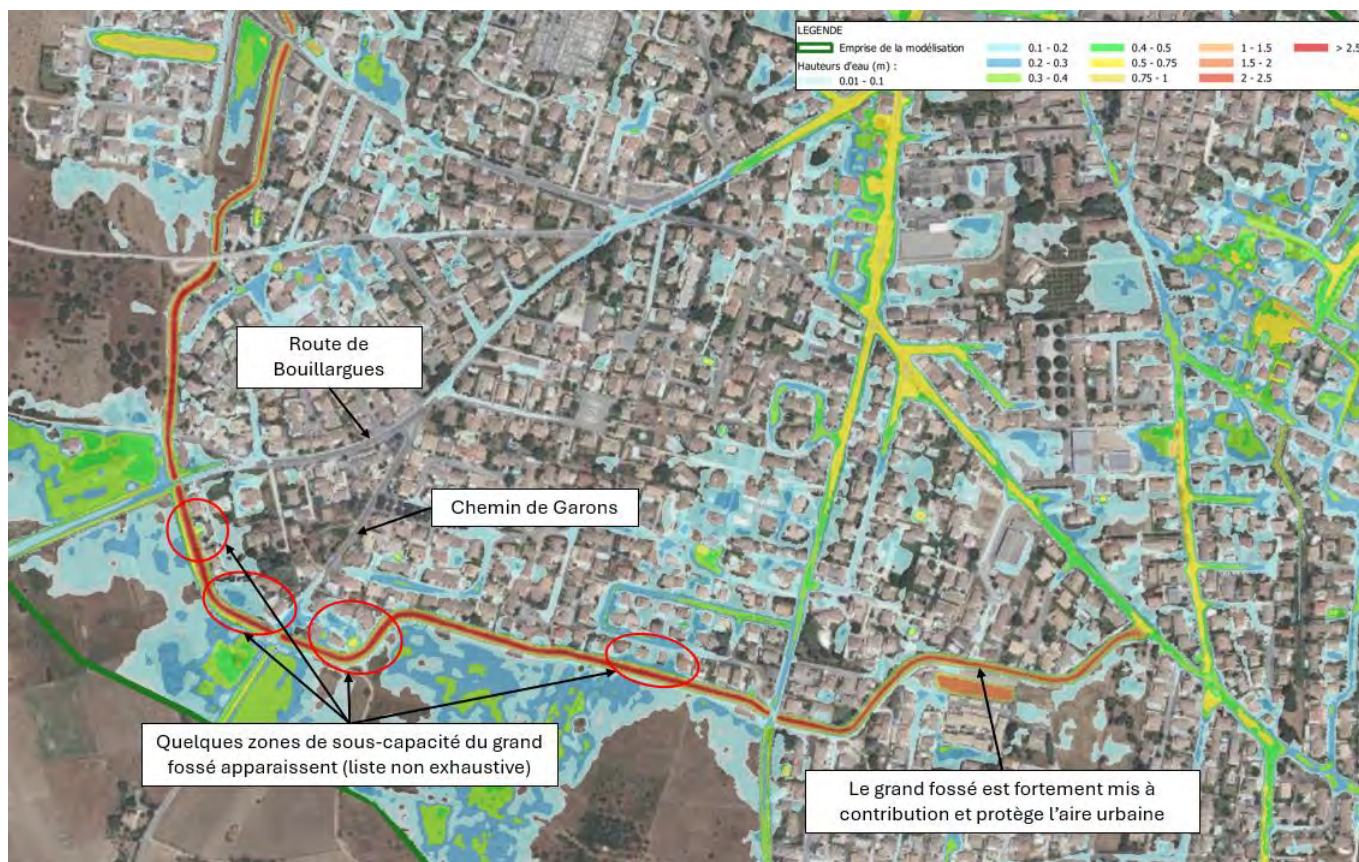


Illustration 25 : Analyse des résultats de la modélisation en état actuel – secteur grand fossé

- Sur les secteurs non protégés par le grand fossé, des axes de ruissellement apparaissent et ceux-ci traversent la zone de la modélisation.

La problématique de ruissellement mentionnée lors de l'enquête de terrain au niveau du chemin du mas des Roziers, du chemin de Saint Paul et de la rue de Jeanne d'Arc apparaît clairement. L'eau est canalisée le long de ces axes routiers et le ruissellement impacte le centre-ville avec des hauteurs d'eau supérieures à 30 cm.

- La zone inondable liée au PPRi qui remonte fortement sur le territoire communal (au niveau de l'intersection entre la rue des Lavandières et la rue Victor Hugo) est également représentée par la modélisation du ruissellement. De plus, les principaux axes d'apport apparaissent clairement.

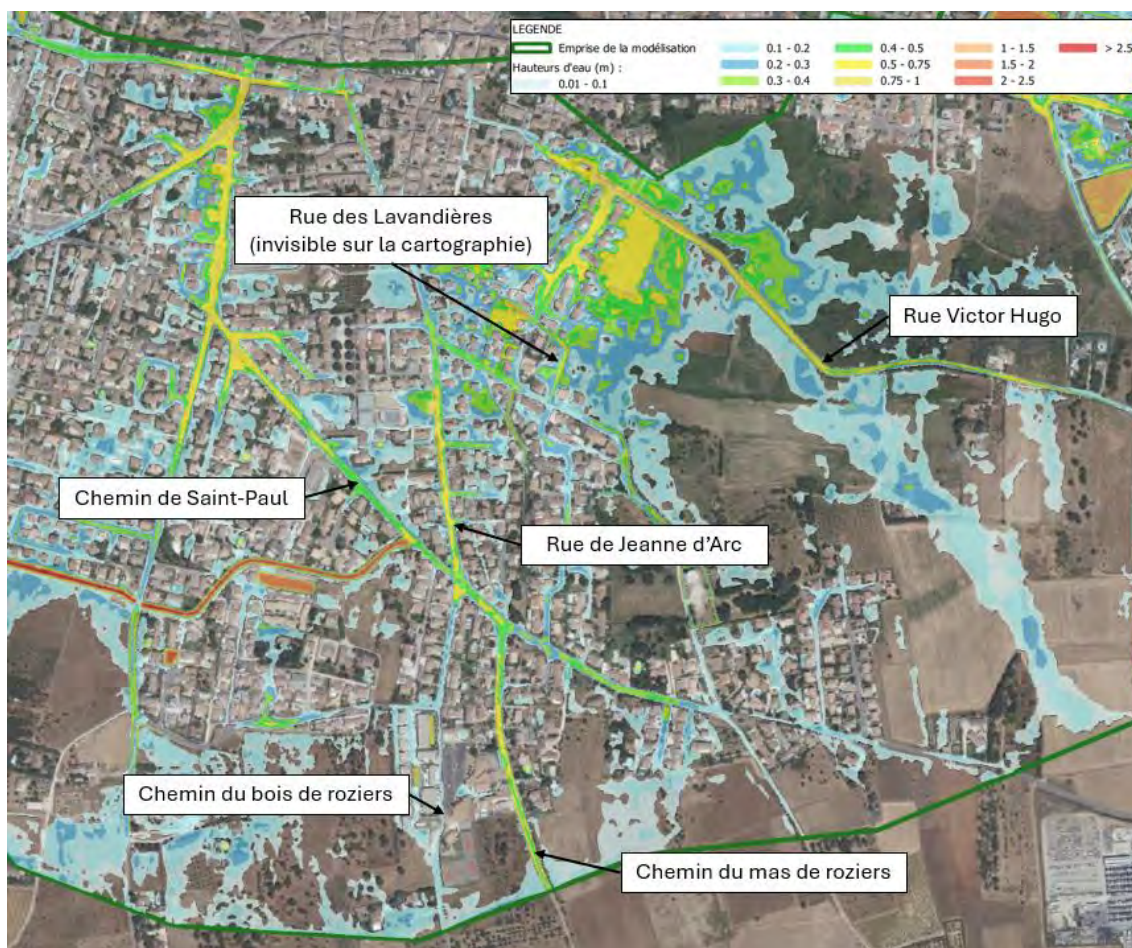


Illustration 26 : Analyse des résultats de la modélisation en état actuel – secteur Est par rapport au grand fossé

- Sur la face Est de l’emprise du modèle hydraulique, des zones de ruissellement concentré apparaissent :
 - Rue de Bellegarde et avenue de la gare. Le ruissellement est dirigé vers la zone du terrain de football (hors modélisation) ;
 - Au niveau de la zone d’activités de Fumerian. Le ruissellement est canalisé par les rues du lotissement et traverse une zone naturelle avant de rejoindre un fossé se rejetant vers le cours d’eau du Buffalon.

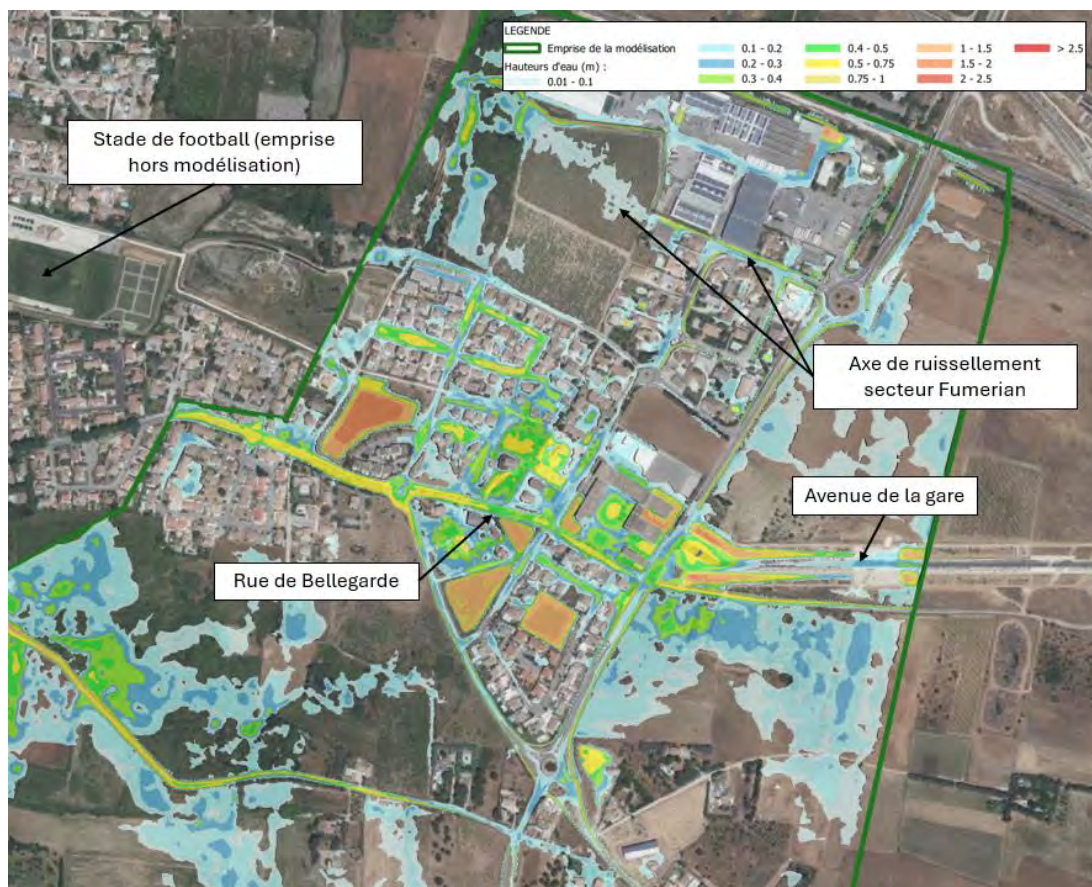
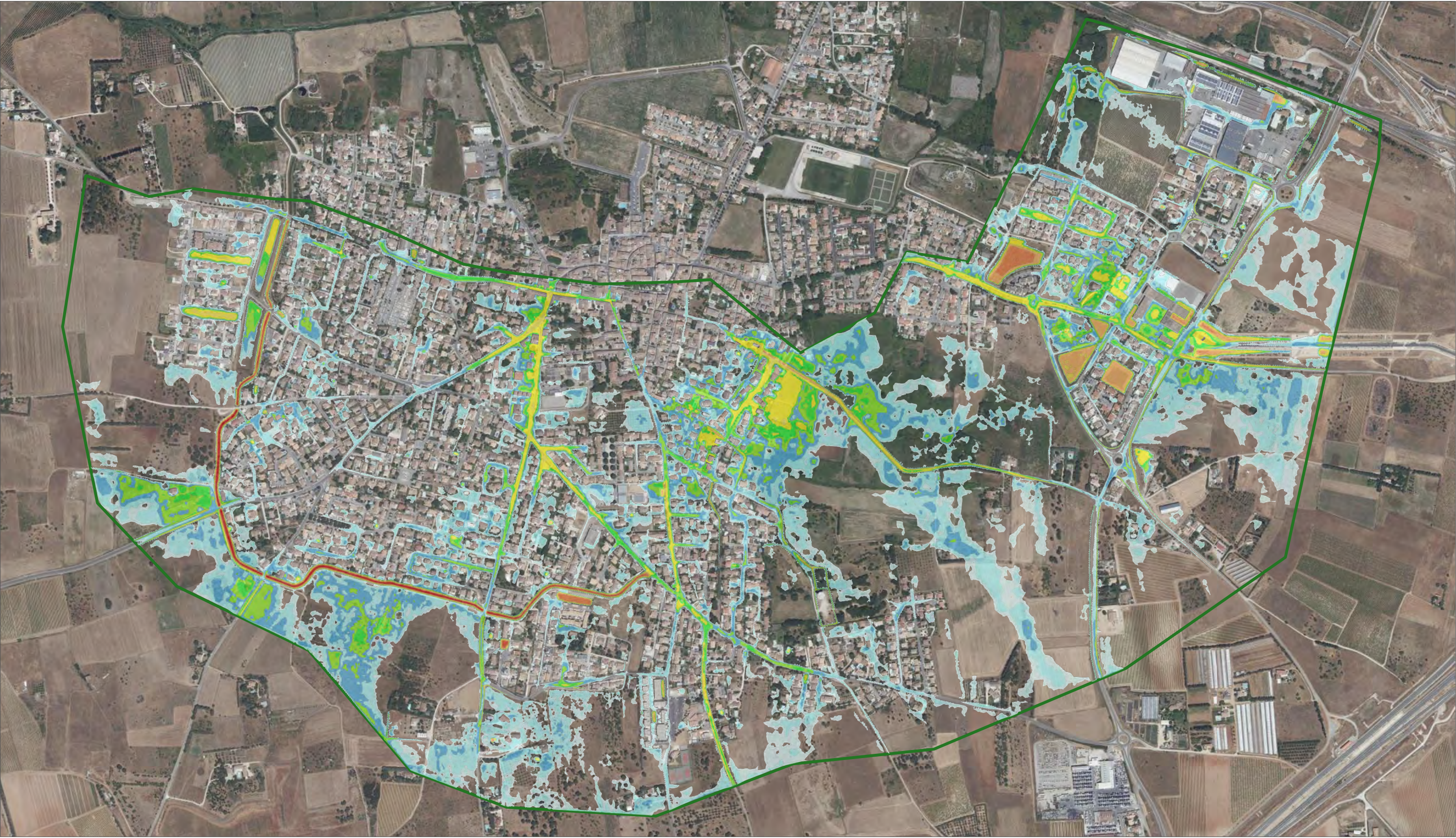


Illustration 27 : Analyse des résultats de la modélisation en état actuel – secteur Est et zone d’activités de Fumerian













Les cartographies relatives aux hauteurs d’eau et aux vitesses maximales obtenues à l’échelle de la commune sont disponibles sur les planches suivantes :

- Planche 1 : Cartographie des hauteurs d’eau maximales pour un évènement pluvieux d’occurrence centennale ;
- Planche 2 : Comparaison de l’enveloppe de crue du PPRI aux résultats obtenus sur les hauteurs d’eau ;
- Planche 3 : Cartographie des vitesses d’écoulement maximales pour un évènement pluvieux d’occurrence centennale.

Cartographie des hauteurs d'eau maximales atteintes en situation actuelle

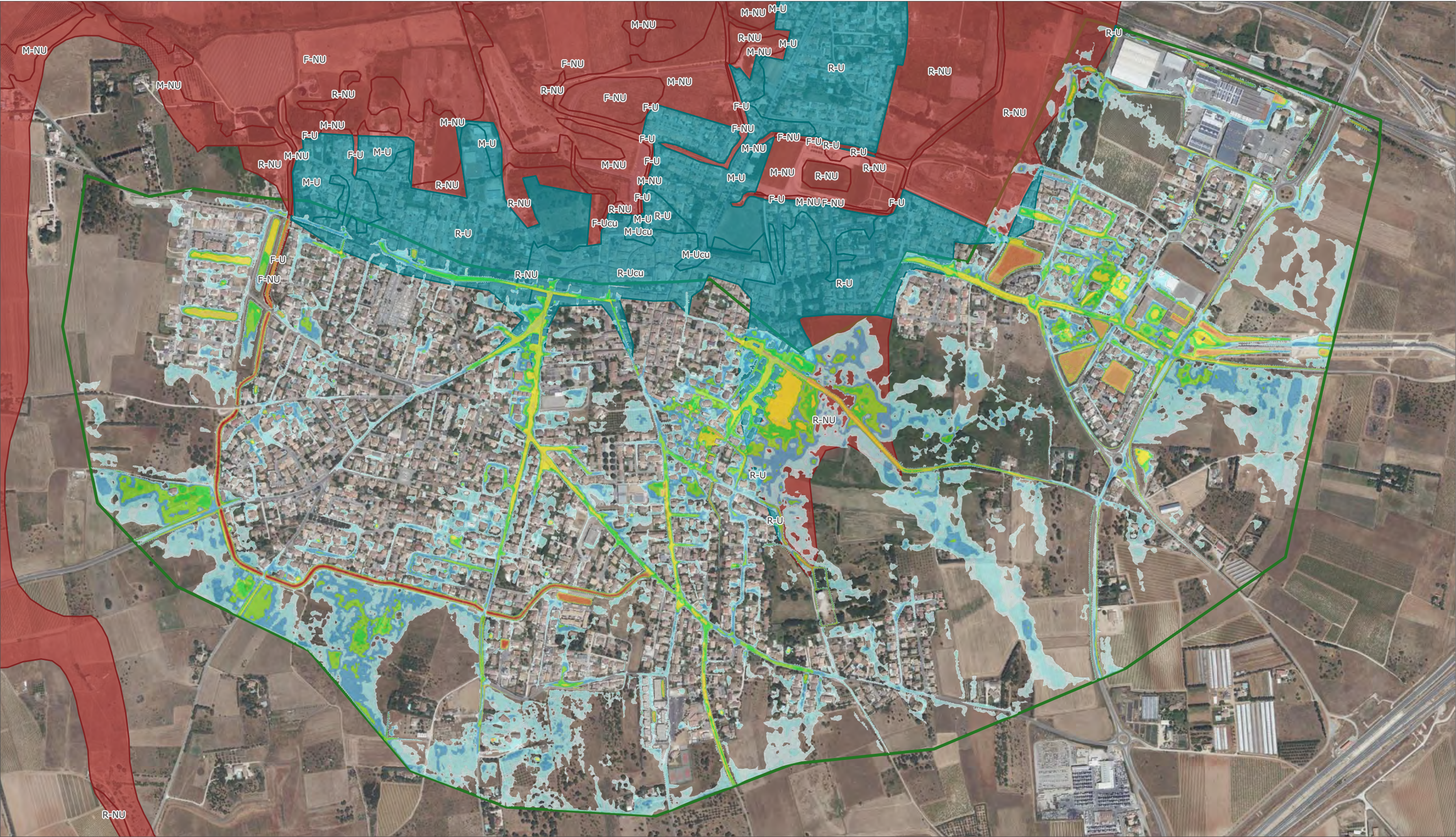


Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN















LEGENDE			
 Emprise de la modélisation	 0.2 - 0.3	 0.75 - 1	 2 - 2.5
Hauteurs d'eau (m) :	 0.3 - 0.4	 1 - 1.5	 > 2.5
	 0.4 - 0.5	 1.5 - 2	
	 0.01 - 0.1		
	 0.1 - 0.2	 0.5 - 0.75	



Cartographie des hauteurs d'eau maximales atteintes en situation actuelle et PPRi

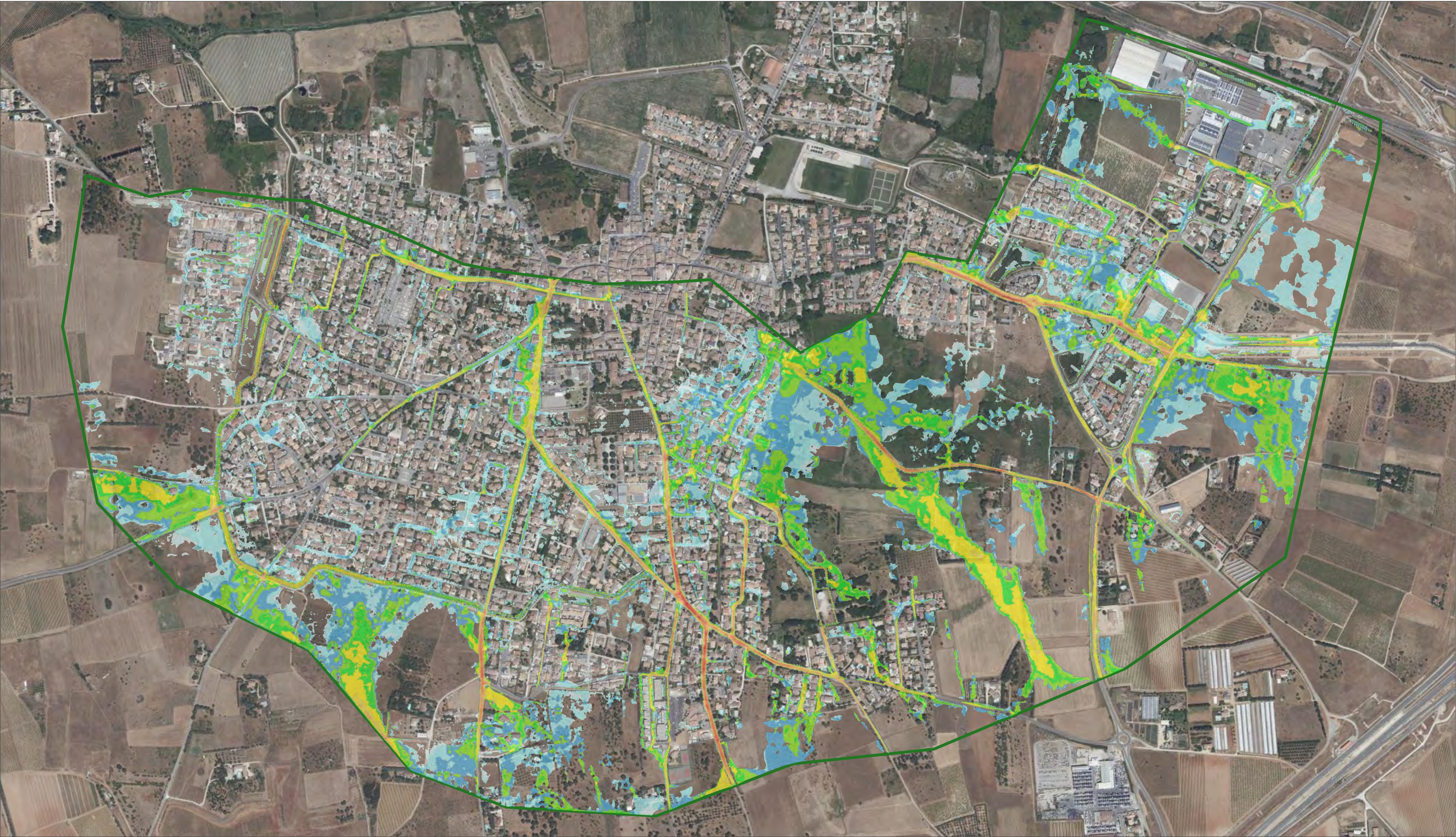


Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN













LEGENDE							
	Emprise de la modélisation						
Zonage réglementaire PPRi							
	Zone bleue						
	Zone rouge						
Hauteurs d'eau (m) :			0.3 - 0.4		0.75 - 1		2 - 2.5
	0.01 - 0.1		0.4 - 0.5		1 - 1.5		> 2.5
	0.1 - 0.2		0.5 - 0.75		1.5 - 2		
	0.2 - 0.3						



Cartographie des vitesses maximales atteintes en situation actuelle



Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE			
 Emprise de la modélisation	 0.2 - 0.3	 0.75 - 1	 2 - 2.5
Vitesses (m/s) :	 0.3 - 0.4	 1 - 1.5	 > 2.5
 0.01 - 0.1	 0.4 - 0.5	 1.5 - 2	
 0.1 - 0.2	 0.5 - 0.75		



B.II.3.2. Résultats au droit des zones à urbaniser

Zone à urbaniser Sud

La zone que la commune souhaite ouvrir à l'urbanisation située au Sud du grand fossé est impactée par le ruissellement provenant du Sud. La grande majorité du ruissellement entre sur les terrains en provenance du Sud-Ouest.

Deux principaux axes de ruissellement sont identifiés : l'un s'écoule depuis le Sud vers le Nord-Ouest tandis que l'autre suit un axe Sud/Nord. La répartition des écoulements entrants a été estimée en intégrant des sections spécifiques qui renvoient pour chaque pas de temps le débit qui traverse une section donnée.

L'illustration et le tableau présentés ci-après permettent de synthétiser la situation au droit de cette zone d'intérêt :

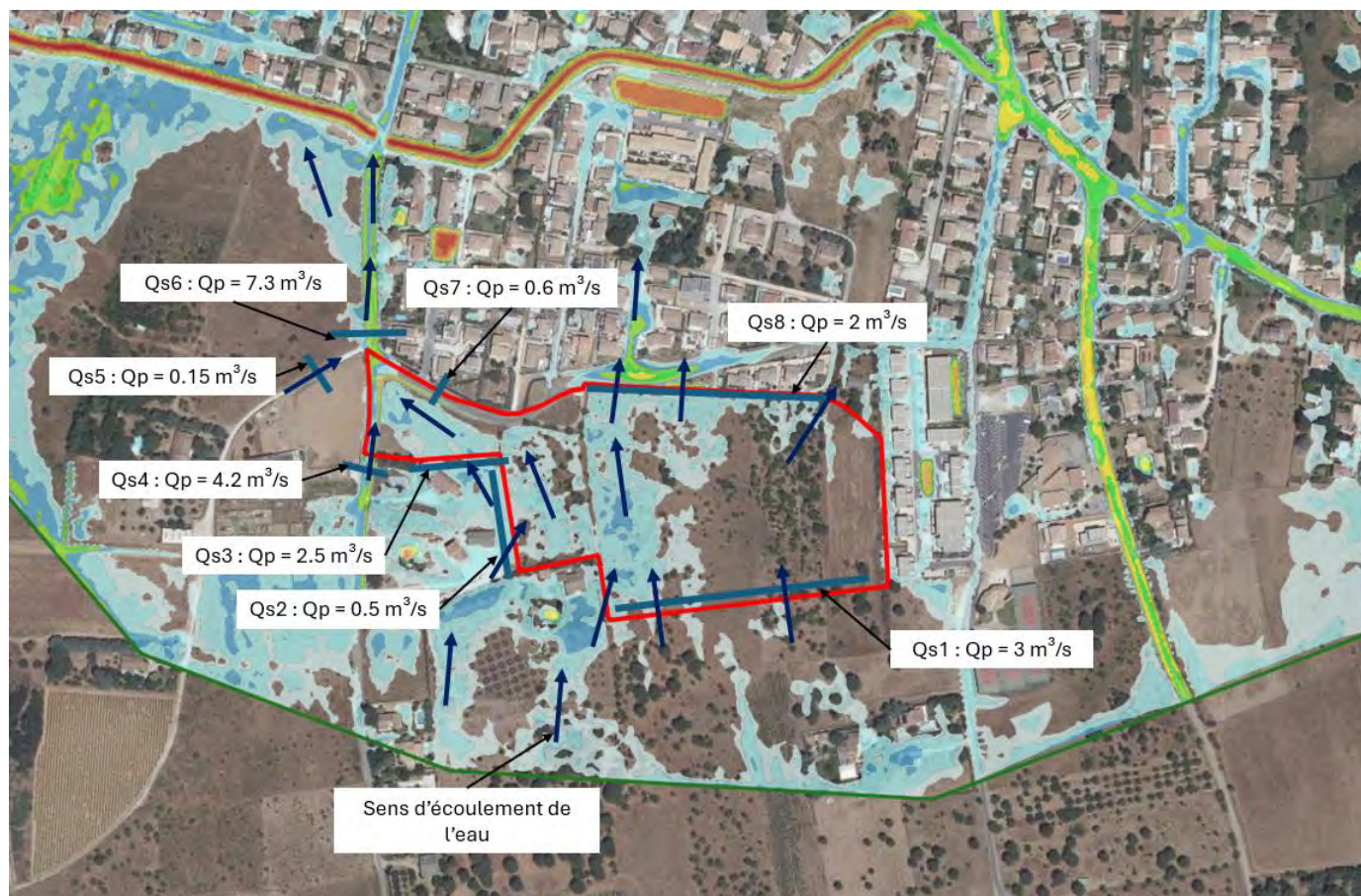


Illustration 28 : Débit de pointe mesuré en plusieurs sections en travers des axes de ruissellement

Point de mesure	Qs1	Qs2	Qs3	Qs4	Qs5	Qs6	Qs7	Qs8
Débit de pointe (m³/s)	3	0.5	2.5	4.2	0.15	7.3	0.6	2

Tableau 7 : Débit de pointe mesuré en plusieurs sections en travers des axes de ruissellement

L'analyse des débits de pointe relevés met en lumière les points suivants :

- Le débit de pointe entrant dans la zone d'étude est de l'ordre de 6 m³/s ;
- En termes de ruissellement vers l'aval, deux axes sont identifiés. Un premier qui propose du ruissellement diffus vers le lotissement plus au Nord et un second axe qui a plutôt tendance à concentrer les écoulements vers la voie qui longe les terrains sur la face Ouest.
- Les mesures d'exondement qui seront proposées par la suite devront permettre d'éviter le ruissellement vers le lotissement situé juste au Nord de l'opération afin de réduire les risques sur ce secteur.

Etant donné l'impact du ruissellement sur ce secteur, l'ouverture à l'urbanisation ne sera possible que sous réserve d'exonder les terrains pour un évènement pluvieux d'occurrence au moins centennale.

Les planches n°4 et n°5 proposent un zoom sur la zone à urbaniser Sud en termes de hauteurs d'eau et de vitesses atteintes pour un évènement pluvieux d'occurrence centennale.



Zone à urbaniser Est

La zone à urbaniser qui est située plus à l'Est sur le territoire communal est peu impactée par le ruissellement. Les terrains sont en effet en remblais par rapport aux principaux axes de ruissellement provenant de l'amont.

Seule une potentielle venue d'eau depuis les terrains privés situés au Sud-Est de la zone est identifiée. Des mesures d'exondement seront proposées afin d'éviter toute problématique de ruissellement.

Les planches n°6 et n°7 proposent un zoom sur la zone à urbaniser Est en termes de hauteurs d'eau et de vitesses atteintes pour un évènement pluvieux d'occurrence centennale.

Cartographie des hauteurs maximales atteintes en situation actuelle - Zone à urbaniser Sud

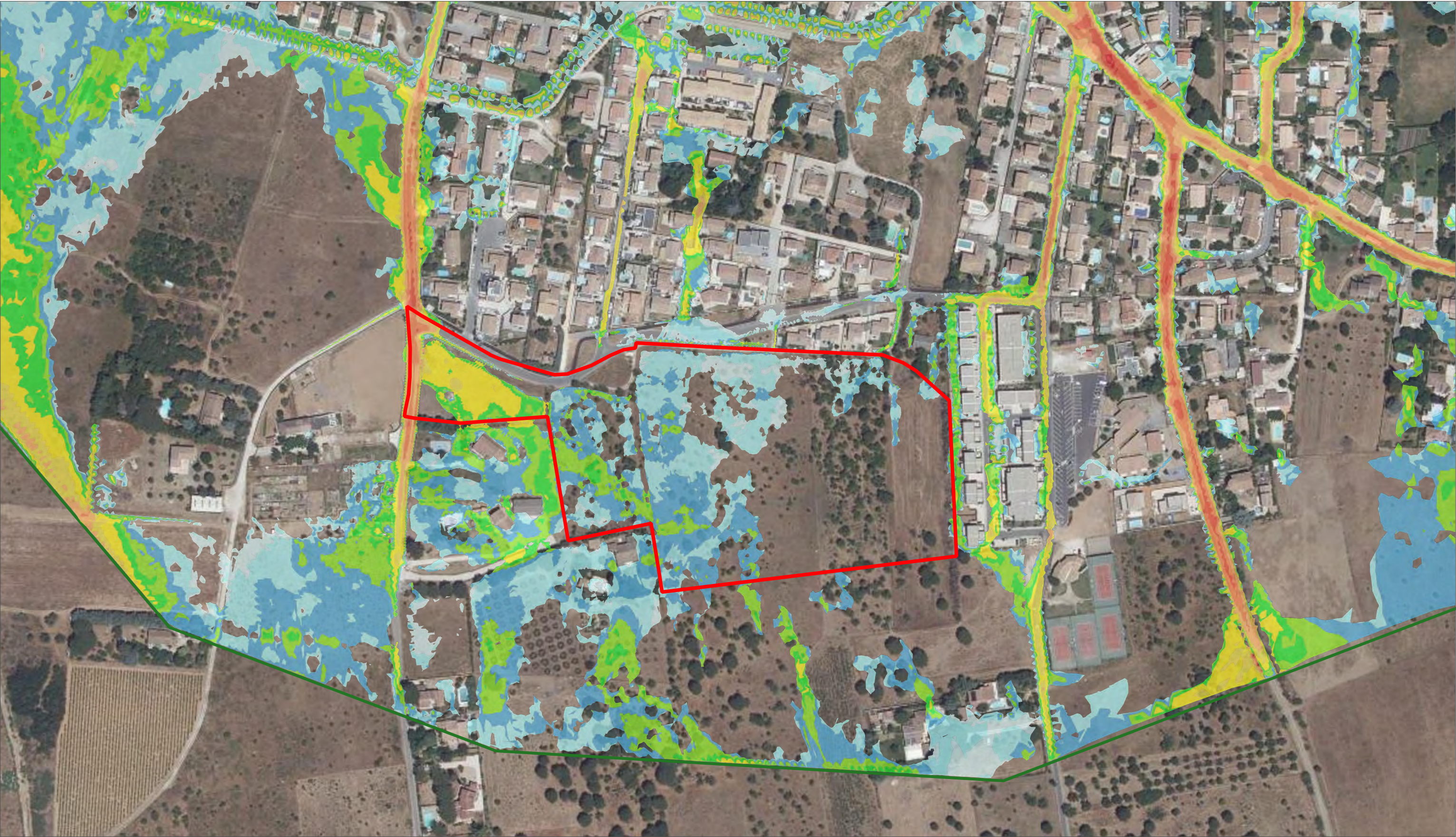


Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE			
	Emprise de la modélisation		0.1 - 0.2
	Emprise de la zone à urbaniser		0.2 - 0.3
Hauteurs d'eau (m/s) :			0.3 - 0.4
	0.01 - 0.1		0.4 - 0.5
	0.5 - 0.75		1 - 1.5
	0.75 - 1		1.5 - 2
	2 - 2.5		> 2.5



Cartographie des vitesses maximales atteintes en situation actuelle - Zone à urbaniser Sud

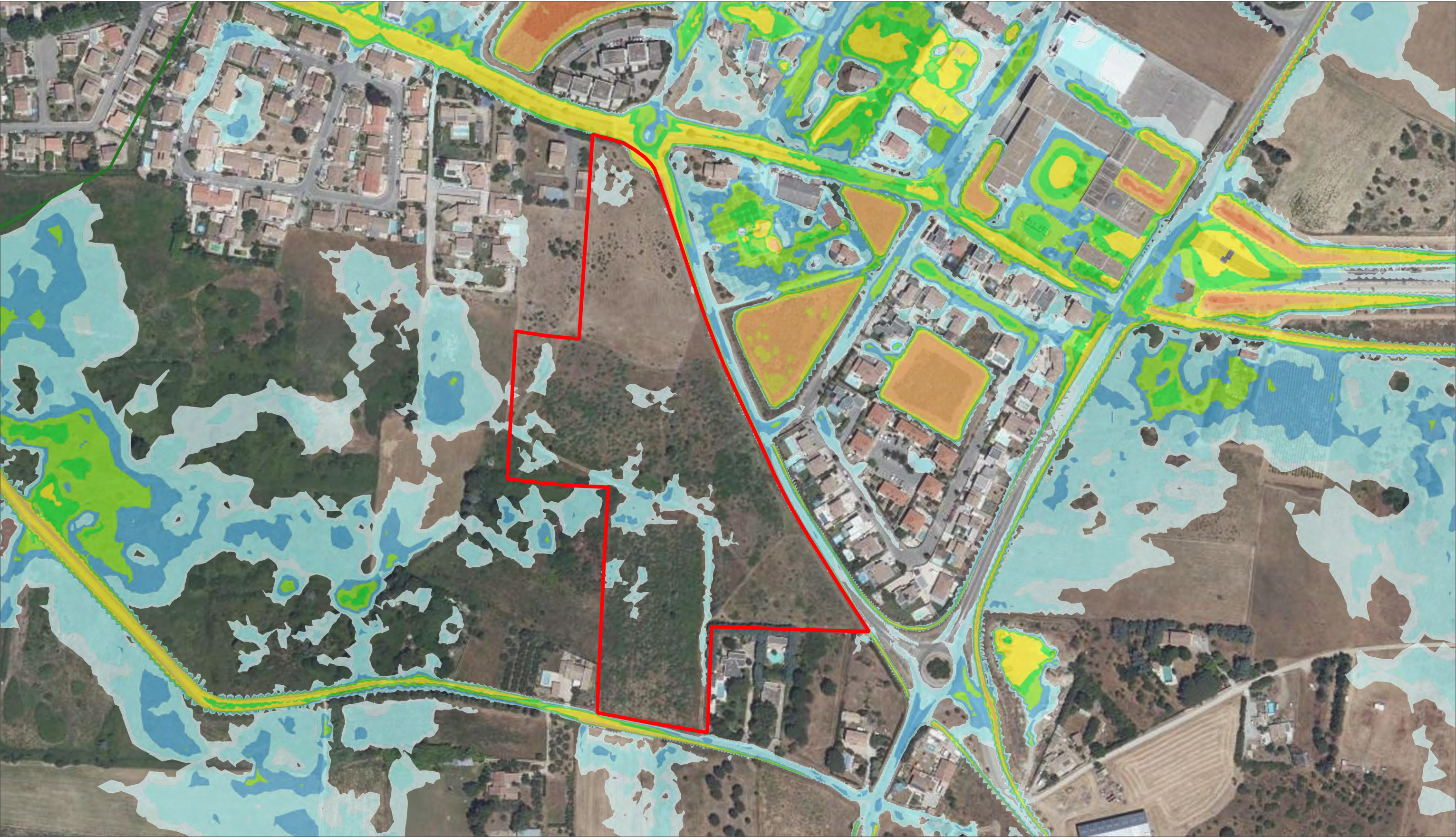


Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN














LEGENDE			
	Emprise de la modélisation		0.1 - 0.2
	Ouverture à l'urbanisation		0.2 - 0.3
Vitesses (m/s) :			0.3 - 0.4
	0.01 - 0.1		0.5 - 0.75
	0.4 - 0.5		1 - 1.5
	0.75 - 1		2 - 2.5
	1.5 - 2		> 2.5



Cartographie des hauteurs maximales atteintes en situation actuelle - Zone à urbaniser Est



Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE			
	Emprise de la modélisation		0.1 - 0.2
	Emprise de la zone à urbaniser		0.2 - 0.3
Hauteurs d'eau (m/s) :			0.3 - 0.4
	0.01 - 0.1		0.4 - 0.5
	0.5 - 0.75		0.75 - 1
	1 - 1.5		1.5 - 2
	2 - 2.5		> 2.5



Cartographie des vitesses maximales atteintes en situation actuelle - Zone à urbaniser Est



Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE			
	Emprise de la modélisation		0.1 - 0.2
	Ouverture à l'urbanisation		0.2 - 0.3
Vitesses (m/s) :			0.3 - 0.4
	0.01 - 0.1		0.4 - 0.5
	0.5 - 0.75		1 - 1.5
	0.75 - 1		1.5 - 2
	2 - 2.5		> 2.5



B.III. CARACTERISATION DE L'ALEA INONDATION

B.III.1. Différenciation de l'aléa inondation par débordement de cours d'eau et par ruissellement

L'aléa inondation sous sa forme générale caractérise parfois par des écoulements violents avec de fortes vitesses mais pas nécessairement des hauteurs d'eau importantes.

Ainsi, la qualification de l'aléa prend en compte à la fois les hauteurs d'eau et les vitesses. Deux classes d'aléas, aléa modéré et aléa fort, sont définies selon les modalités la doctrine de la DDTM du Gard de mai 2018 (cf. tableau ci-après).

<div>Vitesse</div> <div>Hauteur</div>		
	Moyenne $v \leq 0.5$ m/s	Forte $v > 0.5$ m/s
Hauteur > 0.5m	Fort (r-F)	Fort (r-F)
Hauteur ≤ 0.5 m	Modéré (r-M)	Fort (r-F)

Dans le cadre du zonage des ruissellements à l'échelle de Manduel, il est nécessaire de prendre en compte le fonctionnement hydraulique du Grand fossé qui ceinture l'aire urbaine de la commune sur sa face Sud-Ouest. Etant donné les caractéristiques de cet axe d'écoulement (bassin versant drainé supérieur à 1 km² notamment), il convient de le considérer comme un cours d'eau et l'aléa inondation au droit et en aval de celui doit être assimilé à un aléa inondation par débordement de cours d'eau.

La cartographie de l'aléa discerne par conséquent l'aléa inondation par ruissellement de l'aléa inondation par débordement du Grand fossé.

L'aléa inondation est cartographié sur la planche en page suivante.

B.III.2. Cartographie de l'aléa inondation sur l'ensemble de la zone modélisée

Les données issues de la modélisation hydraulique en termes de vitesse et de hauteur à l'échelle de la commune de Manduel sont traitées de façon à recréer les classes d'aléa données par le tableau ci-avant.

La planche n°8 fournit la cartographie de l'aléa inondation sur l'ensemble de l'emprise de la modélisation hydraulique. En dehors de cette emprise, l'aléa inondation n'est pas précisé et le ruissellement reste dirigé par le zonage EXZECO.

B.III.3. Aléa inondation au droit des zones à urbaniser

De la même manière que pour l'analyse des hauteurs et des vitesses atteintes au droit des futures zones à urbaniser de la commune, un zoom est effectué sur chacune d'entre elles afin de mieux appréhender l'aléa inondation par ruissellement.



Zone à urbaniser Sud

Le ruissellement sur les terrains de cette future zone à urbaniser suit pour rappel deux axes principaux :

- L'axe Sud/Nord (partie Est) conduit plutôt à du ruissellement diffus avec des hauteurs d'eau qui restent limitées (10 à 20 cm d'eau en moyenne) et les vitesses sont peu élevées car le terrain est peu pentu. Le croisement de ces deux paramètres donne alors lieu à un aléa modéré sur l'ensemble de cet axe de ruissellement.
- Concernant l'axe de ruissellement Sud/Nord-Ouest, le sens de l'écoulement conduit plutôt le ruissellement à être concentré vers la pointe Nord-Est du site. Même si la hauteur d'eau reste réduite, la vitesse augmente et dépasse le seuil de 0.5 m/s ce qui conduit à l'apparition d'une tâche d'aléa fort sur ce secteur.
- Concernant le ruissellement sur la route qui longe les terrains à l'Ouest, l'écoulement est également canalisé et un aléa fort apparaît en raison des fortes vitesses qui y sont générées.

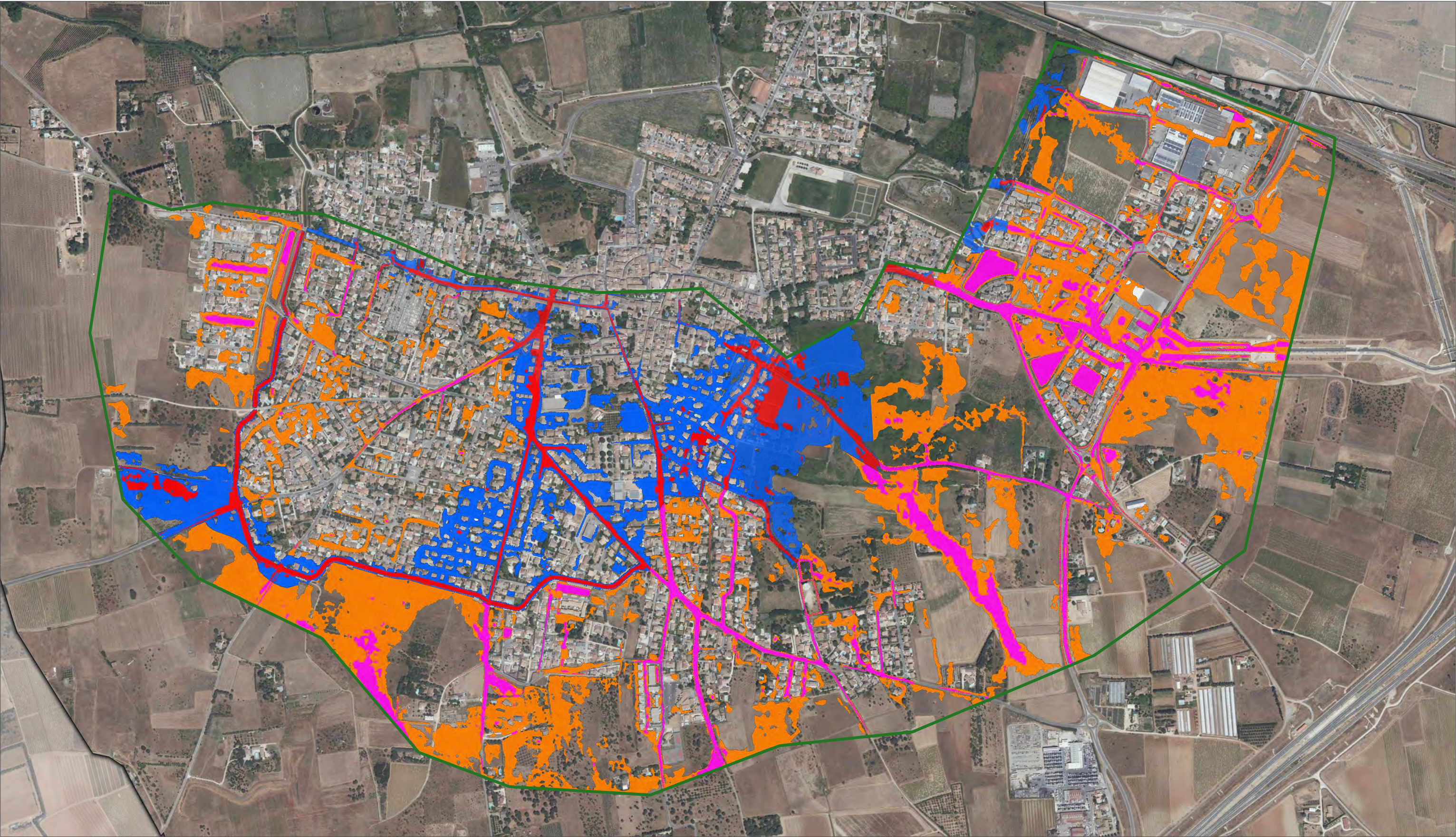
La planche n°9 présente la cartographie de l'aléa inondation sur la zone à urbaniser Sud.



Zone à urbaniser Est






Concernant la zone à urbaniser à l'Est de l'aire urbaine, la situation est différente car des taches d'aléa modéré et fort apparaissent mais celles-ci sont uniquement liées au ruissellement interne aux terrains de cette zone.

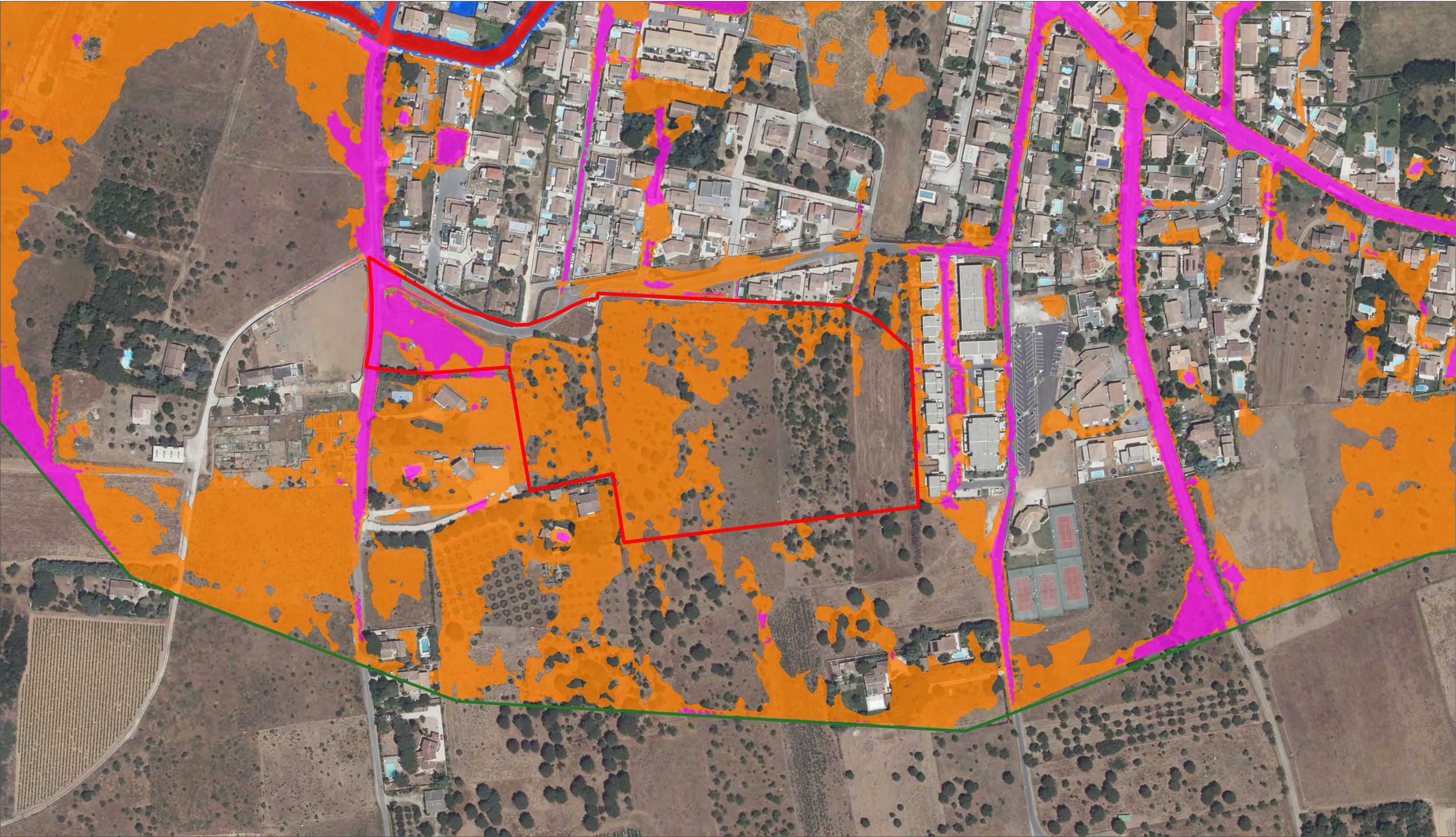
La planche n°10 présente la cartographie de l'aléa inondation sur la zone à urbaniser Est.



Carte élaborée par Cereg le 24/06/2025 | Source : fonds IGN

LEGENDE :

 Emprise de la modélisation	 Alea inondation par ruissellement Fort	 Alea inondation par débordement Fort
	 Modéré	 Modéré

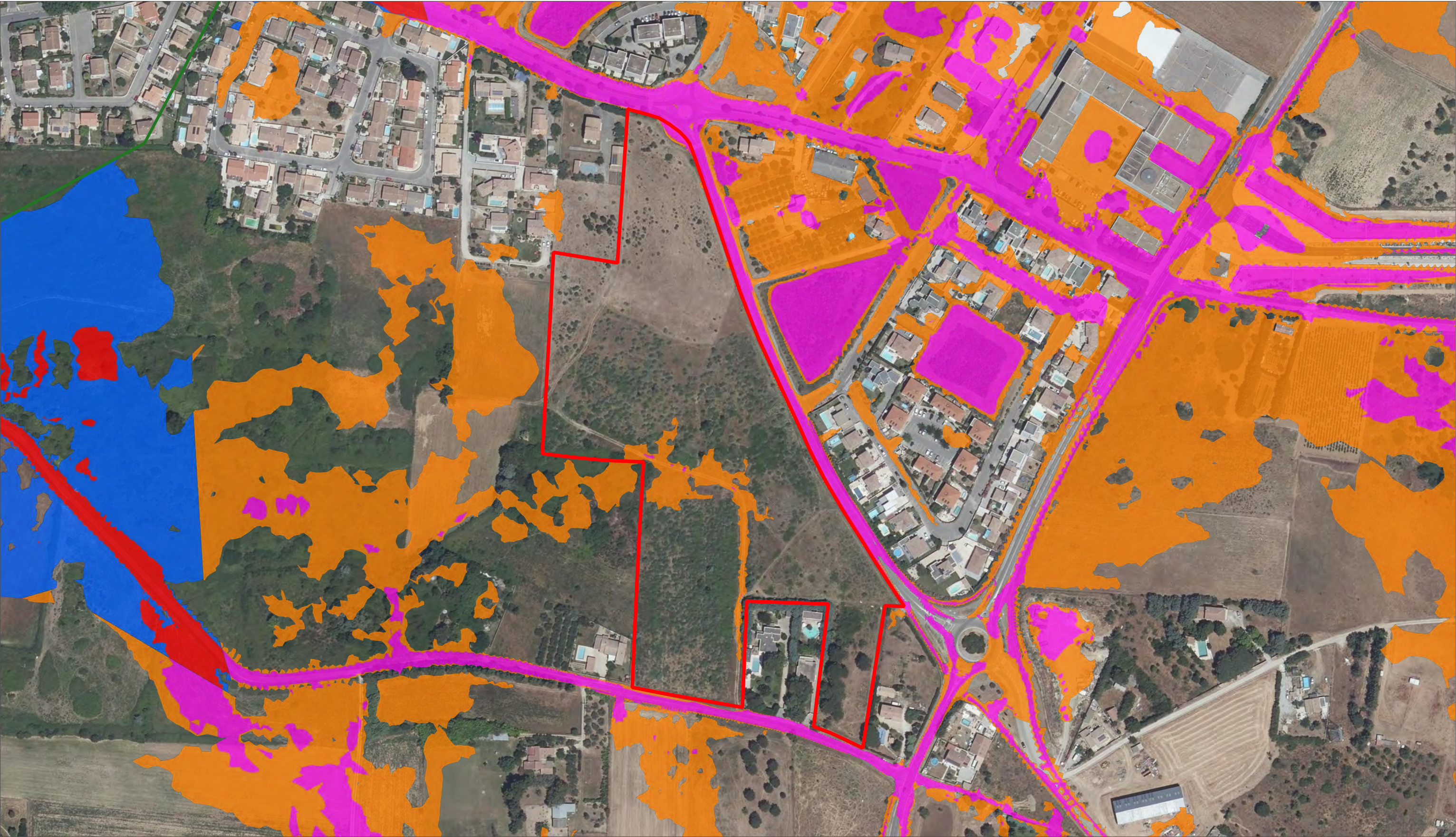


Carte élaborée par YBA le 24/06/2025 | Source : fonds IGN

LEGENDE		
	Emprise de la modélisation	
	Emprise de la zone à urbaniser	
		Alea inondation par débordement
	Fort	
	Modéré	
		Alea inondation par ruissellement
	Fort	
	Modéré	



Cartographie de l'aléa inondation - Zone à urbaniser Est



Carte élaborée par YBA le 05/08/2025 | Source : fonds IGN

LEGENDE

Emprise de la modélisation	Alea inondation par ruissellement	Alea inondation par débordement
Emprise de la zone à urbaniser	Fort	Fort
	Modéré	Modéré



B.IV. CARTOGRAPHIE DU ZONAGE DES RUISSELLEMENTS SUR LA COMMUNE DE MANDUEL

B.IV.1. Cartographie de l'aléa inondation

La réalisation de la cartographie de l'aléa inondation sur une partie du territoire communal de Manduel telle que présentée vient préciser la connaissance du risque inondation sur ce territoire.

En ce sens, il est possible d'éditer la cartographie de l'aléa inondation complet à l'échelle de la commune de Manduel en superposant les éléments suivants :

- L'enveloppe de la zone inondable liée au Plan de Prévention du risque d'Inondation de Manduel, qui décrit le risque inondation par débordement de cours d'eau sur le territoire communal ;
- La cartographie de l'aléa inondation sur une partie de l'aire urbaine de la commune, éditée par la société CEREG ;
- La cartographie de l'aléa inondation sur l'emprise de la future ZAC Magna Porta, située à l'Est du territoire communal, et éditée par la société PROGEO Environnement ;
- La cartographie de l'aléa inondation au sens du zonage EXZECO, sur les zones qui n'ont pas été modélisées. L'aléa correspondant est considéré comme non qualifié sur les zones concernées.

La cartographie assemblée de l'aléa inondation à l'échelle de la ville de Manduel est présentée sur la planche n°11.

B.IV.2. Cartographie des enjeux

Le territoire communal est soumis de diverses manières au risque inondation. Il convient par conséquent de distinguer plusieurs degrés de secteurs à enjeux au sein du territoire.

Dans le cadre de cette étude, deux classes d'enjeux sont distinguées en fonction de l'état d'urbanisation actuel du sol. Ce découpage se base sur la délimitation des zones urbaines et des zones non urbaines définies dans le projet de PLU :

- Les zones urbanisées, où les enjeux sont forts puisque celles-ci correspondent en grande partie aux zones U du PLU ;
- Les zones considérées comme peu ou pas urbanisées et nommées « zones non urbanisées » qui représentent généralement des terrains libres de tout aménagement. Les enjeux sont considérés comme plus faibles dans ces secteurs.

Le découpage des deux zones mentionnées est disponible sur la planche n°12.

B.IV.3. Cartographie du zonage réglementaire des ruissellements

Zonage réglementaire des ruissellements

La cartographie du zonage réglementaire des ruissellements permet de définir les principes de constructibilité selon l'aléa et l'urbanisation au droit des futures projets d'aménagements. Celle-ci est obtenue en croisant les classes d'aléas avec les classes d'enjeux précédemment définies.

Le résultat de ce croisement est visualisable sur la planche n°13.

Règlementation liée au risque inondation par ruissellement

La prise en compte du risque inondation dans les documents d'urbanisme est encadrée dans le département du Gard par une doctrine publiée en 2012 par la DDTM30 (mise à jour en mai 2018).

Les clauses réglementaires du règlement type de la DDTM 30 pour la prise en compte du risque inondation par ruissellement doivent être intégrées au zonage ruissellement de la commune de Manduel. Elles sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

ALEA \ ENJEUX	URBANISES	NON URBANISES
FORT	- inconstructibles - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions (calage à PHE+30cm ou TN+1m sans PHE) - adaptations possibles en centre urbain	
NON QUALIFIE	- constructibles avec calage à PHE+30 cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain	- inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
MODERE	- constructibles avec calage à PHE+30cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain	- inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
EXONDE pour une pluie de référence (centennale ou historique)	- constructibles avec calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques	- extension d'urbanisation possible (voir le paragraphe précédent) - calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques

Illustration 29 : Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement

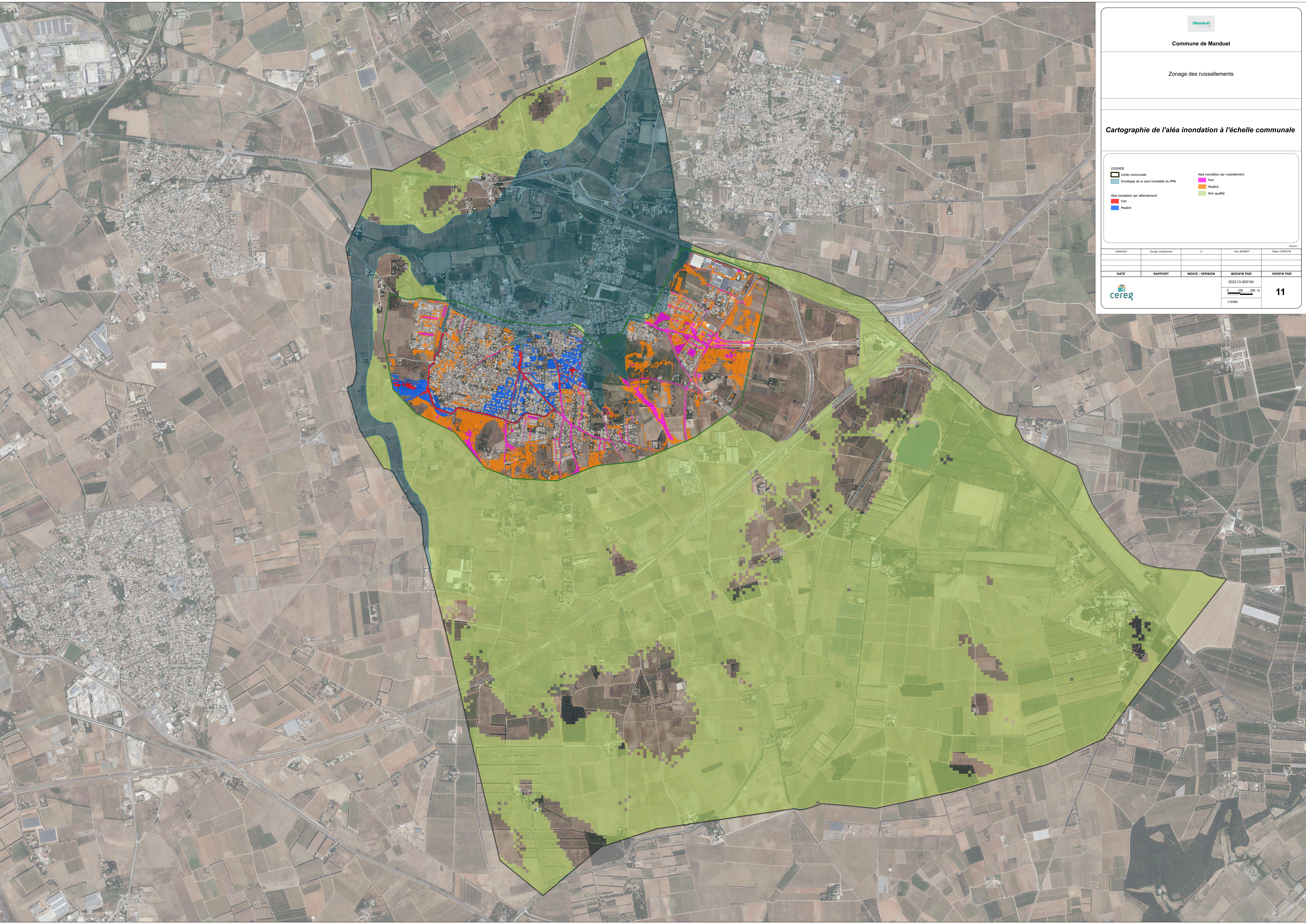
Pour le risque d'inondation par ruissellement, à la différence du risque d'inondation par débordement, des travaux et des aménagements pérennes peuvent permettre de mettre hors d'eau, durablement, des terrains exposés.

Ainsi, il est envisageable d'étendre une zone d'urbanisation sur des secteurs soumis à un aléa ruissellement sous les conditions qui suivent :

- Démontrer, par une étude hydraulique, la possibilité de mettre hors d'eau les terrains projetés pour une pluie de référence centennale ou historique si celle-ci lui est supérieure ;
- Réaliser les aménagements nécessaires dans le respect du Code civil et du Code de l'environnement (dépôt d'un dossier Loi sur l'Eau).

A noter que dans les zones soumises à un risque inondation par RUISSELLEMENT, mais EXONDEES pour l'évènement de référence, il est demandé de caler les planchers à la cote TN + 30 cm. L'intégralité des clauses réglementaires applicables sur les secteurs exondés pour la pluie de référence est disponible dans le règlement de zonage ruissellement de la commune.

Les parcelles concernées par la création de zones à urbaniser étant classées en enjeux non urbanisés, l'extension de l'urbanisation sur les zones à risque de ruissellement est autorisée uniquement si le terrain est mis hors d'eau (exondé).



Cartographie de l'aléa inondation à l'échelle communale

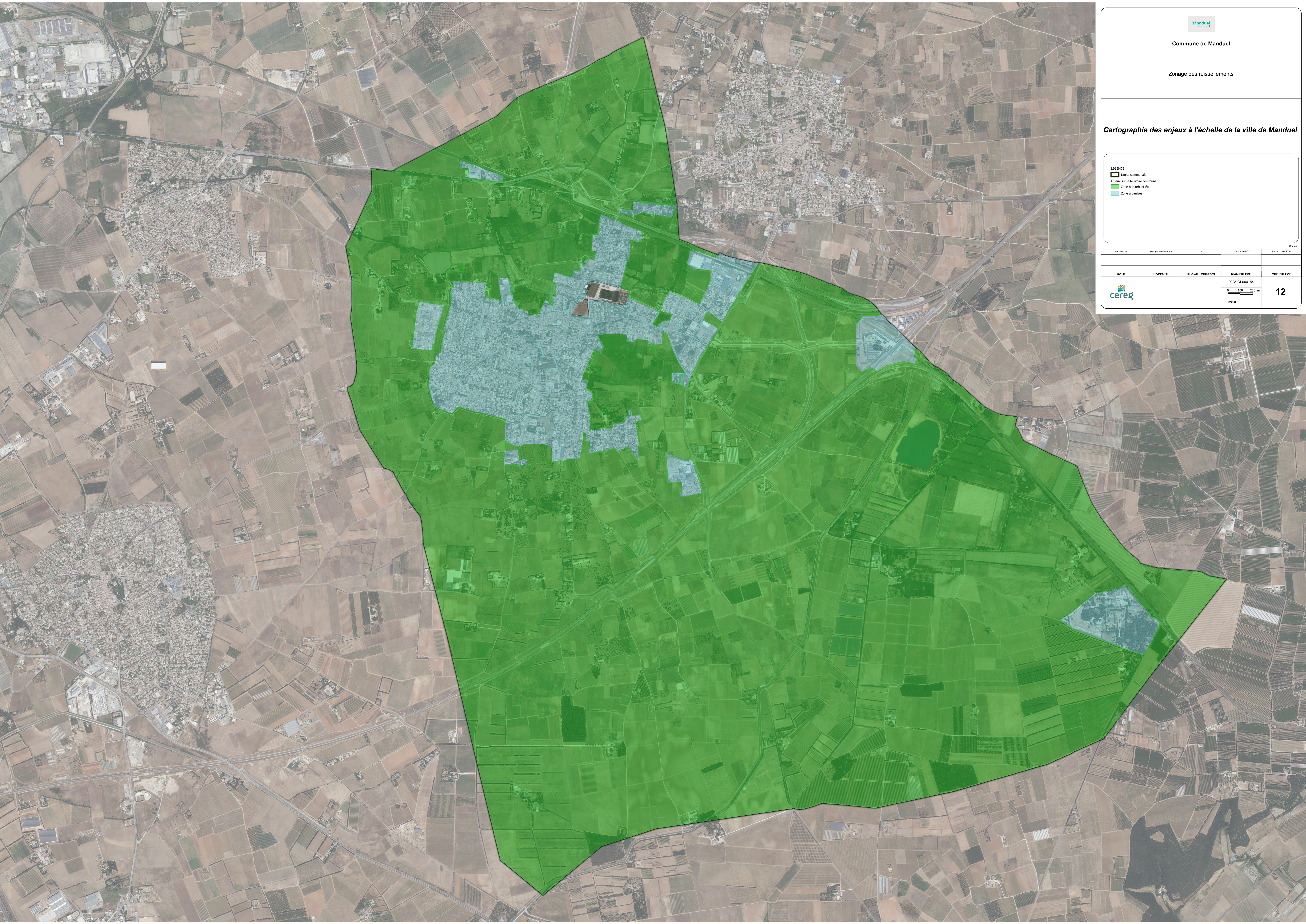
- LEGENDE

 - Limite communale
 - Enveloppe de la zone inondable du PPR
 - Aléa inondation par débordement:
 - Fort
 - Modéré
- Aléa inondation par ruissellement

 - Fort
 - Modéré
 - Non qualifié

24/06/2023		Zonage ruissellement	A	Yves BARBOT	Fabien CHRESTIN
DATE		RAPPORT	INDICE - VERSION	MODIFIÉ PAR	VERIFIÉ PAR
			2023-CI-000154		
			0 100 200 m		11
			1:9'000		





Manduel

Commune de Manduel

Zonage des ruissellements

Cartographie des enjeux à l'échelle de la ville de Manduel

LEGENDE

▬

 Limite communale

Enjeux sur le territoire communal :

■

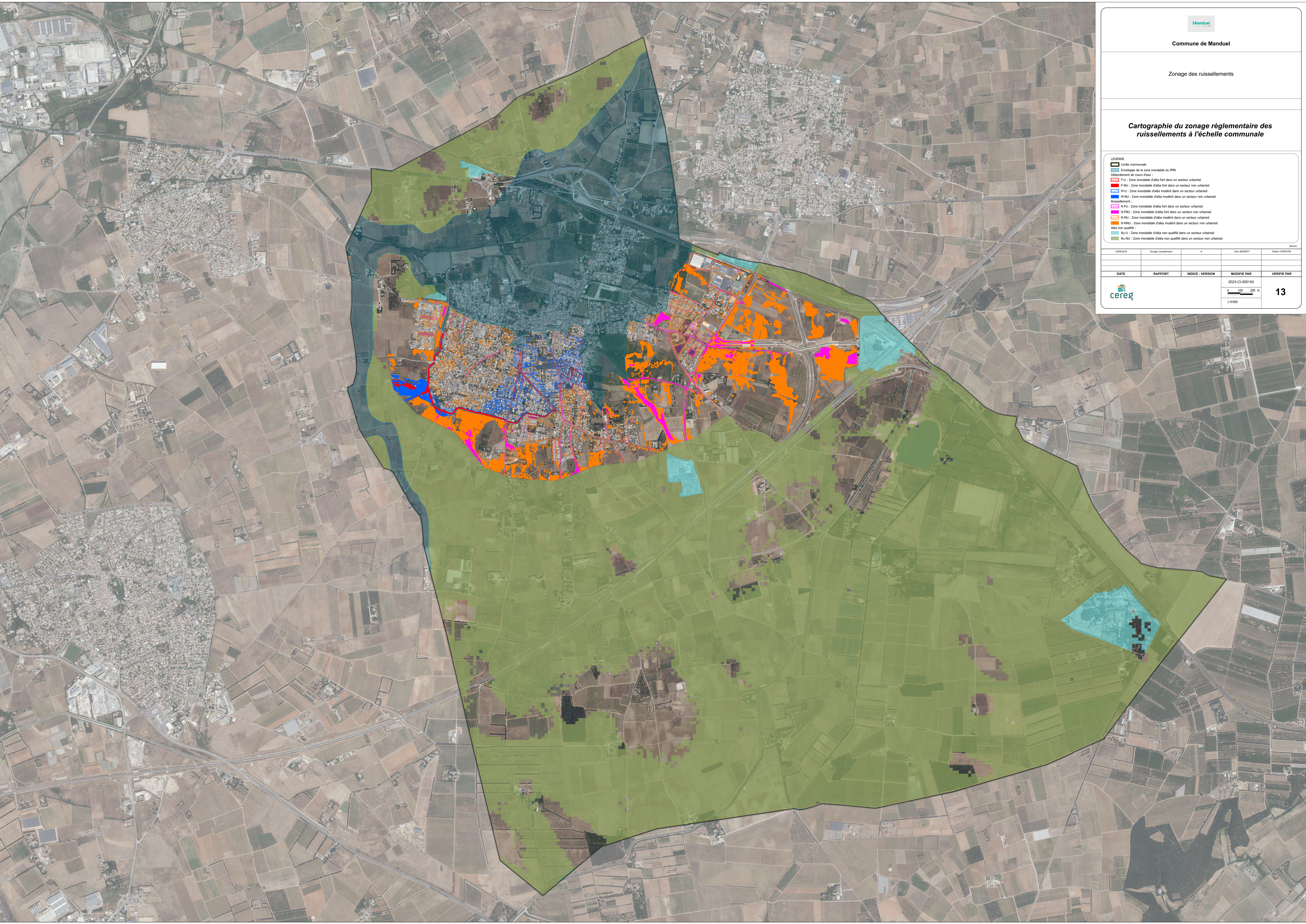
 Zone non urbanisée

■

 Zone urbanisée

Source				
09/12/2024	Zonage ruissellement	A	Yves BARBOT	Fabien CHRESTIN
DATE	RAPPORT	INDICE - VERSION	MODIFIE PAR	VERIFIE PAR
			2023-CI-000154	
			0 100 200 m	12
			1:9000	

cereg



Manduel

Commune de Manduel

Zonage des ruissellements

Cartographie du zonage réglementaire des ruissellements à l'échelle communale

LEGENDE

Unité communale

Enveloppe de la zone inondable du PPRi

Debordement de cours d'eau :

F-U : Zone inondable d'aléa fort dans un secteur urbanisé

R-UU : Zone inondable d'aléa fort dans un secteur non urbanisé

M-U : Zone inondable d'aléa modéré dans un secteur urbanisé

M-UU : Zone inondable d'aléa modéré dans un secteur non urbanisé

Ruissellement :

R-UU : Zone inondable d'aléa fort dans un secteur urbanisé

R-FU : Zone inondable d'aléa fort dans un secteur non urbanisé

R-MU : Zone inondable d'aléa modéré dans un secteur urbanisé

R-MU : Zone inondable d'aléa modéré dans un secteur non urbanisé

Aléa non qualifié :

Ru-U : Zone inondable d'aléa non qualifié dans un secteur urbanisé

Ru-MU : Zone inondable d'aléa non qualifié dans un secteur non urbanisé

Source

18/06/2023	Zonage ruissellement	A	Yves BARBOT	Fabien CHRESTIN
DATE	RAPPORT	INDICE - VERSION	MODIFIÉ PAR	VÉRIFIÉ PAR
			2023-CI-000154	
			0 100 200 m	13
			1:9000	

cereg

B.V. SYNTHÈSE

La modélisation hydraulique bidimensionnelle réalisée dans le cadre de la présente étude permet de préciser le risque inondation ruissellement premièrement établi par le zonage EXZECO. L'emprise de la modélisation ne s'étendant pas sur l'ensemble du territoire, il convient de conserver les conclusions du zonage EXZECO en dehors de celle-ci.

Une attention particulière est donnée à deux zones non urbaines que la mairie souhaite ouvrir à l'urbanisation :

- La zone à urbaniser Sud est fortement concernée par l'aléa inondation par ruissellement car celle-ci est impactée par le ruissellement provenant d'un bassin versant périphérique important. L'aléa ruissellement a été caractérisé comme majoritairement modéré et localement fort.

Pour cette zone non urbanisée à risque d'inondation par ruissellement, la doctrine de la DDTM30 autorise l'ouverture à l'urbanisation uniquement sous conditions dont l'exondement et le calage des planchers à la cote TN + 30 cm. Cela représente des contraintes constructives notables qu'il faudra prendre en compte pour l'aménagement futur.

- La zone à urbaniser Est est seulement concernée par du ruissellement interne qui a également été caractérisé comme modéré et très localement fort.

Dans ce cas-là, la problématique du ruissellement interne sera traitée par des aménagements légers qui permettront de canaliser les faibles débits des eaux pluviales vers un réseau spécifique lui-même relié à des ouvrages de compensation à l'imperméabilisation.

Des mesures sécuritaires vis-à-vis du ruissellement généré sur les quelques terrains urbanisés présents au Sud/Sud-Est de cette zone seront apportées afin de s'assurer qu'aucun écoulement extérieur n'impacte la gestion pluviale qui sera mise en place.

C. ETUDE D'EXONDEMENT



C.I. DIMENSIONNEMENT DES MESURES D'EXONDEMENT

Les projets d'OAP liés aux deux zones à urbaniser qui sont étudiées dans la présente étude n'ont pas encore fait l'objet d'un plan d'aménagement. En ce sens, un prédimensionnement des ouvrages permettant l'exondement de ces zones pour un évènement pluvieux d'occurrence centennale est réalisé afin de justifier de la faisabilité technique de l'exondement de ces zones à enjeu.

C.I.1. Exondement de la zone à urbaniser Sud

Aménagements généraux

Conformément à ce qui a été présenté plus tôt, l'analyse de l'état actuel montre que cette zone est fortement impactée par le ruissellement pluvial selon deux axes principaux, à savoir un axe provenant du Sud et dirigé vers le Nord-Ouest et un second axe Sud/Nord.

Le principe d'exondement proposé consiste à collecter l'ensemble du ruissellement provenant de l'extérieur de la zone du projet afin de le rediriger vers l'Ouest du site tout en le faisant transiter par des ouvrages d'écrolement des débits de pointe. Dans la mesure où ce principe d'aménagement démontre la non-aggravation en aval du site par rapport à l'état existant, cette solution permet de conserver le fonctionnement hydraulique actuel tout en supprimant l'axe de ruissellement Sud/Nord qui est dirigé vers le lotissement situé en aval de la zone d'intérêt.

Dans les faits, un fossé d'interception des écoulements périphériques est mis en place et celui-ci est connecté à un ensemble de deux bassins d'écrolement fonctionnant en série et dont le rejet s'effectue dans un autre fossé qui est créé dans le cadre du projet et qui longe le chemin de Saint-Gilles (adjacent à la face Ouest du site). Ce dernier achemine ensuite l'eau vers le Grand fossé tout en prenant soin de ne pas aggraver la situation au droit et en aval de la zone du rejet.

L'illustration suivante présente l'implantation des solutions d'exondement proposées au sein du maillage utilisé dans le cadre de la modélisation hydraulique.

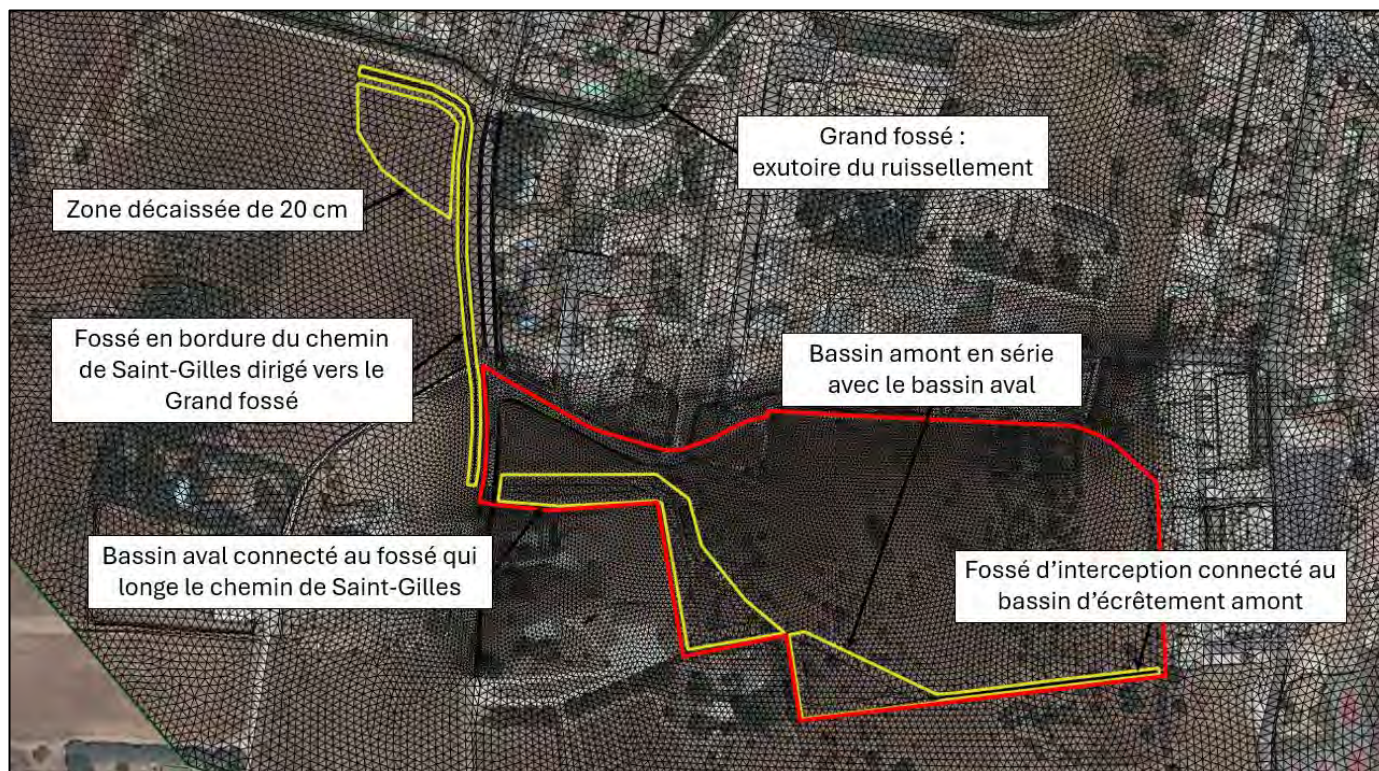


Illustration 30 : Intégration des mesures d'exondement de la zone à urbaniser Sud au maillage

Le volume mis en place via la création des deux ouvrages d'exondement est de 5 200 m³. Les principales caractéristiques physiques de chacun des éléments présentés sont données dans les tableaux présentés ci-après :

	Bassin amont	Bassin aval
Volume (m ³)	1 350	3 850
Surface (m ²)	2 500	4 250
Hauteur utile (m)	0.9	1.8
Hauteur totale (m)	1.65	2.9
Cote de fond	59.8	58
Cote de surverse	60.7	59.8
Revanche minimale (m)	0.2	0.2
Orifices	4 x Ø600 mm	2 x Ø1 000 mm

Tableau 8 : Caractéristiques physiques principales des bassins d'exondement

	Largeur au miroir (mm)	Largeur en fond (mm)	Hauteur (mm)	Autre
Profil 1 : Fossé d'interception amont	3500	500	1000	/
Profil 2 : Fossé d'interception amont	3500	500	1000	/
Profil 3 : Fossé chemin de Saint-Gilles - sortie du bassin	5000	500	1500	/
Profil 4 : Fossé chemin de Saint-Gilles - fin première section	5000	500	1000	/
Profil 5 : Fossé chemin de Saint-Gilles - début seconde portion	5000	2000	1500	/
Profil 6 : Fossé chemin de Saint-Gilles - milieu seconde portion	5000	2000	500	/
Profil 7 : Fossé de dissipation - interface fossé St Gilles et dissipation	5000	2000	1000	/
Profil 8 : Fossé de dissipation	5000	1400	1100	Revanche de 10 cm sur le talus Sud (ht = 1.20 m)

Tableau 9 : Caractéristiques physiques des fossés liés à l'exondement du site

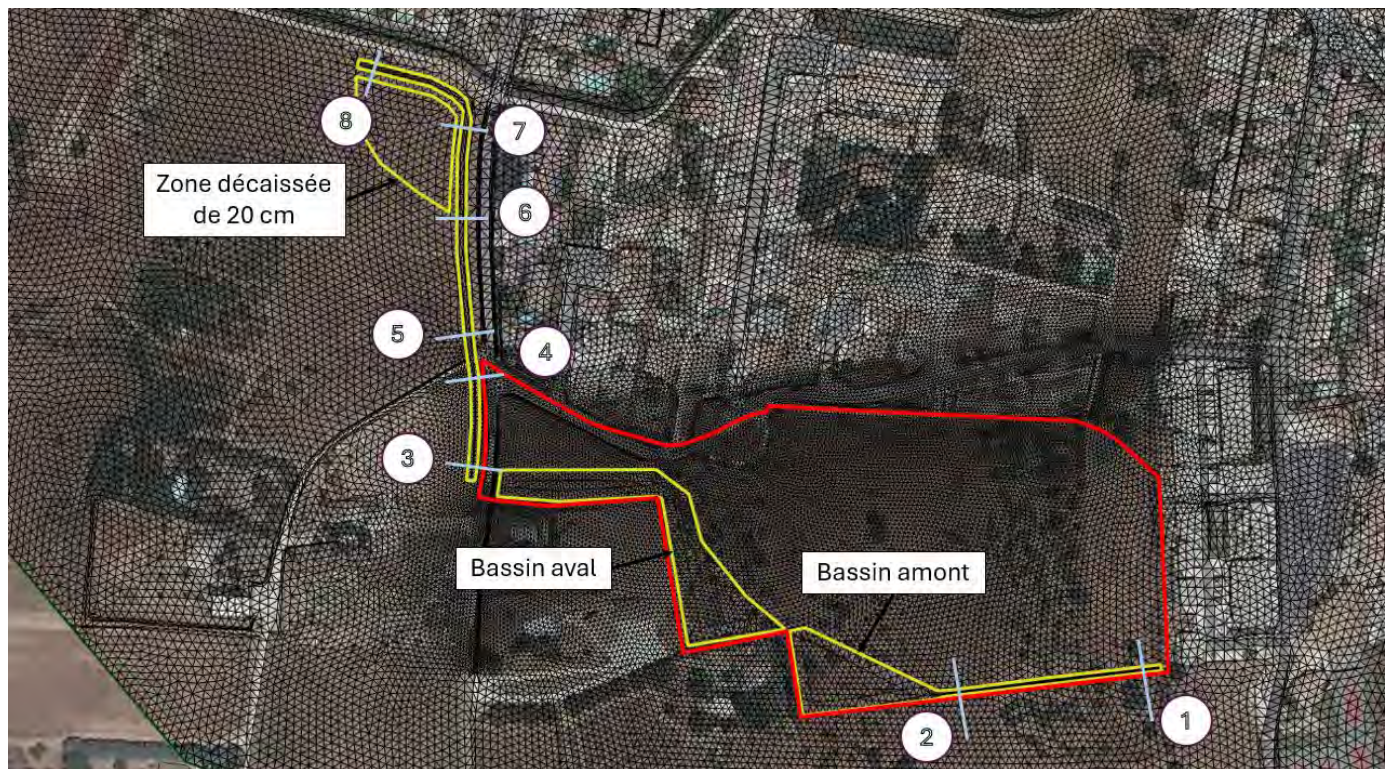


Illustration 31 : Positionnement des éléments utiles à l'exondement du site

Les éléments présentés sont tous connectés via des conduites enterrées en sortie de chaque ouvrage. Le bassin amont est relié au bassin aval via quatre buses en DN 600 mm tandis que le bassin aval est relié au fossé qui longe le chemin de Saint-Gilles par deux buses en DN 1 000 mm.



Restitution des écoulements vers le Grand Fossé

Sur la portion aval du fossé qui longe le chemin de Saint-Gilles, celui-ci fait un coude et devient parallèle au Grand Fossé afin de permettre la dissipation des écoulements et une restitution douce du débit vers le Grand Fossé. En raison des opérations de terrassement éventuellement nécessaires dans le cadre de la création de la plateforme pour l'implantation du fossé de dissipation (situé au niveau d'un secteur où le haut du talus du Grand fossé est légèrement en remblai par rapport au terrain naturel), il est proposé de décaisser les terrains en amont sur une profondeur de 20 cm afin de retrouver une zone de stockage équivalente à la situation actuelle et éviter tout impact.

C.I.2. Exondement de la zone à urbaniser Est

La problématique de ruissellement est mineure sur cette zone : la modélisation hydraulique montre qu'un léger axe de ruissellement est identifié en partie Sud de l'emprise de l'OAP.

Le principe d'exondement proposé consiste à créer un fossé voué à canaliser le ruissellement afin de le réorienter vers son exutoire sans que celui-ci n'impacte les aménagements futurs. Il est important de noter que l'exutoire du ruissellement est une zone naturelle éloignée de l'aire urbaine de la commune.

Afin d'éviter toute modification significative du fonctionnement hydraulique en aval de l'opération, l'exutoire actuel de ce bras de ruissellement est conservé et une fosse de dissipation est implantée de sorte à restituer de façon douce le débit à l'aval.

Les caractéristiques des deux ouvrages proposés sont présentées ci-après :

	Fosse de dissipation
Volume (m³)	125
Surface (m²)	350
Hauteur utile (m)	0.5
Dimensions de la surverse	50 m x 0.10 m
Pente des talus	3H/1V

	Largeur au miroir (mm)	Largeur en fond (mm)	Hauteur (mm)	Autre
Fossé Sud	3500	500	600	/

Illustration 32 : Caractéristiques des ouvrages d'exondement de la zone AU Est

L'illustration suivante présente l'implantation du fossé et de la fosse de dissipation qui sont proposés :

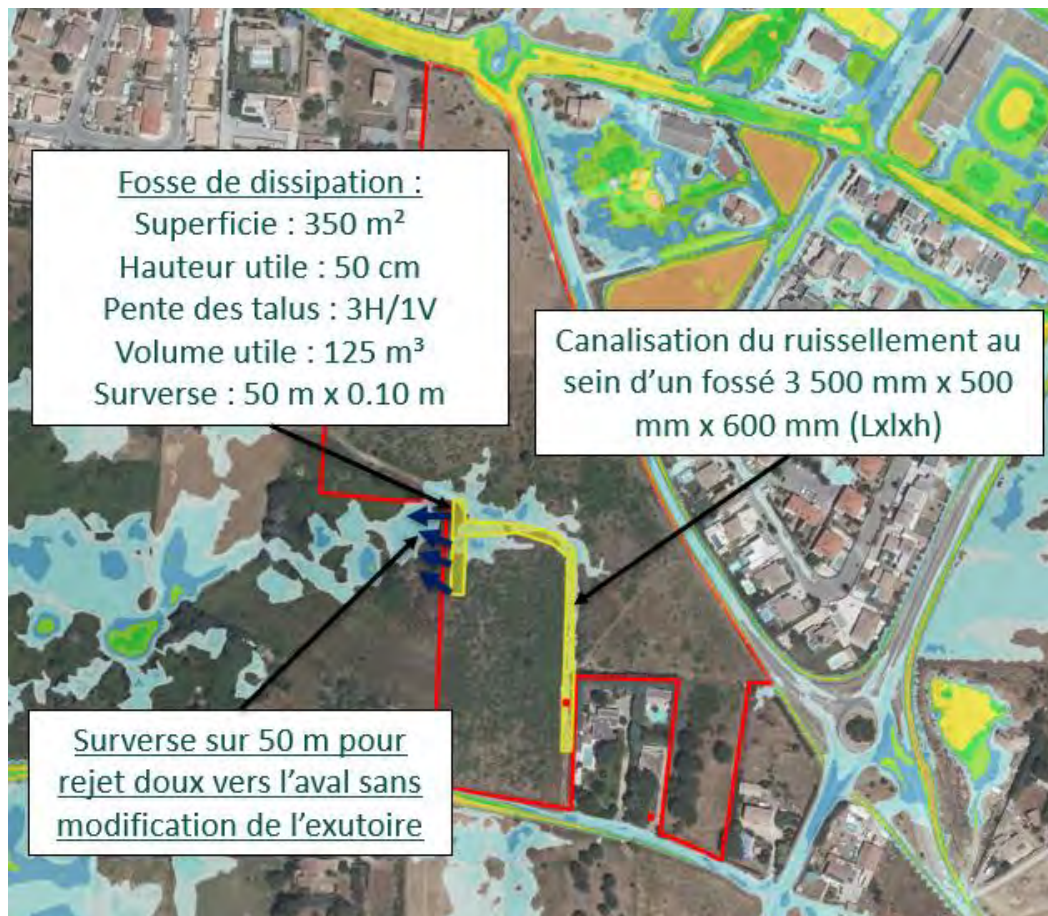


Illustration 33 : Pré-implantation des mesures d'exondement de la zone à urbaniser Est

C.II. MODELISATION DES ECOULEMENTS EN PRESENCE DES MESURES D'EXONDEMENT

C.II.1. Zone à urbaniser Sud

Le modèle hydraulique en deux dimensions est mis à jour en intégrant les modifications présentées dans le paragraphe précédent. Le but étant de présenter la cartographie des zones inondables par ruissellement après exondement ainsi que les incidences en termes de hauteur d'eau à la suite de la mise en place de ces mesures.

La mise en œuvre du modèle mis à jour montre, comme attendu, que les parcelles de la zone à urbanisées sont mises hors d'eau pour un événement pluvieux d'occurrence centennale. Concernant les incidences sur la hauteur d'eau il apparaît que :

- L'incidence au sein de l'aire urbaine de Manduel est toujours négative. C'est-à-dire que la hauteur d'eau est abaissée d'au moins 1 cm sur les tâches visibles.
- La réorientation d'un des deux axes de ruissellement qui traversait initialement la zone à urbaniser a un effet positif sur la ligne d'eau. Cet effet se propage largement à l'intérieur de l'aire urbaine.
- Les zones où l'incidence est positive correspondent essentiellement à l'emprise des mesures d'exondement qui sont mises en place.

La modélisation hydraulique en deux dimensions permet de valider le fonctionnement projeté des mesures d'exondement en termes de protection contre le ruissellement provenant de l'amont et en termes d'incidences sur les hauteurs d'eau atteintes en aval.

Dans la mesure où les aménagements proposés sont réalisés, la zone à urbaniser Sud peut être considérée comme exondée et peut être ouverte à l'urbanisation.

Les planches n°14 et 15 présentées à la fin de cette partie montrent l'impact des mesures d'exondement sur le fonctionnement hydraulique de la zone en termes de hauteur d'eau et de vitesse.

Les planches n°16 et 17 font quant à elles apparaître les incidences sur les hauteurs d'eau et les vitesses et la planche n°18 présente l'aléa inondation au droit de la zone d'intérêt en situation exondée.

C.II.2. Zone à urbaniser Est

L'aménagement proposé se limite à la canalisation de l'écoulement vers un point bas qui existe en état actuel. La création d'une fosse de dissipation à la frontière de la zone du projet d'OAP permet de légèrement écrêter le débit de point afin de s'assurer de la non-aggravation en aval.

En ce sens, la modélisation hydraulique n'est pas relancée sur ce secteur, le fossé étant dimensionné pour une occurrence centennale par rapport à la superficie du bassin versant drainé.

L'aménagement de la fosse de dissipation doit s'accompagner de la réalisation de tests de perméabilité du sol qui permettent de valider la vidange de l'ouvrage en moins de 48 heures.

Dans la mesure où les aménagements proposés sont réalisés, la zone à urbaniser Sud peut être considérée comme exondée et peut être ouverte à l'urbanisation.

Les planches n°19 et 20 présentées à la fin de cette partie montrent l'impact des mesures d'exondement sur le fonctionnement hydraulique de la zone en termes de hauteur d'eau et de vitesse.

Les planches n°21 et 22 font quant à elles apparaître les incidences sur les hauteurs d'eau et les vitesses et la planche n°23 présente l'aléa inondation au droit de la zone d'intérêt en situation exondée.

Cartographie des hauteurs maximales atteintes en situation exondée - Zone à urbaniser Sud



Carte élaborée par YBA le 06/08/2025 | Source : fonds IGN

LEGENDE

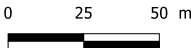
Emprise de la modélisation	0.1 - 0.2	0.5 - 0.75	2 - 2.5
Emprise de la zone à urbaniser	0.2 - 0.3	0.75 - 1	> 2.5
Hauteurs d'eau (m) :			
0.01 - 0.1	0.3 - 0.4	1 - 1.5	
	0.4 - 0.5	1.5 - 2	



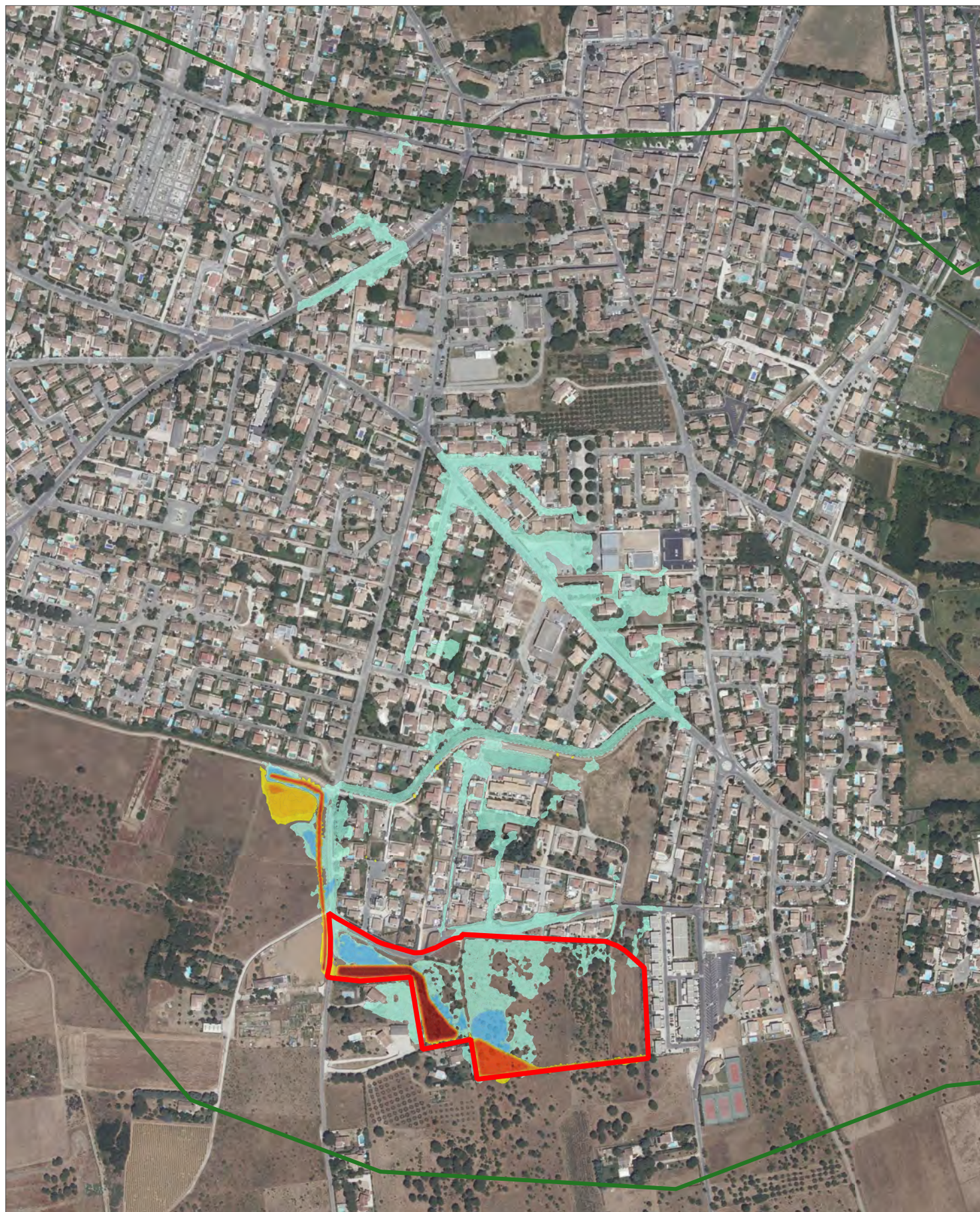


Carte élaborée par YBA le 04/08/2025 | Source : fonds IGN

LEGENDE			
Vitesse (m/s) :			
0.01 - 0.1	0.3 - 0.4	1 - 1.5	Emprise de la modélisation Emprise de la zone à urbaniser
0.1 - 0.2	0.4 - 0.5	1.5 - 2	
0.2 - 0.3	0.5 - 0.75	2 - 2.5	
	0.75 - 1	> 2.5	



Cartographie des incidences sur la hauteur d'eau - zone AU Sud



Carte élaborée par YBA le 05/12/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE

Incidences sur la hauteur d'eau :

< -2.0 m

-2.0 m à -1.0 m

-1.0 m à -0.5 m

-0.5 m à -0.25 m

-0.25 m à -0.1 m

-0.1 m à -0.01 m

-0.01 m à 0.01 m

0.01 m à 0.1 m

0.1 m à 0.25 m

0.25 m à 0.5 m

0.5 m à 1.0 m

1.0 m à 2.0 m

>2.0 m

Emprise du modèle

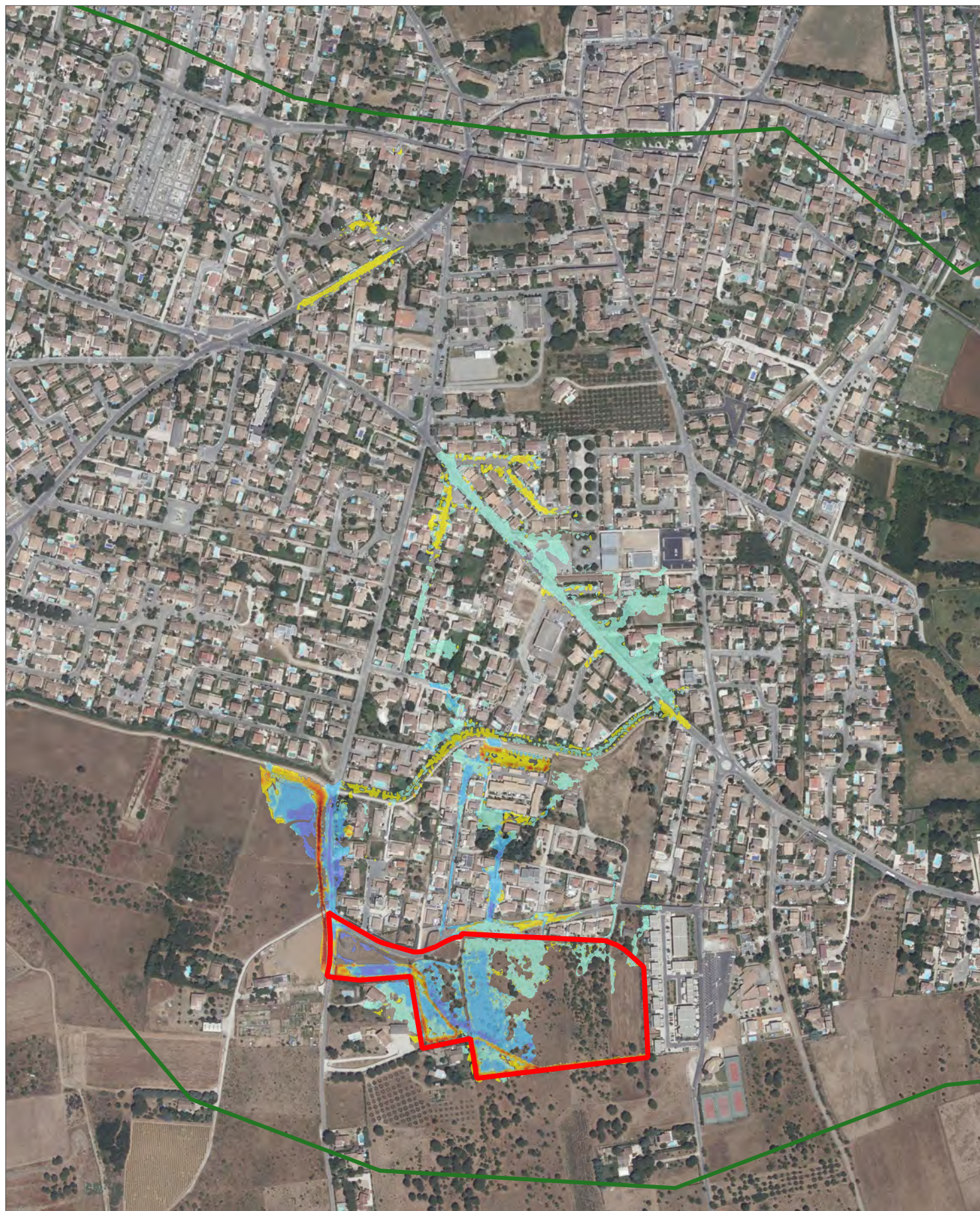
Zone AU Sud



0 50 100 m





Cartographie des incidences sur la vitesse - Zone AU Sud








Carte élaborée par YBA le 05/12/2024 | Source : fonds IGN




LEGENDE

-  Emprise du modèle
 Zone AU Sud

Incidences sur la vitesse :

	1.0 m/s à 2.0 m/s
	0.5 m/s à 1.0 m/s

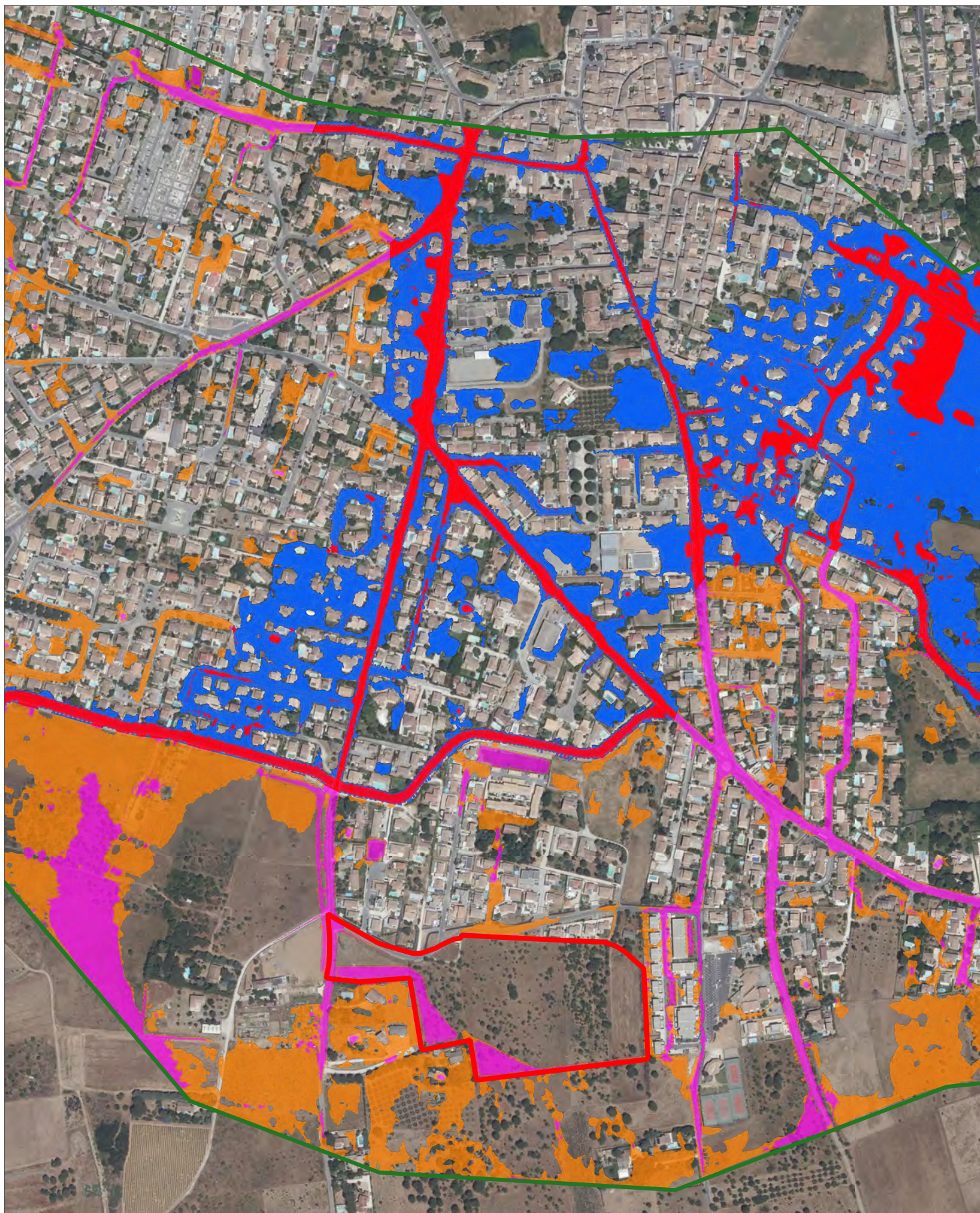
	0.25 m/s à 0.5 m/s
	0.1 m/s à 0.25 m/s
	0.01 m/s à 0.1 m/s

	-0.01 m/s à -0.1 m/s
	-0.1 m/s à -0.25 m/s
	-0.25 m/s à -0.5 m/s



0 50 100 m

Cartographie de l'aléa inondation en situation exondée



Carte élaborée par YBA le 05/12/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE

- Emprise du modèle
- Zone AU Sud

Aléa inondation par débordement

- Fort
- Modéré

Aléa inondation par ruissellement

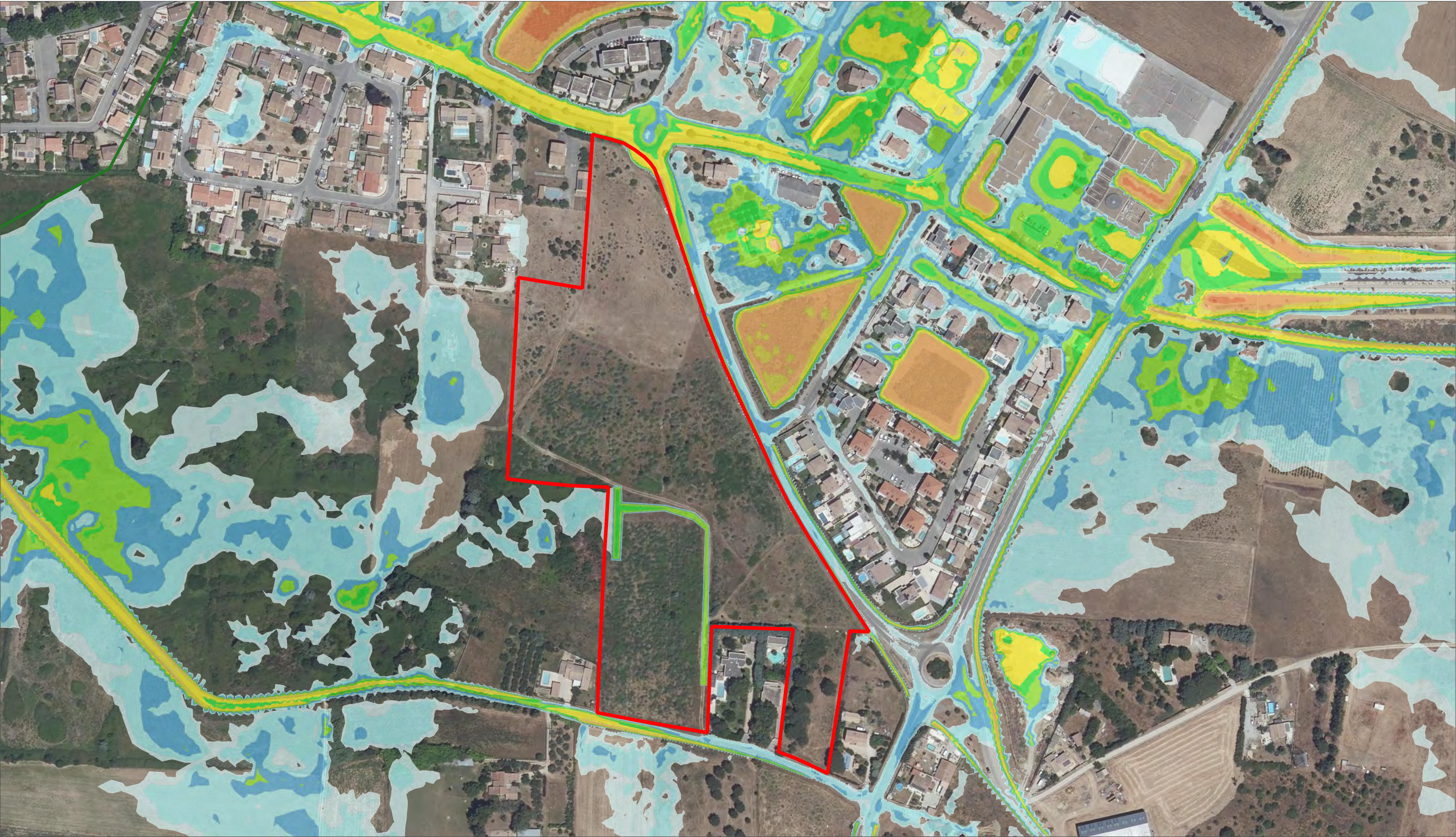
- Fort
- Modéré
















0 50 100 m



Cartographie des hauteurs maximales atteintes en situation exondée - Zone à urbaniser Est

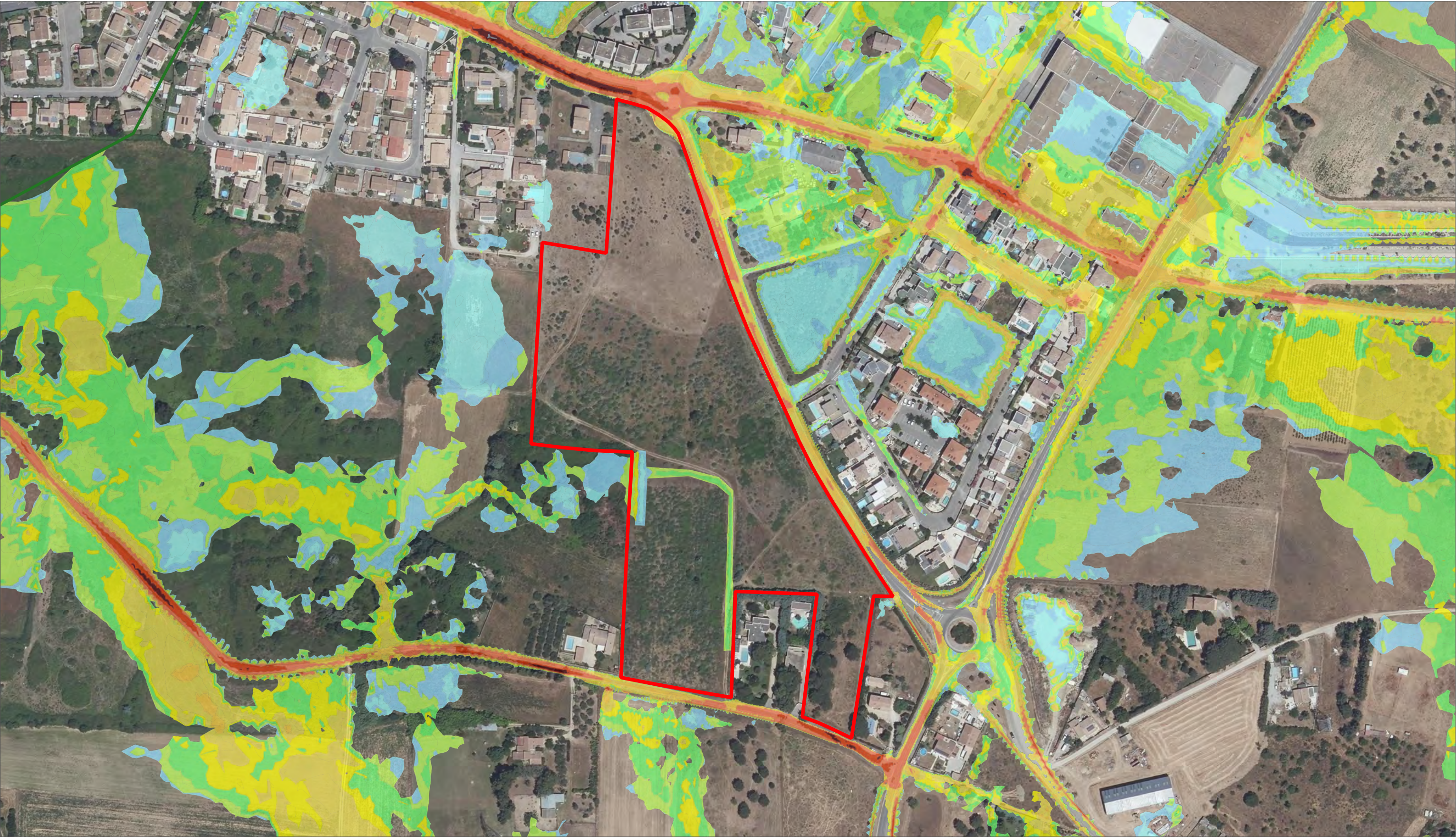


Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE			
 Emprise de la modélisation	 0.1 - 0.2	 0.5 - 0.75	 2 - 2.5
 Emprise de la zone à urbaniser	 0.2 - 0.3	 0.75 - 1	 > 2.5
Hauteurs d'eau (m) :			
 0.01 - 0.1	 0.3 - 0.4	 1 - 1.5	
	 0.4 - 0.5	 1.5 - 2	



Cartographie des vitesses maximales atteintes en situation exondée - Zone à urbaniser Est

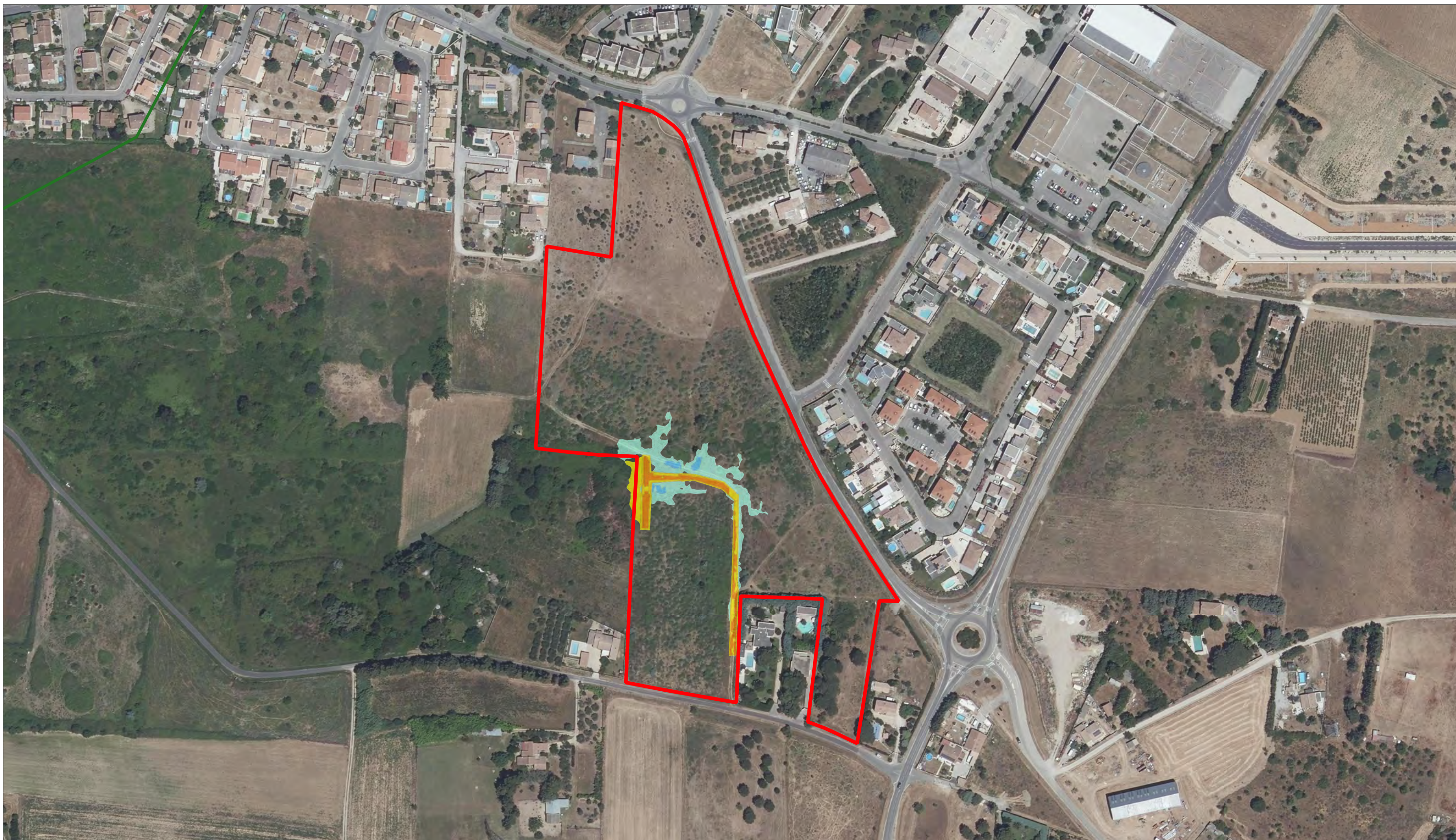


Carte élaborée par YBA le 04/08/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE			
	Emprise de la modélisation		0.1 - 0.2
	Ouverture à l'urbanisation		0.2 - 0.3
Vitesses (m/s) :			0.3 - 0.4
	0.01 - 0.1		0.4 - 0.5
	0.5 - 0.75		0.75 - 1
	1 - 1.5		1.5 - 2
	2 - 2.5		> 2.5



Cartographie des incidences sur la hauteur d'eau - Zone à urbaniser Est



Carte élaborée par YBA le 04/08/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE

- Emprise de la modélisation
- Ouverture à l'urbanisation

Incidences sur la hauteur d'eau :

- 1.0 m à 2.0 m
- 0.5 m à 1.0 m

- 0.25 m à 0.5 m
- 0.1 m à 0.25 m
- 0.01 m à 0.1 m

- 0.01 m à -0.1 m
- 0.1 m à -0.25 m
- 0.25 m à -0.5 m



cereg

0 25 50 m

Cartographie des incidences sur la vitesse - Zone à urbaniser Est



Carte élaborée par YBA le 04/08/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE

Emprise de la modélisation

Ouverture à l'urbanisation

Incidences sur la vitesse :

1.0 m/s à 2.0 m/s

0.5 m/s à 1.0 m/s

0.25 m/s à 0.5 m/s

0.1 m/s à 0.25 m/s

0.01 m/s à 0.1 m/s

-0.01 m/s à -0.1 m/s

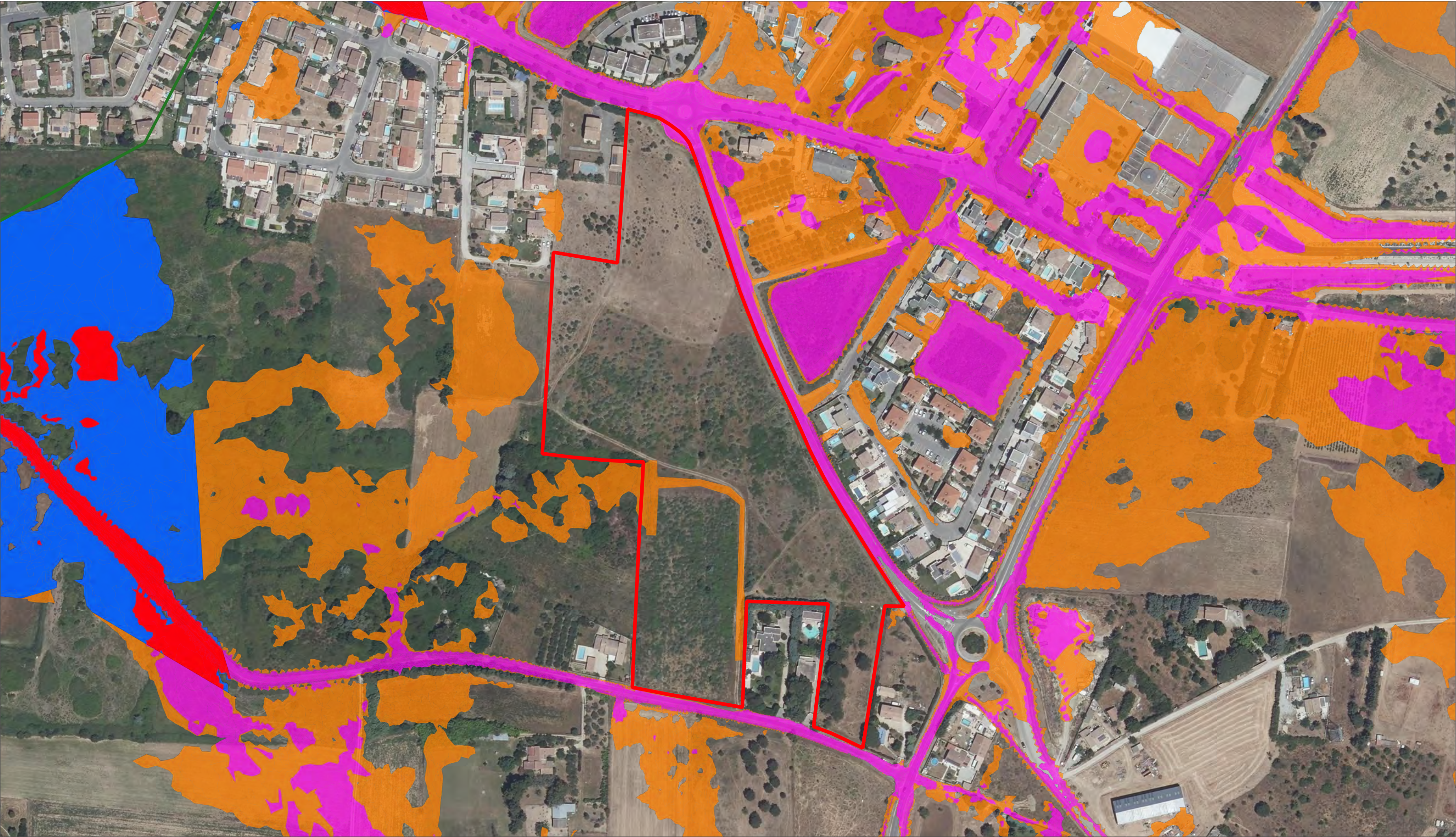
-0.1 m/s à -0.25 m/s

-0.25 m/s à -0.5 m/s

-0.50 m/s à -1.0 m/s



Mairie de Manduel
Zonage des ruissellements
Cartographie de l'aléa inondation en situation exondée - Zone à urbaniser Est



Carte élaborée par YBA le 05/08/2025 | Source : fonds IGN

LEGENDE

Emprise de la modélisation

Emprise de la zone à urbaniser

Alea inondation par ruissellement

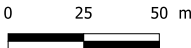
Fort

Modéré

Alea inondation par débordement

Fort

Modéré



C.III. CONCLUSION

L'étude des ruissellements sur la commune de Manduel vient compléter et préciser la connaissance du risque inondation par ruissellement pré identifié par le zonage EXZECO qui place la quasi-totalité du territoire communal en zone d'aléa non qualifié vis-à-vis du risque inondation.

La présente étude se base sur la réalisation d'un modèle hydraulique bidimensionnel adapté à la topographie du secteur via l'utilisation des données du LIDAR HD, qui permet de simuler le comportement du ruissellement pour un événement pluvieux d'occurrence centennale.

Les résultats de la modélisation hydraulique en deux dimensions sont reportés sur la cartographie de l'aléa inondation à l'échelle de la ville de Manduel.

Après regroupement avec les différents jeux de données disponibles sur le territoire, la cartographie du zonage réglementaire des ruissellements a été construite afin de fournir un document opposable pour tout projet d'aménagement sur le territoire.

Ce travail intervient dans le cadre de la mise à jour du PLU qui prévoit par ailleurs l'ouverture à l'urbanisation de deux zones aujourd'hui naturelles et qui sont comprises en zone inondable au sens du zonage EXZECO. La modélisation réalisée montre que ces dernières intersectent à différents degrés des zones impactées par le ruissellement.

En ce sens, des mesures d'exondement adaptées à chacune sont proposées afin de mettre hors d'eau les terrains. En complément de la mise hors d'eau de ces zones à enjeux, l'étude menée montre que les ouvrages proposés assurent la non-aggravation de l'aléa inondation en aval des deux OAP.

Les conditions d'urbanisation des futures OAP de la ville sont ainsi explicitées et les principes d'exondement proposés respectent les règles émises par la DDTM du Gard.

Les planches présentées tout au long de ce document permettent de visualiser l'ensemble des résultats obtenus.

Annexe 1 : Qualification de l'aléa ruissellement sur la zone Magna Porta



MAGNA PORTA

Communes de Manduel

**Qualification de l'aléa ruissellement état actuel :
Note hydraulique**

Aout 2024

Références du rapport	
Client	ARCADIS
Objet du rapport	MAGNA PORTA Communes de Manduel : Qualification de l'aléa ruissellement : Note hydraulique
Ref. PROGEO	D.0242 / C.0348 / Rapport R.0764-01
Dossier suivi par	Renaud LUCAS / Catherine JOUBERT

Objet	Indice	Date	Rédaction		Validation	
Rapport	01	07/08/2024	R.LUCAS		C. JOUBERT	

progeo environnement

5 Esplanade Andry Farcy
38000 GRENOBLE
Tél. 0982430222

progeo@progeo-environnement.com

Rapport R.764-01 / D.0242 / C.0348

Sommaire

1	Objectif de la note	4
2	Secteur d'étude	4
3	Modélisation des écoulements	5
3.1	Outil mis en œuvre	5
3.2	Construction du modèle	5
3.2.1	Le MNT	5
3.2.2	Les temps de concentration et les pluies de Projet :	6
3.2.3	Rugosités et coefficients de ruissellement	8
3.2.4	Les ouvrages hydrauliques	9
3.3	Résultats	10

TABLEAUX

Tableau 1 : Coefficients de ruissellement en fonction de l'occupation des sols	9
Tableau 2 : Coefficients de rugosité en fonction de l'occupation des sols	9

FIGURES

Figure 1 : Limite du projet MAGNA PORTA	4
Figure 2 : Limite des bassins versant du projet	5
Figure 3 : Altimétrie issu du traitement du LIDAR HD	6
Figure 4 : Hyétoگرامme pluie 100 ans	7
Figure 5 : Occupation du sol sur le secteur d'étude	8
Figure 6 : Ouvrages hydrauliques intégrés au modèle sur le secteur des quadrants II et III	10
Figure 7 : Carte des hauteurs d'eau	11
Figure 7 : Carte des vitesses	12

ANNEXES

Annexe 1 : Coupe des voiries	
------------------------------	--

1 Objectif de la note

Dans le cadre de la révision générale du PLU de la commune de Manduel et du projet d'urbanisation MAGNA PORTA, il est nécessaire de qualifier l'aléa ruissellement à l'état actuel et à l'état projet sur le secteur d'étude.

La présente note présente les outils, la méthodologie mise en œuvre et les résultats permettant de qualifier l'aléa ruissellement à l'état actuel (hauteurs et vitesses) sur le secteur du projet MAGNA PORTA.

2 Secteur d'étude

Le secteur d'étude, présenté sur les figures suivantes, est constitué du projet d'urbanisation MAGNA PORTA et de son bassin versant.

Figure 1 : Limite du projet MAGNA PORTA



Figure 2 : Limite des bassins versant du projet



A noter que les bassins versants des quadrants I et IV sont indépendant et que les bassins versants des quadrants II et III sont liés hydrauliquement (ouvrage hydraulique sous l'avenue de la Gare).

3 Modélisation des écoulements

3.1 Outil mis en œuvre

La modélisation 1D / 2D a été mise en œuvre avec le logiciel ICM, édité par la société Autodesk et distribué en France par la société Geomod, très bien adapté à l'analyse des phénomènes de ruissellement.

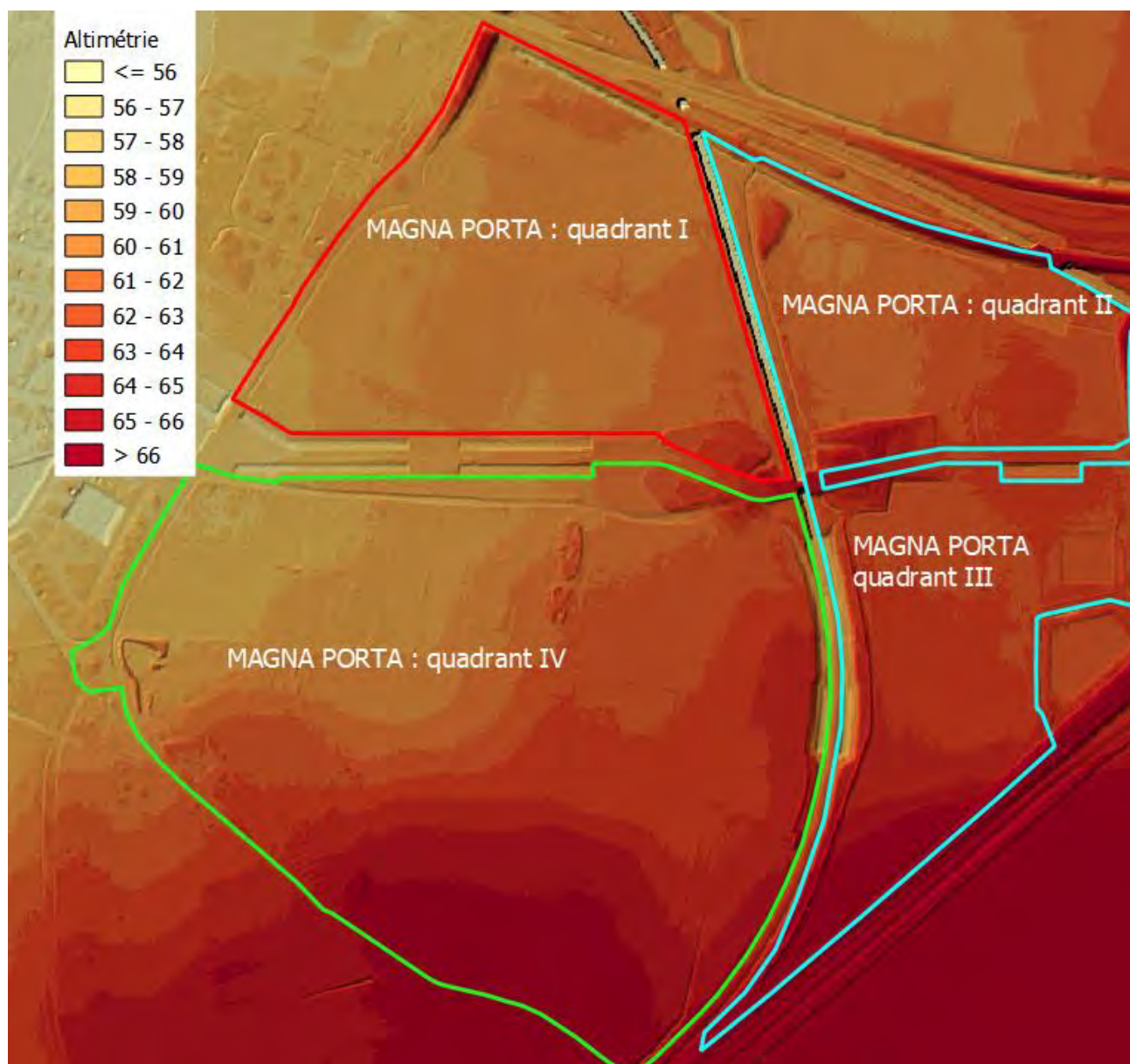
3.2 Construction du modèle

3.2.1 Le MNT

Le MNT intégré au modèle est le MNT issu du LIDAR HD, transmis par le CEREG.

L'altimétrie du secteur d'étude sur la base de ce MNT est présentée sur la figure suivante.

Figure 3 : Altimétrie issu du traitement du LIDAR HD



La pente des terrains est relativement faible. Elle est de 0.8 % en moyenne pour les BV des quadrants I et IV, et de 0.5 % pour le BV des quadrants II et III.

Sur la base de ce MNT, un maillage 2D relativement fin a été mis en œuvre sur le secteur d'étude (environ 150 000 mailles sur l'ensemble des BV)

3.2.2 Les temps de concentration et les pluies de Projet :

Les temps de concentration des BV, utilisés pour la construction des pluies de projet, ont été estimés en utilisant les formules suivantes :

- Formule de Ventura : $T_c = 76,3 \cdot (A/p)^{0,5}$
- Formule des vitesses (méthode DDT30, avec vitesse moyenne à 1 m/s conformément aux prescription de la DDT) : $T_c = L/(60V)$
- Formule de Kirpich : $T_c = 1950 \cdot 10^{-5} \times (1000L)^{0,77} \times (p/100)^{-0,385}$
- Formule de Passini : $T_c = 6.48/1000 \times (A \times L)^{1/3} \times p^{-0,5}$

Avec :

- A est la surface,
- p est la pente,
- L la longueur du plus long talweg.

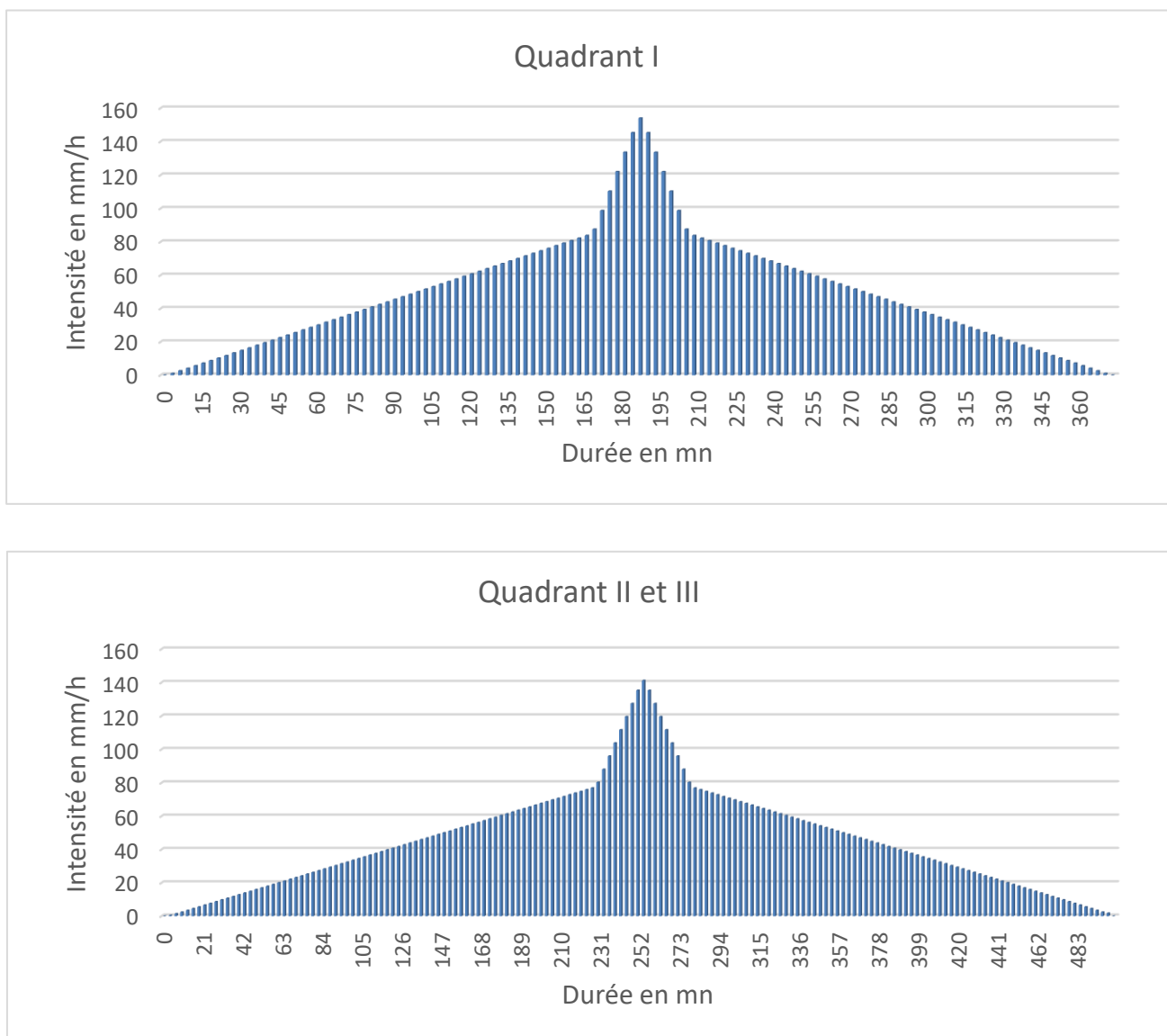
Les temps de concentration retenus sont :

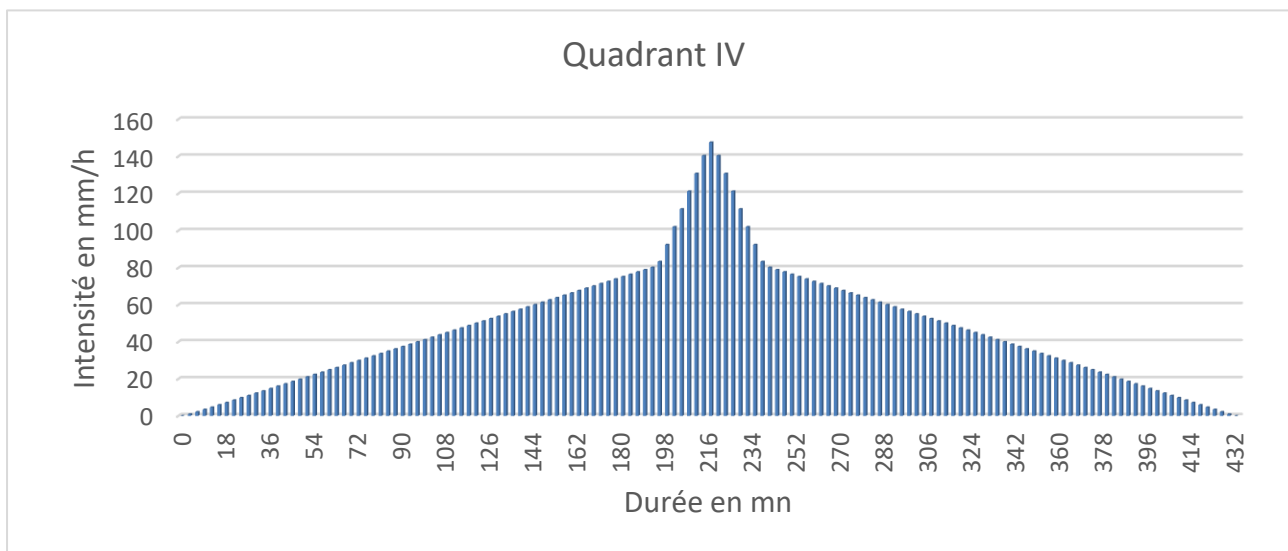
- BV quadrant I : 35 mn
- BV quadrant IV : 40 mn
- BV quadrant II et III : 50 mn

Les pluies de projet utilisées sont des pluies de projet double triangle de type Desbordes, présentant une durée de période intense correspondant au temps de concentration des bassins versants (pluie produisant le maximum de débit pour chaque bassin versant).

Les figures ci-dessous présentent les pluies de projet utilisées dans le modèle. Elle est construite avec les coefficients de Montana 100 ans de la station Nîmes Courbessac de 2020 : pluies de durées 15 mn – 60 mn.

Figure 4 : Hyétogramme pluie 100 ans

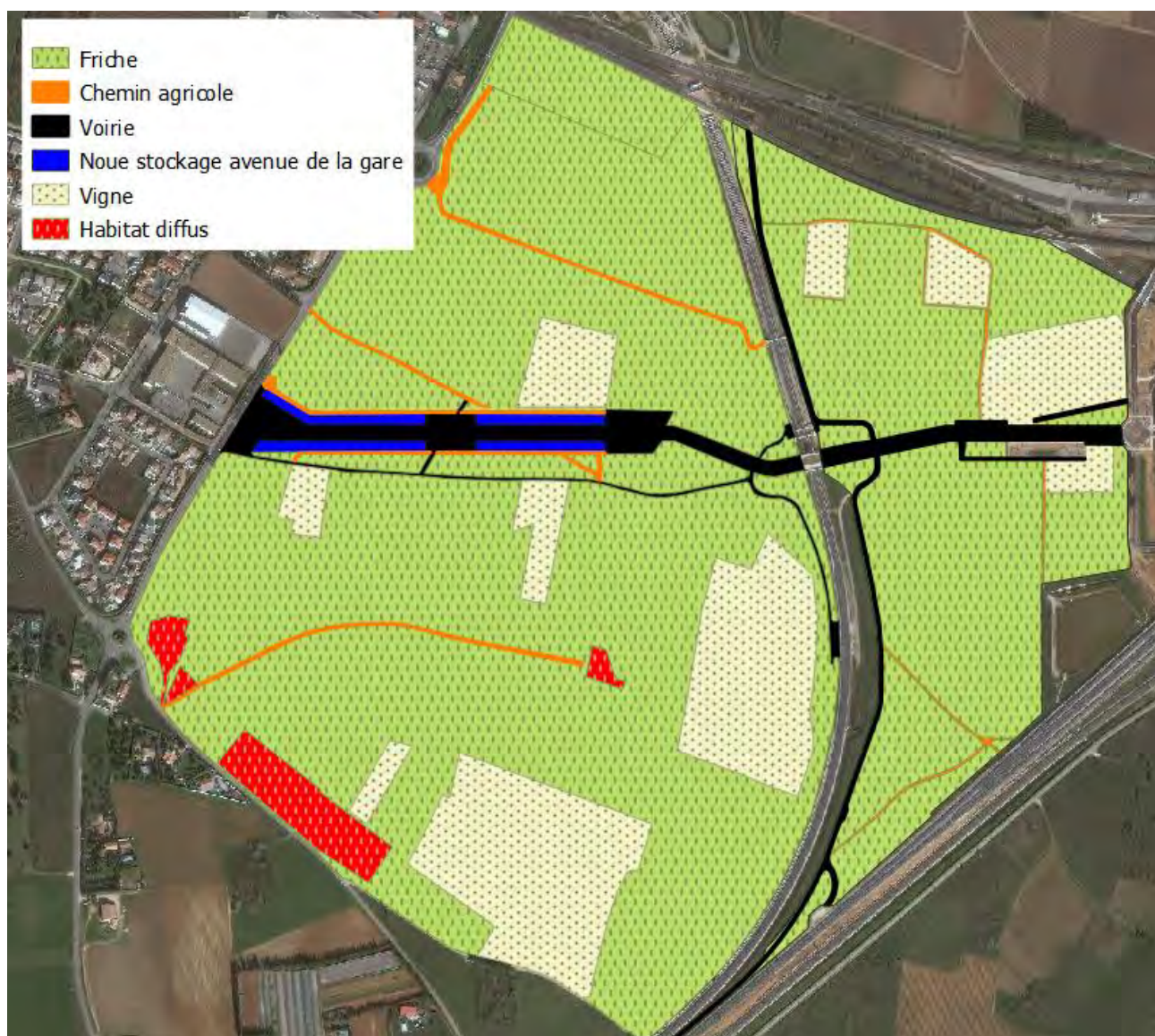




3.2.3 Rugosités et coefficients de ruissellement

L'occupation du sol sur le secteur d'étude est présentée sur la figure ci-dessous.

Figure 5 : Occupation du sol sur le secteur d'étude



Les bassins versant sont majoritairement occupés par des friches, par la culture de la vigne et par des activités de maraîchage /cultures arables.

Coefficients de ruissellement

Pour une pluie de période de retour 100 ans, le coefficient de ruissellement est calculé selon la formule utilisée dans le guide de la DDT30, à savoir :

$$Cr_{100} = 0.8 \times (1 - P_0 / P_{100}) \text{ avec}$$

- P_{100} : Pluie journalière centennale, soit 246.4 mm,
- P_0 : Rétention initiale en mm (65 pour friche, 20 pour vigne, 35 pour cultures / vergers, 10 pour chemin)

Tableau 1 : Coefficients de ruissellement en fonction de l'occupation des sols

Sol	Cr_{100}
Friche	0.59
Vignes / habitat diffus	0.74
Terres arables / vergers	0.69
Parking Voirie Bâti	0.90
Chemin	0.77

Coefficients de rugosité

Les coefficients de rugosité pris en compte dans le modèle sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Coefficients de rugosité en fonction de l'occupation des sols

Type de sol	Coefficient de Strickler
Surface non imperméabilisée	20
Surface imperméabilisée	40

3.2.4 Les ouvrages hydrauliques

Pour les bassins versants des quadrants I et IV, seul les ouvrages exutoires des bassins versants traversant la RD3 ont été intégrés au modèle (condition aux limites normales), à savoir :

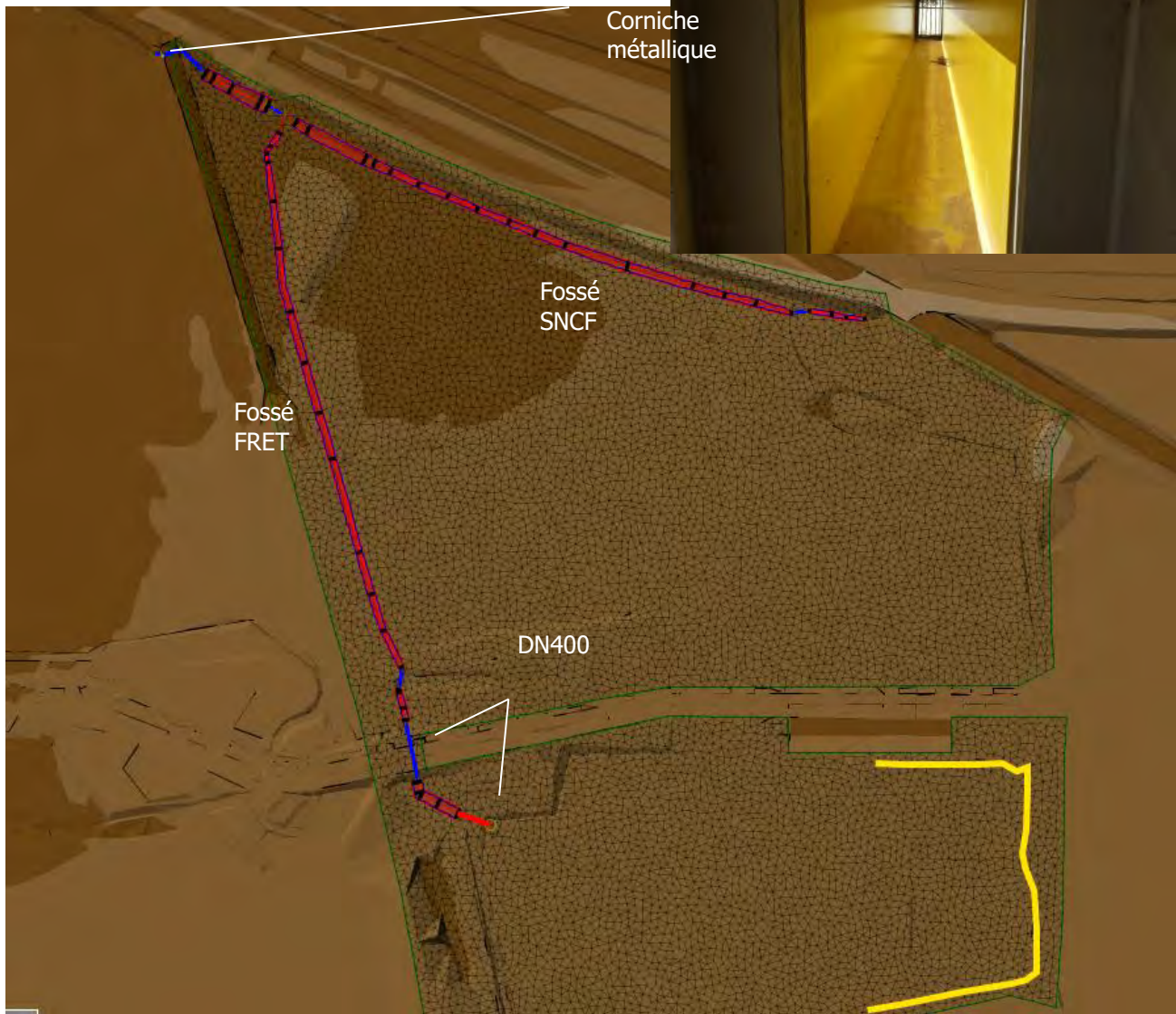
- Pour le BV du quadrant I : DN800 avec une pente de 1 %,
- Pour le BV du quadrant IV : DN600 avec une pente de 1 %.

Pour le bassin des quadrants II et III, les ouvrages hydrauliques suivants ont été intégrés au modèle :

- Ouvrage de traversée de l'avenue e la gare permettant un exutoire aux eaux ruisselant sur le secteur du quadrant III : DN400 à 0.3 % de pente
- Fossé longeant la voie Fret et récupérant les eaux de l'ouvrage précédent
- Fossé longeant la voie SNCF (orienté Ouest Est)
- Ouvrage de traversée de la voie Fret (corniche métallique)

L'ensemble des caractéristiques de ces ouvrages (pente, dimensions, matériau...) sont issues des levés topographiques réalisés et des plans de récolement transmis par les différents gestionnaires.

Figure 6 : Ouvrages hydrauliques intégrés au modèle sur le secteur des quadrants II et III



Ces ouvrages hydrauliques présentent des connexions avec le maillage 2D : débordement des ouvrages vers le 2D ou déversement depuis le 2D dans les ouvrages.

3.3 Résultats et analyses

Les résultats brut du modèle ont fait l'objet d'un travail cartographique et de lissage, permettant d'assurer la cohérence des enveloppes de hauteur et de vitesse, la lisibilité des cartes, d'éviter les micro-zonages, et de vérifier la cohérence des résultats avec les données topographiques (LIDAR HD).

Les cartes de hauteurs et de vitesses sont présentées sur les figures pages suivantes.

Figure 7 : Carte des hauteurs d'eau

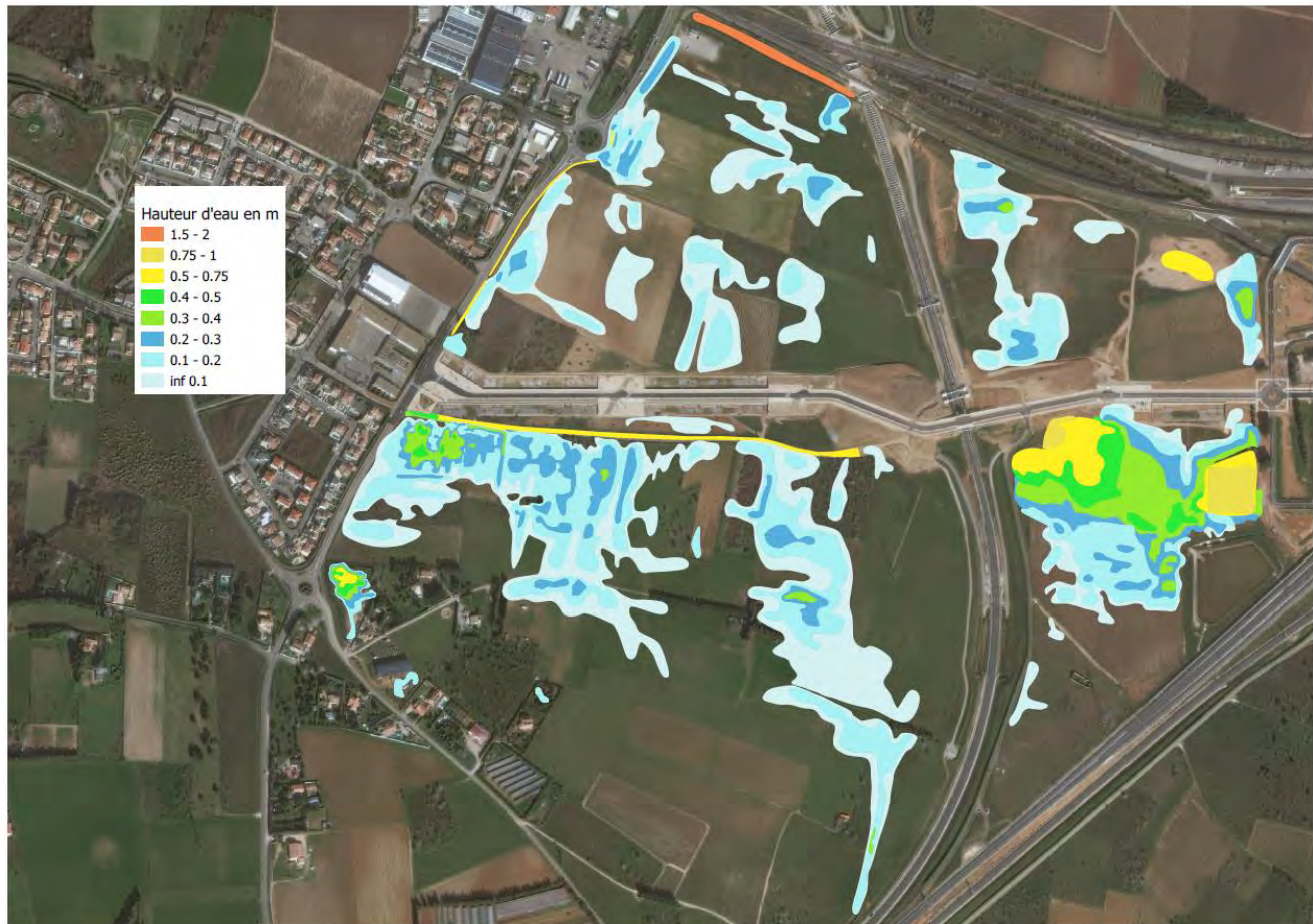
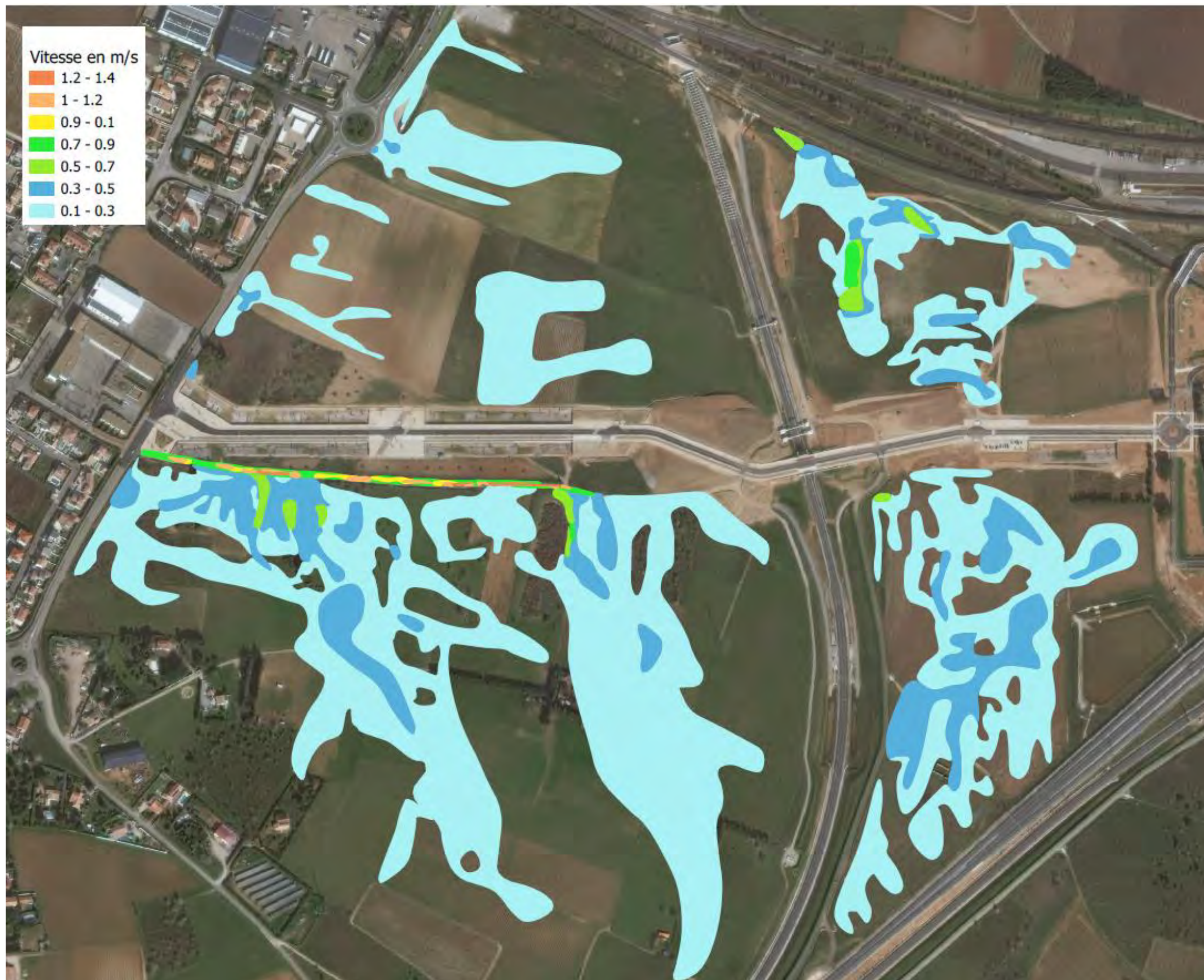


Figure 8 : Carte des vitesses



Les principales caractéristiques notables sur les résultats obtenus sont les suivantes :

Les cartes hauteurs / vitesses sont asynchrones : les maximums des hauteurs ne sont pas observés en même temps que les maximums des vitesses,

➤ Sur les quadrants ouest (I et IV) :

- les hauteurs d'eau sont toutes inférieures à 0.5 m, hormis sur le chemin de Jonquières qui joue le rôle de drainage des écoulements
- la majorité des vitesses est faible (< 0.3 m/s), quelques secteurs présentent des vitesses comprises entre 0.3 m/s et 0.5 m/s. Seul le chemin de Jonquières présente des vitesses plus élevées
- l'analyse du MNT montre que les hauteurs d'eau maximales s'explique principalement par l'altimétrie du terrain naturel : en effet ce dernier présente des dépressions / cuvettes, qui se remplissent avant de déborder vers l'aval,

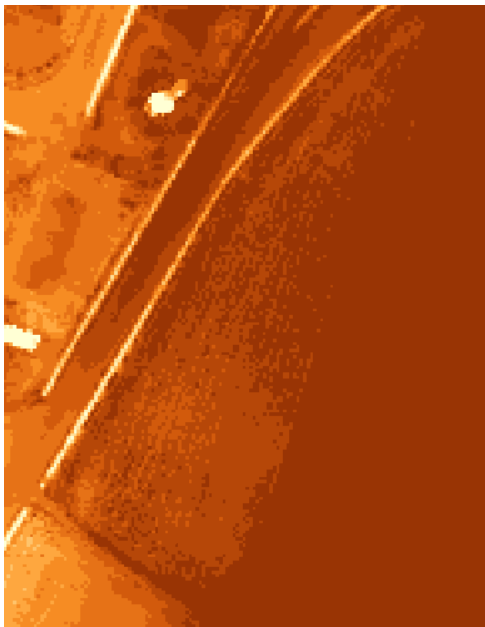
Cuvette sur le quadrant IV, au sud immédiat de l'avenue de la Gare



Cuvette sur le quadrant IV, à l'aval du bassin versant, à l'angle Avenue de la Gare / RD3



Cuvette sur le quadrant I, formée par le chemin agricole, à l'Est de la RD3



Cuvette sur le quadrant I, à l'Est du giratoire de la RD3



➤ Sur le secteur Est :

- 2 secteurs présentent des hauteurs d'eau importantes au sud de l'avenue de la gare (quadrant III) :
 - L'un contre l'avenue de la gare et la voie Fret (hauteur d'eau entre jusqu'à 1 m environ) : ces hauteurs s'expliquent par l'ouvrage hydraulique de très faible capacité permettant la traversée de l'avenue qui ne permet pas l'évacuation des débits venant du bassin versant Sud.
 - L'autre, situé contre la route de la gare (axée Nord Sud) : en effet une partie du bassin versant dirige les écoulements vers l'est, contre la route de la gare qui présente un merlon. Ce secteur ne dispose pas d'exutoire hors mis l'infiltration (un bassin d'infiltration de forme carré, visible sur la carte des hauteurs été réalisé pour vidanger le secteur)
- De même, sur le quadrant II, les hauteurs d'eau les plus importantes (majoritairement inférieures à 30 cm) s'expliquent par la présence de cuvettes liées à l'altimétrie du terrain naturel.



*Cuvette sur le quadrant II, à l'angle avenue de la gare /
voie Fret*

- Enfin la majorité des vitesses est faible (< 0.3 m/s), quelques secteurs très ponctuels présentent des vitesses plus élevées comprises entre 0.5 m/s et 0.9 m/s. Ces vitesses apparaissent lors du remplissage des cuvettes. Les terrains étant très localement plus pentus sur les bords de ces dernières, les vitesses avant remplissage sont plus élevées.

Annexe 2 : Etude de ruissellement supplémentaire


NOTE ANNEXE POUR L'ETUDE D'UNE ZONE SUPPLEMENTAIRE

Etude hydraulique

LE PROJET

Client	Mairie de Manduel
Projet	Note annexe pour l'étude d'une zone supplémentaire
Intitulé du rapport	Etude hydraulique

LES AUTEURS

	<p>Cereg Ingénierie – 399 rue Georges Ségué – 34080 MONTPELLIER</p> <p>Tel : 04.67.41.69.80 - Fax : 04.67.41.69.81 - montpellier@cereg.com</p> <p>www.cereg.com</p>
--	--

Réf. Cereg - 2023-CI-000154

Id	Date	Etabli par	Vérifié par	Description des modifications / Evolutions
V1	Mars 2025	Yann BARBOT	Fabien CHRISTIN	Version initiale
V2	Août 2025	Yann BARBOT	Fabien CHRISTIN	Version initiale

Certification



TABLE DES MATIERES

A. INONDABILITE PAR RUISSELLEMENT DU SECTEUR D'ETUDE	5
A.I. CONTEXTE HYDRAULIQUE	6
A.I.1. Positionnement du secteur d'étude et occupation du sol	6
A.I.2. Zonage Exzeco	7
A.I.3. Aspect règlementaire	8
A.II. EXPLOITATION DU MODELE HYDRAULIQUE	8
A.II.1. Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement	8
A.II.2. Aléa inondation par ruissellement	9
A.II.3. Conclusions sur la constructibilité du site	13
B. MESURES D'EXONDEMENT	14
B.I. AMENAGEMENTS PROJETES SUR LA ZONE D'ETUDE	15
B.II. EXONDEMENT DE L'ECOLE MATERNELLE	16
B.II.1. Inondabilité et exondement du site	16
B.II.2. Scénario d'exondement	17
B.II.3. Conclusions sur l'exondement	18
B.III. CONCLUSION	19

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation de la zone étudiée (source : plan IGN)	4
Illustration 2 : Photo aérienne de la zone d'intérêt	6
Illustration 3 : Extrait du zonage EXZECO au droit de la zone étudiée	7
Illustration 4 : Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement	8
Illustration 5 : Ruissellement au droit de la zone étudiée	9
Illustration 6 : Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement	13
Illustration 7 : Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement	15
Illustration 8 : Tâche de l'aléa inondation par ruissellement au droit de l'école maternelle	16
Illustration 9 : Scénario d'exondement - Création d'un ouvrage d'infiltration à l'Est de l'école	17
Illustration 10 : Inondabilité au droit du site en situation exondée	18

PREAMBULE

La présente étude vient compléter l'étude hydraulique liée au zonage des ruissellements qui a été établie à la fin de l'année 2024. Dans cette dernière, plusieurs zones que la mairie souhaite ouvrir à l'urbanisation sont étudiées afin de déterminer leur inondabilité et les mesures d'exondement nécessaires en vue des futurs projets d'aménagement urbain qui y sont prévus.

Depuis la réalisation de ces travaux, la mairie souhaite ouvrir à l'urbanisation une nouvelle zone située au Sud de l'aire urbaine de la commune. Cette même zone partage une limite commune avec un des secteurs étudiés précédemment.

L'objectif des travaux qui sont développés dans cette notice annexe au zonage des ruissellements à l'échelle de la commune de Manduel est par conséquent d'étudier l'inondabilité de la nouvelle zone à enjeu au regard de la modélisation hydraulique réalisée dans le cadre du zonage des ruissellements et de proposer les mesures d'exondement adéquate vis-à-vis du projet d'aménagement qui est visé.

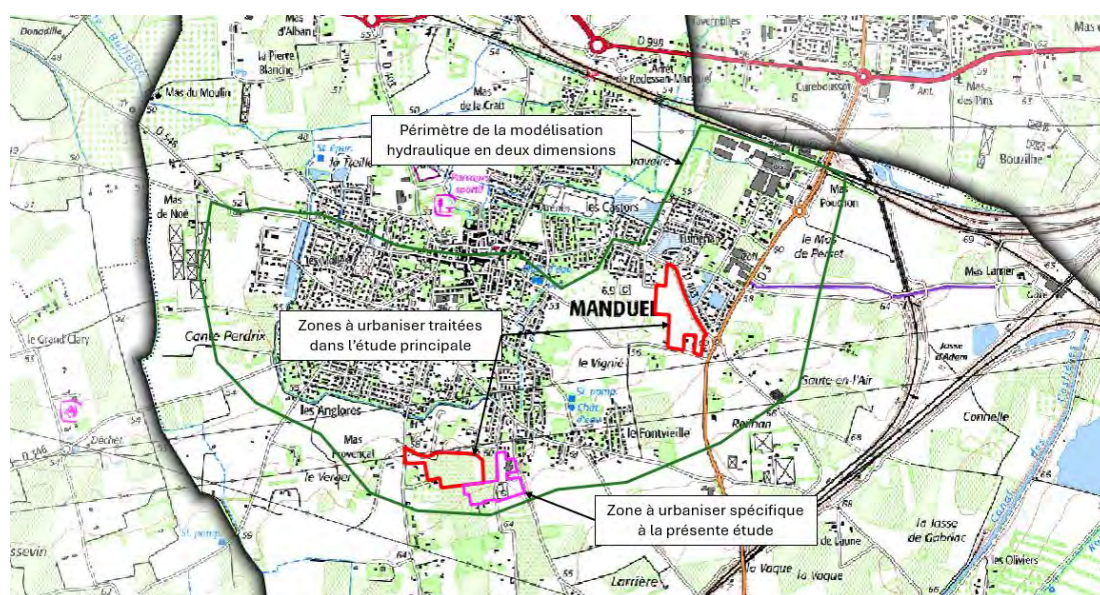


Illustration 1 : Localisation de la zone étudiée (source : plan IGN)

A. INONDABILITE PAR RUISSELLEMENT DU SECTEUR D'ETUDE



A.I. CONTEXTE HYDRAULIQUE

A.I.1. Positionnement du secteur d'étude et occupation du sol

La zone étudiée se situe au Sud de l'aire urbaine de la commune et est adjacente à la zone à urbaniser Sud qui est étudiée dans le rapport principal du zonage des ruissellements à l'échelle de la commune de Manduel.

Il faut également noter que l'emprise de la zone étudiée dans le présent rapport est située à l'intérieur de l'emprise initiale de la modélisation. Bien que les limites de ces deux entités soient proches, cette proximité ne remet pas en cause la validité des résultats obtenus au droit de la zone à urbaniser.

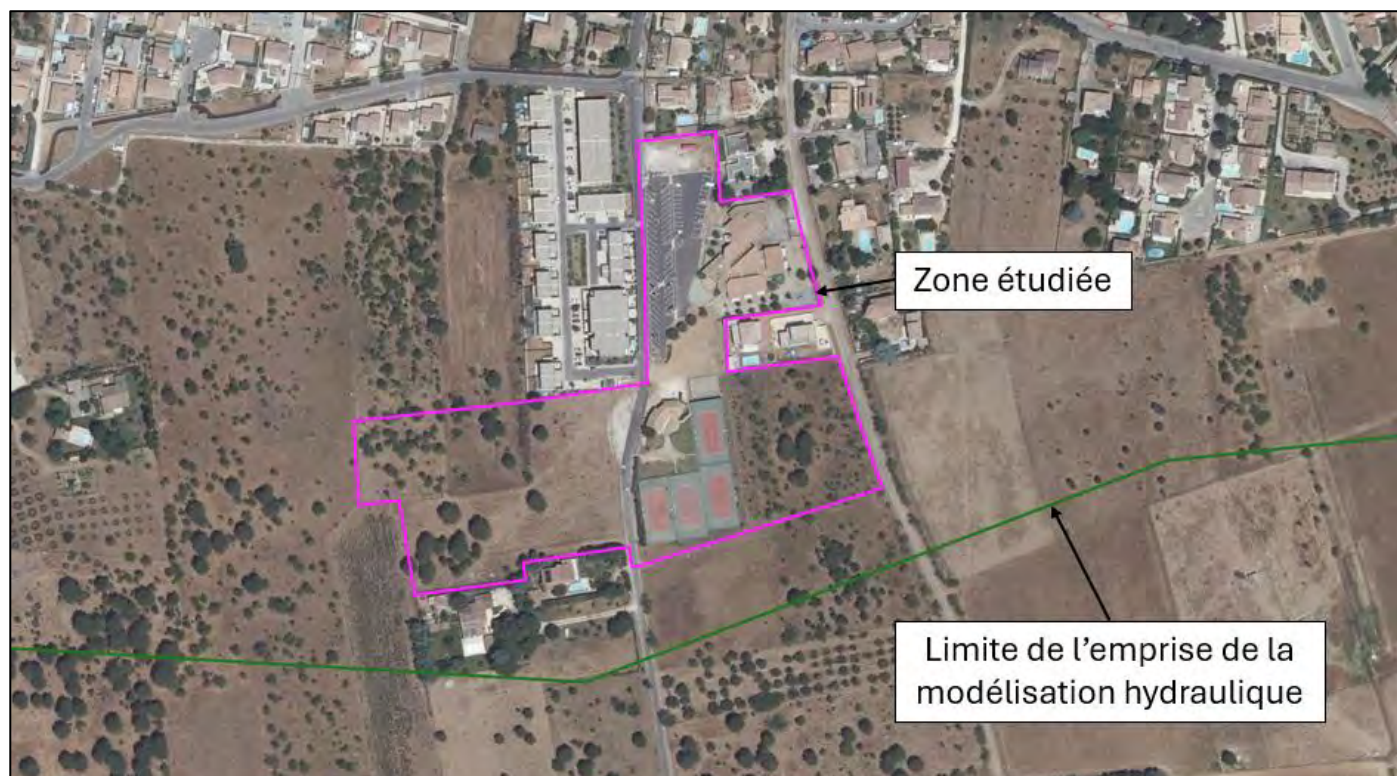


Illustration 2 : Photo aérienne de la zone d'intérêt

La zone d'étude est partiellement urbanisée avec la présence d'un parking en enrobé, d'une école maternelle, de cours de tennis imperméables ainsi que d'un bâtiment lié aux activités sportives. Les terrains non urbanisés sont dans un état naturel et sont entretenus puisqu'ils semblent être utilisés comme enclos.

A.I.2. Zonage Exzeco

L'Extraction des Zones de concentration des ECOulements (EXZECO) est un outil développé par le CEREMA visant à donner une estimation préliminaire à grande échelle des risques d'inondation **par débordement et par ruissellement**.

Il s'agit d'une méthode basée uniquement sur l'analyse de la topographie du terrain : pour chaque maille (25m x 25m) du modèle numérique de terrain (MNT) est calculée la superficie drainée et EXZECO en déduit les zones de concentration des écoulements **issus de ruissellements**. Cela permet de définir a priori les zones dans lesquelles se situent le réseau hydrographique naturel et son espace de mobilité ainsi que les endroits où les écoulements seront les plus concentrés.

En première approche, ces zones de concentration des écoulements peuvent être considérées comme des zones inondables.

Cependant, la méthode EXZECO ne permet pas d'établir une cartographie précise (inférieure au 1/25000^{ème}) des zones d'écoulement.

La cartographie de ce zonage au droit de la zone étudiée est disponible ci-dessous :

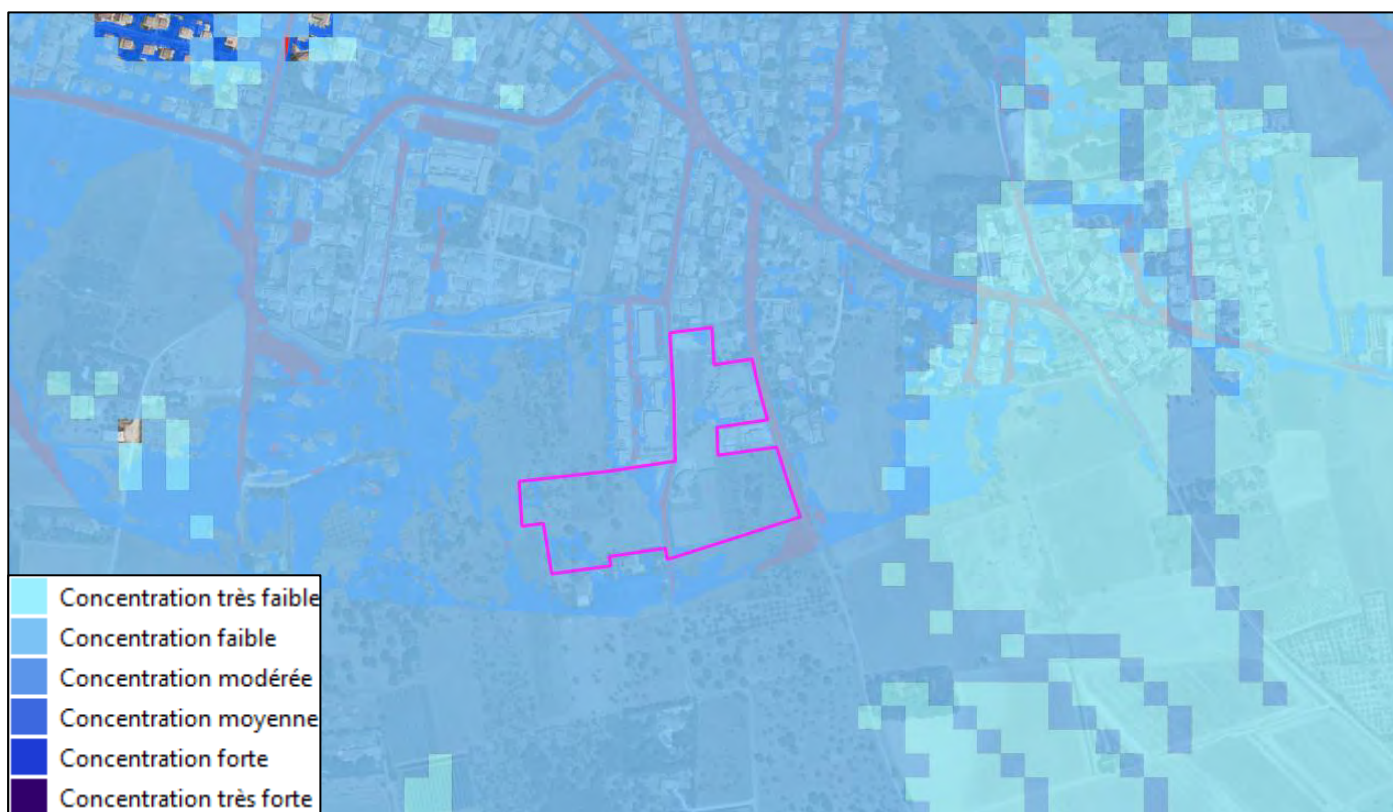


Illustration 3 : Extrait du zonage EXZECO au droit de la zone étudiée

La cartographie du zonage EXZECO montre que l'ensemble de l'emprise de la zone d'étude est concernée par une zone de concentration faible des écoulements.

En l'absence d'étude hydraulique venant préciser le risque inondation par ruissellement sur ce secteur, l'aléa inondation par ruissellement est considéré comme non qualifié sur l'ensemble de l'emprise concernée.

A.I.3. Aspect réglementaire

La zone étudiée est en partie urbanisée et l'aléa inondation par ruissellement y est considéré comme non qualifié. En l'état, la doctrine de la DDTM du Gard liée au risque inondation par ruissellement autorise sous conditions les travaux de réaménagement et/ou d'urbanisation sur les zones urbanisées et interdit toute construction au droit des zones non urbanisées :

ENJEUX \ ALEA	URBANISES	NON URBANISES
FORT	- inconstructibles - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions (calage à PHE+30cm ou TN+1m sans PHE) - adaptations possibles en centre urbain	
NON QUALIFIE	- constructibles avec calage à PHE+30 cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain	- inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
MODERE	- constructibles avec calage à PHE+30cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain	- inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
EXONDE pour une pluie de référence (centennale ou historique)	- constructibles avec calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques	- extension d'urbanisation possible (voir le paragraphe précédent) - calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques

Illustration 4 : Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement

A.II. EXPLOITATION DU MODELE HYDRAULIQUE

A.II.1. Hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement

La modélisation hydraulique réalisée à l'échelle de l'aire urbaine de la commune englobe les parcelles concernées par la présente étude. En ce sens, les résultats en termes de hauteur d'eau et de vitesse d'écoulement peuvent être analysés afin de caractériser l'aléa inondation par ruissellement sur la zone d'intérêt de cette étude.

L'analyse du ruissellement au droit du secteur étudié met en lumière les points suivants :

- Les écoulements provenant de l'amont sont pour la plupart canalisés par la voirie du chemin du bois des Roziers. Cet axe d'écoulement se scinde en deux bras au niveau des terrains de tennis. L'un des deux est toujours canalisé par la voirie tandis que le second pénètre dans une zone résidentielle. En aval de cette zone résidentielle, les deux bras se rejoignent et l'écoulement est de nouveau canalisé par la voirie.
- Un axe d'écoulement situé à l'Est des parcelles qui nous intéressent draine également une partie de l'eau provenant de l'amont. Cet axe est lui aussi lié à une voirie (le chemin du mas des Roziers) et s'écoule en direction de l'aire urbaine de la commune.

Le ruissellement lié à ce dernier n'impacte la zone étudiée qu'au niveau des limites parcellaires puisque le niveau d'eau peut légèrement atteindre le niveau des terrains. Il apparaît néanmoins qu'aucune réelle entrée d'eau vers la zone d'intérêt n'est mise en évidence.

- Des zones de faible ruissellement et/ou de stockage se dessinent également :
 - Au niveau de l'école maternelle, où la topographie de la cour et du parvis conduisent à retenir l'eau qui est précipitée au droit de l'école. Une fois que la zone de stockage est remplie, le surplus s'évacue vers le chemin du mas des Roziers, à l'Est.
 - Au Nord du secteur étudié, où l'impluvium en aval du parking n'a pas d'exutoire. Malgré l'occupation du sol (mélange de terre/cailloux compactés et d'espaces végétaux, cette zone de stockage se vidange par infiltration.

- Sur la partie Ouest de la zone étudiée. Cette zone est soumise à du ruissellement diffus où les vitesses et les hauteurs d'eau sont très faibles. Les légères dépressions topographiques existantes (20 à 30 cm au maximum) conduisent à la création de légères zones de stockage de l'eau.

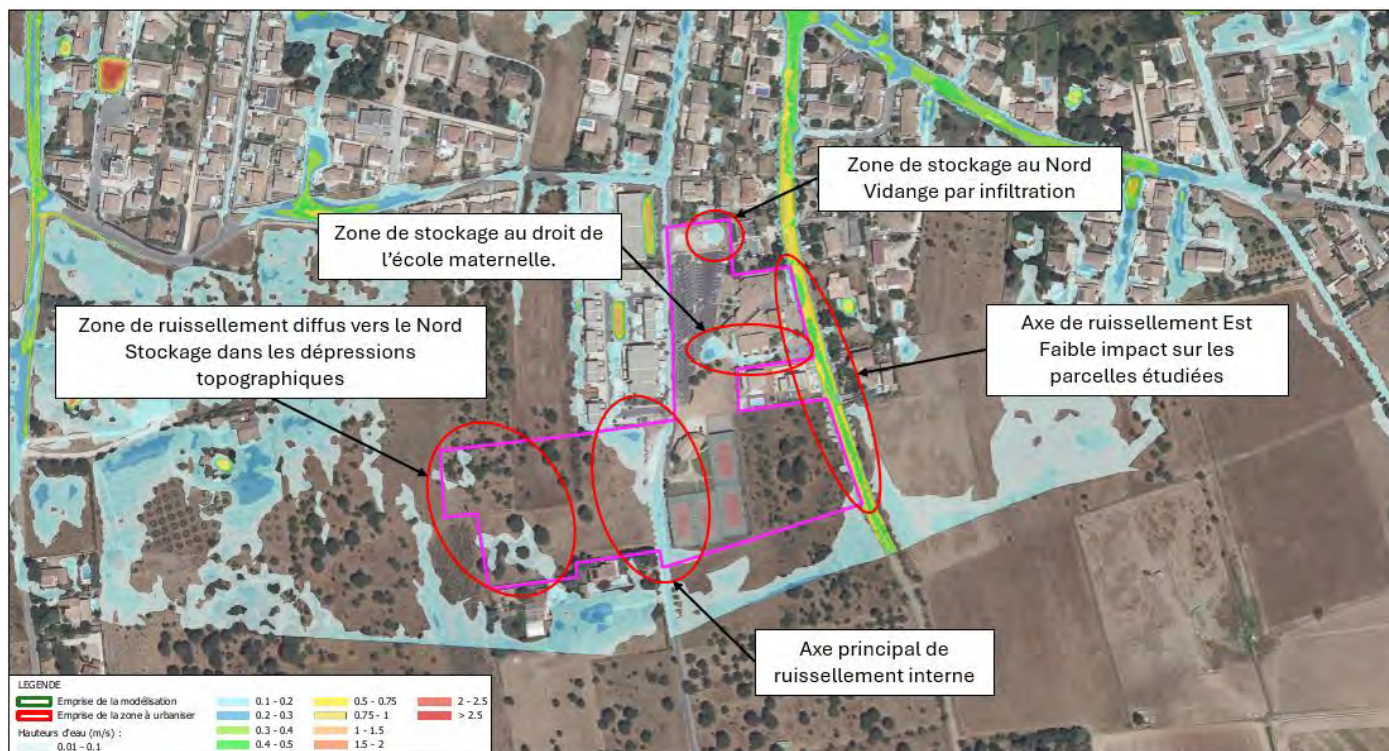


Illustration 5 : Ruissellement au droit de la zone étudiée

Les planches n°1 et n°2 proposent un zoom sur la zone étudiée en termes de hauteurs d'eau et de vitesses atteintes pour un évènement pluvieux d'occurrence centennale.

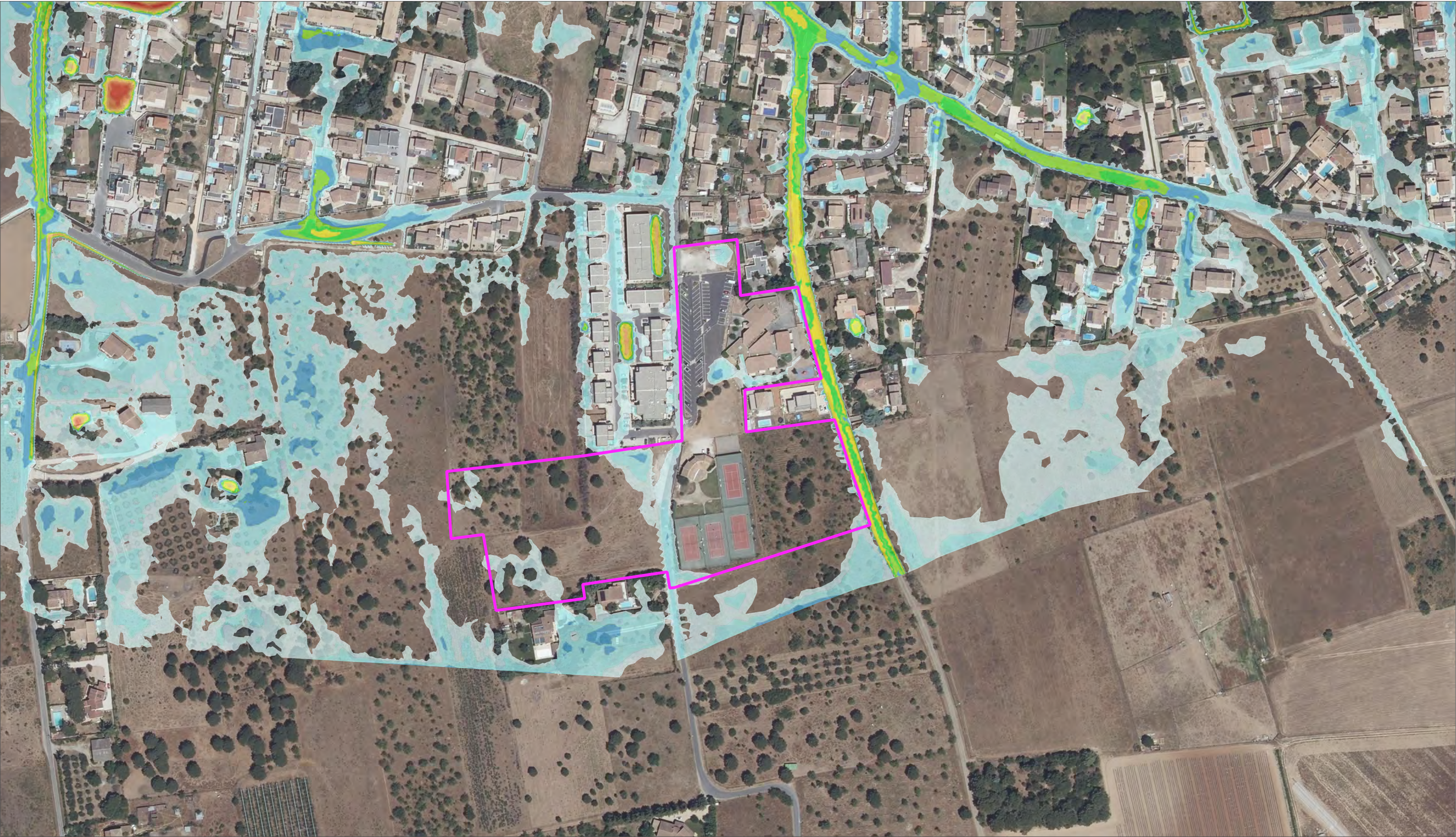
A.II.2. Aléa inondation par ruissellement

L'aléa inondation par ruissellement au droit du secteur étudié a été construit dans le cadre du zonage des ruissellements.

Conformément aux observations du paragraphe précédent, il apparaît que les seuls axes d'écoulement concernés par un aléa fort vis-à-vis du risque inondation par ruissellement sont liés au chemin de bois des Roziers et au chemin du mas des Roziers. Les autres secteurs inondables identifiés sont concernés par un aléa modéré.














La planche n°3 présente la cartographie de l'aléa ruissellement sur la zone d'étude.

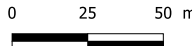
Cartographie des hauteurs maximales atteintes en situation actuelle - Zone de l'école maternelle



Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE














 Emprise de la modélisation	 0.1 - 0.2	 0.5 - 0.75	 2 - 2.5
 Emprise de la zone à urbaniser	 0.2 - 0.3	 0.75 - 1	 > 2.5
Hauteurs d'eau (m/s) :			
 0.01 - 0.1	 0.3 - 0.4	 1 - 1.5	
	 0.4 - 0.5	 1.5 - 2	



Cartographie des vitesses maximales atteintes en situation actuelle - Zone de l'école maternelle



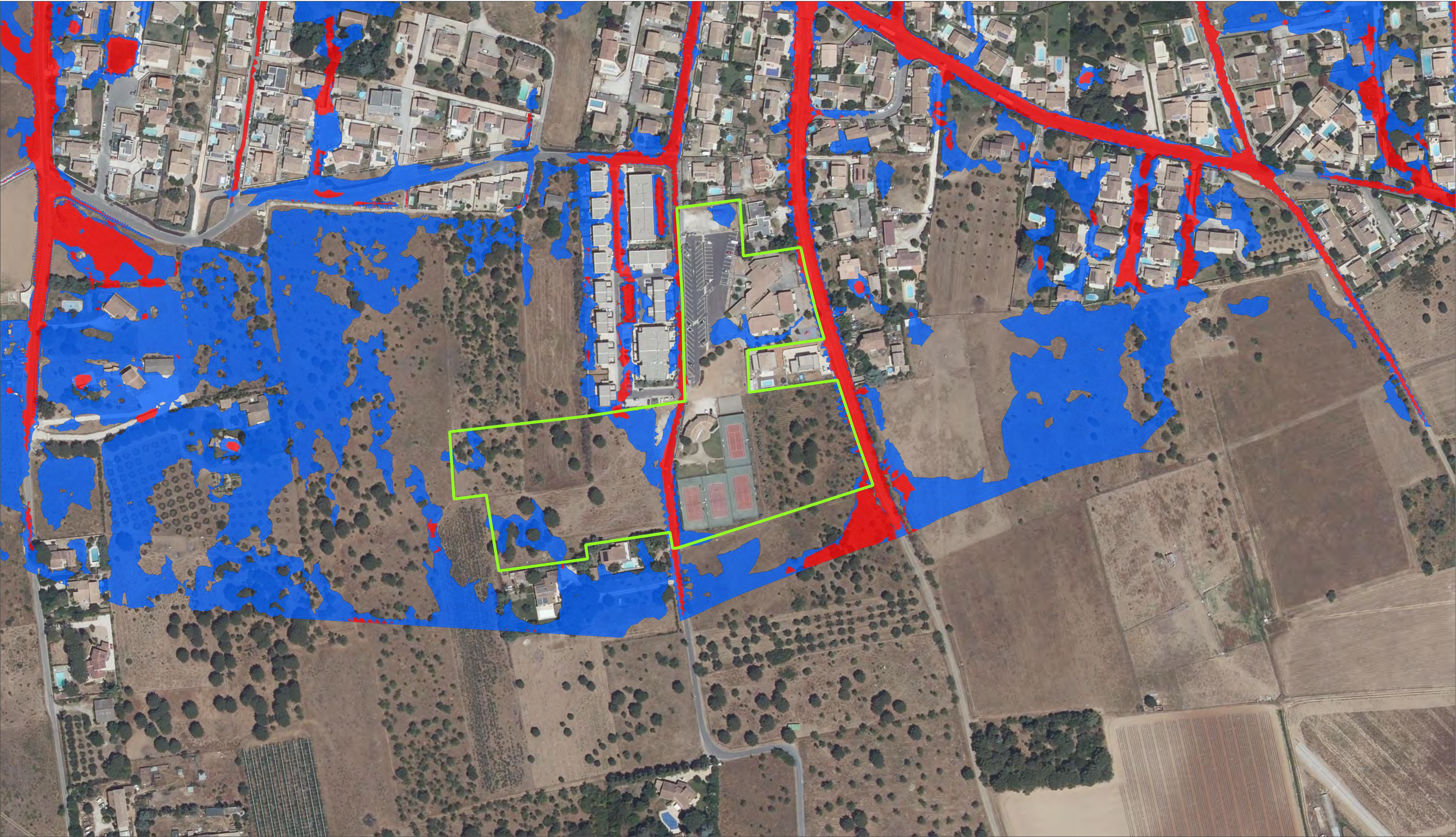
Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE			
	Emprise de la modélisation		0.1 - 0.2
	Emprise de la zone d'étude		0.2 - 0.3
Vitesses (m/s) :			0.3 - 0.4
	0.01 - 0.1		0.4 - 0.5
	0.5 - 0.75		0.75 - 1
	1 - 1.5		1.5 - 2
	2 - 2.5		> 2.5



0 25 50 m

Cartographie de l'aléa inondation par ruissellement - Zone de l'école maternelle



Carte élaborée par YBA le 26/06/2024 | Source : fonds IGN

LEGENDE

- Emprise de la modélisation
- Zone de l'école maternelle
- Emprise de la zone à urbaniser

- Classes d'aléa :
- Aléa fort
 - Aléa modéré



0 25 50 m

A.II.3. Conclusions sur la constructibilité du site

La partie Nord de la zone étudiée (jusqu'à la limite de la zone résidentielle adjacente au parking) est considérée comme une zone urbanisée tandis que la partie Sud est considérée comme une zone non urbanisée malgré la présence d'un bâtiment lié aux activités sportives et de plusieurs cours de tennis.

L'étude de l'inondabilité du site montre que la grande majorité du site n'est pas inondable par ruissellement. Hormis au niveau de l'axe principal de ruissellement (au centre du projet) qui se scinde en deux bras, il apparaît que l'inondabilité du site est liée à des zones de stockage ponctuelles où les hauteurs d'eau maximales sont inférieures à 30 cm.

Le règlement type de la DDTM 30 pour la prise en compte du risque inondation par ruissellement indique que :

- Toute construction est interdite dans les zones d'aléa fort (urbanisées ou non) ;
- Les secteurs soumis à un aléa modéré en zone non urbanisée sont considérés comme inconstructibles ;
- Les secteurs soumis à un aléa modéré en zone urbanisée sont considérés comme constructibles sous conditions, à savoir le calage du premier plancher à la cote TN+80 cm.

Le règlement type en question est rappelé ci-dessous :

ENJEUX ALEA	URBANISES	NON URBANISES
FORT	- inconstructibles - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions (calage à PHE+30cm ou TN+1m sans PHE) - adaptations possibles en centre urbain	
NON QUALIFIE	- constructibles avec calage à PHE+30 cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain	- inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
MODERE	- constructibles avec calage à PHE+30cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain	- inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
EXONDE pour une pluie de référence (centennale ou historique)	- constructibles avec calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques	- extension d'urbanisation possible (voir le paragraphe précédent) - calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques

Illustration 6 : Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement

Dans son état actuel et compte tenu des éléments mentionnés ci-avant, il apparaît que la partie non urbanisée de la zone étudiée peut être ouverte à l'urbanisation.

Il est toutefois primordial de n'implanter aucun bâtiment au droit des zones d'aléa modéré et/ou d'aléa fort.

Pour le risque d'inondation par ruissellement, à la différence du risque d'inondation par débordement, des travaux et des aménagements pérennes peuvent permettre de mettre hors d'eau, durablement, des terrains exposés.

Ainsi, il est envisageable d'étendre une zone d'urbanisation sur des secteurs soumis à un aléa ruissellement sous les conditions qui suivent :

- Démontrer, par une étude hydraulique, la possibilité de mettre hors d'eau les terrains projetés pour une pluie de référence centennale ou historique si celle-ci lui est supérieure ;
- Réaliser les aménagements nécessaires dans le respect du Code civil et du Code de l'environnement (dépôt d'un dossier Loi sur l'Eau).

A noter que dans les zones soumises à un risque inondation par RUISSELLEMENT, mais EXONDEES pour l'évènement de référence, il est demandé de caler les planchers à la cote TN + 30 cm. L'intégralité des clauses réglementaires applicables sur les secteurs exonérés pour la pluie de référence est disponible dans le règlement de zonage ruissellement de la commune.

B. MESURES D'EXONDEMENT



B.I. AMENAGEMENTS PROJETES SUR LA ZONE D'ETUDE

Aménagements au sein de la zone urbanisée

La partie Nord de la zone d'étude est située au sein de l'aire urbaine de la commune. A ce niveau, l'état d'urbanisation du site semble presque finalisé.

Il se trouve néanmoins que le bâtiment de l'école maternelle peut être agrandi afin de proposer divers services supplémentaires dans le futur.

En ce sens, la zone d'aléa modéré qui apparaît au Sud de l'école représente une forte contrainte.

Aménagements au sein de la zone non urbanisée

En ce qui concerne la partie Sud, non urbanisée, les quelques tâches d'aléa modéré qui apparaissent peuvent s'avérer problématiques dans le cadre d'un projet de construction.

Les services de la commune projettent cependant la création de zones de jeu sur ce secteur, ou du moins des espaces qui restent majoritairement naturels avec la création potentielle de terrains de jeu.

Dans la mesure où aucune construction n'est proposée sur cette zone, les contraintes d'inondabilité par ruissellement ne conduisent pas à remettre en question la faisabilité de tels aménagements.

Dans le cas où une construction serait envisagée, celle-ci devra être implantée en dehors de toute zone d'aléa inondation par ruissellement. Si ceci s'avère techniquement impossible, une étude d'exondement spécifique au projet devra être fournie afin de valider la constructibilité du secteur en question.

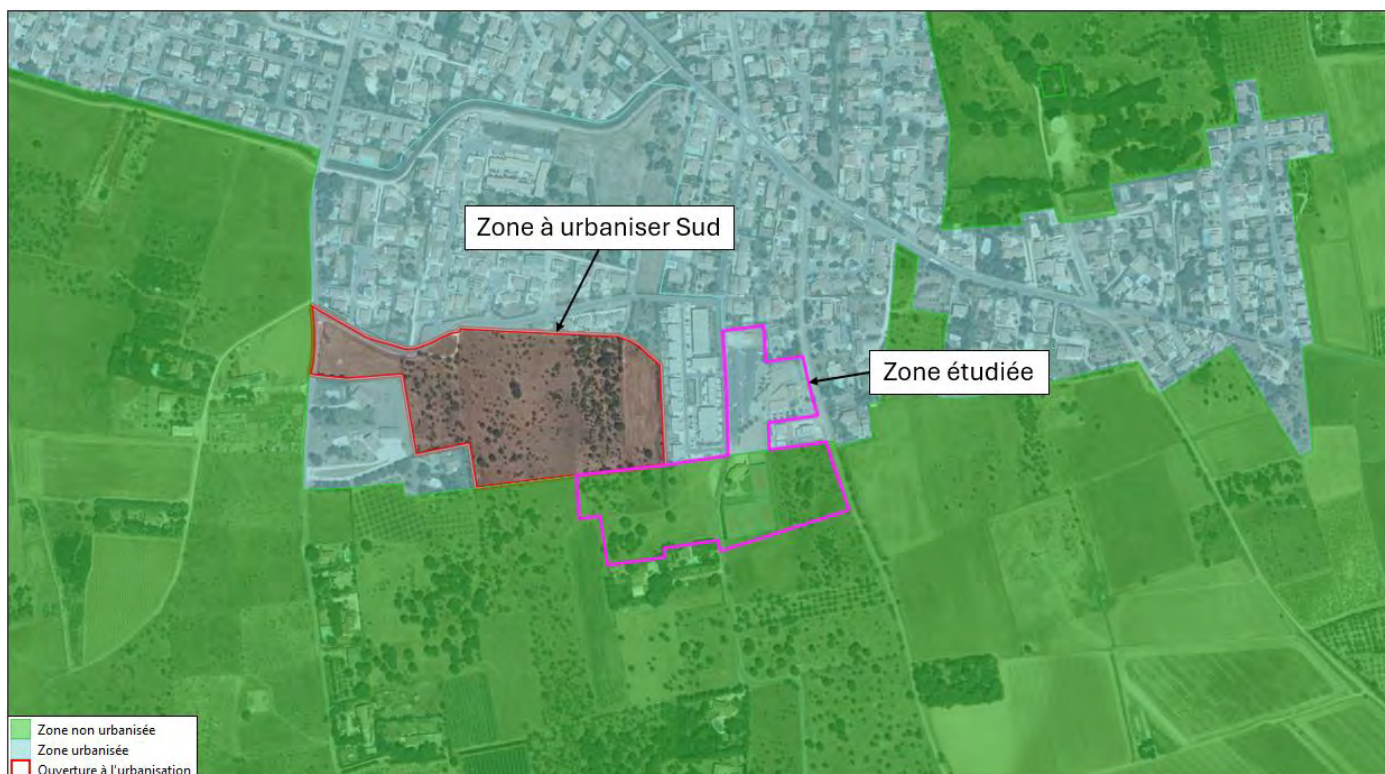


Illustration 7 : Règlement type du Gard par rapport au risque inondation par ruissellement

B.II. EXONDEMENT DE L'ECOLE MATERNELLE

B.II.1. Inondabilité et exondement du site

Afin d'anticiper le potentiel réaménagement de l'école maternelle, une solution d'exondement spécifique à l'école maternelle est proposée. Pour rappel, en situation actuelle cette tâche est située au Sud de l'établissement et est générée par l'impluvium propre à l'école élémentaire.

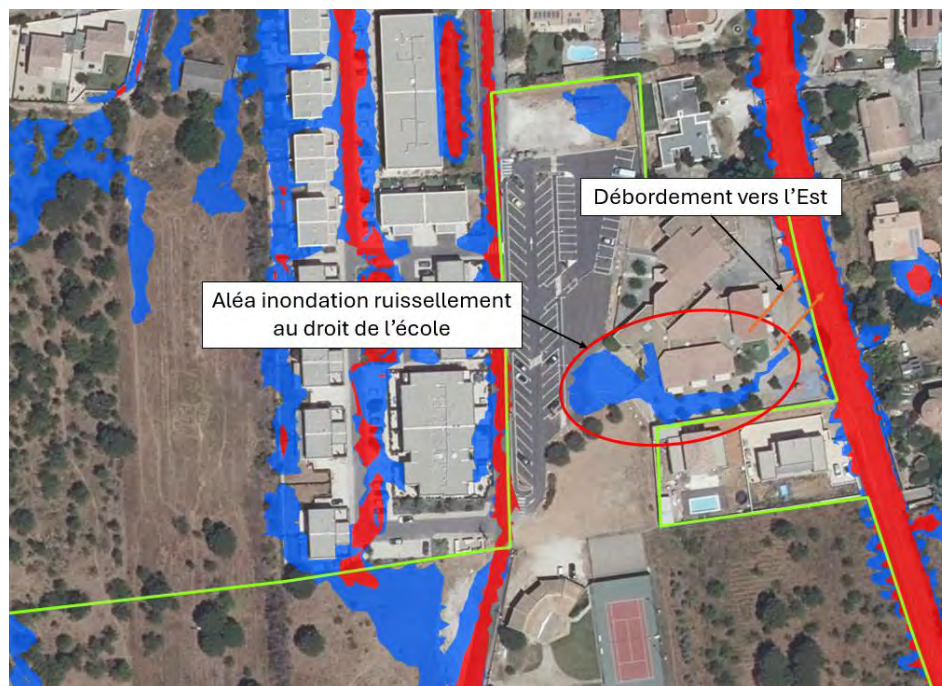


Illustration 8 : Tâche de l'aléa inondation par ruissellement au droit de l'école maternelle

La zone liée à l'aléa inondation par ruissellement présentée sur l'illustration précédente a une superficie d'environ 630 m². Sous l'hypothèse que la hauteur de stockage moyenne au sein de la cuvette topographique est de 15 cm, le volume associé serait d'environ 95 m³.

Afin d'assurer l'exondement du site, il faut par conséquent créer un ouvrage d'au moins 100 m³ qui permette de drainer l'eau qui vient actuellement se stocker vers la cour et le parvis de l'école.

Dans ce cas, la zone de l'école peut alors être considérée comme exondée puisque :

- Le volume de stockage existant est conservé ;
- Le point de rejet est le même qu'en situation actuelle ;

De plus, ces éléments permettent d'affirmer que l'incidence en aval de l'école est nulle puisque le débit rejeté vers le même exutoire est inférieur ou égal au débit rejeté actuellement.

Afin de s'assurer de la faisabilité des aménagements, il convient toutefois de :

- Etudier la faisabilité de l'implantation de l'ouvrage d'infiltration et de son raccordement vis-à-vis de la topographie du site, notamment via la réalisation d'un plan topographique à la précision centimétrique.
- Réaliser deux tests de perméabilité du sol au droit de l'ouvrage d'infiltration pour permettre une vidange de l'ouvrage en moins de 48 heures ;
- Créer un déversoir de sécurité connecté au fossé du chemin du mas des Roziers afin de conserver l'exutoire actuel de l'eau en cas de surverse de l'ouvrage.

B.II.2. Scénario d'exondement

Le scénario d'exondement présenté se base sur l'hypothèse que la disponibilité foncière du projet permette de créer un bassin d'infiltration à l'Est de la cour existante.

Ce secteur représente la zone naturelle de stockage maîtrisé de l'eau puisque celui-ci est topographiquement plus bas que la cour. Le principe d'aménagement consiste à drainer l'ensemble de l'eau qui se stocke en état actuel au droit de la cour et du parvis de l'école afin de rediriger le ruissellement vers un ouvrage d'infiltration. En cas de débordement du bassin, un déversoir de sécurité permet de renvoyer l'eau vers le fossé pluvial du chemin du mas des Roziers, conformément à la situation actuelle.

Les avantages sont multiples puisqu'en plus de maîtriser le ruissellement cette solution permet de favoriser la recharge de la nappe et la déconnexion au réseau pluvial pour les pluies les plus fréquentes.

L'illustration suivante permet de préciser les aménagements à réaliser :

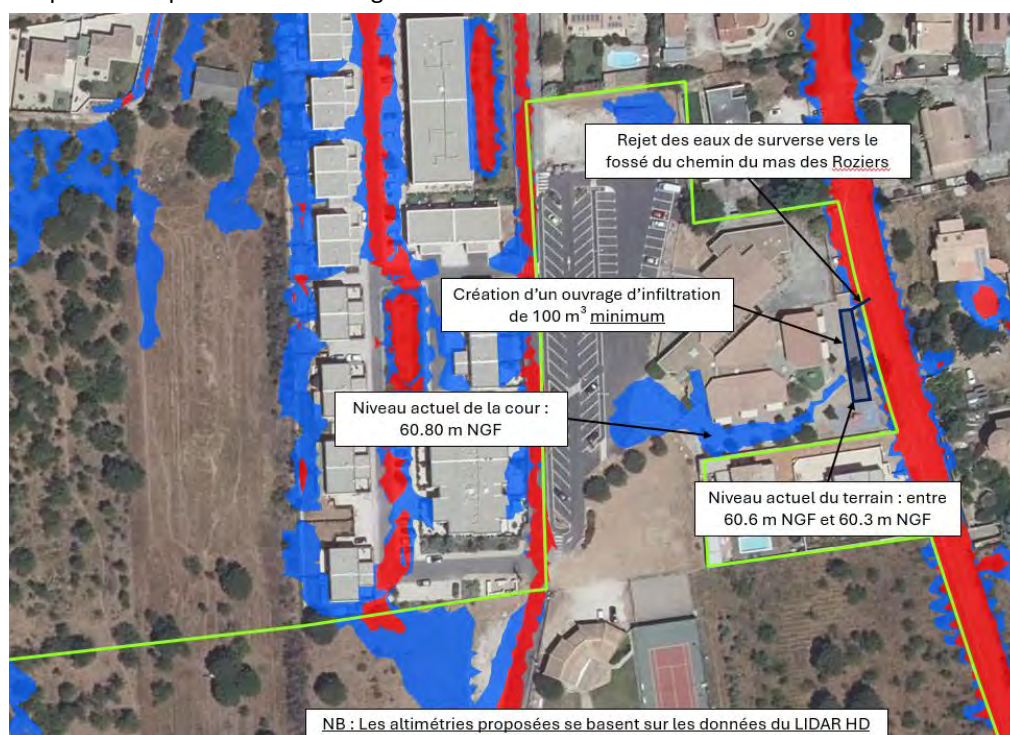


Illustration 9 : Scénario d'exondement - Création d'un ouvrage d'infiltration à l'Est de l'école

B.II.3. Conclusions sur l'exondement

La mise en œuvre du scénario présenté permet d'exonder la zone de l'école maternelle. C'est-à-dire que la zone inondable présente au droit du site n'apparaît plus, et qu'un réseau de collecte spécifique et/ou le ruissellement sur la zone initialement inondée permet d'alimenter un ouvrage de rétention dimensionné de sorte à mettre hors d'eau les terrains.

Les paragraphes suivants sont basés sur l'implantation du volume de 100 m³ au sein d'un ouvrage de 0.50 m de hauteur utile pour 0.70 m de hauteur totale (20 cm de revanche pour la surverse).

L'emprise exacte des ouvrages proposés ainsi que leurs caractéristiques physiques devront être étudiées via une étude hydraulique spécifique prenant en compte les résultats d'une étude de sol qui précise la capacité d'infiltration du sol.

L'illustration suivante permet de visualiser la situation exondée :



Illustration 10 : Inondabilité au droit du site en situation exondée

En termes d'incidences sur les hauteurs d'eau et les vitesses, celles-ci se limitent à l'emprise de la zone inondable actuelle et des deux bassins en fonction du scénario retenu. Etant donné que la zone inondable par ruissellement en situation actuelle est ponctuelle et correspond à l'impluvium du bâtiment de l'école, aucune interaction avec les terrains en amont ou en aval n'existe.

La cartographie de l'aléa inondation par ruissellement étant un croisement des données de hauteur d'eau et de vitesse d'écoulement, aucune incidence sur l'aléa n'existe en dehors des éléments cités plus tôt.

B.III.CONCLUSION

L'étude de l'inondabilité de la zone étudiée montre que celle-ci est peu impactée par le ruissellement pluvial puisque seul un axe principal d'écoulement la traverse, et que celui-ci est majoritairement canalisé par la voirie du chemin du bois des Roziers.

Il apparaît notamment que, sous réserve de ne pas implanter de bâtiments au droit des zones inondables par ruissellement, la zone non urbanisée du périmètre étudié peut être ouverte à l'urbanisation.

En prévision de travaux futurs, une étude d'exondement est toutefois effectuée afin de limiter les contraintes d'aménagement au droit de l'école maternelle.

Le principe d'exondement retenu consiste à collecter le ruissellement afin de le réorienter vers un bassin d'infiltration équipé d'un dispositif de sécurité qui permet de renvoyer l'eau excédentaire vers son exutoire, conformément à la situation actuelle. Dans la mesure où le volume de stockage est au moins égal au volume représenté par la cuvette topographique actuellement mise en eau, le principe de non-aggravation des fonds en aval est bien respecté.

Cette solution doit toutefois être validée par des études spécifiques et sa forme peut être adaptée en fonction du projet d'aménagement retenu. Un volume minimal de 100 m³ doit impérativement être créé afin d'assurer la non-aggravation de la situation en aval.

Il convient également de noter que les mesures d'exondement préconisées ne doivent pas être mutualisées avec les mesures de compensation à l'imperméabilisation qui pourront découler d'un projet d'aménagement futur.




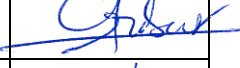


Dans le cas où un projet d'aménagement prévoyant une ou plusieurs constructions qui intersectent une zone inondable par ruissellement identifiée par la présente étude mais non concernée par une mesure d'exondement, une étude spécifique d'exondement sera nécessaire afin de permettre la réalisation du projet.

Projet MAGNA PORTA Commune de Manduel

Zonage du ruissellement - Etude des ouvrages d'exondement du projet

Juillet 2025

Références du rapport	
Client	ARCADIS
Objet du rapport	MAGNA PORTA Commune de Manduel : Zonage du ruissellement - étude des ouvrages d'exondement du projet
Ref. PROGEO	D.0242 / C.0348 / Rapport R.0764-03
Dossier suivi par	Renaud LUCAS / Catherine JOUBERT

Objet	Indice	Date	Rédaction		Validation	
Rapport	01	12/09/2024	R.LUCAS		C. JOUBERT	
Rapport	02	28/11/2024	R.LUCAS		C. JOUBERT	
Prise en compte remarques DDT	03	07/07/2025	R.LUCAS		C. JOUBERT	

progeo environnement

5 Esplanade Andry Farcy
38000 GRENOBLE
Tél. 0982430222

progeo@progeo-environnement.com

Rapport R.764-03 / D.0242 / C.0348

Sommaire

1	Objectif du rapport d'étude	5
2	Bibliographie	6
3	Secteur d'étude	7
4	Etat actuel : bassins versants et ouvrages hydrauliques	9
4.1	BV1	10
4.2	BV2-3	11
4.3	BV PEM	15
4.4	BV4	15
4.5	Avenue de la Gare	15
5	Caractérisation de l'Aléa ruissellement en situation actuelle	16
5.1	Outil mis en œuvre	16
5.2	Emprise et maillage du modèle	16
5.3	Les temps de concentration et les pluies de Projet :	17
5.4	Rugosités et coefficients de ruissellement	19
5.5	Les ouvrages hydrauliques	20
5.6	Résultats et analyses	21
5.7	Carte de l'aléa ruissellement à l'état actuel	25
6	Définition et dimensionnement des mesures d'exondement	27
6.1	Construction du modèle	27
6.1.1	Le MNT	27
6.1.2	Les pluies de Projet	28
6.1.3	Rugosités et coefficients de ruissellement	28
6.2	Ouvrages d'exondement	30
6.3	Bassin versant interceptés par le projet : quadrants III et IV	32
6.4	Compatibilité des cotes de fond des bassins avec le niveau de nappe haut	32
6.5	Carte des hauteurs et des incidences en situation projet	34
6.6	Conclusion	38

TABLEAUX

Tableau 1 : Prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme (extrait doctrine DDTM du Gard)	6
Tableau 2 : Capacité des ouvrages exutoires du BV3	14
Tableau 3 : Coefficients de ruissellement en fonction de l'occupation des sols	20
Tableau 4 : Coefficients de rugosité en fonction de l'occupation des sols	20
Tableau 5 : Grille de l'aléa ruissellement dans le Département du Gard	25
Tableau 6 : Volume de rétention par quadrant et par bassin	30
Tableau 7 : Amplitude des battements de la nappe enregistrée (entre 2005 et 2015) sur les différents piézomètres de la zone d'étude	33

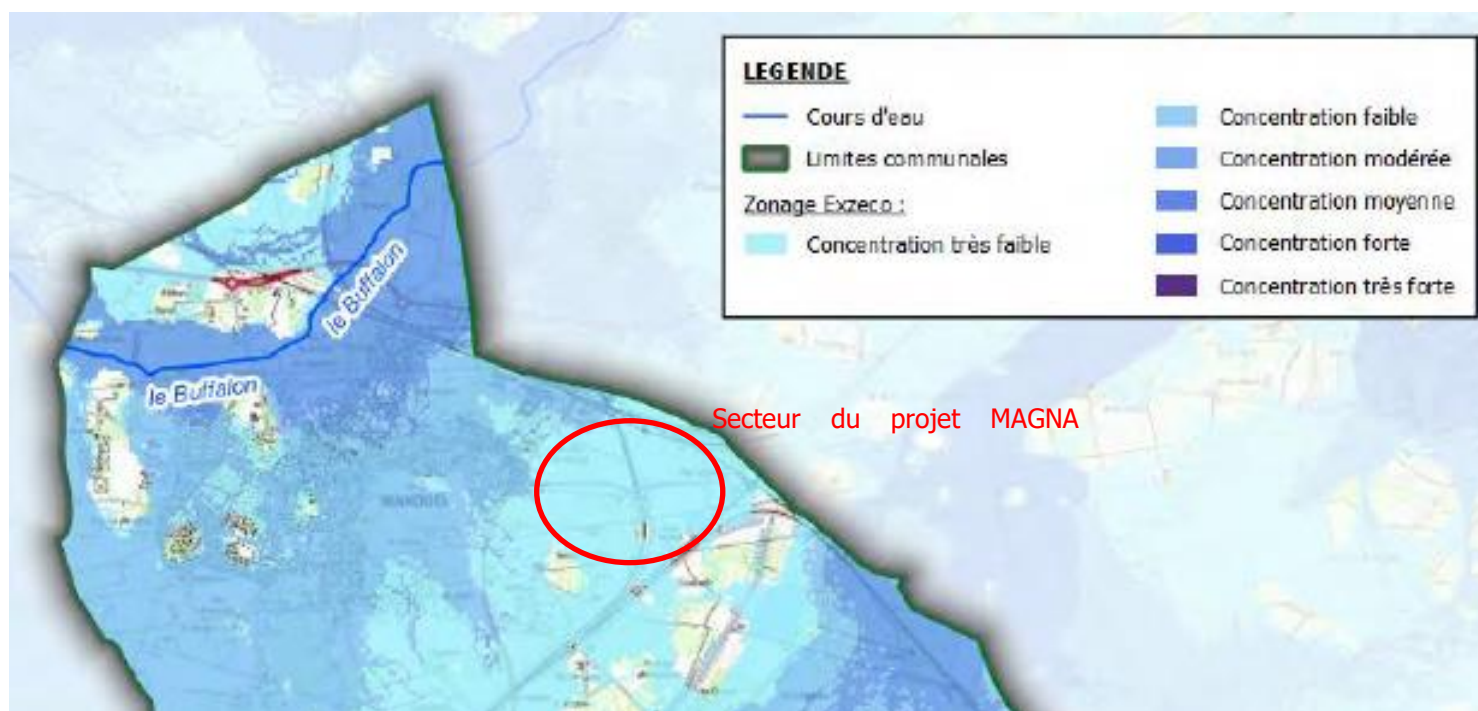
FIGURES

Figure 1 : Zonage EXZECO	5
Figure 3 : Emprise du projet et bassins versants interceptés – fond de plan altimétrique (MNT LIDAR HD)	8
Figure 4 : Les bassins versants, exutoires et ouvrages eaux pluviales du secteur d'étude	9
Figure 5 : Capacité exutoires BV1 et BV4	10
Figure 6 : Ouvrages exutoire du BV2	11
Figure 7 : Capacité exutoire BV3 (ouvrage Fret)	14
Figure 8 : Emprise et caractérisation du maillage	17
Figure 9 : HyétoGramme pluie 100 ans	18
Figure 10 : Occupation du sol sur le secteur d'étude	19
Figure 11 : Ouvrages hydrauliques intégrés au modèle sur le secteur des quadrants II et III	21
Figure 12 : Carte des hauteurs d'eau de l'état actuel pour une occurrence centennale	22
Figure 13 : Carte des vitesses de l'état actuel pour une occurrence centennale	23
Figure 14 : Aléa ruissellement à l'état actuel pour une pluie centennale sur le secteur du projet	26
Figure 15 : MNT état projet pris en compte dans la modélisation secteur projet	27
Figure 16 : Occupation du sol état projet	29
Figure 17 : Mesures pour exonder les Ilots urbanisés : altimétrie du projet / bassins de stockage	31
Figure 18 : Profondeur de la nappe en moyenne eaux	32
Figure 19 : Impact de la tranchée couverte Fret en hautes eaux de nappe	33
Figure 20 : Localisation des piézomètres suivis	33
Figure 21 : Carte des hauteurs d'eau maximales en situation exondée pour une pluie centennale	35
Figure 22 : Carte des incidences sur la hauteur d'eau à l'aval du projet– quadrant I	36
Figure 23 : Carte des incidences sur la hauteur d'eau à l'aval du projet– quadrant II	37
Figure 24 : Carte des incidences sur la hauteur d'eau à l'aval du projet– quadrant III	37
Figure 25 : Carte des incidences sur la hauteur d'eau – quadrant IV	38

1 Objectif du rapport d'étude

Le projet MAGNA PORTA, sur la commune de Manduel, est concerné par le zonage EXZECO (concentration très faible – cf figure 1 ci-dessous). Ce zonage, qui permet de disposer d'une première approche de l'aléa ruissellement sans le qualifier précisément, est réalisé à l'échelle du département et permet en particulier de prédéterminer quelles sont les zones qui sont potentiellement impactées par le risque inondation par ruissellement.

Figure 1 : Zonage EXZECO



Selon la **doctrine de la DDTM du Gard** (Note de cadrage méthodologique sur la prise en compte du risque inondation dans les documents d'urbanisme et lors des instructions d'actes d'urbanisme – mai 2018), **il n'est pas autorisé d'ouvrir à l'urbanisation des secteurs potentiellement inondables par ruissellement avec un aléa non qualifié et situés en zone non urbanisée**, cas de la zone de projet MAGNA PORTA (cf tableau ci-après extrait de la doctrine).

Aussi, la SPL AGATE, structure porteuse du projet MAGNA PORTA, a missionné PROGEO Environnement pour la réalisation d'une étude qui présente 2 objectifs principaux, conformément à la doctrine risque inondation et urbanisme de 2018 :

- qualifier l'aléa inondation par ruissellement sur le secteur de Magna Porta,
- définir les aménagements nécessaires à l'exondement des terrains, permettant leur ouverture à l'urbanisation.

Cette étude viendra alimenter et compléter l'étude du zonage des ruissellements et la définition des aménagements nécessaires à l'exondement des projets urbains **à l'échelle de la commune** (hors secteur MAGNA PORTA). Cette dernière s'inscrit dans le cadre de l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme de la commune de Manduel, est réalisé parallèlement, sous maîtrise d'ouvrage de la commune, et fait l'objet d'un rapport spécifique.

Tableau 1 : Prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme (extrait doctrine DDTM du Gard)

ENJEUX	URBANISES	NON URBANISES
FORT	- inconstructibles - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions (calage à PHE+30cm ou TN+1m sans PHE) - adaptations possibles en centre urbain	
NON QUALIFIE	- constructibles avec calage à PHE+30 cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain	- inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
MODERE	- constructibles avec calage à PHE+30cm ou TN+80cm sans PHE - pas d'établissements stratégiques ou accueillant des populations vulnérables - adaptations possibles en centre urbain	- inconstructibles sauf les bâtiments agricoles sous conditions - extensions limitées des bâtiments existants sous conditions
EXONDE pour une pluie de référence (centennale ou historique)	- constructibles avec calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques	- extension d'urbanisation possible (voir le paragraphe précédent) - calage à TN+30cm - pas d'établissements stratégiques

Situation actuelle

Objectif cible de l'étude

Le présent document constitue le rapport de cette étude hydraulique.

2 Bibliographie

Nous avons mené une recherche et une analyse des études hydrauliques existantes sur le secteur. Les études concernées sont les suivantes

1. Etudes et Dossiers règlementaires projet CNM – OCVA – 05/2013
2. Etudes et Dossiers règlementaires projet Gare Nouvelle Manduel – SNCF Réseau – 06/2016
3. Etudes hydrauliques projet Avenue de la Gare – SPL AGATE – 01/2018
4. Etudes de gestion des eaux pluviales – ZAC MAGNA PORTA – SPL AGTE – 01/2021
5. Zonage des ruissellements – Etude Hydraulique – Mairie de Manduel – 12/2024

A noter que seules les études 1 et 5 étudient les évènements pluvieux de période de retour 100 ans.

L'étude 5, menée par le bureau d'étude CEREG en accompagnement de la modification du PLU de Manduel, traite du ruissellement en centennale. Des réunions de calage entre PROGEO et le CEREG ont permis de mettre en cohérence les données d'entrée nécessaires aux études respectives qui accompagneront le dossier de modification du PLU : coefficients de ruissellement, coefficients de rugosité, pluies de projet...

3 Secteur d'étude

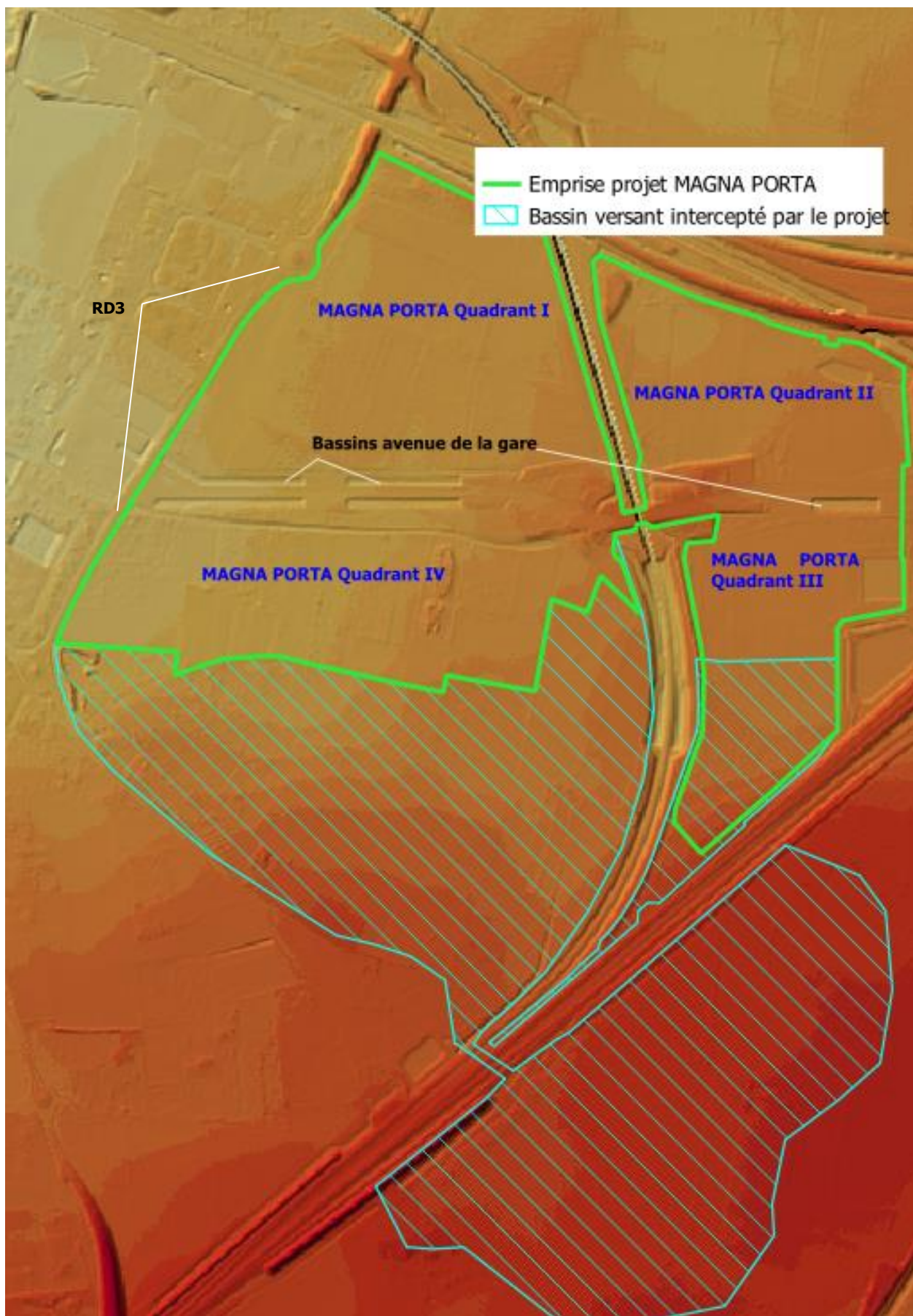
Le secteur d'étude, présenté sur la figure suivante, est constitué du projet d'urbanisation MAGNA PORTA et de ses bassins versants.

Le périmètre d'étude a été élargi au-delà du strict périmètre du projet, dès lors que des enjeux sensibles situés à l'aval ont été identifiés (habitations, infrastructures sensibles, etc.). C'est sur ce principe que la frange ouest de la RD3 a été intégrée à l'étude afin d'étudier l'impact potentiel du projet sur les ruissellements du projet dans ce secteur urbanisé.

Figure 2 : Limite du projet MAGNA PORTA – plan masse



Figure 2 : Emprise du projet et bassins versants interceptés – fond de plan altimétrique (MNT LIDAR HD)



4 Etat actuel : bassins versants et ouvrages hydrauliques

Les figures ci-dessous présentent les bassins versants, les exutoires, les ouvrages de gestion des eaux pluviales et la topographie du secteur d'étude.

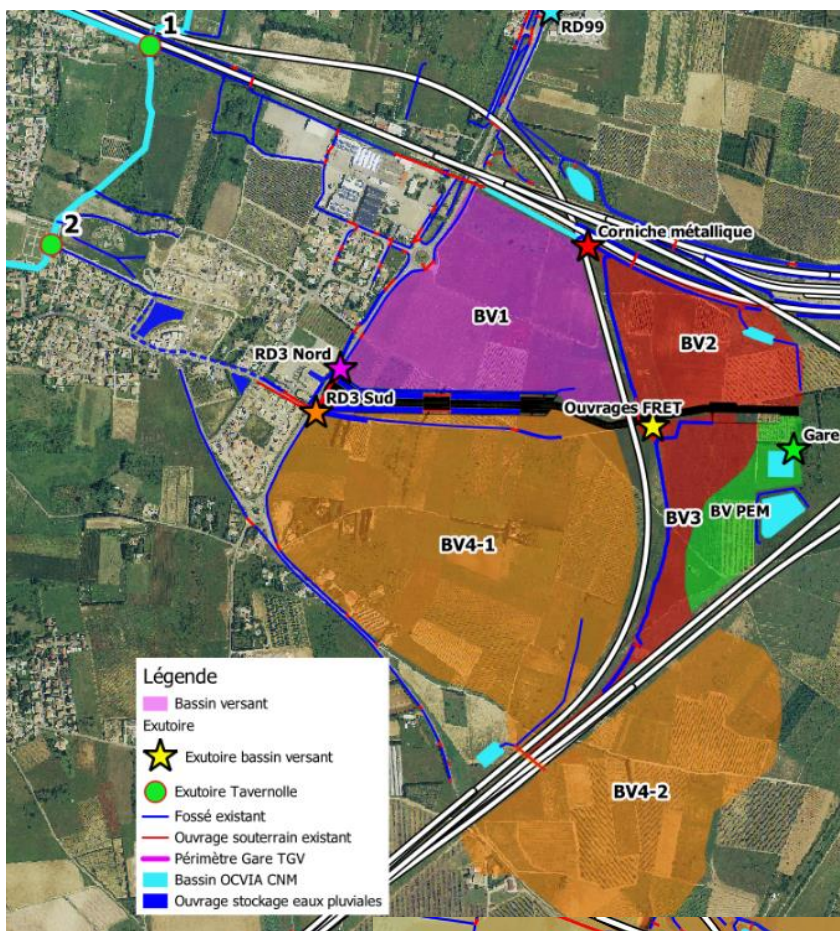
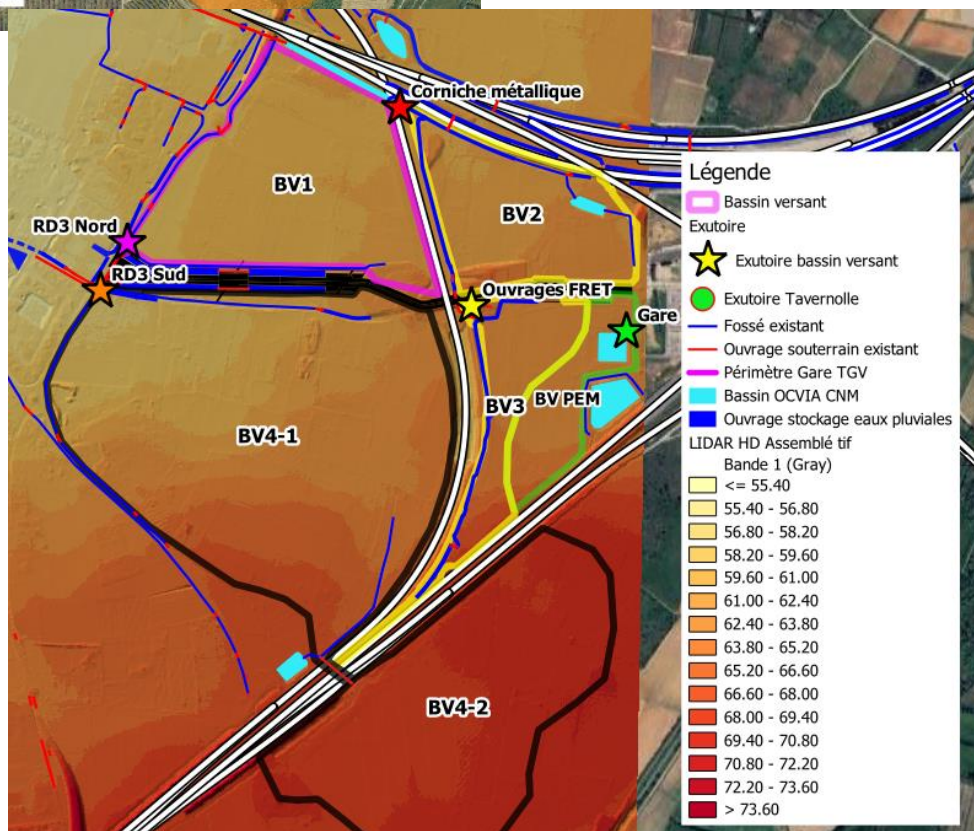


Figure 3 : Les bassins versants, exutoires et ouvrages eaux pluviales du secteur d'étude



On distingue 5 bassins versants sur le secteur d'étude :

4.1 BV1

D'une surface totale de 22.2 ha, la pente moyenne de ce bassin versant est faible (environ 0.5 %), orientée globalement Est-Ouest. Les écoulements sont dirigés vers le remblai de la RD3, empruntent le fossé de collecte longeant cette dernière, jusqu'au croisement avenue de la Gare / RD3 (exutoire « RD3 Nord » sur les figures).

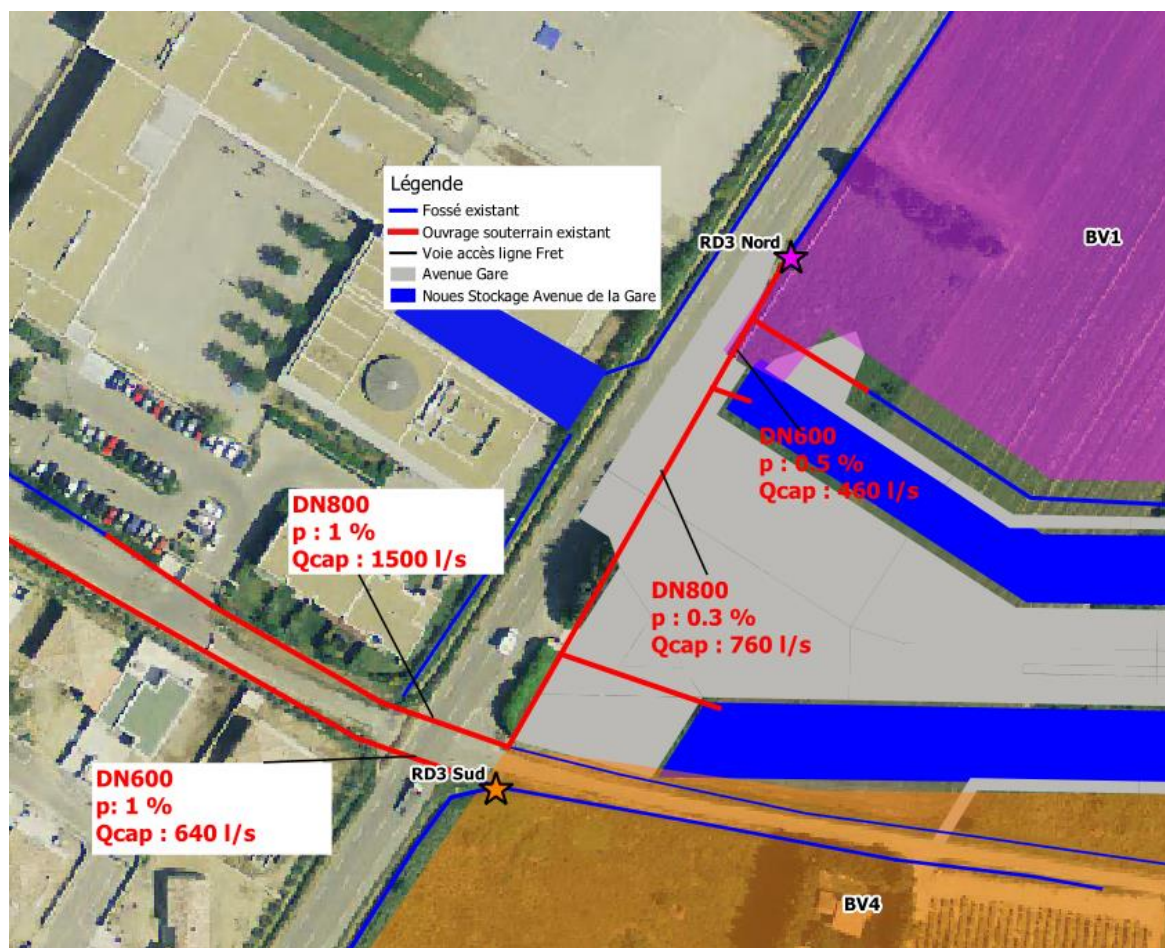
L'exutoire du BV1 est d'abord canalisé dans une canalisation DN600 mm béton. Le diamètre de la conduite augmente ensuite en DN800. Cette conduite longe la RD3, et reprend les écoulements sortant des bassins de rétention / infiltration de l'avenue de la Gare. Le réseau pluvial traverse ensuite l'avenue de la Gare dans une conduite en DN800, puis se rejette dans le réseau de collecte du chemin de Joncquière.

Compte tenu des caractéristiques de la conduite en DN600, de pente 0.5 %, au point de raccordement de l'exutoire, **la capacité hors mise en charge de l'exutoire est de 460 l/s environ.**

L'ouvrage de traversée de la RD3, en continuité de la conduite en DN600, est une canalisation en PVC annelé, en DN800 mm. **Sa capacité est de 880 l/s environ** (pente de 0.4 %).

Compte tenu des débits générés par le BV1 ($Q_{10} = 510$ l/s), **la capacité de ces ouvrages permet l'évacuation d'une pluie de retour comprise entre 5 et 10 ans.** En cas d'évènement pluvieux supérieur à cette période de retour, les eaux viennent se stocker contre le remblai de la RD3 et celui de l'avenue de la gare, inondant les champs à proximité.

Figure 4 : Capacité exutoires BV1 et BV4



4.2 BV2-3

➤ BV2 : Partie située au Nord de l'avenue de la Gare

Ce bassin versant, situé entre la ligne Fret et le secteur de la Gare, présente une pente moyenne de 0.5 %. Les écoulements, globalement orientés Sud Est-Nord Ouest, rejoignent l'exutoire « Corniche métallique », en empruntant la partie aval du fossé SNCF, situé en pied de remblais des voies ferrées de la ligne TGV.

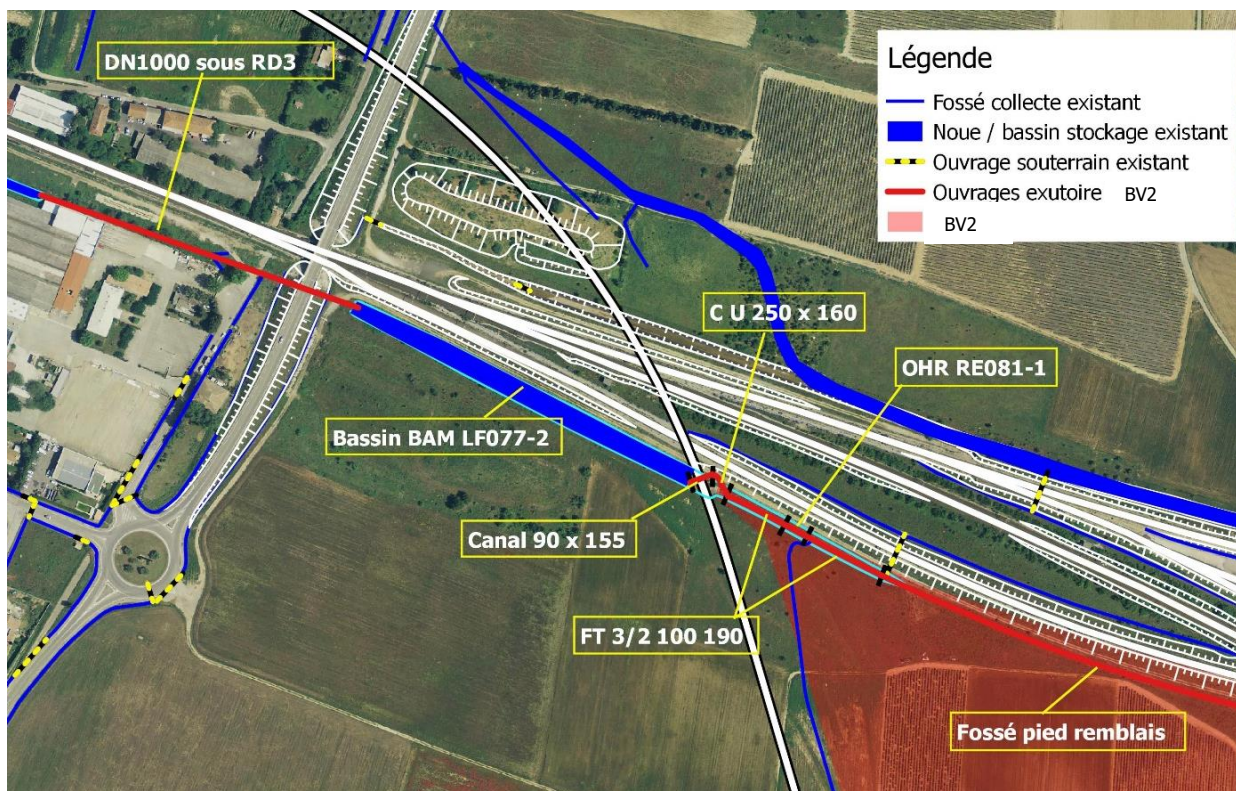
Ce « fossé TGV », reprend également les eaux du fossé longeant la ligne Fret (qui collecte également les eaux du BV3). Il se poursuit et traverse la ligne Fret en empruntant **une corniche métallique**. Les écoulements continuent ensuite de longer les voies ferrées, emprunte un bassin de stockage longitudinal puis traverse la RD3 à l'aide d'une buse DN1000 (à noter que le fonctionnement du bassin de stockage – volume/débit de fuite/pluie de dimensionnement, ne nous ont pas été communiqué par le gestionnaire SNCF Réseau.

Les eaux rejoignent ensuite le Tavernole via un fossé longeant les voies ferrées (exutoire 1 sur la figure 4). Sur ce bassin versant, l'ensemble des ouvrages de drainage et de stockage est géré soit par OCVIA, soit par SNCF Réseau. Le détail des différents ouvrages est présenté ci-dessous.

Les ouvrages dans la continuité du « fossé TGV » sont les suivants (cf figure ci-dessous) :

- fossé FT 3/2 100 190 : fossé trapézoïdal de petite base x grande base x hauteur = 1 x 6.7 x 1.9 m,
- OHR RE081-1 : buse DN1200 mm sous voie d'accès,
- canal rectangulaire l x h = 250 x 160 cm,
- canal rectangulaire (corniche) l x h = 90 x 155 cm,
- Bassin de stockage BAM LF077-2, aux caractéristiques inconnues : le bassin dispose d'un volume de stockage de 4000 m³ environ,
- Canalisations DN1000 sous la RD3.

Figure 5 : Ouvrages exutoire du BV2



Rejet buse sous remblais TGV – puis fossé TGV reprofilé (fossé FT 3/2 100)



Ouvrage de connexion fossé reprofilé LGV / fossé ligne Fret / OHR RE081-1 (DN1200)



Connexion fossé FT 3/2 / CU 250 x 160



Corniche métallique (canal 90 x 155, permettant la traversée de la tranchée Manduel



La corniche métallique se poursuit par un bassin de rétention (BAM LF 077-2) dont l'exutoire est une canalisation béton DN 1000 passant sous la RD3, qui rejoint un fossé puis le Tavernole.

Les capacités ainsi que la période de retour de dimensionnement des différents ouvrages (transmis par les gestionnaires) sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Capacité des ouvrages exutoires du BV3

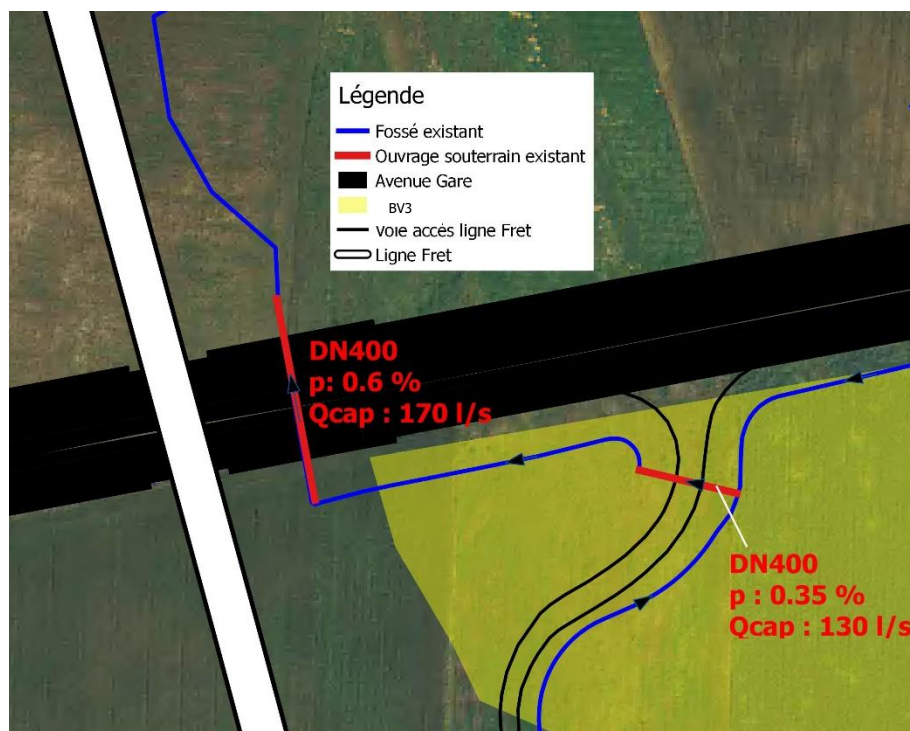
	Pente (%)	K	Capacité (m³/s)	Hauteur total m	Période de retour dimensionnement
Fossé FT 3/2 100 190	0.11	20	4.6	1.9	10 ans
OHR RE081-1	0.11	75	1.36	1.2	10 ans
Canal 250 x 160	0.15	60	7.3	1.6	100 ans
Canal 90 x 155	0.87	100	6.45	1.55	100 ans
Canalisation DN1000	0.34	70	1.37	1	Inconnu mais > 10 ans et << 100 ans

➤ **BV3 : Partie située au Sud de l'avenue de la Gare :**

Ce bassin versant présente une pente moyenne de 0.7 %, plus faible sur la partie aval. Les écoulements globalement orientés Sud-Nord, rejoignent l'exutoire « Ouvrage Fret » (cf figure 4) en empruntant partiellement le fossé longeant la ligne fret, et partiellement le petit fossé en pied de remblais de l'avenue de la gare.

L'exutoire du BV3 est constitué d'une première canalisation béton DN400 passant sous la voie d'accès à la ligne Fret. Cet ouvrage se prolonge par un fossé béton puis par une deuxième canalisation béton en DN400, qui permet la traversée de l'avenue de la gare. Les eaux empruntent ensuite le fossé le long de la voie Fret et se rejette dans le fossé de la ligne TGV, mentionné dans le BV2.

Figure 6 : Capacité exutoire BV3 (ouvrage Fret)



Compte tenu de leurs caractéristiques, les capacités hydrauliques hors mise en charge, de ces canalisations en DN400 sont faibles (respectivement de 130 l/s et de 170 l/s).

Compte tenu des débits générés par le BV3 ($Q_5 = 320$ l/s), **la capacité de ces ouvrages est légèrement inférieure à la pluie de période de retour 5 ans**. En cas d'évènement pluvieux supérieur à cette période de retour, les eaux viennent se stocker contre le remblai de la voie d'accès à la ligne Fret et contre le remblai de l'avenue de la gare.

4.3 BV PEM

La pente de ce bassin versant est de 0.8 % en moyenne. Il ne présente pas d'exutoire superficiel : les eaux viennent se stocker contre un merlon aménagé le long de la voirie orientée Nord Sud. Ce merlon permet le stockage et l'infiltration des eaux pour une pluie de période de retour 100 ans (volume de 9500 m³).

4.4 BV4

Le plus grand (51 ha), ce bassin versant présente une pente moyenne d'environ 0.8 %, encore plus faible vers l'aval.

Les écoulements, globalement orientés Sud Est-Nord Ouest, rejoignent l'exutoire « RD3 Sud » (cf figure 4) après avoir empruntés le fossé du chemin de Jonquières, et/ou le fossé en pied de remblais de la RD3. Les eaux traversent ensuite la RD3 en empruntant une conduite circulaire (DN600, d'une capacité de 640 l/s environ) et rejoignent ensuite le Tavernolle.

A noter que l'amont de ce bassin versant est situé au Sud Est de la voie ferrée LGV : en effet les ouvrages hydrauliques existants (2 cadres de 1.5 x 1.5 m) permettent aux eaux ruisselant sur ce secteur, de rejoindre la partie aval du BV4.

4.5 Avenue de la Gare

L'avenue de la Gare, réalisée en 2019, sépare hydrauliquement les bassins versant BV1/BV4 et partiellement BV2/BV3 (un DN400 permet la liaison hydraulique entre les 2 bassins versants). L'avenue constitue un bassin versant autonome dont la gestion des eaux pluviales est assurée par un système de noues de stockage / infiltration, situées de part et d'autre de la voirie, reliés les unes aux autres.

Ces noues de stockage, présentent un volume total de 5220 m³, et ont été dimensionné pour la pluie d'occurrence trentennale.

Le débit de fuite final des ouvrages, rejeté dans l'ouvrage de traversée de la RD3 (exutoire RD3 Sud) est de 14 l/s.

5 Caractérisation de l'Aléa ruissellement en situation actuelle

5.1 Outil mis en œuvre

Une modélisation full 2D a été mise en œuvre avec le **logiciel ICM**, édité par la société Autodesk et distribué en France par la société Geomod.

Ce logiciel permet la modélisation intégrée des cours d'eau, des réseaux enterrés, des ruissellements de surface selon des schémas de calcul 1D et 2D (résolution des équations de Barré de Saint Venant, basées sur la conservation de la masse et du moment, dans leur version unidimensionnelle ou bidimensionnelle).

Dans le domaine 2D, le schéma numérique de résolution permet la prise en charge d'écoulements variant rapidement, ainsi que le calcul des écoulements torrentiels, en ce sens, **l'outil est parfaitement adapté à l'analyse des phénomènes de ruissellement.**

L'approche bidimensionnelle basée sur des mailles triangulaires, permet une grande souplesse dans le façonnage du maillage de calcul (remblais, bâtiments, adaptation de la taille des mailles aux variations de la topographie ou selon des zones d'intérêt prédéfinies). Le logiciel dispose en outre de nombreuses options permettant de prendre en compte les fonctionnements les plus spécifiques (muret, porosité, bâti...)

Le logiciel dispose d'un moteur de calcul bidimensionnel optimisé, permettant le calcul sur de très nombreux éléments en eau (3 à 4 millions de mailles de calcul sont possibles) en des temps de calcul réduits, grâce notamment aux calculs reposant sur les cartes graphiques (calcul GPU).

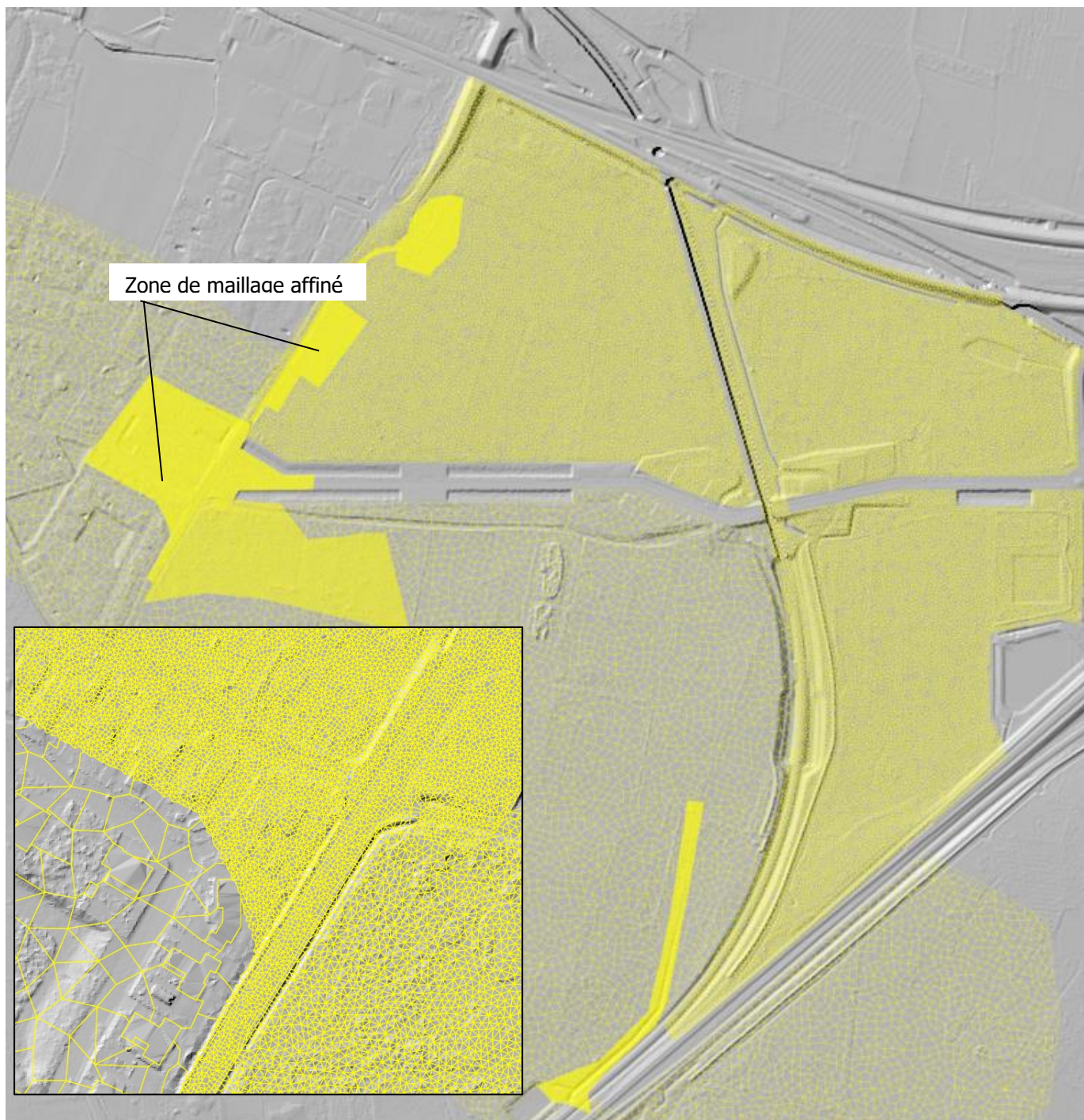
Cette caractéristique est un point clef dans la présente étude, puisque ce niveau élevé de performances permet d'envisager de modéliser des secteurs étendus en 2D, tout en garantissant un niveau de détail local très fin (mailles de 2 à 5 m de côté), sans avoir à tronçonner le secteur d'étude en une multitude de petits modèles, ce qui pose généralement des problèmes de continuité à la fois dans les calculs et dans la cartographie des résultats.

5.2 Emprise et maillage du modèle

Le maillage 2D mis en œuvre est basé sur le MNT issu du LIDAR HD disponible sur le secteur. La taille des mailles a été adaptée en fonction des enjeux des secteurs et des besoins de visualisation des résultats (comprises entre 1 et 100 m²). Le nombre de mailles du modèle est de 100 000 éléments environ.

Le maillage et l'emprise du modèle sont présentés sur la figure ci-dessous.

Figure 7 : Emprise et caractérisation du maillage



5.3 Les temps de concentration et les pluies de Projet :

Les temps de concentration des BV, utilisés pour la construction des pluies de projet, ont été estimés en utilisant les formules suivantes :

- Formule de Ventura : $T_c = 76,3 \cdot (A/p)^{0,5}$
- Formule des vitesses (méthode DDT30, avec vitesse moyenne à 1 m/s conformément aux prescription de la DDT) : $T_c = L/(60V)$
- Formule de Kirpich : $T_c = 1950 \cdot 10^{-5} \times (1000L)^{0,77} \times (p/100)^{-0,385}$

➤ Formule de Passini : $T_c = 6.48/1000 \times (A \times L)^{1/3} \times p^{-0.5}$

Avec :

- A est la surface,
- p est la pente,
- L la longueur du plus long talweg.

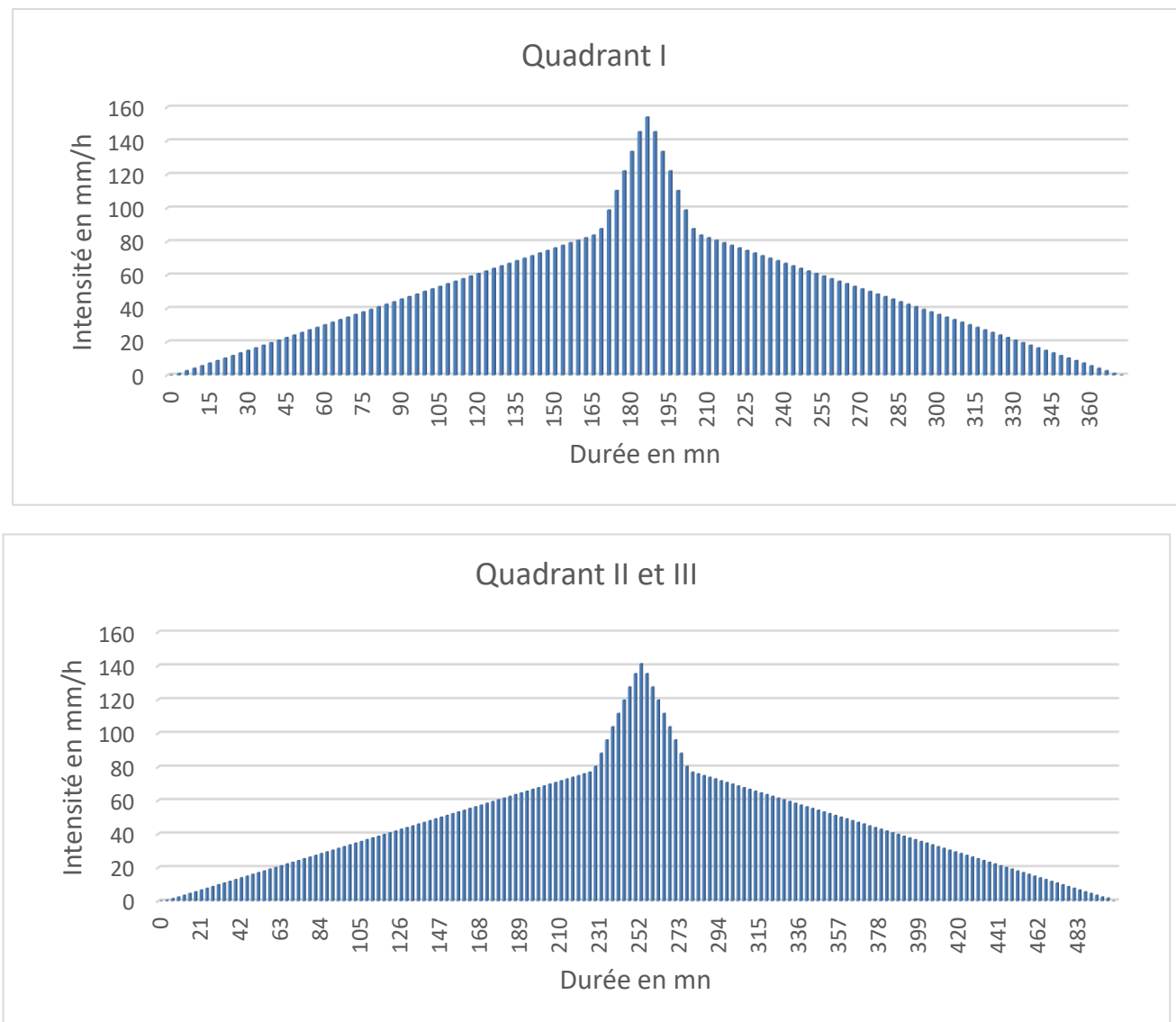
Les temps de concentration retenus sont :

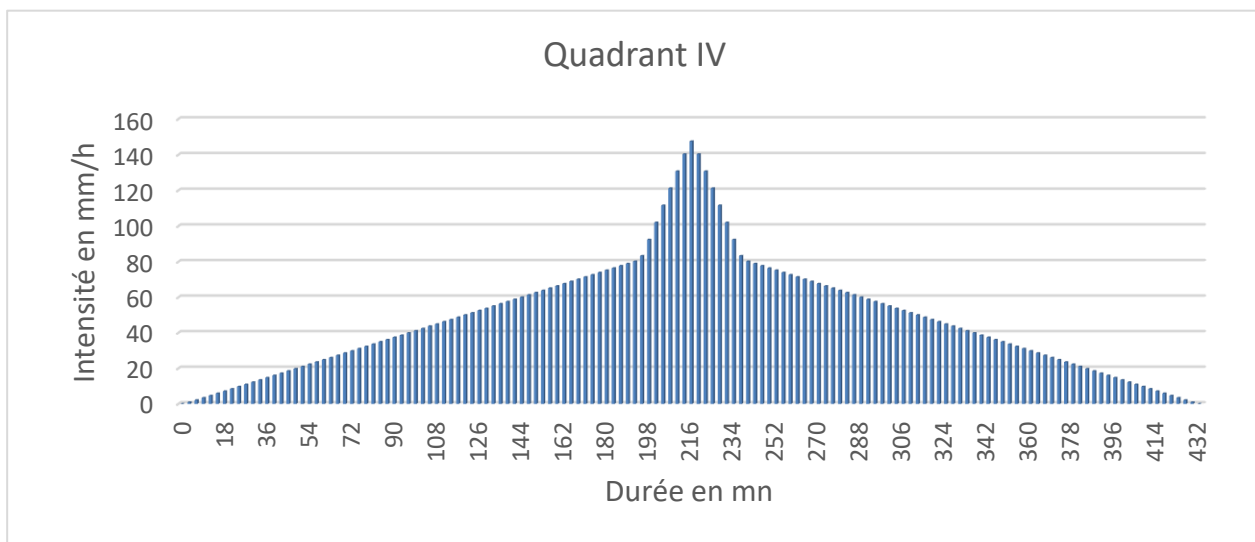
- **BV quadrant I : 35 mn**
- **BV quadrant IV : 40 mn**
- **BV quadrant II et III : 50 mn**

Les pluies de projet utilisées sont des pluies de projet double triangle de type Desbordes, présentant une durée de période intense correspondant au temps de concentration des bassins versants (pluie produisant le maximum de débit pour chaque bassin versant).

Les figures ci-dessous présentent les pluies de projet utilisées dans le modèle. Elle est construite avec les coefficients de Montana 100 ans de la station Nîmes Courbessac de 2020 : pluies de durées 15 mn – 60 mn.

Figure 8 : Hyétogramme pluie 100 ans





5.4 Rugosités et coefficients de ruissellement

L'occupation du sol sur le secteur d'étude a été détaillée à la parcelle et est présentée sur la figure ci-dessous.

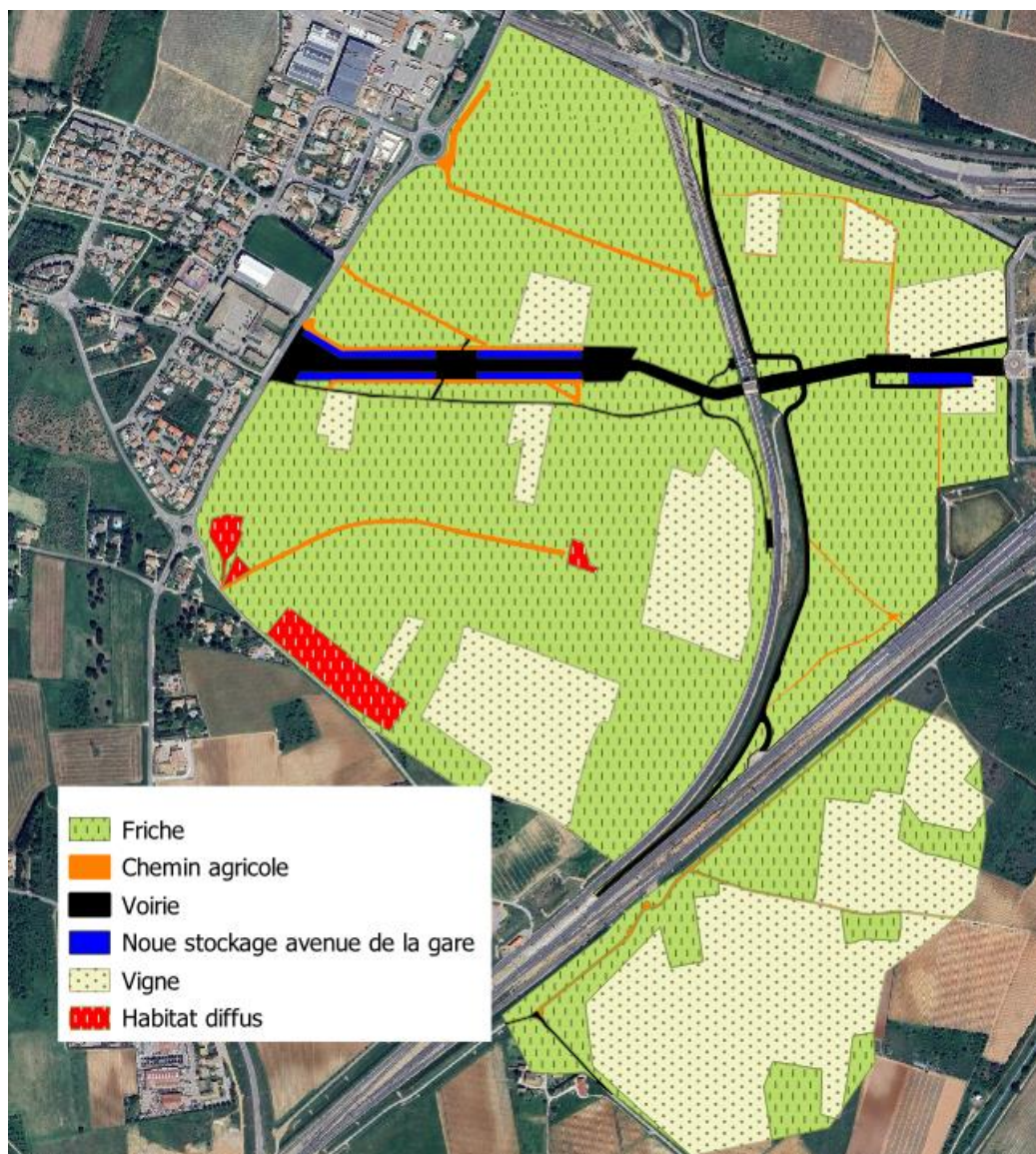


Figure 9 : Occupation du sol sur le secteur d'étude

Les bassins versant sont majoritairement occupés par des friches, de la culture de la vigne et par des activités de maraîchage /cultures arables.

Coefficients de ruissellement

Pour une pluie de période de retour 100 ans, le coefficient de ruissellement est calculé selon la formule utilisée dans le guide de la DDT30, à savoir :

$$Cr_{100} = 0.8 \times (1 - P_0 / P_{100}) \text{ avec}$$

- P_{100} : Pluie journalière centennale, soit 246.4 mm,
- P_0 : Rétention initiale en mm (65 pour friche, 20 pour vigne, 35 pour cultures / vergers, 10 pour chemin)

Tableau 3 : Coefficients de ruissellement en fonction de l'occupation des sols

Sol	Cr_{100}
Friche	0.59
Vignes / habitat diffus	0.74
Terres arables / vergers	0.69
Parking Voirie Bâti	1
Chemin	0.77

Coefficients de rugosité

Les coefficients de rugosité pris en compte dans le modèle sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Coefficients de rugosité en fonction de l'occupation des sols

Type de sol	Coefficient de Strickler
Surface non imperméabilisée	20
Surface imperméabilisée	40

5.5 Les ouvrages hydrauliques

Pour les bassins versants des quadrants I et IV, seul les ouvrages exutoires des bassins versants traversant la RD3 ont été intégrés au modèle (condition aux limites normales), à savoir :

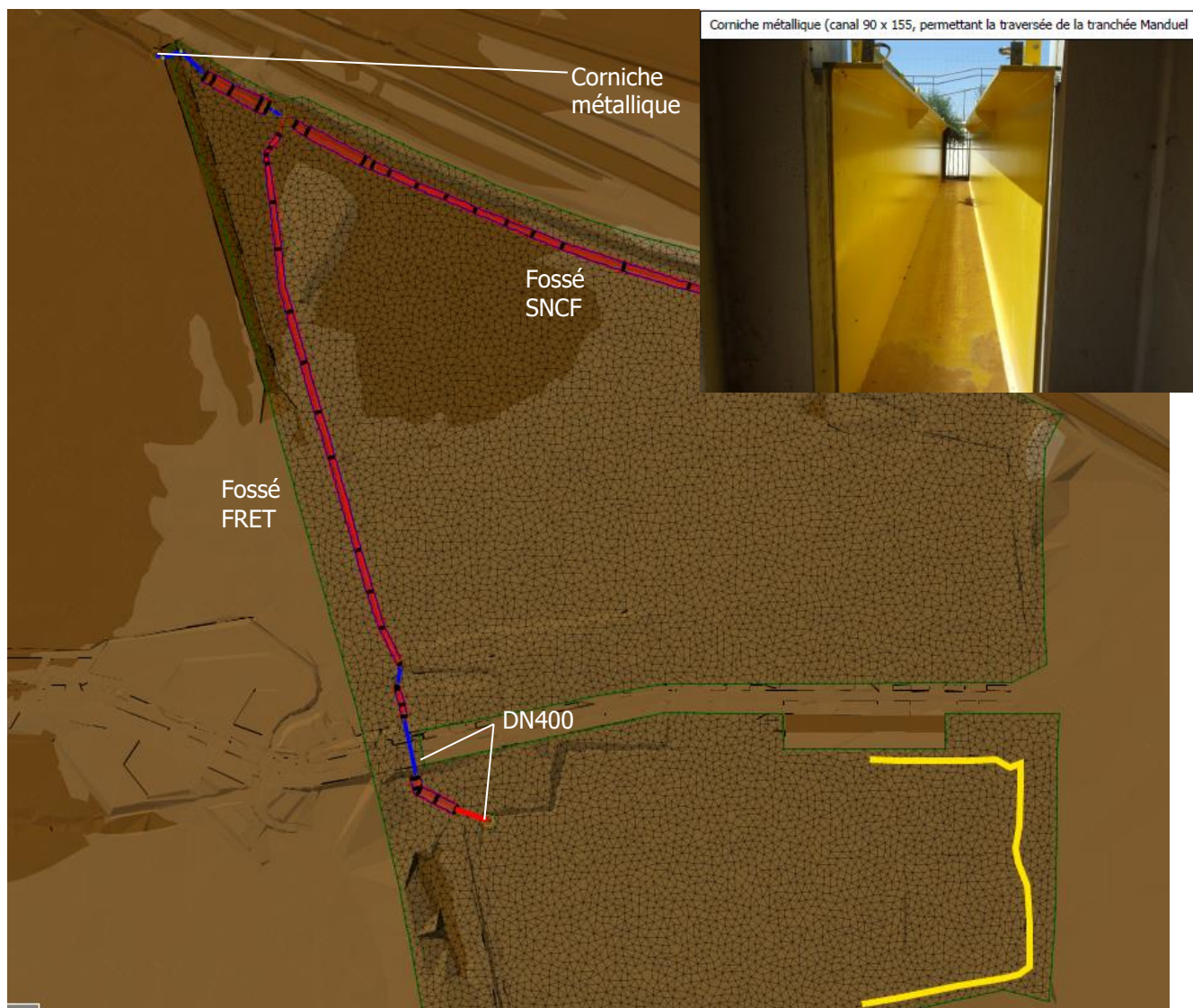
- Pour le BV du quadrant I : DN600 avec une pente de 0.5 %,
- Pour le BV du quadrant IV : DN600 avec une pente de 1 %.

Pour le bassin des quadrants II et III, les ouvrages hydrauliques suivants ont été intégrés au modèle :

- Ouvrage de traversée de l'avenue de la gare permettant un exutoire aux eaux ruisselant sur le secteur du quadrant III : DN400 à 0.3 % de pente
- Fossé longeant la voie Fret et récupérant les eaux de l'ouvrage précédent
- Fossé longeant la voie SNCF (orienté Ouest Est)
- Ouvrage de traversée de la voie Fret (corniche métallique)

L'ensemble des caractéristiques de ces ouvrages (pente, dimensions, matériau...) sont issues des levés topographiques existants et des plans de récolement transmis par les différents gestionnaires.

Figure 10 : Ouvrages hydrauliques intégrés au modèle sur le secteur des quadrants II et III



Ces ouvrages hydrauliques présentent des connexions avec le maillage 2D : débordement des ouvrages vers le 2D ou déversement depuis le 2D dans les ouvrages.

5.6 Résultats et analyses

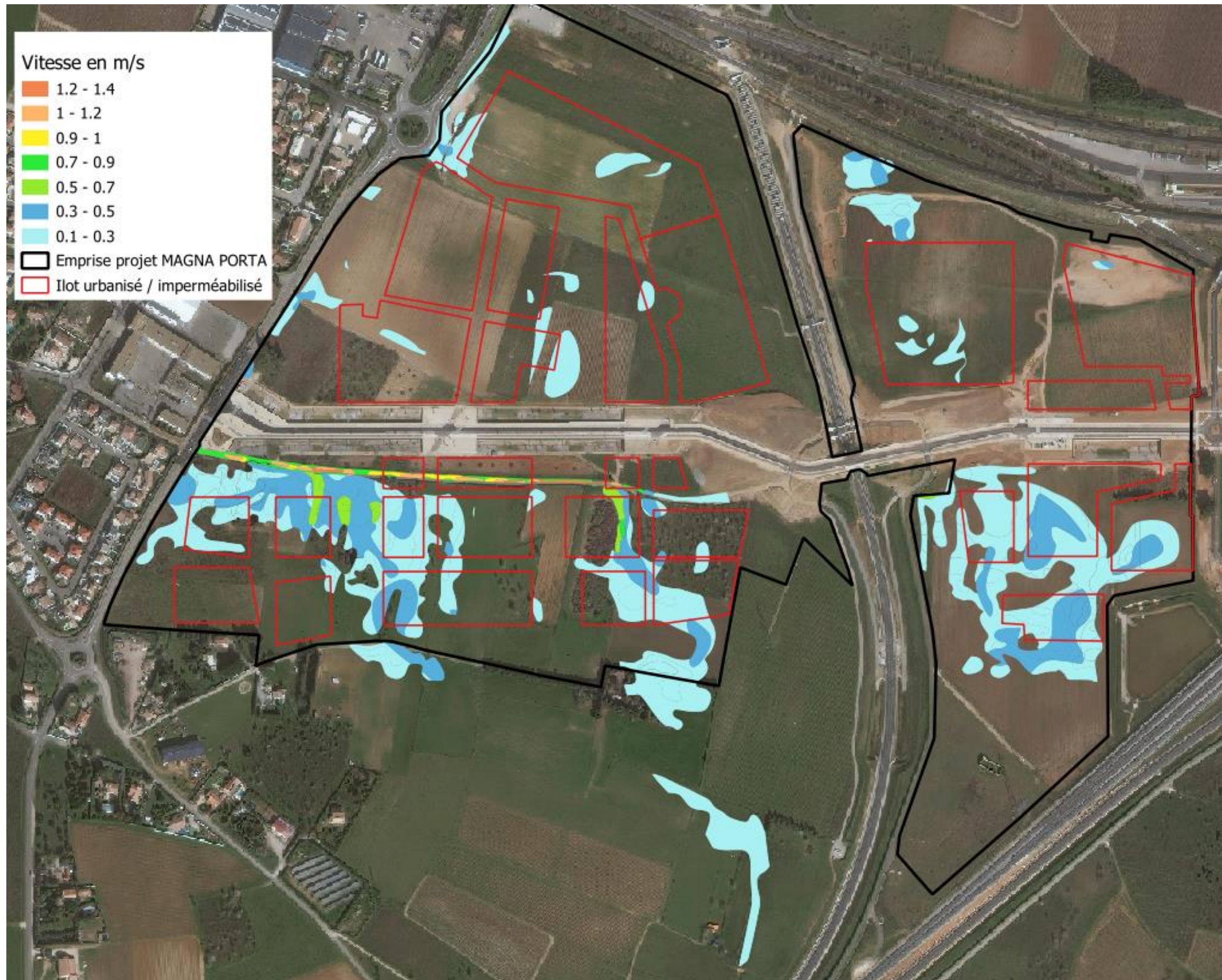
Les résultats brut du modèle ont fait l'objet d'un travail cartographique et de lissage, permettant d'assurer la cohérence des enveloppes de hauteur et de vitesse, la lisibilité des cartes, d'éviter les micro-zonages, et de vérifier la cohérence des résultats avec les données topographiques (LIDAR HD).

Les cartes de hauteurs et de vitesses sont présentées sur les figures pages suivantes.

Figure 11 : Carte des hauteurs d'eau de l'état actuel pour une occurrence centennale



Figure 12 : Carte des vitesses de l'état actuel pour une occurrence centennale



Les principales caractéristiques notables sur les résultats obtenus sont les suivantes :

Les cartes hauteurs / vitesses sont asynchrones : les maximums des hauteurs ne sont pas observés en même temps que les maximums des vitesses,

➤ Sur les quadrants ouest (I et IV) :

- les hauteurs d'eau sont toutes inférieures à 0.5 m, hormis sur le chemin de Jonquières qui joue le rôle de drainage des écoulements
- la majorité des vitesses est faible (< 0.3 m/s), quelques secteurs présentent des vitesses comprises entre 0.3 m/s et 0.5 m/s. Seul le chemin de Jonquières présente des vitesses plus élevées
- l'analyse du MNT montre que les hauteurs d'eau maximales s'explique principalement par l'altimétrie du terrain naturel : en effet ce dernier présente des dépressions / cuvettes, qui se remplissent avant de déborder vers l'aval,

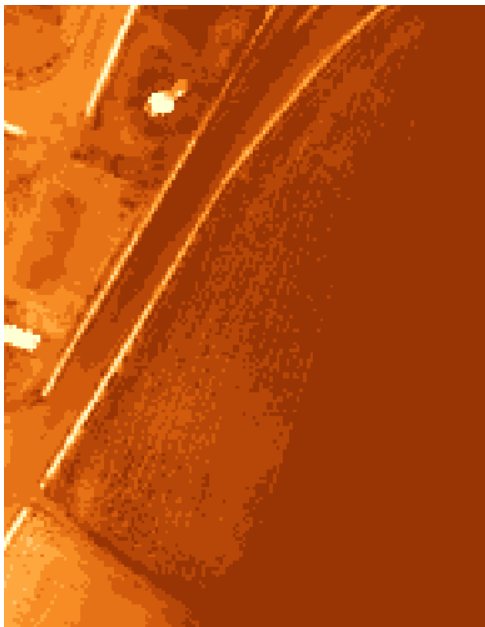
Cuvette sur le quadrant IV, au sud immédiat de l'avenue de la Gare



Cuvette sur le quadrant IV, à l'aval du bassin versant, à l'angle Avenue de la Gare / RD3



Cuvette sur le quadrant I, formée par le chemin agricole, à l'Est de la RD3



Cuvette sur le quadrant I, à l'Est du giratoire de la RD3



➤ Sur le secteur Est :

- 2 secteurs présentent des hauteurs d'eau importantes au sud de l'avenue de la gare (quadrant III) :
 - L'un des points d'accumulation se situe contre l'avenue de la Gare et la voie Fret, avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre environ 1 mètre. Ces hauteurs s'expliquent par la faible capacité de l'ouvrage hydraulique assurant la traversée de l'avenue, qui ne permet pas l'évacuation des débits en provenance du bassin versant sud.
 - L'autre, situé contre l'avenue de la gare (axée Nord Sud) : en effet une partie du bassin versant dirige les écoulements vers l'est, contre la route de la gare qui présente un merlon. Ce secteur ne dispose pas d'exutoire hormis l'infiltration (un bassin d'infiltration de forme carré, visible sur la carte des hauteurs été réalisé pour vidanger le secteur)
- De même, sur le quadrant II, les hauteurs d'eau les plus importantes (majoritairement inférieures à 30 cm) s'expliquent par la présence de cuvettes liées à l'altimétrie du terrain naturel.



- Enfin la majorité des vitesses est faible (< 0.3 m/s), quelques secteurs très ponctuels présentent toutefois des vitesses plus élevées, de l'ordre de 0.5 m/s. Ces vitesses accrues apparaissent principalement lors des phases de remplissage des cuvettes : les terrains étant localement plus pentus sur les pourtours de ces dernières, les écoulements y sont temporairement plus rapides avant que les cuvettes ne soient complètement remplies.

5.7 Carte de l'aléa ruissellement à l'état actuel

La carte ci-dessous présente l'aléa ruissellement résultant du croisement des hauteurs / vitesses selon la grille suivante, applicable dans le département du Gard. Elle localise également l'emprise des ilots urbanisés du projet MAGNA PORTA

Tableau 5 : Grille de l'aléa ruissellement dans le Département du Gard

Hauteur \ Vitesse	Moyenne $v < 0,5$ m/s	Forte $v > 0,5$ m/s
$h > 50$ cm	FORT	FORT
$h < 50$ cm	MODERE	FORT

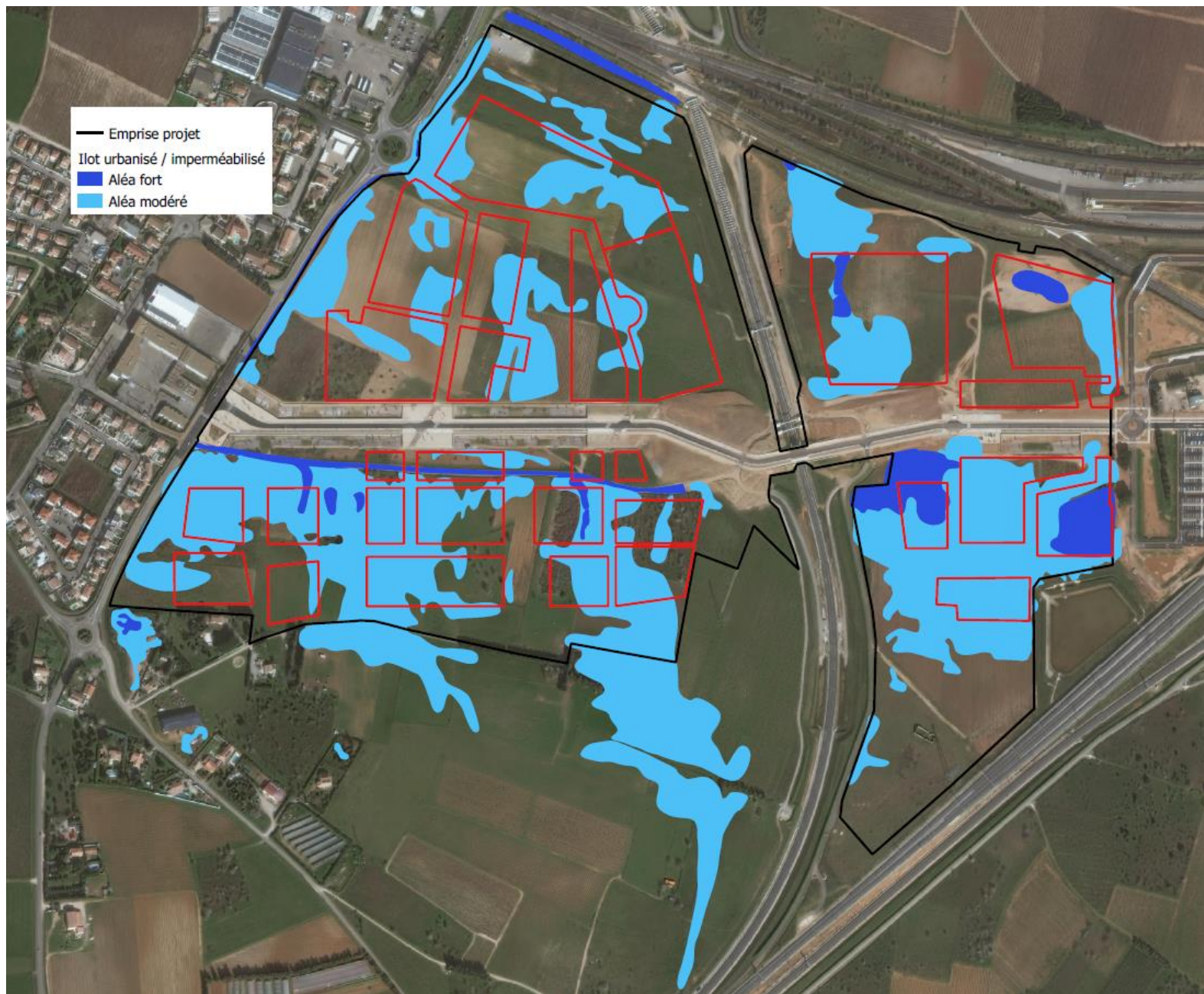


Figure 13 : Aléa ruissellement à l'état actuel pour une pluie centennale sur le secteur du projet

6 Définition et dimensionnement des mesures d'exondement

Les mesures et aménagements d'exondement du projet ont été dimensionnés à l'aide d'une modélisation hydraulique.

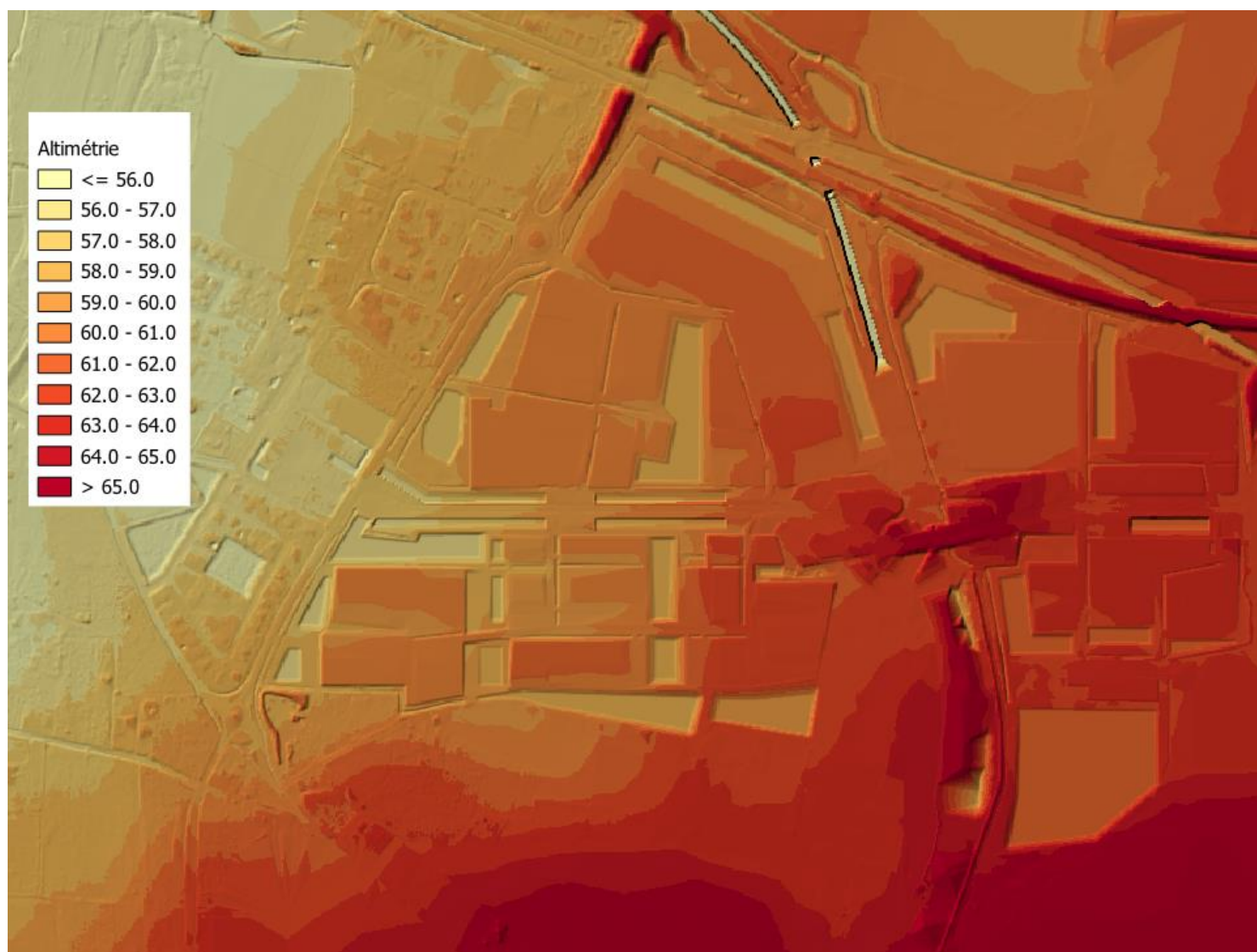
6.1 Construction du modèle

6.1.1 Le MNT

Le MNT intégré au modèle est le MNT du projet établi par l'aménageur en adéquation avec les besoins de l'étude hydraulique. Il intègre l'ensemble des mesures d'exondement détaillé au chapitre 7.1.

Le MNT à l'état projet est présenté sur la figure ci-dessous

Figure 14 : MNT état projet pris en compte dans la modélisation secteur projet



6.1.2 Les pluies de Projet

Les pluies de projet centennales sont identiques à celles utilisées dans la modélisation à l'état actuel.

6.1.3 Rugosités et coefficients de ruissellement

L'occupation du sol sur le secteur d'étude à l'état projet est présentée sur la figure ci-dessous.

Les coefficients de ruissellement et de rugosité selon la nature du sol, sont identiques à ceux utilisés pour la caractérisation de l'état initial.

Friche
 Voirie existante
 Noue stockage avenue de la gare
 Vigne
 Habitat diffus
 Surface imperméabilisé ilot
 Surface végétalisée
 Voirie
 Emprise projet
 Bassin / noue rétention
 Ilot avec 30% de surface végétalisée

6.2 Ouvrages d'exondement

Les mesures d'exondements qui ont été dimensionnées et étudiées par modélisation sont les suivantes :

- **Modifications altimétriques du terrain actuel** : l'ensemble des îlots et des voiries ont fait l'objet d'une étude altimétrique afin de permettre un exondement des zones urbanisées du projet (parking, bâtiments...)
- **La création de bassins de rétention dans la zone du projet** : 11 bassins de rétention seront mis en œuvre sur l'ensemble du projet pour permettre la mise hors d'eau des zones urbanisées du projet, pour un **volume total de 71 000 m³**.

Les bassins E1, E2, E4 permettent d'intercepter **la totalité des ruissellements** des bassins versants amonts. Ces bassins d'exondement permettent l'interception et le stockage des eaux ruisselant en direction du projet et leur acheminement vers le point bas du secteur, l'exutoire des quadrants (cf détails au paragraphe suivant).

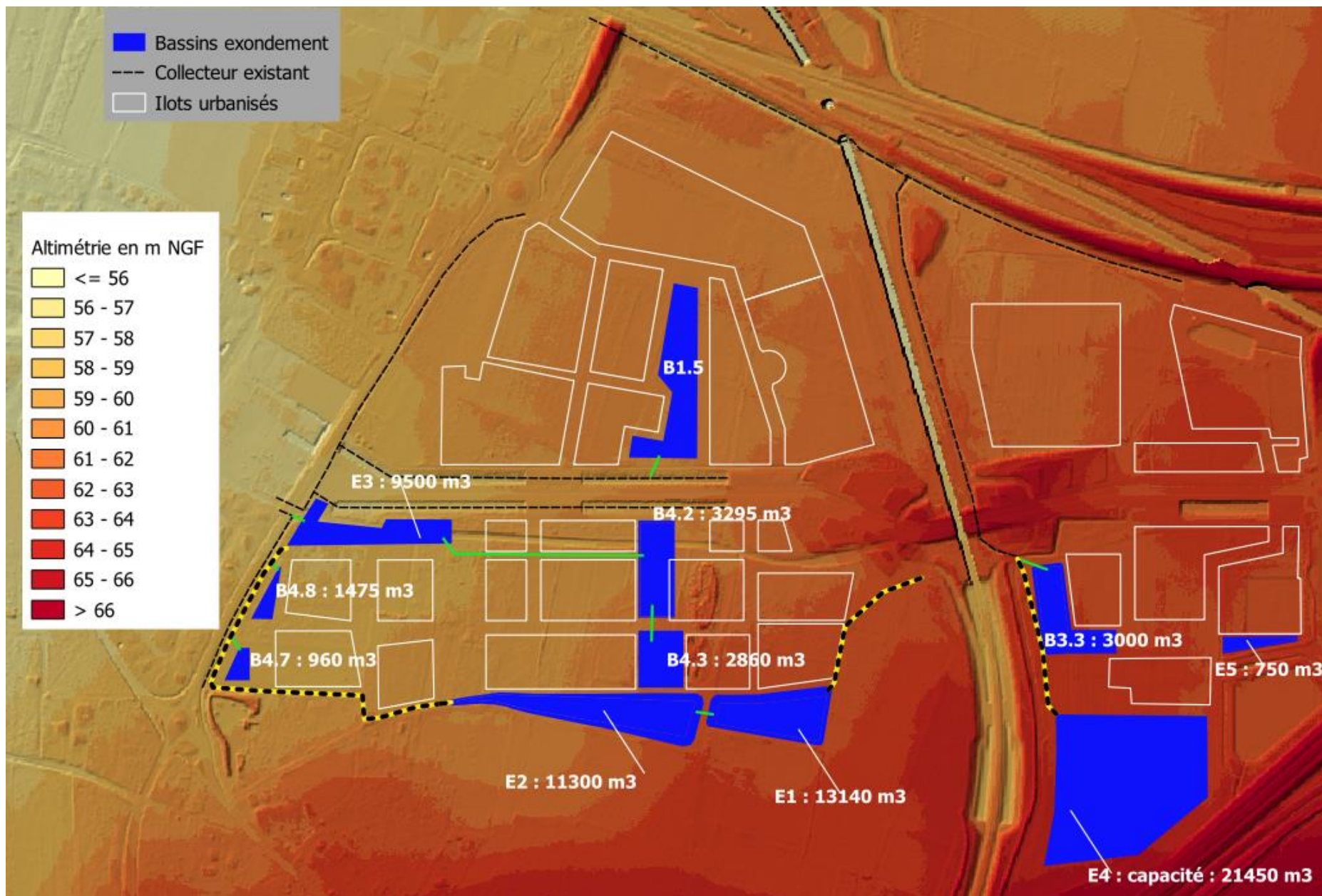
Les autres bassins permettent la mise hors d'eau pour les ruissellements liés à la pluie tombant sur la zone du projet et la non aggravation des débits sur les secteurs situés à l'aval du projet.

Le détail des volumes par bassin est présenté dans le tableau et sur la figure ci-dessous.

Tableau 6 : Volume de rétention par quadrant et par bassin

Quadrant	Bassin de rétention	Volume des bassins (m ³)	Hauteur de stockage (m)	Surface de remplissage (m ²)	Pente berge
I	B1.5	3240	0.37	9150	3/1
II-III	B3.3	3000	1	4680	3/1
	E4	21450	1	29600	3/1
	E5	750	0.8	1200	3/1
IV	B4.2	6155	1.15	3530	5/1 et 3/2
	B4.3		1.58	2450	5/1 et 3/2
	B4.7	960	0.96	1190	3/1
	B4.8	1475	1.22	1580	3/2 et 5/1
	E1	13140	2.22	7400	2/1 et 5/1
	E2	11300	1.45	8800	3/1
	E3	9500	1.44	7750	3/2 et 5/1
TOTAL		70970			

Figure 16 : Mesures pour exonder les Ilots urbanisés : altimétrie du projet / bassins de stockage



6.3 Bassin versant interceptés par le projet : quadrants III et IV

Les ouvrages mis en œuvre permettant d'intercepter la **totalité des ruissellements** des bassins versants amonts sont les suivants :

- **Quadrant III : ouvrage de stockage d'une capacité de 21 450 m³.** La hauteur d'eau est de 75 cm. Cette configuration pourra être optimisée lors des phases d'étude de conception, avec la réalisation d'ouvrages en cascade. L'exutoire de ce bassin est constitué d'une noue existante se rejetant dans la canalisation DN400 (ouvrage SNCF) permettant la traversée de la voie de service.
- **Quadrant IV : 2 ouvrages de stockage en cascade, totalisant un volume de stockage de 24 440 m³.** Les hauteurs d'eau dans les bassins varient de 1.25 m à 2.15 m. Ces hauteurs d'eau seront ajustées en phase conception des ouvrages. Les bassins en cascade sont reliés entre eux par des canalisations optimisant le remplissage et la vidange. L'exutoire du dernier bassin se rejette dans une noue qui acheminera les eaux vers le bassin E3, à proximité de l'avenue de la gare. L'exutoire final du système est la canalisation, traversant la RD3 (avec mise en œuvre d'un orifice calibré permettant de limiter le débit à 1 m³/s) et acheminant les eaux en dehors de la zone du projet.

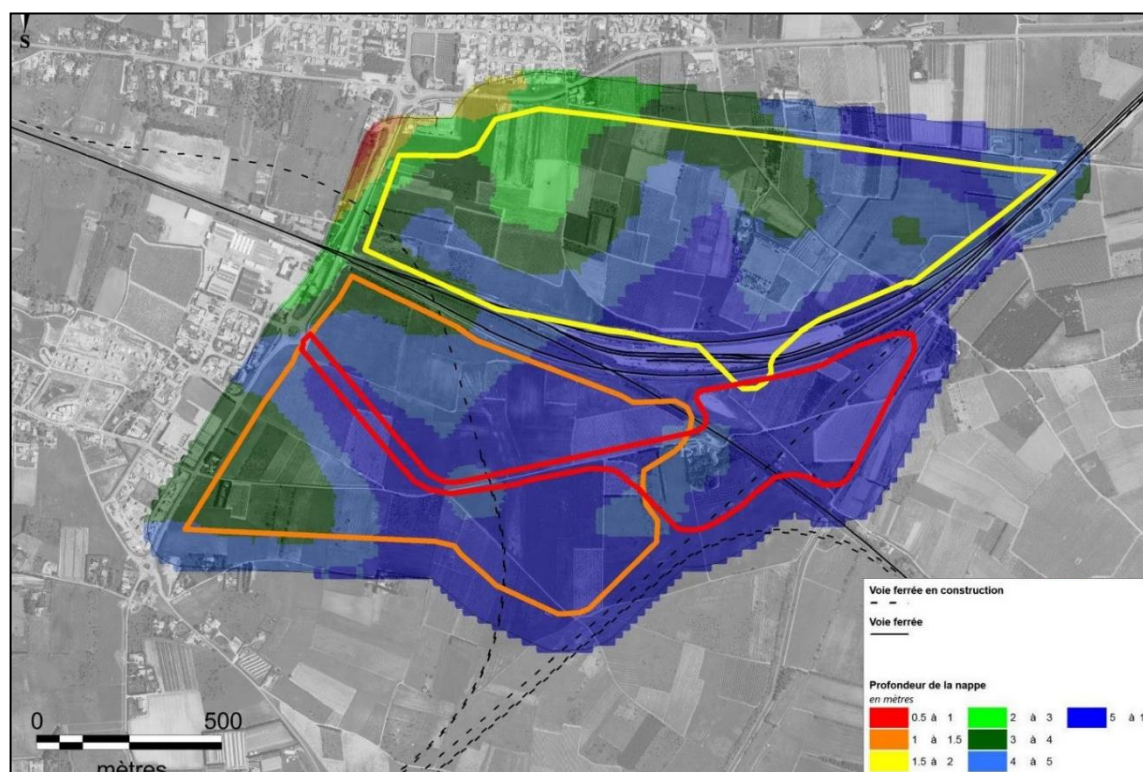
6.4 Compatibilité des cotes de fond des bassins avec le niveau de nappe haut

L'estimation du niveau de la nappe haute est basée principalement sur les données suivantes :

- la profondeur de la nappe en moyenne eaux (données issues du rapport ANTEA n°A79315/B),
- l'impact sur le niveau de nappe de la tranchée couverte de Manduel (Porter à connaissance / Tranchée couverte de Manduel –OCVIA),
- les battements de la nappe au droit des différents piézomètres : période d'observation de 10 ans (rapport ANTEA n°A79315/B – juin 2015).

Ces données sont présentées sur les cartes et le tableau ci-dessous

Figure 17 : Profondeur de la nappe en moyenne eaux



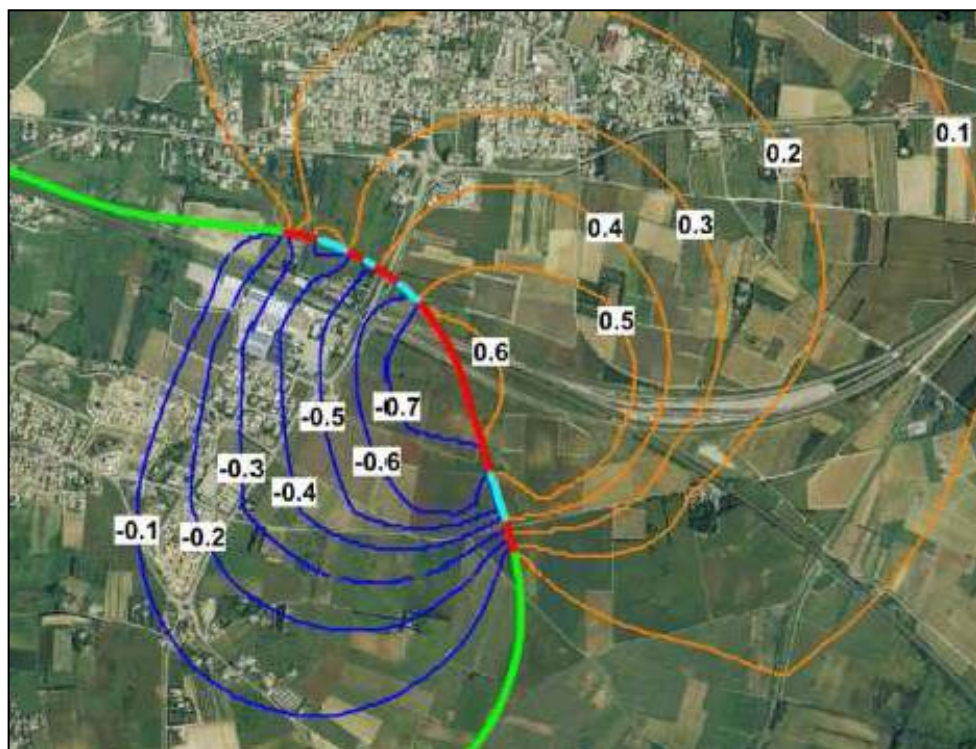


Figure 18 : Impact de la tranchée couverte Fret en hautes eaux de nappe

— : valeur en m du rehaussement de la nappe haute due à la tranchée Fret

— : valeur en m du rabattement de la nappe haute due à la tranchée Fret

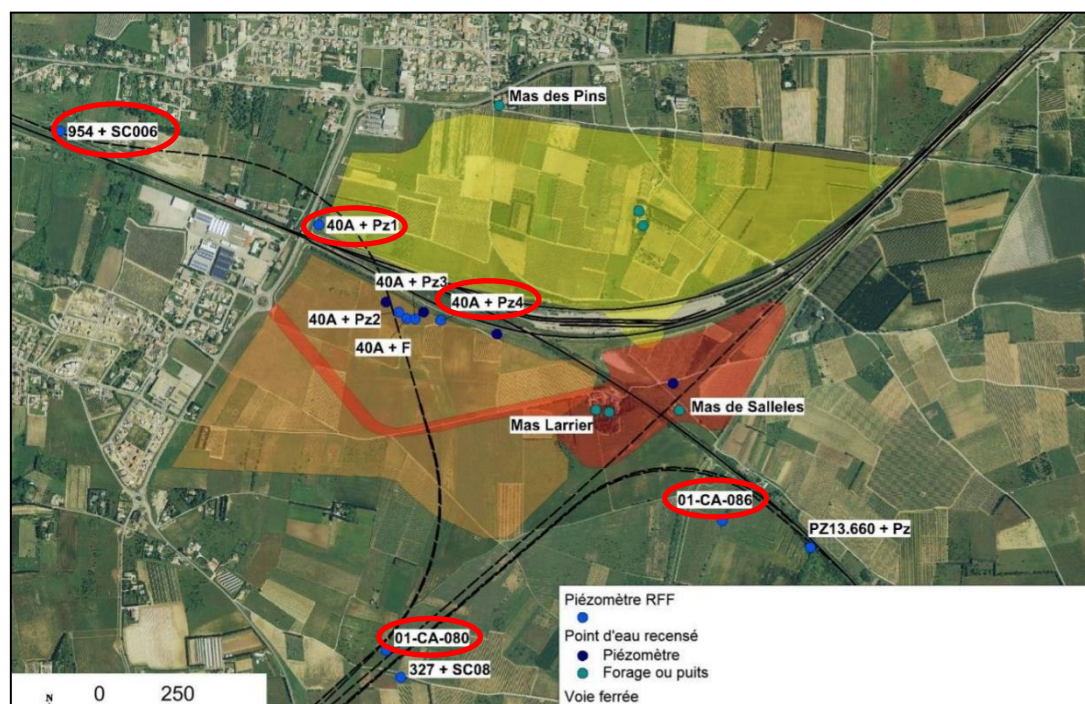


Figure 19 : Localisation des piézomètres suivis

Tableau 7 : Amplitude des battements de la nappe enregistrée (entre 2005 et 2015) sur les différents piézomètres de la zone d'étude

	40A+PZ1	40A+PZ4	954+SC006	01-CA-080	01-CA-086
Cote moyenne (m NGF)	56,34	56,73	51,89	60,06	56,87
Amplitude (m)	1,54	1,94	1,60	2,35	3,37

Compte tenu de ces données, les caractéristiques des bassins au regard de la nappe sont les suivantes

Bassin	Hauteur de stockage (m)	Cote de fond bassin (m NGF)	Cote TN actuelle moyenne (m NGF)	Profondeur nappe moyenne (m)	Battement nappe (m)	Rabattement tranchée Manduel (m)	Niveau de nappe haute (m NGF)	Hauteur non saturée (m)
B1.5	0,26	58,7	60	5	1,5	0,6	55,9	2,8
B3.3	0,53	61,4	62,8	5	1,5	-0,2	59,5	1,9
E4	0.75	61.9	63.8	5	1.5	-0.15	60.45	1.45
E5	0.8	62.4	63.1	5	1.5	-0.15	59.75	2.65
B4.2	1,23	58,5	60,3	4,5	1,5	0,4	56,9	1,6
B4.3	1,23	58,5	61,2	5	1,5	0,4	57,3	1,2
B4.7	0,96	57	58,4	4,5	1,5	0,2	55,2	1,8
B4.8	1,22	56,3	58	4	1,5	0,2	55,3	1
E1	2.15	60	62.5	7.5	1.5	0.2	56.3	3.7
E2	1.45	58.75	60.5	4.5	1.5	0.35	57.15	1.6
E3	1.44	56.5	57.8	3.5	1.5	0.3	55.5	1

Aussi, l'ensemble des bassins définis a pris en compte le respect d'une hauteur de zone non saturée en nappe haute de minimum 1 m. Cette hauteur est compatible avec les faibles perméabilités mesurées à proximité immédiate de ces bassins (moyenne de $1.8 \cdot 10^{-6}$ m/s), qui permettent une bonne rétention des polluants dans le sol, en limitant fortement leur vitesse de migration. De plus, les sols ne présentent pas de cheminements préférentiels (pas de présence d'argile importante avec risque de fissuration). Ces éléments favorisent la rétention des contaminants usuels dans les premiers cm du sol.

6.5 Carte des hauteurs et des incidences en situation projet

Les cartes ci-dessous présentent les hauteurs d'eau sur le projet MAGNA PORTA ainsi que les incidences des mesures d'exondement sur les hauteurs d'eau à l'aval du projet, à savoir l'écart entre la hauteur d'eau de l'état actuel en centennale et la hauteur d'eau état projet en centennale.

Sur cette cartographie des incidences, si cet écart est positif, l'état projet augmente la hauteur d'eau par rapport à l'état actuel de la valeur mentionnée.

Dans le cas contraire, si l'écart est négatif, l'état projet diminue la hauteur d'eau de l'état actuel de la valeur mentionnée.

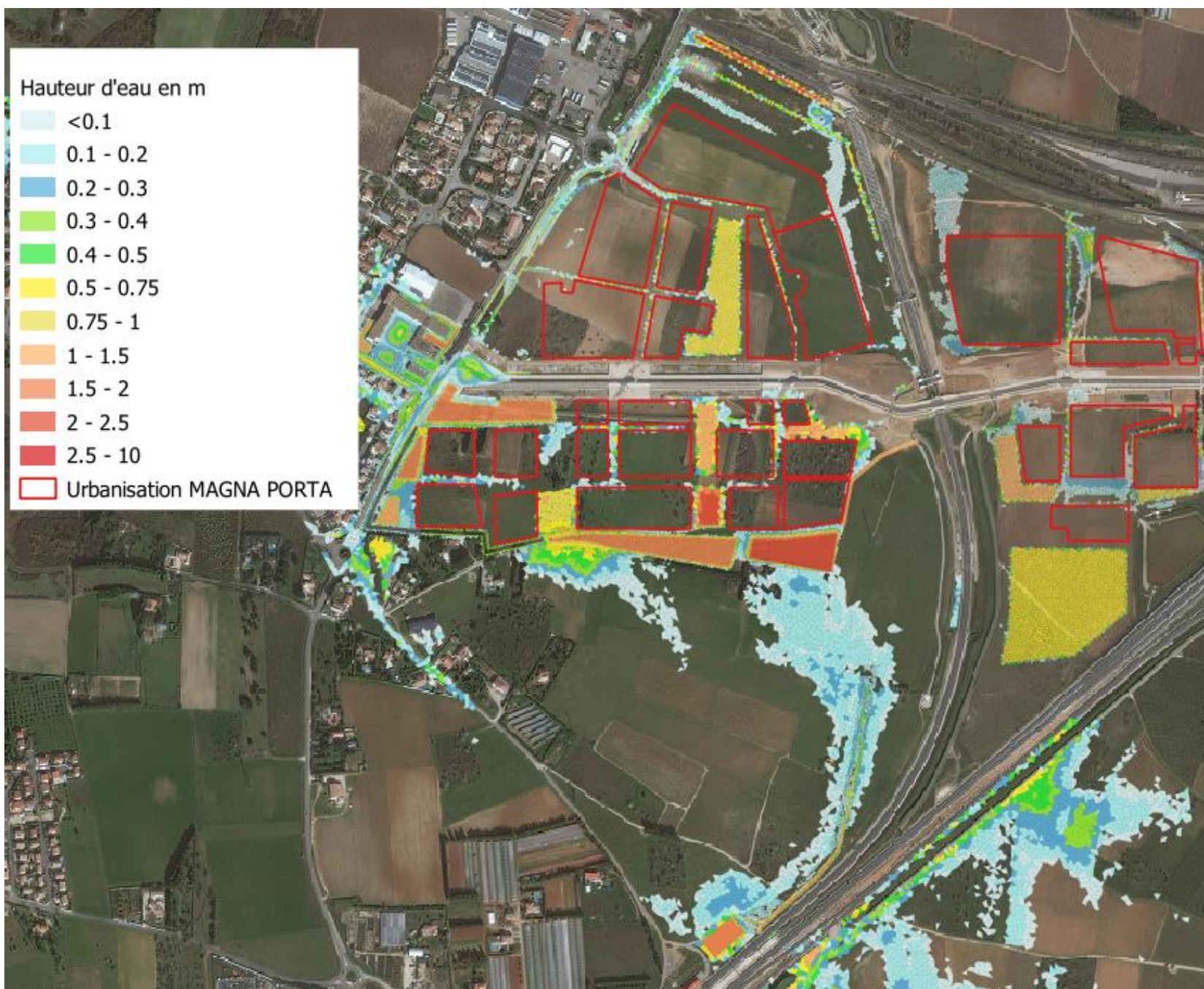


Figure 20 : Carte des hauteurs d'eau maximales en situation exondée pour une pluie centennale

Figure 21 : Carte des incidences sur la hauteur d'eau à l'aval du projet– quadrant I

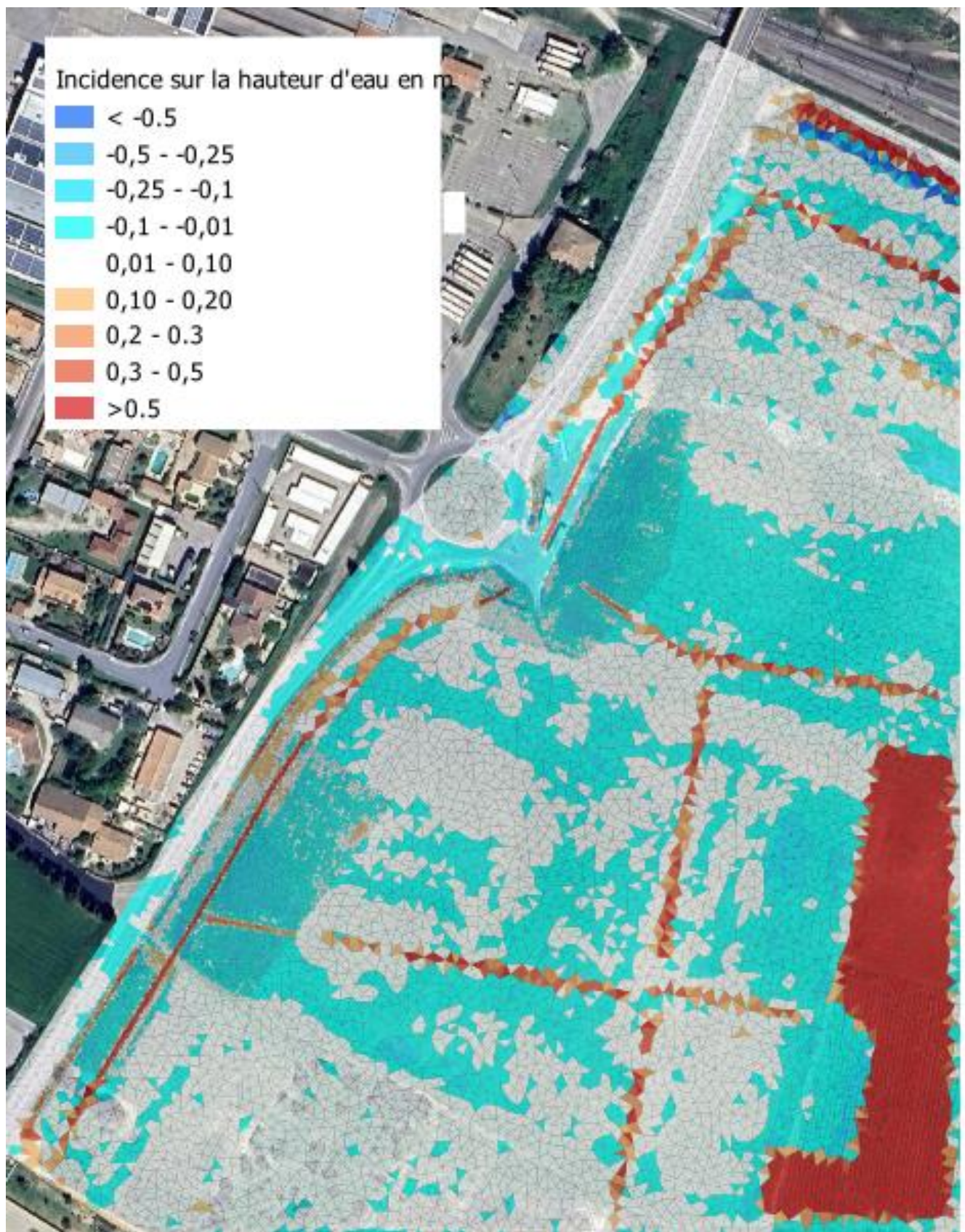


Figure 22 : Carte des incidences sur la hauteur d'eau à l'aval du projet– quadrant II

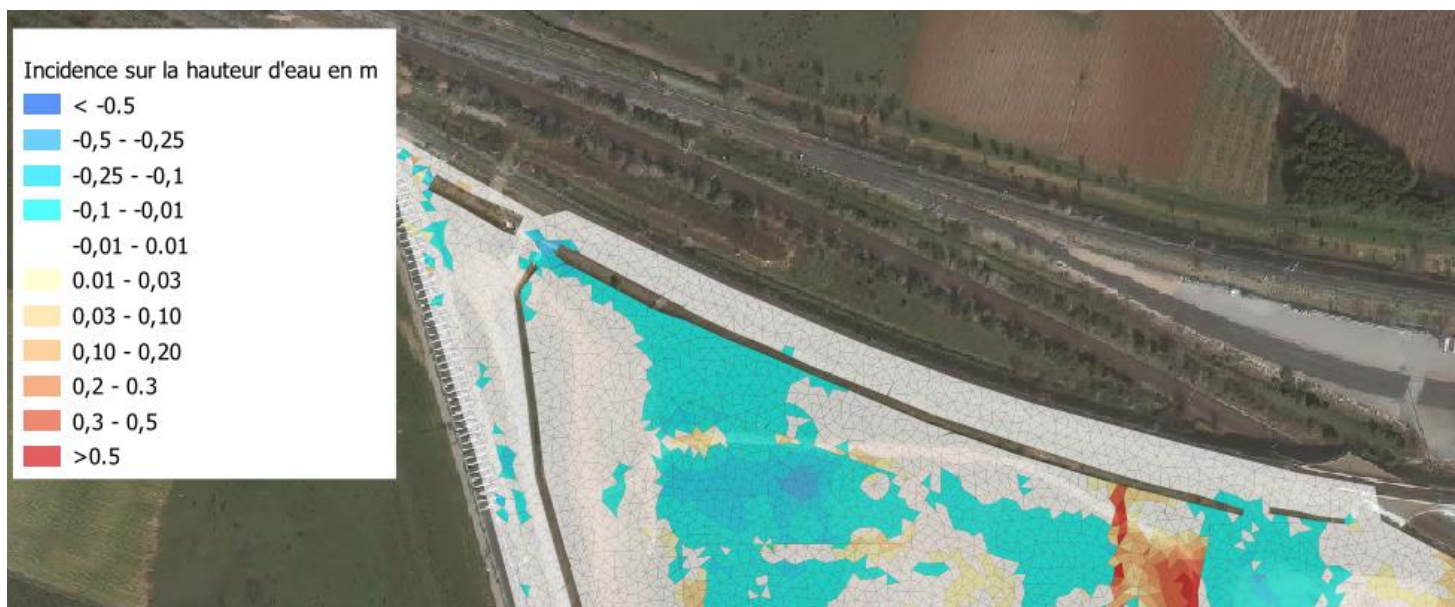


Figure 23 : Carte des incidences sur la hauteur d'eau à l'aval du projet– quadrant III

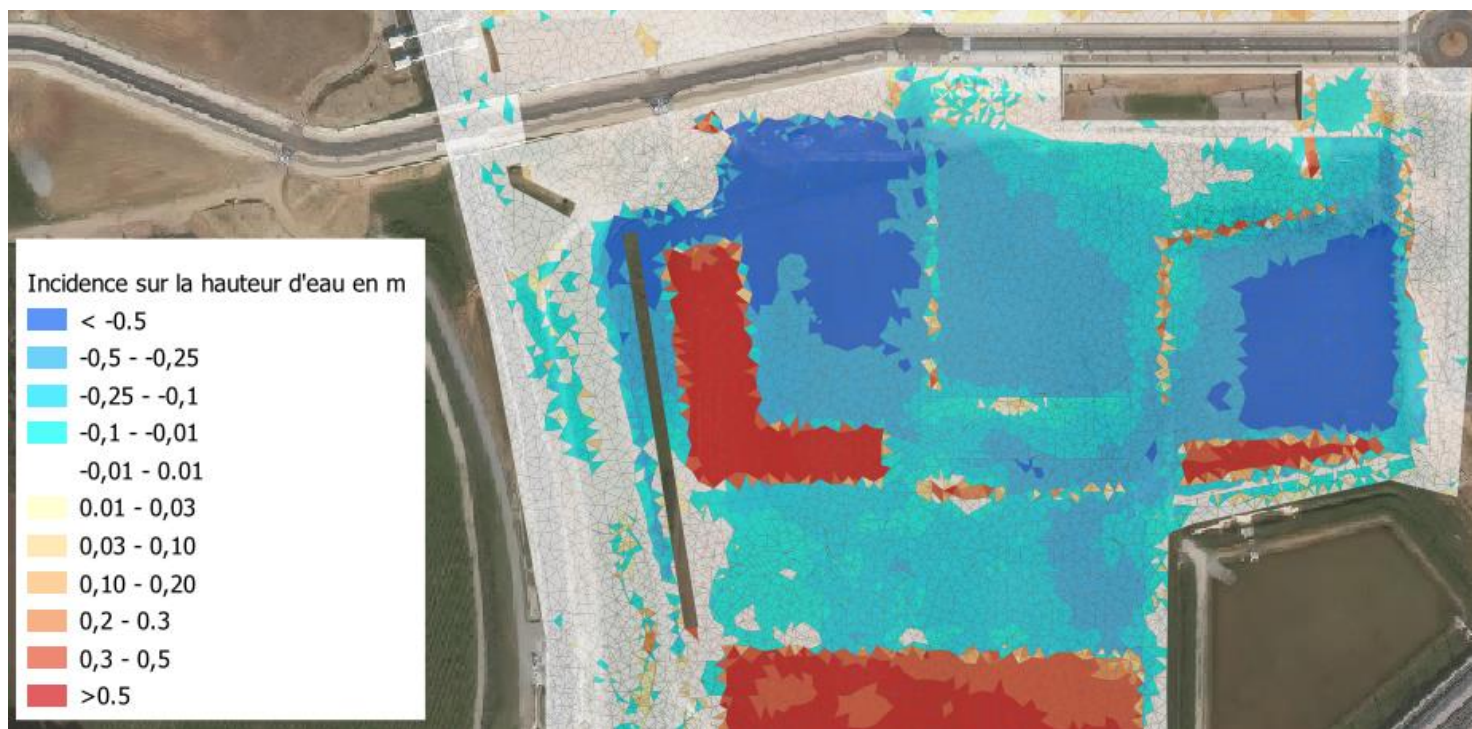
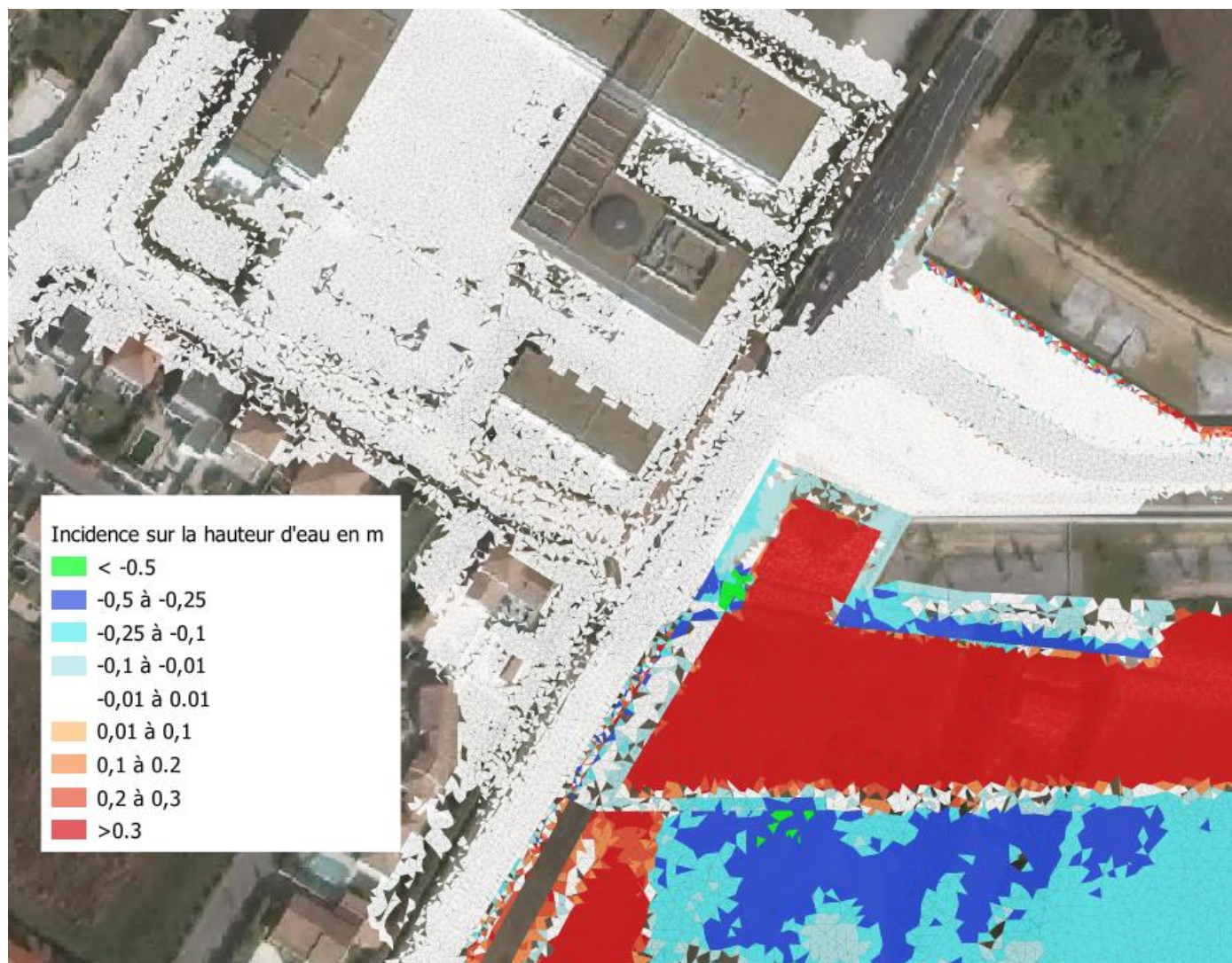


Figure 24 : Carte des incidences sur la hauteur d'eau – quadrant IV



Aussi, les cartographies présentées ci-dessus montrent que l'incidence du projet sur les hauteurs d'eau sur l'ensemble des quadrants, est soit nulle, soit positive : les hauteurs d'eau sont identiques ou plus faibles à l'état projet qu'à l'état initial.

6.6 Conclusion

Les secteurs d'urbanisation du projet MAGNA PORTA (ilots urbanisés) sont compris dans la zone d'inondation par ruissellement selon le zonage EXZECO. L'étude réalisée a permis de préciser l'aléa ruissellement à l'état actuel et montre que ces secteurs sont effectivement situés sur des zones impactées par le ruissellement (majoritairement en aléa modéré – cf figure 14).

L'étude, à l'aide de la modélisation 2D mise en œuvre avec un outil performant et adapté, a également défini et dimensionné pour un événement pluvieux d'occurrence centennale, les ouvrages permettant la mise hors d'eau des secteurs d'urbanisation du projet. Cette étude a également montré que les mesures d'exondement proposées respectent la non aggravation de l'aléa inondation à l'aval du projet.

Aussi, les aménagements urbains prévus dans le cadre du projet d'urbanisation MAGNA PORTA sont possibles et compatibles avec la doctrine risque inondation de mai 2018 de la DDTM du Gard.