

**IDENTIFICATION DE LA ZONE INONDABLE  
PAR RUISSELLEMENT SUR LE SITE DU  
CENTRE DE TRI DE COLIS DE FOURNES ET  
DE LA BARRIERE DE PEAGE DE REMOULINS**

Octobre 2018

CEL 18 38

**MAÎTRE D'OUVRAGE**

ARGAN

**OBJET DE L'ETUDE**

Identification de la zone inondable par ruissellement sur le site de centre de tri de colis de Fournès et de la barrière de péage de Remoulins et aménagements hydrauliques

**AFFAIRE N°18 38**Réalisée par **Citéo Ingénierie**

Centre d'affaires le Gua

3 rue de l'industrie

34880 Laverune

Tél : 09 77 76 80 96 – Fax : 04 67 64 87 92

E-mail : [citeo@citeo-ingenierie.fr](mailto:citeo@citeo-ingenierie.fr)**FORME DE L'ETUDE**

Etude hydraulique

INDICE	Etabli par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
A	L.PIRONTI	D.ESCARZAGA	03/09/2018	1 <sup>er</sup> établissement
B	D.ESCARZAGA	D.ESCARZAGA	26/10/2018	2 <sup>e</sup> établissement
C	D.ESCARZAGA	D.ESCARZAGA	29/10/2018	3 <sup>e</sup> établissement

## TABLE DES MATIERES

<b>1. AVANT-PROPOS.....</b>	<b>4</b>
<b>2. COLLECTE DE DONNEES .....</b>	<b>5</b>
<b>3. RECONNAISSANCE ET INVESTIGATIONS DE TERRAIN.....</b>	<b>5</b>
3.1. Principe .....	5
3.2. Commentaires.....	6
<b>4. TOPOGRAPHIE.....</b>	<b>7</b>
<b>5. HYDROLOGIE .....</b>	<b>8</b>
5.1 Bassins versants.....	8
5.1.1. Caractéristiques géométriques.....	8
5.1.2. Géologie.....	9
5.1.3. Occupation des sols.....	9
5.2. Calcul des débits.....	9
5.2.1. Pluviométrie .....	10
Occurrences décennale et centennale.....	10
Evènement pluvieux du 08 et 09 septembre 2002 .....	10
Comparaison des données pluviométriques .....	11
5.2.2. Détermination des débits de pointe .....	14
5.2.3. Détermination des hyétogrammes et hydrogrammes de projet.....	14
<b>6. ETUDE HYDRAULIQUE EN SITUATION ACTUELLE.....</b>	<b>20</b>
6.1. Modélisation .....	20
6.1.1. Méthodologie.....	20
6.1.2. Logiciel utilisé.....	20
6.1.3. Données topographiques utilisées.....	21
6.1.4. Données d'entrée hydrologiques .....	22
6.1.5. Construction et paramétrage du modèle.....	23
6.2. Calage.....	24
6.3. Résultats .....	25
6.4. Interprétation des résultats.....	26
6.4.1. Analyse des occurrences rares .....	26
6.4.2. Analyse de l'occurrence décennale .....	30
<b>7. REGLEMENTATION.....</b>	<b>32</b>
<b>8. AMENAGEMENT DU PROJET .....</b>	<b>34</b>
8.1. présentation du projet.....	34
8.2. Mesures d'exondement du site et mesures compensatoires associées.....	35
8.3. Evaluation de l'impact du projet et des aménagements hydrauliques d'accompagnement.....	37
8.3.1. Méthodologie.....	37
8.3.2. Résultats .....	38
8.3.3. Analyse des résultats .....	39
8.4. Conclusion .....	46
<b>ANNEXE 1 : PLANCHES GRAPHIQUES.....</b>	<b>47</b>

## 1. AVANT-PROPOS

La société ARGAN souhaite construire un pôle logistique sur des terrains situés à l'ouest de la barrière de péage de Remoulins de l'autoroute A9 (sortie 23) sur la commune de Fournès.

Les services de l'Etat demandent la réalisation d'une étude spécifique relative au risque inondation par ruissellement du fait de l'exposition de la zone à la problématique ruissellement d'après les données EXZECO.



Extrait carte EXZECO – source : DDTM 30

La société ARGAN a confié à la société **citéo ingénierie** la réalisation d'une étude hydraulique avec modélisation 2D afin de :

- définir le bassin versant amont dont les ruissellements touchent la zone de projet et appréhender l'impact de la plateforme de péage,
- caractériser l'aléa d'inondation par ruissellement pluvial sur ce secteur (hauteurs d'eau et vitesses),
- si nécessaire, proposer des orientations d'aménagements visant à exonder la plateforme de projet (12.9 ha), en quantifier l'impact et présenter des mesures compensatoires.

La zone étudiée est localisée sur la planche graphique 1 en annexe.

## 2. COLLECTE DE DONNEES

Le tableau ci-dessous liste les documents mis à notre disposition pour la réalisation de cette étude :

Référence	Intitulé	Auteur	Date
1	IGN 1/25 000	Communauté de Communes du Pont du Gard	-
2	Orthophotos	Communauté de Communes du Pont du Gard	-
3	Cadastre numérisé de la commune	Communauté de Communes du Pont du Gard	-
4	Courbe de niveau au pas 1 m issu du Modèle Numérique de terrain	Communauté de Communes du Pont du Gard	-
5	Carte géologique 1/50 000	BRGM	-
6	Levés topographiques	Cabinet CHIVAS, géomètre expert	Août 2018
7	Données pluviométriques de la station de Remoulins du 7 au 10 Septembre 2002	SPC Grand Delta	-
8	LIDAR	DDTM 30	2012

Tableau 1 : Résumé des documents utilisés lors de cette étude

## 3. RECONNAISSANCE ET INVESTIGATIONS DE TERRAIN

 *Planche 1 : Localisation de la zone de projet*

### 3.1. PRINCIPE

La visite de terrain a permis une première visualisation du site. Les besoins topographiques pour affiner ou actualiser les levés LIDAR ont été précisés à la suite de ce repérage.

L'objectif de cette étude est de déterminer le rôle de la barrière de péage dans la dynamique d'inondation du territoire par ruissellement pluvial. Plus précisément, l'étude doit définir la zone inondable par ruissellement au droit et à proximité de la zone de projet.

### 3.2. COMMENTAIRES

#### *Planche 2.0 : Fonctionnement hydraulique issu des observations de terrain*

A l'ouest du péage, **les terrains supports de la zone de projet** sont principalement occupés par des vignes mais aussi des prés et friches. Les parcelles sont délimitées par des fossés, talus ou des chemins. On observe notamment un chemin principal (chemin de la Berette) en remblai traversant la zone du sud-est au nord-ouest et pouvant jouer un rôle déflecteur face aux ruissellements pluviaux. La zone de projet est longée à l'Est par un espace boisé la séparant de la plateforme autoroutière servant de barrière de péage de Remoulins. La zone de projet est également délimitée :

- à l'ouest par la RD192,
- au nord par des terrains agricoles la séparant de la RD 6100,
- au sud par des bâtiments (caserne, entrepôt, locaux d'activités).

La zone de projet dispose de nombreux fossés qui acheminent les eaux de ruissellement en direction de l'ouest vers deux points bas le long de la RD192. Hormis ces fossés de drainage agricole, il n'y a aucun réseau pluvial sur ces terrains. La RD 192 dispose d'un ouvrage de franchissement de taille modeste ( $\varnothing 400$  mm environ) dont l'encombrement par la végétation n'a pas permis de mesurer ses dimensions exactes.

La plateforme de la barrière de péage est située légèrement en contre-haut des terrains précédemment décrits. Elle est longée à l'ouest par un fossé qui ramène les eaux qu'il collecte de la plateforme de péage vers le réseau pluvial de la RD 6100. Ce fossé présente une faible pente ce qui laisse supposer qu'il est susceptible (d'après les observations réalisées sur le terrain) de surverser en direction de la zone de projet en cas d'évènement pluvieux intense. De plus il est busé par endroits avec des conduites de faible diamètre ( $\varnothing 300$  mm à  $\varnothing 800$  mm).

Ce fossé reçoit les ruissellements diffus de la plateforme de péage, les conduites de drainage  $\varnothing 300$  de la barrière de péage et aussi les eaux provenant de l'amont du péage (terrains plus à l'Est) via une conduite  $\varnothing 1000$  mm qui franchit la plateforme au sud immédiat du rond-point de la RD 6100.

Cette conduite de franchissement  $\varnothing 1000$  mm reçoit les eaux du fossé routier sud de la RD 6100 depuis le pont de l'A9 et les eaux de ruissellement des vignes et terrains agricoles situés entre la RD 351 et le péage. Ces terrains ont une pente orientée en direction de la plateforme de la barrière de péage.

Cet ouvrage de franchissement  $\varnothing 1000$  mm peut également recevoir des apports pluviaux provenant de l'amont de la RD 351 dans le cas où les réseaux pluviaux amont s'avèrent insuffisants. En effet il existe un ouvrage de franchissement  $\varnothing 800$  mm sous l'autoroute, ainsi qu'un fossé longeant la RD 351 qui ramènent les eaux pluviales en direction du ruisseau de la Valliguière au sud de l'autoroute. Cependant, en cas d'insuffisance de ces réseaux, les débordements s'écoulent en direction de l'ouest vers la barrière de péage.

L'autoroute A9 et la RD 6100 constituent à priori des crêtes topographiques et donc des frontières hydrologiques pour le bassin versant potentiellement dirigé vers la plateforme de péage et la zone de projet en aval.

Le point haut de la RD 6100 est situé environ 250 m à l'Est du pont sous l'A9.

En amont de ce pont, l'autoroute emprunte un vallon en piémont nord de la colline le Mour de la Coudette. Depuis son point haut, elle descend sur une distance de 1300 m environ avec une pente d'environ 4 % orientée vers le sud-ouest. Elle draine alors les versants des collines formant le vallon. Au débouché de ce vallon, l'autoroute est située environ 5 m au-dessus des terrains adjacents vers lesquels les eaux pluviales semblent s'écouler :

- le vallon de la Monédière au nord,
- le vallon de Coudoulet au sud.

Au droit de ce cône de déjection, une partie des eaux continue peut-être de cheminer plus en aval vers la barrière de péage.

**Les investigations de terrain ont montré que la zone de projet recevait peu d'apports pluviaux amont directs mais qu'elle était potentiellement concernée par des apports indirects en fonction du fonctionnement des fossés, des franchissements de l'autoroute, de la plateforme de péage et de la RD 6100.**

C'est pourquoi il a été décidé de modéliser la zone de projet ainsi que la barrière de péage, la RD 6100, l'autoroute jusqu'à l'entrée dans le vallon et les terrains situés entre ces trois axes routiers.

L'élargissement de la zone modélisée doit permettre de lever toutes incertitudes concernant les apports pluviaux et de caractériser au mieux la dynamique d'écoulement sur la zone de projet.

Les observations de terrain laisse présager la complexité des écoulements autour de la plateforme de péage, autour de l'autoroute à la sortie du vallon et autour des différents franchissements présents le long de l'autoroute. Tous ces secteurs sont susceptibles d'être des zones de débordements possibles dirigés ensuite vers la zone de péage, puis éventuellement vers la zone de projet. L'objectif de cette étude est notamment de déterminer le rôle de la plateforme de péage dans la dynamique d'écoulement. Cela permettra également de définir la zone inondable par ruissellement pluvial au droit de la zone de projet.

Cette analyse incite à modéliser les écoulements à l'aide d'un **modèle hydraulique 2D en régime transitoire**.

#### 4. TOPOGRAPHIE

Le maître d'ouvrage dispose d'un levé topographique terrestre sur le site de projet.

La DDTM a mis à disposition le LIDAR existant sur le secteur. Ce LIDAR a été levé en 2012 dans le cadre de l'élaboration des PPRI sur le bassin versant du Gardon. Sa précision spatiale est de 50 cm.

L'agence de géomètres-experts CHIVAS a également réalisé des levés complémentaires de semis de points sur le secteur durant les mois de juillet et août 2018 afin d'affiner et actualiser les données LIDAR dans les secteurs ayant potentiellement évolué.

La localisation des semis de points levés est représentée en annexe du présent document. Les besoins topographiques ont été définis suite à la reconnaissance de terrain en fonction des variations topographiques de la zone d'étude et de l'identification de zones d'intérêt ou susceptible d'avoir subi des changements depuis la création du LIDAR.

Les semis de points levés sur la zone d'étude ont pour objet de faire ressortir tous les axes d'écoulement et ainsi mieux appréhender la répartition des eaux entre les ruissellements sur voiries et à travers les parcelles.

## 5. HYDROLOGIE

☞ *Planche 2.0 : Fonctionnement hydraulique issu des observations de terrain*

☞ *Planches 2.1 : Sous-bassins versants*

### 5.1 BASSINS VERSANTS

Il s'agit de délimiter les bassins versants propres à la zone de projet et ceux en amont susceptibles de s'écouler vers la zone de projet en fonction du fonctionnement de leurs réseaux pluviaux.

Ils ont été délimités à partir des données LIDAR fournies par la DDTM et des investigations terrain qui ont permis de visualiser les pentes et réseaux pluviaux.

Ces sous-bassins versants constituent pour la plupart la zone modélisée et leurs ruissellements seront directement simulés à l'aide du modèle. D'autres restent extérieurs à la zone modélisée et leurs apports seront injectés dans le modèle. Il s'agit des sous-bassins versants drainés par l'autoroute A9 au travers la combe de Mars depuis le massif du Mour de la Coudette. Ils sont tous représentés sur les planches graphiques 2.0 et 2.1 en annexe.

#### 5.1.1. Caractéristiques géométriques

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des **sous-bassins versants internes à la zone modélisée situés en amont de la RD 192**. Ils représentent une surface totale de 54 ha.

Nom du bassin versant	Aire (ha)	Longueur d'écoulement (m)	Pente pondérée (%)
<b>SSBV Projet</b>	12.9	378	0.023
<b>SSBV Apports directs (ouest péage)</b>	2.8	323	0.034
<b>SSBV Fossé RD 192</b>	3.6	305	0.036
<b>SSBV ø 1 000 mm (Est péage)</b>	18.4	834	0.036
<b>SSBV Réseau ouest &amp; Péage ASF</b>	8.3	842	0.024
<b>SSBV ASF</b>	1.7	400	0.027
<b>SSBV ø 800 mm (sous ASF)</b>	6.3	850	0.046

**A l'extérieur de la zone modélisée**, les eaux pluviales peuvent être acheminées vers cette dernière par ruissellement depuis les versants des collines (Le Mour de la Coudette) qui constituent le vallon traversé par l'autoroute A9.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des **sous-bassins versants amont à la zone modélisée**. Ils représentent une surface totale de 26 ha.

Nom du bassin versant	Aire (ha)	Longueur d'écoulement (m)	Pente pondérée (m/m)
<b>SSBV1</b>	16.0	1 292	0.036
<b>SSBV2</b>	9.2	1 497	0.038
<b>SSBV3</b>	0.3	122	0.23
<b>SSBV4</b>	0.7	81	0.185

L'ensemble de ces sous-bassins versants représentent une surface d'environ 80 ha. La modélisation permettra de définir quelle proportion de cette emprise ruisselle tout ou partie vers la zone de projet qui occupe une emprise de 12.9 ha.

### 5.1.2. Géologie

**A l'amont de la zone modélisée**, les sols sont constitués de calcaires. Les sous-bassins versants amont à la zone modélisée présentent donc une perméabilité moyenne. Ces informations seront prises en compte dans l'établissement des débits générés par les sous-bassins versants.

**Dans la zone modélisée**, les sols sont essentiellement constitués :

- de l'amont jusqu'au milieu des vignes situés à l'Est du péage environ : d'argiles, de marnes marines, d'alluvions anciens et d'alluvions de plus hautes terrasses peu perméables ;
- du milieu des vignes situés à l'Est du péage jusqu'à l'aval de la zone d'étude : d'éboulis de pierrailles actuels à récents plutôt perméables.

### 5.1.3. Occupation des sols

Les sous-bassins versants amont à la zone modélisée présentent une occupation des sols essentiellement forestière et de végétation plus ou moins dense. Les ssv 1 et ssv 2 sont aussi marqués par l'autoroute A9 qui les traverse.

Au sein de la zone modélisée, les sous-bassins versants sont principalement occupés par des cultures de vignes ou des terres agricoles en friche. L'autoroute A9, la RD 6100, la RD 351, la RD192 et la barrière de péage constituent les espaces imperméabilisés.

## 5.2. CALCUL DES DEBITS

Il s'agit de définir les hyétogrammes de référence et d'évaluer les débits de pointe et hydrogrammes générés par les bassins versants concernés par la zone d'étude pour :

- un évènement pluvieux de période de retour 10 ans,
- un évènement pluvieux de période de retour 100 ans,
- pour l'évènement pluvieux du 8 au 9 septembre 2002.

**En effet l'épisode pluvieux de référence pour lequel doit être défini l'aléa inondation est défini comme l'épisode centennal ou bien un épisode historique si son occurrence est supérieure à l'épisode centennal.**

La commune de Fournès a connu un important épisode pluvieux comme une grande partie du Gard entre le 8 et le 9 septembre 2002. Cet épisode a entraîné des désordres hydrauliques sur la commune avec de nombreux dégâts.

Par ailleurs, la pluie d'occurrence décennale a été étudiée afin de pouvoir évaluer par la suite l'impact du projet et de ses mesures accompagnatrices pour une occurrence intermédiaire, souvent retenue pour le dimensionnement d'ouvrages hydrauliques.

### 5.2.1. Pluviométrie

#### *Occurrences décennale et centennale*

La pluviométrie utilisée pour le calcul des débits d'occurrence centennale est celle enregistrée à la station de **Nîmes Courbessac** dont les valeurs HDF (Hauteur-Durée-Fréquence) ont été calculées sur une période allant de 1964 à 2014. Cette station est jugée représentative de la pluviométrie locale de par sa proximité et la durée des données disponibles. Le choix de cette station a également été motivé par l'absence plus près de la zone d'étude d'une station équipée d'un pluviographe (appareil destiné à l'enregistrement de la hauteur de pluie cumulée en fonction du temps) avec une série de données complète et suffisamment longue.

#### *Evènement pluvieux du 08 et 09 septembre 2002*

L'évènement pluvieux de septembre 2002 a fait l'objet d'un enregistrement au poste pluviographique de Remoulins<sup>1</sup>. Ces données ont été transmises par le Service de Protection des Crues Grand Delta.

Cet enregistrement fournit des données intéressantes mais il fait l'objet de réserves sur leur représentativité, notamment au moment du pic intense de pluie. C'est pourquoi il a été acquis en complément des enregistrements du radar du réseau Aramis Météo France à Manduel afin de reconstituer le hyétogramme de l'évènement de septembre 2002 au droit des bassins versants concernés par la zone d'étude.

Il a également été acquis les enregistrements du radar au droit de la station pluviométrique du SPC de Remoulins pour permettre un calage global des données pluviométriques.

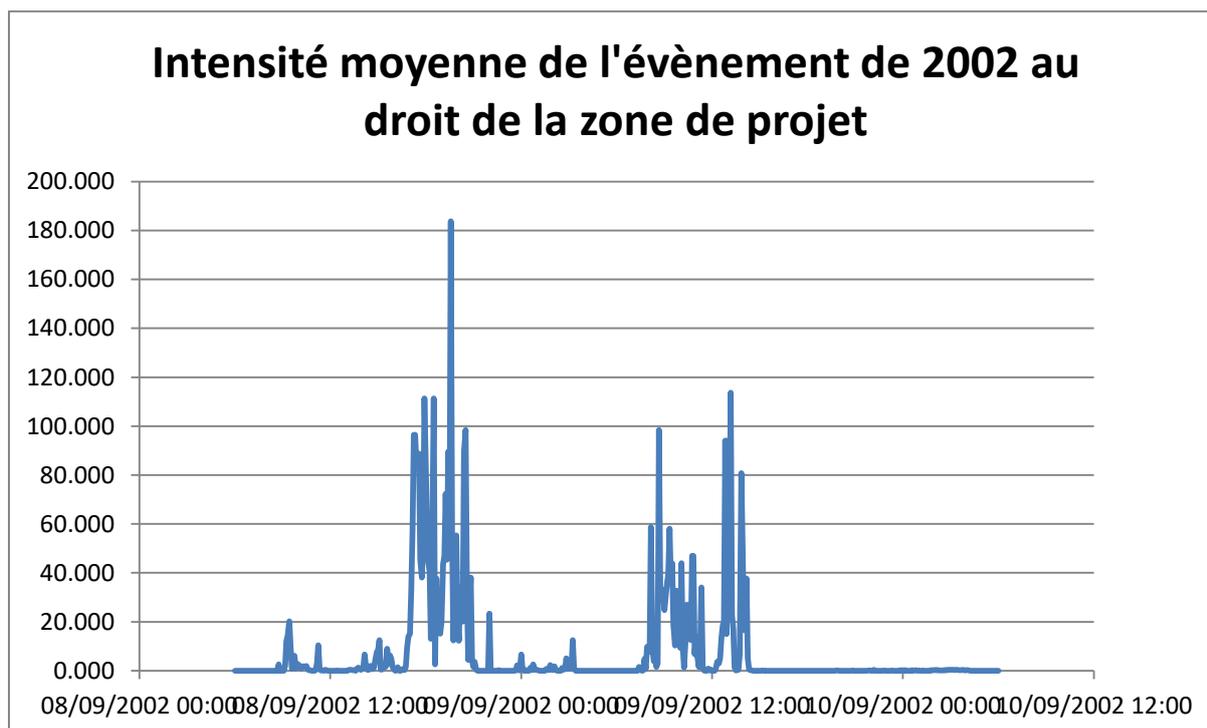
Le radar fourni une image en réflectivité sur 54 niveaux correspondant à des pixels de 1 km<sup>2</sup>. Il est ensuite nécessaire de convertir les échos de réflectivité en intensité de pluie et de corriger la pluie brute obtenue pour correspondre aux observations sur place ou environnantes, et notamment celles de la station de Remoulins.

Ce travail a été confié à Marc MONTGAILLARD du cabinet Hydrologik ingénierie qui a beaucoup travaillé sur l'analyse de cet évènement et les retours d'expérience de crues associés alors qu'il travaillait au sein de la société SIEE STRATEGIS.

Il a traité les images de réflectivité disponibles toutes les 5 minutes sur la période 08/09/2002 06 :00TU à 10/09/2002 06 :00TU. Ensuite il a extrait les deux pixels couvrant majoritairement les bassins versants concernés par l'étude. Enfin il a été calculé une moyenne des deux valeurs pour obtenir le hyétogramme, en mm/h au pas de temps 5 minutes, représentatif de l'évènement de 2002 sur les bassins versants objets de l'étude.

Ce hyétogramme est présenté ci-dessous avec une intensité indiquée en mm/h :

<sup>1</sup> Source : Service de Protection des Crues Grand Delta. Poste de Remoulins situé à 3 km environ de la zone d'étude



Le pluviomètre de Remoulins<sup>2</sup> a enregistré un cumul de pluie de 391 mm pour une durée d'évènement de 55 h environ. Le pic de pluie enregistré a été atteint à Remoulins le 8 septembre à 17h40 avec 8 mm enregistré pour un pas de temps des mesures de 5 min soit 96 mm/h. Sur une période de 24h, le cumul de pluie maximal est de 316 mm.

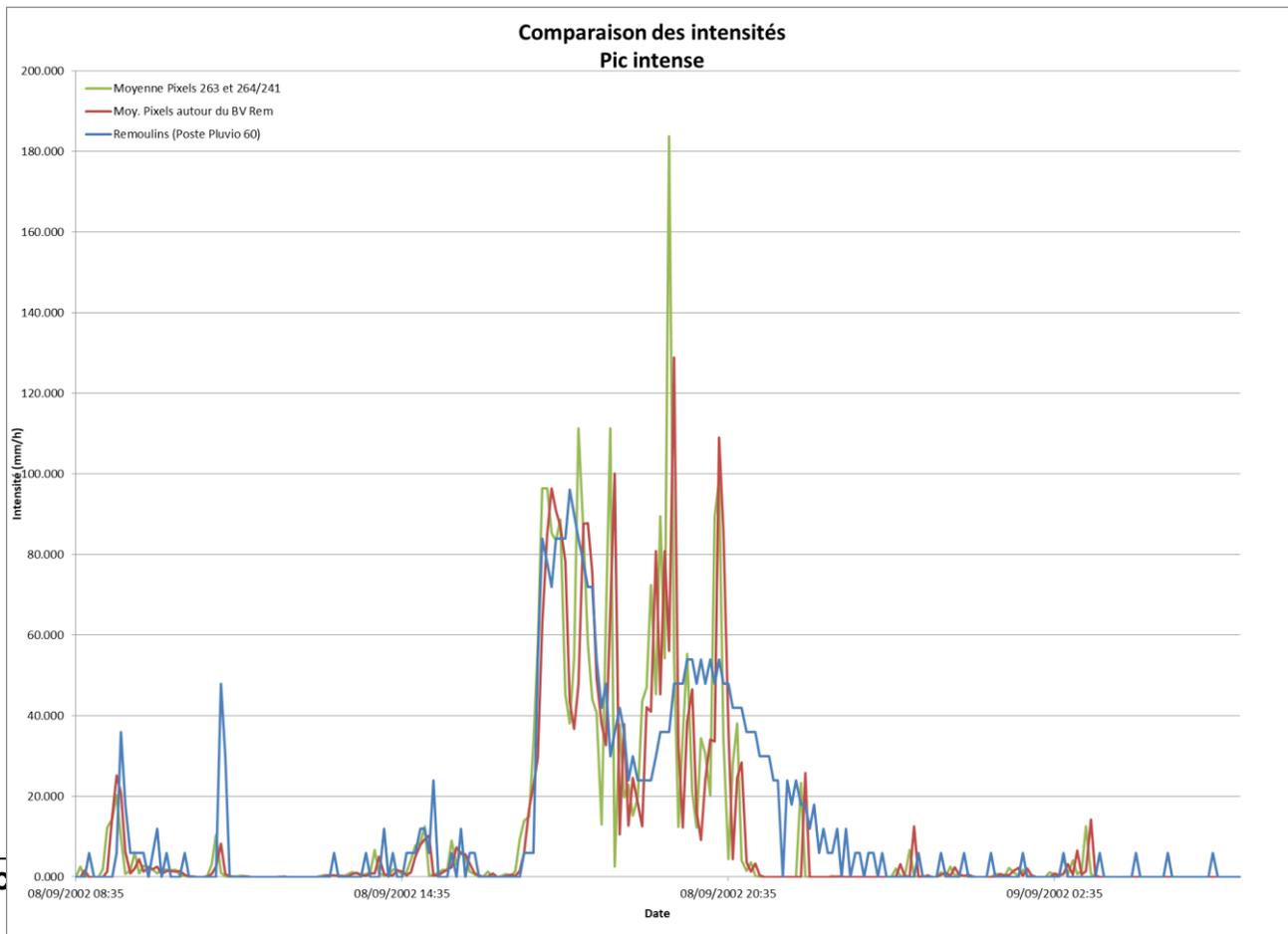
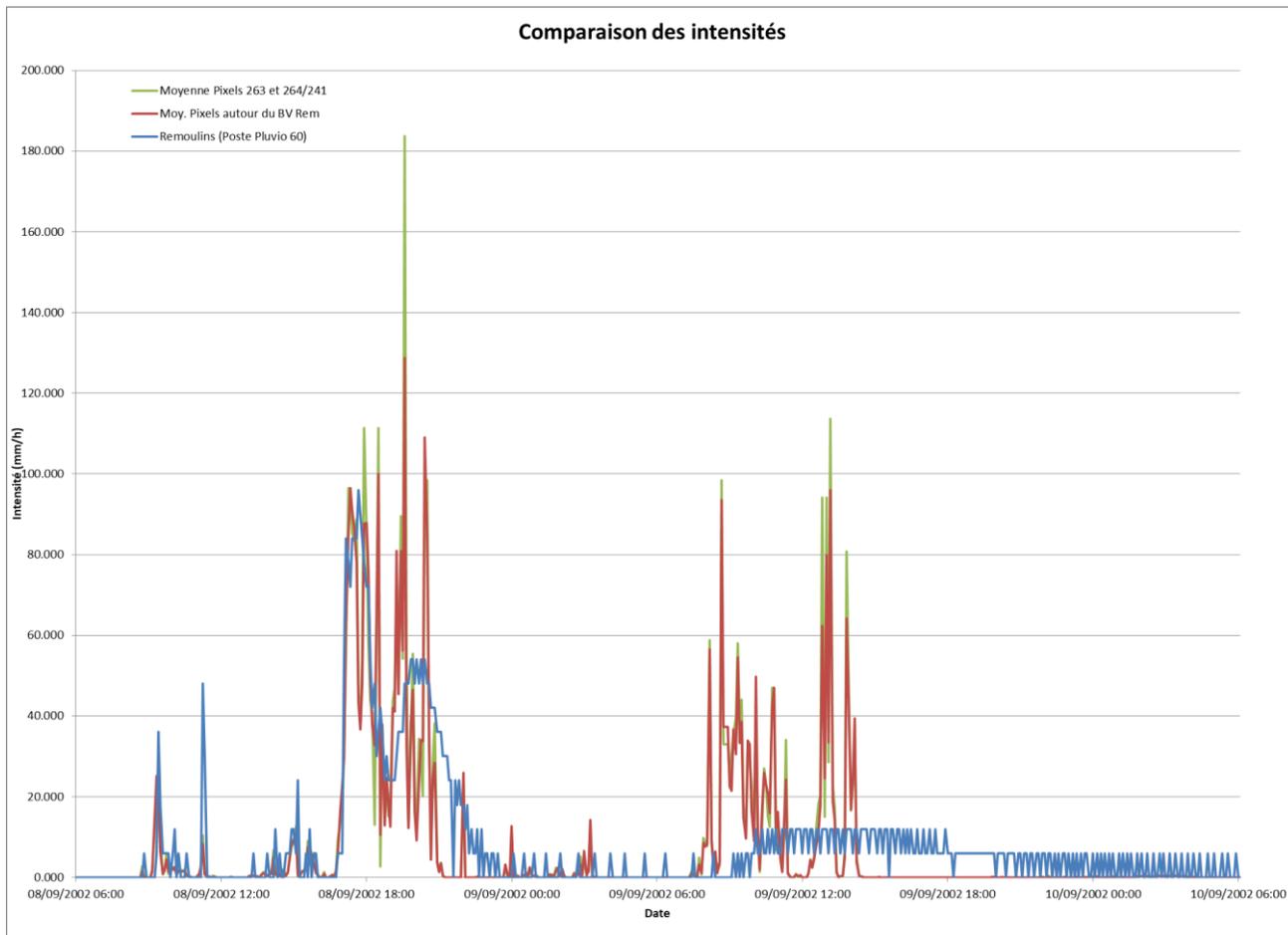
Au droit de la zone de projet, le hyetogramme issu des enregistrements radars présente les caractéristiques suivantes :

- Durée de l'évènement : du 08/09/2002 8h30 au 09/09/2002 à 14h20,
- Pic intense le 08/09/2002 à 19h35 : 183.8 mm/h,
- Pic intense le 09/09/2002 à 13h10 : 113.7 mm/h,
- Pluie totale cumulée sur l'évènement : 370.5 mm.
- Pluie maximale cumulée sur une durée de 24 h : 360 mm.

#### *Comparaison des données pluviométriques*

A titre d'information, les graphiques suivants permettent de comparer les hyetogrammes issus des données radars et du poste pluviométrique de Remoulins.

<sup>2</sup> Source : Service de Protection des Crues Grand Delta. Poste de Remoulins situé à 3 km environ de la zone d'étude



c

Le hyétogramme obtenu à partir des enregistrements radar de septembre 2002 présente des intensités et un cumul bien plus importants que celui issu du poste de Remoulins.

La hauteur de pluie cumulée sur 24 h (360 mm) est supérieure au cumul de pluie 24 h estimée par Météo France au niveau de la station de Nîmes Courbessac (292 mm). **Sur une durée de 24h, cet épisode a donc une occurrence supérieure à l'épisode centennal.**

Toutefois, si l'on s'intéresse à des périodes d'observation plus courtes : le cumul des pluies est toujours plus important pour l'épisode centennal comme le montre le tableau ci-dessous. **Ainsi, pour des durées inférieures à 24h, l'évènement de 2002 au droit de la zone de projet a une occurrence inférieure à l'épisode centennal déterminé à la station de Nîmes-Courbessac.**

Durée de l'évènement (h)	Hauteur (mm)		
	Evènement Remoulins 8-9/09/2002 <sup>1</sup>	Evènement zone de projet 8-9/09/2002 <sup>2</sup>	T=100 ans <sup>3</sup>
0.1	8	17	18
0.25	30	27	35
0.5	50	42	56
1	86	75	89
2	121	111	136
3	164	170	203
6	237	211	272
12	256	222	272
24	316	360	296

1 : Source données pluviométriques de la station de Remoulins

2 : Source enregistrements radar sur site

3 : Source station Météo France (période d'observation : 1964-2008)

Or un bassin versant génère son débit de pointe maximal lorsque la durée de pluie est égale à son temps de concentration. **Ainsi les différents bassins versants impactant la zone de projet peuvent réagir différemment selon les deux pluies qu'il convient d'étudier conjointement.**

### 5.2.2. Détermination des débits de pointe

Plusieurs méthodes de détermination des débits ont été comparées pour l'occurrence centennale : la méthode SCS présentée ci-après, la méthode rationnelle et la méthode empirique suivante :  $Q_{100}=14 \times S^{0.75}$  avec S : superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>.

On obtient les résultats suivants :

Débits estimés				
	BV 1	BV 2	BV 3	BV 4
<b>Surface (ha)</b>	16.0	9.2	0.3	0.7
<b>Q10 -SCS (m<sup>3</sup>/s)</b>	1.8	1.0	0.04	0.1
<b>Q10 - rationnelle (m<sup>3</sup>/s)</b>	1.6	0.9	0.06	0.1
<b>Q2002 - SCS (m<sup>3</sup>/s)</b>	3.5	1.8	0.1	0.2
<b>Q100 - SCS (m<sup>3</sup>/s)</b>	4.8	2.5	0.1	0.3
<b>Q100 - rationnelle (m<sup>3</sup>/s)</b>	4.2	2.3	0.1	0.3
<b>Q100 - méth. SPC (m<sup>3</sup>/s)</b>	3.5	2.3	0.2	0.3
<b>Q100 retenu (m<sup>3</sup>/s)</b>	4.8	2.5	0.1	0.3
<b>Q100 spé. (m<sup>3</sup>/s/km)</b>	29.7	27.2	36.7	35.7
<b>Q100 p-spé. (m<sup>3</sup>/s/km<sup>1.6</sup>)</b>	20.6	16.9	11.5	13.2

Les trois méthodes fournissent donc les mêmes ordres de grandeur de débits. Nous avons retenu les résultats de la méthode SCS car elle fournit les valeurs les plus grandes pour les bassins versants conséquents (principe de précaution).

De plus, cette méthode permet d'obtenir des débits et des hydrogrammes aussi bien pour un évènement centennal, un évènement décennal et un évènement réel comme septembre 2002.

L'ordre de grandeur des débits est cohérent avec les valeurs habituellement observées dans la région. Ils correspondent à des débits spécifiques centennaux de l'ordre de 30 à 37 m<sup>3</sup>/s/km.

### 5.2.3. Détermination des hyétogrammes et hydrogrammes de projet

Deux types d'informations hydrologiques sont utilisés comme données d'entrée dans le modèle hydraulique :

- Un hyétogramme de pluie nette (pluie après pertes initiales et infiltration) qui est injecté dans le modèle et réparti sur la totalité des mailles du modèle de la zone d'étude, de sorte à pouvoir observer le ruissellement pluvial local (impluvium local),
- des hydrogrammes sont injectés à l'amont du modèle pour chacun des sous-bassins versants amont à la zone d'étude modélisée. Cela concerne uniquement les apports provenant de la partie haute de l'autoroute car il n'apparaissait pas nécessaire de modéliser ce tronçon amont d'autoroute compte tenu de son encaissement garantissant la canalisation des eaux.

Tout le reste du territoire dont les ruissellements sont potentiellement dirigés vers la zone de projet est intégré dans le modèle et soumis à l'impluvium local.

Pour cela une pluie de projet dite de "Kieffer" de durée 24h a été construite à partir des données de cette station pour l'occurrence centennale.

Pour les évènements pluvieux d'occurrences décennale et centennale, il a été choisi d'utiliser une pluie de projet dite de "Kieffer" qui est monofréquentielle. Ainsi, en construisant des pluies de Kieffer 24h pour chaque occurrence, la même pluie de projet peut être utilisée sur chacun des sous-bassins versants. En effet, quel que soit le temps de réponse du bassin versant, la pluie monofréquentielle de Kieffer permettra d'apprécier la réponse la plus pénalisante de chaque sous-bassin versant.

L'évènement de 2002 a lui été entièrement reproduit sur l'intégralité de sa durée à partir du hyétogramme issu des enregistrements radar.

Pour les trois évènements, une modélisation hydrologique a été réalisée à l'aide du logiciel HEC-HMS afin de déterminer les hyétogrammes nets, c'est-à-dire la quantité de pluie ruisselée, et les hydrogrammes de crue.

Pour cela, la fonction de production de la pluie nette de la méthode dynamique SCS a été utilisée. A partir des hyétogrammes bruts et des caractéristiques des sous-bassins versants, la méthode SCS permet le calcul dynamique des infiltrations et du ruissellement. Basée sur l'hypothèse que la crue est générée par un ruissellement de surface, cette méthode, adaptée aux bassins versants ruraux, permet de prendre en compte la variation du coefficient de ruissellement au cours de l'épisode. Ce modèle relie la hauteur de ruissellement à l'exutoire du bassin versant  $P_e$  au cumul de la pluie brute  $P$ , par l'équation :

$$P_e = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

$$\text{avec } \left\{ \begin{array}{l} P_e \text{ pluie ruisselée en mm} \\ P \text{ pluie précipitée en mm} \\ I_0 \text{ infiltration initiale en mm} \\ S \text{ infiltration potentielle maximale en mm} \\ S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \\ CN \text{ curve number} \end{array} \right.$$

Le curve number a été estimé à partir des valeurs usuelles utilisées dans la région pour des bassins versants ruraux similaires. Le paramètre  $I_0$  a quant à lui été déterminé à partir de valeurs de références fournies par les Experts en fonction de la morphologie du bassin versant, de sa composition géologique et de sa pente.

Un curve number moyen de 86 et un  $I_0$  moyen de 10 mm ont été retenus. Le lag time est estimé égal à  $0.6 \times t_c$ .

L'utilisation du logiciel HEC-HMS a permis de modéliser les ruissellements sur chaque sous-bassin versant amont de la zone d'étude. Le modèle hydrologique construit permet ainsi d'obtenir des hyétogrammes nets à injecter en impluvium local sur toute l'emprise du modèle et des hydrogrammes à injecter aux points d'entrée du modèle hydraulique (ces hydrogrammes sont disponible en annexe).

Les résultats hydrologiques sont présentés dans les tableaux ci-après.

Les tableaux ci-dessous détaillent les volumes de ruissellement obtenus :

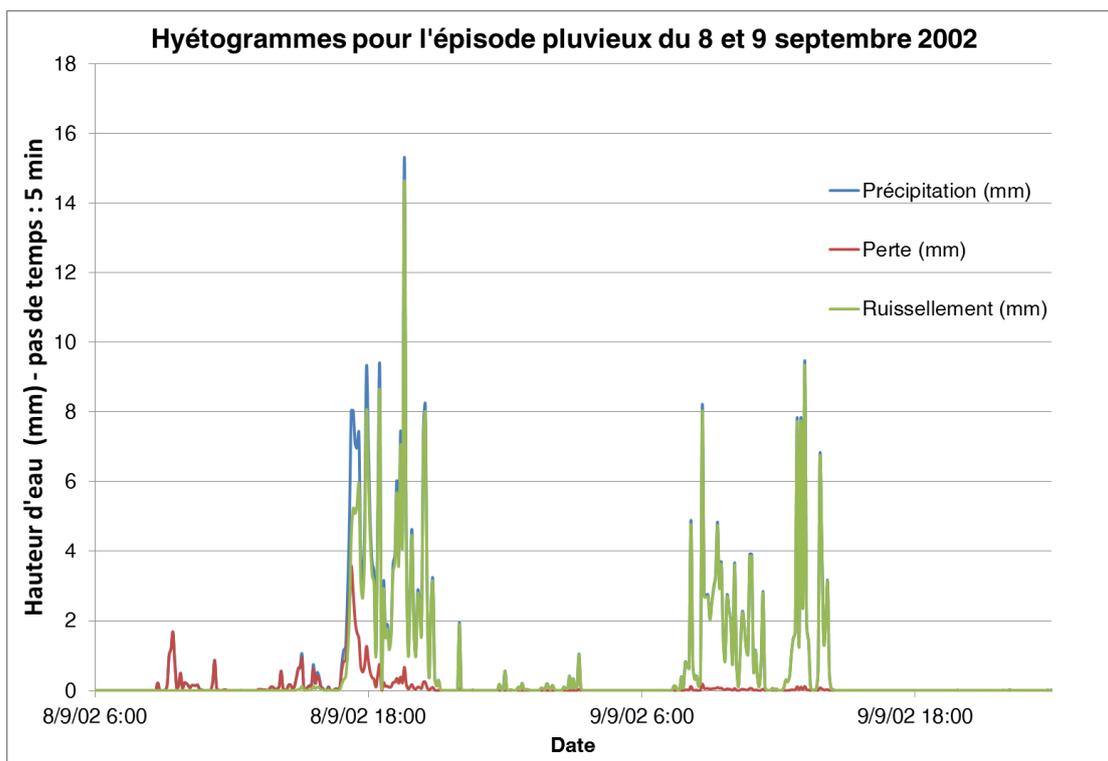
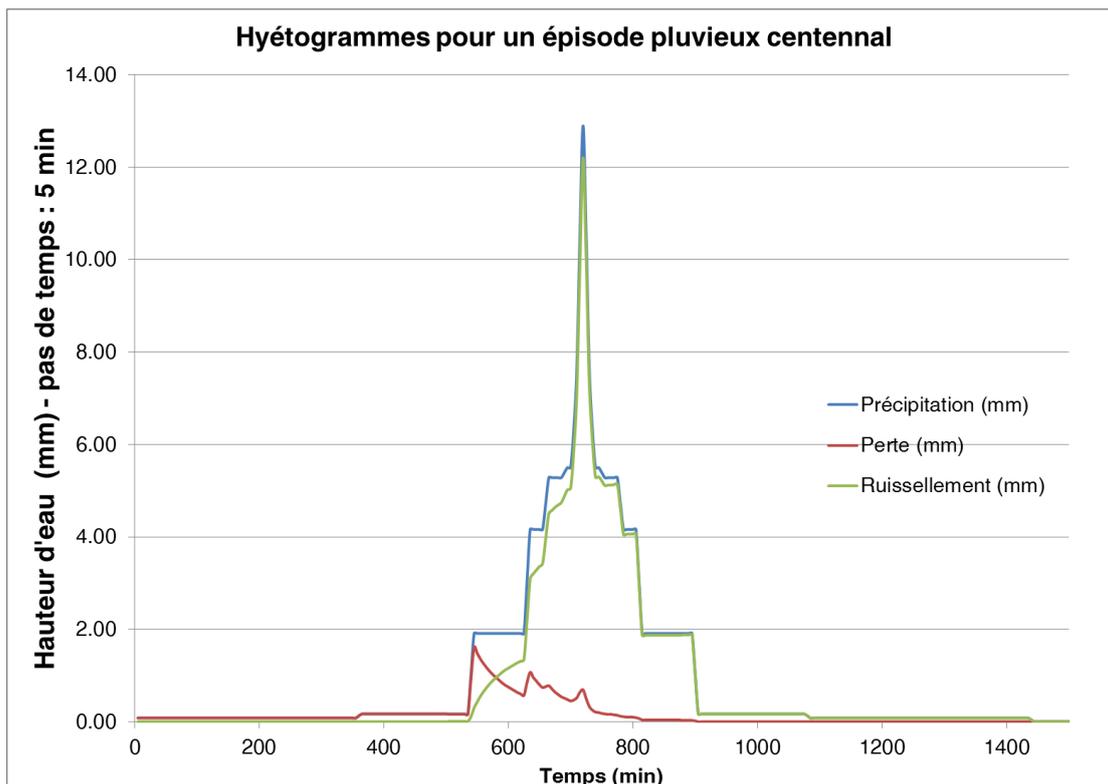
<b>Evènement pluvieux centennal</b>				
<b>Nom du bassin versant</b>	<b>Aire (ha)</b>	<b>Volume pluie précipitée (Mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume pluie ruisselée (Mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Taux de ruissellement (%)</b>
<b>BV 1</b>	16.0	47.2	39.9	84.4
<b>BV 2</b>	9.2	27.2	23.0	84.4
<b>BV 3</b>	0.3	0.9	0.8	84.3
<b>BV 4</b>	0.3	2.1	1.7	84.1
<b>Zone modélisée</b>	54.0	159.7	134.3	84.1

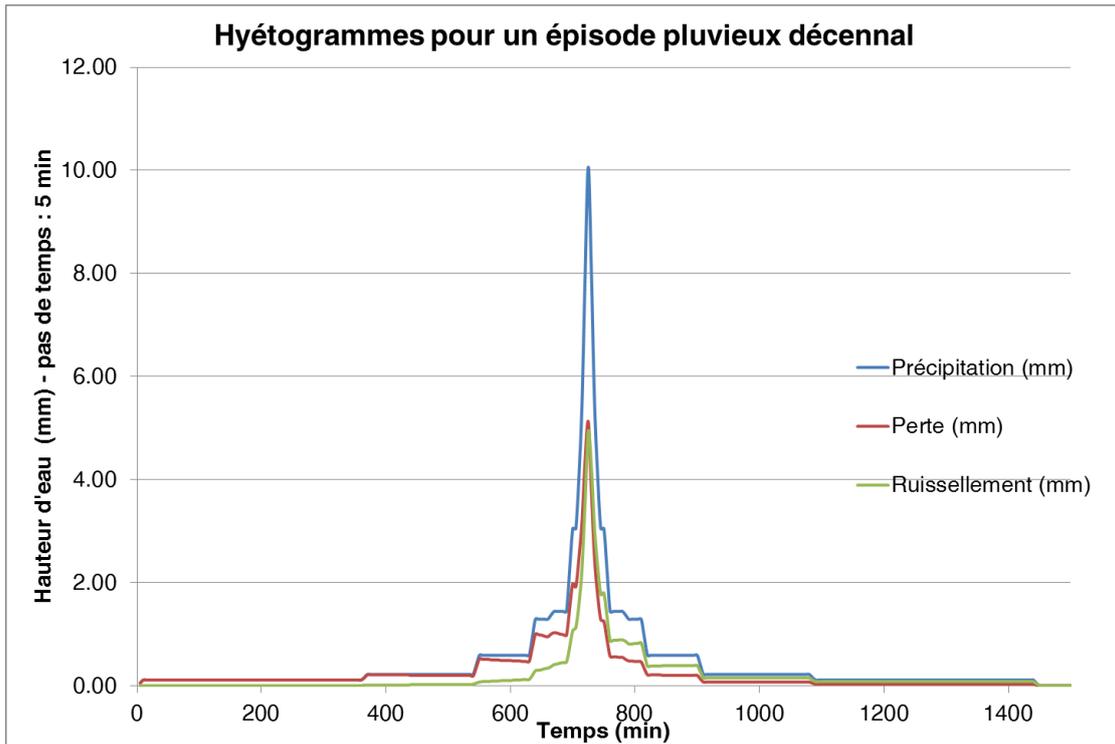
<b>Evènement pluvieux septembre 2002</b>				
<b>Nom du bassin versant</b>	<b>Aire (ha)</b>	<b>Volume pluie précipitée (Mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume pluie ruisselée (Mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Taux de ruissellement (%)</b>
<b>BV 1</b>	16.0	59.3	51.7	87.3
<b>BV 2</b>	9.2	34.1	29.8	87.3
<b>BV 3</b>	0.3	1.1	1.0	87.4
<b>BV 4</b>	0.3	2.6	2.3	87.3
<b>Zone modélisée</b>	54.0	199.8	174.2	87.2

<b>Evènement pluvieux décennal</b>				
<b>Nom du bassin versant</b>	<b>Aire (ha)</b>	<b>Volume pluie précipitée (Mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume pluie ruisselée (Mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Taux de ruissellement (%)</b>
<b>BV 1</b>	16.0	18.5	7.0	37.8
<b>BV 2</b>	9.2	10.6	4.0	37.8
<b>BV 3</b>	0.3	0.4	0.1	37.1
<b>BV 4</b>	0.3	0.8	0.3	37.0
<b>Zone modélisée</b>	54.0	102.1	38.5	37.7

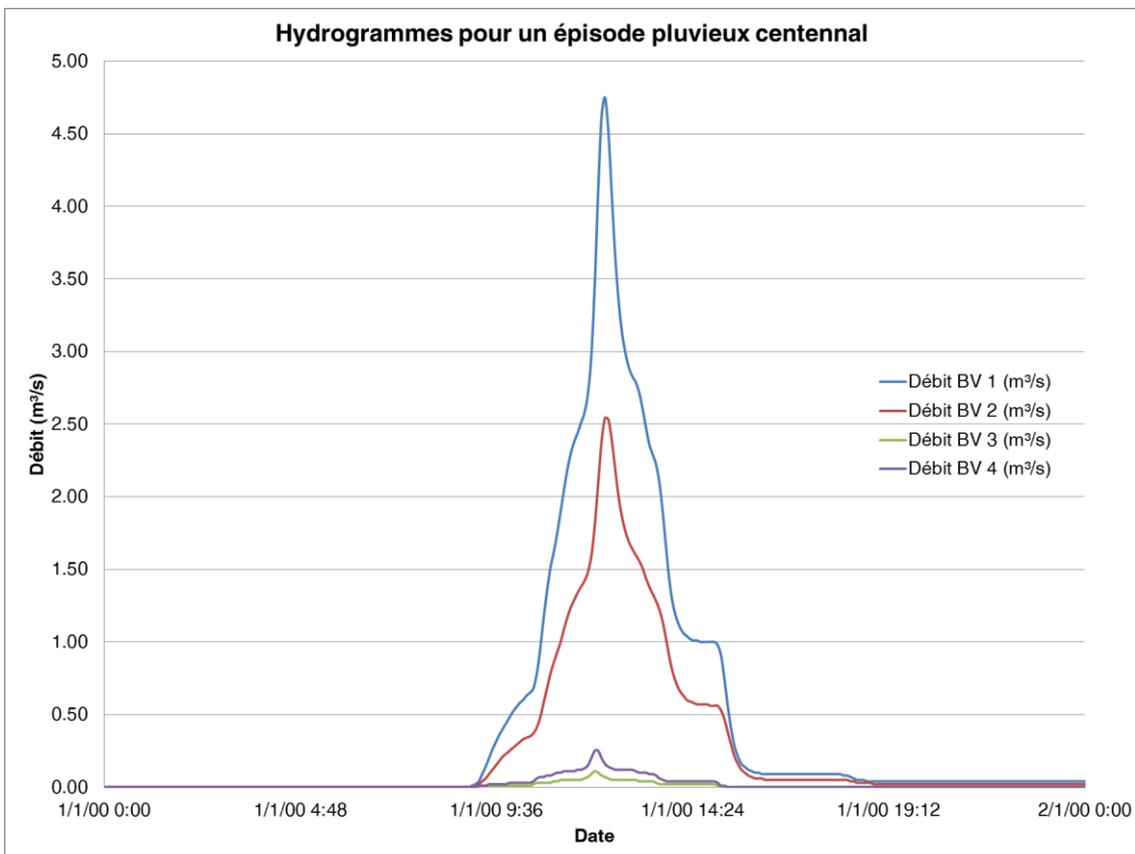
Les résultats indiquent un taux d'infiltration moyen de 13 % pour l'évènement de septembre 2002 ce qui correspond aux valeurs couramment mesurées ou calculées pour cet évènement spécifique.

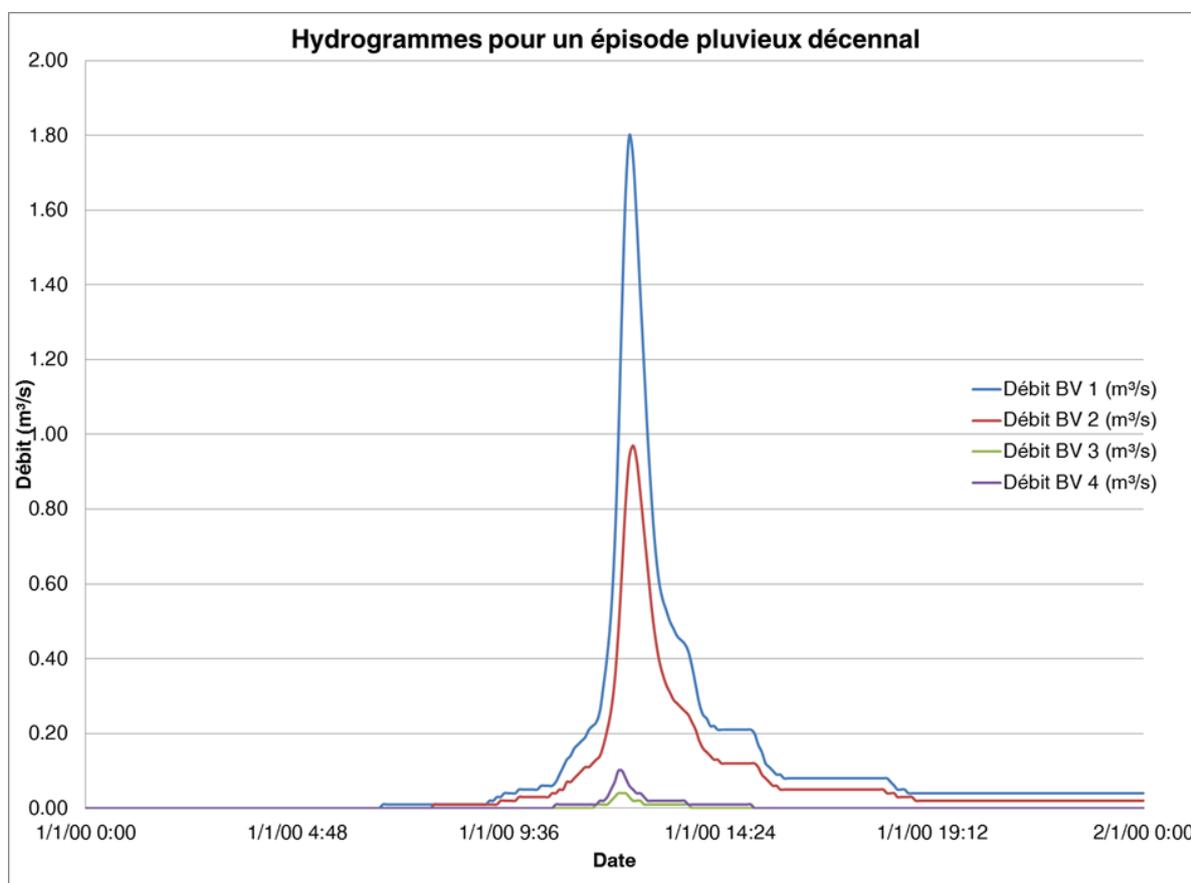
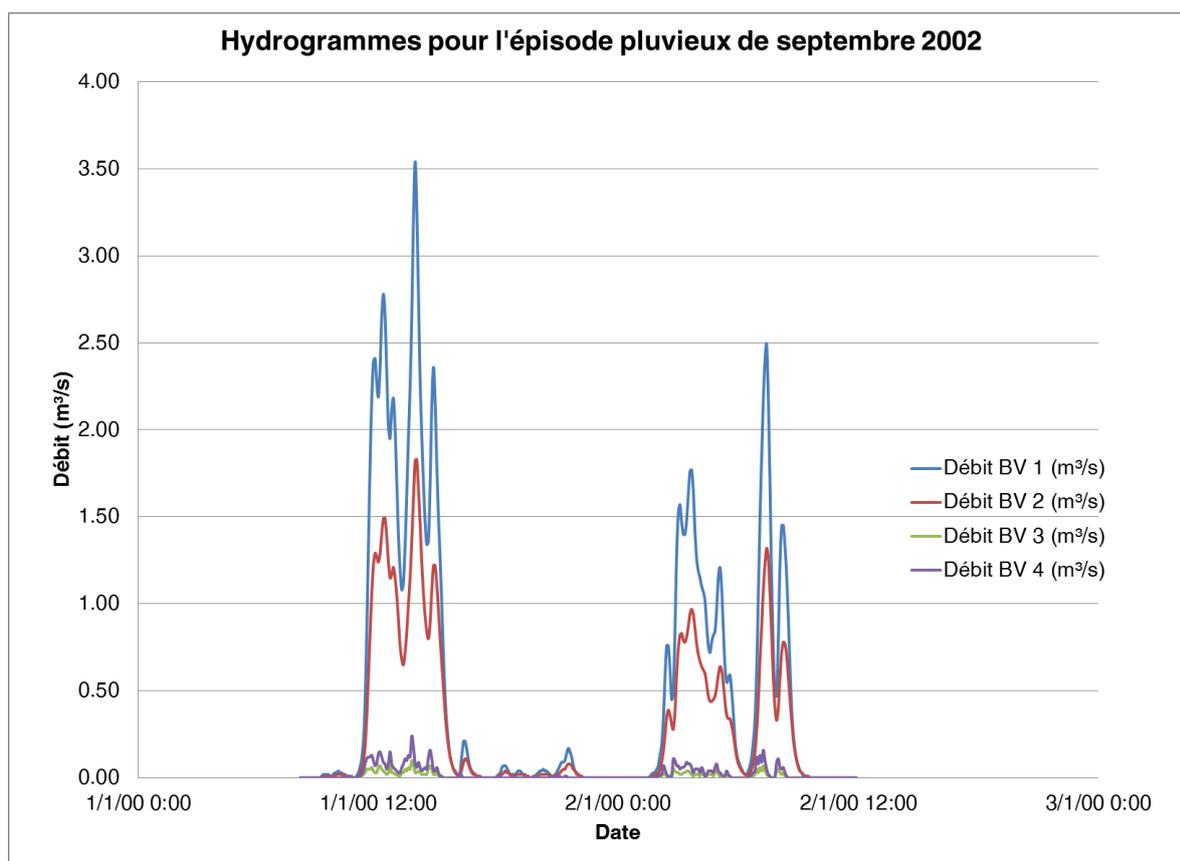
Les hyétogrammes nets suivants sont obtenus pour injection dans le modèle comme impluvium local.





Après modélisation de la propagation des ruissellements sur les bassins versants amont au modèle 1 à 4, les hydrogrammes suivants sont obtenus avec les débits de pointe présentés dans le chapitre précédent. Ces hydrogrammes sont injectés en amont du modèle hydraulique.





## 6. ETUDE HYDRAULIQUE EN SITUATION ACTUELLE

### 6.1. MODELISATION

#### 6.1.1. Méthodologie

Les investigations de terrain ont montré que la zone de projet recevait peu d'apports pluviaux amont directs mais qu'elle était potentiellement concernée par des apports indirects en fonction du fonctionnement des fossés, des franchissements de l'autoroute, de la plateforme de péage et de la RD 6100.

C'est pourquoi il a été décidé de modéliser la zone de projet ainsi que la barrière de péage, la RD 6100, l'autoroute jusqu'à l'entrée de la combe de Mars et les terrains situés entre ces trois axes routiers.

La zone modélisée couvre donc :

- la zone de projet et les parcelles alentours depuis la barrière de péage jusqu'à environ 500 m en aval de la RD 192,
- la barrière de péage de Remoulins et une portion des bretelles d'accès,
- le tronçon de l'autoroute A9 depuis la sortie du vallon environ 300 m en amont du pont sur la RD 6100 jusqu'à l'intersection avec la bretelle d'entrée sur l'autoroute,
- la RD 6100 depuis 300 m à l'amont de l'autoroute jusqu'à l'aval de la zone de projet,
- les terres agricoles et chemins ou voiries surplombant la barrière de péage depuis sa limite Est jusqu'à l'intersection entre l'autoroute A9 et la RD 6100.

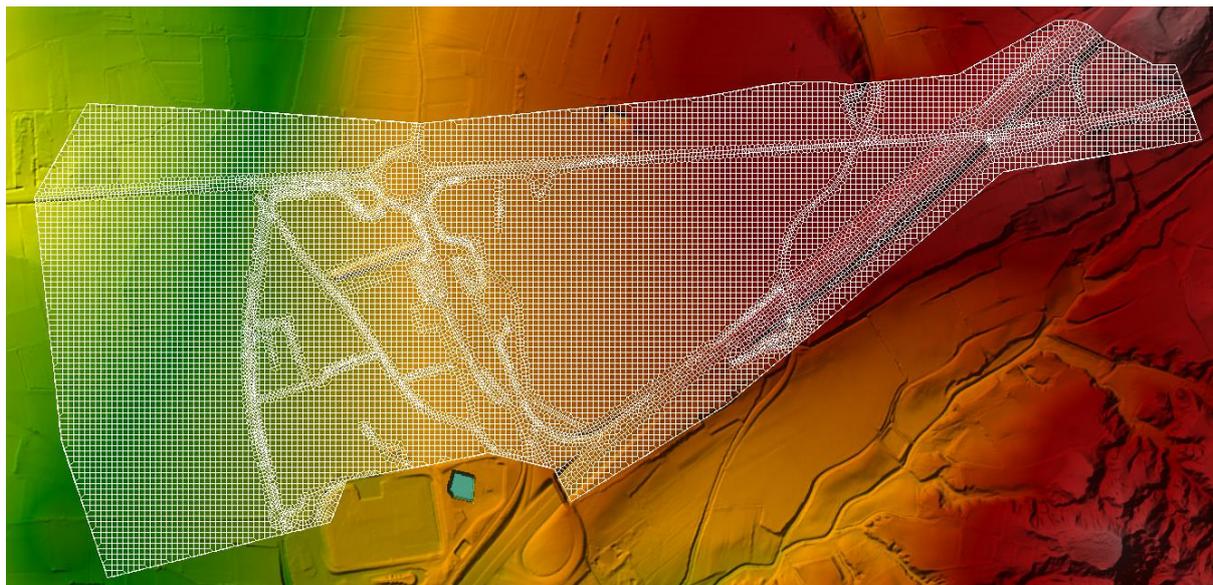
La zone d'étude modélisée est plus vaste que la zone de projet et ses sous-bassins versants amonts identifiés et représente une superficie d'environ **115 ha**. Les eaux ruissellent sur la zone d'étude selon une courbe nord-Est\_sud\_nord-ouest.

#### 6.1.2. Logiciel utilisé

Le logiciel utilisé, HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers - River Analysis System), est un logiciel hydraulique élaboré par le ministère américain de la Défense qui permet de réaliser des modélisations hydrauliques en 1D et 2D.

La mise en place d'un modèle 2D sous HEC-RAS permet de quantifier le ruissellement pluvial au droit du péage de Remoulins. La zone d'étude a été modélisée de sorte à retranscrire de manière précise les écoulements multidirectionnels en termes de hauteur et de vitesse en tout point.

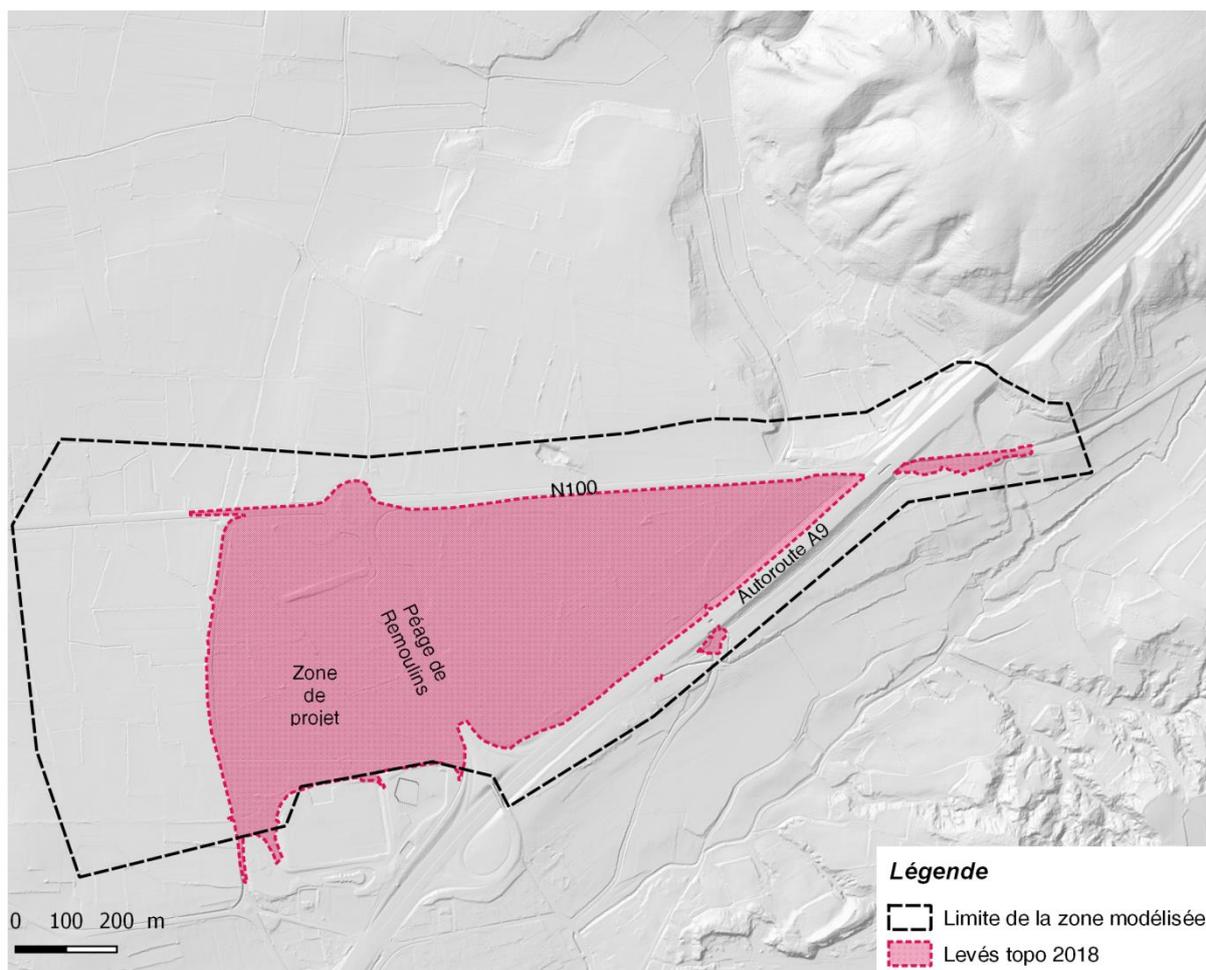
Sur HEC-RAS, pour la modélisation 2D l'utilisateur peut choisir entre les équations de Saint-Venant et les équations de l'onde de crue diffusante. Le mode de calcul retenu est celui des équations de Saint-Venant car il permet une modélisation plus précise notamment lors de variation brutale de terrain ou de débit.



*Illustration d'un maillage réalisé pour la zone d'étude avec un MNT en fond*

### **6.1.3. Données topographiques utilisées**

Les données topographiques proviennent du LIDAR fourni par la DDTM à l'échelle 50 cm établi en 2012. Ce dernier a été mis à jour grâce à des levés réalisés par le bureau CHIVAS Géomètre Expert durant les mois de juillet et août 2018. L'illustration suivante présente la répartition géographique des sources de données topographiques.



#### 6.1.4. Données d'entrée hydrologiques

L'épisode pluvieux de référence pour lequel doit être défini l'aléa inondation est défini comme l'épisode d'occurrence centennal ou bien un épisode historique si son occurrence est supérieure à l'épisode centennal. C'est pourquoi deux pluies sont étudiées :

- une pluie d'occurrence centennale,
- la pluie du 8 au 9 septembre 2002.

Par ailleurs, la pluie d'occurrence décennale a été étudiée afin de pouvoir évaluer par la suite l'impact du projet et de ses mesures accompagnatrices pour une occurrence intermédiaire, souvent retenue pour le dimensionnement d'ouvrages hydrauliques.

Deux types de données d'entrée hydrologiques sont utilisés dans le modèle :

- un impluvium net est injecté, réparti sur la totalité des mailles du modèle, de sorte à pouvoir observer l'impluvium local,
- des hydrogrammes sont injectés à l'amont du modèle pour chacun des sous-bassins versants amont à la zone modélisée. Les hydrogrammes injectés sont ceux calculés précédemment dans le chapitre 5.2.

### **6.1.5. Construction et paramétrage du modèle**

Le maillage est construit de manière à prendre en compte les éléments structurants principaux des secteurs étudiés (fossés, talus, routes et bâtiments) nécessaires à la bonne description du fonctionnement hydrodynamique de ceux-ci. En revanche il ne tient pas compte des murs, murets ou glissières béton de l'autoroute conformément aux préconisations de la DDTM en matière de détermination de l'aléa inondation. En effet ces ouvrages peuvent disparaître dans le temps ou céder en cas de crue.

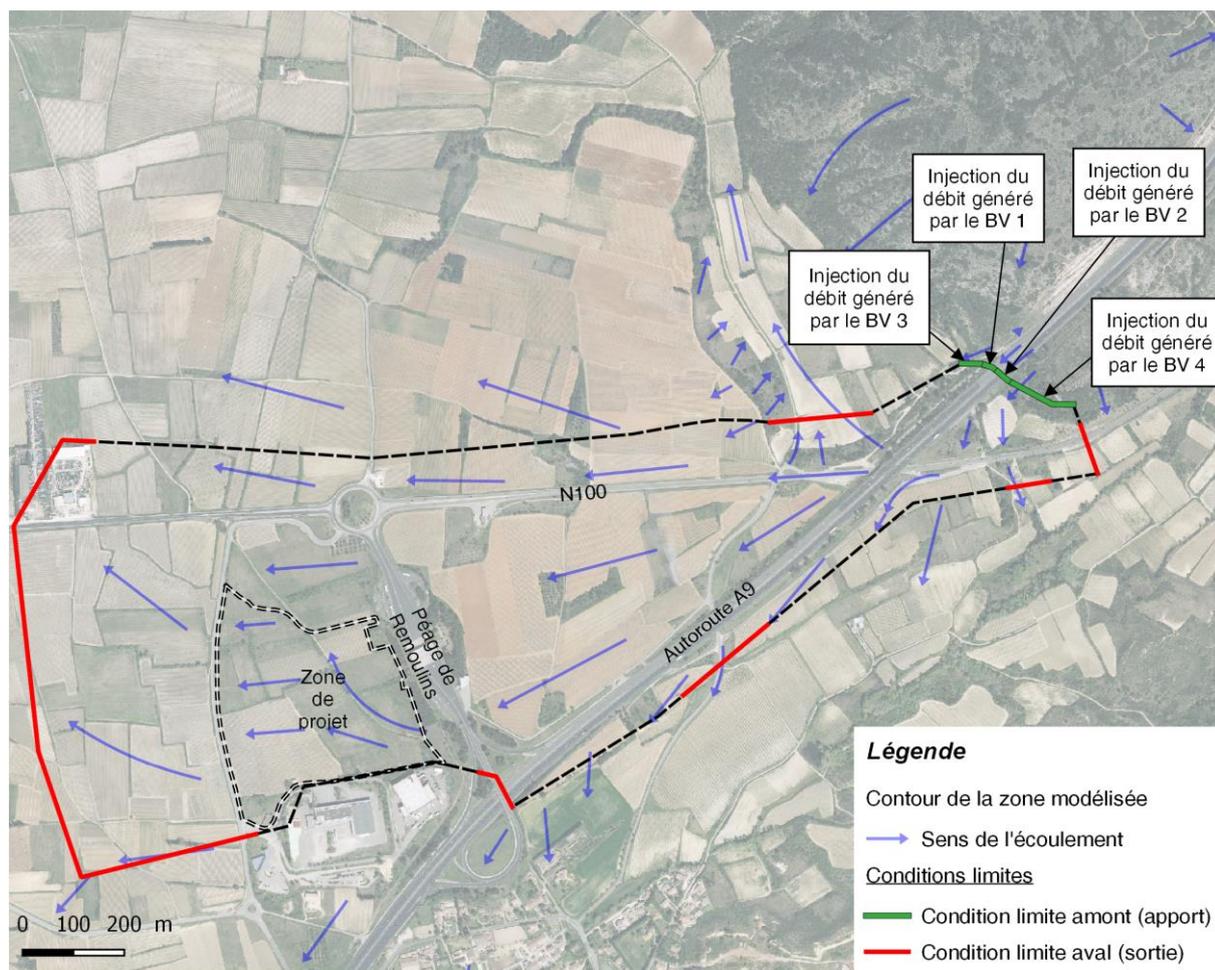
Le modèle 2D commence environ 300 m à l'amont du pont de l'autoroute sur la RD 6100 et finit environ 500 m à l'aval de la RD 192. Il englobe l'autoroute ainsi que la RD 6100 pour évaluer leur incidence même si les observations de terrain ont estimé qu'elles ne faisaient pas partie à priori du bassin versant impactant la zone de projet. Le modèle couvre une superficie d'environ **115 ha**. Le maillage est constitué d'environ **17 700 mailles**.

La construction du maillage permet après création des fichiers d'entrée, la mise en œuvre de la modélisation 2D. Ces fichiers regroupent notamment les conditions aux limites.

Les conditions limites amont (apports au modèle) sont localisées au nord-Est du modèle en travers de l'autoroute sortant de la combe de mars. Elles correspondent aux apports possibles des sous-bassins versants amont à la zone modélisée, comme cela est expliqué précédemment.

Les conditions limites aval ou sorties du modèles sont au nombre de 6 pour la zone d'étude. Cela concerne toutes les sorties possibles du modèles (pente dirigée en dehors du modèle) :

- le vallon de la Monédière qui draine une partie des eaux provenant de l'autoroute et du nord-Est de la zone d'étude,
- la RD 6100 en direction d'Avignon,
- le vallon de Coudoulet au sud de la RD 6100 en direction de Fournès qui draine également une partie des eaux provenant de l'autoroute et du nord-Est de la zone d'étude,
- la RD 351 qui une fois passée sous l'autoroute descend en direction du centre-ville de Fournes,
- l'autoroute en-dessous de l'échangeur qui continue de descendre avec une altimétrie plus basse que la zone d'étude,
- les terres agricoles situées à l'ouest de la zone de projet qui descendent vers Remoulins et le Gardon.



Localisation de l'injection des apports amont et des conditions de sortie

## 6.2. CALAGE

En l'absence de mesures sur la zone d'étude, le calage du modèle repose sur une estimation fine sur le terrain des paramètres de rugosité.

Différents coefficients de Manning ont donc été retenus en fonction de l'occupation des sols.

Type de sol	Coefficient de Manning
Route et autoroute	0.02
Vignes et herbes rases	0.05
Végétation dense	0.08
Bâtiment	1

### 6.3. RESULTATS

☞ *Planches 3 à 5 : Hauteurs de submersion, vitesses d'écoulement, aléa inondation - Occurrence 10 ans, 100 ans et évènement de 2002 - Situation actuelle*

☞ *Planches 6.0 et 6.1 : Axes d'écoulement et débits sur la zone de projet et en amont - Occurrence 10 ans, 100 ans et évènement de 2002 - – Situation actuelle*

Les espaces submergés sur le secteur d'étude ont été divisé en 2 zones d'aléa pour les trois épisodes de référence étudiés en respect des préconisations de la DDTM 30 :

Hauteur \ Vitesse	Moyenne $v < 0,5 \text{ m/s}$	Forte $v > 0,5 \text{ m/s}$
	$h > 50 \text{ cm}$	FORT
$h < 50 \text{ cm}$	MODERE	FORT

*Grille d'évaluation de l'aléa – 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 – DDTM 30*

Cette grille d'évaluation de l'aléa pluvial transmise par la DDTM 30 correspond à celle préconisée dans la *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* réalisé en mai 2018 (auteur : CD30, Région Occitanie, DDTM 30). L'analyse ci-après s'appuie sur cette grille d'évaluation.

#### Remarques préalables :

*Le logiciel HEC-RAS dispose d'une interface capable de visualiser (illustrations ci-après) et d'établir et exporter des cartographies des emprises inondées, des hauteurs et des vitesses d'écoulement. Cette fonctionnalité se fait par agrégation des résultats de chaque maille. Le logiciel établit de manière automatique un lissage en ne surlignant pas les mailles pour lesquelles les hauteurs d'inondation sont très faibles. Pour certaines le débit transité est pourtant non négligeable comme par exemple au droit de points de surverse. Les cartographies émises présentent parfois des discontinuités illogiques. Il s'agit alors juste d'un artefact graphique issu de ce lissage. Les simulations restent justes et ont fait l'objet de vérifications diverses.*

## 6.4. INTERPRETATION DES RESULTATS

☞ *Planches 6.0 et 6.1 : Axes d'écoulement et débits sur la zone de projet et en amont - Occurrence 10 ans, 100 ans et évènement de 2002 - Situation actuelle*

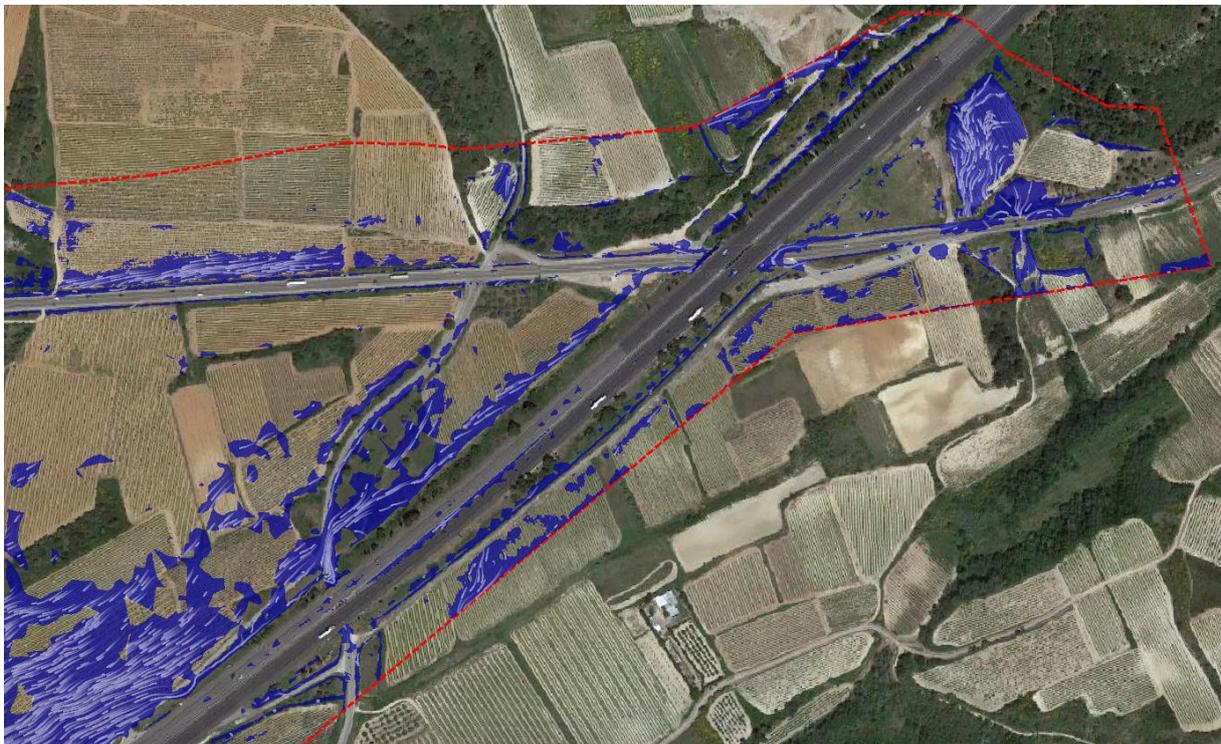
### 6.4.1. Analyse des occurrences rares

La modélisation réalisée montre que l'emprise de la zone inondée lors d'un évènement d'occurrence centennale est légèrement supérieure à celle de l'évènement du 8 et 9 septembre 2002 autour du péage et au droit de la zone de projet. Le fonctionnement hydraulique de la zone modélisée reste globalement similaire pour les deux évènements comme le montre l'interprétation suivante d'amont en aval.

En sortie du vallon de l'autoroute, les débits drainés par l'autoroute se déversent rapidement dans les deux thalwegs de part et d'autre de la plateforme autoroutière :

- dans le vallon de la Monedière au nord pour une majeure partie des apports (4.9 m<sup>3</sup>/s pour 100 ans et 3.6 m<sup>3</sup>/s pour 2002),
- dans le vallon de Coudoulet au sud pour le reste des apports (environ 2.5 m<sup>3</sup>/s pour 100 ans et 2.1 m<sup>3</sup>/s pour 2002). Ces apports empruntent ensuite le franchissement de la RD 6100 en direction de Fournès ou s'écoulent pour une minorité le long de la RD 6100 en direction de l'ouest.

A l'ouest immédiat du pont de l'A9 sur la RD 6100, les eaux écoulées sur la RD 6100 (environ 0.7 m<sup>3</sup>/s pour moins de 5 cm de submersion) se répartissent entre le vallon de la Monedière au nord et les vignes au sud qui s'écoulent le long de l'autoroute en direction du péage.



*Axes d'écoulement sur l'amont de la zone modélisée (la limite est tracée en pointillés rouge)*

Bien avant le péage, ces apports pluviaux descendant le long de l'autoroute et les ruissellements propres aux vignes sont partiellement interceptés par la RD 351 et deux franchissements sous autoroute qui dirigent une partie de ces eaux vers le ruisseau de la Valliguière au sud qui traverse Fournès. Ces débits interceptés sont faibles par rapport aux débits générés par ce "triangle" agricole délimité par l'A9, la RD 6100 et la barrière de péage. Ainsi ce sont de forts débits qui arrivent dans le fossé longeant la limite Est de la barrière de péage (plus de 9 m<sup>3</sup>/s pour 100 ans et plus de 7 m<sup>3</sup>/s pour 2002). Ces apports se font de manière diffuse sur toute la longueur de la plateforme de péage et via quelques axes d'écoulement, notamment le long de l'autoroute et de la RD 6100.

Le fossé Est et l'ouvrage de franchissement de la plateforme de péage sont largement insuffisants pour faire transiter ces apports. Il s'en suit de forts débordements sur la plateforme de péage (7.8 m<sup>3</sup>/s pour 100 ans et 5.8 m<sup>3</sup>/s pour 2002) qui est quasi entièrement submergée.

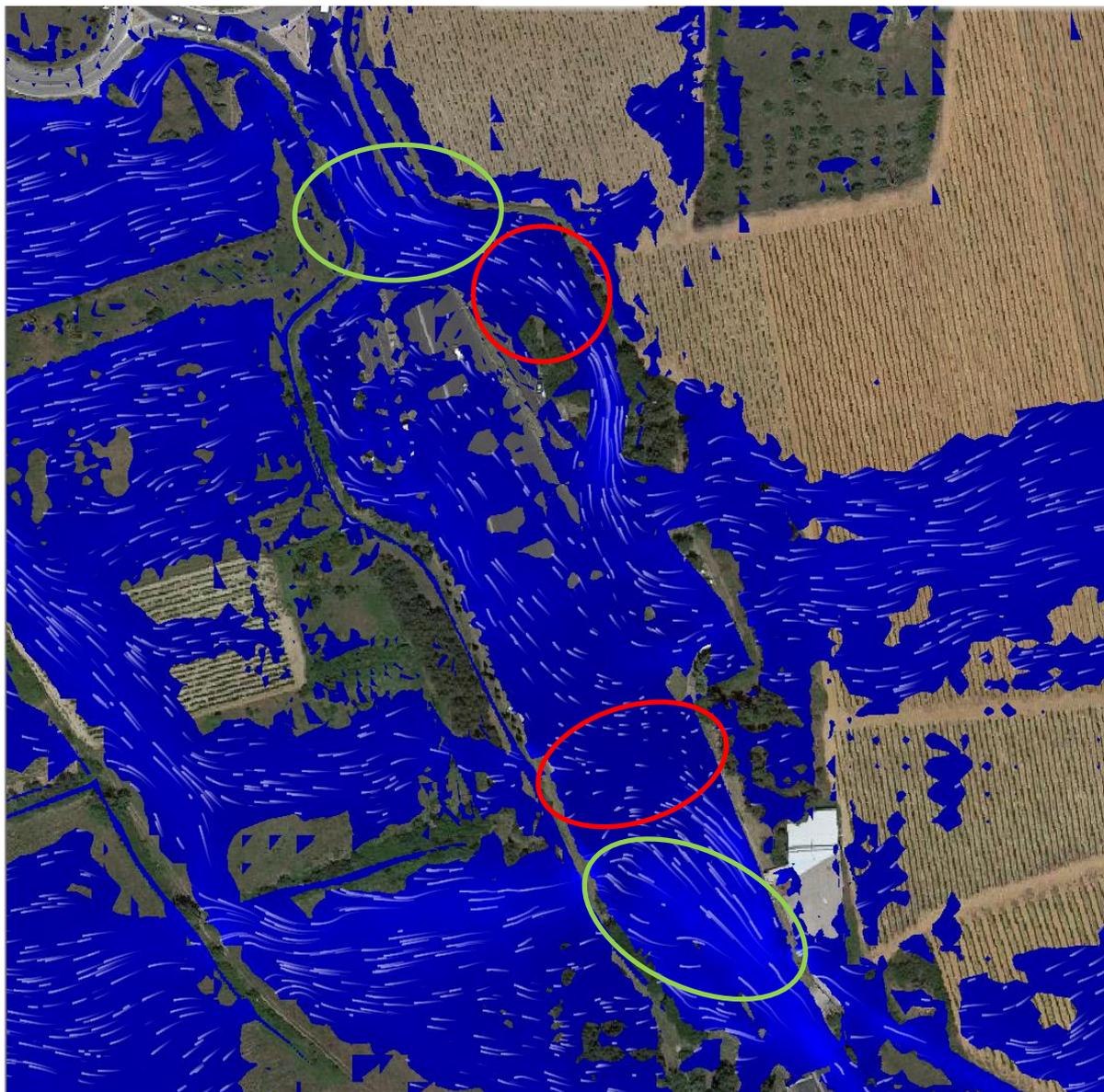
Les eaux surversent de manière diffuse tout le long du péage en direction de l'ouest, et notamment la zone de projet. Les hauteurs d'eau sur la plateforme de péage sont majoritairement inférieures à 0.20 m pour les deux pluies modélisées.

On observe deux zones principales d'accumulation des eaux en amont de la plateforme de péage :

- au sud de la barrière de péage, il y a une zone submergée par 0.20 et 0.50 m d'eau qui correspond à un point bas : les eaux de ruissellement s'accumulent à cet endroit avant de franchir le talus situé à l'ouest de la barrière de péage pour s'écouler en direction de la zone de projet,
- Entre la barrière de péage et le rond-point de la RD 6100, l'eau s'accumule sur la zone de stationnement et de repos de la sortie d'autoroute avec des hauteurs de 0.20 à 0.50 m d'eau. Cette zone correspond à une zone morte comme cela est visible sur l'image ci-dessous.

C'est au droit de ces deux zones précédemment cités que les vitesses d'écoulement seront les plus faibles (inférieures à 0.5 m/s voire 0.2 m/s pour les deux modélisations). On observe en revanche deux axes majeurs au droit desquels les vitesses d'écoulement sont fortes et supérieures à 1 m/s pour les deux modélisations.

Une majeure partie de ces débordements arrive en face de la zone de projet (6.9 m<sup>3</sup>/s pour 100 ans et 5.0 m<sup>3</sup>/s pour 2002).



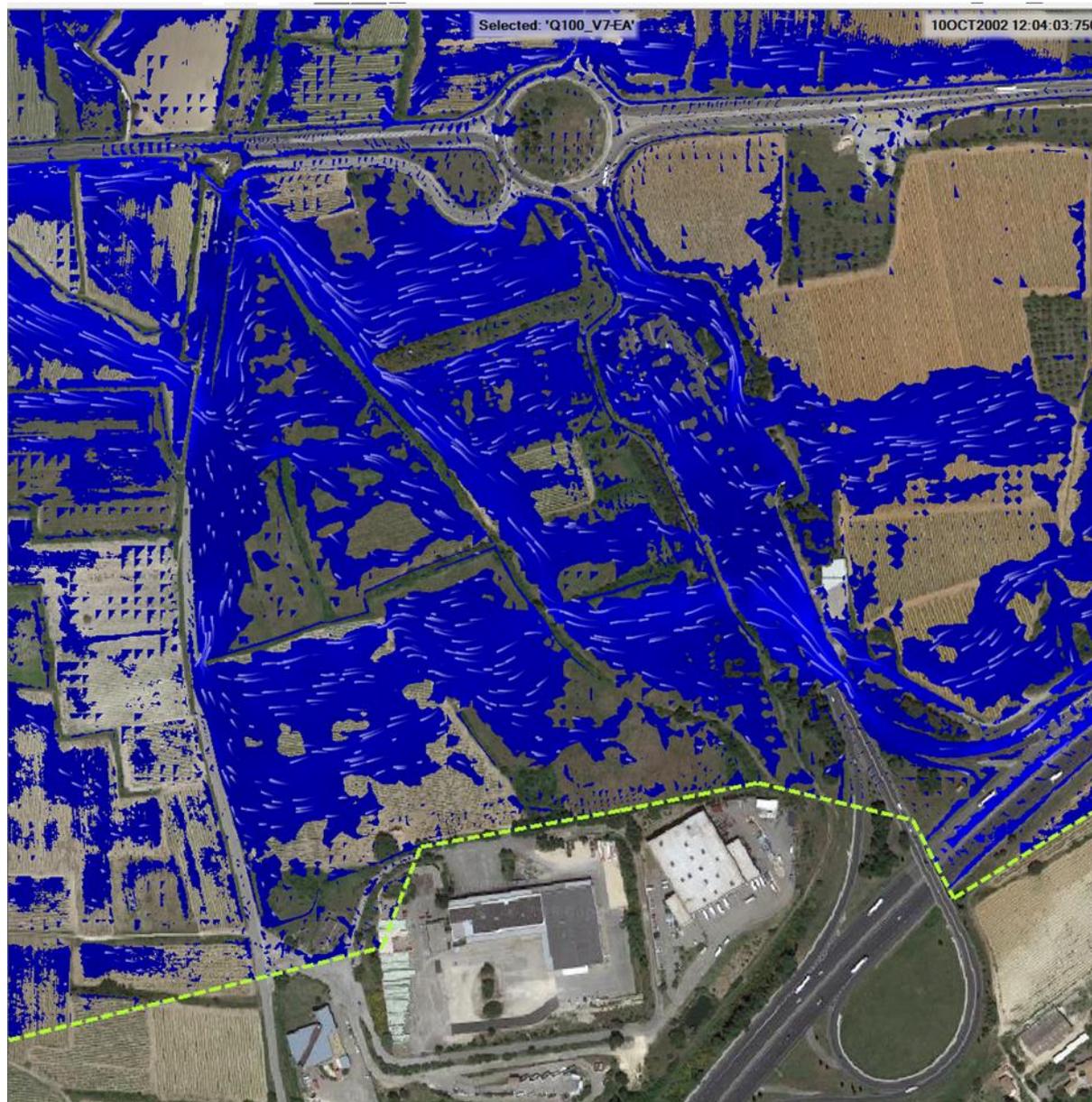
*Axes d'écoulement au niveau de la barrière de péage, les zones entourées en rouge correspondent aux zones où les hauteurs d'eau sont plus importantes (entre 0.20 et 0.5 m) et les zones entourées en vert correspondent aux zones où les vitesses d'écoulement sont élevées (supérieures à 1 m/s)*

Ainsi la zone de projet est fortement inondée pour un évènement d'occurrence centennale ou de type 2002. Ces submersions sont dues à l'impluvium local mais aussi et surtout aux apports pluviaux amont qui surversent par-dessus la plateforme de péage. Ainsi la zone de projet est concernée par les ruissellements d'un bassin versant de superficie supérieure à 20 ha.

Les hauteurs d'eau restent relativement faibles sur la zone de projet et sont majoritairement inférieures à 0.20 m pour les deux évènements pluvieux du fait de ruissellements principalement en nappe. Ces ruissellements en nappe au travers la zone de projet se font majoritairement d'Est en ouest en direction de la RD 192. Les vitesses d'écoulement associées sont inférieures à 0.5 m/s. Au milieu de ces écoulements en nappe, on observe également un axe principal d'écoulement qui prend naissance face à un point de surverse principal sur la plateforme de péage puis qui suit le chemin surélevé de la Berette qui traverse la zone de projet du sud-est au nord-ouest. Les hauteurs d'eau restent faibles le

long de cet axe (majoritairement inférieures à 0.2 m) mais les vitesses sont comprises entre 0.5 et 1 m/s générant un aléa principalement fort. Quelques espaces le long du chemin de la Bérette présentent des hauteurs d'eau comprises entre 0.2 et 0.5 m et des vitesses fortes représentant un aléa fort.

Les écoulements longeant le chemin de la Bérette poursuivent leur cheminement vers le nord-ouest à l'extérieur de la zone de projet (4.0 m<sup>3</sup>/s pour 100 ans et 3.2 m<sup>3</sup>/s pour 2002) ou surversent par-dessus ce chemin à la fois de manière concentrée sur deux points bas et de manière diffuse tout le long du chemin.



Axes d'écoulement sur la zone de projet (la limite de la zone modélisée est tracée en pointillés jaune)

Ces débits surversés sur le chemin de la Berette (6.7 m<sup>3</sup>/s pour 100 ans, 4.1 m<sup>3</sup>/s pour 2002) poursuivent leur écoulement à travers la zone de projet en direction de la RD 192. Celle-ci est légèrement en surplomb de l'aval de la zone de projet. Ainsi le remblai routier guide les écoulements vers le nord en direction de l'ouvrage de franchissement présent sous la RD.

On observe un espace en contrebas de la RD 192 sur lequel l'accumulation d'eau est plus importante (jusqu'à plus de 1 m d'eau). Cette zone correspond au point bas du fossé qui longe la RD 192. Elle est située face à la surverse principale qui a lieu par-dessus la RD 192 en cas d'insuffisance du franchissement de taille modeste.

Cette surverse concentrée concerne un débit de 6.7 m<sup>3</sup>/s pour 100 ans et 4.1 m<sup>3</sup>/s pour 2002.

Toutes les eaux surversées s'éparpillent ensuite sur les terrains à l'ouest et continuent de s'écouler en direction de Remoulins et du Gardon.

Au sud de la zone de projet, les espaces bâtis ne ruissellent pas vers la zone de projet car ils présentent des pentes orientées vers l'ouest ou le sud, à l'opposé de la zone de projet.

Au nord la RD 6100 constitue bien une frontière hydraulique avec des ruissellements nord qui s'écoulent vers le nord et l'ouest sans toucher la zone de projet.

Il en est de même pour les espaces agricoles situés entre la zone de projet et la RD 6100 dont l'impluvium local et les eaux transitant par la conduite Ø1000 mm sous la plateforme de péage s'écoulent vers l'ouest. Ces eaux surversent ensuite dans le virage de la RD 192 (3.9 m<sup>3</sup>/s pour 100 ans et 3.3 m<sup>3</sup>/s pour 2002).

**En conclusion, la zone de projet de 12.9 ha est inondable en cas d'évènement pluvieux d'occurrence centennale ou de type 2002. Elle reçoit les apports directs d'un sous-bassin versant amont de 2.8 ha et les apports indirects de la plateforme de péage submergée et des espaces agricoles amont à l'Est de cette plateforme. Ces apports indirects sont générés par des sous-bassins versants dont l'emprise est comprise entre 28 ha et 35 ha environ.**

La zone de projet est principalement concernée par un aléa inondation modéré avec des hauteurs d'eau faibles (< 0.2 m) et des vitesses d'écoulement modérées (0.2 m/s < v < 0.5 m/s). L'axe d'écoulement principal descendant depuis le péage et suivant le chemin de la Berette est concerné par un aléa inondation fort avec des hauteurs d'eau faibles (< 0.2 m) et des vitesses d'écoulement fortes (0.5 m/s < v < 1 m/s).

Quelques lentilles le long de cet axe d'écoulement et la zone d'accumulation des eaux à l'ouest contre la RD 192 sont quant à elles concernées par un aléa inondation fort.

#### **6.4.2. Analyse de l'occurrence décennale**

En sortie du vallon de l'autoroute, les débits drainés par l'autoroute se déversent rapidement dans les deux thalwegs de part et d'autre de la plateforme autoroutière déjà identifiés dans le chapitre précédemment.

A l'ouest immédiat du pont de l'A9 sur la RD 6100, les eaux écoulées sur la RD 6100 correspondent surtout aux ruissellements propres à la voirie et rejoignent principalement le vallon de la Monédière au nord. Une petite partie de l'ordre de 0.1 m<sup>3</sup>/s rejoint les vignes au sud qui s'écoulent le long de l'autoroute en direction du péage.

Les débits qui arrivent dans le fossé longeant la limite Est de la barrière de péage sont de l'ordre de 3 m<sup>3</sup>/s. Ces apports se font de manière diffuse sur toute la longueur de la

plateforme de péage et via quelques axes d'écoulement, notamment le long de l'autoroute et de la RD 6100.

Le fossé Est et l'ouvrage de franchissement de la plateforme de péage sont insuffisants pour faire transiter ces apports. Il s'en suit de forts débordements sur la plateforme de péage (2.4 m<sup>3</sup>/s) qui est quasi entièrement submergée.

Les eaux surversent de manière diffuse tout le long du péage en direction de l'ouest, et notamment la zone de projet. Les hauteurs d'eau sur la plateforme de péage sont majoritairement inférieures à 0.20 m pour les deux pluies modélisées. Seules les deux zones principales d'accumulation des eaux identifiées précédemment ont des hauteurs d'eau comprises entre 0.2 et 0.5 m.

Comme pour les occurrences rares, on observe deux axes majeurs au droit desquels les vitesses d'écoulement sont plus fortes et comprises entre 0.5 et 1 m/s pour l'occurrence décennale. Une majeure partie de ces débordements arrive en face de la zone de projet (2.3 m<sup>3</sup>/s).

Ainsi la zone de projet est inondée pour un évènement d'occurrence décennale mais avec de faibles hauteurs d'eau. Ces ruissellements en nappe au travers la zone de projet se font majoritairement d'Est en ouest en direction de la RD 192. Les vitesses d'écoulement associées sont inférieures à 0.5 m/s. Au milieu de ces écoulements en nappe, on observe toujours un axe principal d'écoulement qui prend naissance face à un point de surverse principal sur la plateforme de péage puis qui suit le chemin surélevé de la Berette qui traverse la zone de projet du sud-est au nord-ouest. Les hauteurs d'eau restent faibles le long de cet axe (majoritairement inférieures à 0.2 m) mais les vitesses sont comprises entre 0.5 et 1 m/s générant un aléa principalement fort.

Les écoulements longeant le chemin de la Bérette poursuivent principalement leur cheminement vers le nord-ouest à l'extérieur de la zone de projet ou surversent par-dessus

Ces débits surversés sur le chemin de la Berette poursuivent leur écoulement à travers la zone de projet en direction de la RD 192. Celle-ci est légèrement en surplomb de l'aval de la zone de projet. Ainsi le remblai routier guide les écoulements vers le nord en direction de l'ouvrage de franchissement présent sous la RD.

On retrouve le point d'accumulation des eaux observé pour les occurrences rares dans l'espace en contrebas de la RD 192 (jusqu'à plus de 1 m d'eau). La surverse concentrée sur la RD concerne un débit de 0.8 m<sup>3</sup>/s pour 10 ans.

Toutes les eaux surversées s'éparpillent ensuite sur les terrains à l'ouest et continuent de s'écouler en direction de Remoulins et du Gardon.

Au sud de la zone de projet, les espaces bâtis ne ruissellent pas vers la zone de projet car ils présentent des pentes orientées vers l'ouest ou le sud, à l'opposé de la zone de projet.

Au nord la RD 6100 constitue bien une frontière hydraulique avec des ruissellements nord qui s'écoulent vers le nord et l'ouest sans toucher la zone de projet.

Il en est de même pour les espaces agricoles situés entre la zone de projet et la RD 6100 dont l'impluvium local et les eaux transitant par la conduite Ø1000 mm sous la plateforme de péage s'écoulent vers l'ouest. Ces eaux surversent ensuite dans le virage de la RD 192 (2.2 m<sup>3</sup>/s pour 10 ans).

## 7. REGLEMENTATION

Une note de cadrage rédigée en mai 2018 par la région Occitanie, le Conseil départemental du Gard et la DDTM 30, définit les grandes règles d'urbanisme à suivre sur les zones soumises à un aléa inondation par ruissellement pluvial en fonction des enjeux et de l'aléa inondation pour un événement pluvieux d'occurrence centennal. Ces règles sont reprises dans le tableau 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

Or les simulations placent la future plateforme logistique, située sur un secteur non urbanisé, en aléa inondation allant de modéré à fort. Aussi, conformément au tableau ci-dessous, son installation sur ce secteur en l'état n'est donc pas autorisée.

Afin de permettre son implantation, il convient de réaliser des aménagements hydrauliques afin d'exonder ces terrains pour l'occurrence centennale et un événement type septembre 2002. Ces aménagements doivent être réalisés dans le respect du **Code Civil** et du **Code de l'Environnement** (non aggravation du risque inondation à l'aval,..).

La zone de projet présente une superficie de 12.9 ha environ et reçoit en plus les apports pluviaux directs et indirects de terrains amont présentant une surface supérieure à 30 ha. La zone de projet et le bassin versant amont intercepté représentent donc une surface supérieure à 20 hectares.

Par défaut la réalisation de ce projet d'aménagement est donc **soumise à autorisation** au titre des articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'Environnement selon la **rubrique 2.1.5.0** (\*) du tableau de la Nomenclature.

**\*Rubrique 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).

Par ailleurs il convient également de considérer l'emprise cumulée du ou des bassins de rétention prévu en compensation de l'imperméabilisation des sols du projet et de

l'exondement du site. En effet, conformément aux dispositions de la Police de l'Eau de l'Hérault, ce projet est soumis à déclaration au titre des articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'Environnement selon la **rubrique 3.2.3.0** du tableau de la Nomenclature.

**Rubrique 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).*

**Le projet doit également respecter les principes du SDAGE Rhône-Méditerranée, du SAGE des Gardons dont la commune est adhérente ainsi que des documents d'urbanisme communaux en vigueur.**

## 8. AMENAGEMENT DU PROJET

### 8.1. PRESENTATION DU PROJET

Le projet prévoit le nivellement de la plateforme de projet à une côte variant principalement entre 48.5 m NGF et 49.0 m NGF. Ce nivellement implique un rehaussement allant jusqu'à 4 m des terrains à l'ouest de la zone de projet le long de la RD 192 et un abaissement jusqu'à 3 m des terrains à l'Est de la zone de projet.

Le projet intègre l'aménagement de bassins de compensation à l'imperméabilisation des sols dimensionnés selon les règles définies par la Police de l'Eau du Gard. Ces ouvrages n'ont pas vocation à protéger le site d'aménagement des ruissellements amont.



Plan de masse du pré-PC de la plateforme logistique (20/09/2018) – source : A.26 Architectures

## 8.2. MESURES D'EXONDEMENT DU SITE ET MESURES COMPENSATOIRES ASSOCIEES

### Planche 7 : Aménagements hydrauliques

Suite au diagnostic réalisé précédemment, il convient donc de trouver des solutions d'aménagement permettant d'exonder le site. Compte tenu des éléments du diagnostic, il est prévu :

- de créer un fossé de déviation des eaux le long de la limite Est du projet. Ce fossé collectera les ruissellements amont pour leur faire contourner le site et sera dimensionné pour l'occurrence centennale. Il présentera ainsi une capacité minimale de 5.6 m<sup>3</sup>/s et sera également suffisant pour l'évènement de 2002, soit une capacité de 5.6 m<sup>3</sup> minimum. Il pourra s'apparenter à un canal béton de dimensions 2.25 x 1.0 m (largeur x hauteur) et de pente minimale 0.005 m/m ou section et pente offrant une capacité équivalente.

Par ailleurs ce fossé longera le mur de soutènement de la plateforme logistique. Ce mur présentera un rebord rehaussé par rapport à la berge du fossé, garantissant ainsi une protection supplémentaire de la plateforme logistique.

- de créer un bassin de rétention au nord de la voie d'accès à la plateforme logistique dans la continuité du fossé afin de stocker temporairement les eaux déviées avant de les rejeter à l'aval après écrêtement des pointes de débit. Son objectif est de compenser l'augmentation des débits générée par la canalisation des eaux provenant de l'amont du site. Cet ouvrage doit également permettre de maintenir la répartition actuelle des eaux caractérisée par des écoulements au nord le long du chemin de la Bérette et une surverse concentrée sur la RD 192 prolongée par deux axes d'écoulement principaux dans les vignes à l'ouest.

Ainsi ce bassin est dimensionné aussi bien pour l'occurrence centennale que pour une pluie de type 2002 et présente un volume de rétention de 7 500 m<sup>3</sup>. Ce volume est actuellement prévu sur une surface d'environ 4 200 m<sup>2</sup> avec un bord Est en déblai et un bord ouest en remblai d'une hauteur utile de 2.5 m et en plus une hauteur de surverse de 0.1 m. Le fond de bassin est placé à la cote 48 m NGF et surverse à partir de la cote 50.5 m NGF. Il s'agit de cotes indicatives susceptibles d'évoluer. Le volume de rétention et le débit de fuite seront constants.

Le bassin est équipé en amont d'un ouvrage de répartition des eaux qui permet de maintenir les écoulements longeant actuellement le chemin de la Bérette tout en déversant le surplus dans le bassin de rétention avant restitution à l'ouest vers la RD 192. Cet ouvrage placé dans la continuité du fossé de déviation consiste en une chambre maçonnée aérienne équipée de deux déversoirs d'orage :

- un premier de capacité 2.3 m<sup>3</sup>/s dirigé vers le nord et prolongé par un fossé trapézoïdal enherbé de capacité identique (3.1 x 1.8 x 0.6 m) qui se rejette sur le terrain naturel aval au nord du bassin. Le déversoir présentera par exemple une largeur de 2.5 m de large pour une hauteur de surverse de 0.7 m ou dimensions équivalentes,
- un second de capacité 3.35 m<sup>3</sup>/s dirigé vers le bassin de rétention à l'ouest. Cet ouvrage présentera par exemple une largeur de 7 m pour une hauteur de surverse de 0.45 m ou dimensions équivalentes.

Les deux ouvrages surversent simultanément ce qui signifie qu'ils doivent disposer chacun de leur hauteur de surverse pour un même niveau d'eau. Dans le dimensionnement présenté précédemment, le déversoir nord est donc placé 25 cm plus bas que le déversoir ouest (52.35 m NGF contre 52.6 m NGF par exemple). Un orifice de vidange de diamètre 150 mm dirigé vers le bassin sera mis en place en fond de chambre pour vidanger le volume mort.

Le fond et les berges du fossé en aval du déversoir nord seront protégés pour éviter tout afouillement du sol et le bord de bassin de rétention adjacent sera légèrement réhaussé pour éviter tout retour de ces écoulements nord vers le bassin de rétention.

Quant au bassin, son talus en aval du déversoir le long duquel descendent les écoulements sera réalisé en paroi maçonnée ou protégé par des enrochements liaisonnés et une fosse de dissipation d'énergie sera créée en pied de talus. Le haut de talus nord du bassin de rétention sera surélevé par rapport au terrain naturel pour éviter des entrées d'eau des écoulements nord.

Le bassin sera équipé en sortie d'un dispositif de vidange de capacité 1.7 m<sup>3</sup>/s à hauteur avant surverse. Cela s'apparentera à deux orifices de diamètre 510 mm ou section équivalente placés en fond d'ouvrage à la cote 48.0 m NGF. Il sera surmonté 2.5 m plus haut d'une surverse de 10 cm de haut et 14 m de large de capacité 0.6 m<sup>3</sup>/s suffisante pour évacuer le surplus d'eau d'un événement d'occurrence centennale (0.55 m<sup>3</sup>/s). Les eaux vidangées et surversées sont collectées ensuite par un cadre béton permettant le transit des débits sortant du bassin de rétention. Il aura une capacité de 2.35 m<sup>3</sup>/s suffisante pour l'occurrence centennale ou type 2002. Il présentera une section minimale de 1.1 x 0.75 m (largeur x hauteur) de pente minimale 0.025 m/m ou section et pente équivalente. Il traversera la voie d'accès à la plateforme ainsi que le rond-point de la RD 192 pour se rejeter dans le futur délaissé de la RD 192 formé par la création du rond-point.

- De créer un délaissé afin d'assurer une restitution acceptable des écoulements à l'aval du projet sans augmentation des débits, sans aggravation des vitesses et en assurant la même répartition des eaux. Ce délaissé aura une emprise d'environ 800 m avec une longueur de 100 m environ.

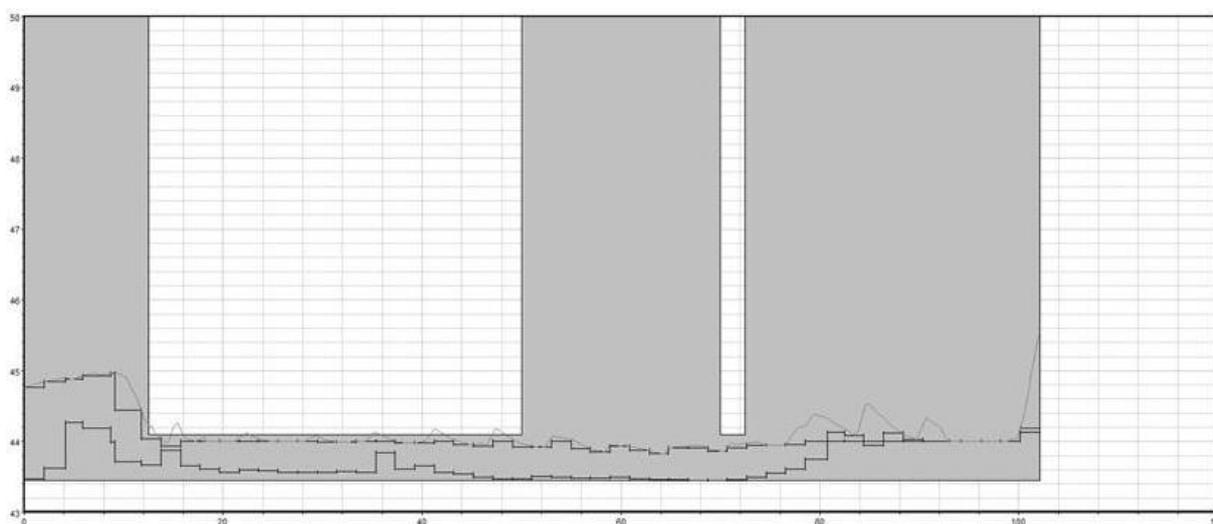
Cette zone de délaissé constitue aujourd'hui le point de surverse principal des écoulements par-dessus la RD 192 comme évoqué dans le diagnostic. Elle recevra également :

- les eaux de vidange et de surverse des bassins de compensation à l'imperméabilisation des sols,
- les eaux de ruissellement des terrains au nord de la voie d'accès à la plateforme logistique entre le bassin et la RD 192 via un ouvrage de franchissement sous la RD 192 situé au nord d

A cet endroit la RD 192 est actuellement à la cote 44.7 m NGF environ, soit 1 m environ en surplomb des vignes aval dans lesquelles surversent les eaux. Le délaissé sera abaissé à la cote 44.0 m NGF et sera ainsi quasiment à hauteur des vignes. Il sera délimité à l'ouest et au nord par une crête de surverse qui permettra de répartir les eaux selon les mêmes axes d'écoulement qu'en situation actuelle. Ces bords ouest et sud seront constitués par les talus de soutènement de la RD 192 au droit du rond-point. Les pieds de ces talus seront protégés par des enrochements liaisonnés pour éviter leur sapement. Le haut de ces talus disposera d'un petit merlon ou muret de 0.2 m de haut minimum en surplomb de voirie pour s'assurer de l'absence de retour des écoulements nord.

L'ouvrage de répartition en limite ouest s'apparentera à un muret jouant le rôle de déversoir. Le muret présentera une hauteur de 70 cm environ (44.7 m NGF) et disposera de deux crêtes de surverse placées à 44.10 m NGF : la première dirigée au sud d'une largeur de 37.5 m et une seconde dirigée au centre de 2.5 m de large. Elles pourront surverser sur une hauteur maximale de 0.15 m compte tenu des débits arrivants. Elles seront positionnées dans l'axe des axes d'écoulement actuels visualisables sur les cartes d'inondation présentées en annexe. Le muret construit jusqu'à la cote 44.7 m NGF sera conçu de manière à résister à la potentielle hauteur d'eau maximale de 0.5 m dans le délaissé.

Une échancrure de 10 cm de large sera créée au droit de la seconde surverse pour vidanger le délaissé. Le délaissé permettra de ralentir la vitesse des écoulements arrivant. De même la chute d'environ 40 cm à l'aval de la surverse sera moins impactante que les écoulements actuels dévalant le talus de la RD en surplomb des vignes. La ligne de surverse présentera le profil suivant :



Les eaux s'évacueront ensuite par le fossé existant en aval ou en cas d'insuffisance s'étaleront dans les vignes comme en situation actuelle. Les résultats illustrant le fonctionnement de ces mesures sont présentés ci-après.

### 8.3. EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET ET DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES D'ACCOMPAGNEMENT

#### 8.3.1. Méthodologie

Tous ces aménagements ont été modélisés pour évaluer leur impact et s'assurer ainsi :

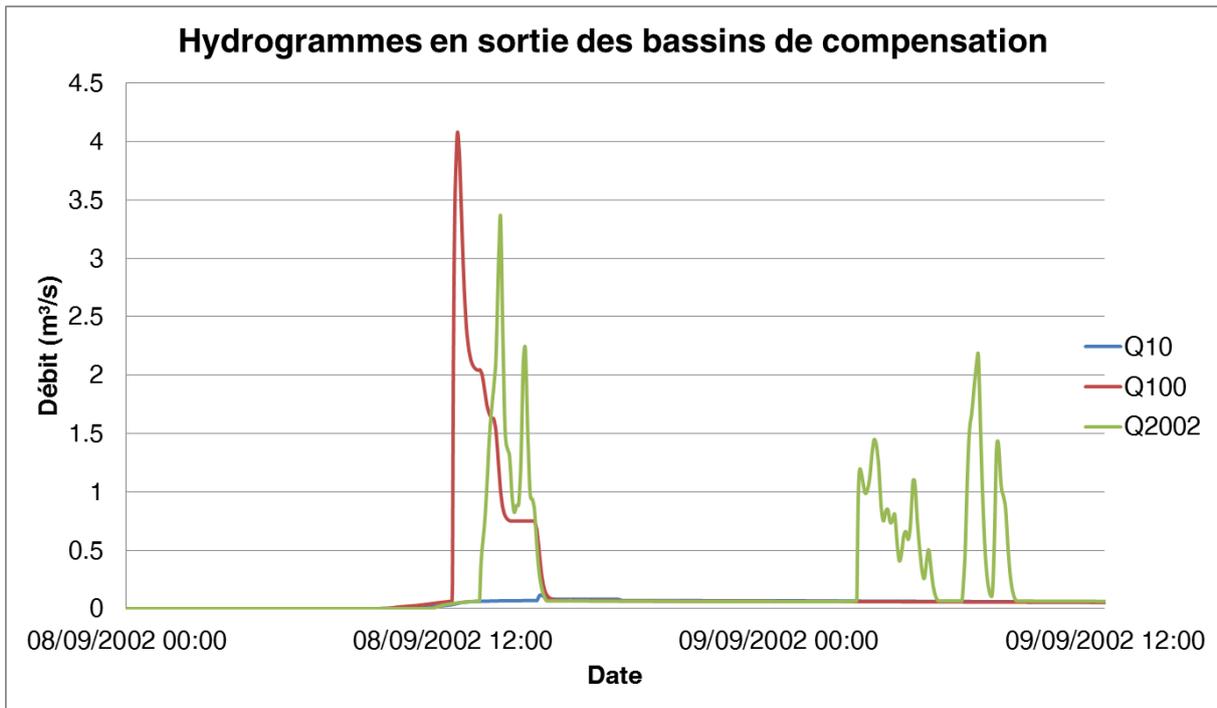
- de l'**exondement du site de projet** et notamment du bâtiment placé 30 cm au-dessus du terrain naturel et/ou projet garantissant sa mise hors d'eau,
- de l'**absence d'impact hydraulique négatif** sur les terrains alentours et aval.

Pour cela le modèle hydraulique développé en situation projet a été repris et modifié en conséquence pour intégrer ces aménagements.

La zone de projet a été exclue de la zone modélisée. En contrepartie les hydrogrammes sortant de la zone de projet au droit des bassins de compensation (vidange et surverse) ont été injectés dans le modèle dans le cadre assurant la connexion hydraulique entre le bassin d'écrêtement et le délaissé de la RD 192.

Ces hydrogrammes ont été obtenus en reprenant les calculs hydrologiques sur le site de projet avec les nouvelles conditions d'imperméabilisation des sols. Ensuite le fonctionnement des bassins de rétention a été modélisé en régime transitoire comme celui d'un bassin unique théorique au volume équivalent avec des pluies de Kieffer 24h maximisante et la pluie de 2002. La modélisation tient compte de la variation du débit de l'orifice de fuite en fonction de la hauteur de remplissage du bassin.

Ces modélisations permettent d'obtenir les hydrogrammes sortant des bassins de rétention tels qu'indiqués sur les graphiques suivants. Ces apports rejoignent ceux sortant du bassin d'écrêtement des apports amont.



### 8.3.2. Résultats

- ☞ Planches 8 à 10 : Hauteurs de submersion, vitesses d'écoulement, aléa inondation - Occurrences 10 ans, 100 ans et évènement de 2002 - Situation projet
- ☞ Planches 11 : Comparaison des emprises inondées en situations actuelle et projet - Occurrences 10 ans, 100 ans et évènement de 2002

Comme en situation actuelle, les espaces submergés sur le secteur d'étude ont été divisé en 2 zones d'aléa pour les trois épisodes de référence étudiés en respect des préconisations de la DDTM 30 :

Hauteur \ Vitesse	Vitesse	
	Moyenne $v < 0,5 \text{ m/s}$	Forte $v > 0,5 \text{ m/s}$
$h > 50 \text{ cm}$	FORT	FORT
$h < 50 \text{ cm}$	MODERE	FORT

Grille d'évaluation de l'aléa – 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 – DDTM 30

Cette grille d'évaluation de l'aléa pluvial transmise par la DDTM 30 correspond à celle préconisée dans la *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* réalisé en mai 2018 (auteur : CD30, Région Occitanie, DDTM 30). L'analyse ci-après s'appuie sur cette grille d'évaluation.

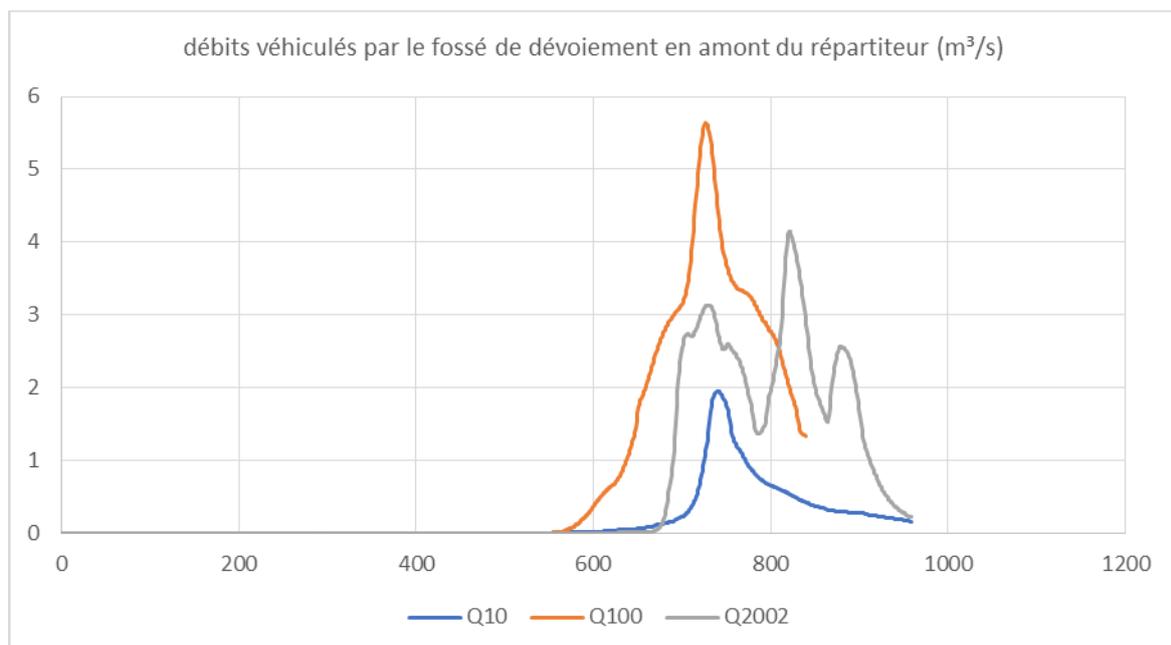
#### Remarques préalables :

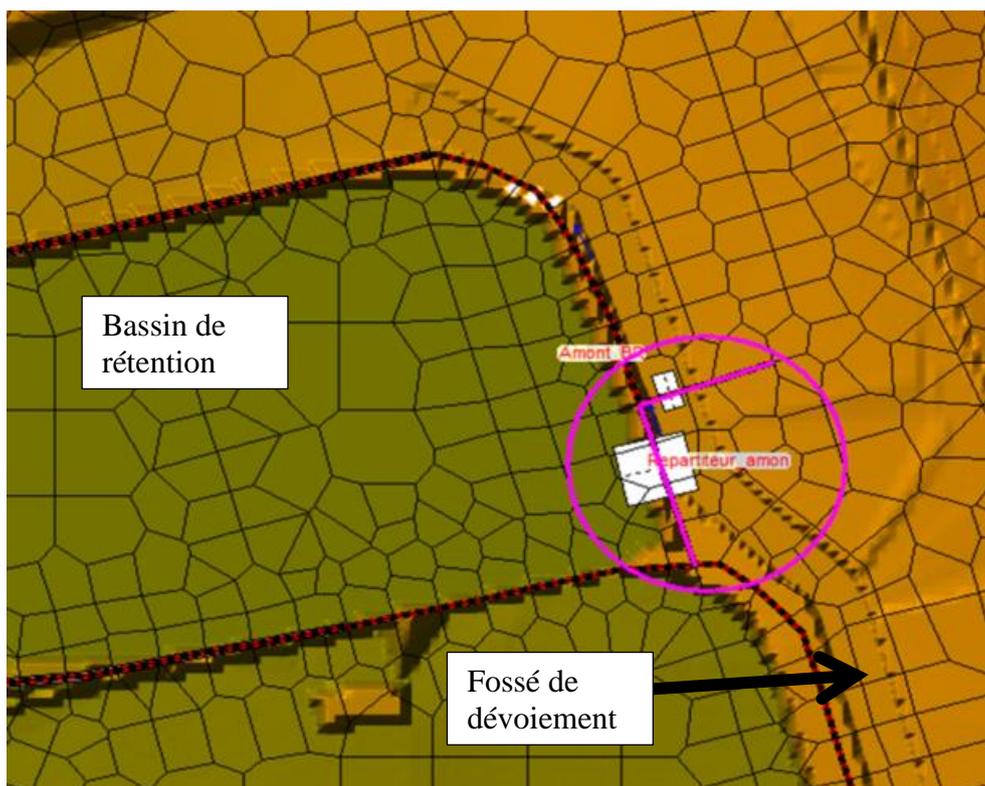
Le logiciel HEC-RAS dispose d'une interface capable de visualiser (illustrations ci-après) et d'établir et exporter des cartographies des emprises inondées, des hauteurs et des vitesses d'écoulement. Cette fonctionnalité se fait par agrégation des résultats de chaque maille. Le logiciel établit de manière automatique un lissage en ne surlignant pas les mailles pour lesquelles les hauteurs d'inondation sont très faibles. Pour certaines le débit transité est pourtant non négligeable comme par exemple au droit de points de surverse. Les cartographies émises présentent parfois des discontinuités illogiques. Il s'agit alors juste d'un artefact graphique issu de ce lissage. Les simulations restent justes et ont fait l'objet de vérifications diverses.

### 8.3.3. Analyse des résultats

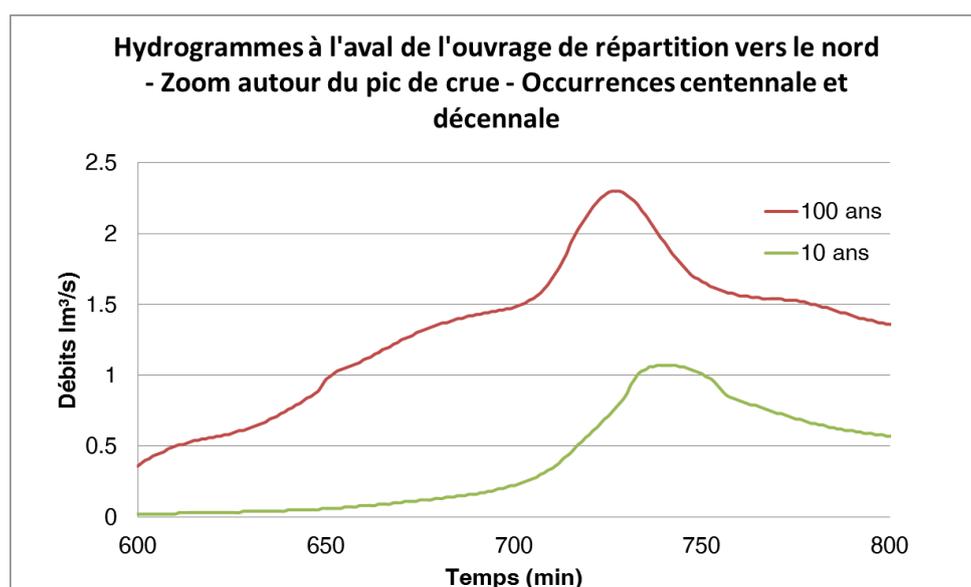
Les résultats montrent qu le fossé de dévoiement joue pleinement son rôle pour toutes les crues étudiées et assure l'exondement de la zone de projet sans faire obstacle aux écoulement comme le montre les cartes d'aléas en situation projet. La situation hydraulique à l'amont de la zone de projet est donc inchangée.

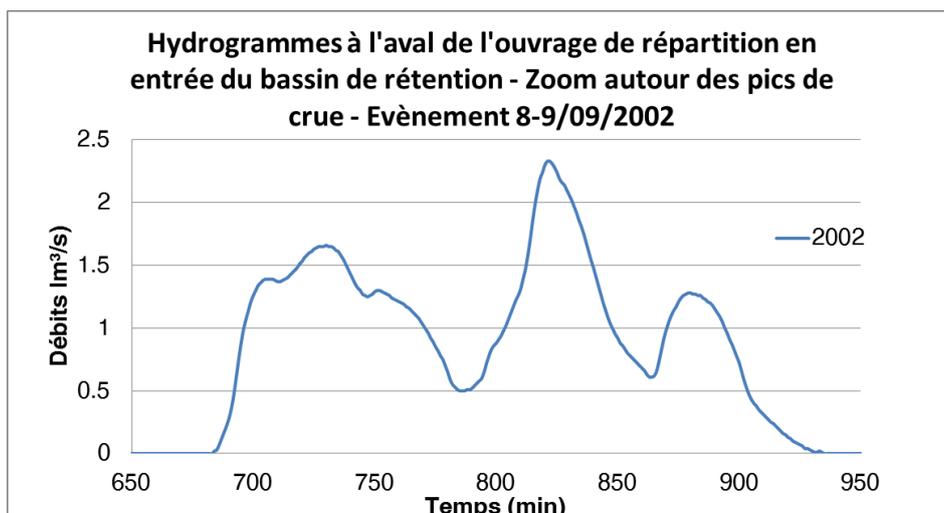
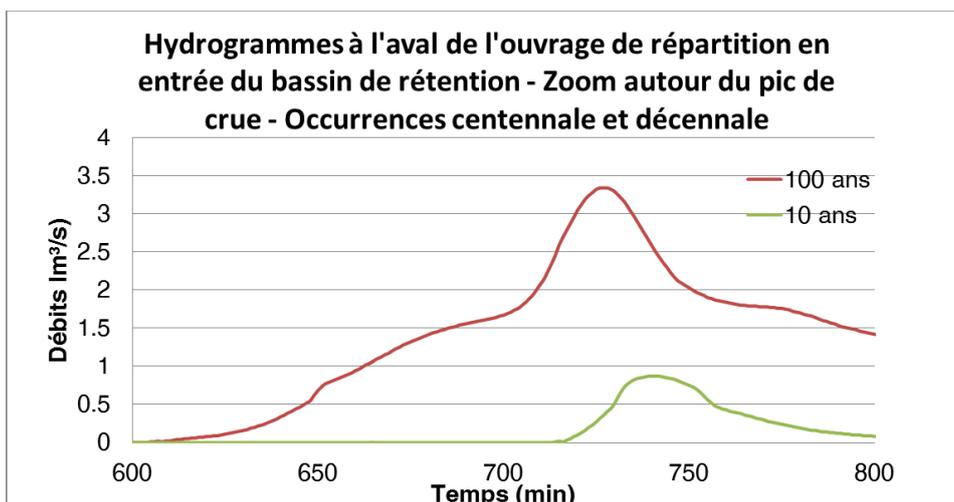
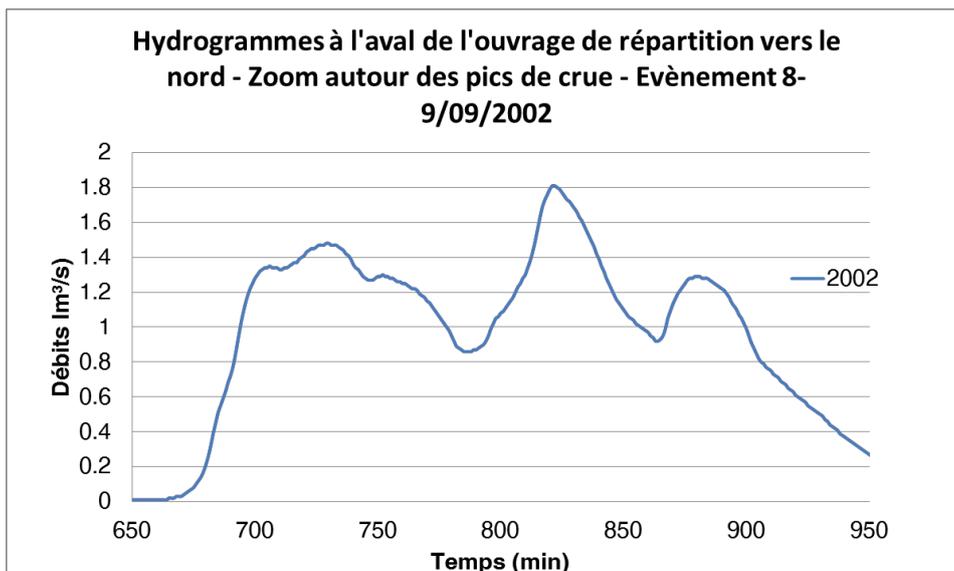
Les débits interceptés par le fossé et arrivant dans l'ouvrage de répartition en amont du bassin de rétention sont de 5.5 m<sup>3</sup>/s pour l'occurrence centennale, 4.0 m<sup>3</sup>/s pour 2002 et environ 2.0 m<sup>3</sup>/s pour l'occurrence décennale.





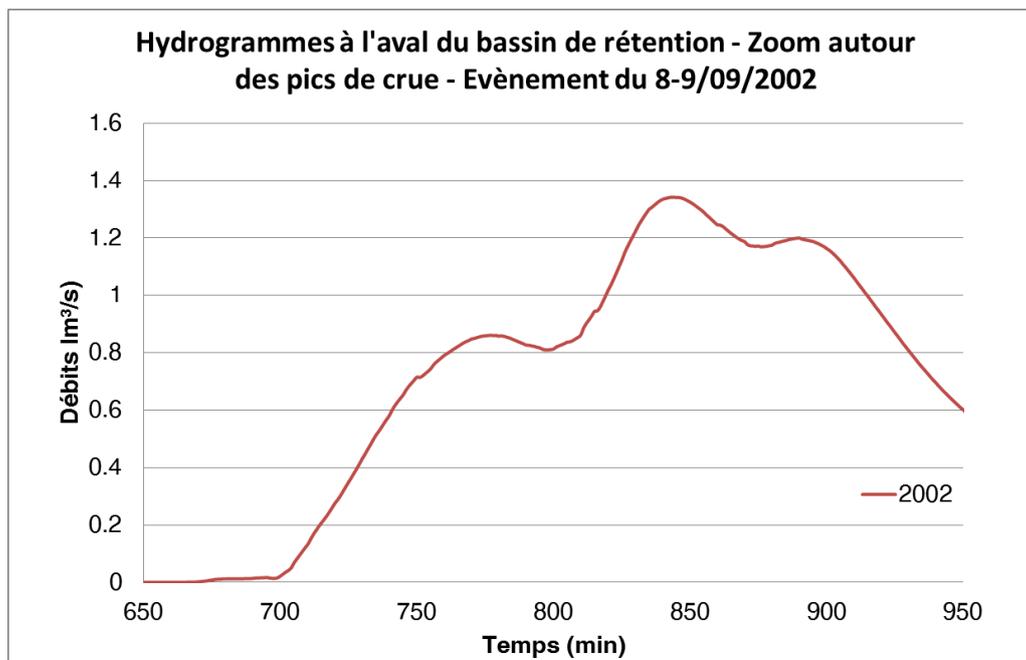
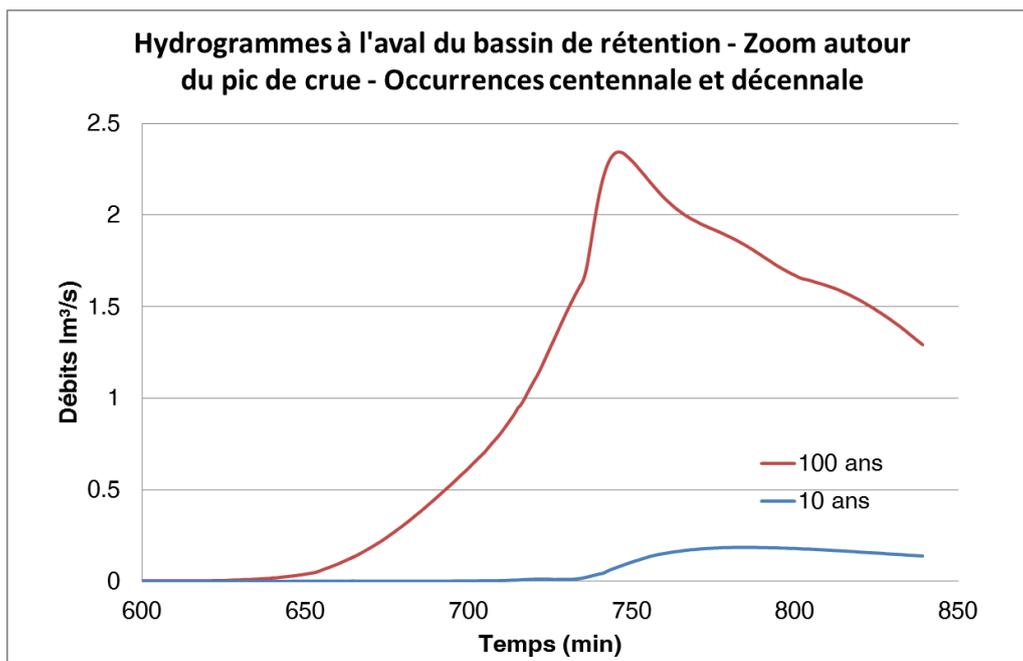
En amont du bassin de rétention, la répartition des débits est calibrée pour maintenir au plus juste possible la répartition actuelle des eaux. Les débits entrant dans le bassin de rétention sont de 3.3 m<sup>3</sup>/s pour l'occurrence centennale, 2.3 m<sup>3</sup>/s pour 2002 et environ 0.9 m<sup>3</sup>/s pour l'occurrence décennale.





Le bassin de rétention assure alors un écrêtement des débits avant restitution à l'aval :

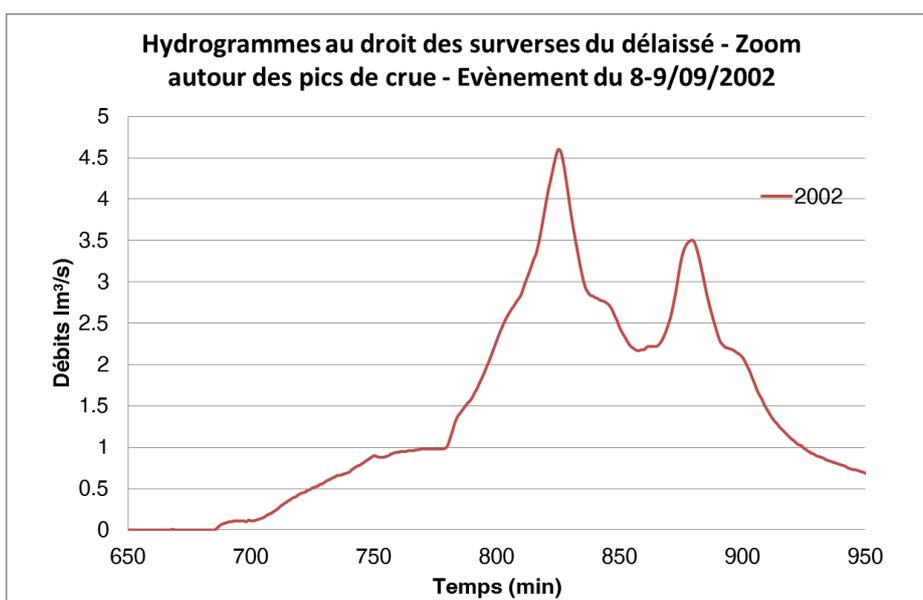
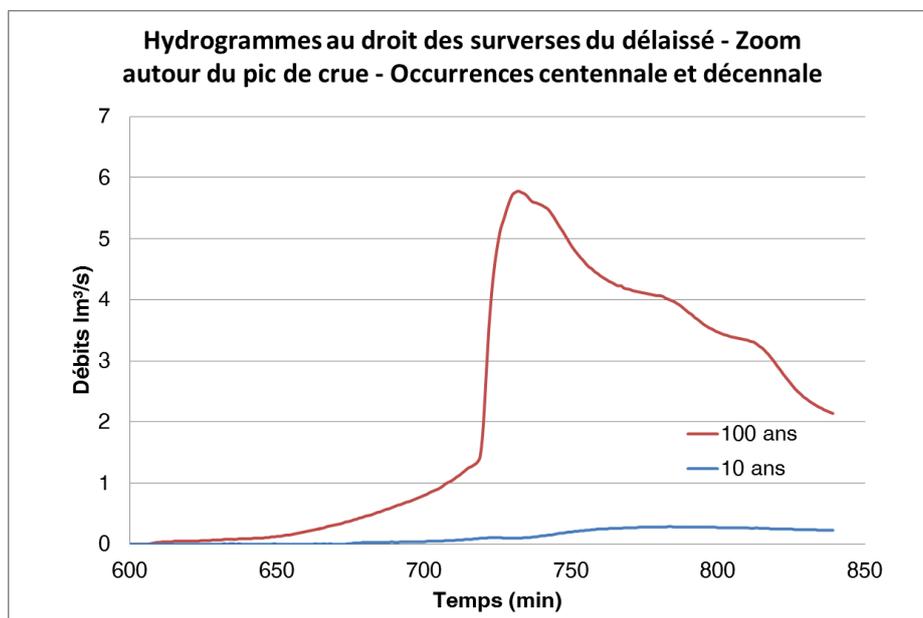
- de 30 % environ pour l'occurrence centennale avec un débit de pointe passant de 3.3 m<sup>3</sup>/s en entrée à 2.3 m<sup>3</sup>/s en sortie (-1 m<sup>3</sup>/s),
- de 45 % environ pour la pluie de 2002 avec un débit de pointe passant de 2.3 m<sup>3</sup>/s en entrée à 1.3 m<sup>3</sup>/s en sortie (-1 m<sup>3</sup>/s),
- de 80 % environ pour l'occurrence décennale avec un débit de pointe passant de 0.9 m<sup>3</sup>/s en entrée à 0.19 m<sup>3</sup>/s en sortie (-0.71 m<sup>3</sup>/s).



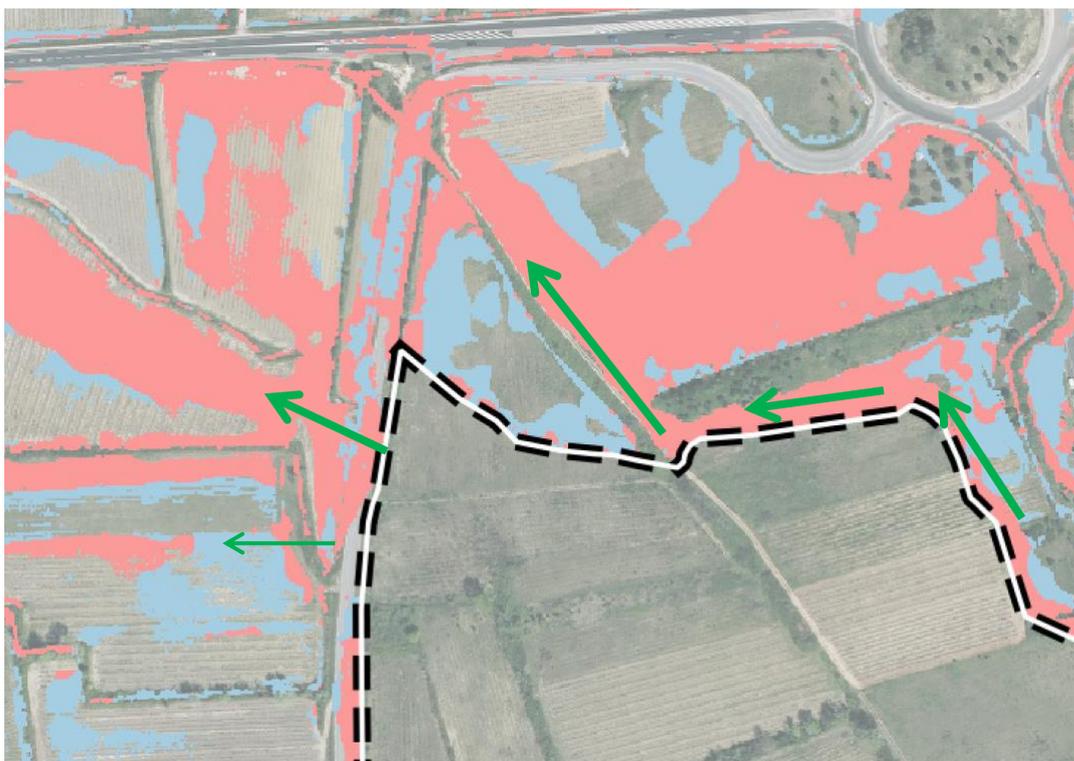
Afin d'assurer cet écrêtement, le bassin présente des taux de remplissage de 20 % environ pour l'occurrence décennale et 90 % environ pour la pluie 2002. Pour l'occurrence

centennale le bassin est rempli et sature avec un débit surversé maximal de 0.55 m<sup>3</sup>/s sur une hauteur de surverse de 0.08 m.

Les débits évacués depuis le délaissé provenant du bassin d'écrêtement et des bassins de compensation sont les suivants :

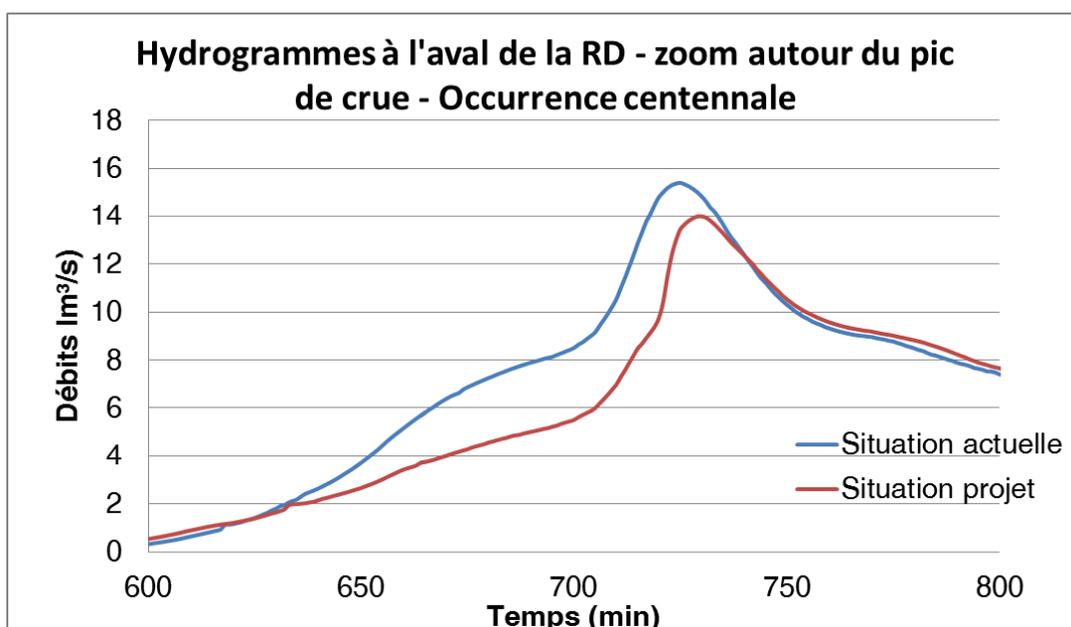


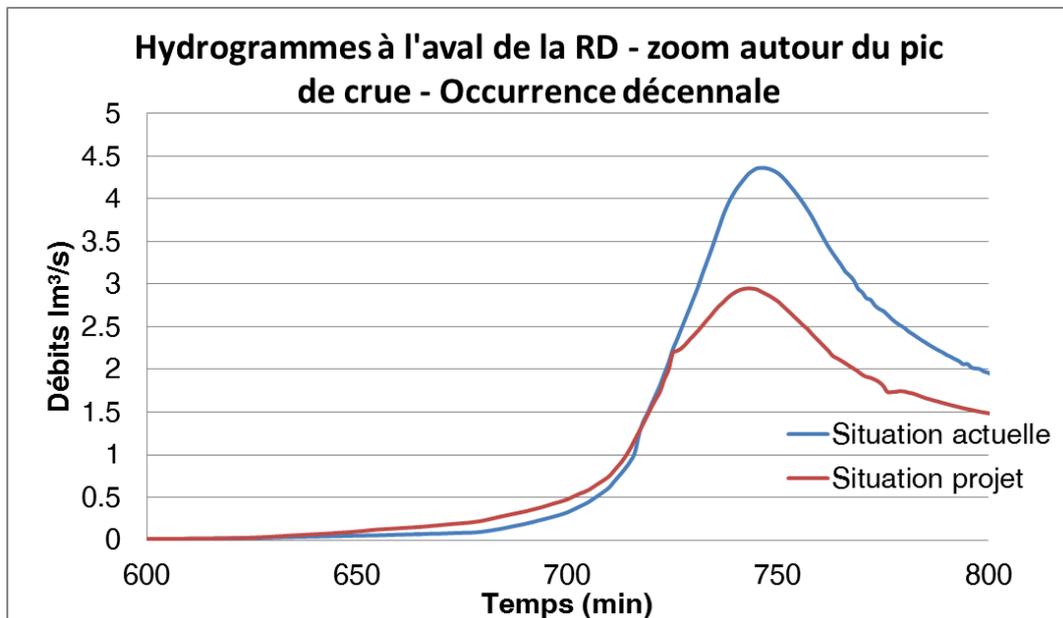
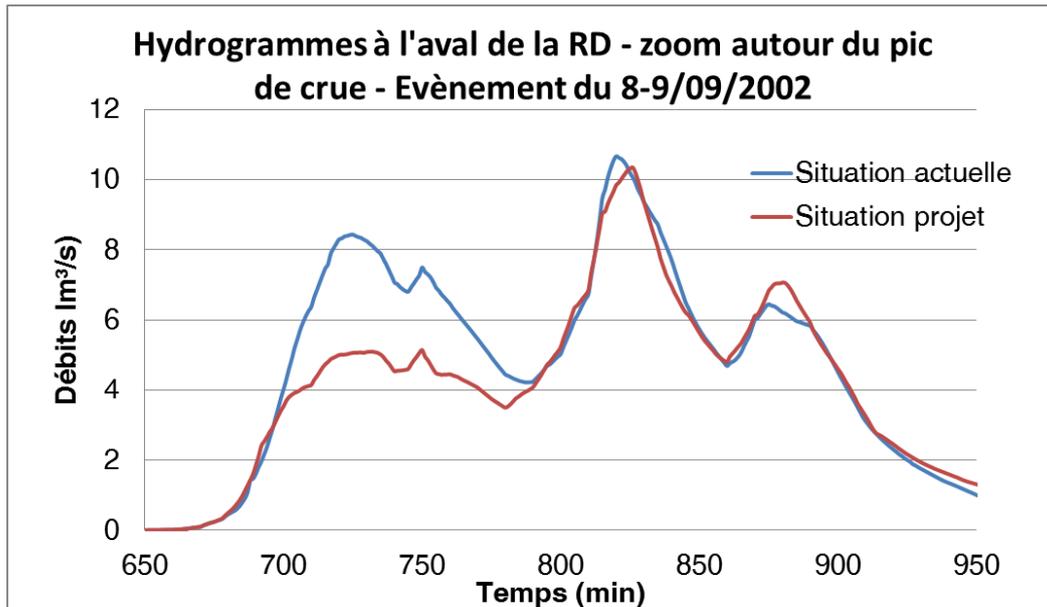
Comme le montre les cartes d'aléa, l'ouvrage de répartition en amont du bassin de rétention permet de maintenir les écoulements selon l'axe principal nord le long du chemin de la Bérette et les crêtes déversantes du délaissé maintiennent les axes d'écoulement dans les vignes à l'ouest.



Localisation des principaux axes d'écoulement maintenus (flèches vertes)

En termes de débits, les illustrations suivantes superposent les hydrogrammes actuels et projets de tous les écoulements en aval de la RD 192 depuis le sud du projet jusqu'à la RD 6100.





Globalement la situation hydraulique aval est améliorée du fait de l'écrêtement assuré par le bassin de rétention mis en place, ainsi que l'impact des bassins de compensation internes à l'opération.

On observe à l'échelle du thalweg :

- une réduction de 9 % environ du débit de pointe pour l'occurrence centennale qui passe de  $15.4 \text{ m}^3/\text{s}$  en situation actuelle à  $14.0 \text{ m}^3/\text{s}$  en situation projet.
- une réduction de 2 % environ du débit de pointe pour l'évènement de 2002 qui passe de  $10.7 \text{ m}^3/\text{s}$  en situation actuelle à  $10.4 \text{ m}^3/\text{s}$  en situation projet. Cet évènement particulier présente trois pics intenses dont le second est le plus fort ( $10.7 \text{ m}^3/\text{s}$  en situation actuelle, devant le premier pic arrivant 1h40 plus tôt ( $8.4 \text{ m}^3/\text{s}$  en situation actuelle) puis du troisième ( $6.45 \text{ m}^3/\text{s}$  en situation actuelle).

A noter que pour cet évènement particulier les aménagements hydrauliques du projet permettent également un fort écrêtement du premier pic de crue (40 %) et une

modeste augmentation du dernier pic de crue (9 %). Cette augmentation du troisième pic uniquement n'est pas générée par la saturation du bassin de rétention amont car le débit de pointe de ce troisième pic est de 1.27 m<sup>3</sup>/s en entrée de bassin et de 1.2 m<sup>3</sup>/s en sortie.

Cette augmentation du troisième pic est provoquée par le remplissage et la saturation des bassins de compensation du projet dimensionnés selon les règles en vigueur mais qui génèrent un apport plus conséquent pour ce troisième pic d'un évènement exceptionnel.

Cette augmentation est à relativiser par le fait qu'elle concerne le troisième pic qui est moins important que les deux premiers. Cela ne se traduira pas par une augmentation de l'emprise ou de l'aléa inondation maximal aval. De plus il s'agit du troisième pic de crue ce qui ne génère pas non plus d'aggravation du risque lié à la mise en sécurité des biens et des personnes en début d'épisode.

A l'échelle de cet évènement global de 2002, l'impact hydrologique du projet reste positif avec un écrêtement des débits de pointe des deux premiers et principaux pics de crue. Le fort écrêtement du premier pic offre un temps supplémentaire de mise en sécurité des enjeux atteints au-delà d'un certain débit.

- une réduction de 30 % environ du débit de pointe pour l'occurrence décennale qui passe de 4.35 m<sup>3</sup>/s en situation actuelle à 2.95 m<sup>3</sup>/s en situation projet.

#### 8.4. CONCLUSION

La conception du projet et de ses mesures hydrauliques accompagnatrices permettent d'assurer comme l'illustrent les résultats précédents :

- **l'exondement du site de projet** et notamment du bâtiment placé 30 cm au-dessus du terrain naturel et/ou projet garantissant sa mise hors d'eau,
- de **l'absence d'impact hydraulique négatif** sur les terrains alentours et aval avec le maintien voire la réduction des débits actuels ainsi que le maintien autant que possible de leur répartition entre les axes d'écoulements principaux et secondaires au nord et à l'ouest.

Dressé à Laverune le 29 octobre 2018.

**ANNEXE 1 : PLANCHES GRAPHIQUES**

- P1.0 Localisation géographique de la zone de projet**
- P2.0 Fonctionnement hydraulique de la zone issu des observations de terrain**
  - P2.1 Sous-bassins versants**
- P3.0 Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux d'occurrence 100 ans – Situation actuelle**
  - P3.1 Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux de type septembre 2002 – Situation actuelle**
  - P3.2 Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux d'occurrence 10 ans – Situation actuelle**
- P4.0 Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux d'occurrence 100 ans – Situation actuelle**
  - P4.1 Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux de type septembre 2002 – Situation actuelle**
  - P4.2 Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux d'occurrence 10 ans – Situation actuelle**
- P5.0 Aléa inondation pour un évènement pluvieux d'occurrence 100 ans – Situation actuelle**
  - P5.1 Aléa inondation pour un évènement pluvieux de type septembre 2002 – Situation actuelle**
  - P5.2 Aléa inondation pour un évènement pluvieux d'occurrence 10 ans – Situation actuelle**
- P6.0 Axes d'écoulement et débits sur la zone de projet et au droit du péage – Situation actuelle**
  - P6.1 Axes d'écoulement et débits sur la partie amont de la zone d'étude – Situation actuelle**
- P7.0 Aménagements hydrauliques prévus**
- P8.0 Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux d'occurrence 100 ans – Situation projet**
  - P8.1 Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux de type septembre 2002 – Situation projet**

**P8.2 Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux d'occurrence 10 ans – Situation projet**

**P9.0 Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux d'occurrence 100 ans – Situation projet**

**P9.1 Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux de type septembre 2002 – Situation projet**

**P9.2 Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux d'occurrence 10 ans – Situation projet**

**P10.0 Aléa inondation pour un évènement pluvieux d'occurrence 100 ans – Situation projet**

**P10.1 Aléa inondation pour un évènement pluvieux de type septembre 2002 – Situation projet**

**P10.2 Aléa inondation pour un évènement pluvieux d'occurrence 10 ans – Situation projet**

**P11.0 Comparaison des emprises inondées en situations actuelle et projet pour un évènement pluvieux d'occurrence 100 ans**

**P11.1 Comparaison des emprises inondées en situations actuelle et projet pour un évènement pluvieux de type septembre 2002**

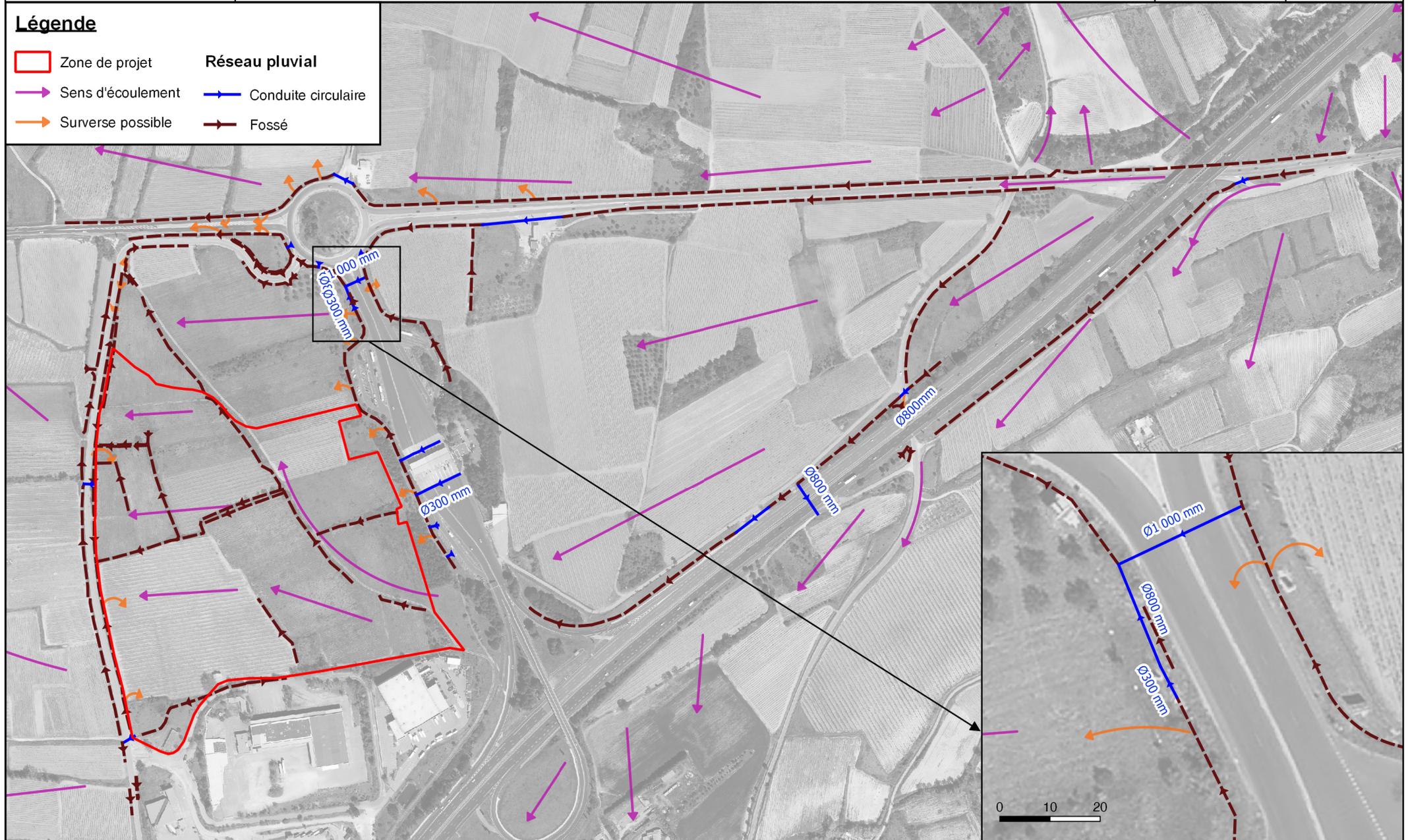
**P11.2 Comparaison des emprises inondées en situations actuelle et projet pour un évènement pluvieux d'occurrence 10 ans**



# Fonctionnement hydraulique issu des observations de terrain

## Légende

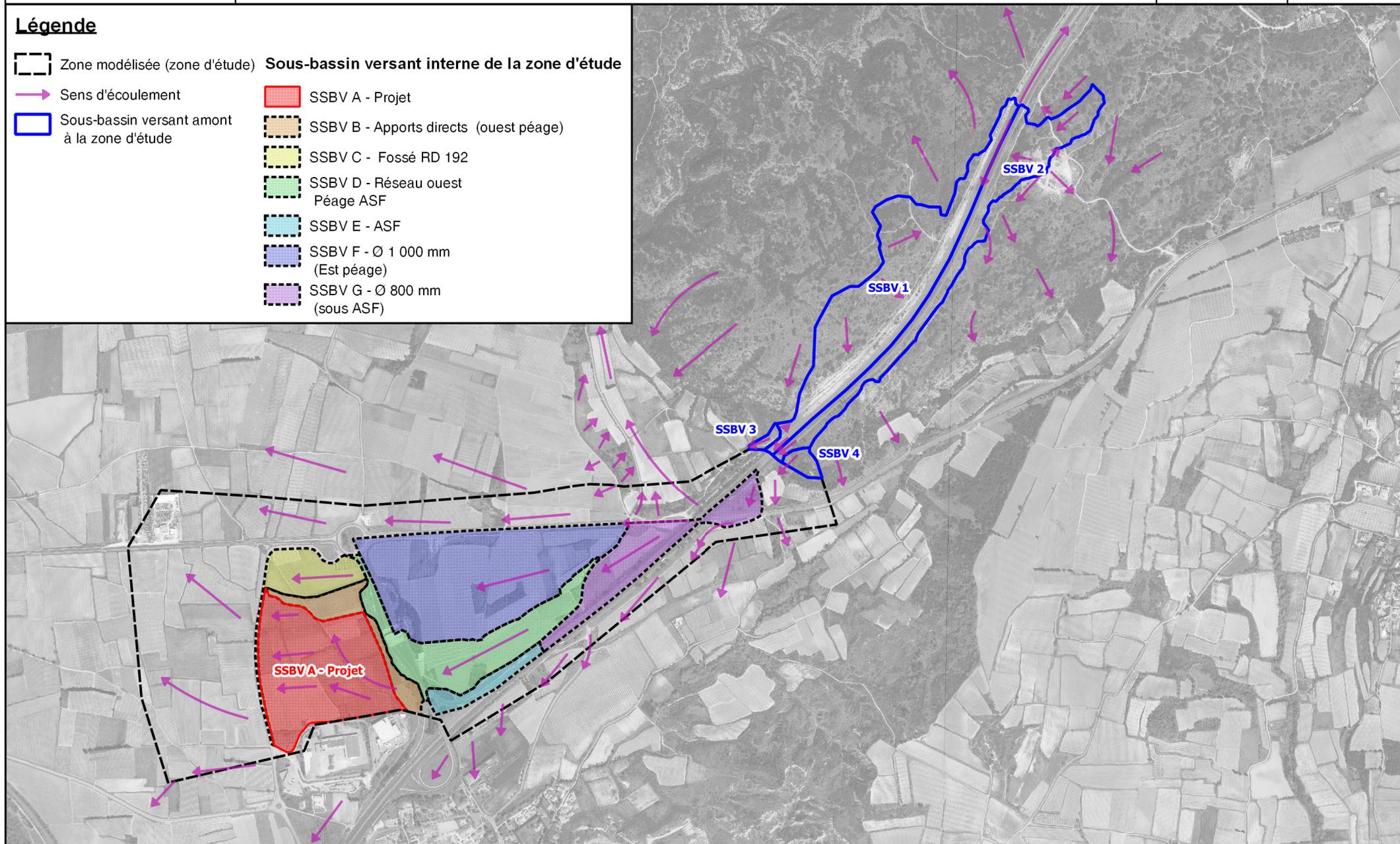
- |                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Zone de projet    | <b>Réseau pluvial</b> |
| Sens d'écoulement | Conduite circulaire   |
| Surverse possible | Fossé                 |



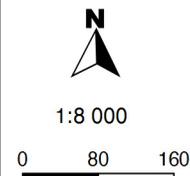
# Sous-bassins versants

## Légende

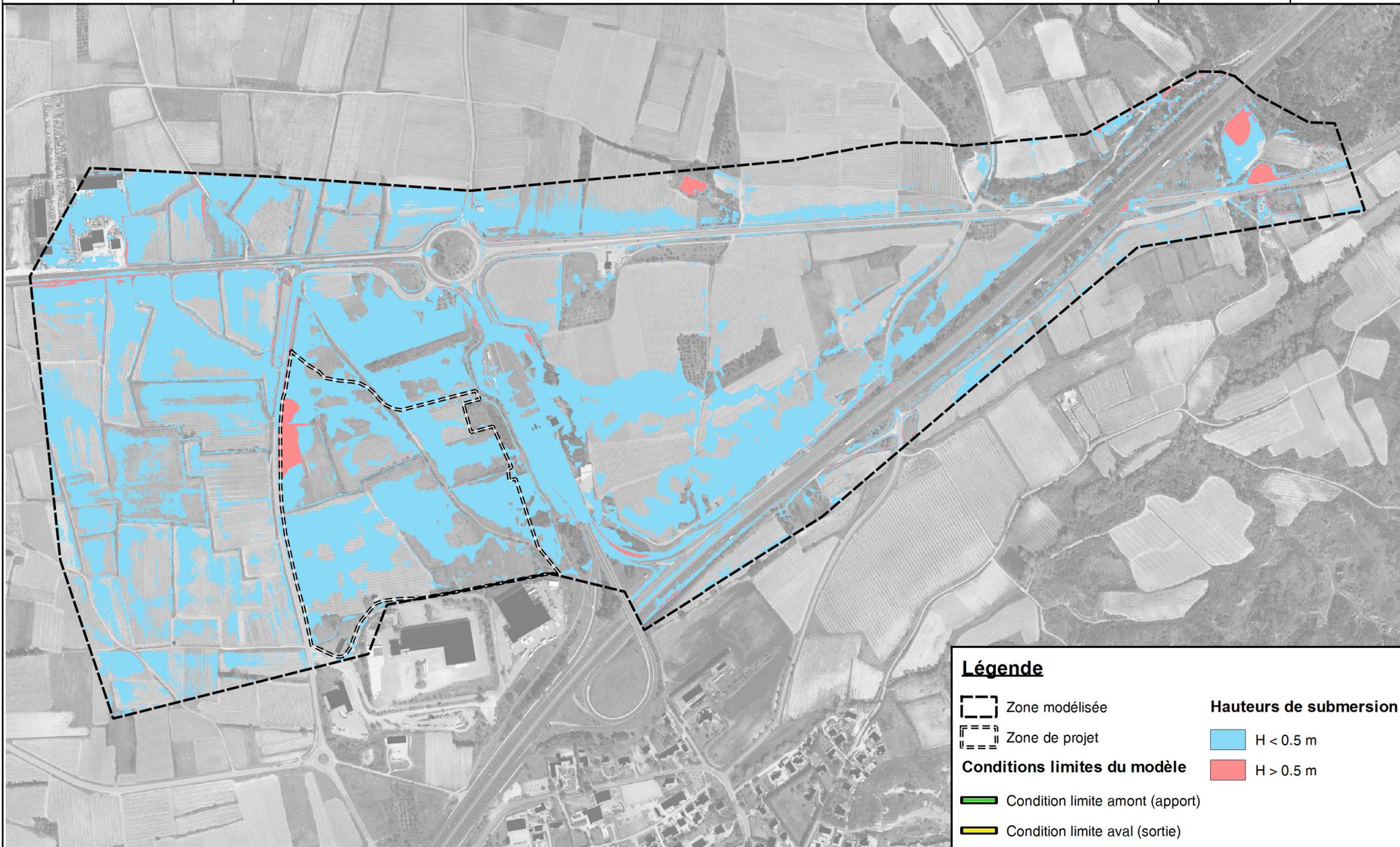
- Zone modélisée (zone d'étude)
  - Sens d'écoulement
  - Sous-bassin versant amont à la zone d'étude
- | Sous-bassin versant interne de la zone d'étude  |  |
|---|--|
| <span style="background-color: red; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>         | SSBV A - Projet                        |
| <span style="background-color: orange; border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>     | SSBV B - Apports directs (ouest péage) |
| <span style="background-color: yellow; border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>     | SSBV C - Fossé RD 192                  |
| <span style="background-color: lightgreen; border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> | SSBV D - Réseau ouest Péage ASF        |
| <span style="background-color: cyan; border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>       | SSBV E - ASF                           |
| <span style="background-color: blue; border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>       | SSBV F - Ø 1 000 mm (Est péage)        |
| <span style="background-color: purple; border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>     | SSBV G - Ø 800 mm (sous ASF)           |



# Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux centennal - Situation actuelle



3.0



## Légende

Zone modélisée

Zone de projet

### Conditions limites du modèle

Condition limite amont (apport)

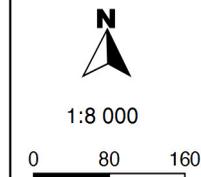
Condition limite aval (sortie)

### Hauteurs de submersion

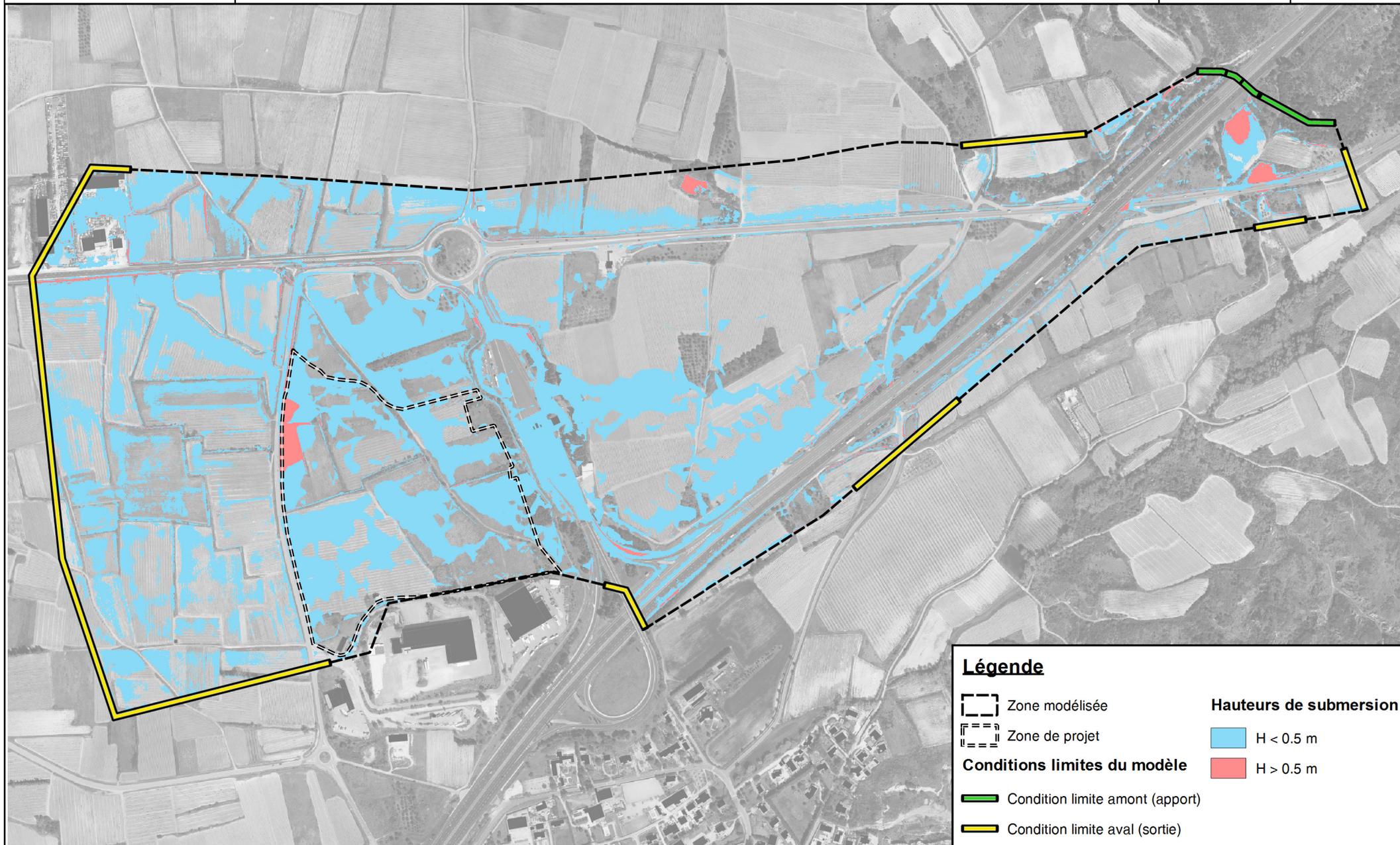
H < 0.5 m

H > 0.5 m

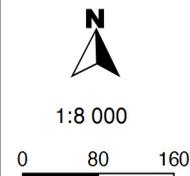
# Hauteurs de submersion pour l'évènement pluvieux du 8 au 9 septembre 2002 - Situation actuelle



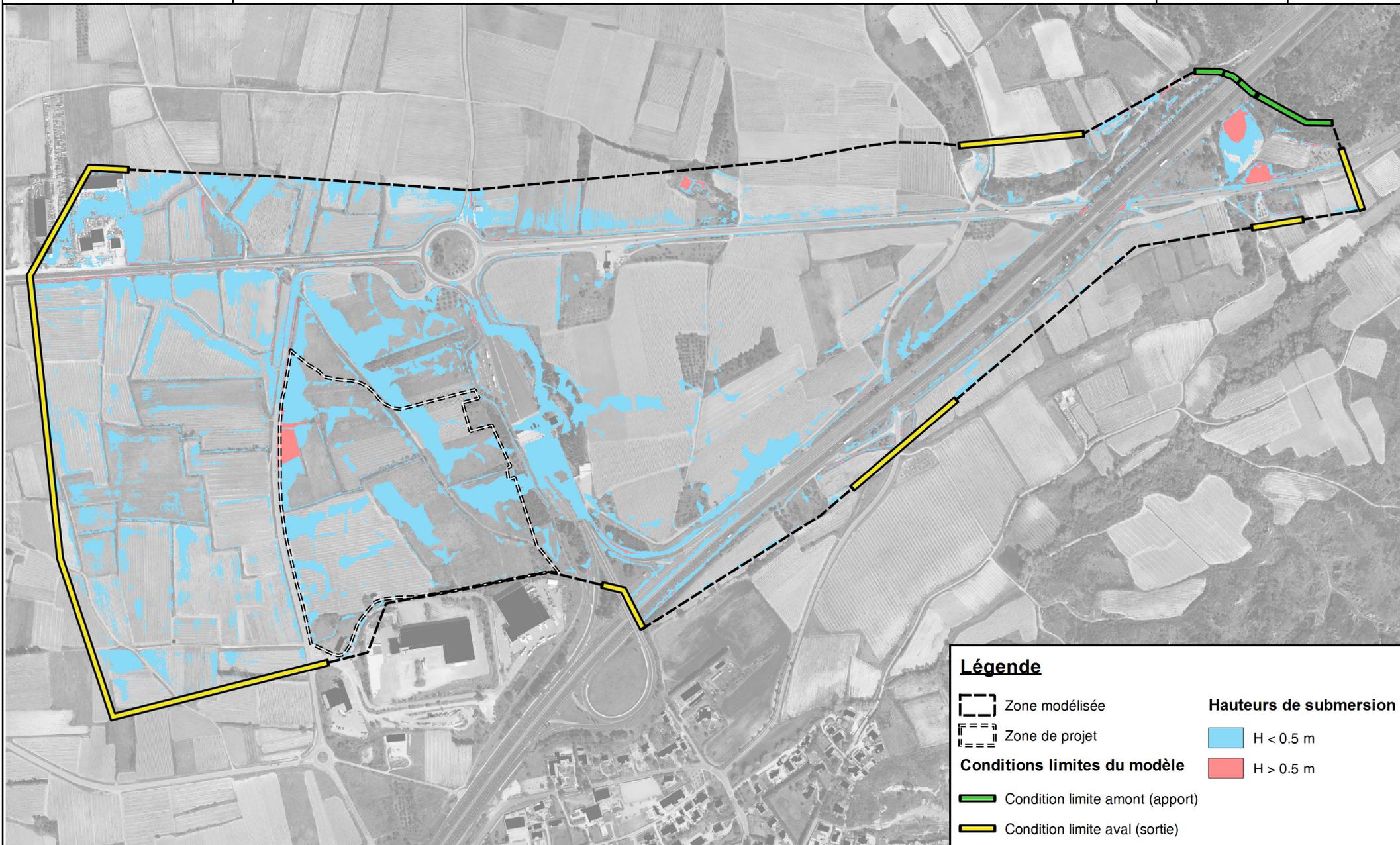
3.1



# Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux décennal - Situation actuelle



3.2



## Légende

Zone modélisée

Zone de projet

**Conditions limites du modèle**

Condition limite amont (apport)

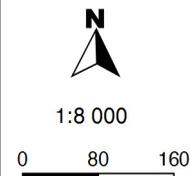
Condition limite aval (sortie)

**Hauteurs de submersion**

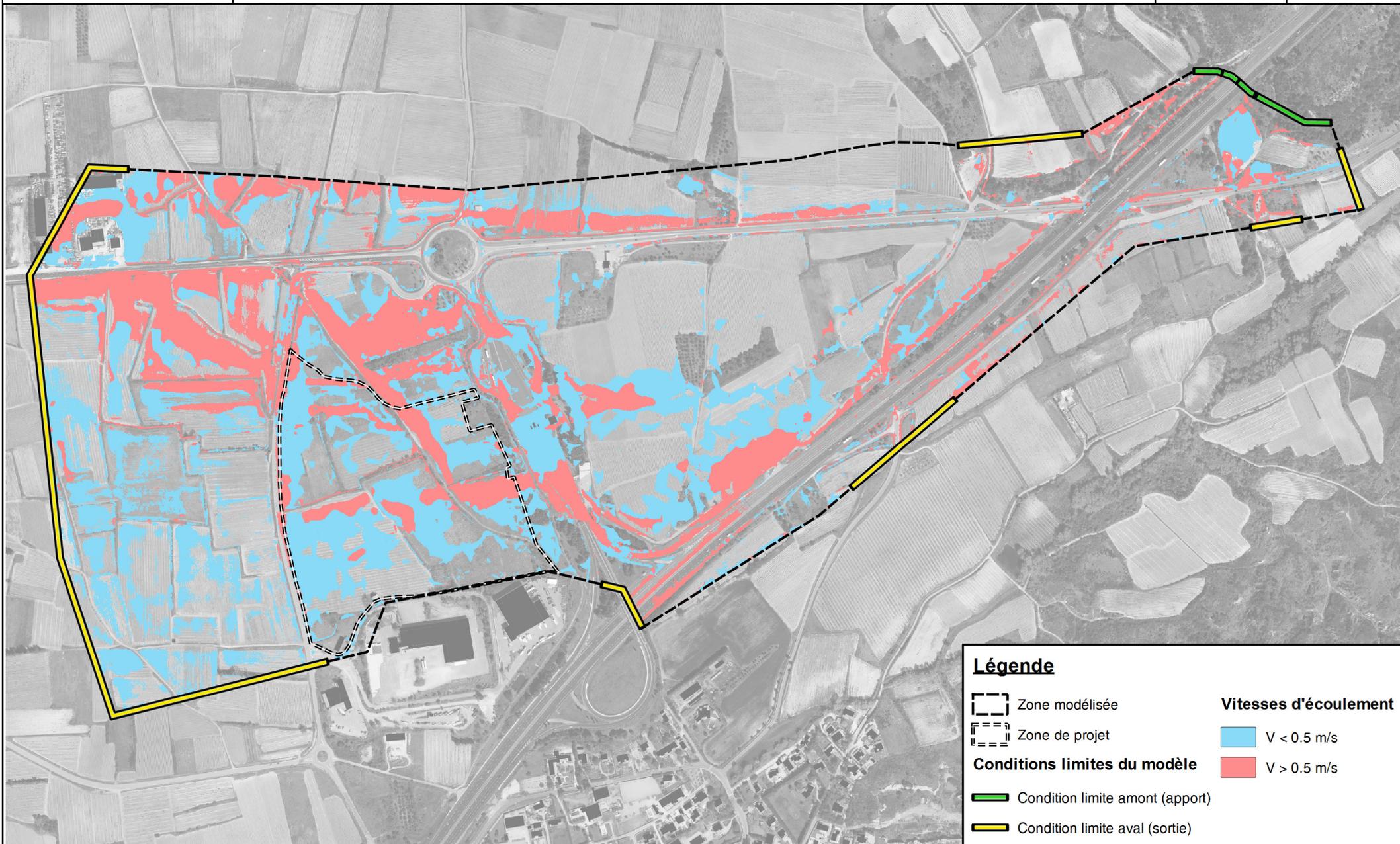
H < 0.5 m

H > 0.5 m

# Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux centennal - Situation actuelle



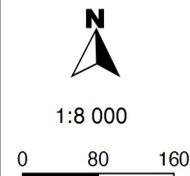
4.0



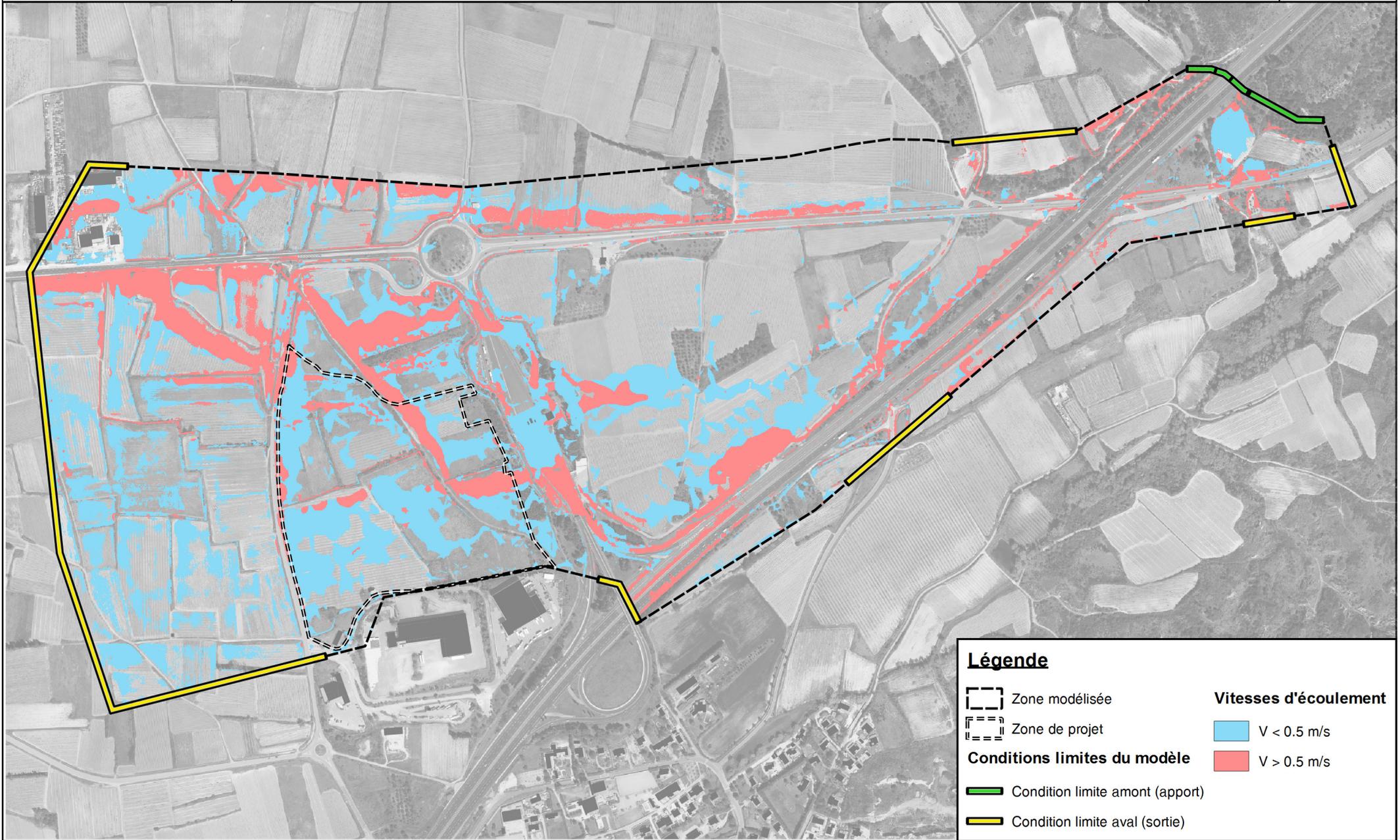
## Légende

- |                                     |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Zone modélisée                      | <b>Vitesses d'écoulement</b> |
| Zone de projet                      | V < 0.5 m/s                  |
| <b>Conditions limites du modèle</b> | V > 0.5 m/s                  |
| Condition limite amont (apport)     |                              |
| Condition limite aval (sortie)      |                              |

# Vitesses d'écoulement pour l'évènement pluvieux du 8 au 9 septembre 2002 - Situation actuelle



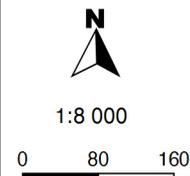
4.1



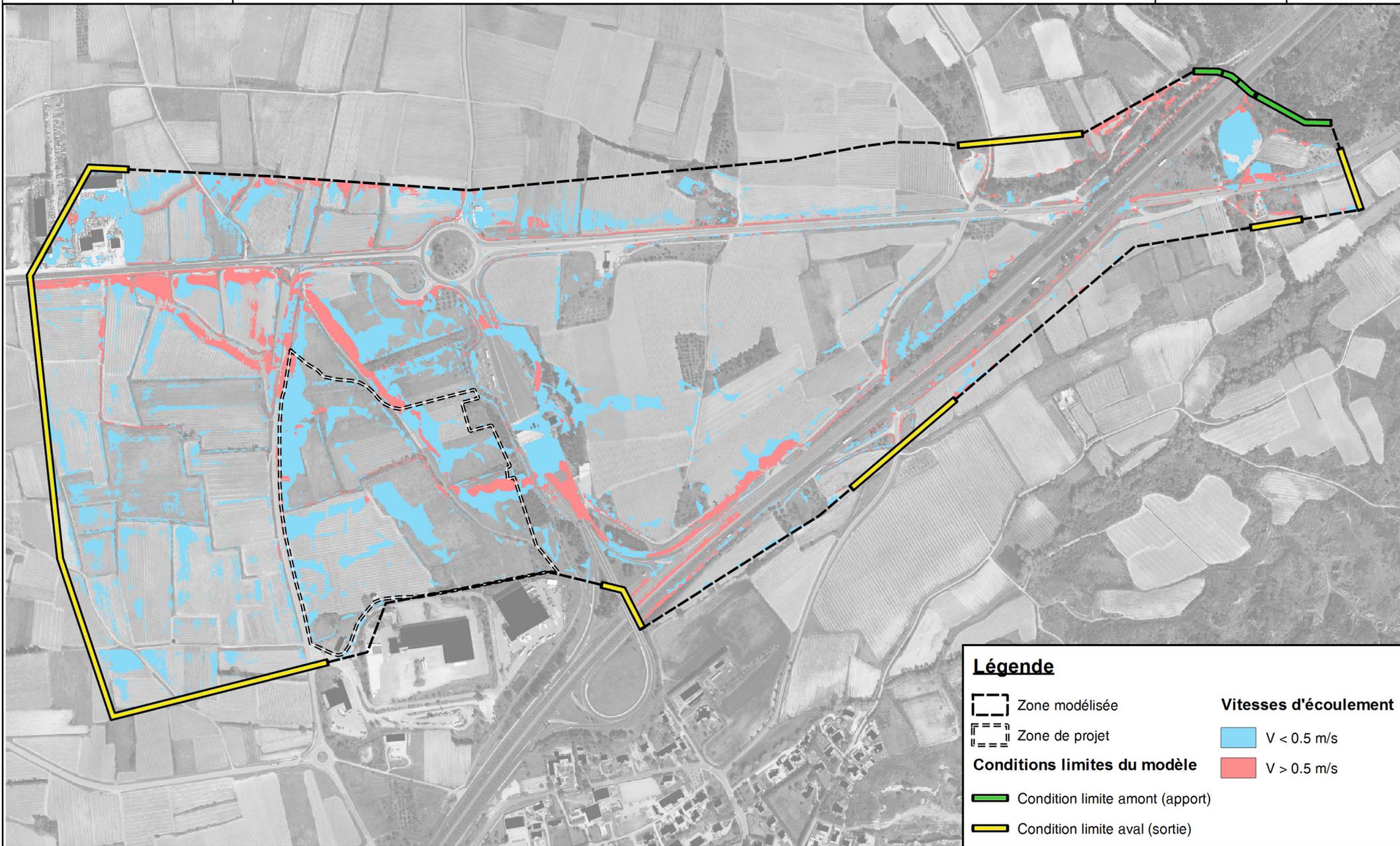
**Légende**

Zone modélisée	<b>Vitesses d'écoulement</b>
Zone de projet	V < 0.5 m/s
<b>Conditions limites du modèle</b>	V > 0.5 m/s
Condition limite amont (apport)	
Condition limite aval (sortie)	

# Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux décennal - Situation actuelle



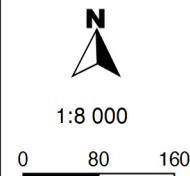
4.2



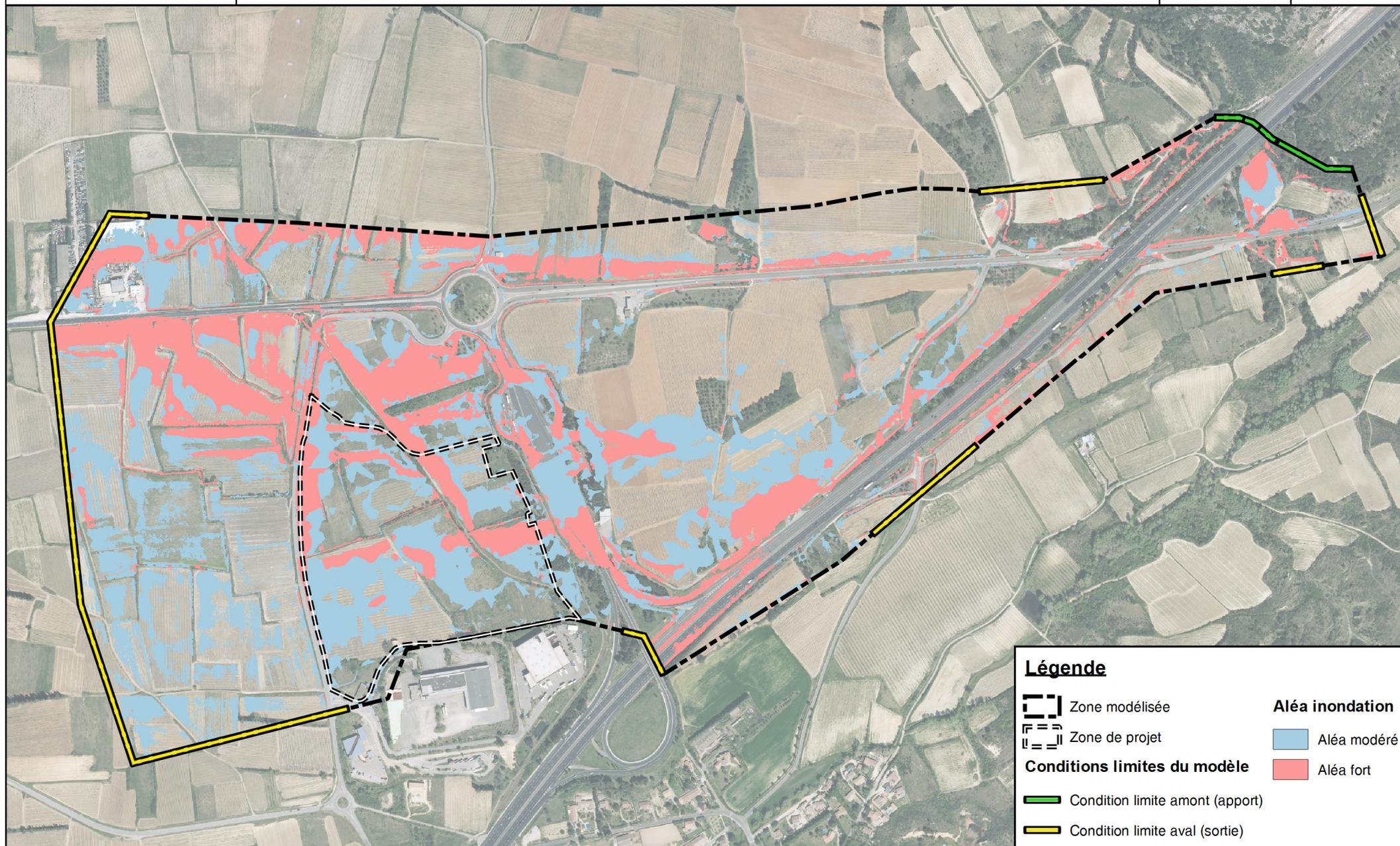
### Légende

- |                                     |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Zone modélisée                      | <b>Vitesses d'écoulement</b> |
| Zone de projet                      | V < 0.5 m/s                  |
| <b>Conditions limites du modèle</b> | V > 0.5 m/s                  |
| Condition limite amont (apport)     |                              |
| Condition limite aval (sortie)      |                              |

# Aléa inondation pour un évènement pluvieux d'occurrence centennale - Situation actuelle



5.0



## Légende

- Zone modélisée
- Zone de projet

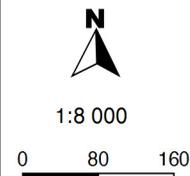
### Conditions limites du modèle

- Condition limite amont (apport)
- Condition limite aval (sortie)

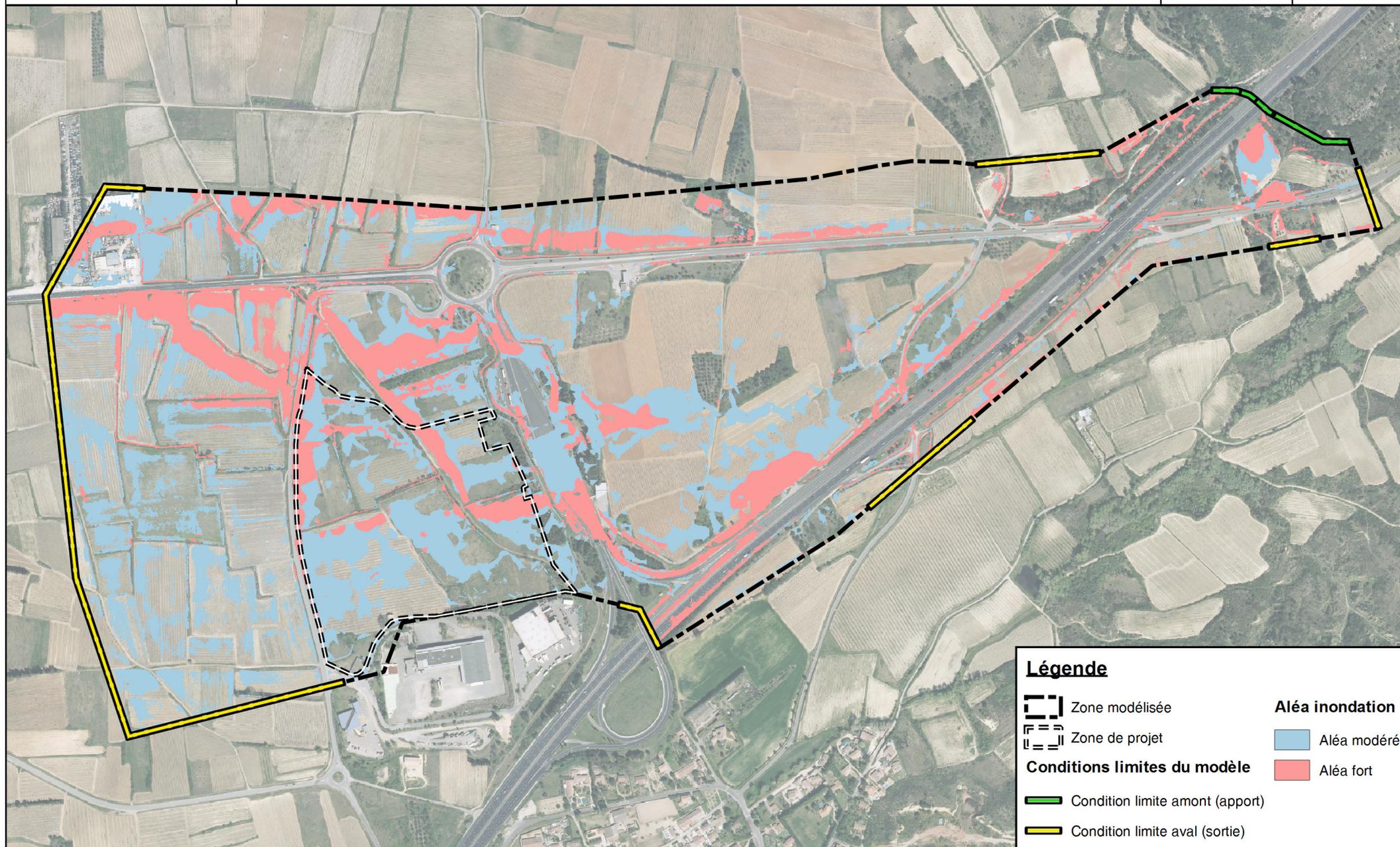
### Aléa inondation

- Aléa modéré
- Aléa fort

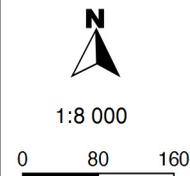
# Aléa inondation pour l'évènement pluvieux du 8 au 9 septembre 2002 - Situation actuelle



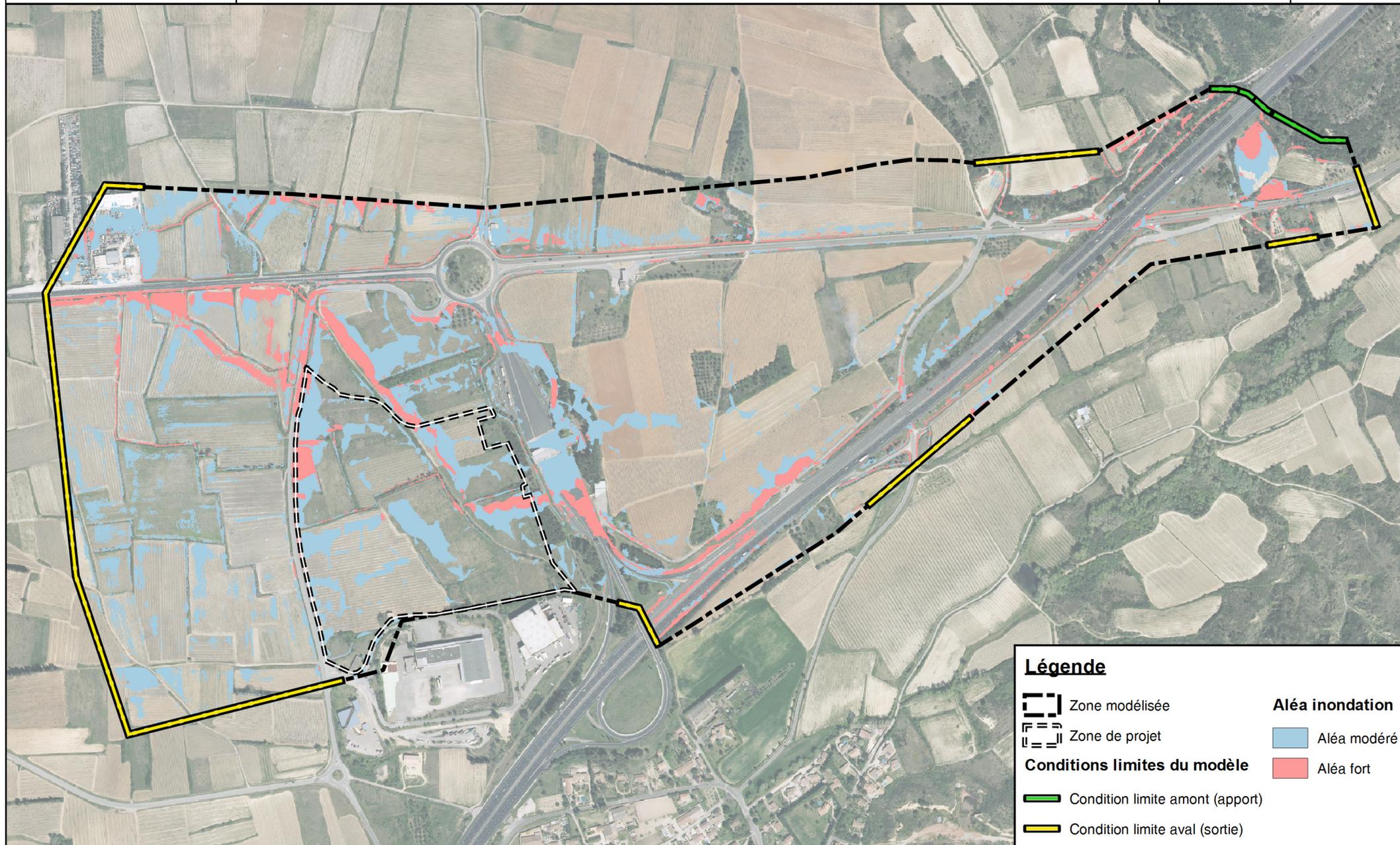
5.1



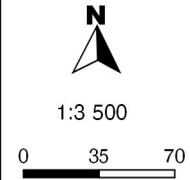
# Aléa inondation pour un évènement pluvieux décennal - Situation actuelle



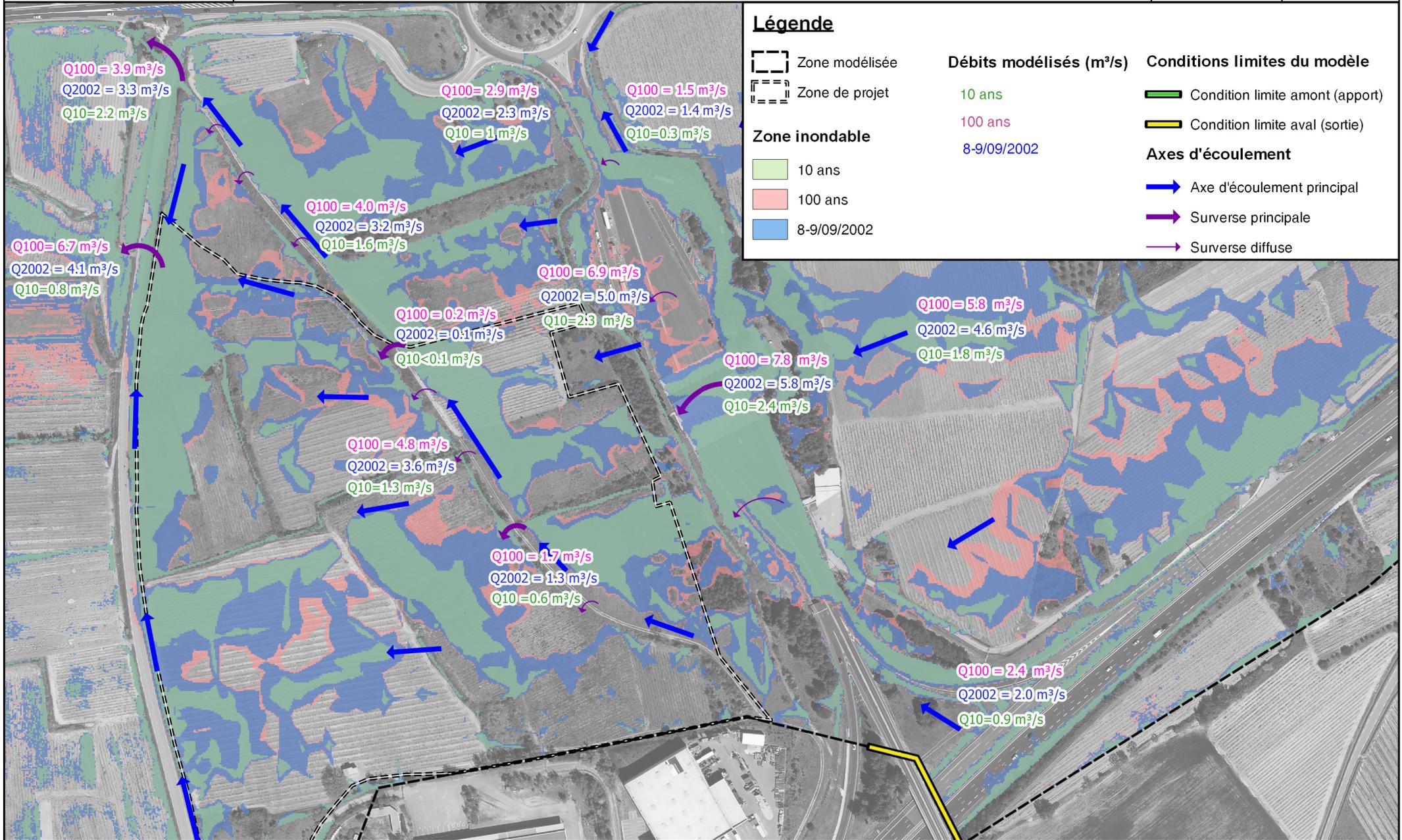
5.2



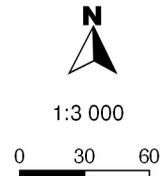
# Axes d'écoulement et débits sur la zone de projet et au droit du péage - Situation actuelle



6.0



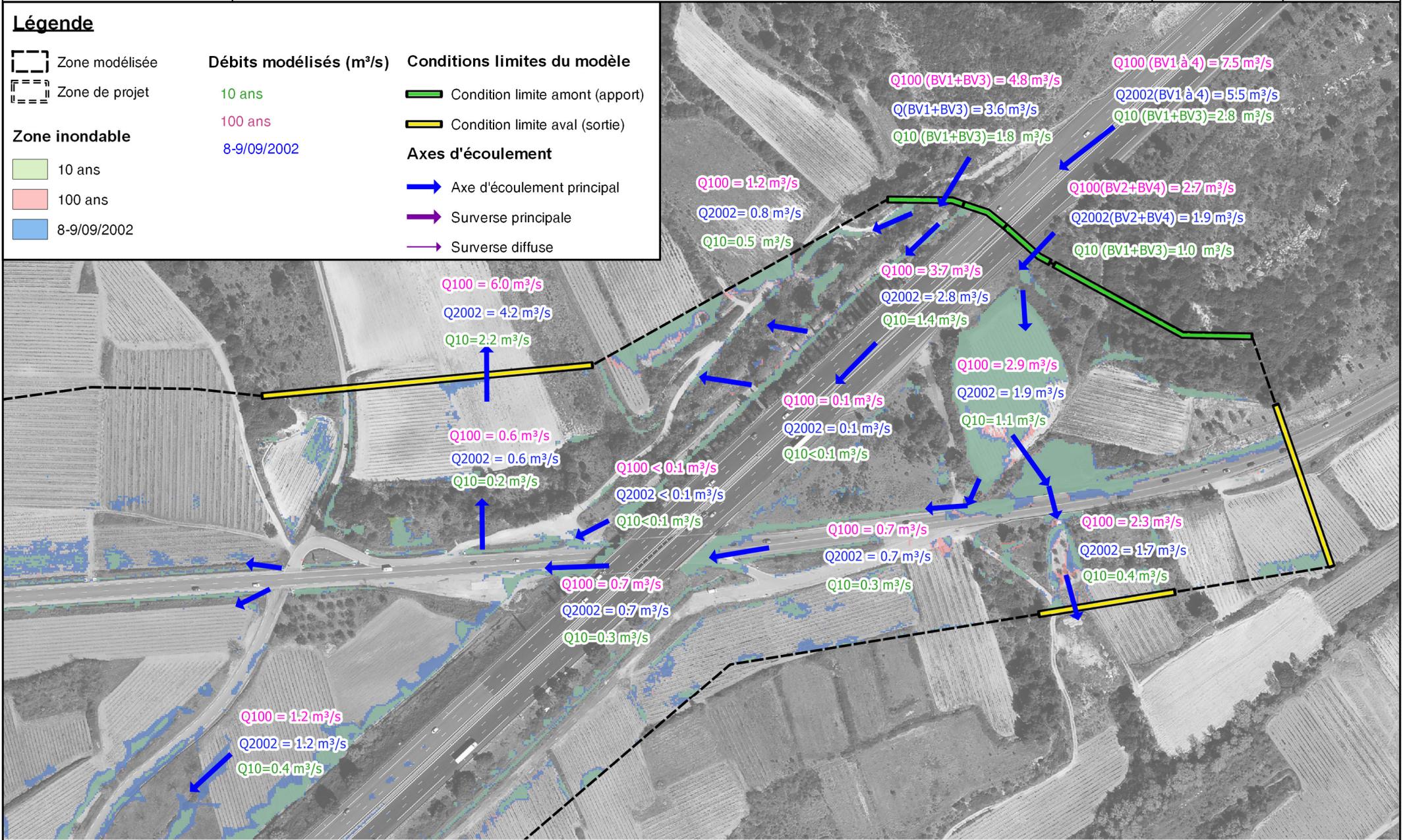
# Axes d'écoulement et débits sur la partie amont de la zone d'étude - Situation actuelle



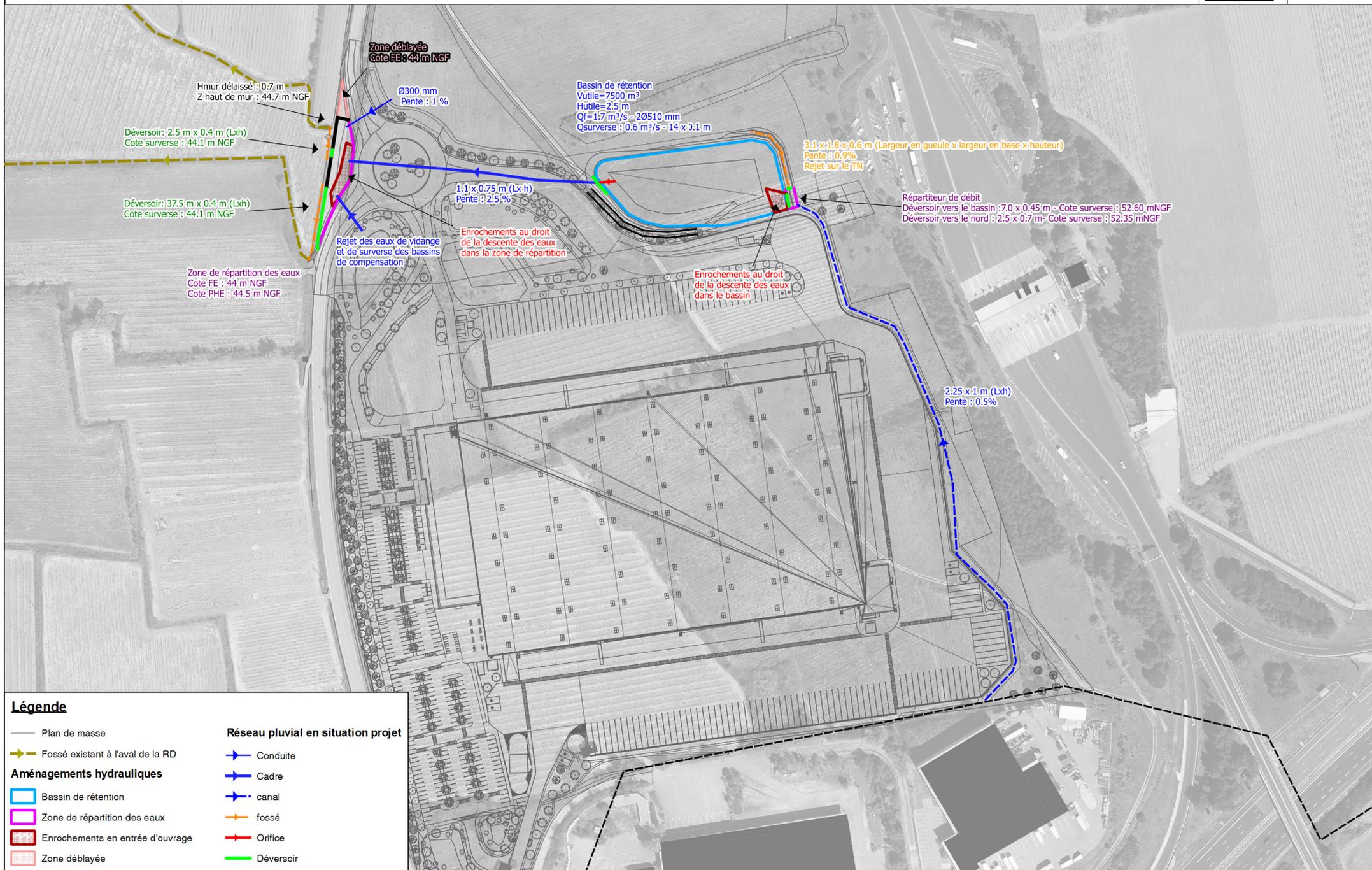
6.1

## Légende

Débits modélisés (m³/s)		Conditions limites du modèle	
10 ans	100 ans	Condition limite amont (apport)	Condition limite aval (sortie)
8-9/09/2002		<b>Axes d'écoulement</b>	
10 ans		Axe d'écoulement principal	Surverse principale
100 ans		Surverse diffuse	
8-9/09/2002			



# Aménagements hydrauliques



## Légende

- Plan de masse
- Fossé existant à l'aval de la RD

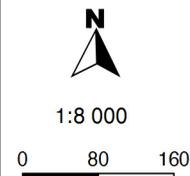
### Aménagements hydrauliques

- Bassin de rétention
- Zone de répartition des eaux
- Enrochements en entrée d'ouvrage
- Zone déblayée

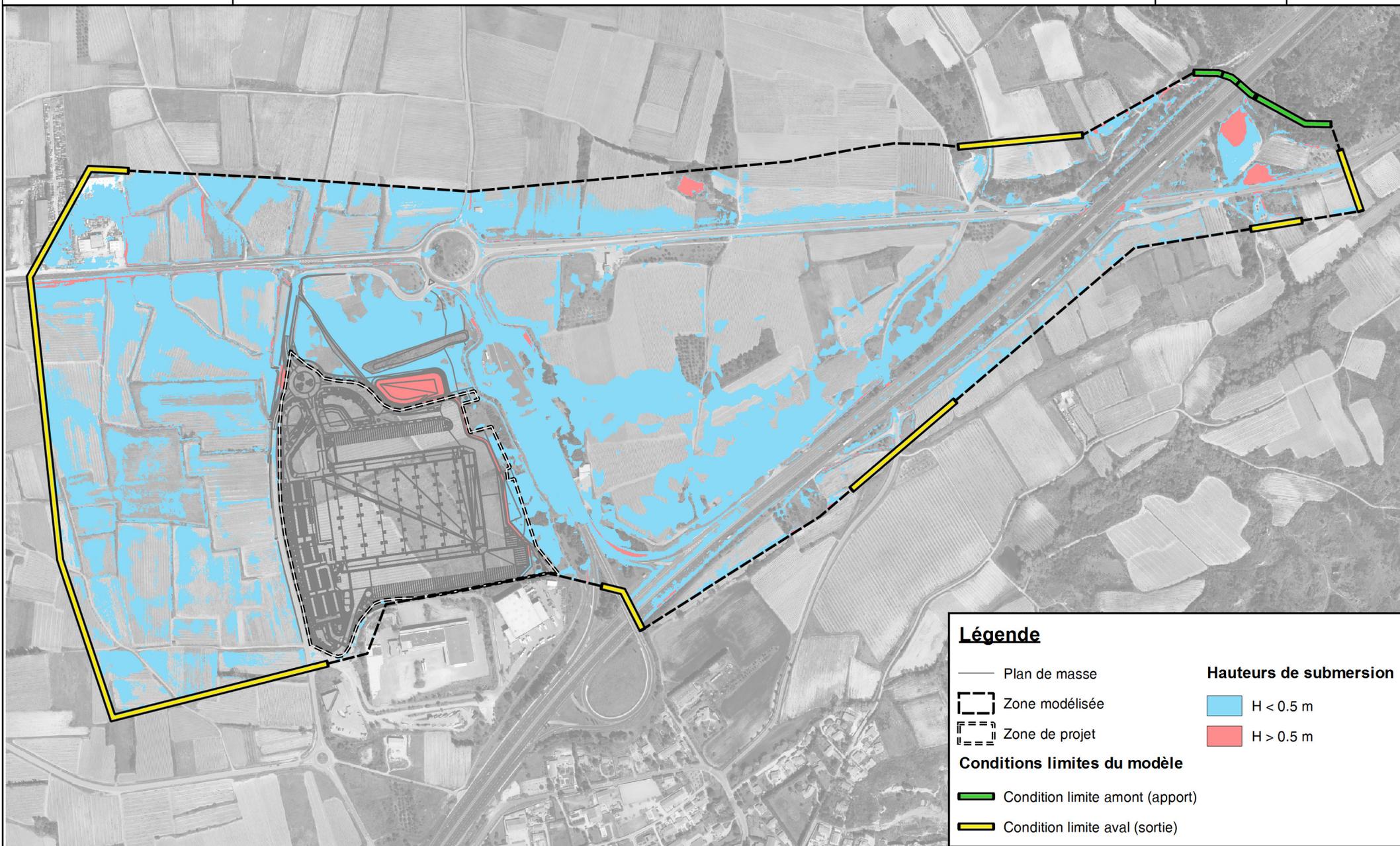
### Réseau pluvial en situation projet

- Conduite
- Cadre
- canal
- fossé
- Orifice
- Déversoir

# Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux centennal - Situation projet



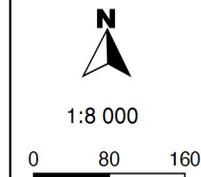
# 8.0



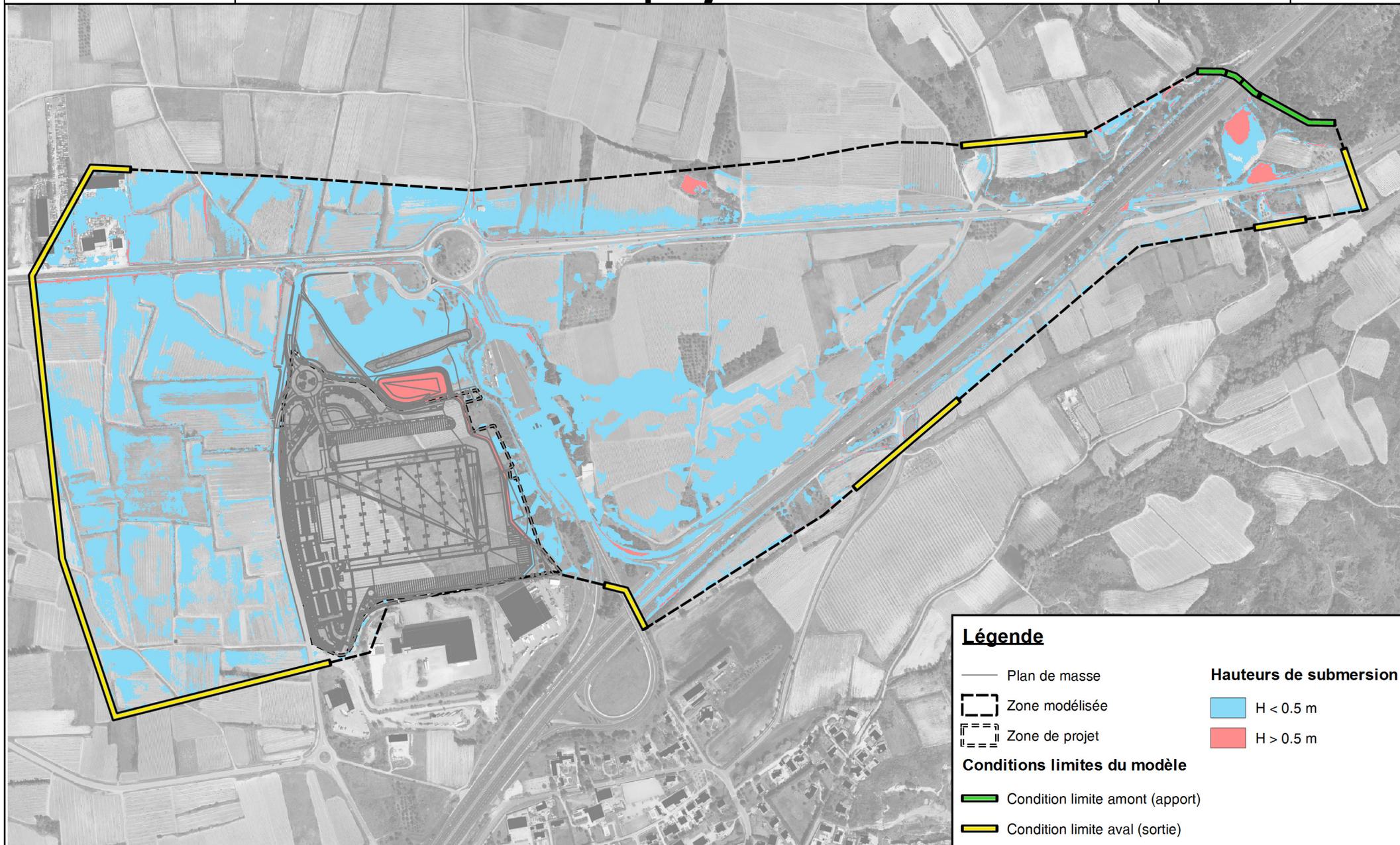
### Légende

- Plan de masse
  - - - Zone modélisée
  - - - Zone de projet
  - Condition limite amont (apport)
  - Condition limite aval (sortie)
- Hauteurs de submersion**
- H < 0.5 m
  - H > 0.5 m

# Hauteurs de submersion pour l'évènement pluvieux du 8 au 9 septembre 2002 - Situation projet



8.1



### Légende

- Plan de masse
- ⋯ Zone modélisée
- ⋯ Zone de projet

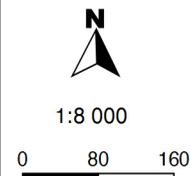
### Conditions limites du modèle

- Condition limite amont (apport)
- Condition limite aval (sortie)

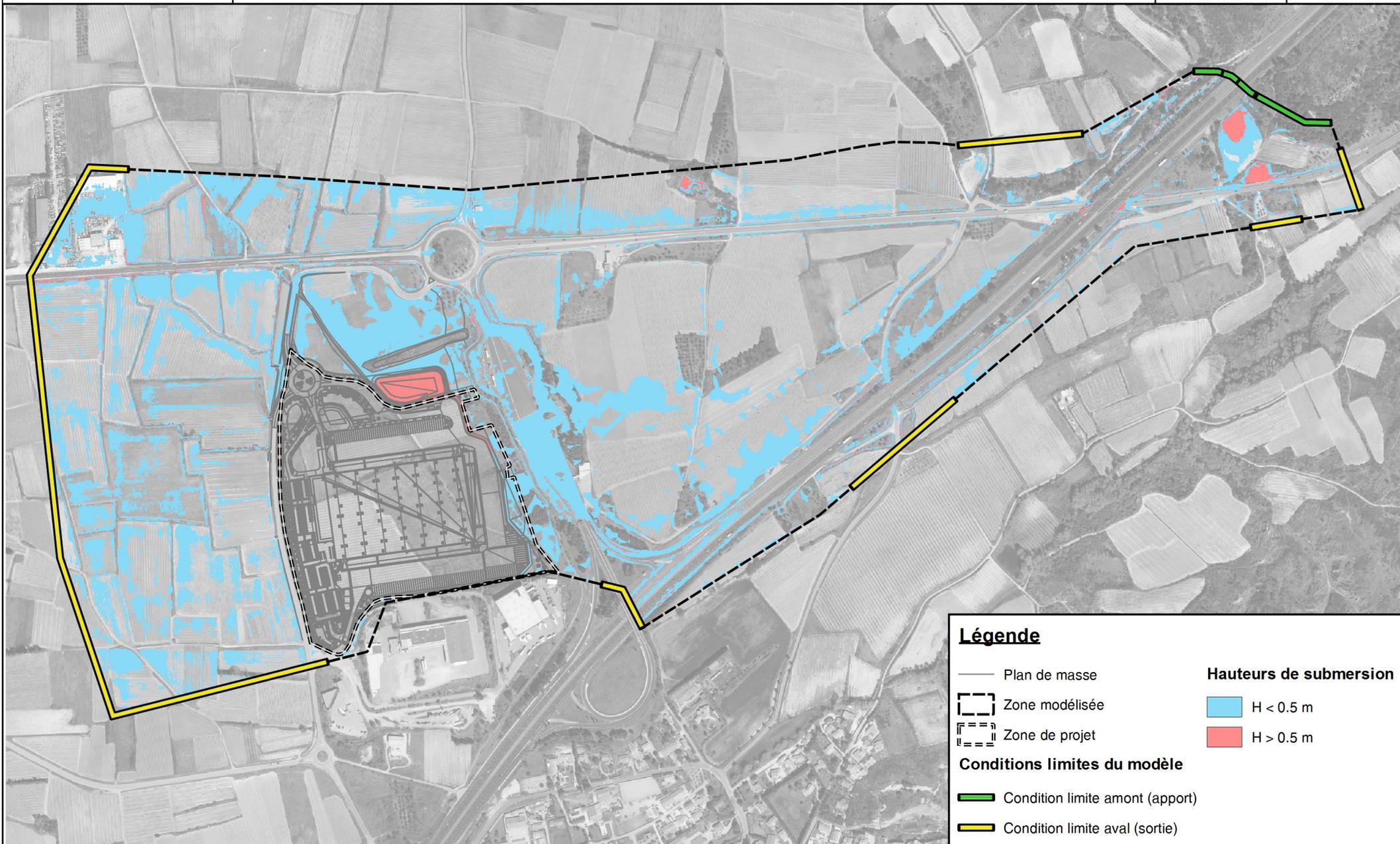
### Hauteurs de submersion

- H < 0.5 m
- H > 0.5 m

# Hauteurs de submersion pour un évènement pluvieux décennal - Situation projet



8.2



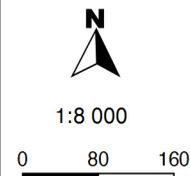
### Légende

- Plan de masse
- - - Zone modélisée
- - - Zone de projet

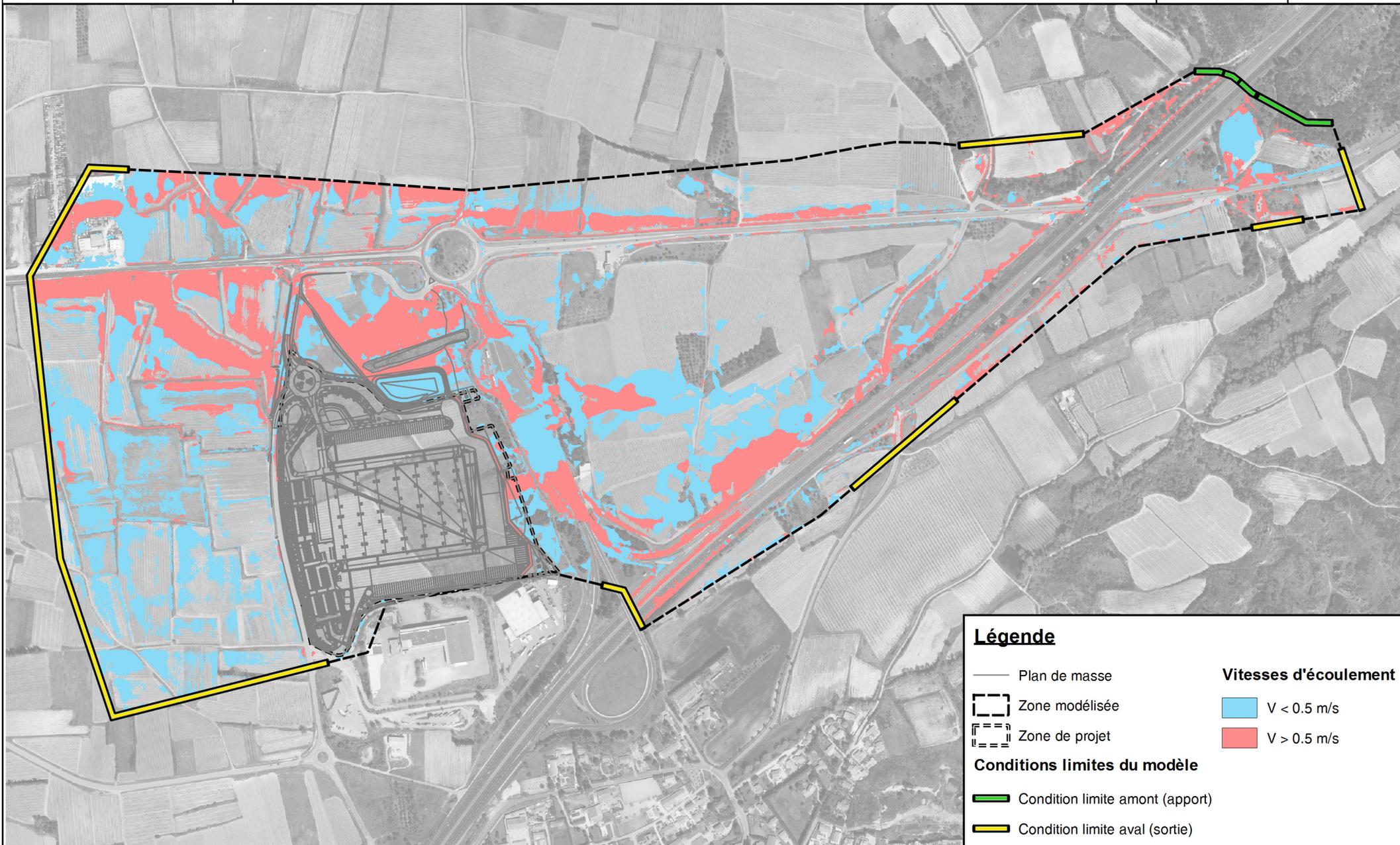
- #### Hauteurs de submersion
- H < 0.5 m
  - H > 0.5 m

- #### Conditions limites du modèle
- Condition limite amont (apport)
  - Condition limite aval (sortie)

# Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux centennal - Situation projet



9.0



## Légende

- Plan de masse
- - - Zone modélisée
- ▬▬▬ Zone de projet

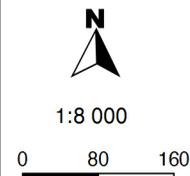
### Vitesses d'écoulement

- V < 0.5 m/s
- V > 0.5 m/s

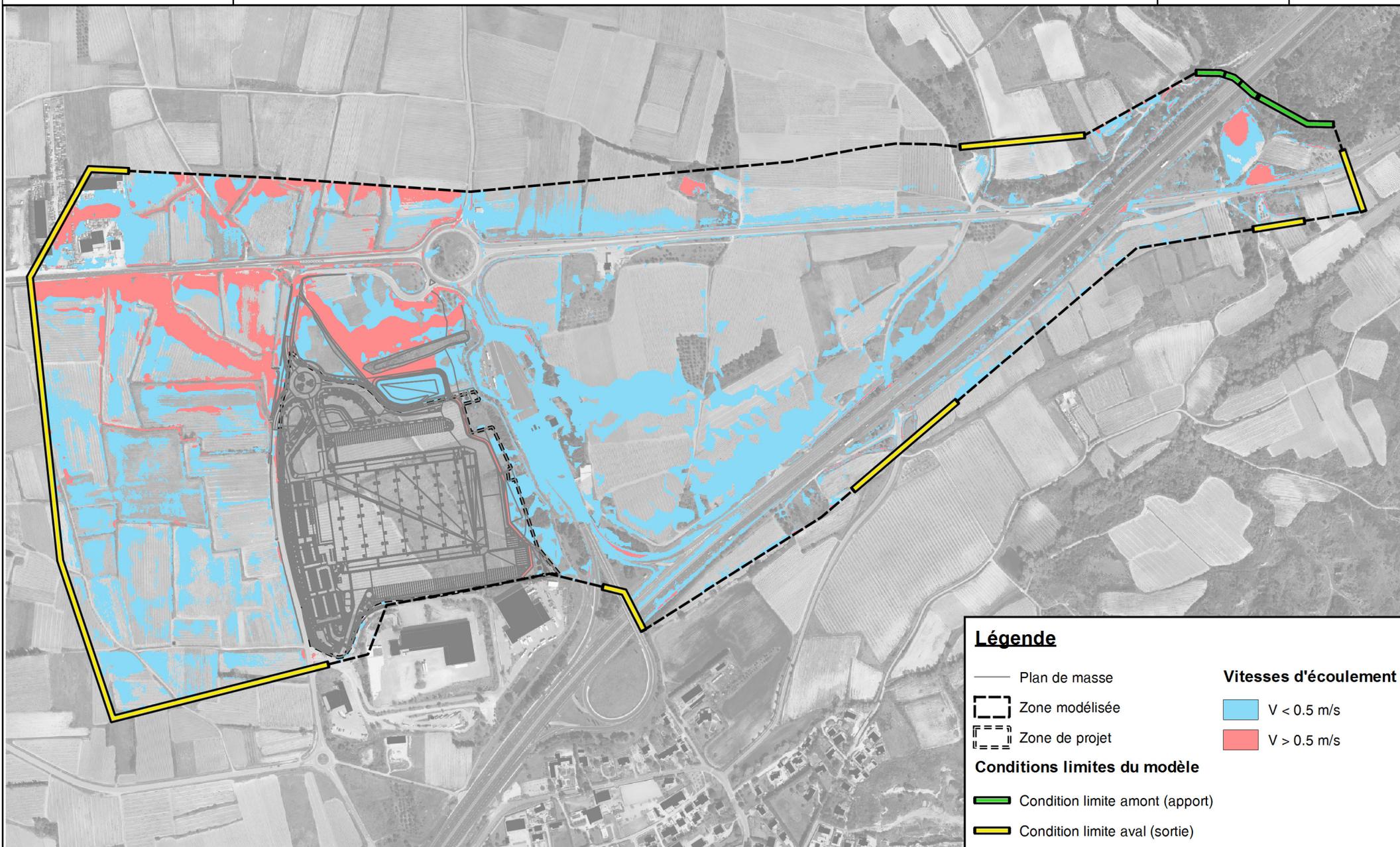
### Conditions limites du modèle

- Condition limite amont (apport)
- Condition limite aval (sortie)

# Vitesses d'écoulement pour l'évènement pluvieux du 8 au 9 septembre 2002 - Situation projet



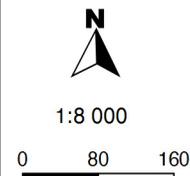
9.1



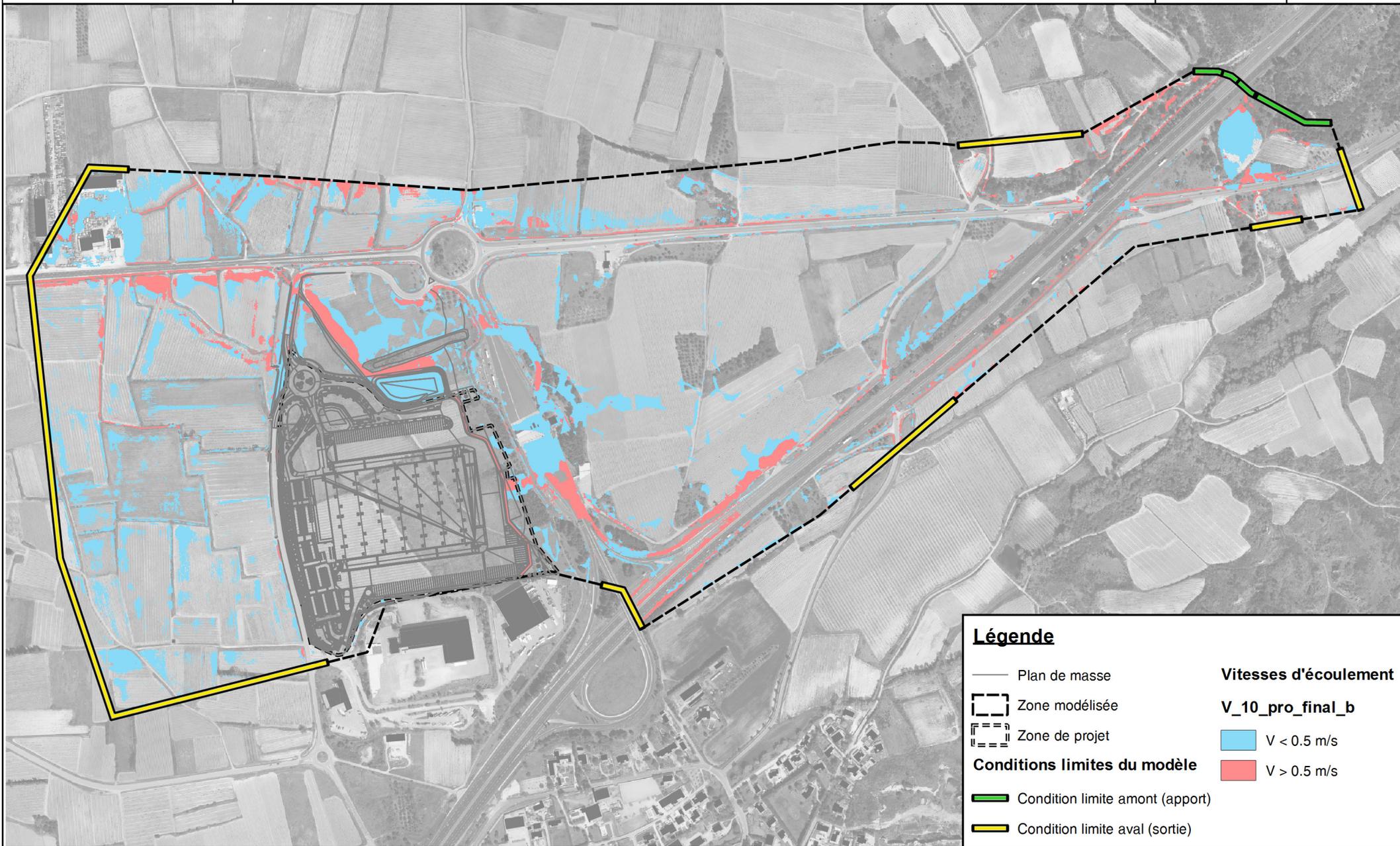
**Légende**

— Plan de masse	<b>Vitesses d'écoulement</b>
⋯ Zone modélisée	■ V < 0.5 m/s
⋮ Zone de projet	■ V > 0.5 m/s
<b>Conditions limites du modèle</b>	
— Condition limite amont (apport)	
— Condition limite aval (sortie)	

# Vitesses d'écoulement pour un évènement pluvieux décennal - Situation projet



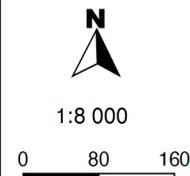
# 9.2



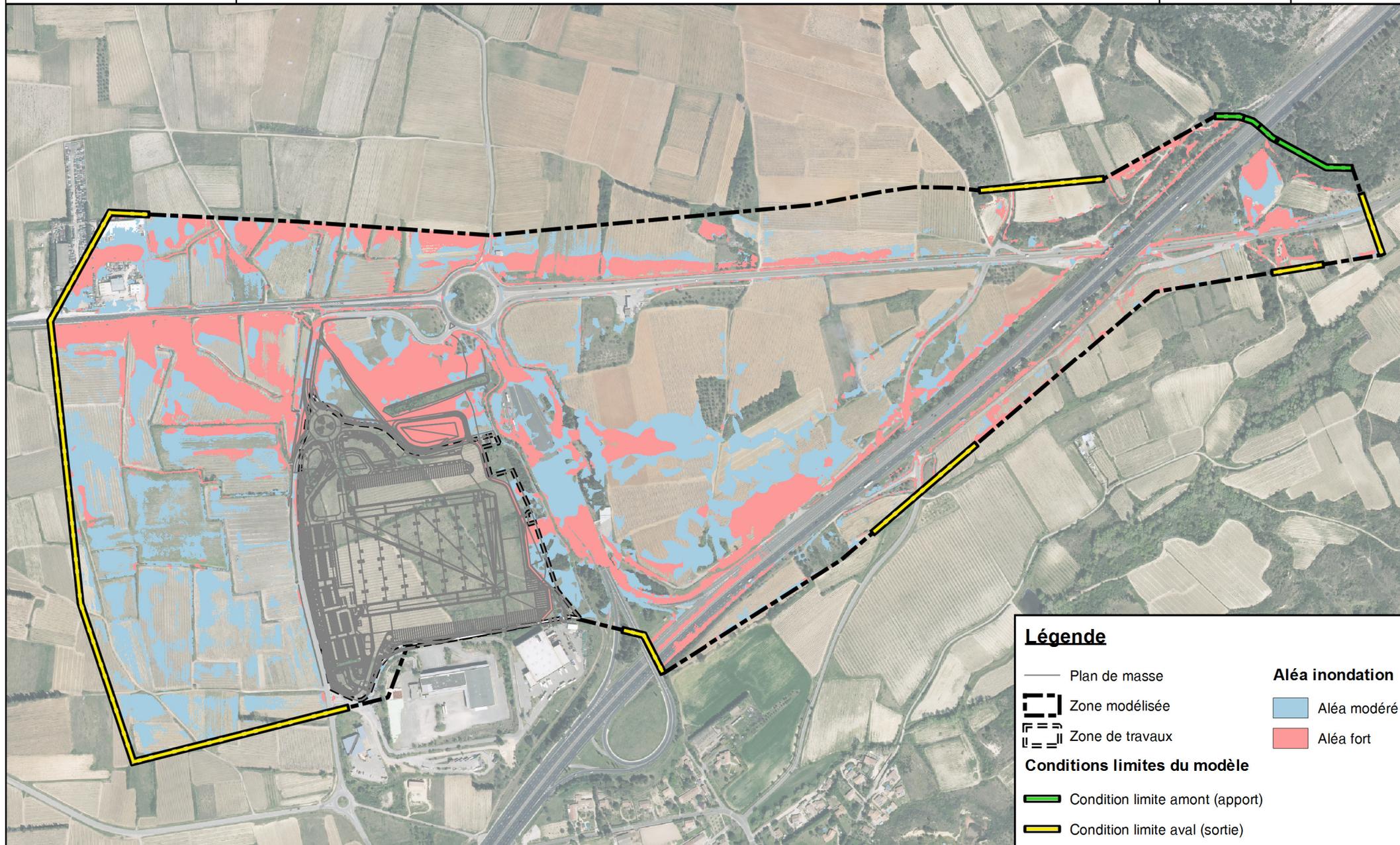
### Légende

- Plan de masse
  - ⋯ Zone modélisée
  - ⋯ Zone de projet
  - Condition limite amont (apport)
  - Condition limite aval (sortie)
- Vitesses d'écoulement**  
**V<sub>10\_pro\_final\_b</sub>**
- V < 0.5 m/s
  - V > 0.5 m/s

# Aléa inondation pour un évènement pluvieux d'occurrence centennale - Situation projet



10.0



### Légende

- Plan de masse
- ⊠ Zone modélisée
- ▨ Zone de travaux

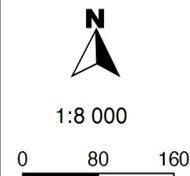
### Aléa inondation

- Aléa modéré
- Aléa fort

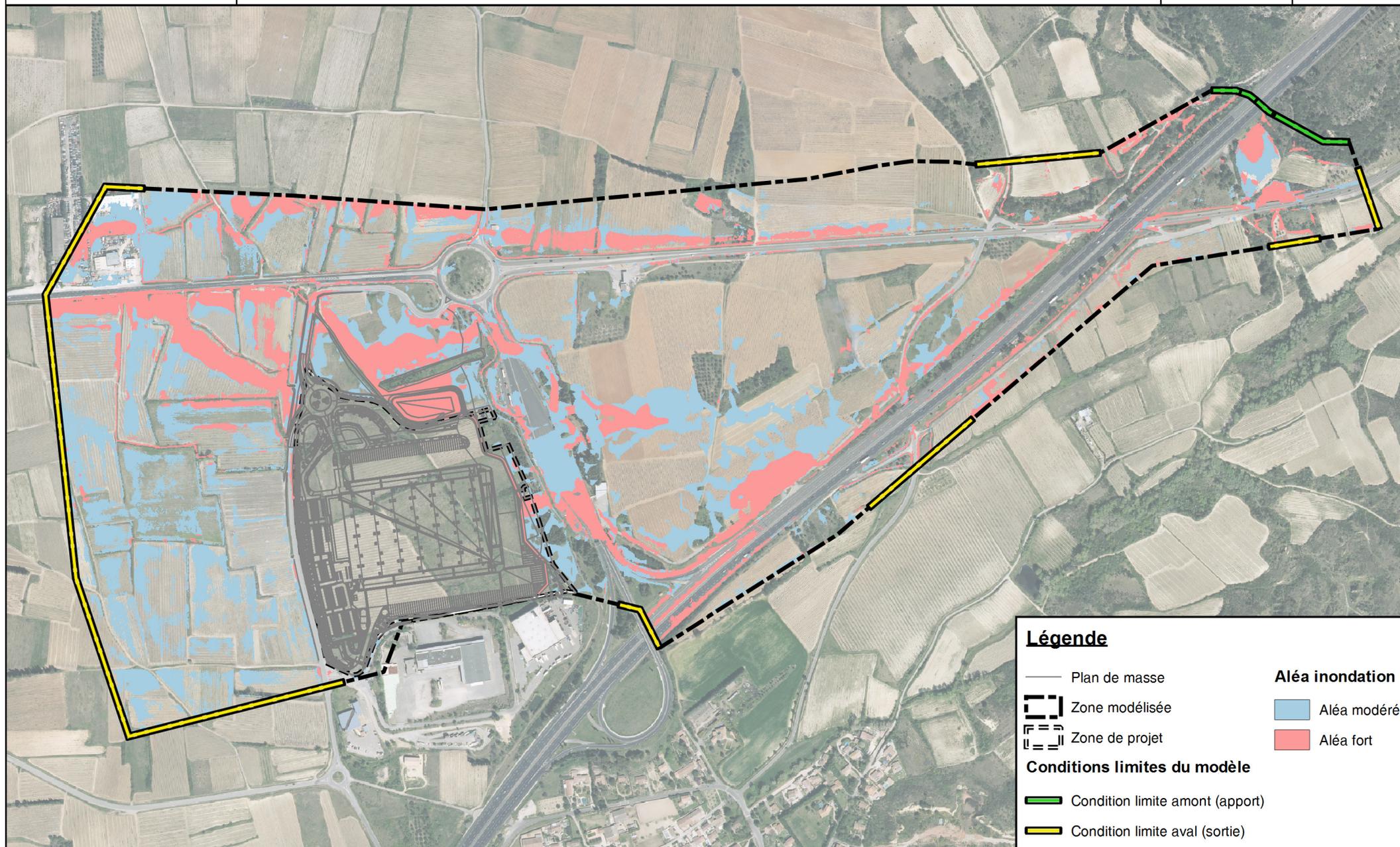
### Conditions limites du modèle

- Condition limite amont (apport)
- Condition limite aval (sortie)

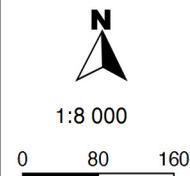
# Aléa inondation pour l'évènement pluvieux du 8 au 9 septembre 2002 - Situation projet



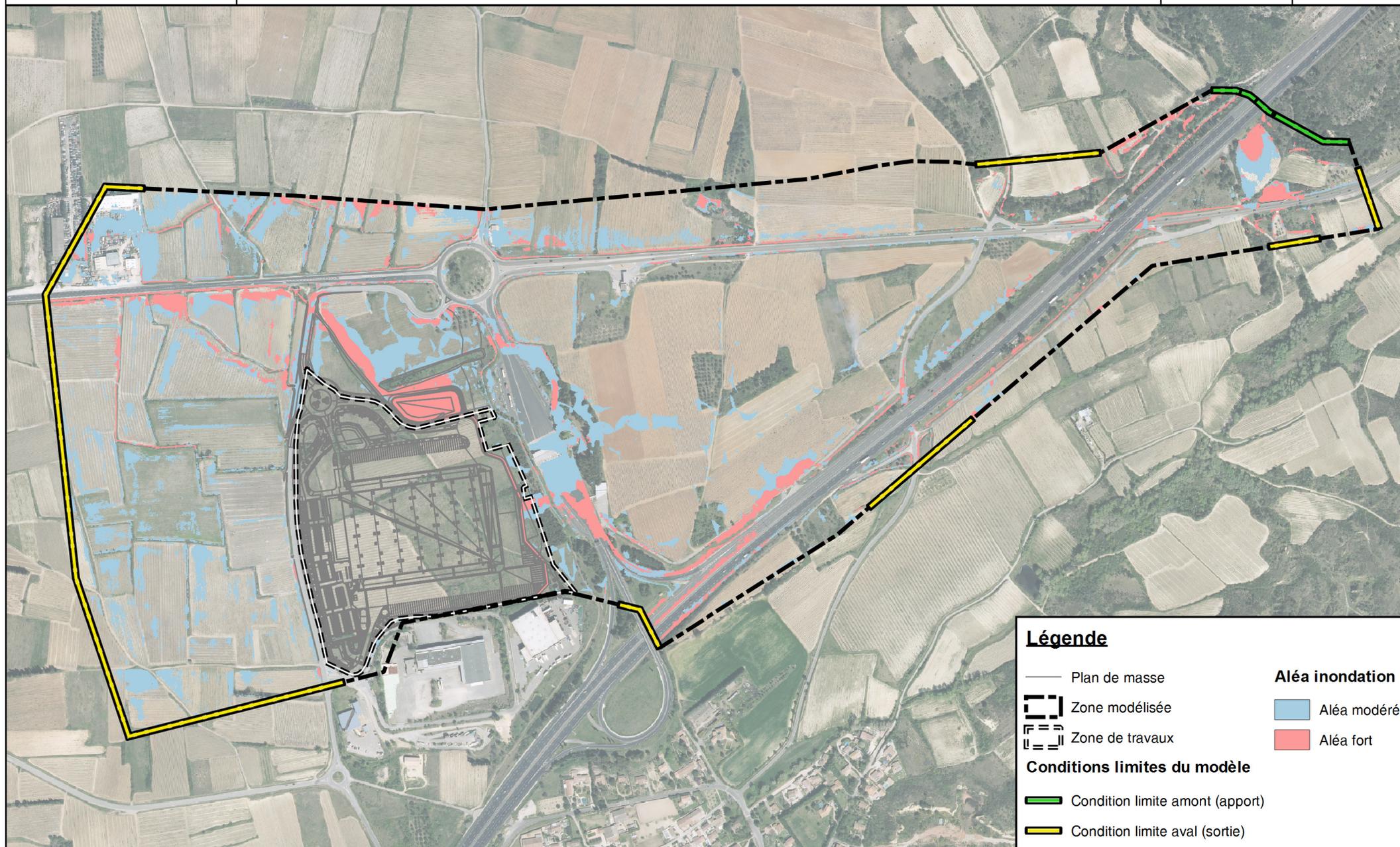
10.1



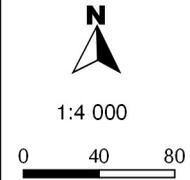
# Aléa inondation pour un évènement pluvieux décennal - Situation projet



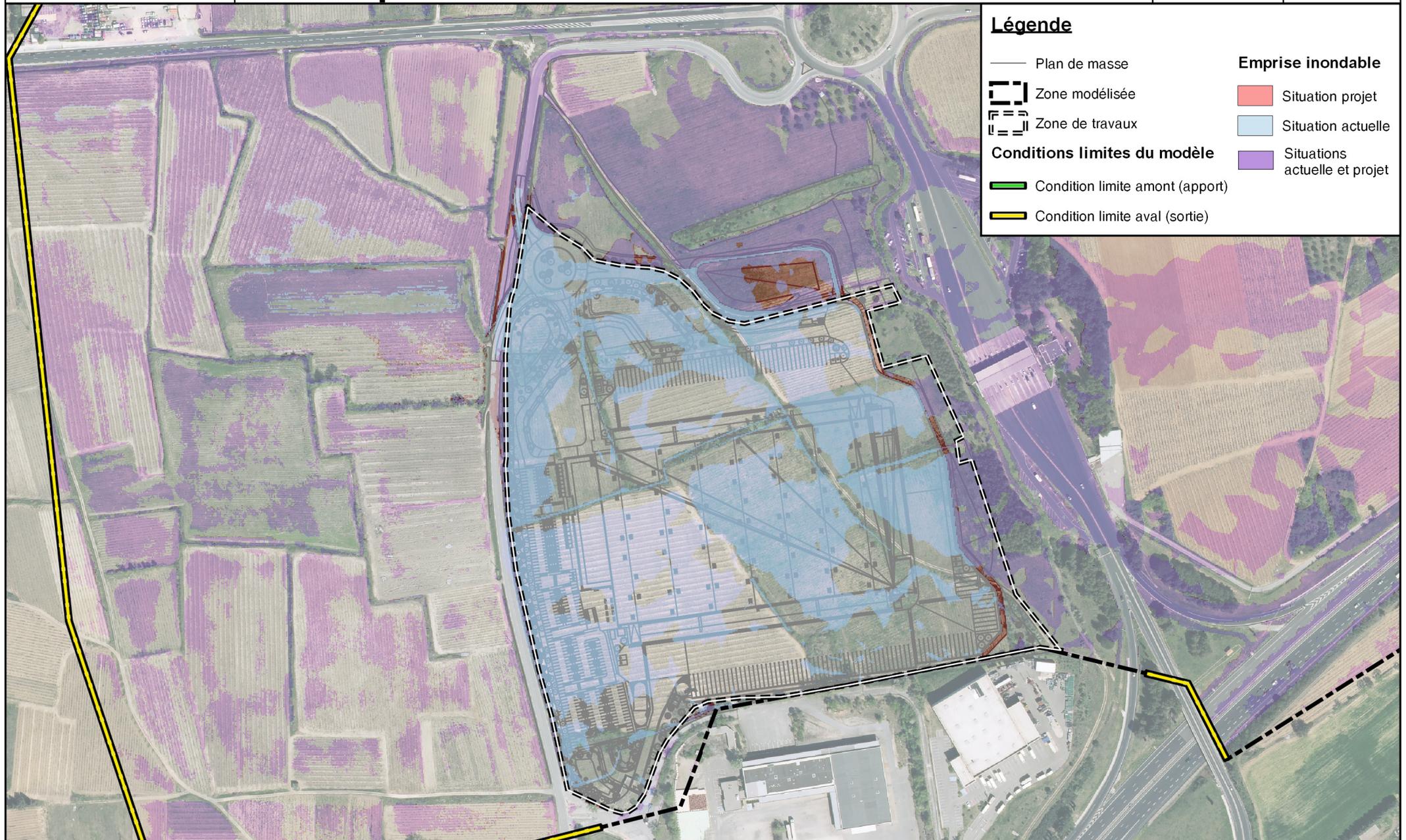
10.2



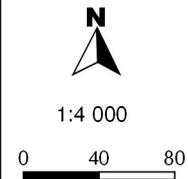
# Comparaison de l'emprise inondable entre la situation actuelle et projet pour un évènement pluvieux d'occurrence centennale



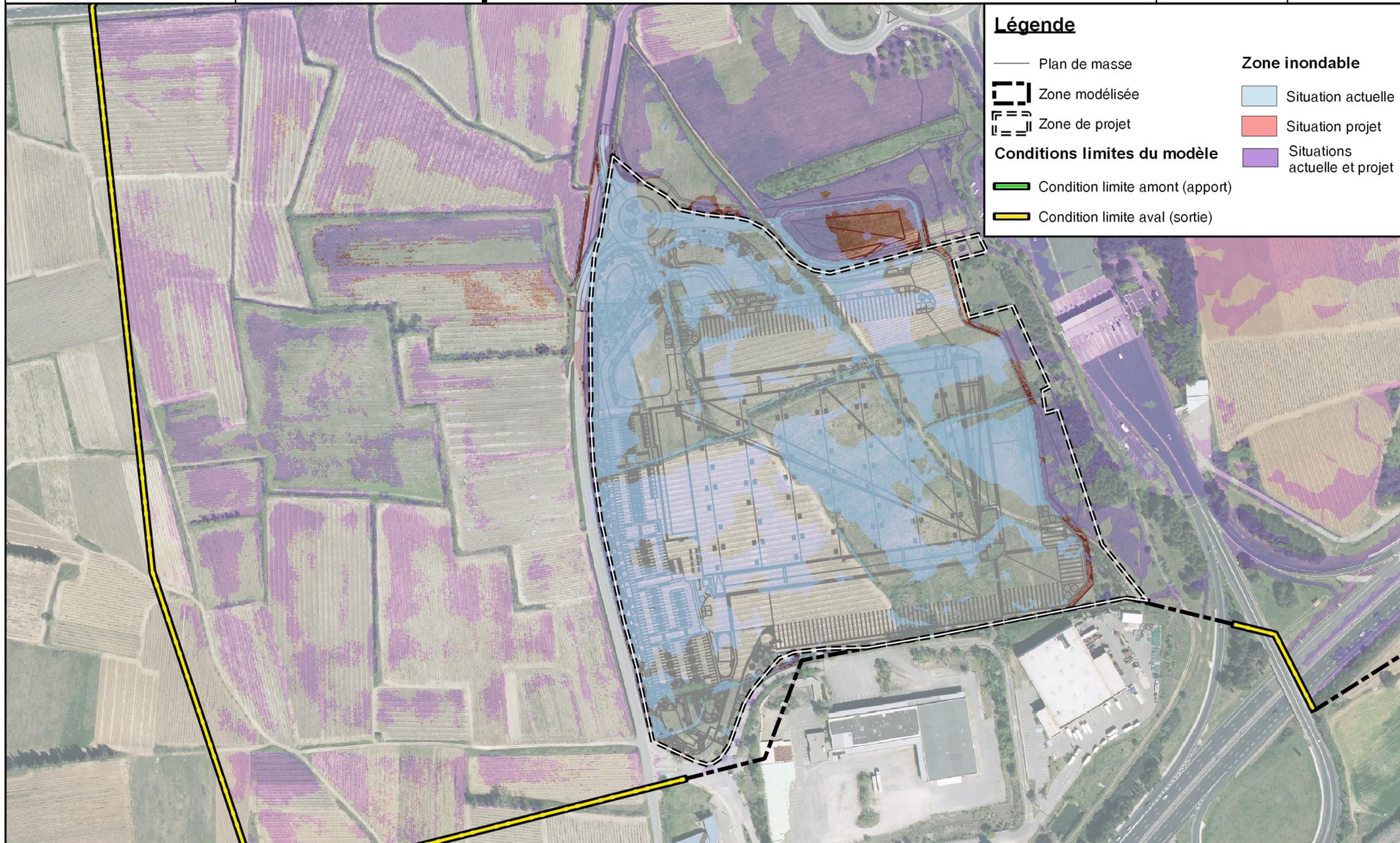
11.0



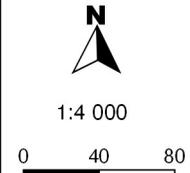
# Comparaison de l'emprise inondable entre la situation actuelle et projet pour l'évènement pluvieux du 8-9/09/2002



11.1



# Comparaison de l'emprise inondable entre la situation actuelle et projet pour un évènement pluvieux d'occurrence décennale



11.2

