Ligne nouvelle Montpellier Perpignan – Etudes préalables à l'enquête publique – Etape 3

MODELISATION HYDRAULIQUE 2D DES FRANCHISSEMENTS DU SECTEUR DU REC DE VEYRET / RUISSEAU MAIRE

Missions 1, 2, 5 et 6

Modifications et approbations

A01	*26/02/2016*	*Rapport complet intégrant les missions 1, 2, 5 et 6 + intégration des remarques des 2 FO (missions 1 et 2 puis missions 5 et 6)*	*ILE*	*MCG*	
Rev.	**Date**	**Sommaire des modifications**	**Etabli par**	**Vérifié par**	**Approuvé par**

Nom document [*800620_LNMP_VEYRET_2D_Mission1256_A01.docx*]

Diffusion

☐ Libre ☐ Restreinte ☐ Confidentielle

SOMMAIRE

1. Contexte de la mission 5
2. Les données bibliographiques 6
3. Zone d'étude et éléments remarquables 6
4. Visite de terrain 8
4.1. Bassin versant du ruisseau Maire 13
4.1.1. Sous bassin du ruisseau des Clottes 13
4.1.2. Sous bassin du ruisseau du Camp d'Auriol 15
4.1.3. Sous bassin Est de l'étang haut et ruisseau Maire 16
4.2. Bassin versant du Rec de Veyret 17
4.3. Autre point remarquable 18
5. Identification des enjeux au regard de la problématique hydraulique 20
6. Hydrologie 23
6.1. Le bassin versant 23
6.2. Le PPRi du Rec de Veyret 27
6.3. Application de la méthode « PPRi Aude » 28
6.4. Application de la méthode SCS 30
6.4.1. La méthode 30
6.4.2. Application aux bassins versants étudiés 32
6.5. Choix des débits de pointe et construction des hydrogrammes pour les besoins de la modélisation 33
7. Modélisation hydraulique de l'état actuel 39
7.1. Données topographiques 39
7.2. Le logiciel de modélisation 40
7.3. Modèle et conditions aux limites 40
7.4. Validation du modèle - Comparaison avec le PPRi 43
7.4.1. Comparaison en cote maximale 43
7.4.2. Comparaison en débit sur les lits mineurs 47
7.4.3. Conclusion 47
7.5. Simulation en état initial 48
7.5.1. Simulation de la crue de référence 48
7.5.2. Autres crues 55
7.5.3. Inondabilité de la voie ferrée existante 73
7.6. Définition du remous admissible 75
7.6.1. Principaux enjeux 75
7.6.1. Contraintes réglementaires 75
7.6.2. Conclusion : remous admissible 75
8. Analyse de la problématique 79
9. Analyse des solutions testées 83

9.1. Solution S1 83
9.1.1. Définition de la solution : canal de décharge 83
9.1.2. Impact de la solution pour la crue de référence 88
9.1.3. Impact pour les autres crues 93
9.2. Solution S2 : Ouvrage de décharge 101
9.2.1. Définition de la solution 101
9.2.2. Impact de la solution sur la crue de référence 101
9.2.3. Impact pour les autres crues 105
9.3. Autre possibilité pour le franchissement en viaduc du Veyret et du Maire 113
9.4. Remarques 114
9.5. Préconisations relatives aux protections 114
9.5.1. Principes de protection (extrait du document SETRA – guide technique cours d'eau et pont, juillet 2007) 114
9.5.2. Calcul des protections en enrochement – formule d'Isbach 115
9.5.3. Schémas 116

10. Modélisation de l'implantation de quais au niveau du Rec de Veyret dans le cas de la gare « Pont des Charrettes » avec et sans le RAC H' 117

10.1. Description des éléments de projets pouvant avoir une incidence hydraulique sur les écoulements en crue du Rec de Veyret 117
10.2. Modélisation de l'implantation de quais au niveau du Rec de Veyret dans le cas de la gare « Pont des Charrettes » sans le RAC H' 119
10.2.1. Hypothèses de construction 119
10.2.2. Impact de l'implantation des quais pour la crue de référence 119
10.2.3. Impact de l'implantation des quais pour les autres crues 129
10.2.4. Niveau des crues au droit des quais TER 135
10.2.5. Préconisations concernant l'inondabilité du quai 137
10.3. Modélisation de l'implantation de quais et du RAC H' 138
10.3.1. Hypothèses de construction 138
10.3.2. Dimensionnement de l'ouvrage de transparence et impact hydraulique pour la crue de référence 139
10.3.3. Impact de l'implantation des quais + RAC H' pour les autres crues 149

1. CONTEXTE DE LA MISSION

La ligne nouvelle entre Montpellier et Perpignan est aujourd'hui le « chaînon manquant » entre la ligne à grande vitesse depuis Perpignan vers l'Espagne et le projet de ligne nouvelle dite « Contournement Nîmes Montpellier ». Sa réalisation présente plusieurs enjeux en matière d'aménagement du territoire, tels que relier la Région Languedoc Roussillon au réseau LGV, améliorer les dessertes intra-régionales et relancer le trafic du fret. Ces différents enjeux ont tous pour objectif d'apporter à la Région Languedoc Roussillon un nouveau dynamisme économique.

Ce projet s'inscrit dans un calendrier très contraint par l'Enquête d'Utilité Publique qui doit être lancée en 2016. Pour atteindre son but, SNCF Réseau suit un calendrier d'étude qui comprend trois étapes. Les 2 premières ont été réalisées et ont permis de disposer au sein d'une zone de passage préférentielle (ZPP) de retenir un tracé de la ligne.

L'étape 3, doit permettre l'optimisation du projet et la production de l'ensemble des dossiers réglementaires nécessaires à la déclaration d'utilité publique. Elle bénéficie de l'ensemble des données et résultats des étapes précédentes avec pour objectif de les préciser et enrichir dans le cadre d'un processus de concertation et de co-construction devant permettre d'identifier le tracé optimal.

Les études techniques de conception des infrastructures d'étape 3 ont été engagées et sont menées par le groupe INGEROP/BRLi et ses sous-traitants.

Pour certains franchissements complexes ou présentant des enjeux très forts, il apparait nécessaire de mettre en œuvre une modélisation plus fine de type bidimensionnel. C'est en particulier le cas sur le secteur de l'étang de Montredon traversé par les ruisseaux de Maire et du Rec de Veyret. Ces 2 ruisseaux confluent à l'Ouest de la zone urbanisée de Narbonne. La complexité du fonctionnement hydraulique du secteur et les enjeux associés au projet LNMP (zone de gare) ont conduit SNCF Reseau à engager une modélisation hydraulique 2D fine afin de fournir tous les éléments hydrauliques nécessaires à l'optimisation hydraulique du projet sur ce secteur.

Le présent rapport expose plusieurs missions :

- Mission 1 : modélisation de l'état initial
- Mission 2 : modélisation dans le but d'optimiser les ouvrages de franchissement sur la variante Prax
- Mission 5 : modélisation d'un phasage correspondant à la mise en place du RAC H'
- Mission 6 : modélisation de l'impact des quais dans la variante Charrettes

2. LES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

Les données bibliographiques disponibles sont listées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Données bibliographiques

Etude	Auteur	Date
TGV Languedoc Roussillon, Franchissement du Rec de Veyret et du Rec de Maire, étude hydraulique	BRL	1995
Plan de prévention du risque inondation sur le bassin versant du Rec de Veyret, Rapport de présentation	BCEOM	Septembre 2002
Plan de prévention du risque inondation sur le bassin versant du Rec de Veyret, rapport (extraits)	BCEOM	Avril 2006
Projet LNMP étape 3 - Note hydrologique relative à l'hydrologie des cours d'eau et axes d'écoulement transversaux	BRL	Mars 2015

3. ZONE D'ETUDE ET ELEMENTS REMARQUABLES

La zone d'étude se caractérise par la présence d'une large plaine, nommé « l'étang Haut », entourée de collines et asséchée par le passé par des moines. De nombreux fossés de drainage parcourent la zone et permettent le ressuyage de cette zone de plaine.

Le secteur est également traversé selon un axe Nord-Sud par la voie ferrée existante. 3 ouvrages hydrauliques de petites dimensions sont présents sous cette voie ferrée et permettent le rétablissement d'un fossé de drainage et de 2 thalwegs (Camp Auriol et Ruisseau des Clottes). Un ouvrage routier inférieur permet le passage d'un chemin de part et d'autre de la voie ferrée existante (les ouvrages sont localisés sur la figure 2 au paragraphe 4). En aval de la voie ferrée, le ruisseau de Maire recueille l'ensemble des eaux de drainage de l'Etang Haut et les achemine vers le Rec du Veyret plus en aval (carrière Cap de Pla).

Le Rec de Veyret coule à l'extrémité sud de la plaine de Montredon des Corbières. Sur la zone d'étude, le lit est encaissé et assez rectiligne.

Le Rec de Veyret s'écoule ensuite entre la voie ferrée sur sa rive gauche et le massif en rive droite. Du secteur de St Roch jusqu'au pont routier de Cap de Pla, le Rec de Veyret se jette dans une carrière, qui a pour effet d'amortir les crues avant de traverser la zone urbanisée de Narbonne.

D'après les études antérieures (rapport de présentation du PPRI du Rec de Veyret), la carrière présente un volume de 450 000 m^3, pour une cote maximale de 21.54 mNGF.

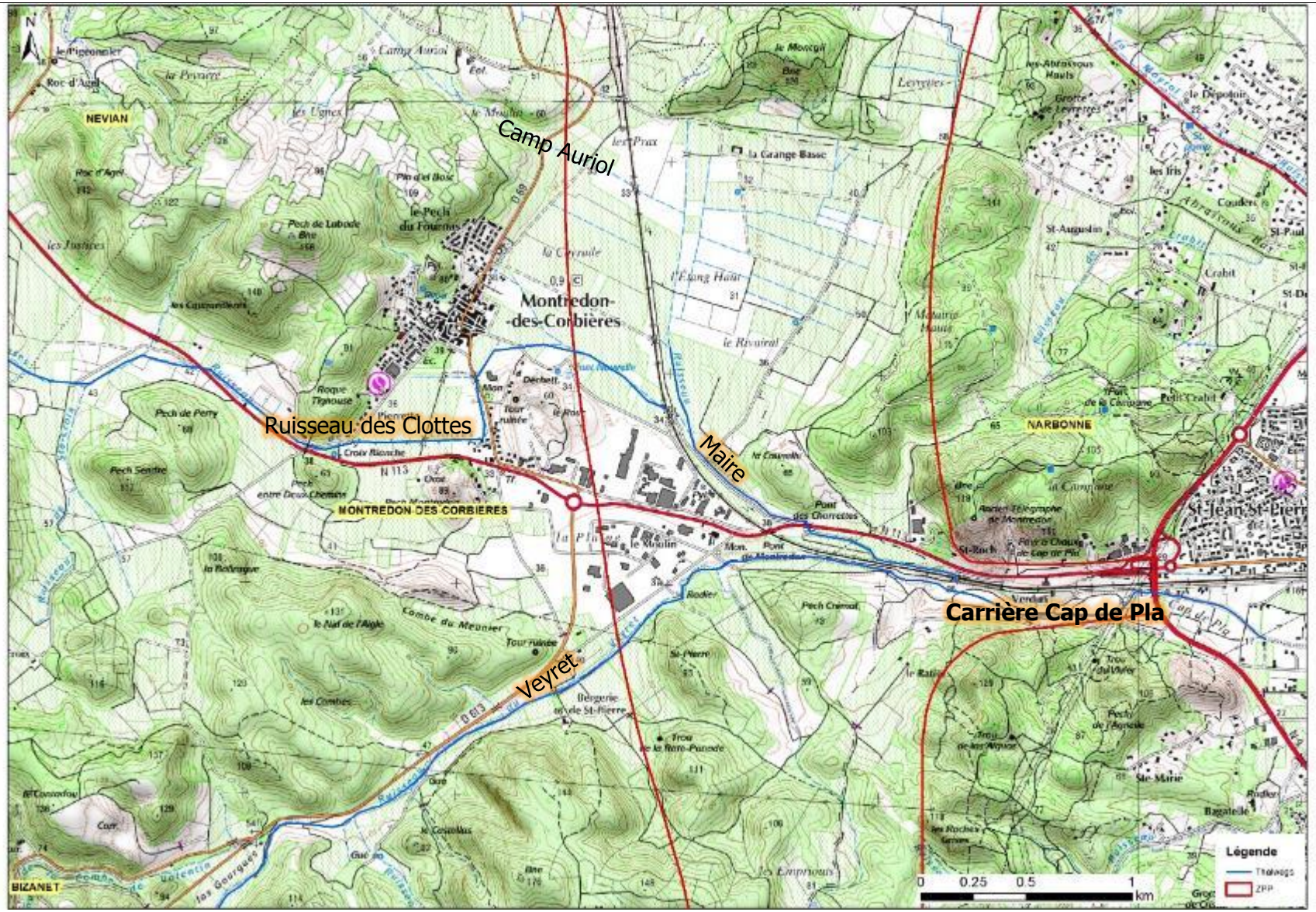


Figure 1 : présentation de la zone d'étude

4. VISITE DE TERRAIN

Deux visites de terrain (7/10/2014 et 21/09/2015) ont permis de repérer les principaux ouvrages et thalwegs de la zone d'étude.

Les cartes des pages suivantes permettent de localiser les points particuliers, ainsi que les photos, mentionnés dans les chapitres suivants.

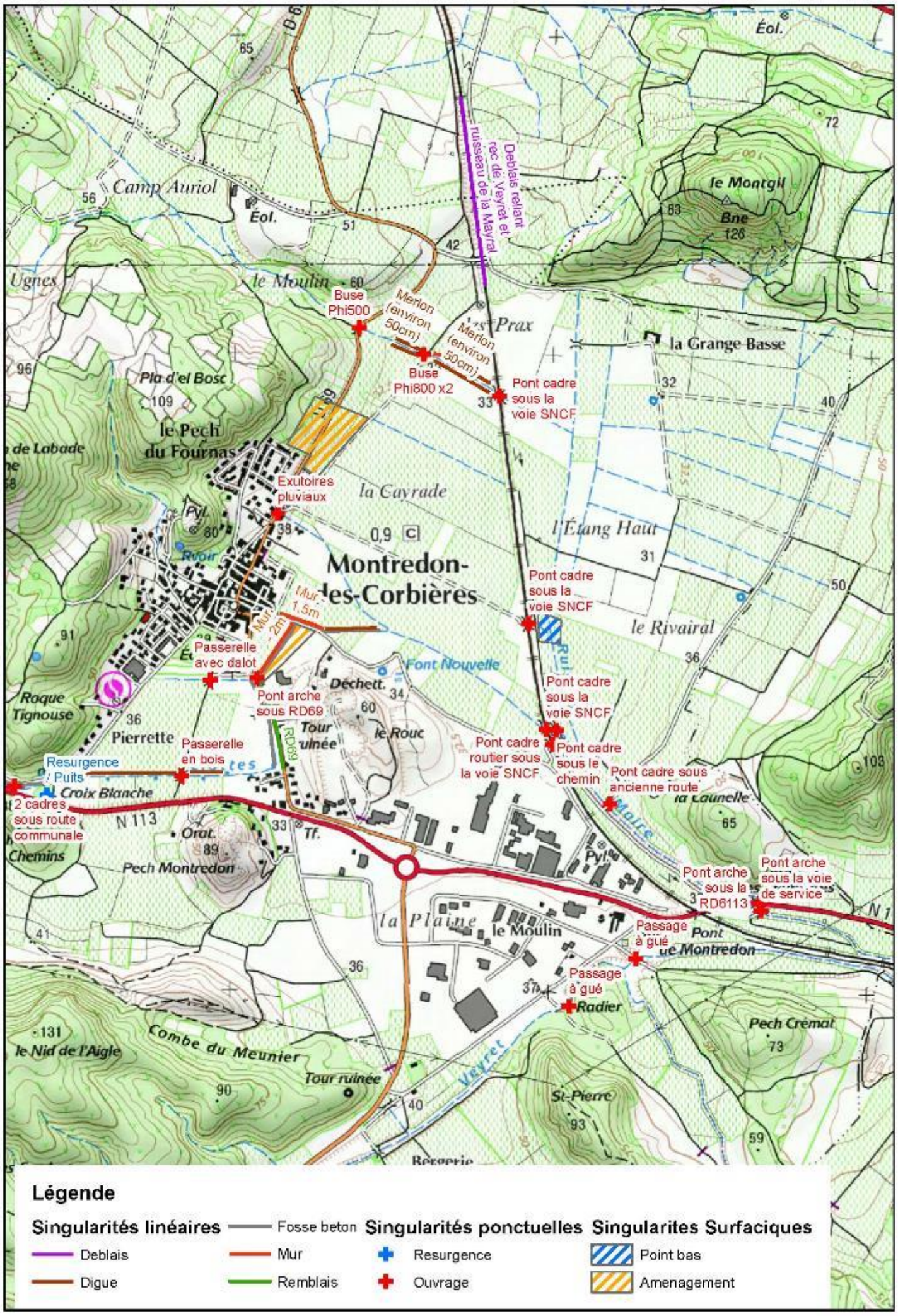


Figure 2 : localisation des ouvrages

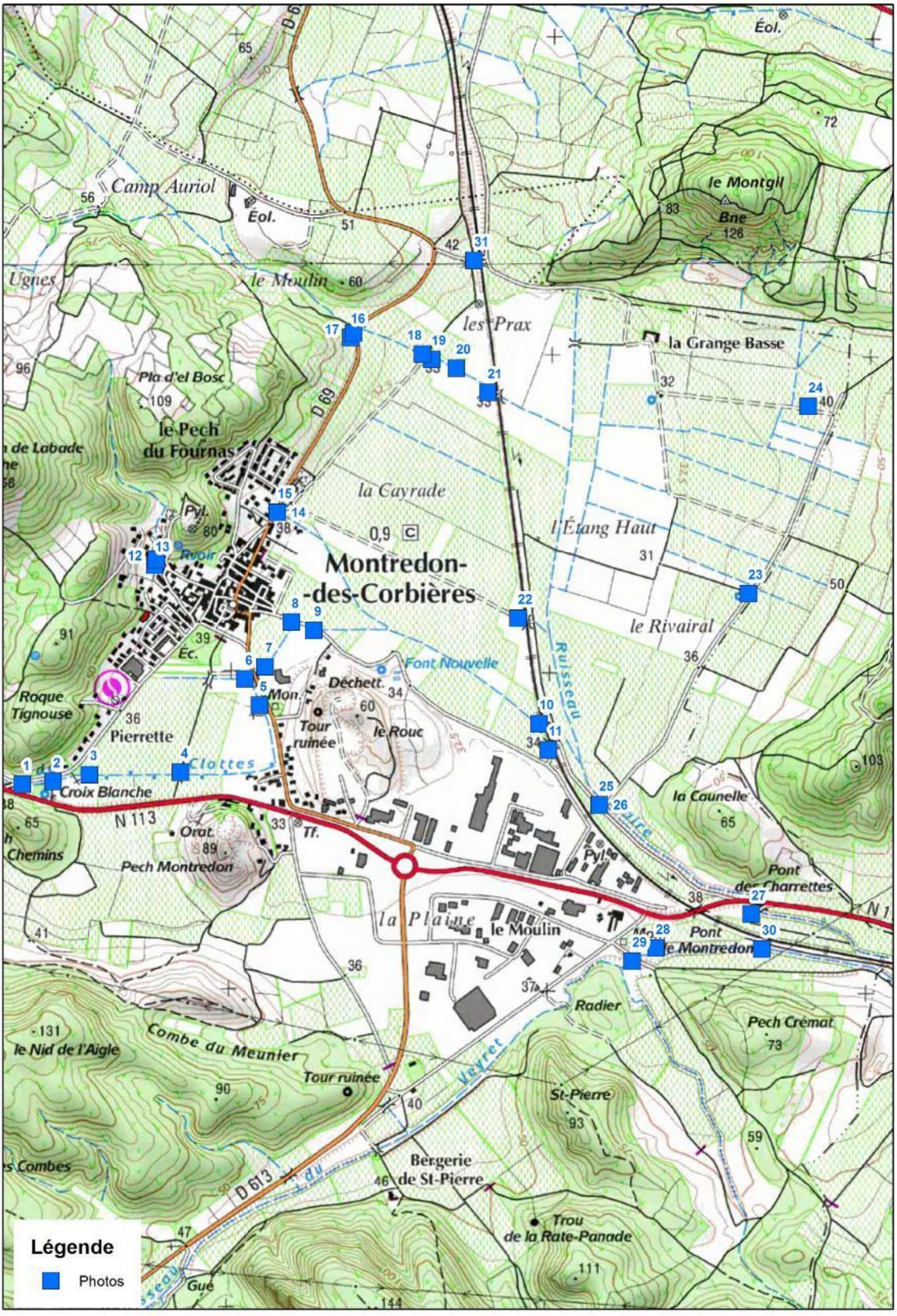


Figure 3 : localisation des prises de vue

4.1. Bassin versant du ruisseau Maire

Ce bassin versant est parcouru par plusieurs thalwegs. Le thalweg principal, le ruisseau des Clottes, est associé à un bassin versant représentant environ les 2/3 de la superficie du bassin versant du ruisseau Maire.

4.1.1. *Sous bassin du ruisseau des Clottes*

Le bassin versant se compose de 2 entités.

- Le ruisseau des Clottes et de ses affluents (ruisseaux des Vallées Closes, de Saint-Antoine et de Sainte Croix) qui correspond à une superficie de 10km² environ.
- Les ruissellements pluviaux au nord et au sud du village de Montredon sont repris au travers de deux thalwegs :
  - Une combe (70 ha environ) entre le Pech de Babade et de Pech de Fournas, qui débouche dans la partie Sud du village de Montredon.
  - un petit thalweg (40 ha environ) récupérant les eaux du Pech de Fournas et du Nord du village, et qui débouche au niveau du cimetière et rejoint le ruisseau des Clottes dans l'étang.

Le reportage photographique ci-dessous présente le bassin versant.

4.1.1.1. Le ruisseau des Clottes

Après avoir récupéré les eaux de ces principaux affluents (ruisseaux Saint-Antoine, Sainte-Croix et des Vallées Closes), le ruisseau des Clottes débouche dans une plaine fermée par les remblais de la RD69 et de la RD6113. Il passe sous une route communale et débouche dans un fossé bétonné puis enherbé. Il est également endigué en rive gauche. Après passage sous une passerelle en bois il vient longer la RD69. Il récupère ensuite les eaux de la combe et traverse la RD69 par un pont arche. En rive gauche il est bordé par un mur d'environ 2m de hauteur. Il passe ensuite un chemin communal et débouche sur l'étang.


Vue de la face amont des dalots sous la route communale (1)


Vue du ruisseau des Clottes au lieu-dit de la Croix Blanche (2)


Vue du ruisseau des Clottes (3)


Passerelle sur le ruisseau des Clottes (4)


Vue du ruisseau des Clottes le long de la RD69 (5)


Pont arche sous la RD69 (6)


Vue du ruisseau des Clottes à l'aval du pont arche – lit moyen aménagé (7)


Vue du ruisseau des Clottes – passage sur route communale (8)


Vue du ruisseau des Clottes (9)


Ouvrages sous la voie SNCF 3 x 2,1 m (10)


Pont routier 4 x 2,5 m en parallèle (11)

4.1.1.2. Les axes de ruissellements pluviaux

LA COMBE

La combe traverse le village et suit les rues avant de rejoindre le ruisseau des Clottes au niveau de l'ouvrage arche sous la RD69.



Vue de la combe sur les hauteurs du village (12)



Vue de la combe (13)

PECH DE FOURNAS

Le réseau pluvial débouche dans un fossé trapézoïdal d'environ 1m de large au fond. Celui-ci retrouve le ruisseau des Clottes dans l'étang.



Faces aval des ouvrages pluviaux (14)



Fossé récupérant le bassin versant du pech de Fournas (15)

4.1.2. *Sous bassin du ruisseau du Camp d'Auriol*

Ce bassin versant est situé au Nord-Ouest de l'étang.

Il rejoint dans l'étang par une combe, traverse ensuite la RD69 par une buse de diamètre 500 mm. A l'aval de cet ouvrage le fossé est marqué et chemine à travers la vigne. On note l'existence d'un passage à gué busé (2 ouvrages ∅800). En aval du gué, le ruisseau est bordé par deux merlons de faible hauteur, entre 50 cm et 1 m. Ces merlons sont soutenus par des murets. Le ruisseau rejoint ensuite la voie ferrée et la franchit par un ouvrage cadre.

Le reportage photographique ci-dessous illustre le cheminement du ruisseau Camp Auriol.


Vue de la combe du ruisseau du camp Auriol depuis la RD69 (16)


Vue de la face amont de l'ouvrage sous la RD69 (à l'aval buse ∅500) – (17)


Passage à gué busé (18)


Vue du fossé avec merlons empierrés (19)


Vue du ruisseau depuis la vigne en rive gauche (20)


Vue de la face amont de l'ouvrage cadre 3 x 1,5 m sous la voie SNCF (21)

4.1.3. ***Sous bassin Est de l'étang haut et ruisseau Maire***

L'Est de l'étang correspond à un bassin versant de 2,7 km². De nombreux fossés ainsi que des ouvrages sont présents dans la plaine et drainent les écoulements en provenance des collines. Ces écoulements sont dirigés le long de la voie SNCF (ruisseau Maire). Un ouvrage sous la voie SNCF est situé dans un point bas et permet de rétablir les écoulements de part et d'autre de la voie ferrée. Le ruisseau Maire reçoit les eaux du ruisseau des Clottes puis franchit l'ancienne route de Bizanet puis la RD6113 et une voie de service. Il rejoint ensuite le ruisseau de Veyret au Cap de Pla après avoir franchi la voie SNCF par un ouvrage cadre de dimensions 3,9 x 3,4 m..

Le reportage photographique ci-dessous illustre le cheminement du ruisseau de la Maire.


Vue de l'ouvrage sous la voie ferrée 3 x 2,1 m– Point bas (ruisseau Maire) – (22)


Fossé (23)


Passage à gué busé dans l'étang (24)


Vue du ruisseau Maire après la confluence avec le ruisseau des Clottes (26)


Vue de l'ouvrage 2,9 x 3,1 m sous l'ancienne route de Bizanet (25)


Vue du pont 4 x 2,9 m sur la RD6113 (27)

4.2. Bassin versant du Rec de Veyret

Le ruisseau du Veyret franchit plusieurs ouvrages (passage à gués, passage souterrain, la carrière de Cap de Pla). Son exutoire final est l'étang de Bages.



Vue du lit mineur du ruisseau de Veyret avant la confluence avec le ruisseau Maire (28)



Passage à gué busé sur le ruisseau de Veyret (29)



Vue du ruisseau de Veyret en amont de la carrière de Cap de Pla (30)



Vue de l'ouvrage mobile de vidange de la retenue Cap de Pla –vue depuis l'amont – pertuis 3.1 x 0,7 – déversoir à 18.43 mNGFde 20 m de large



Vue de l'ouvrage mobile de vidange de la retenue Cap de Pla –vue depuis l'aval

4.3. Autre point remarquable

Au Nord de l'étang, la voie ferrée passe en déblais. En fonction de l'importance du remplissage de l'étang, une communication entre le Rec de Veyret et le ruisseau de la Mayral plus au Nord peut se produire.



Voie ferrée en déblais – au fond : vallée du ruisseau de la Mayral (31)

5. IDENTIFICATION DES ENJEUX AU REGARD DE LA PROBLEMATIQUE HYDRAULIQUE

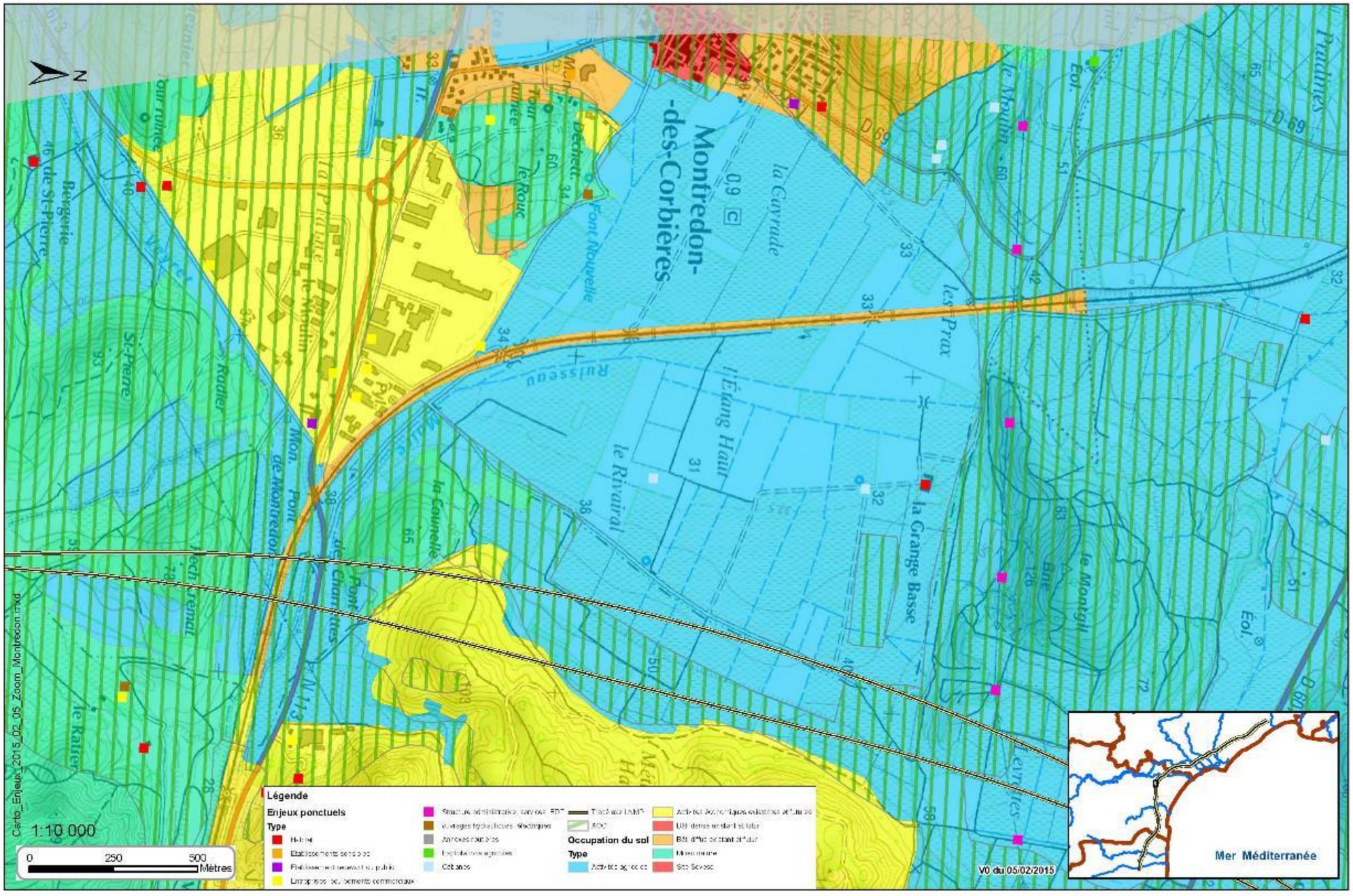
Les enjeux bâtis sont constitués des zones urbanisées de Montredon des Corbières et de la zone industrielle. Quelques bâtis isolés sont également présents dans la plaine de Montredon (habitation, ferme et mazet de la grange Basse).

Un nouveau lotissement, non indiqué sur la carte IGN est présent au Nord de Montredon le long de la RD69. Au nord de ce lotissement, se trouve une maison de retraite (« la Tour »)

Une carte de synthèse des enjeux est proposée en page suivante.

ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Carte des enjeux au regard de la thématique hydraulique secteur de Montredon des Corbières



6. HYDROLOGIE

6.1. Le bassin versant

La surface totale du bassin versant du Rec de Veyret à son exutoire (étang de Bages et Sigean) est de 42 km², et de près de 33 km² au droit du lieu-dit *Pont des Charrettes* (localisation du tracé de la LNMP).

L'altitude s'étend de 280 mNGF en amont à 38 mNGF au droit du lieu-dit *Pont des Charrettes*. Le bassin versant peut être divisé en trois sous bassins versants principaux, à savoir les bassins versants du Rec de Veyret, du Ruisseau de Clottes et Ruisseau Maire.

Entre le Pont des Charrettes et l'étang de Bages et Sigean, le Rec de Veyret en rejoint par le Ruisseau des Tines (en aval du projet LNMP)

Le ruisseau Maire reçoit les eaux du ruisseau des Clottes en aval de la voie ferrée existante (ouvrage limitant). La voie ferrée, en remblai dans cette zone, devient un endiguement artificiel. Les terrains agricoles situés en amont du remblai deviennent un champ d'expansion de crues (étang). L'écrêtement est important.

Le ruisseau Maire rejoint le Rec de Veyret dans la carrière Cap de Pla, aménagée dans les années 80 pour l'écrêtement des crues fréquentes.

Le bassin versant du Rec de Veyret est découpé en deux entités aux caractéristiques et fonctionnements très différents.

- La première entité (Rec de Veyret en amont de la zone d'étude) se caractérise par des vallons, limitant les phénomènes d'écrêtement.
- La deuxième entité concerne les plaines alluviales (Clottes, Maire). Ce sont des zones plates offrant la possibilité de retenir des volumes considérables (secteur des 2 chemins, Pierrette, Etang Haut), et donc à fort pouvoir d'écrêtement.

Ces spécificités du bassin versant du Rec de Veyret doivent être prises en compte dans les évaluations des débits de pointe.

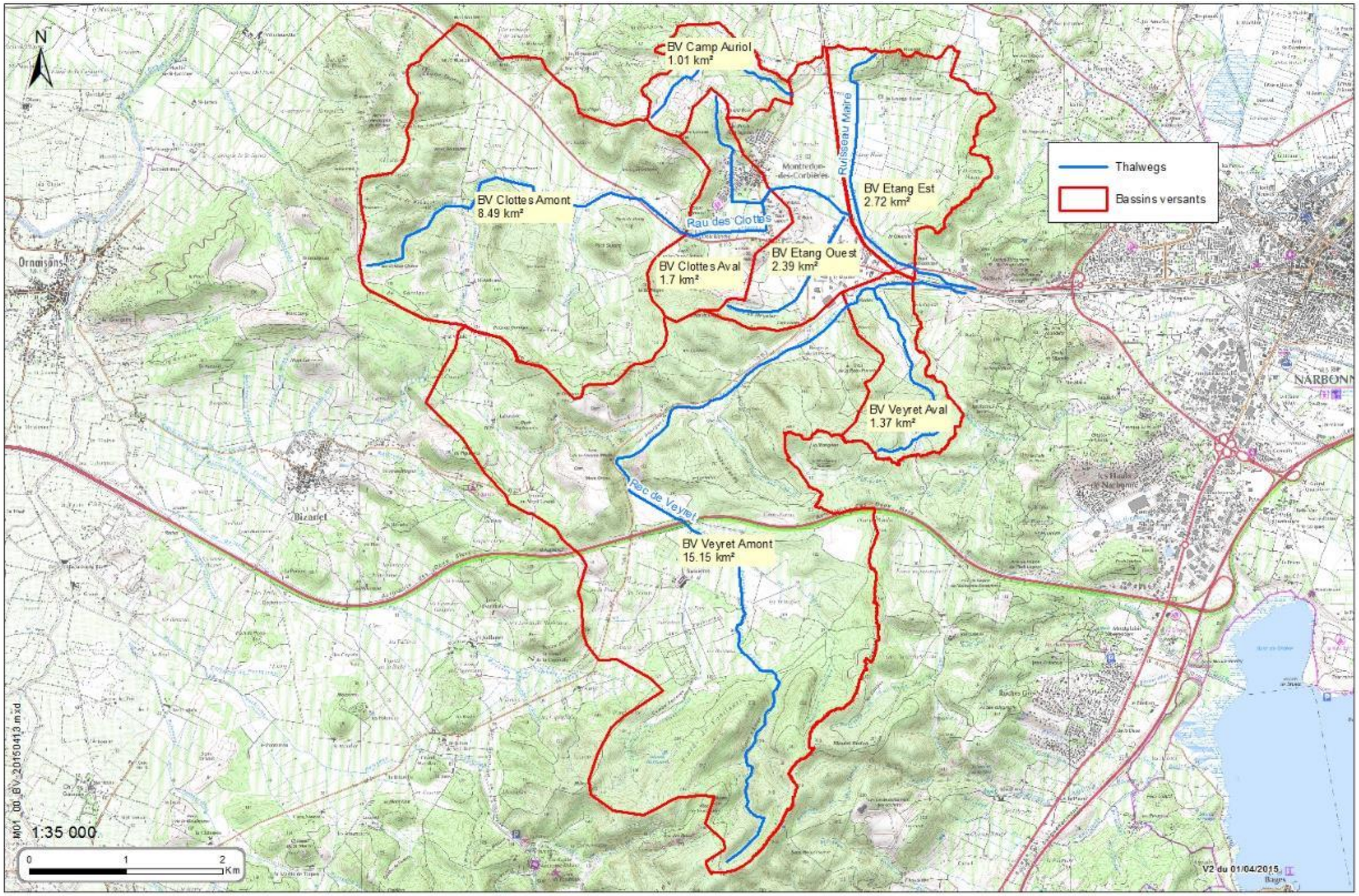
Le tableau suivant présente les caractéristiques des sous bassins versants.

Tableau 2 : Caractéristiques des sous-bassins versants

Bassin versant	Sous bassin versant	Superficie (km²)	Longueur du plus long thalweg (km)	Pente moyenne pondérée (m/m)
Rec de Veyret	Veyret Amont	15.15	8.66	0.010
	Veyret Aval	1.37	2.5	0.023
Ruisseau de la Maïre	Clottes Amont	8.49	4.1	0.011
	Clottes Aval	1.7	1.65	0.017
	Camp Auriol	1.01	1.9	0.027
	Etang Ouest	2.39	1.74	0.008
	Etang Est	2.72	2.7	0.001

ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Bassin versant du Rec de Veyret au droit du lieu-dit Pont des Charrettes



6.2. Le PPRi du Rec de Veyret

Les éléments présentés en italique dans ce chapitre sont une synthèse de l'étude PPRi.

Le rapport du PPRI du Rec de Veyret, réalisé par BCEOM en 2002 pour le compte de la DDE de l'Aude présente la démarche hydrologique adoptée.

L'analyse des crues historiques de 1965, 1992, 1994 et 1999 démontre que la crue centennale est la crue de référence.

Pour la détermination du débit de référence centennal, la méthode de Bressand Golossof appliquée à l'Aude[1] a été jugée trop pénalisante pour ce type de bassin versant, qui présente des vastes plaines ou carrières influant très significativement sur le débit de pointe. Les paramètres pluviométriques utilisés pour obtenir des hydrogrammes sont présentés dans le tableau ci-après :

Durée < 1 h		*Durée > 1 h*	
a	*b*	*a*	*b*
101.82	*0.30*	*101.82*	*0.66*

NB : Ces paramètres sont proches de ceux utilisés dans la méthode PPRI Audoise actuelle. Rappelons que l'étude est antérieure à la parution de la méthode.

La pluie théorique construite est une pluie de Keiffer, de durée 24h très pénalisante en volume.

Les hydrogrammes calculés sont injectés ensuite dans un modèle hydraulique (STREAM).

Les débits hydrologiques et hydrauliques en quelques points, issue du rapport de présentation du PPRI, sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 3 : Débits de référence issus du PPRi

Sous bassin versant	*Superficie (km²)*	*Débits hydrologiques (m^3/s)*	*Débits hydrauliques (m^3/s)*
Rec de Veyret en amont de la confluence avec le ruisseau Maire	*16.2*	*254*	*160*
Ruisseau des Clottes à la RD69	*10.2*	*127 + 34 (2 injections)*	*85*
Ruisseau Maire, en amont de la confluence avec le Veyret	*16*	*246*	*17*

L'écrêtement est très important, et en particulier sur le BV du ruisseau Maire. En effet, sur le ruisseau des Clottes, la RN113 bloque les écoulements entre le Puech des 2 chemins et le Puech de Montredon, avant d'entrer dans la zone dite de l'étang. D'autre part, le Rec de Veyret déborde au droit de la zone industrielle, les débits rejoignant l'étang Ouest.

La détermination du débit de pointe au droit du franchissement LNMP ne peut donc se passer d'une modélisation hydraulique en mode transitoire, compte tenu des effets d'écrêtement.

[1] Il s'agissait de la méthode Audoise de l'époque, proche de la méthode dite PPRi Aude actuellement appliquée

6.3. Application de la méthode « PPRi Aude »

A titre de comparaison avec la donnée disponible dans l'étude antérieure présentée ci-avant, la méthode PPRi actuellement utilisée pour les PPRi du département été mise en œuvre.

LA METHODE

Le temps de concentration t_c est calculé de la manière suivante :

$$t_c(\text{min}) = \frac{L}{V} \times \frac{1}{60}$$

- pour p < 1% : V = 1 m/s
- pour 1% < p < 10% : V = 1+(p-1)/9 avec p exprimé en %
- pour 10% < p : V = 2 m/s

avec :

- t_c en minutes
- L : chemin hydraulique le plus long (m)
- V : vitesse moyenne de transfert des eaux (m/s)
- p : pente pondérée du bassin versant (%)

Avec une fonction de production de type rationnel (Q = C_R . i . S) on obtient :

$$Q100 = \frac{C_R}{3.6} \times a_{100} \times \left(\frac{L}{3600 \times V}\right)^{-b100} \times S$$

avec

- Q100 : débit centennal en m^3/s
- S : surface (km^2)
- C_R : coefficient de ruissellement
- a_{100} et b_{100} : coefficients de Montana pour une pluie de retour 100 ans

Les coefficients de Montana correspondant au Pj100 de la zone où se trouve le point de calcul sont consignés dans le tableau ci-dessous (on distingue les cas où t_c est >1h ou <1h):

		Coefficients de Montana		
Zone	Pj100 (mm)	a100	b100 (>1h)	b100 (<1h)
A	300	102	0,62	0,35

Le coefficient de ruissellement **C_R** est donné par la formule suivante :

C_R coefficient de ruissellement (formule "experts") **= 0,8 x (1 – Po / Pj100)**

avec **Po** = rétention initiale donnée par le tableau ci-après :

Valeurs de Po en mm (propositions "experts")

Couverture végétale	Morphologie	Pente %	Terrain sable grossier	Terrain Limoneux	Terrain argileux ou rocailleux compact
Bois Garrigue	presque plat	0 - 5	90	65	50
	ondulé	5 - 10	75	55	35
	montagneux	10 - 30	60	45	25
Pâturages	presque plat	0 - 5	85	60	50
	ondulé	5 - 10	80	50	30
	montagneux	10 - 30	70	40	25
Cultures	presque plat	0 - 5	65	35	25
	ondulé	5 - 10	50	25	10
	montagneux	10 - 30	35	10	0

Cette méthode fournit une estimation du débit de pointe, mais pas du volume.

APPLICATION SUR LE BASSIN VERSANT DU REC DE VEYRET AU DROIT DE LA LNMP (PONT DES CHARRETTES):

Au droit du lieu-dit Pont des Charrettes, le bassin versant du Rec de Veyret à une superficie de 16.53 km², la longueur du plus long cheminement hydraulique est de 9,125 km, avec une pente pondérée 0,0098 m/m. La pluie journalière centennale est estimé à 300 mm. Ce bassin est couvert de forêt et formé de terrain argileux.

- la vitesse moyenne de transfert des eaux est donc : V = 1 m/s
- le temps de concentration t_c = L / (V x 60) =9125 /(1 x 60) = 152 minutes = 2,5 h (>1h)
- les coefficients de Montana : a_{100} = 102 ; b_{100} = 0,62
- le coefficient de ruissellement : C_R = 0,8 x (1 – 50 / 300) = 0,67

Q100 = C_R . i . S / 3,6 = 0,67 x (102 x 2,5 $^{-0.62}$) x 16,53 / 3,6 = **178 m³/s**

APPLICATION SUR LE BASSIN VERSANT DU RUISSEAU MAIRE AU DROIT DE LNMP :

Bassin versant de surface 16.31 km², de plus long cheminement hydraulique 7,1 km, de pente pondérée 0,005 m/m et de Pj100 = 300 mm. Ce bassin est couvert de forêt et formé de terrain argileux.

- la vitesse moyenne de transfert des eaux est donc : V = 1 m/s
- le temps de concentration t_c = L / (V x 60) =7093 /(1 x 60) = 118 minutes = 2 h (>1h)
- les coefficients de Montana : a_{100} = 102 ; b_{100} = 0,62
- le coefficient de ruissellement : C_R = 0,8 x (1 – 50 / 300) = 0,67

Q100 = 201 m³/s

COMPARAISON DES DEBITS RETENUS DANS LE PPRI ET LA METHODE PPRI AUDE

Le tableau ci-après présente une comparaison entre la méthode PPRI Audoise, et les débits hydrologiques retenus dans l'étude PPRI (débits en amont non écrétés).

Tableau 4 : Comparaison des débits calculés avec la méthode PPRi Audoise, et ceux du PPRi

Sous bassin versant	Superficie (km²)	Débits hydrologiques étude PPRI (m³/s)	Débits méthode PPRI Aude (m³/s)
Rec de Veyret en amont de la zone industrielle	15.15	229	166
Ruisseau des Clottes à la RN113	7.83	127[2] (pour un BV de 7.48)	149

Le débit obtenu par application de la méthode PPRi Aude est plus faible que ceux indiqués dans le PPRI. Cela est dû au fait d'une part que le débit calculé dans le PPRI l'a été avec une longueur de thalweg ne représentant pas tout le linéaire du cours d'eau et d'autre part que la pluie de Keiffer est très pénalisante, dans le sens où elle sature rapidement le sol.

6.4. Application de la méthode SCS

Par cohérence avec l'hydrologie générale appliquée pour les études des rétablissement des écoulements naturels transversaux dans le cadre des étapes 3 du projet LNMP, la méthode SCS a également été mise en œuvre à titre de comparaison avec les informations PPRi décrites précédemment.

6.4.1. *La méthode*

La méthode du Soil Conservation Service a été mise au point aux Etats Unis sur la base de résultats de mesures pluvio -hydrométriques pratiquées sur plusieurs centaines de bassins versants. BRL ingénierie l'a appliquée et calée en région méditerranéenne sur des bassins jaugés, et obtenu des résultats assez proches de la réalité. Ce modèle permet de déterminer des hydrogrammes de crue à partir d'une relation Pluie –débit.

Son principe se base sur la méthode de l'hydrogramme unitaire:

[2] Sur le ruisseau des Clottes à la RN113, si on applique la méthode PPRI Aude aux caractéristiques du bassin versant indiqué dans le rapport de présentation du PPRI, le débit serait de 174 m³/s.

On suppose qu'un épisode pluvieux de période de retour T engendre un ruissellement de même période de retour. Les seules données nécessaires à la transformation sont les caractéristiques P(t) de la pluie choisie et les caractéristiques géométriques et physiques du bassin versant.

Le choix de la durée de l'épisode pluvieux et celui du pas de temps de calcul pour la transformation pluie –débit, dépendent du temps de réponse du bassin versant étudié caractérisé par le temps de concentration, Tc.

- t_c = f (L,H).=((0.87 x L^3)/H)^0.385; formule de Kirpich
  - L = longueur du plus grand thalweg.
  - H = dénivelée correspondante.

L'hydrogramme élémentaire, généré par la pluie élémentaire tombée pendant un pas de temps D, est supposé triangulaire :

Il est caractérisé par :

- Son débit de pointe : Q_P
- Son temps de montée : $T_p = \frac{D}{2} + K_1 t_c$
- Son temps de descente : $T_d = K_2 T_p$
- Son temps de base : $T_b = T_p + T_d$

K1 et K2 sont des paramètres qui dépendent des caractéristiques du bassin versant et qui sont ajustés pendant la phase de calage du modèle. Les valeurs usuelles sont : K1=0.6 et K2=1.67

La pluie de projet de durée 6D (P6D) est décomposée en un hyétogramme composé de 6 pluies élémentaires :

- P1=0.08 P6D
- P2=0.09P6D
- P3=0.11P6D
- P4=0.49P6D
- P5=0.15P6D
- P6=0.08P6D

Courbe de ruissellement : La lame d'eau ruisselée, LR, est donnée en fonction de la pluie P par une équation du type LR = f (P,S)

LR = (P-0.2 S)^2 / (P+0.8 S)

- P: pluie cumulée (mm) fonction du temps t
- S: déficit d'écoulement maximal théorique (mm): S=S0+S1 t
- S0 : seuil de ruissellement (mm),
- S1 : est assimilable à une vitesse d'infiltration (mm/h),
- t : temps en heures

La résolution de LR = f (P) donne, pour une valeur de S égale à Smax à t=6D, une courbe dite courbe de ruissellement identifiée par son numéro CN (curve number) variable entre 0 et 100 :

Smax = 25.4 (1000-10CN) / CN, pour t=6D

La courbe de ruissellement est choisie en fonction de la nature et du couvert du bassin versant en se référant à des tables de correspondance du Soil Conservation Service pré-établies.

L'évolution du déficit d'écoulement au cours de l'averse est obtenue après identification de Smax par S0=0.2 Smax et S1=(Smax-S0)/6D. Et à chaque pas élémentaire i=1 à 6 : Si=S0+S1 t

Cette valeur Si est introduite dans l'équation de calcul de LR .

Le volume ruisselé élémentaire est donc :

- VE = LR x A
- A : surface du bassin versant
- VE = $\frac{Qp \times Tb}{2}$

Ces équations permettent de déterminer QP, débit de pointe de l'hydrogramme élémentaire.

Le calcul de la lame d'eau ruisselée à chaque pas de temps permet de déterminer chacun des hydrogrammes élémentaires. L'hydrogramme résultant est obtenu par sommation des hydrogrammes élémentaires.

6.4.2. *Application aux bassins versants étudiés*

La méthode SCS a été appliquée aux bassins versants de la zone d'étude avec les paramètres de pluviométrie et ruissellement de l'analyse hydrologique d'ensemble du projet LNMP (étape 3).

La pluviométrie utilisée est décrite par la formule de Montana ci-dessous :

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

Avec :

I : intensité pluviométrique en mm/h

t : durée de l'événement pluvieux considéré en heure

a et b : coefficient de montana

- a_{100} = 92 mm/h
- b_{100} = 0.395 pour 6 min ≤ t < 1 heure,
- b_{100} = 0.638 pour 1 h ≤ t < 24 heures.

Les coefficients d'aptitude au ruissellement découlant des caractéristiques physiques de bassins versants étudiés sont :

Tableau 5 : Coefficients d'aptitude au ruissellement (Curve Number) des sous-bassins versants

Sous bassin versant	Superficie (km²)	N
Veyret Amont	15.15	70
Veyret Aval	1.37	78
Clottes Amont	8.49	75
Clottes Aval	1.7	74
Camp Auriol	1.01	65
Etang Ouest	2.39	78
Etang Est	2.72	76

Les résultats ainsi obtenus sur les bassins versants amont sont les suivants :

Tableau 6 : Débits de pointe calculés par la méthode SCS

Sous bassin versant	Superficie (km²)	Débits SCS (m^3/s)	Débits hydrologiques étude PPRI (m^3/s)le
Rec de Veyret en amont de la zone industrielle	15.15	114	229
Ruisseau des Clottes à la RN113	8.49	116	127 (pour un BV de 7.48)

Les débits calculés à partir de la méthode SCS sont inférieurs (en particulier sur le Rec de Veyret) à ceux issus de l'étude hydrologique du PPRi.

6.5. Choix des débits de pointe et construction des hydrogrammes pour les besoins de la modélisation

Aucune des deux méthodes décrites dans les paragraphes 6.3 et 6.4 n'a été retenue. La DDTM11 a souhaité, lors d'une réunion du 23/01/2015, que soient retenues les hypothèses cohérentes avec le PPRI.

Pour la crue de référence, en cohérence avec le PPRi approuvé sur le Rec de Veyret, il a été retenu les hypothèses hydrologiques du PPRi.

Dans le rapport de présentation du PPRI, il est indiqué que le coefficient de ruissellement est pris égal à 0.6 et que le cumul pluviométrique est de 300 mm (événement de 24h). Par ailleurs, sur les cartes présentent en annexe, des débits sont localisés sur la zone d'étude dans les Clottes, le Veyret ou le Maire.

Le principe qui a été retenu est donc un calage hydrologie-hydraulique pour obtenir à la fois les débits indiqués dans le rapport du PPRI et les cotes maximales.

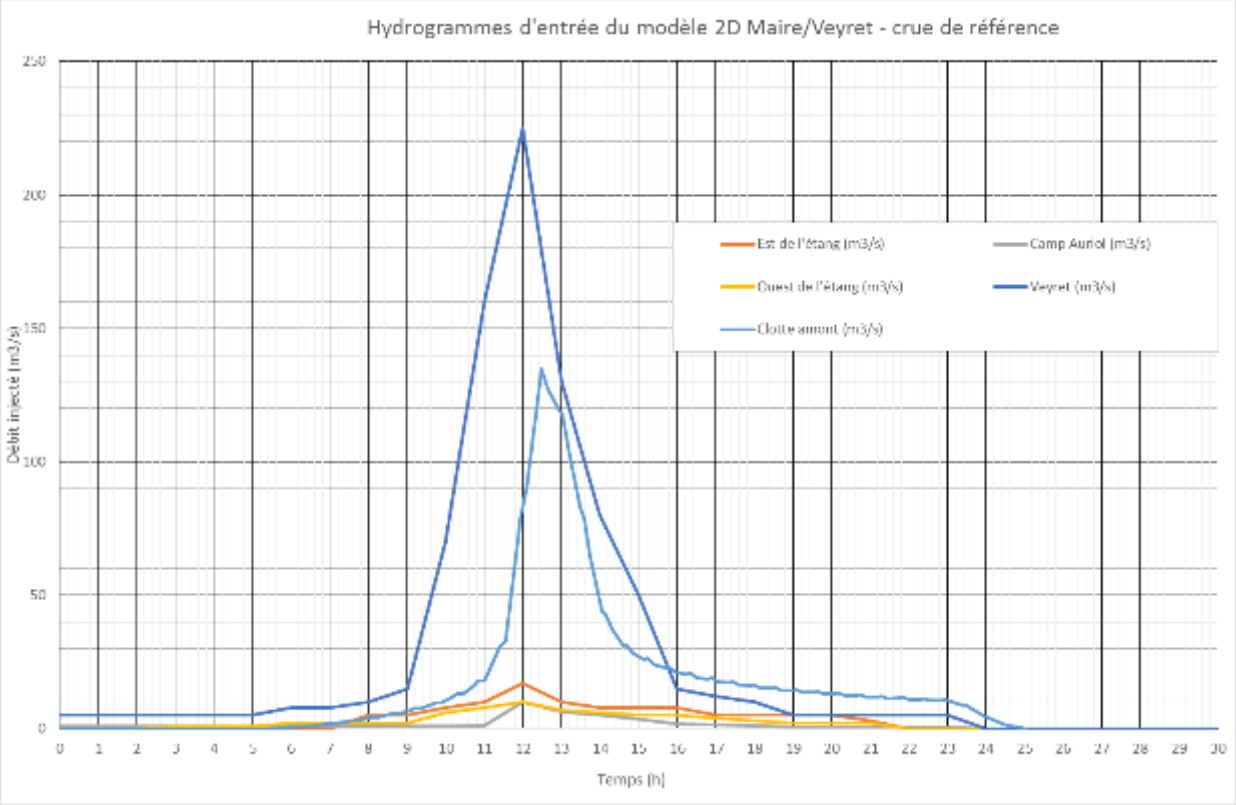
Les hydrogrammes ont ainsi été reconstitués à partir des informations du PPRi.

- La superficie de la Maïre en amont de la confluence avec le Veyret (RN113) est annoncée dans le PPRI à 15,6 km², soit un volume généré par ce bassin versant de 2,8 millions de m^3.
- La superficie du Veyret en amont de la confluence avec la Maire est annoncée dans le PPRI à 16,2 km², soit un volume généré par ce bassin versant de 3 millions de m^3.

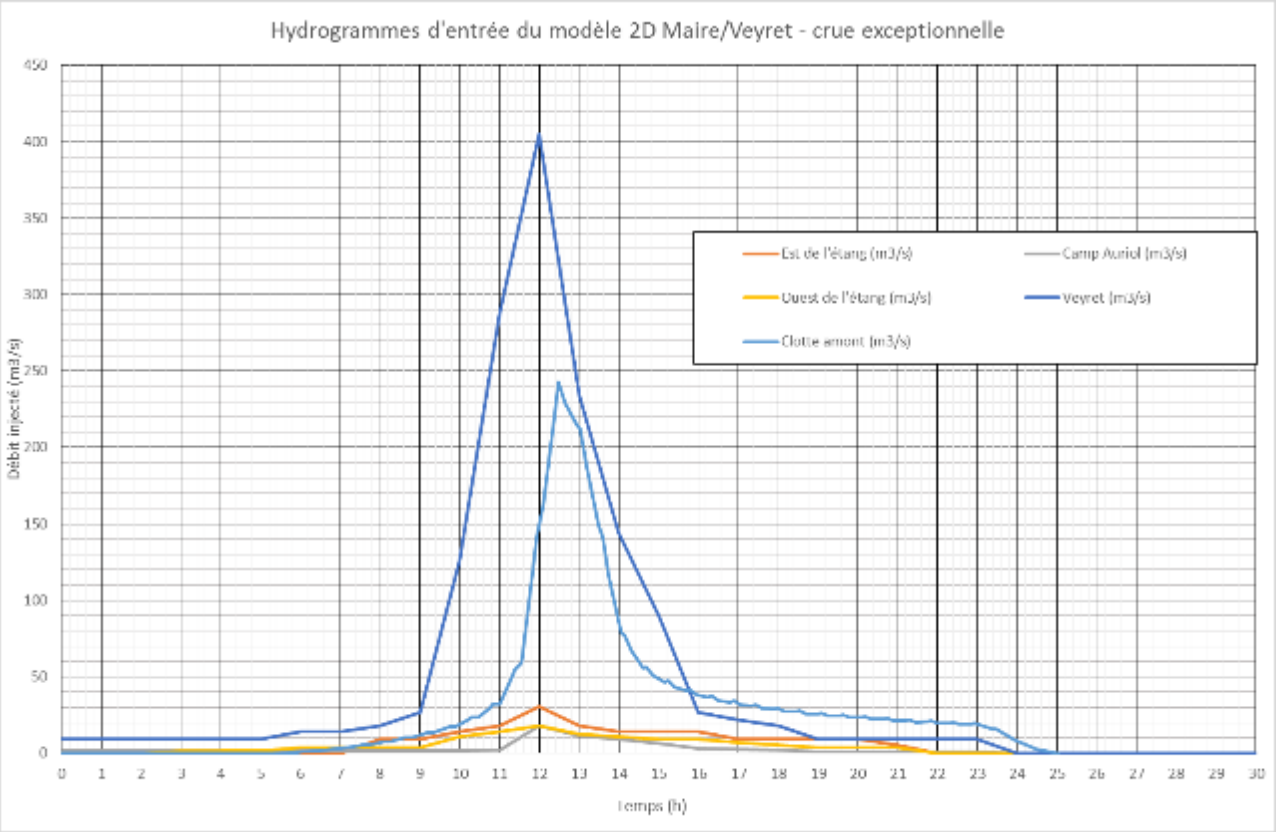
Ces volumes ont été répartis au prorata des superficies des bassins versants.

Tableau 7 : Débit de pointe et volume des hydrogrammes retenus pour l'étude

Point de calcul hydrologique	Débit de pointe (m^3/s)	Volume d'hydrogramme (10^3 m3)
Ruisseau des Clottes (amont modèle Clottes PPRi) – 9 km²	134	1.6
Amont du modèle Veyret PPRi – 16,2 km²	225	3
Camp Auriol – 1,1 km²	10	0.2
Etang Est – 3,3 km²	17	0.6
Etang ouest – 2,2 km²	10	0.4

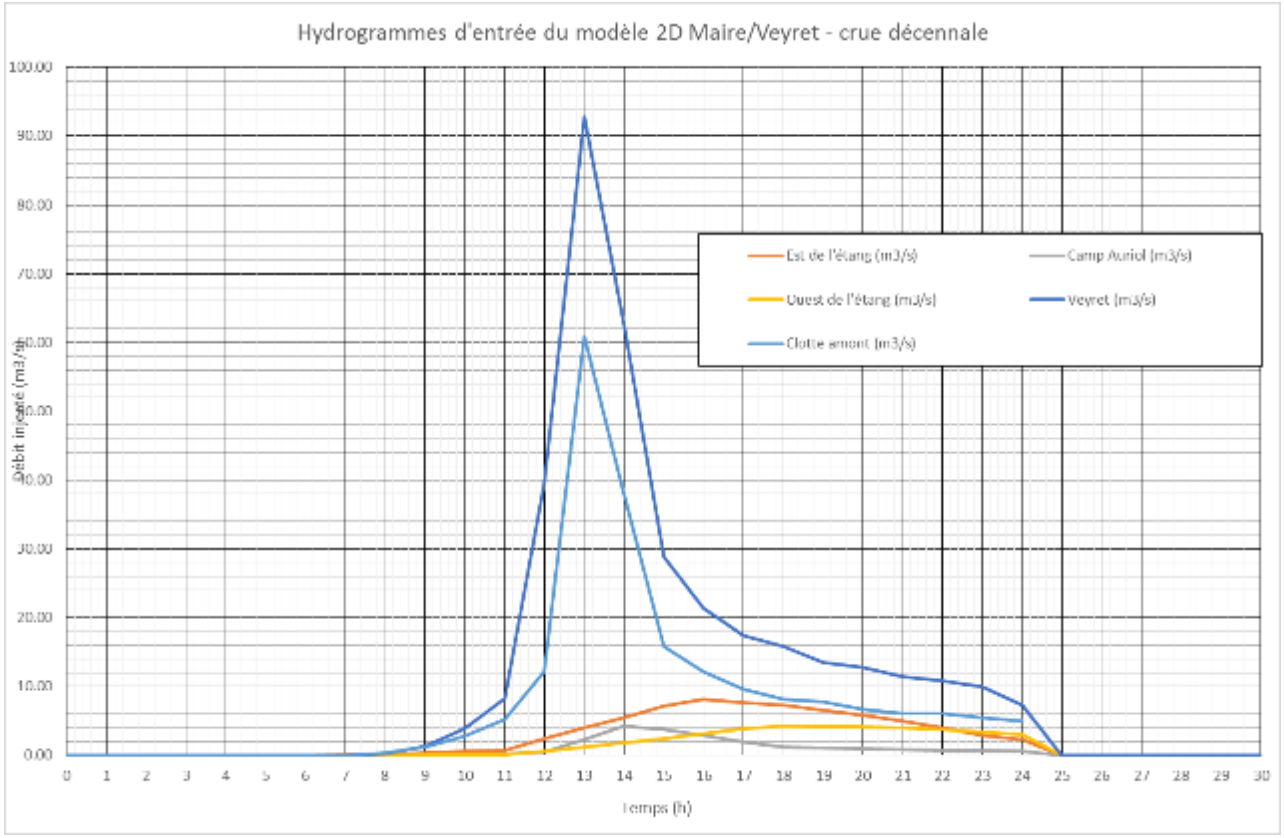

Hydrogrammes d'entrée du modèle 2D Maire/Veyret - crue de référence
Est de l'étang (m3/s)
Camp Auriol (m3/s)
Ouest de l'étang (m3/s)
Veyret (m3/s)
Cloture amont (m3/s)
Debit injecté (m3/s)
Temps (h)

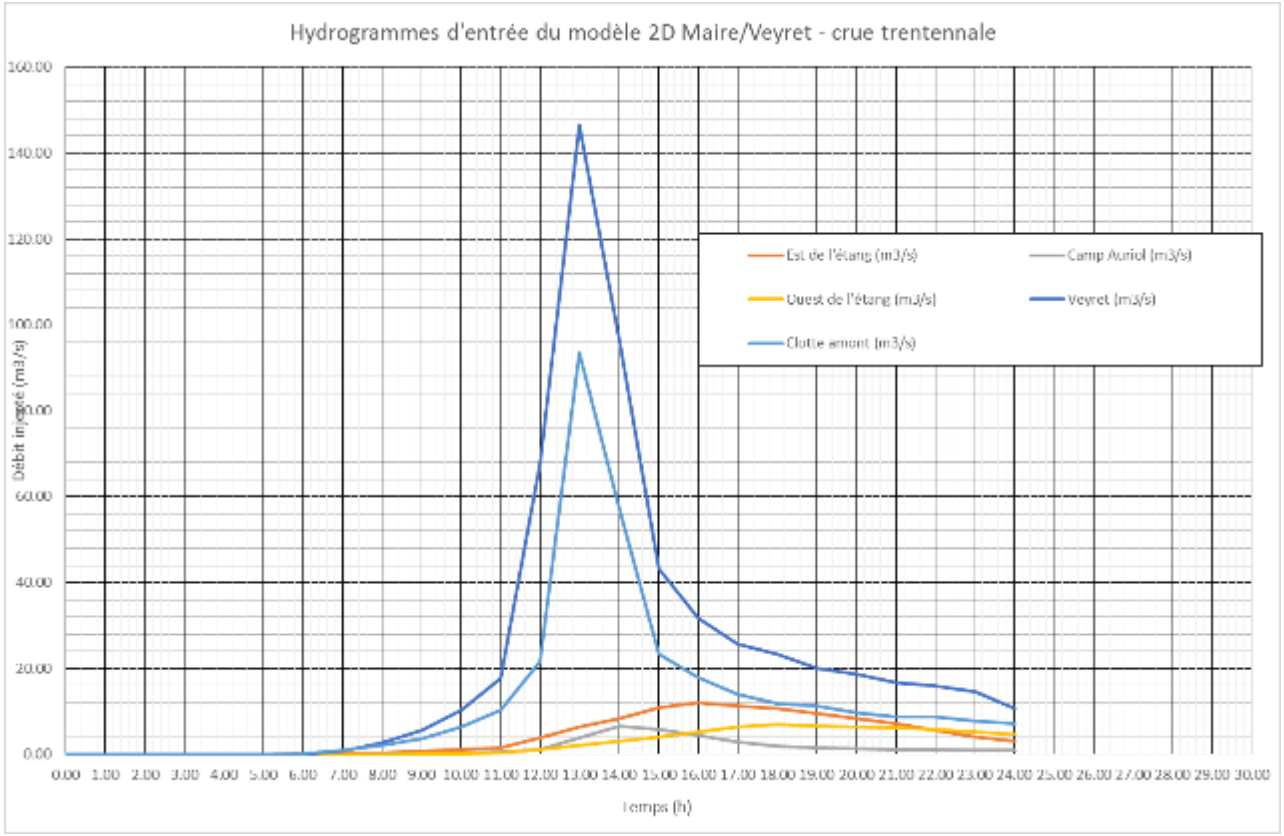
La crue exceptionnelle est construite comme une homothétie (x1,8) de la crue de référence.



Deux autres occurrences de crue sont proposées : décennale et trentennale. Pour ces occurrences, les débits de pointe de chaque bassin versant sont calculés par la méthode SCS calée pour chaque bassin versant et pour l'occurrence centennale sur les valeurs retenues dans le PPRi puis déclinée sur les occurrences décennale et trentennale.

Les hydrogrammes injectés sont présentés sur les graphes en page suivante.


Hydrogrammes d'entrée du modèle 2D Maire/Veyret - crue décennale
Est de l'étang (m3/s)
Camp Auriol (m3/s)
Ouest de l'étang (m3/s)
Veyret (m3/s)
Clotte amont (m3/s)
Débit injecté (m3/s)
Temps (h)


Hydrogrammes d'entrée du modèle 2D Maire/Veyret - crue trentennale
Est de l'étang (m3/s)
Camp Auriol (m3/s)
Ouest de l'étang (m3/s)
Veyret (m3/s)
Clotte amont (m3/s)
Débit injecté (m3/s)
Temps (h)

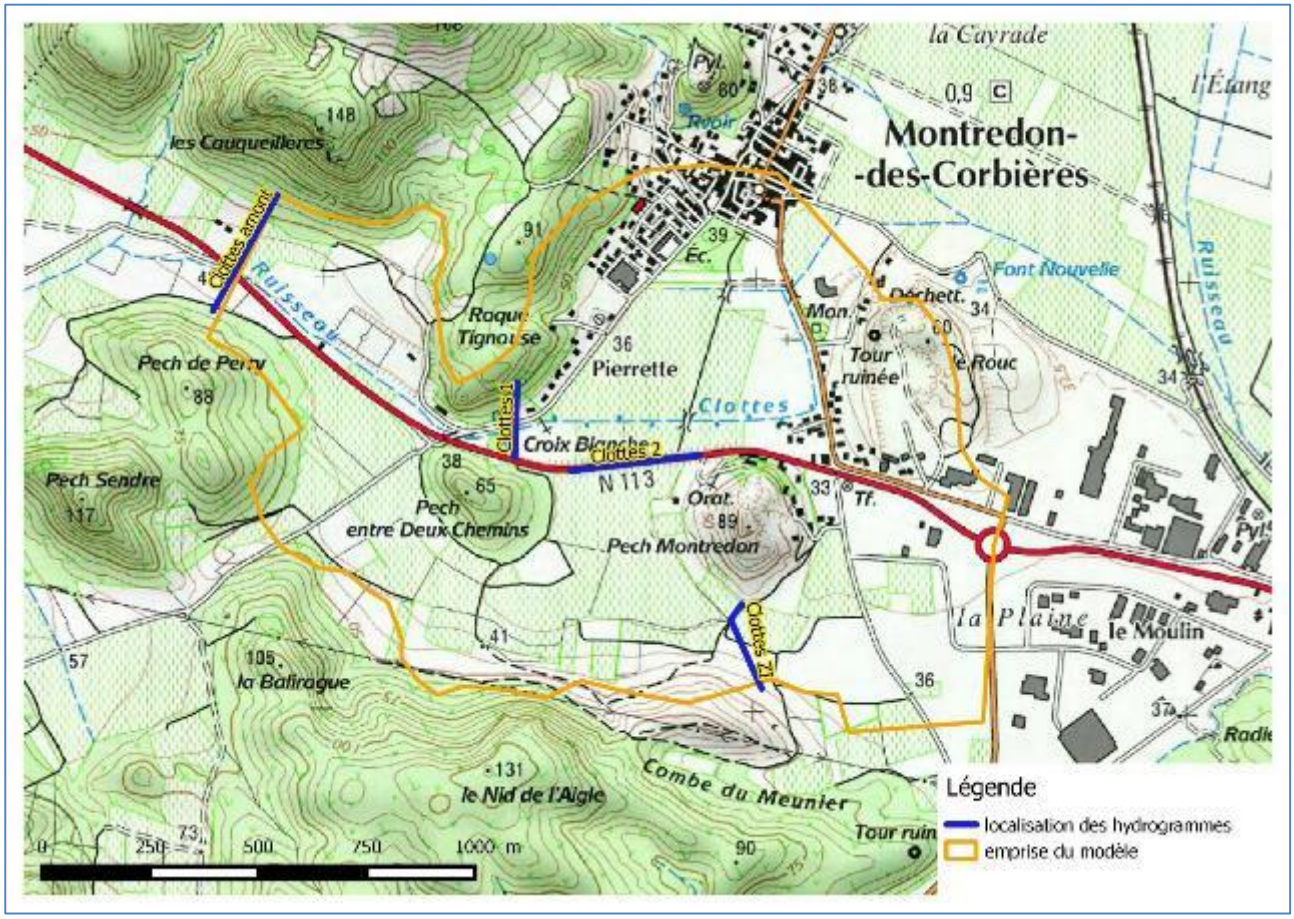
Le tableau suivant synthétise les débits de pointes des différents hydrogrammes pour les 4 crues :

Tableau 8 : Débits de pointe des sous-bassins versants pour les différentes crues

	Etang Est	Ruisseau Auriol	Etang Ouest	Ruisseau des Clottes à la RN113 (Clottes amont)	Rec de Veyret en amont de la zone industrielle (Bergerie de St Pierre)
Crue décennale	8	4	4	62	97
Crue trentennale	12	7	7	95	155
Crue centennale	17	10	10	134	225
Crue exceptionnelle	31	18	18	242	405

Afin de disposer du débit « hydraulique » des Clottes en amont du modèle 2D, un petit modèle 2D a été construit, depuis le point d'injection repéré dans le modèle du PPRI et la RD69.

Le contour du modèle est le suivant :



L'injection de l'hydrogramme des « Clottes amont » se situe à l'ouest du modèle.

3 hydrogrammes sont issus de cette modélisation :

- Clottes 1 : sur le ruisseau des Clottes au nord de la RN113

- Clottes 2 : cet hydrogramme est issu des débordements des Clottes en amont du Pech entre Deux Chemins. Les eaux contournent le Pech et rejoignent les Clottes en déversant sur la RN113

- Clottes ZI : cet hydrogramme est issu des débordements des Clottes en amont du Pech entre Deux Chemins. Il n'est non nul pour la crue exceptionnelle uniquement. Il rejoint la zone industrielle

7. MODELISATION HYDRAULIQUE DE L'ETAT ACTUEL

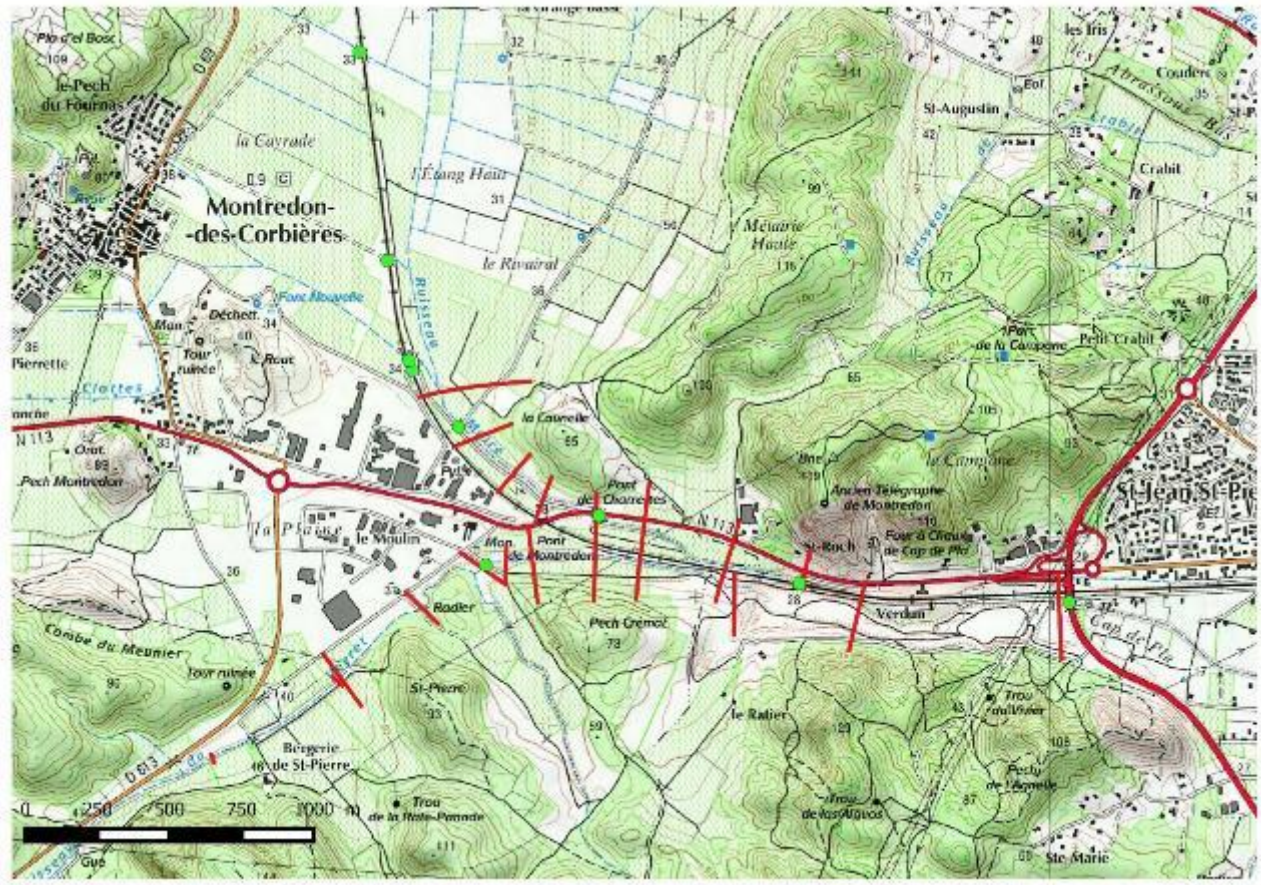
7.1. Données topographiques

Les données topographiques disponibles sur la zone d'étude sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Données topographiques disponibles sur la zone d'étude

Données	Source / date	Commentaires
Couverture LIDAR	FIT pour RFF / 2011	Densité d'information 1 point tous les 2 m. précision altimétrique appréciée par une erreur moyenne quadratique (emq) de 15 cm ce qui signifie que : 68% des points ont une erreur inférieure à l'emq 95% des points ont une erreur inférieure à 2 fois l'emq 99.7% des points ont une erreur inférieure à 3 fois l'emq
Plan de la voie ferrée actuel de Montredon	FIT pour RFF 09/2012	Dessin en plan de la voie ferrée actuelle
Profil en travers	FIT décembre 2011 GEINFRA juillet 2012	7 profils 11 profils
Relevés des ouvrages	SRT janvier 2015 GEINFRA juillet 2012 FIT 2011	1 ouvrage sous la voie ferrée actuelle 6 ouvrages 2 ouvrages

L'extrait de carte ci-dessous présente la localisation des relevés :



7.2. Le logiciel de modélisation

Le modèle a été construit à l'aide du logiciel TELEMAC 2D. Ce dernier est un logiciel de modélisation mathématique des écoulements, qui résout les équations de Barré de Saint Venant dans les deux directions de l'espace horizontal. Il s'appuie sur un maillage non structuré, composé de mailles triangulaires de taille variable.

7.3. Modèle et conditions aux limites

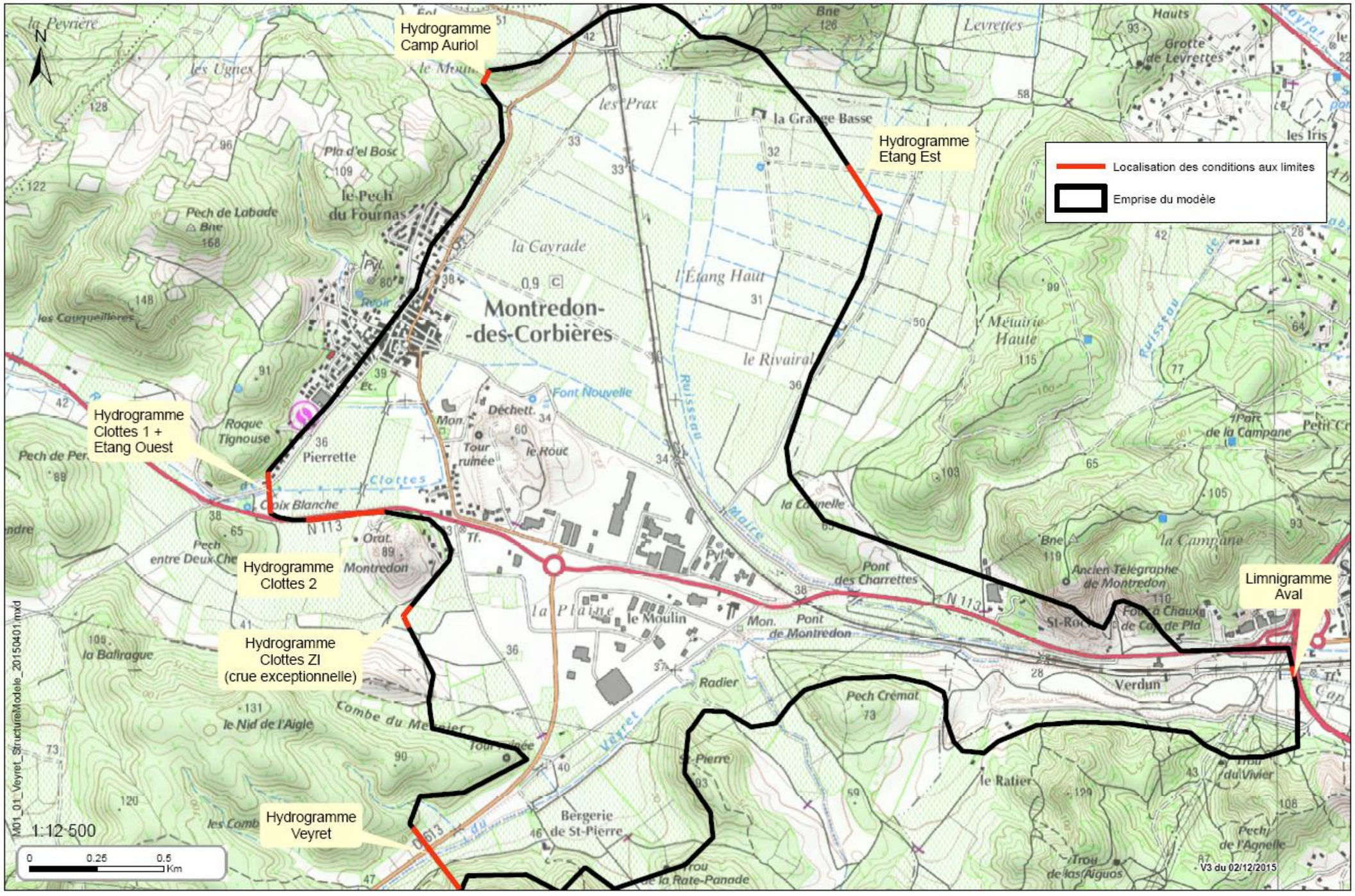
La finesse du maillage a été adaptée aux objectifs de l'étude. Ainsi la taille de mailles varie de 1 m au droit de la future ligne à grande vitesse et dans les lits mineurs modélisés à 20 m dans les zones à moindre enjeux (étang de Montredon par exemple). Au final, le modèle compte environ 585 000 nœuds de calcul.

Les conditions aux limites imposées dans le modèle sont :

- en conditions limites amont, les hydrogrammes calculés dans le § 6 ;
- en conditions limite aval, une loi de déversoir (cote du déversoir à 18.43 mNGF) en aval de la Carrière Cap de Pla (on suppose qu'un écoulement critique se produit sur le déversoir, c'est-à-dire que l'écoulement est dénoyé).

ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Emprise du modèle et conditions aux limites



7.4. Validation du modèle - Comparaison avec le PPRi

7.4.1. *Comparaison en cote maximale*

Les figures suivantes présentent les cotes de référence issues du PPRi sur le secteur d'étude.

Figure 4 : Cotes de référence du PPRi (1/2)



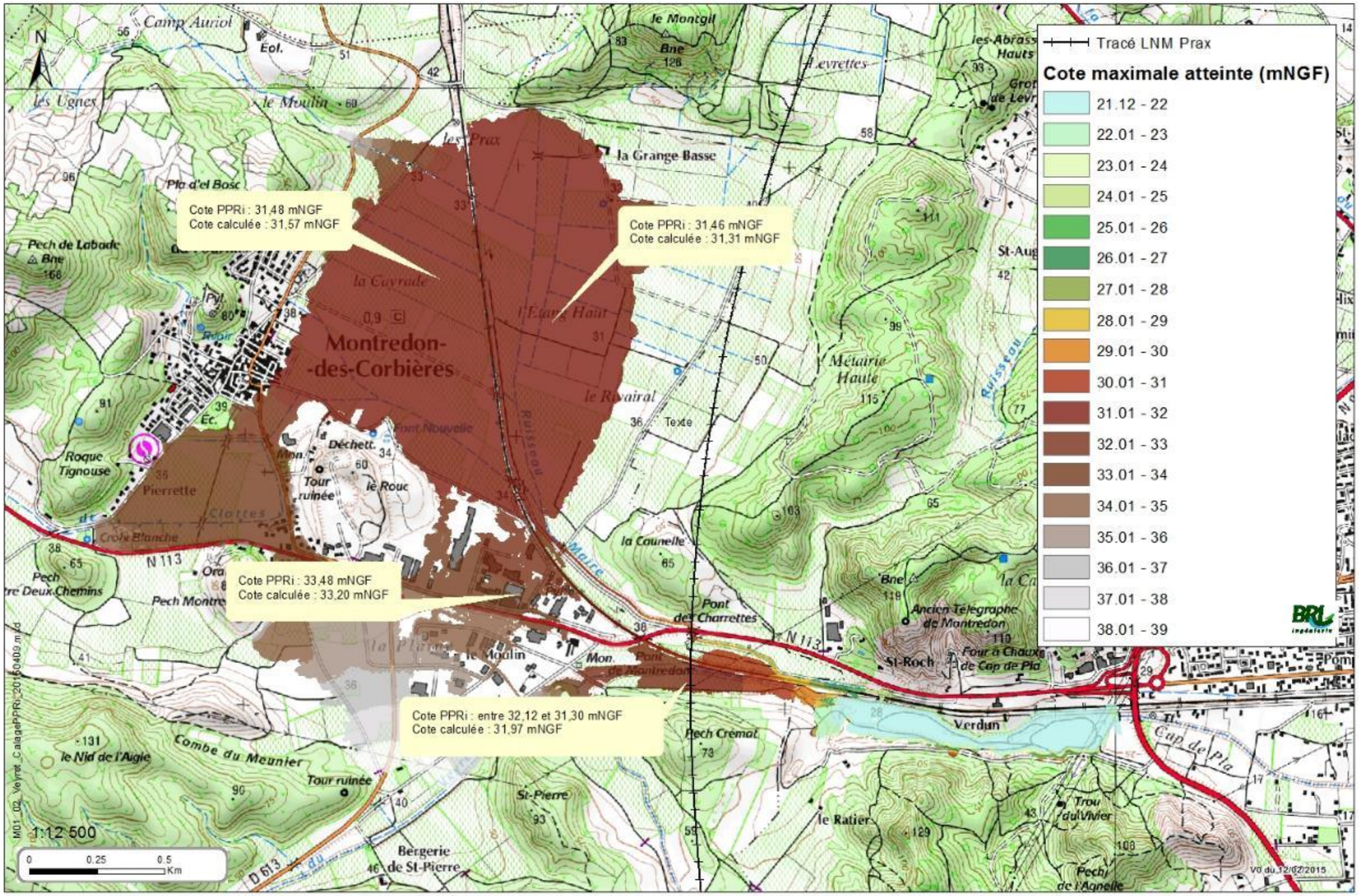
Figure 5 : Cotes de référence du PPRi (2/2)



La carte de la page suivante présente les cotes calculées par le modèle hydraulique mis en œuvre dans le cadre de la présente étude, à partir de l'hydrologie reconstituée du PPRi.

ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Carte des cotes maximales - Crue de référence



7.4.2. *Comparaison en débit sur les lits mineurs*

Le rapport hydraulique préalable à l'élaboration du PPRi donne également quelques débits caractéristiques de la crue de référence, que l'on peut comparer aux résultats du modèle hydraulique.

Tableau 10 : Comparaison des débits caractéristiques issus de l'étude PPRi et ceux de la présente modélisation

	Résultats issus de l'étude hydraulique préalable à l'élaboration du PPRi	Résultats du modèle hydraulique construit dans le cadre de la présente étude
Débit d'évacuation de l'étang dans le Maire	17 m^3/s	15 m^3/s
Débit dans le Veyret avant sa confluence avec le Maire	160 m^3/s	155 m^3/s

7.4.3. *Conclusion*

En termes de cote maximale, le modèle retrouve globalement les cotes du PPRi, avec des écarts d'au maximum 30 cm, ce qui reste acceptable compte tenu :

- des écarts pouvant exister en termes d'hydrologie de référence (en effet l'hydrologie ayant servi à l'élaboration du PPRi n'a pu être que reconstitué à partir des éléments disponibles) ;
- des différences de topographies entre les deux modèles. Le présent modèle a été construit sur la base d'une topographie récente.
- des différences liées au type de modèle employé (le modèle utilisé pour réaliser le PPRi était un modèle à casiers, alors que le modèle utilisé ici est un modèle 2D, avec donc une approche et un maillage plus fin et plus pertinent, en particulier sur le secteur de la zone industrielle, qui présente de faibles hauteurs d'eau).

7.5. Simulation en état initial

7.5.1. *Simulation de la crue de référence*

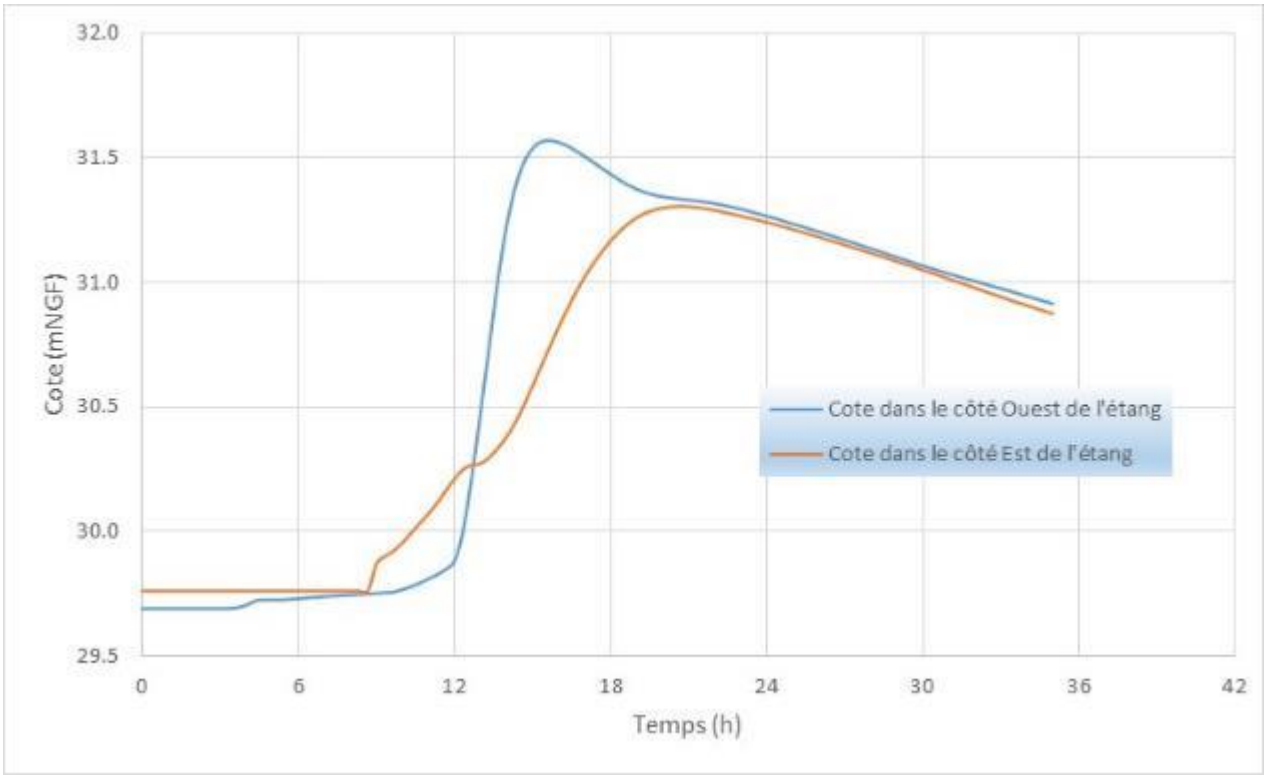
Les résultats des simulations sont présentés sur les cartes suivantes en termes de hauteurs d'eau maximales et de vitesses maximales en chaque nœud de calcul.

Commentaires

Pour la crue de référence, l'étang de Montredon joue le rôle de bassin écrêteur pour les écoulements du Ruisseau des Clottes et des bassins versants qui l'entourent. L'étang se présente sous forme de 2 espaces de part et d'autre de la voie ferrée existante en remblai, qui est jalonnée d'ouvrages de décharge (en charge). Les niveaux maximaux qui s'établissent de part et d'autres de la voie ferrée existante sont relativement similaires : 31,57 mNGF, dans le partie Ouest de l'étang, 31,31 mNGF dans la partie Est. Les hauteurs d'eau dans l'étang sont de l'ordre de 1,9 m au maximum dans la partie Ouest, et de 1,6 m au maximum dans la partie Est.

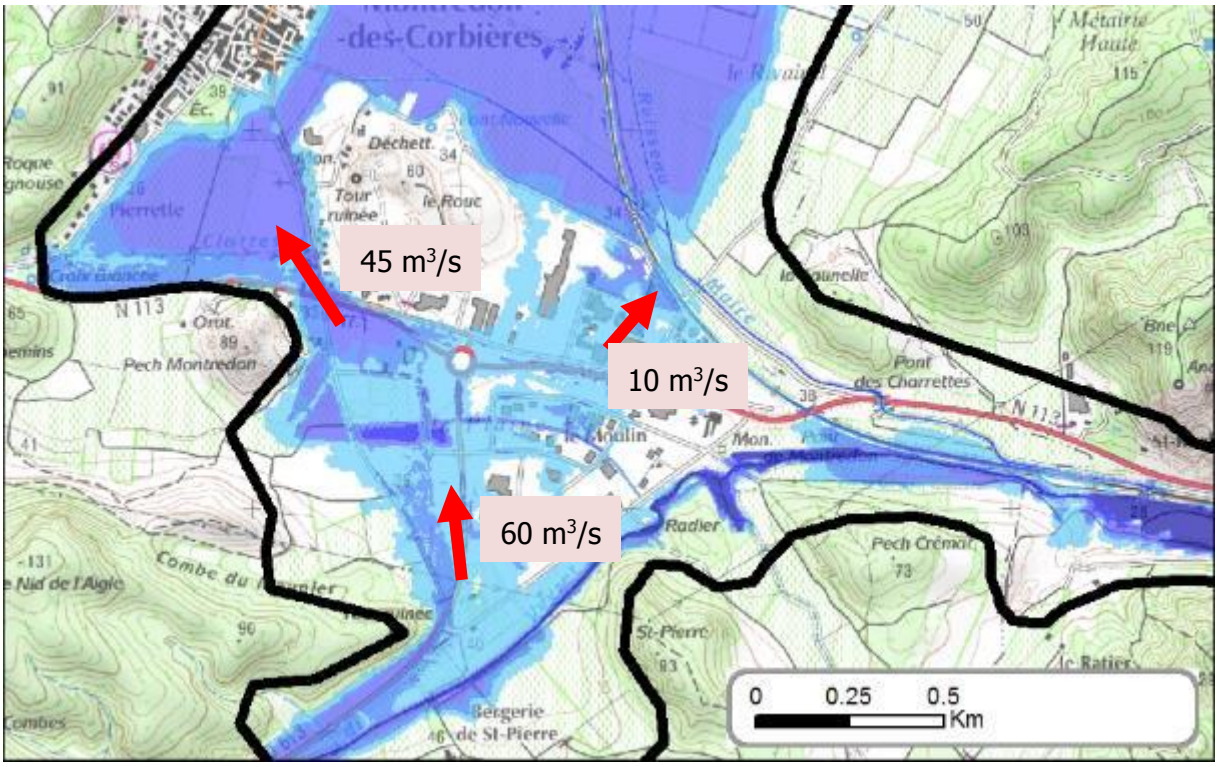
A noter que dans l'étang la cote minimale du point P de la voie nouvelle est de 31,7 mNGF. Pour la crue de référence, le point P est donc calé seulement 13 cm au-dessus du niveau atteint pour la crue de référence.

Figure 6 : Limnigrammes dans l'étang de Montredon



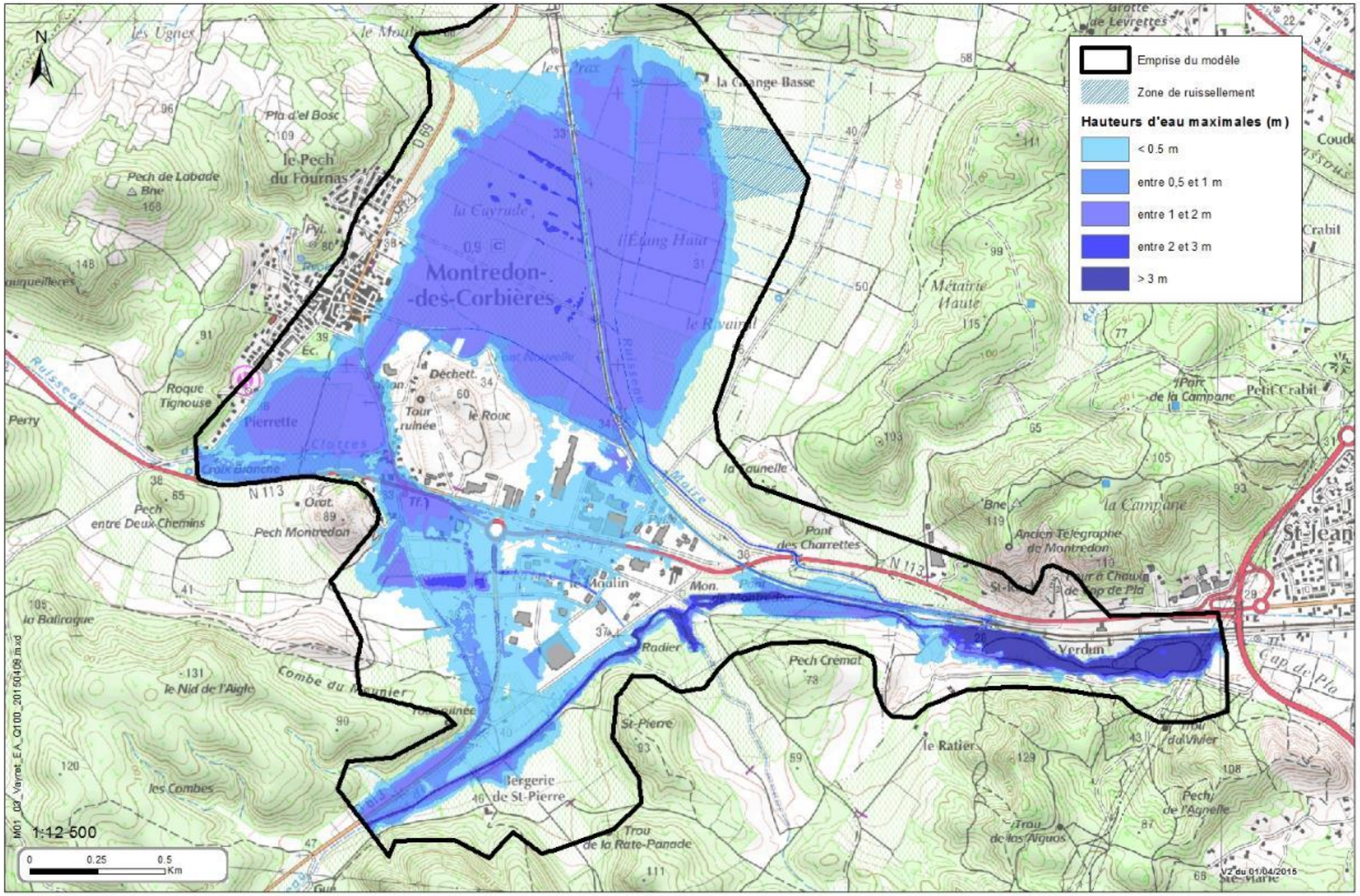
Le ressuyage de l'étang est assuré par le Maire. Pour la crue centennale, le débit de pointe du Maire à la sortie de l'étang est de 15 m^3/s.

Pour la crue de référence, on note que le Veyret déborde de 60 m^3/s en rive gauche sur sa partie amont. Une grande part de ces écoulements (45 m^3/s) rejoint le ruisseau des Clottes en passant entre le *Pech Monredon* et le *Pech Rouc*, tandis que 10 m^3/s environ traversent la zone industrielle et viennent inonder la voie ferrée existante.


45 m³/s
10 m³/s
60 m³/s
0
0.25
0.5
Km

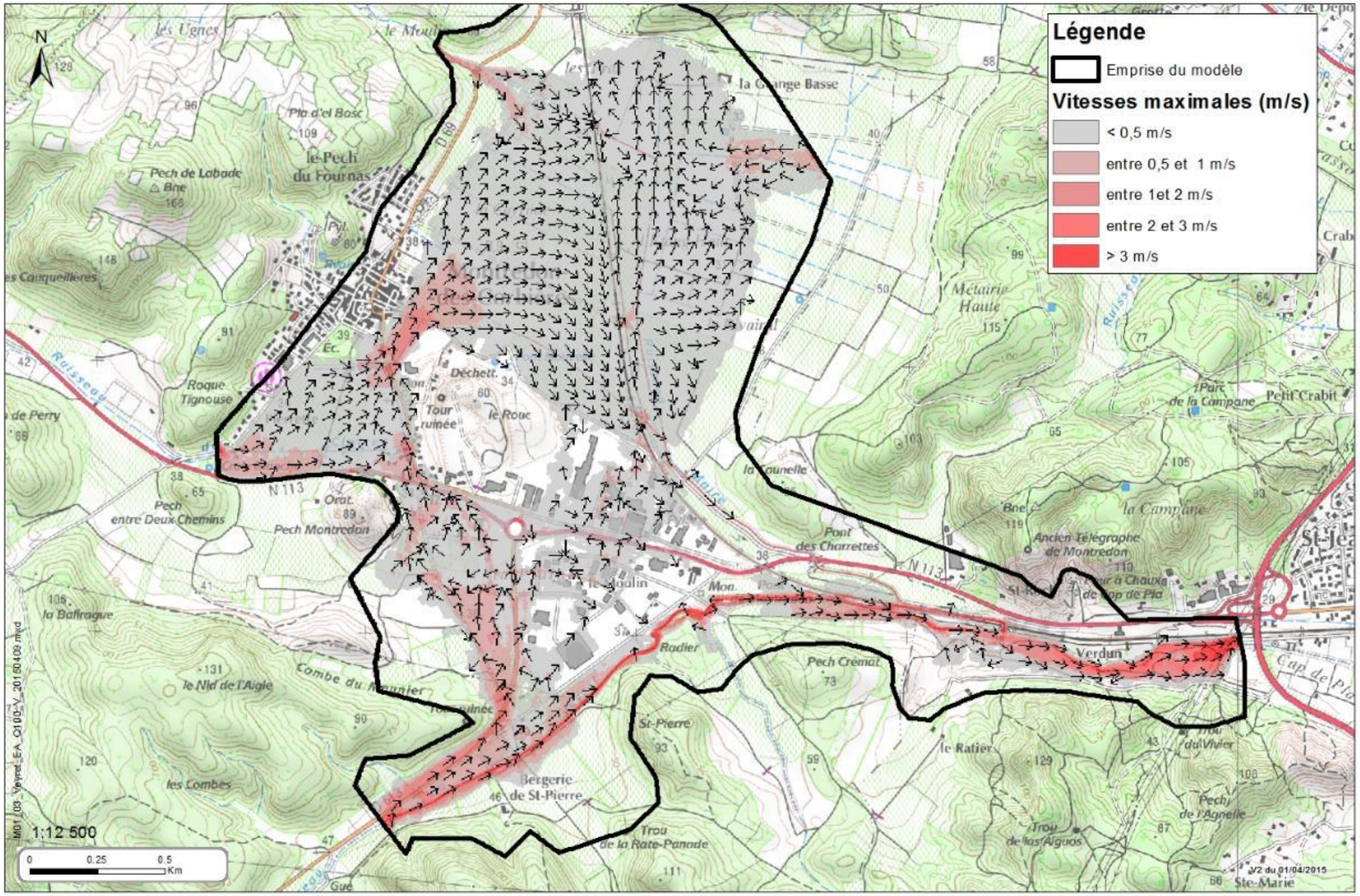
ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Etat initial - Carte des hauteurs d'eau maximales - Crue de référence (crue centennale)



ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Carte des vitesses maximales - Crue de référence (crue centennale)



7.5.2. *Autres crues*

7.5.2.1. Simulation de la crue décennale

Les résultats des simulations sont présentés sur les cartes suivantes en termes de hauteurs d'eau maximales et de vitesses maximales en chaque nœud de calcul.

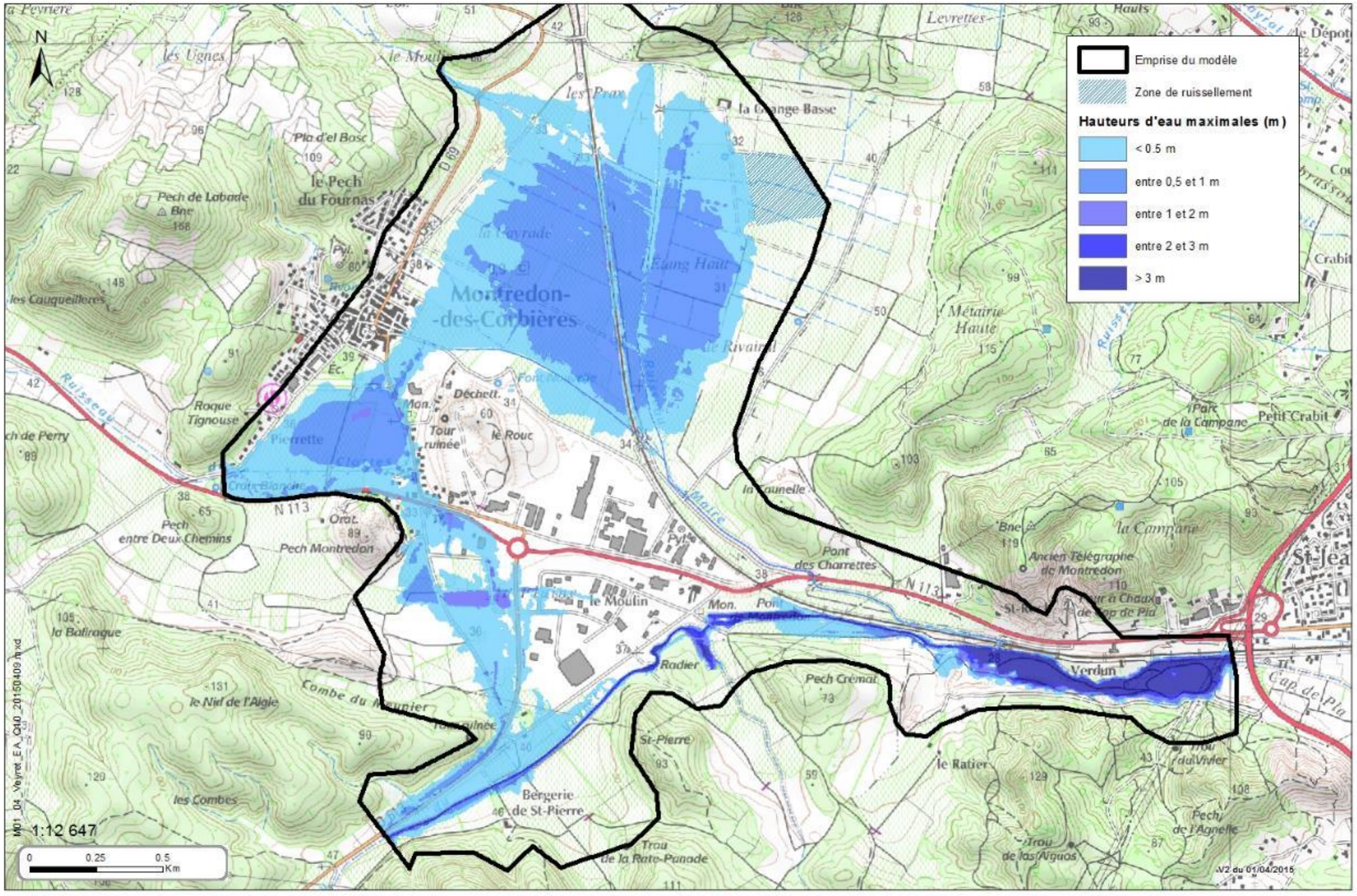
Commentaires

Pour la crue décennale, les niveaux maximaux dans l'étang de Montredon sont de l'ordre de 30,44 mNGF (côté ouest de la voie existante) et de 30,39 mNGF (côté est de la voie existante) ; les hauteurs d'eau maximales y sont alors de l'ordre de 80 cm (Ouest) à 60 cm(Est).

Pour cette crue, on ne note pas d'inondation de la zone industrielle située à l'Est de la RD619 par les débordements du Veyret. En effet, bien qu'y ait des débordements de ce dernier en amont de la zone industrielle (13 m^3/s), ces derniers se dirigent vers le ruisseau des Clottes, en passant entre le Pech montredon et le *Pech Rouc*.

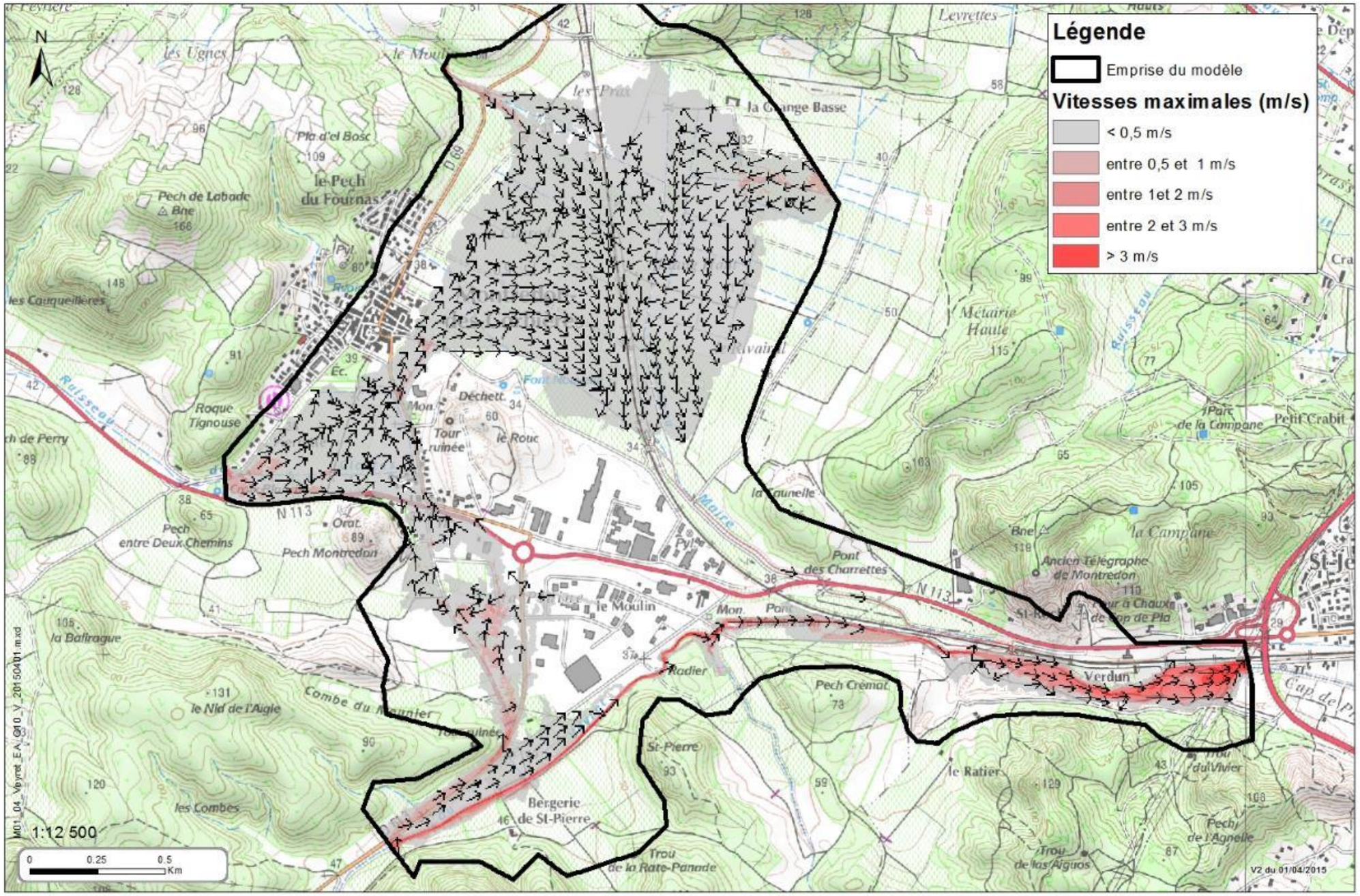
ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Etat initial - Carte des hauteurs d'eau maximales - Crue décennale



ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Carte des vitesses maximales - Crue décennale



7.5.2.1. Simulation de la crue trentennale

Les résultats des simulations sont présentés sur les cartes suivantes en termes de hauteurs d'eau maximales et de vitesses maximales en chaque nœud de calcul.

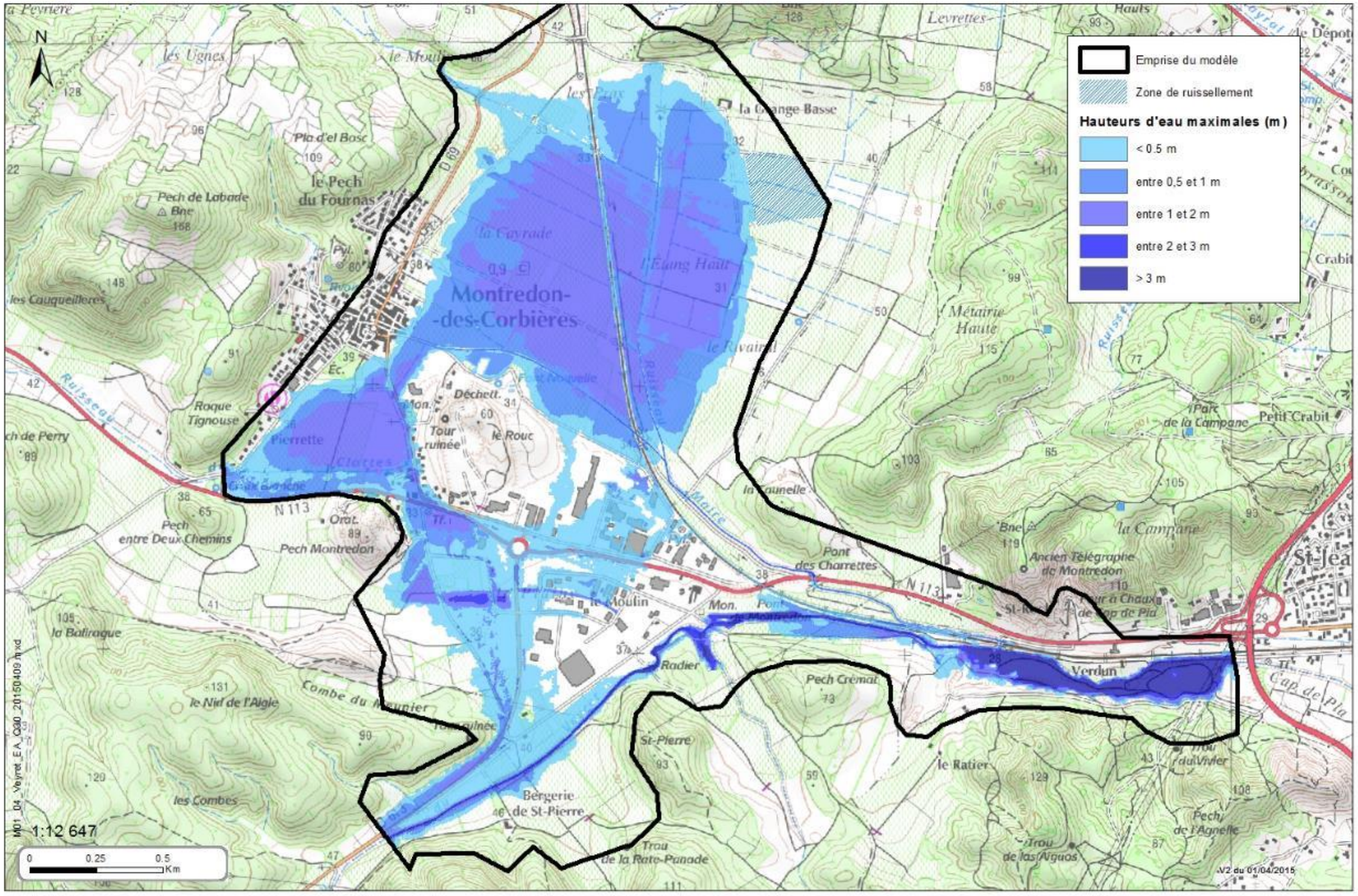
Commentaires

Le fonctionnement hydraulique de la zone d'étude pour la crue trentennale est très similaire à celui de la crue centennale :

- Le débit de pointe du Veyret à l'entrée dans le modèle est de 150 m^3/s environ. Sur ce débit, 35 m^3/s débordent en lit majeur gauche en amont de la zone industrielle. Sur ces 35 m^3/s, 25 à 30 m^3/s rejoignent le Ruisseau des Clottes en passant par les deux *Pech*, et moins de 5 m^3/s traversent la zone industrielle et inondent la voie ferrée existante.
- Les niveaux maximaux qui sont atteints dans l'étang de Montredon sont 31,00 mNGF à l'ouest de la voie ferrée existante et 30,85 mNGF à l'est.

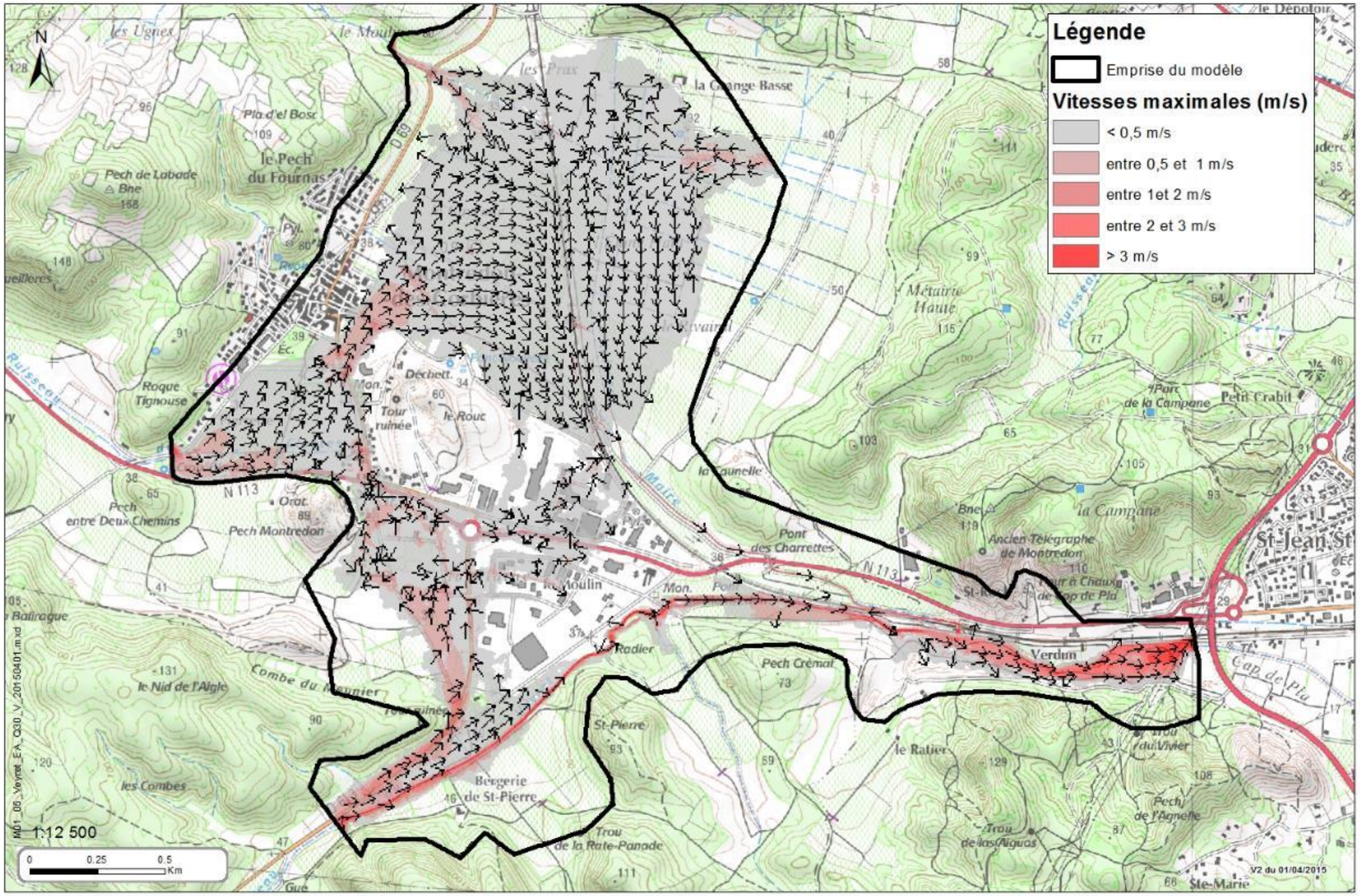
ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Etat initial - Carte des hauteurs d'eau maximales - Crue trentennale



ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Carte des vitesses maximales - Crue de période de retour 30 ans



7.5.2.1. Simulation de la crue exceptionnelle

Les résultats des simulations sont présentés sur les cartes suivantes en termes de hauteurs d'eau maximales et de vitesses maximales en chaque nœud de calcul.

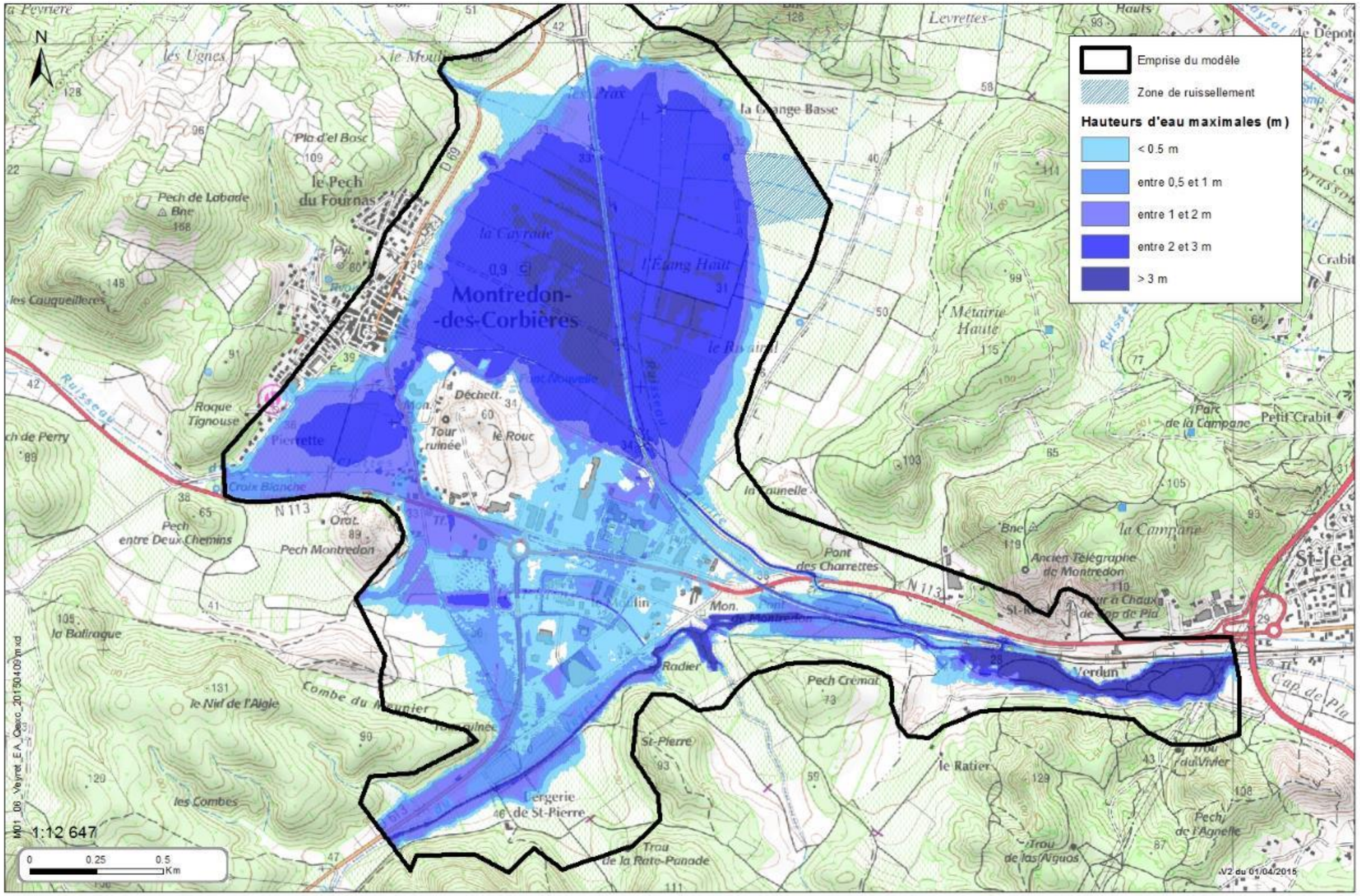
Commentaires

Pour la crue exceptionnelle, les cotes maximales atteintes dans l'étang de Montredon sont 32,72 mNGF à l'ouest et à l'est de la voie ferrée. Les hauteurs d'eau maximales y sont alors de l'ordre de 3 m.

On note un débordement du Veyret au niveau de la zone industrielle de 145 m^3/s (sur les 405 m^3/s qui sont injectés), et qui vont largement inondés la zone industrielle. Sur ces 145 m^3/s, ce sont près de 60 m^3/s qui vont inonder la voie ferrée actuelle.

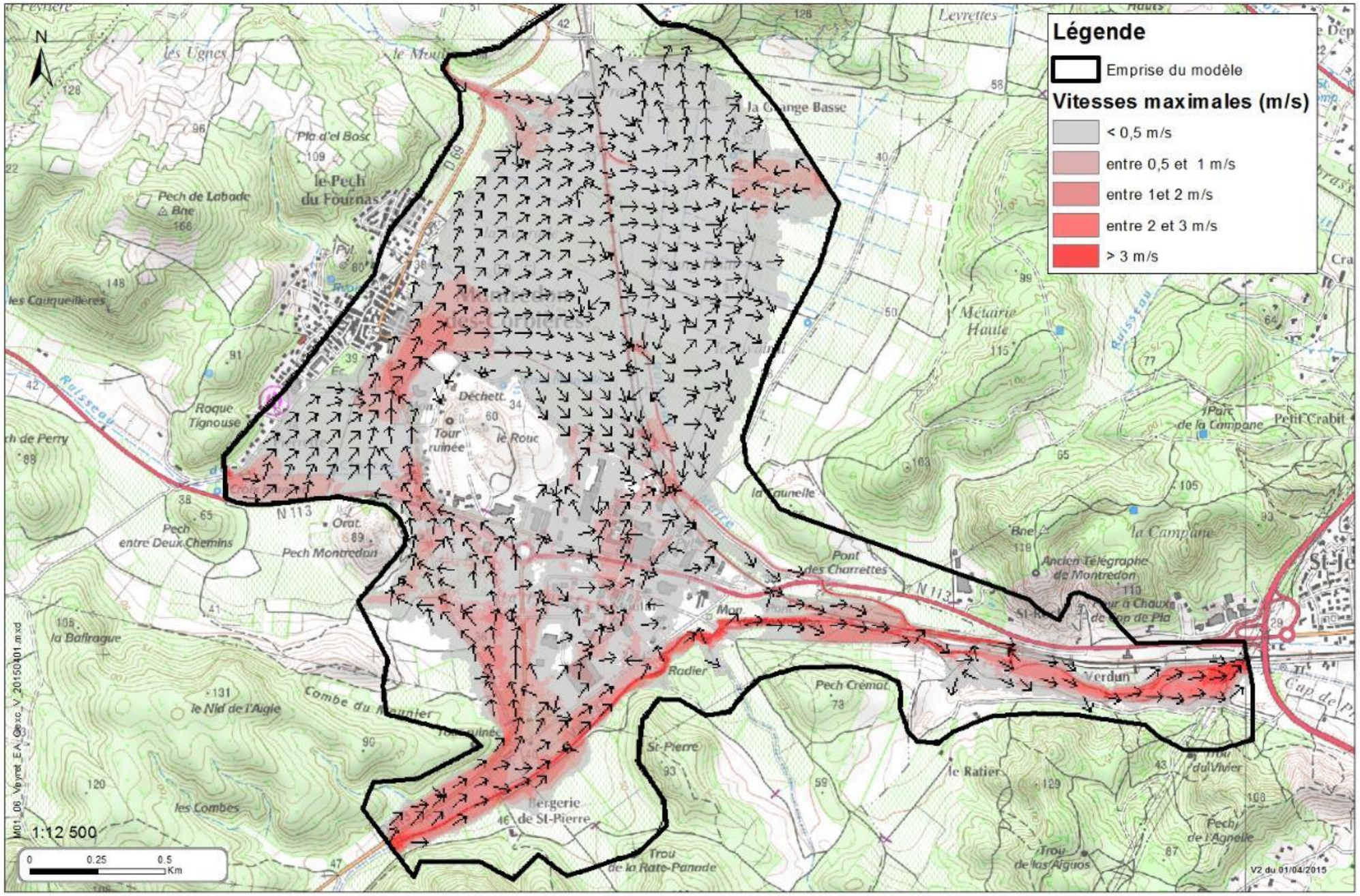
ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Etat initial - Carte des hauteurs d'eau maximales - Crue exceptionnelle



ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Carte des vitesses maximales - Crue exceptionnelle



7.5.3. *Inondabilité de la voie ferrée existante*

De par son positionnement au milieu de l'étang de Montredon, puis entre le Maire et le Rec de Veyret, la voie ferrée existante est largement soumise au risque de submersion.

Dans la zone de l'étang de Montredon, la cote minimale du haut des rails de la voie ferrée est de l'ordre de 32,10 mNGF. Parmi toutes les crues testées, seule la crue exceptionnelle conduit à une cote dans l'étang (32,7 mNGF) supérieure à cette cote de haut des rails. Pour la crue centennale (31,6 mNGF), la revanche est de l'ordre de 50 cm.

En revanche, au niveau de la zone industrielle, la voie ferrée est inondée par les débordements du Rec de Veyret dès la crue de période de retour 30 ans. Comme la voie ferrée est en déblai avec un profil en long descendant dès ce point, toute la voie ferrée (jusqu'au lieu-dit Saint Roch, au niveau où le profil en long de la voie remonte), et en particulier au droit de l'éventuelle gare de Pont des Charrettes, est inondée.

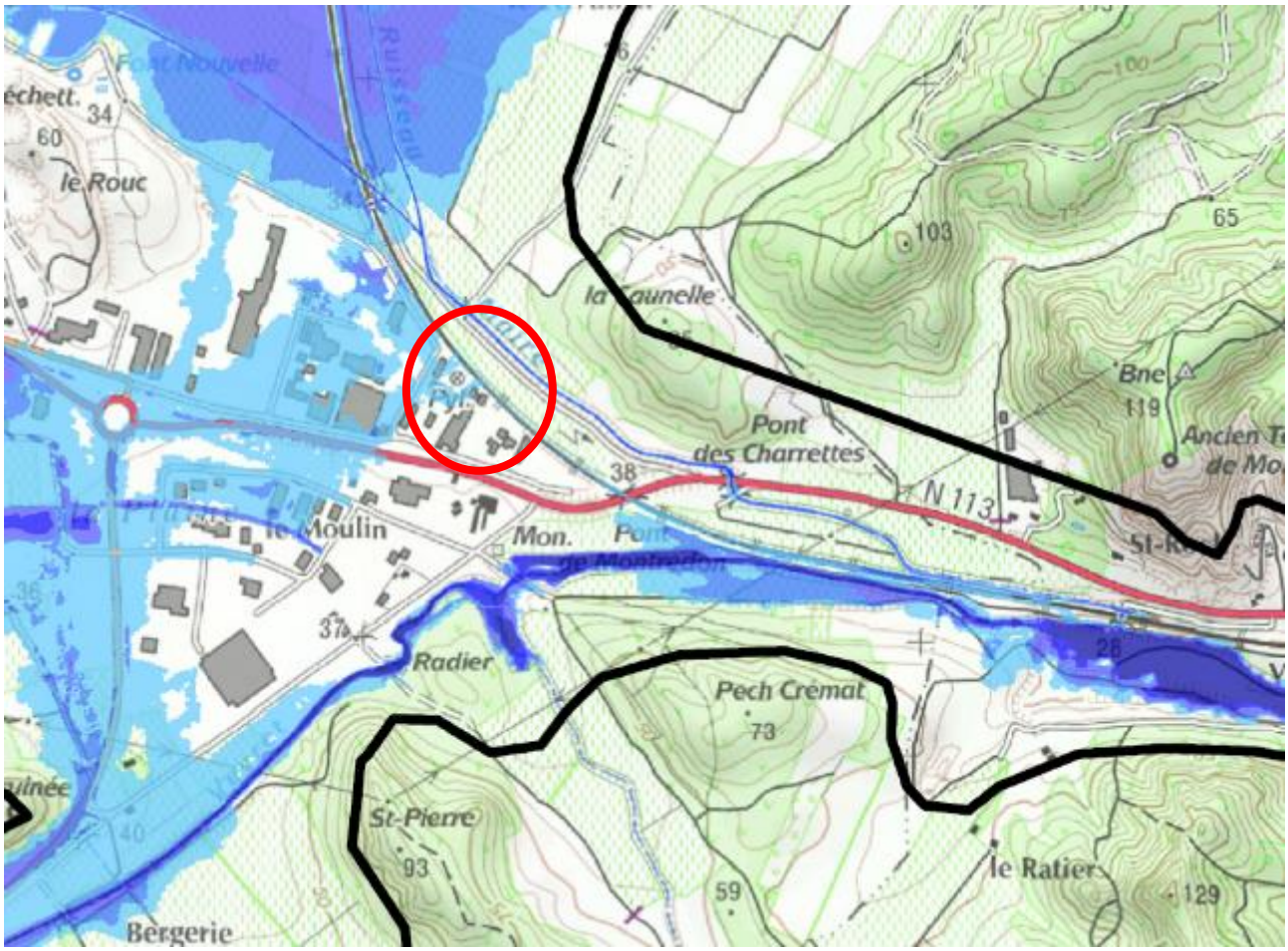
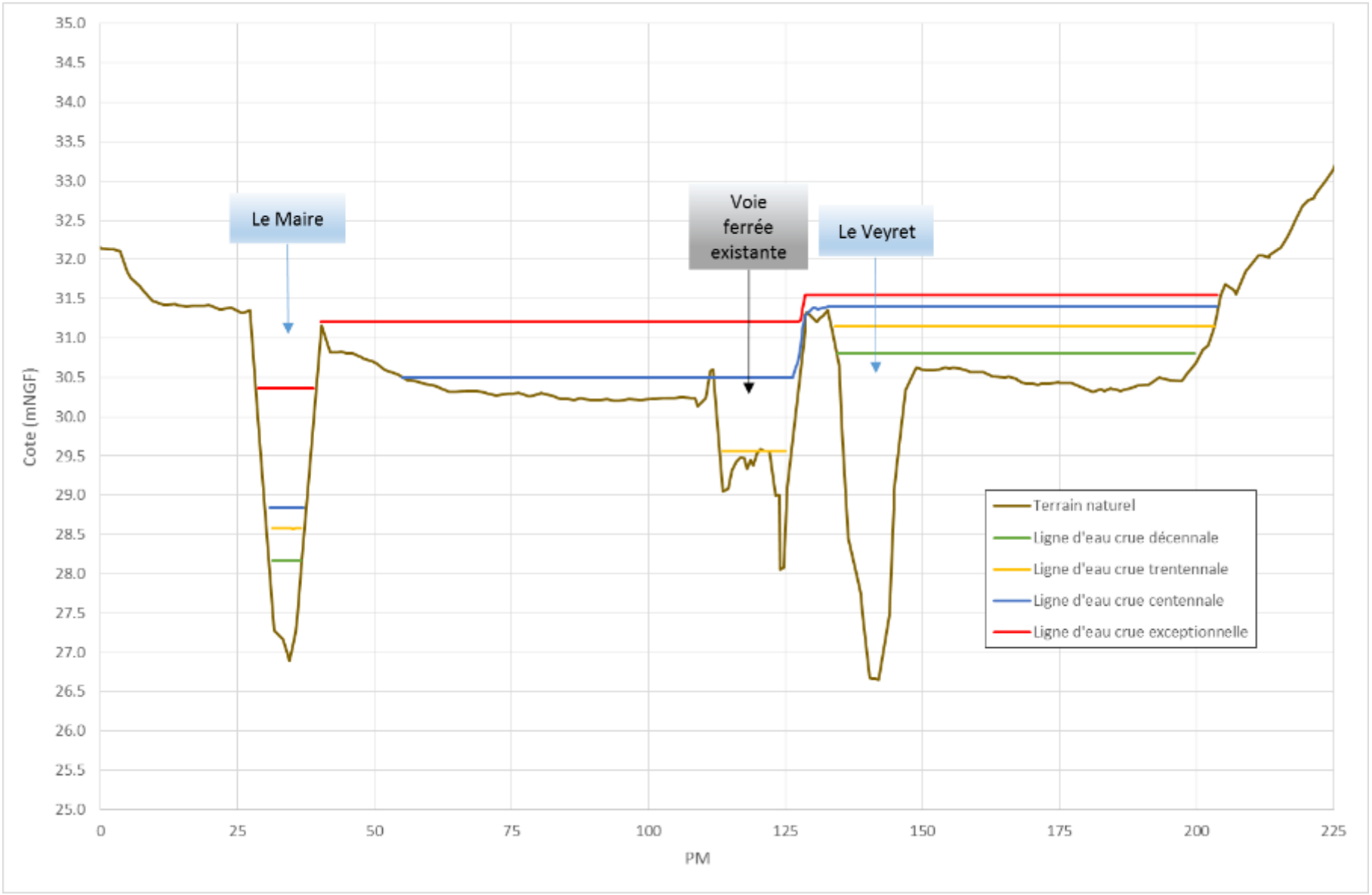


Figure 7 : extrait des hauteurs d'eau pour la crue trentennale – localisation de la voie ferrée actuelle inondée

Le graphique de la page suivante présente le profil en travers du système Maire – voie ferrée existante – Veyret au droit de la potentielle gare de Pont des Charrettes. Il met en évidence que pour la crue trentennale, il y a un risque de déversement direct du Veyret sur la voie ferrée existante (déjà inondée par les écoulements issus de la zone industrielle). Pour la crue centennale, le déversement est avéré.


Le Maire
Voie ferrée existante
Le Veyret
Cote (mNGF)
PM
Terrain naturel
Ligne d'eau crue décennale
Ligne d'eau crue trentennale
Ligne d'eau crue centennale
Ligne d'eau crue exceptionnelle

7.6. Définition du remous admissible

7.6.1. *Principaux enjeux*

La carte de la page suivante localise les principaux enjeux présents sur la zone d'étude. Sur le secteur d'étude, il s'agit principalement :

- des zones habitées de Montredon-des-Corbières
- de la zone industrielle de la Plaine
- de quelques habitats isolés.

7.6.1. *Contraintes réglementaires*

PPR inondation du Rec de Veyret

Le PPRi du Rec de Veyret (communes de Montredon et Narbonne) a été approuvé en 2008.

Il autorise *« les travaux de construction, de modification (ou de réaménagement) d'infrastructures quelle que soit la nature de l'aléas dans la mesure où il est démontré qu'ils n'engendreront pas une modification de la ligne d'eau de plus de 5 cm pour la crue de référence par rapport à la situation initiale, et s'ils ne sont pas de nature à engendrer des érosions ou dégradations par augmentation des champs de vitesse* ».

Circulaire DE/SDGE/BPIDPF-CCG n°426 du 24 juillet 2002

La circulaire du Ministère de l'Environnement précise que *« dans le cas des ouvrages et remblais, dont l'objectif n'est pas d'assurer une protection contre les inondations, la plus grande transparence hydraulique est exigée. […] [Cette transparence hydraulique] est déterminée, au droit des zones à forts enjeux, en fonction de la précision relative du modèle hydraulique et en situation de crue de référence (plus hautes eaux connues) ou à défaut de crue centennale. […] A titre indicatif, en régime fluvial cette précision relative est de l'ordre de 1 cm »*.

7.6.2. *Conclusion : remous admissible*

En fonction des enjeux cités ci-dessus et des contraintes réglementaires, nous proposons de retenir les remous admissibles suivants :

- 2 à 3 cm au droit des zones habitées de Montredon-des-Corbières,
- 5 cm au droit des enjeux « habitats isolés »,
- 5 cm au droit de la zone industrielle de la Plaine.

Un remous inférieur à 25 cm pourra être accepté localement sur les secteurs sans enjeu.

Ces valeurs sont à rechercher pour la crue de référence (crue centennale du PPRI).

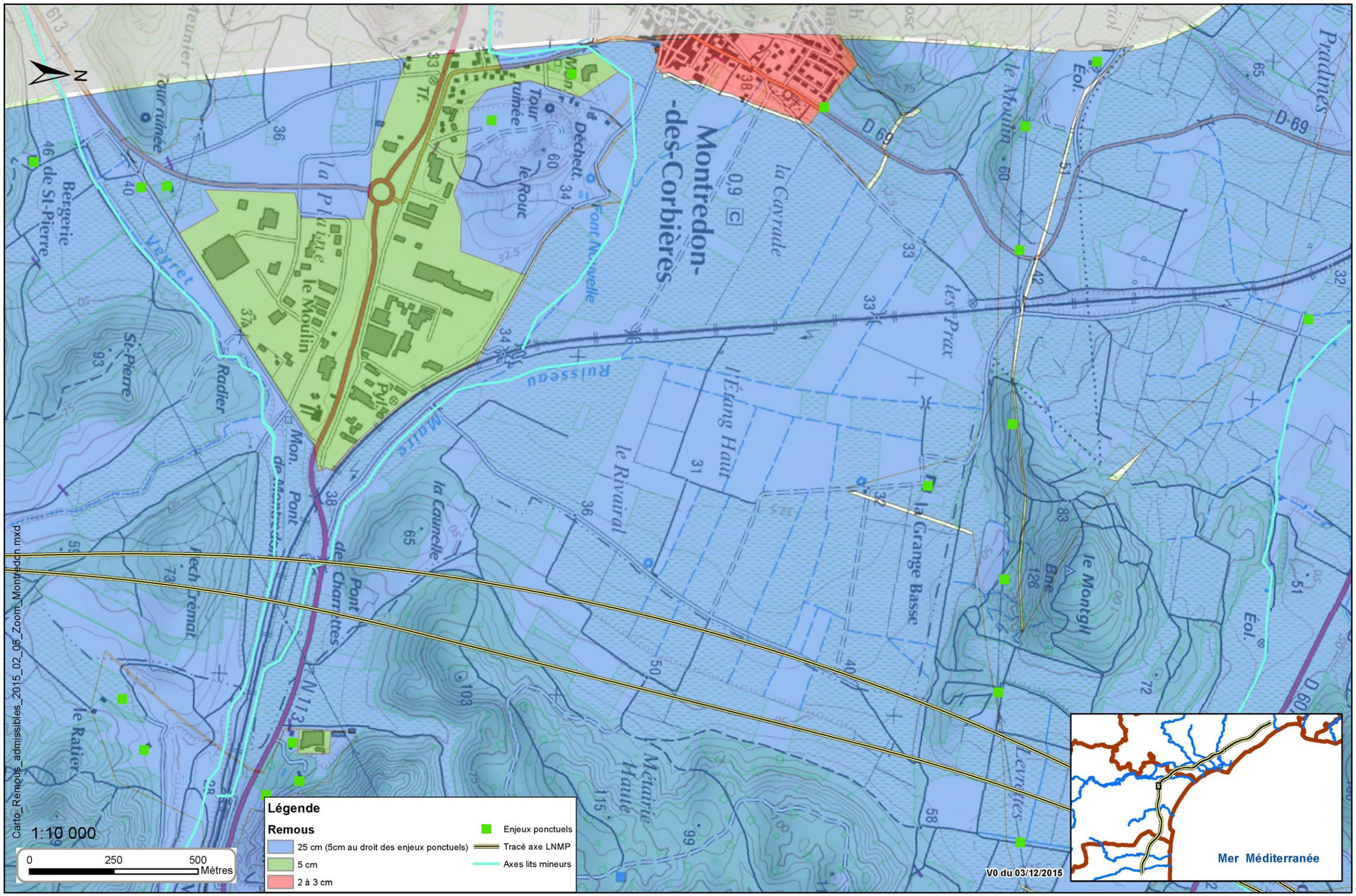
Les cartes présentées dans les chapitres suivants mettront en évidence ces remous engendrés par les différentes solutions testées à l'aide d'un code couleur :

Tableau 11 : Code couleur utilisée pour représenter les remous sur les cartes d'impact

Classe de remous sur les niveaux	
$\Delta h < 0$	
$0 \leq \Delta h \leq 2$ cm	
2 cm $< \Delta h \leq 3$ cm	
3 cm $< \Delta h \leq 5$ cm	
5 cm $< \Delta h \leq 10$ cm	
10 cm $< \Delta h \leq 25$ cm	
$\Delta h > 25$ cm	

ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Carte des remous hydrauliques admissibles Secteur de Montredon des Corbières



8. ANALYSE DE LA PROBLEMATIQUE

La carte de la page suivante superpose le projet « Prax » à la zone inondable actuelle de la crue de référence.

Elle permet de mettre en évidence les problématiques que le projet peut engendrer :

1) La plate-forme de la gare ainsi que les RAC qui la desservent sont en remblai au milieu de l'étang de Montredon. Le volume ainsi soustrait de la zone inondable est de près de 150 000 m^3, soit 8% du volume maximal dans l'étang pour la crue de référence. Il conviendra de veiller à ce que cela n'engendre pas un exhaussement des niveaux maximaux dans l'étang supérieur au remous admissible.
2) Les deux RAC traversent l'étang selon la direction Nord-Sud, en longeant la voie ferrée existante. Il conviendra de veiller à ce que ces deux remblais transversaux n'empêchent pas la communication hydraulique entre les côtés de l'étang.
3) Les RAC bloquent une partie des écoulements qui se font sur la zone industrielle de La Plaine. On veillera à mettre en place des mesures compensatoires, qui conduisent à ce que l'impact de ces RAC sur ce secteur soit inférieur aux critères de dimensionnement retenus.
4) Les RAC enjambent le Veyret au sud de la zone industrielle de La Plaine. Il conviendra de veiller à ce que l'ouvrage de franchissement ne provoque par un remous supérieur au remous admissible.
5) Enfin, le voie LGV enjambe le ruisseau du Maire et le Veyret à l'est de l'étang de Montredon. Il conviendra de veiller à ce que l'ouvrage de franchissement ne provoque par un remous supérieur au remous admissible.

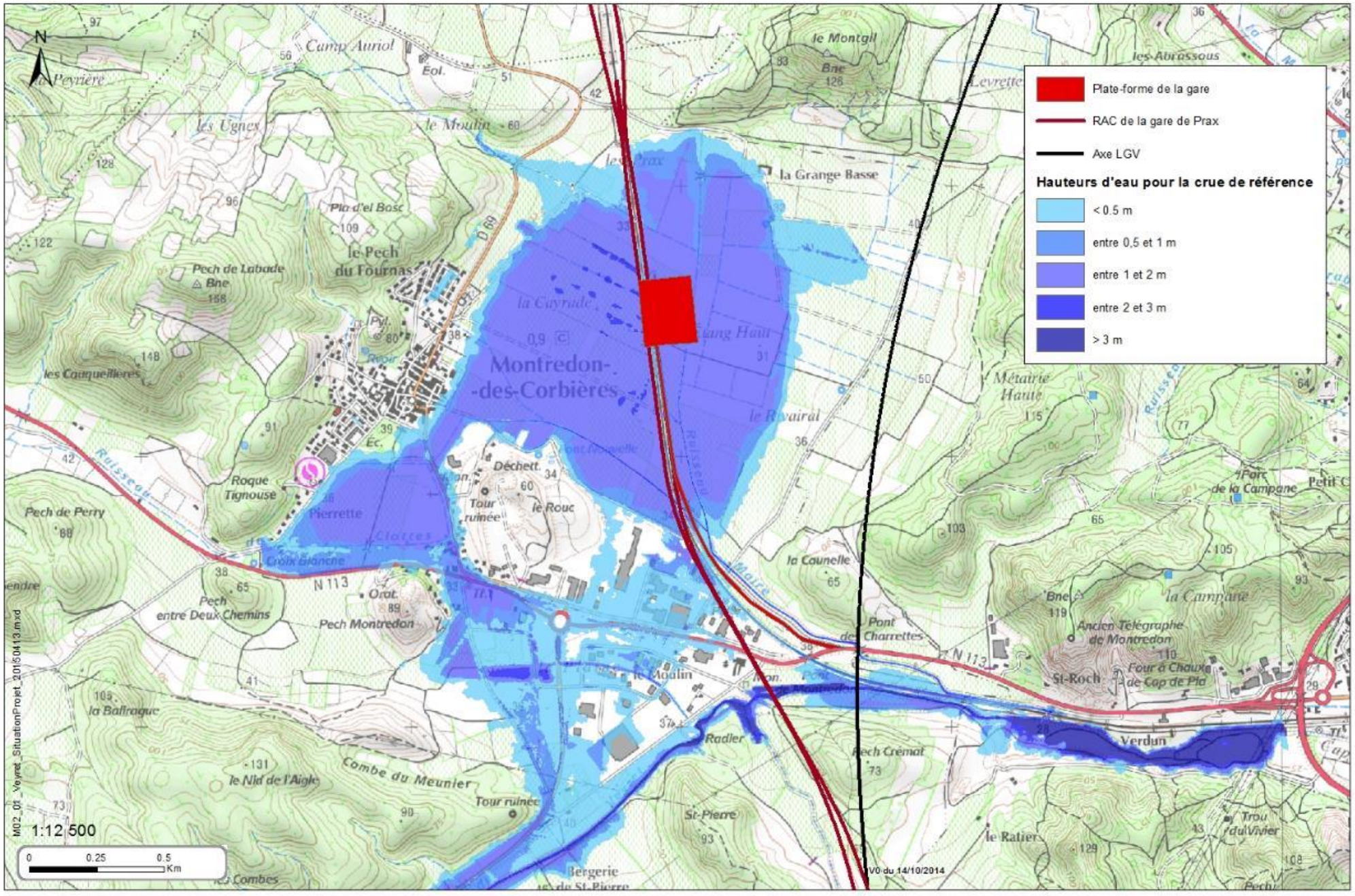
NOTA SUR LA PRISE EN COMPTE DU PROJET DE GARE DES « PRAX »DANS LES CALCULS D'IMPACT

Au moment de la mise en œuvre de la présente étude, le projet de gare de Prax était à l'état d'esquisse (position et forme non définitive, calage altimétrique inconnu, pas d'information sur les accès…). C'est pourquoi, ce projet a été intégré dans le modèle de manière sommaire.

Il a été fait l'hypothèse qu'une surface de 3,7 ha (correspondant à environ à 50% de la superficie du projet fourni au démarrage de l'étude au niveau schéma de principe) serait construite en remblai et serait mise hors d'eau (bâtiment de la gare, une partie des parkings…).

ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Projet étudié



9. ANALYSE DES SOLUTIONS TESTEES

9.1. Solution S1

9.1.1. *Définition de la solution : canal de décharge*

La solution intègre les aménagements suivants :

- des ouvrages de décharge sous les RAC à l'intérieur de l'étang,
- un canal de décharge en amont du RAC au niveau de la zone industrielle,
- des viaducs pour le franchissement du Veyret par le RAC et le franchissement du Veyret – Maire par la LNMP.

9.1.1.1. Ouvrages de décharge sous les RAC à l'intérieur de l'étang

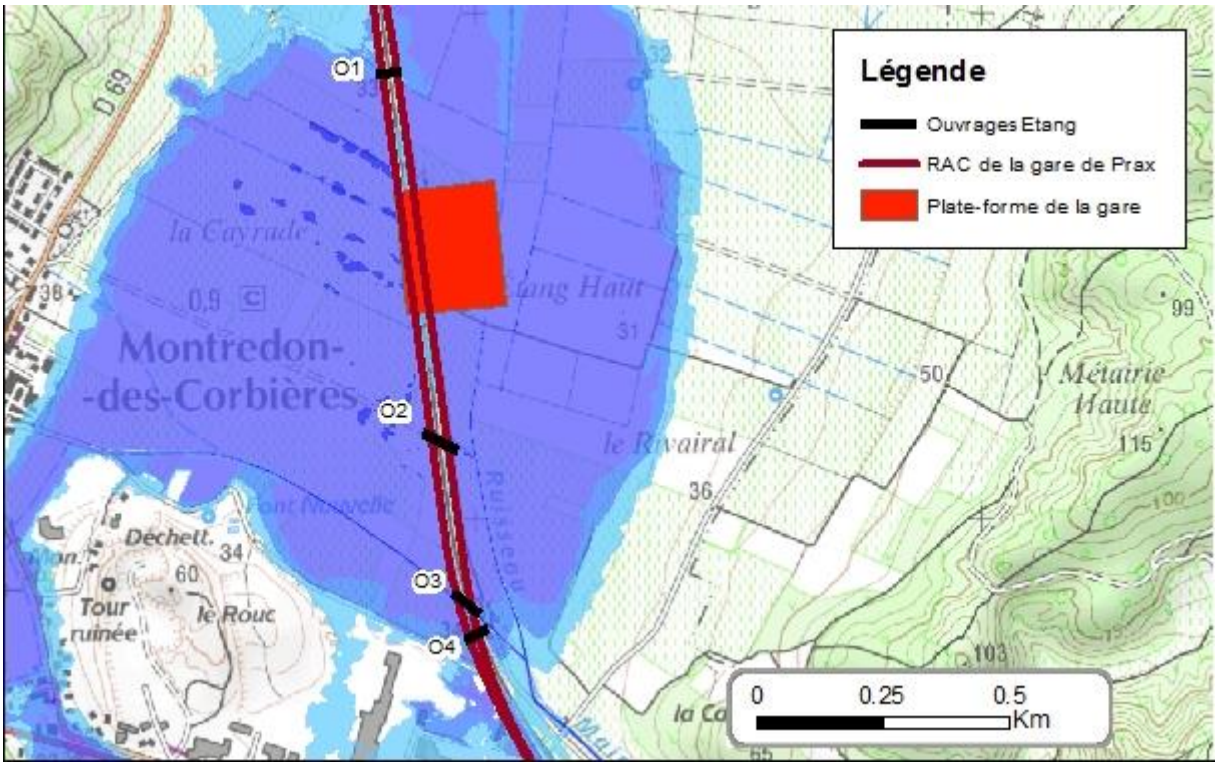
La voie ferrée actuelle est en remblai dans sa traversée de l'étang et délimite donc deux espaces hydrauliques distincts mais connectés au travers d'ouvrages de décharge. Les deux RAC en projet viennent longer cette voie ferrée, et sont eux aussi prévus en remblai.

Il conviendra donc à minima de mettre en place sous les nouveaux remblais des ouvrages qui prolongeront les ouvrages existants, à savoir :

Tableau 12 : Ouvrages de décharge à prévoir sous le RAC

Nom de l'ouvrage	Dimension	Cote de mise en charge (mNGF)	Remarque
O1	L = 3,0 m x h = 1,4 m	31,4 mNGF	Franchissement du Rau Auriol
O2	L = 2,5 m x h = 2,1 m	31,6 mNGF	Ouvrage de décharge
O3	L = 3,0 m x h = 2,1 m	30,75 mNGF	Franchissement du Rau des Clottes
O4	L = 4,0 m x h = 2,5 m	32,00 mNGF	Franchissement routier

Figure 8 : implantation des ouvrages et de la gare Prax



9.1.1.2. Fossé intercepteur au niveau de la zone industrielle

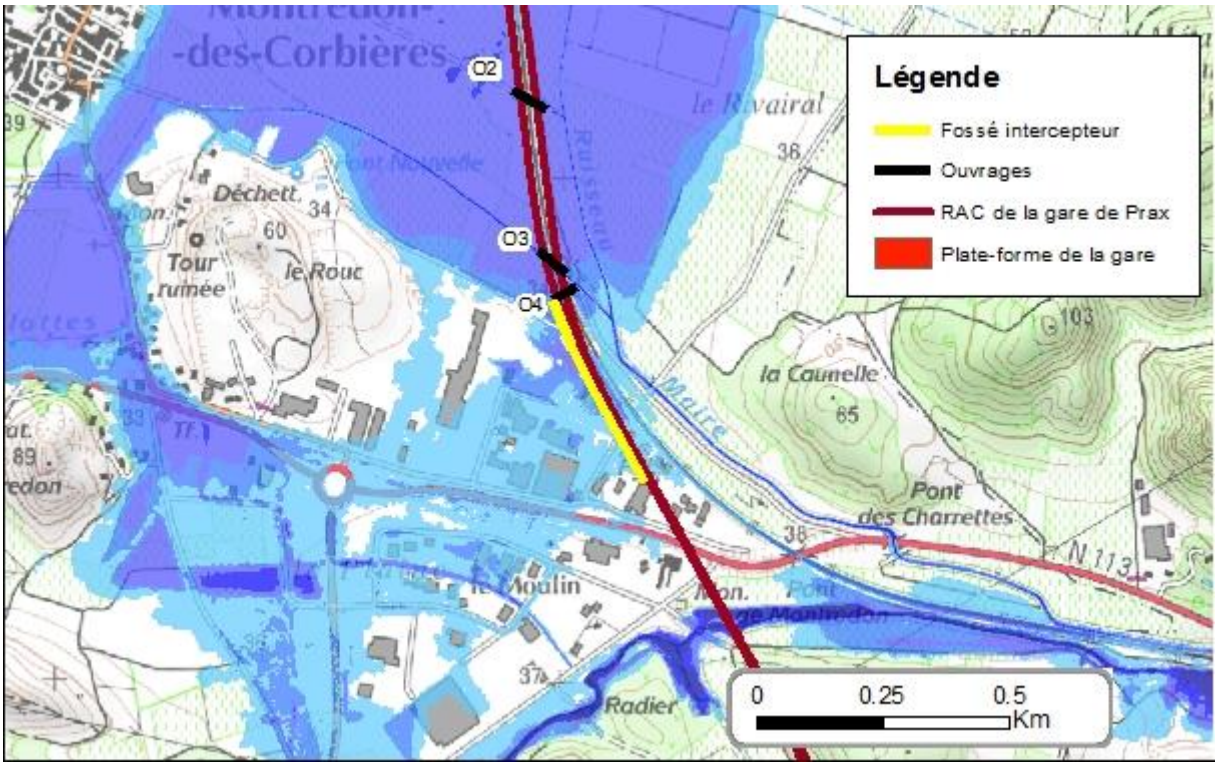
Les eaux qui débordent du Rec de Veyret, et qui traversent actuellement la zone industrielle viennent inonder la voie ferrée existante, et vont se retrouver bloqués par le remblai du futur RAC de la LNMP.

Afin de gérer cet écoulement diffus qui viendrait buter sur le remblai du RAC de LNMP (10 m^3/s pour la crue de référence), il est proposé de mettre en place un fossé collecteur en terre, qui reprendrait les eaux qui traversent la zone industrielle et les dirigerait vers l'étang de Montredon (côté Ouest).

Les dimensions du canal en terre sont indiquées ci-dessous :

- Largeur en fond : 1,5 m
- Pente des berges : 3/2
- Hauteur moyenne : 1,5 m
- Pente du fond : 0,0056
- Longueur : 450 m

Figure 9 : Localisation du canal de décharge



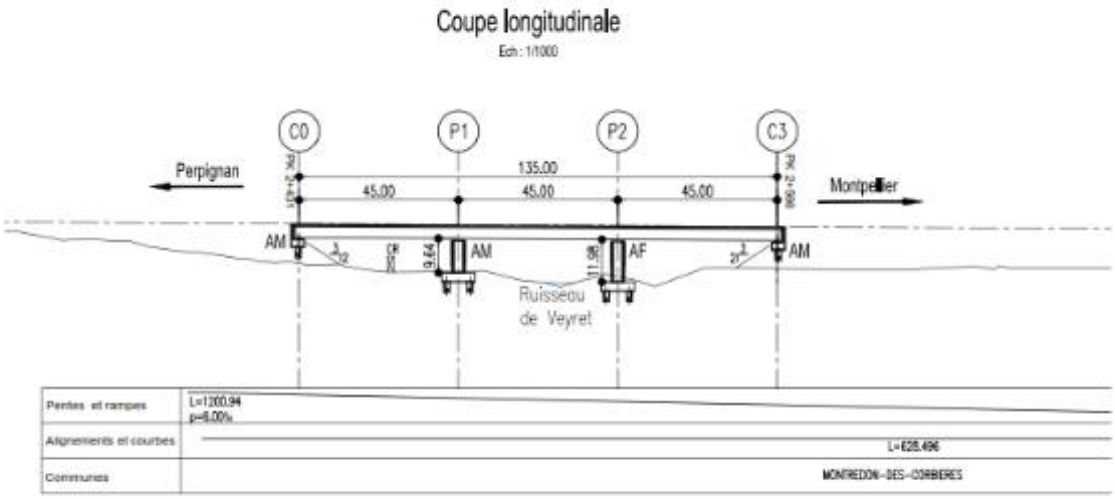
9.1.1.3. Franchissement des cours d'eau Maire et Veyret par des ouvrages bi-poutres et déviation du Maire

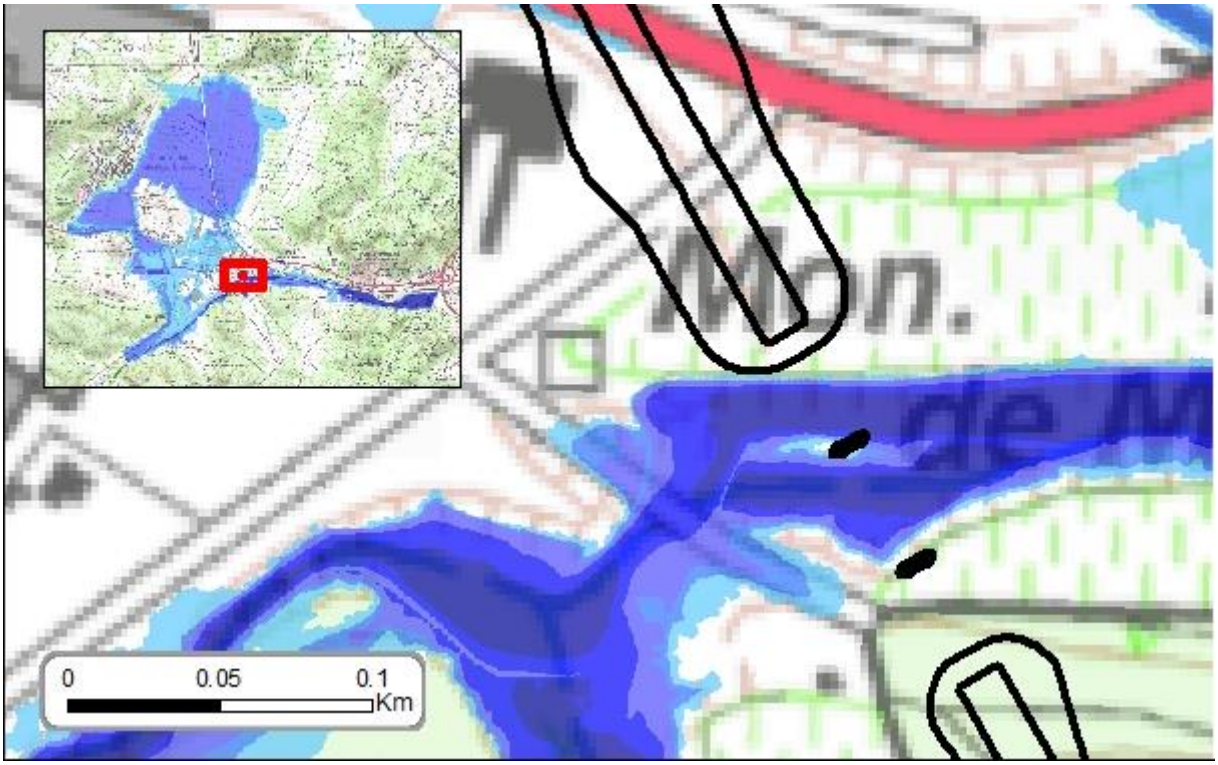
Les ouvrages de franchissement du Maire et du Veyret ont été définis par les ouvragistes intégrant différentes contraintes (et pas seulement des contraintes hydrauliques). Il s'agit ici de valider le dimensionnement des ouvrages, du point de vue hydraulique.

FRANCHISSEMENT DU VEYRET PAR LE RAC

Le franchissement du Veyret par le RAC est assuré par un viaduc, comptant 3 travées de 45 m et des piles de 3 m de large.

Figure 10 : Franchissement du Rec de Veyret par le RAC



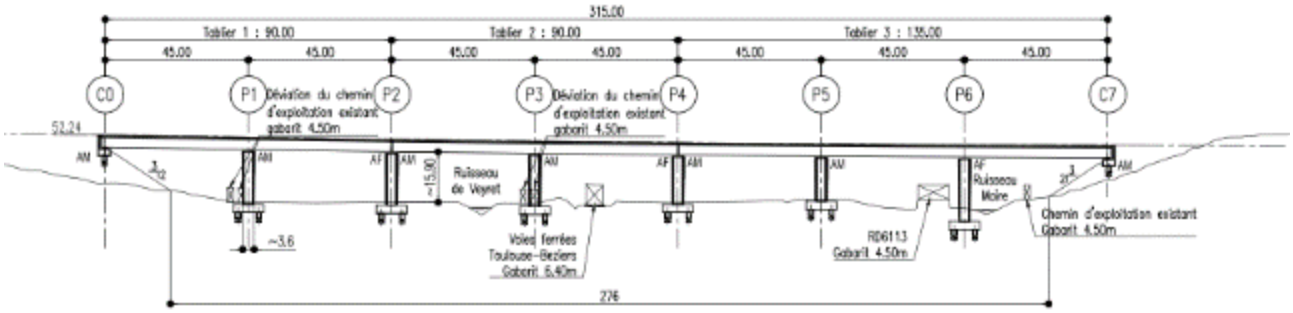


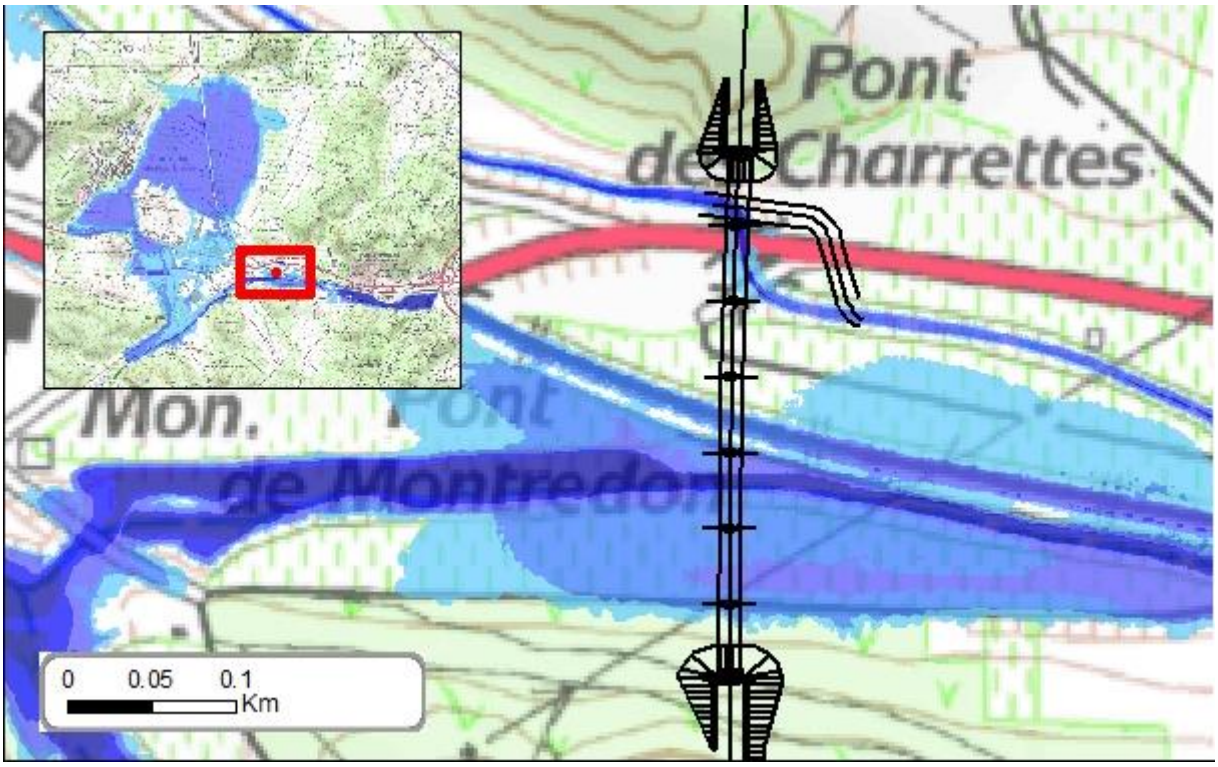
FRANCHISSEMENT DU VEYRET ET DU MAIRE PAR LA LIGNE PRINCIPALE

Le franchissement du Veyret et du Maire par la voie principale est assuré par un viaduc, comptant 7 travées de 45 m et des piles de 3 mètres de large.

L'aménagement prévoit également une déviation du ruisseau Maire sur 105 m.

Figure 11 : Franchissement du Rec de Veyret et du Ruisseau Maire par la ligne principale

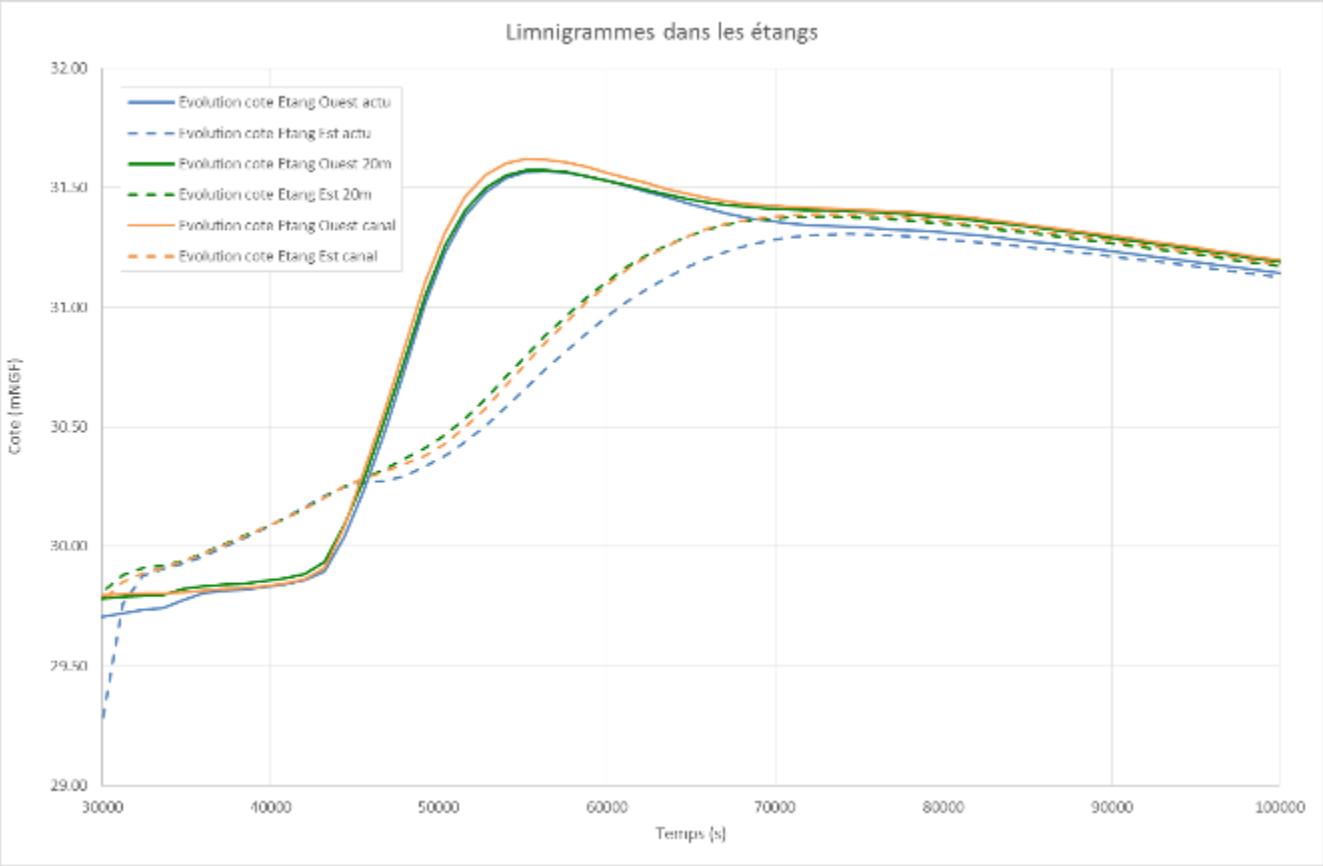




9.1.2. *Impact de la solution pour la crue de référence*

La carte page suivante montre l'impact de la solution S1 sur les niveaux d'eau maximaux atteints.

NB : la carte des impacts montre l'impact sur les hauteurs maximales, et non le maximum des impacts. Les ouvrages testés pouvant décaler légèrement les conditions de remplissage et de vidange, la compréhension de ces cartes peut être difficile. Les limnigrammes des deux étangs sont présentés sur le graphe ci-après, en état actuel et en état aménagé.



Le canal renvoie les eaux de la zone industrielle vers l'étang ouest, d'où un impact à l'ouest de la voie ferrée.

Dans l'étang les niveaux maximaux pour la crue de référence sont rehaussés de 6 cm à l'ouest de la voie existante et de 8 cm à l'est, soit des cotes maximales respectives de 31,63 mNGF à l'Ouest et 31,39 mNGF à l'Est. Ces impacts respectent les critères de dimensionnement dans le sens où il reste cantonné à une zone sans enjeux habités.

L'impact au droit de la Grange Basse est de 1 cm. L'impact maximal au niveau des zones habitées de Montredon est de 1 cm.

Au droit de la zone industrielle, le projet n'a pas d'impact significatif. Il a même tendance à diminuer localement légèrement les niveaux d'eau.

Les viaducs de franchissement du Veyret et du Maire ne créé pas non plus d'impact significatif sur les niveaux d'eau maximaux.

Les débits en sortie de la zone de stockage de Cap de Pla ne sont pas impactés (augmentation inférieure à 1% en débit).

A noter que :

- dans l'étang la cote minimale du point P de la voie nouvelle est de 31,7 mNGF. Pour la crue de référence, le niveau d'eau tangentera le niveau du point P de la voie nouvelle, puisque la cote maximale atteinte dans la partie Ouest de l'étang est de 31,63 mNGF.
- 3 des ouvrages de décharge (O1, O2, O3), dans l'étang seront en charge pour la crue de référence, et sur le dernier (O4) le tirant d'air sera inférieur 1 m (0,34 cm).

Par ces deux points, la solution proposée ne respecte pas les critères de dimensionnement imposés par le référentiel IN3278 pour les lignes nouvelles, mais cela est lié aux contraintes imposées par la ligne existante.

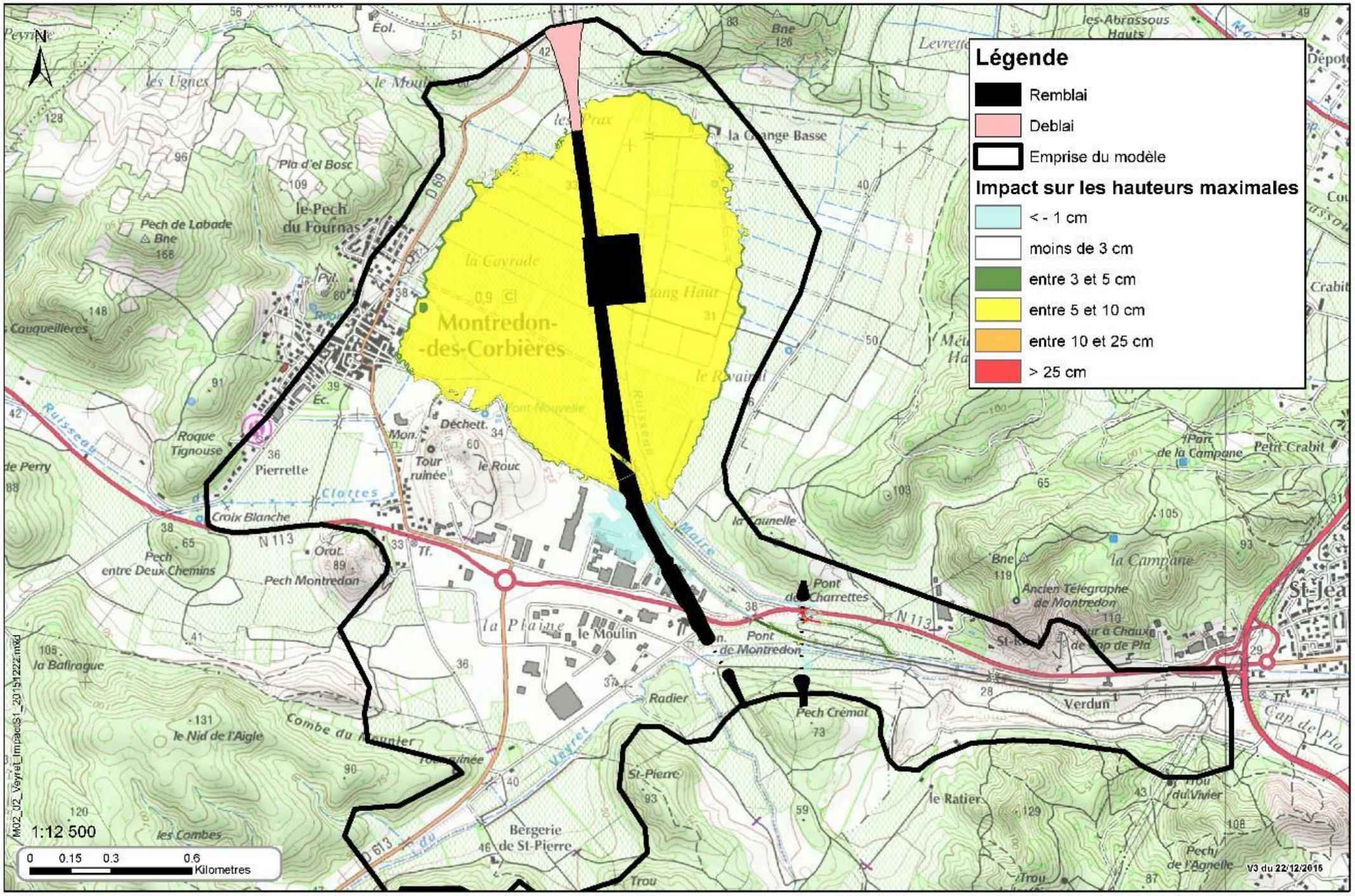
Les principaux résultats en termes de cotes et de vitesses sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 13 : Cotes et vitesses maximales pour la solution S1

	Cote (mNGF)	Vitesse maximale au droit des ouvrages (m/s)
Etang ouest	31.63	0.15 m/s
Etang est	31.39	0.2 m/s
Viaduc Veyret LGV	32.47	3.6 m/s (dans le lit mineur)
Viaduc Veyret RAC	31.93	4.1 m/s (dans le lit mineur)

ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Veyret - Projet PRAX solution Bipoutre - Canal
Crue de référence - Impact sur les hauteurs d'eau maximales



9.1.3. *Impact pour les autres crues*

Les cartes présentant l'impact du projet S1 sur les niveaux maximaux sont données en pages suivantes.

CRUE DECENNALE

Pour la crue décennale, le projet a pour impact une rehausse du niveau dans l'étang de Montredon de 5 cm dans la partie Ouest et de 4 cm dans la partie Est.

Il n'y a pas d'impact au droit de la Grange Basse ni au niveau des zones habitées de Montredon.

Les débits en sortie de la zone de stockage de Cap de Pla ne sont pas impactés.

CRUE TRENTENNALE

Pour la crue de période de retour 30 ans, le projet a pour impact une rehausse du niveau dans l'étang de Montredon de 4 cm dans la partie Ouest et de 7 cm dans la partie Est.

Il n'y a pas d'impact au droit de la Grange Basse ni au niveau des zones habitées de Montredon.

Les débits en sortie de la zone de stockage de Cap de Pla ne sont pas impactés.

CRUE EXCEPTIONNELLE

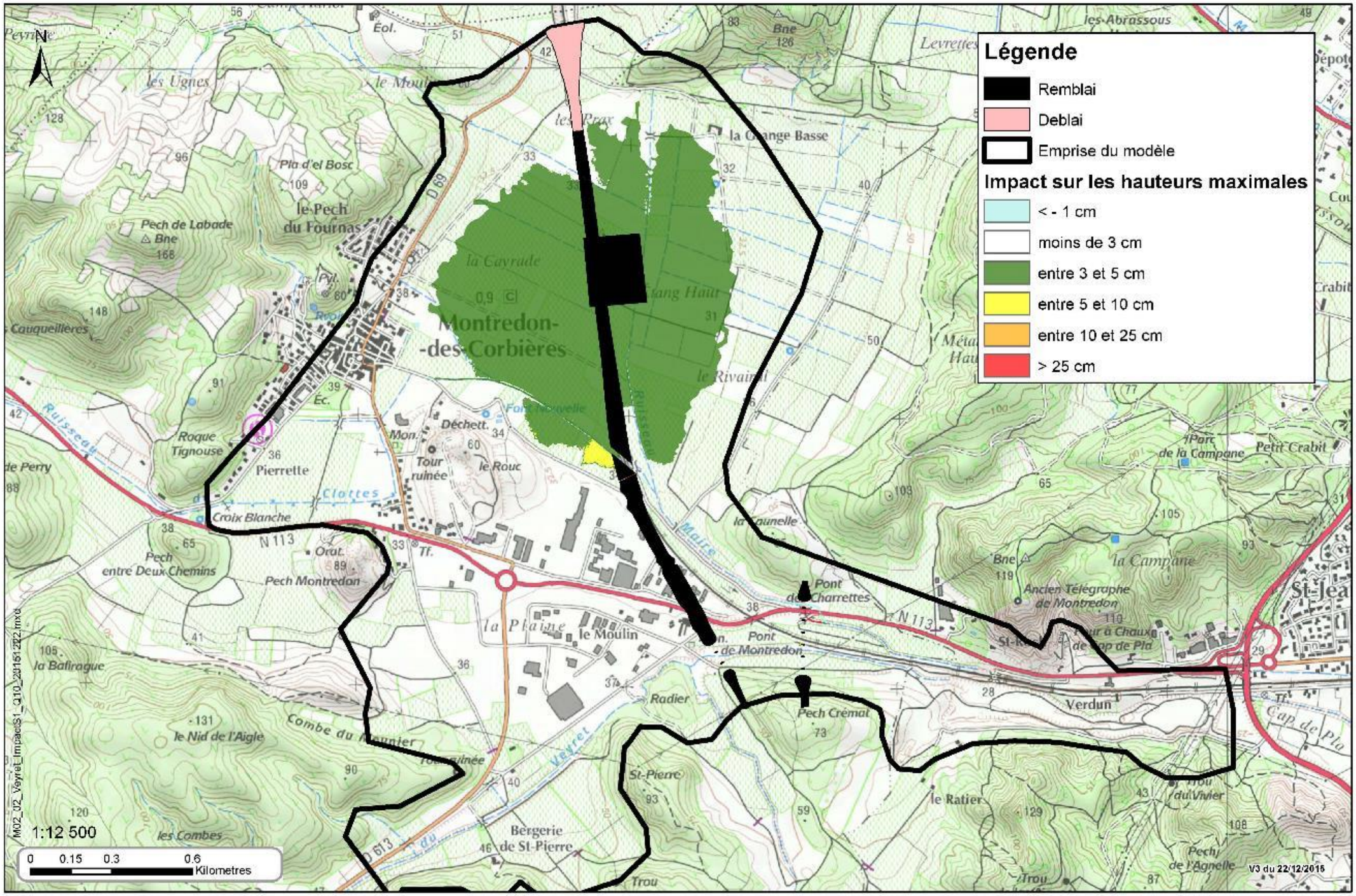
Pour la crue exceptionnelle, le projet a pour impact une rehausse du niveau dans l'étang de Montredon de 9 cm. On note également un impact sur la zone industrielle de l'ordre de 30 cm au maximum, à son extrémité nord-est.

L'impact au droit de la Grange Basse est de 9 cm. L'impact au niveau des zones habitées de Montredon est de 10 cm.

Les débits en sortie de la zone de stockage de Cap de Pla diminuent (-10%).

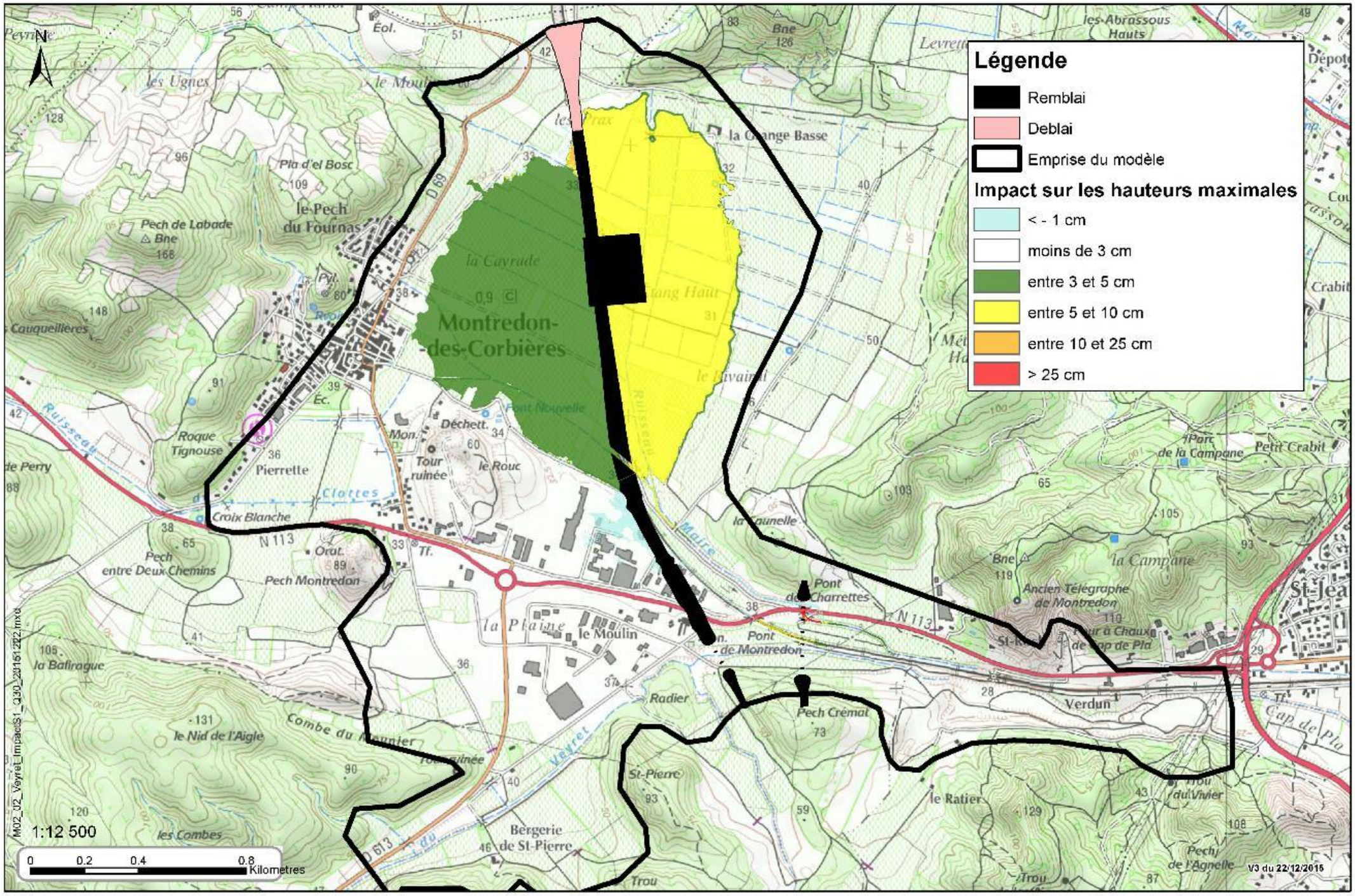
ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Veyret - Projet PRAX solution Bipoutre - Canal
Crue décennale - Impact sur les hauteurs d'eau maximales



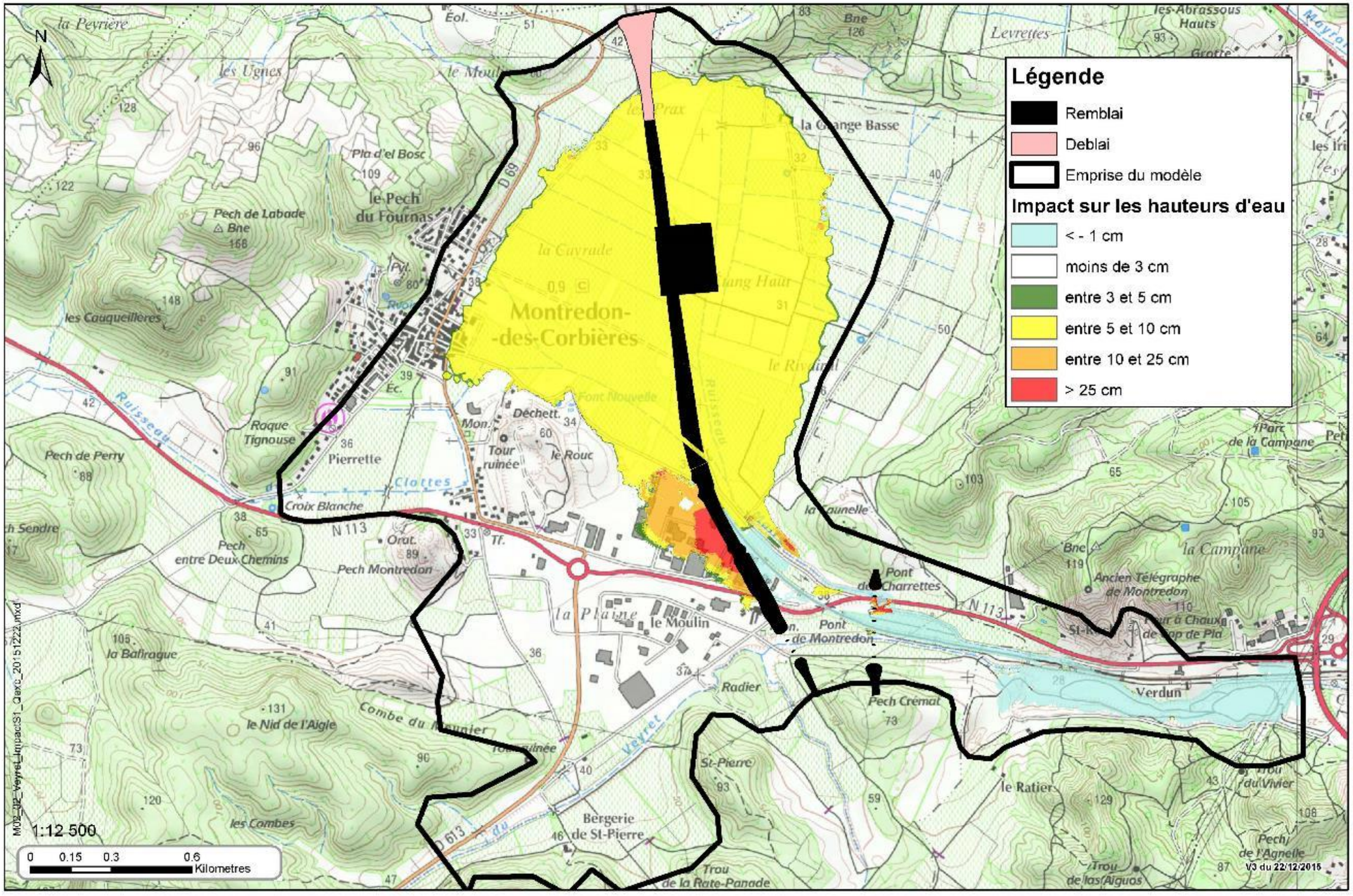
ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Veyret - Projet PRAX solution Bipoutre - Canal
Crue trentennale- Impact sur les hauteurs d'eau maximales



ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Veyret - Projet PRAX solution Bipoutre - Canal
Crue exceptionnelle - Impact sur les hauteurs d'eau maximales

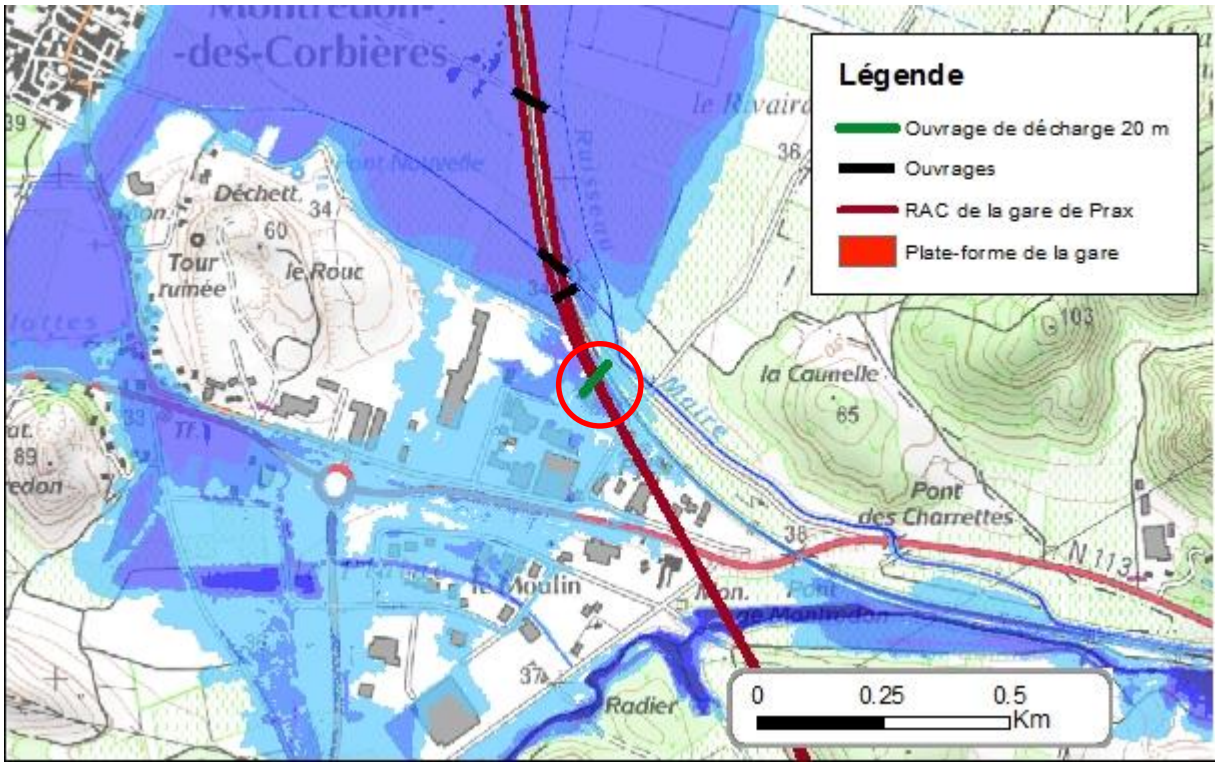


9.2. Solution S2 : Ouvrage de décharge

9.2.1. *Définition de la solution*

La solution S2 est en tout point similaire à la solution S1, sauf au niveau de la gestion des écoulements traversant la zone industrielle et qui viennent buter sur le remblai du RAC : le fossé d'interception est remplacé par un ouvrage de décharge de 20 m de large sous les deux RAC.

Figure 12 : Localisation de l'ouvrage de décharge



9.2.2. *Impact de la solution sur la crue de référence*

La carte de la page suivante présente l'impact de la solution S2 sur les niveaux maximaux pour la crue de référence.

Contrairement à la solution S1, les eaux de la zone industrielle sont renvoyées vers l'est de la voie ferrée, comme en état actuel. L'exhaussement des niveaux maximaux dans l'étang est donc limité à 1 cm dans le côté ouest et 7 cm sur le côté est (impact des remblais), soit des cotes maximales respectives de 31,58 mNGF à l'Ouest et 31,37 mNGF à l'Est.

Il n'y a pas d'impact au droit de la Grange Basse ni au niveau des zones habitées de Montredon.

Les débits en sortie de la zone de stockage de Cap de Pla ne sont pas impactés.

A noter que, tout comme la solution 1 :

- dans l'étang la cote minimale du point P de la voie nouvelle est de 31,7 mNGF. Pour la crue de référence, le niveau d'eau tangentera le niveau du point P de la voie nouvelle, puisque la cote maximale atteinte dans la partie Ouest de l'étang est de 31,58 mNGF.
- 3 des ouvrages de décharge (O1, O2, O3), dans l'étang seront en charge pour la crue de référence, et sur le dernier (O4) le tirant d'air sera inférieur 1 m (0,39 cm).

Par ces deux points, la solution proposée ne respecte pas les critères de dimensionnement imposés par le référentiel IN3278 pour les lignes nouvelles, mais cela est lié aux contraintes imposées par la ligne existante.

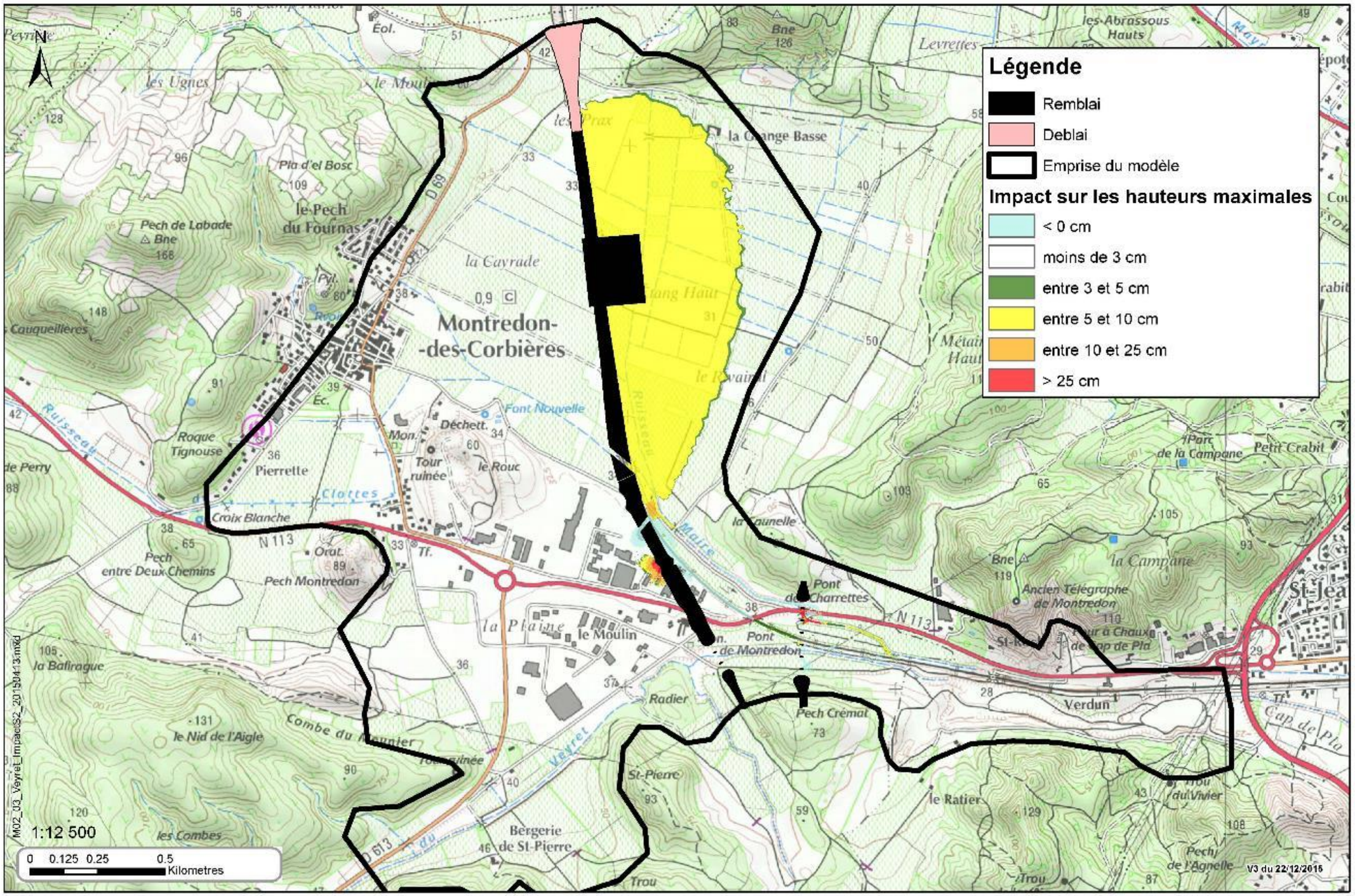
Tableau 14 : Cotes et vitesses maximales pour la solution S2

	Cote (mNGF)	Vitesse maximale au droit des ouvrages (m/s)
Etang ouest	31.63	0.15 m/s
Etang est	31.39	0.2 m/s
Viaduc Veyret LGV	32.47	3.3 m/s (dans le lit mineur du Veyret)
Viaduc Veyret RAC	31.91	4.5 m/s (dans le lit mineur du Veyret)

.

ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Veyret - Projet PRAX solution Bipoutre - Ouvrage 20m
Crue de référence - Impact sur les hauteurs d'eau maximales



9.2.3. ***Impact pour les autres crues***

Les cartes présentant l'impact du projet S2 sur les niveaux maximaux sont données en pages suivantes.

CRUE DECENNALE

Pour la crue décennale, le projet a pour impact une rehausse du niveau dans l'étang de Montredon de 5 cm dans la partie Ouest et de 4 cm dans la partie Est.

Il n'y a pas d'impact au droit de la Grange Basse ni au niveau des zones habitées de Montredon.

Les débits en sortie de la zone de stockage de Cap de Pla ne sont pas impactés.

CRUE TRENTENNALE

Pour la crue de période de retour 30 ans, le projet a pour impact une rehausse du niveau dans l'étang de Montredon de 3 cm dans la partie Ouest et de 6 cm dans la partie Est.

Il n'y a pas d'impact au droit de la Grange Basse ni au niveau des zones habitées de Montredon.

Les débits en sortie de la zone de stockage de Cap de Pla ne sont pas impactés.

CRUE EXCEPTIONNELLE

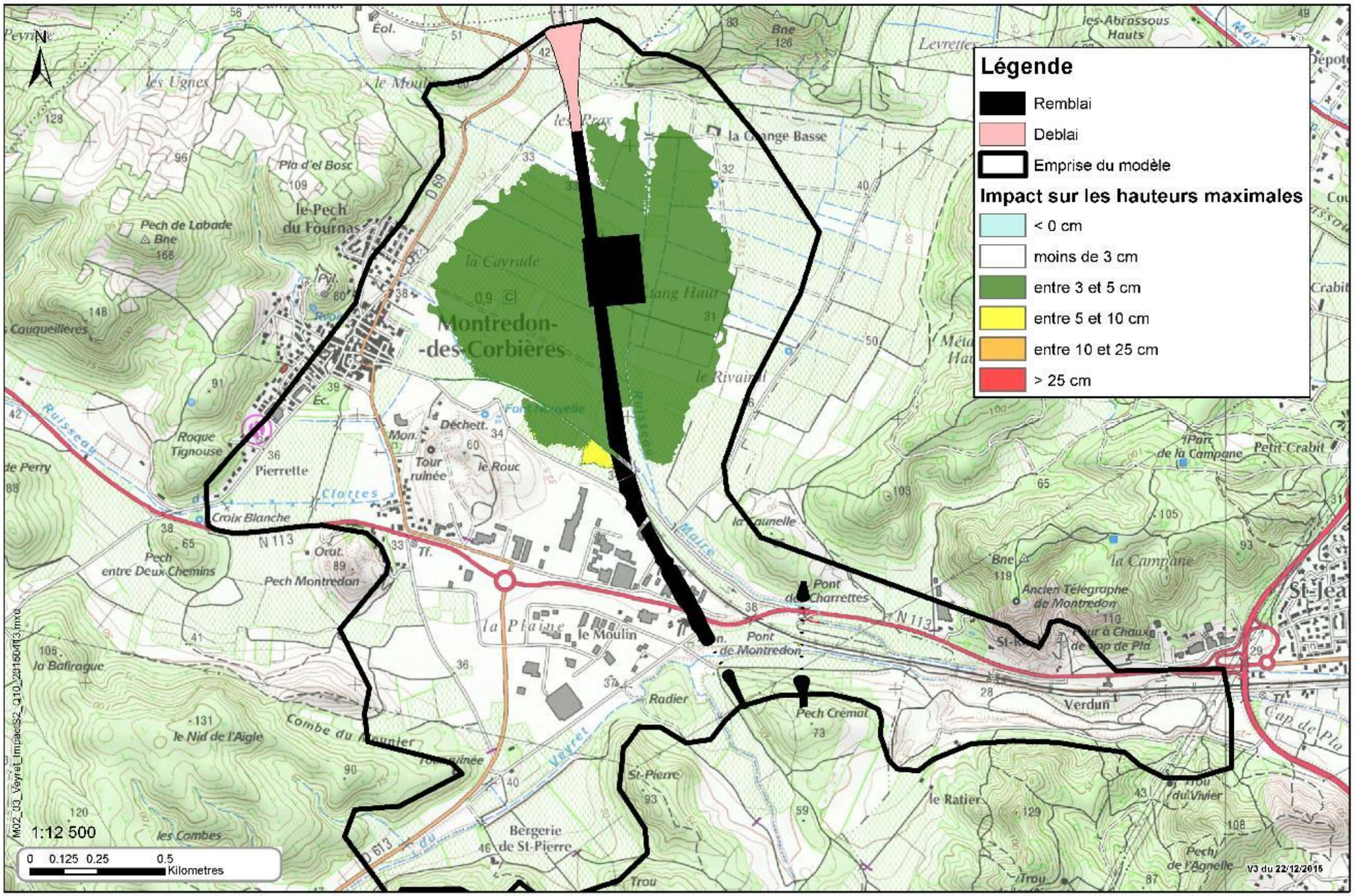
Pour la crue exceptionnelle, le projet a pour impact une rehausse du niveau dans l'étang de Montredon de 9 cm. On note également un impact sur la zone industrielle de l'ordre de 30 cm au maximum, à son extrémité nord-est.

L'impact au droit de la Grange Basse est de 7 cm. L'impact au niveau des zones habitées de Montredon est de 9 cm.

Les débits en sortie de la zone de stockage de Cap de Pla diminuent (-10%).

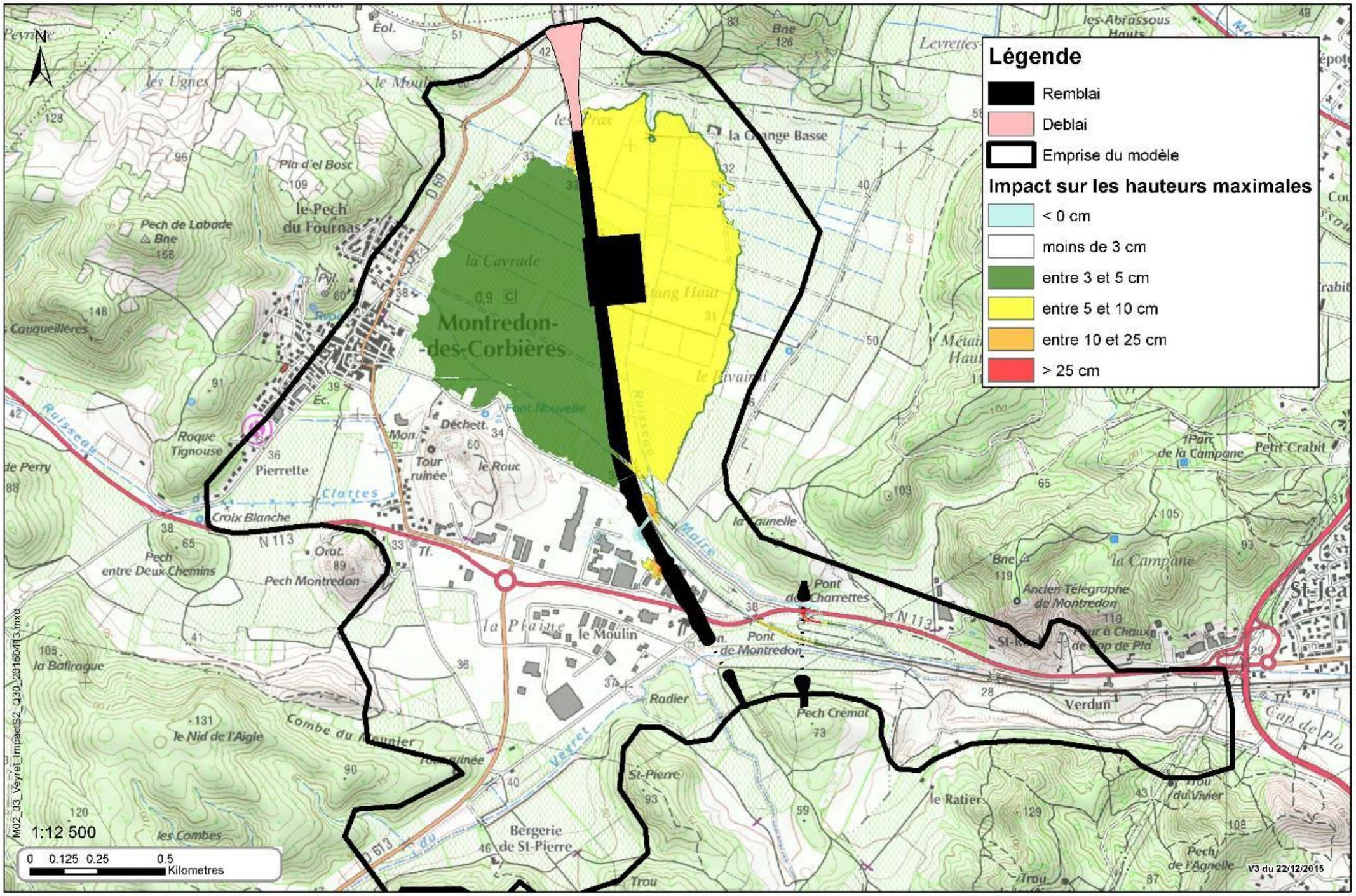
ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Veyret - Projet PRAX solution Bipoutre - Ouvrage 20m
Crue décennale- Impact sur les hauteurs d'eau maximales



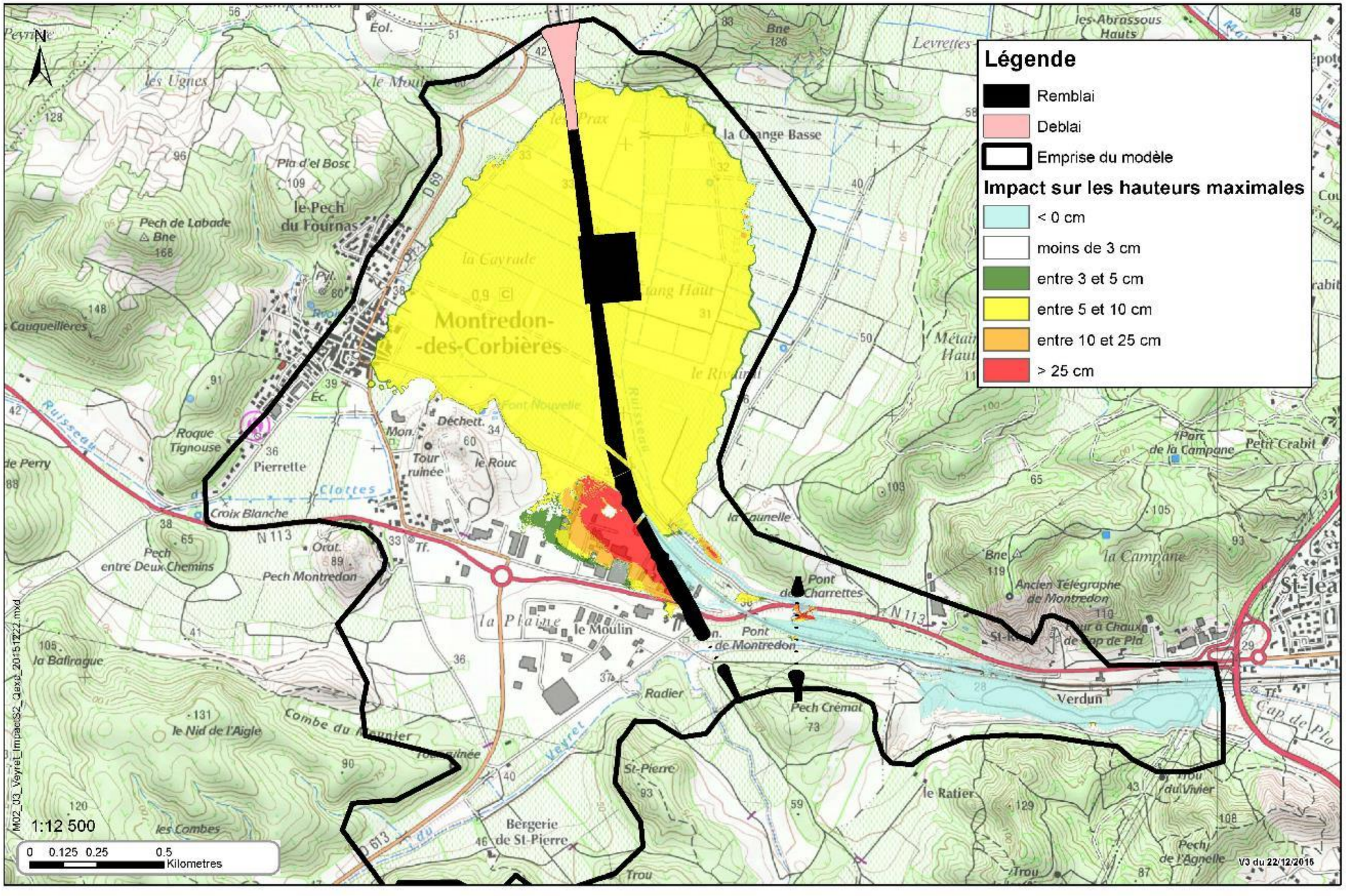
ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Veyret - Projet PRAX solution Bipoutre - Ouvrage 20m
Crue trentennale - Impact sur les hauteurs d'eau maximales



ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Veyret - Projet PRAX solution Bipoutre - Ouvrage 20m
Crue exceptionnelle - Impact sur les hauteurs d'eau maximales

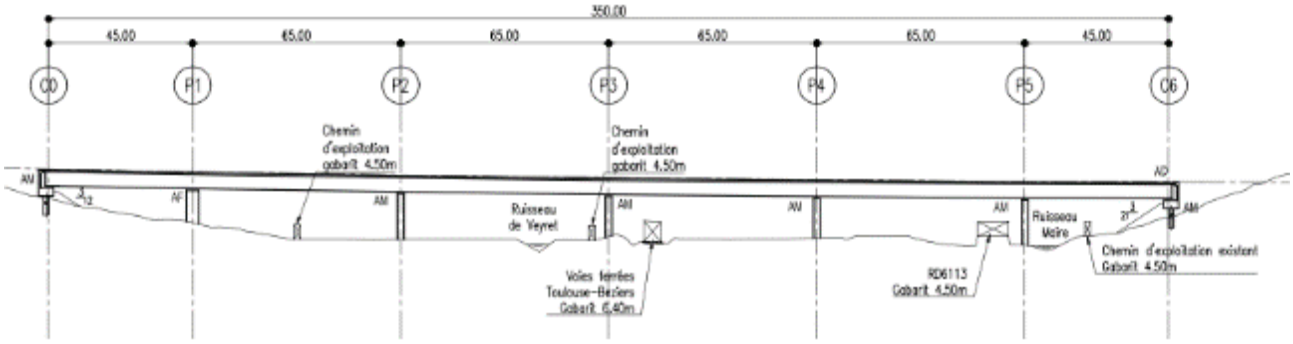


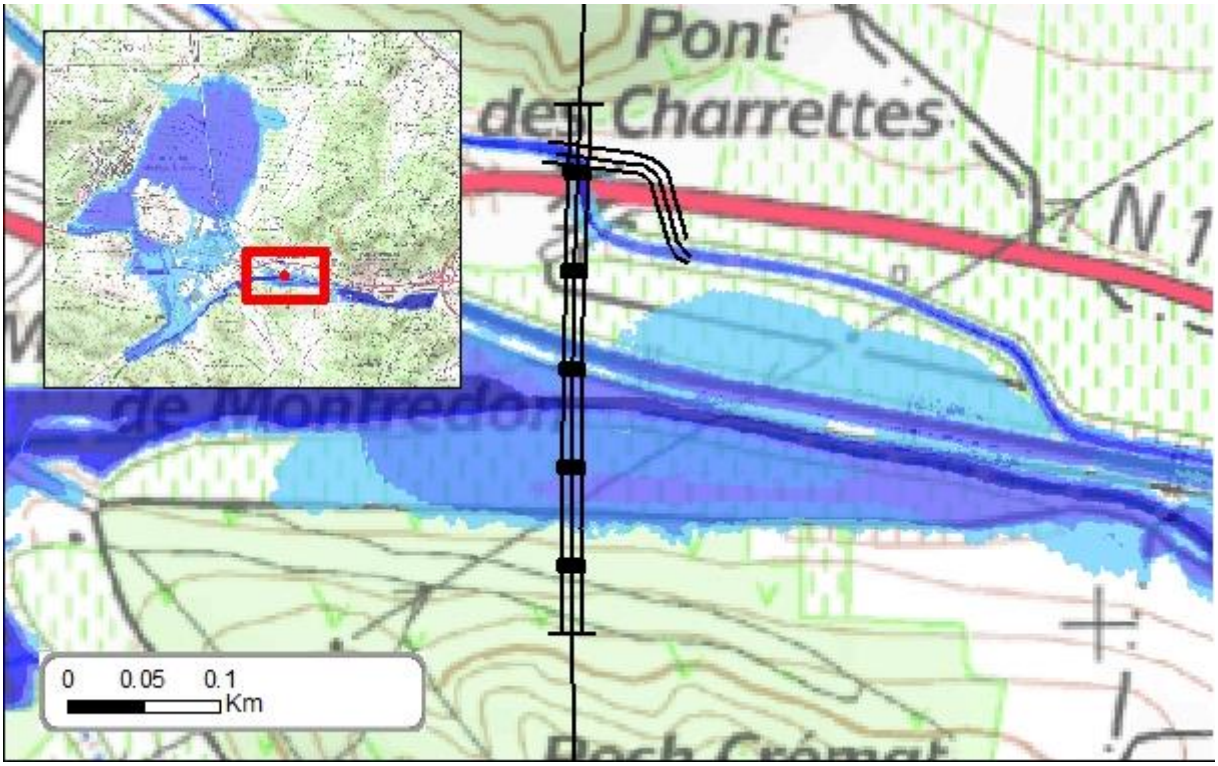
9.3. Autre possibilité pour le franchissement en viaduc du Veyret et du Maire

Les solutions S1 et S2 présentées ci-dessus sont basées sur l'utilisation de viaduc de type « bi-poutres » pour franchir le Veyret et le Maire. Cela conduit à la mise en place d'un ouvrage de 7 travées de 45 m.

Il est également possible de franchir le Maire et le Veyret via un viaduc de type « caisson précontraint ». Cela conduit à la mise en place d'un ouvrage 6 travées (2 de 45 m et 4 de 65 m).

Figure 13 : Franchissement du Maire et du Veyret par un viaduc de type « caisson précontraint »





Tout comme le viaduc de type « bi-poutre », le viaduc de type « caisson » n'aura pas d'impact significatif sur les écoulements.

En effet, l'incidence hydraulique de cet ouvrage est uniquement due à la présence de piles dont l'impact reste limité et ponctuel. Il n'y a pas de remblai en zone inondable qui pourrait avoir un impact hydraulique plus marqué que les piles.

9.4. Remarques

L'impact calculé dans l'étang est principalement dû à la diminution du volume de zone inondable disponible dans l'étang, du fait de la mise en place de la plate-forme de la gare et des remblais des deux voies du RAC.

Le tableau suivant présente ainsi les volumes soustrait à l'inondation dans l'étang de Montredon pour la cote d'eau maximale atteinte dans l'étang en état actuel :

Tableau 15 : Volume soustrait à la zone inondable par le projet (gare + RAC)

	Cote max. (mNGF) en état actuel pour la crue de référence	Volume stocké pour cette cote (m^3) en état actuel	Volume stocké pour cette cote (m^3) en état projet	Volume soustrait à la zone inondable (m^3)
Etang Ouest	31,57	929 000	892 000	37 000
Etang Est	31,31	772 000	687 000	85 000

Cette diminution de volume disponible pour l'expansion de la crue pourrait être compensée en restituant du volume inondable, et donc en creusant certains espaces non inondables actuellement et qui donc le deviendraient. Pour respecter les principes du SDAGE de compensation du volume cote pour cote, le déblai serait à réaliser en bordure de zone inondable actuelle. L'impact du projet sur les niveaux maximaux dans l'étang se trouverait alors largement réduit.

De plus, il faut garder en mémoire que le projet de gare qui a été implanté dans le modèle ne correspond qu'à une esquisse. Le volume réellement soustrait à la zone inondable par le complexe pourrait être différent de celui pris en compte dans la présente étude (volume de remblai différent, disposition constructive sur pilotis pour limiter le volume soustrait à la zone inondable…). Ce point devra être affiné avec une définition plus poussée du projet de gare et de ses équipements connexes.

9.5. Préconisations relatives aux protections

9.5.1. *Principes de protection (extrait du document SETRA – guide technique cours d'eau et pont, juillet 2007)*

Dans le chapitre relatif à la protection des appuis des ouvrages, le guide du SETRA indique que « les tapis d'enrochement sont les dispositions de protection contre les érosions locales les plus couramment employés, pour leur faible cout et leur facilité de mise en œuvre. Ils s'avèrent, à l'expérience, très efficace. »

« Pour éviter tout affouillement autour d'une pile circulaire, les dimensions du tapis à envisager sont, en plan, de l'ordre de trois fois le diamètre de la pile, ce qui correspond à l'emprise totale de la fosse d'affouillement. En épaisseur, il est suggéré de prendre la plus grande des deux valeurs suivantes : la dimension de la pile ou le triple du diamètre des enrochements… il est aussi essentiel que les enrochements ne constituent pas au pied de chaque pile un monticule qui crée une obstruction importante à l'écoulement. ».

9.5.2. *Calcul des protections en enrochement – formule d'Isbach*

Pour un talus incliné d'un angle α sur l'horizontale, le diamètre D = D_{50} des enrochements permettant de résister à une vitesse d'arrachement critique Vc, est donné par la formule d'Isbach, fruit d'études expérimentales et théoriques.

$$D = \frac{Vc^2}{2g \cdot \left(\frac{\omega s - \omega}{\omega}\right)} \cdot C$$

Où :

- $\omega s \; et \; \omega$ est le poids volumique des blocs et de l'eau
- D : le diamètre des blocs
- g : l'accélération de la pesanteur = 9.81 m/s²
- C : un coefficient dépendant de l'angle de frottement φ des enrochements et α la pente d'inclinaison du talus

Diverses expressions sont trouvées pour C dans la littérature :

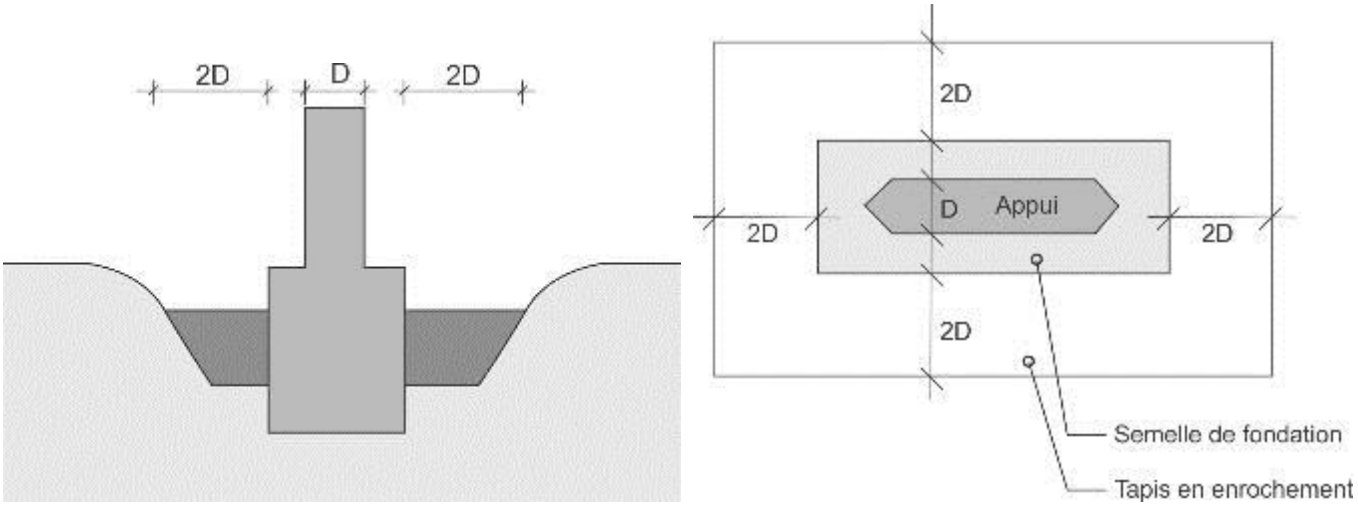
$C = \frac{1}{Kb^2 \cdot \cos\alpha}$ Avec : • Kb = 1,20 pour la vitesse induisant le glissement de l'enrochement • Kb = 1,55 pour la vitesse induisant le basculement hors de son logement de l'enrochement	$C = \frac{b}{K}$ Avec : • b = 1,4 pour les courants naturels à forte turbulence • b = 0,7 pour les courants naturels en régime uniforme $K = \cos\alpha \cdot \sqrt{1 - \frac{tg^2\,\alpha}{tg^2\,\varphi}}$

Les essais en laboratoire ont montré que pour un sédiment donné, un affouillement commence à apparaitre au pied d'une pile circulaire pour une vitesse d'écoulement égale à la moitié de la vitesse critique de charriage et ce quel que soit le diamètre de la pile.

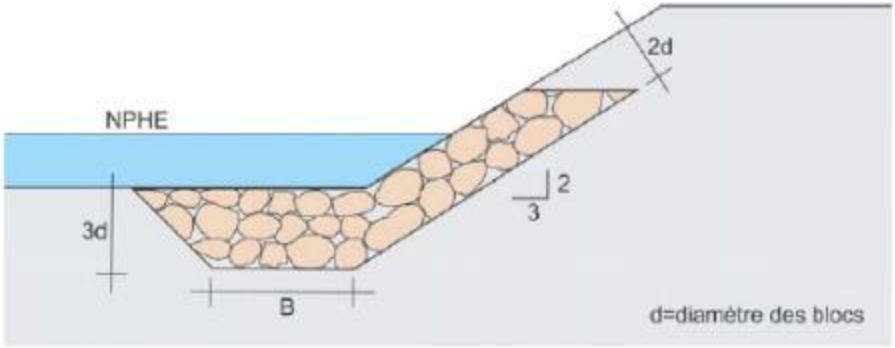
Ce résultat permet de déterminer le poids d'enrochement capable de prévenir toute érosion : il est nécessaire de disposer de blocs pour lesquels la vitesse de début de charriage est supérieure à deux fois la vitesse d'écoulement de la crue considérée. La relation entre le diamètre des blocs et la vitesse critique de charriage étant donné à la formule d'Isbach exposée précédemment.

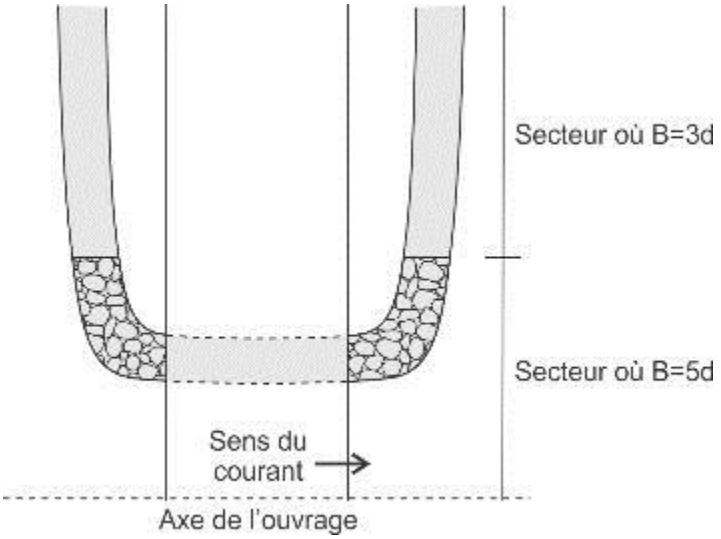
9.5.3. *Schémas*

9.5.3.1. Schéma de protection de piles



9.5.3.2. Schéma de protection berges et remblai





10. MODELISATION DE L'IMPLANTATION DE QUAIS AU NIVEAU DU REC DE VEYRET DANS LE CAS DE LA GARE « PONT DES CHARRETTES » AVEC ET SANS LE RAC H'

10.1. Description des éléments de projets pouvant avoir une incidence hydraulique sur les écoulements en crue du Rec de Veyret

A noter que les chapitres précédents présentaient les impacts hydrauliques du tracé selon la variante PRAX. **Cette variante n'a pas été retenue**. Les chapitres qui suivent présentent les impacts hydrauliques du **tracé CHARRETTES**.

L'implantation de quais au niveau du Rec de Veyret entraine un décalage de la voie ferrée actuelle sur un linéaire de 1900 m (décalage maximal de 9 mètres), ainsi qu'un déplacement du lit mineur du ruisseau Maire d'environ 10 mètres sur un linéaire de 450 mètres.

Les quais sont calés 55 cm au-dessus du plan de la voie, entre les cote 30.5 mNGF à l'ouest et 29 mNGF à l'est.

En aval du viaduc de Pont des Charrettes (ouvrage bi-poutre avec 9 travées de 45m, présenté en annexe 3 :), selon le phasage du projet retenu, un RAC H' peut être nécessaire pour raccorder provisoirement la LNMP avec la voie existante. Ce RAC croise la zone de rétention de Cap de Pla. Un ouvrage de rétablissement des écoulements du Rec de Veyret serait alors nécessaire pour assurer la transparence hydraulique.

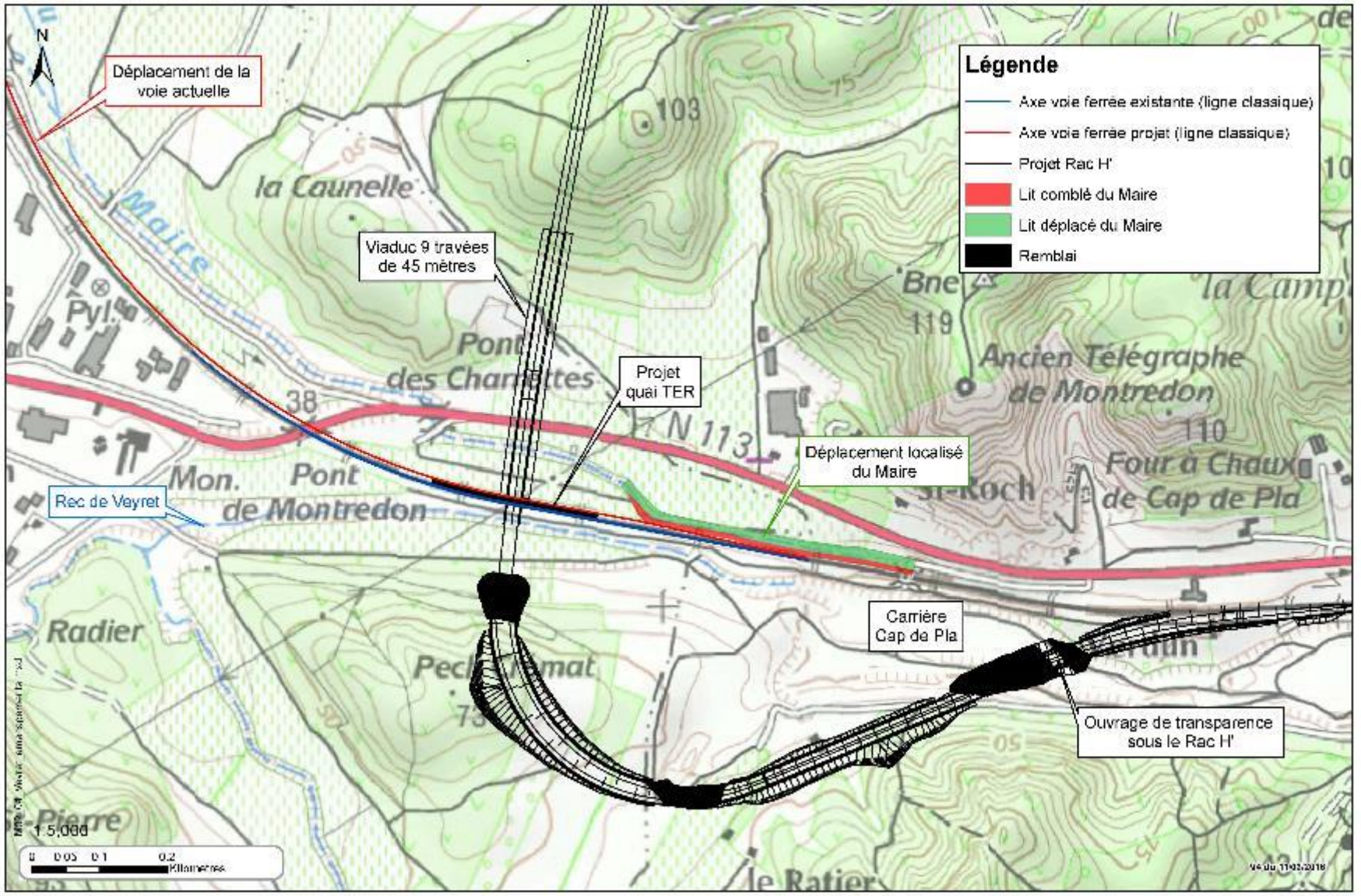
La carte en page suivante présente la localisation de ces aménagements.

Dans les chapitres suivants, les modélisations ont été envisagées pour les 2 configurations suivantes :

- Avec implantation des quais
- Avec implantation des quais et du RAC H'

LIGNE NOUVELLE MONTPELLIER-PERPIGNAN

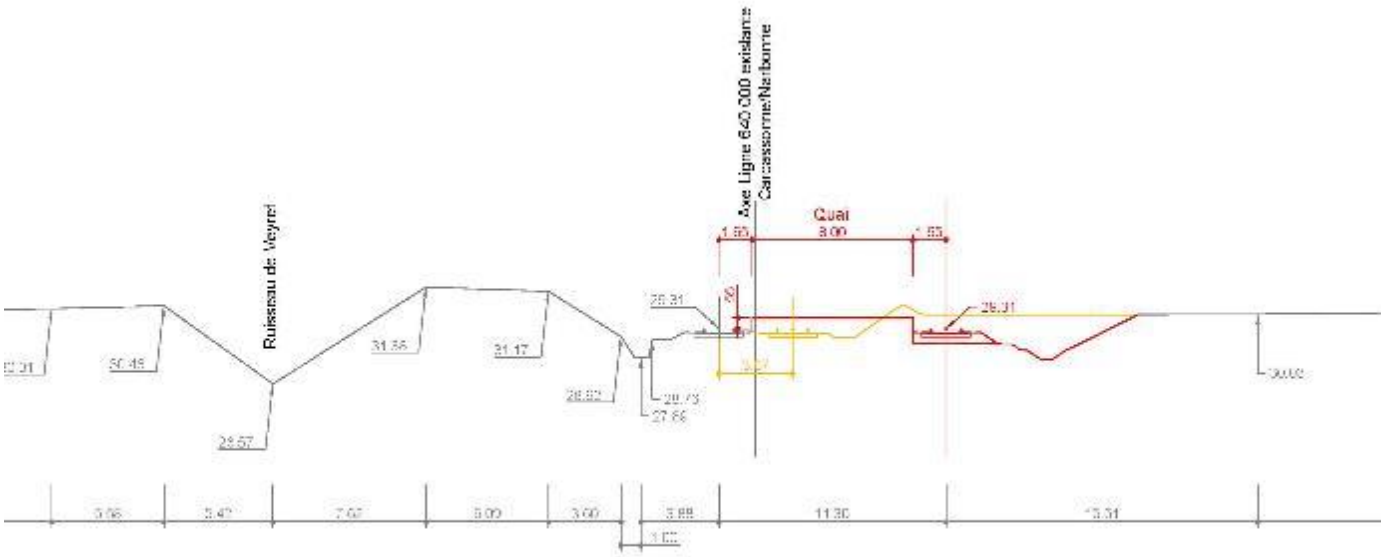
Veyret - Projet Charrettes - Quais TER et Rac H'
Carte des aménagements



10.2. Modélisation de l'implantation de quais au niveau du Rec de Veyret dans le cas de la gare « Pont des Charrettes » sans le RAC H'

10.2.1. *Hypothèses de construction*

En l'absence de plan de projet en 3D au moment de l'engagement de la modélisation, il a été fait l'hypothèse que la voie ferrée actuelle était déplacée sans modification de profil en long (même cote de voie, même cote de merlon…). La coupe-type ci-dessous représente ce principe :



Ce même principe a été adopté pour le déplacement du ruisseau Maire en aval du quai (même pente de profil en long et même profil en travers).

Les modélisations ont été réalisées pour 4 crues : centennale, décennale, trentennale et exceptionnelle.

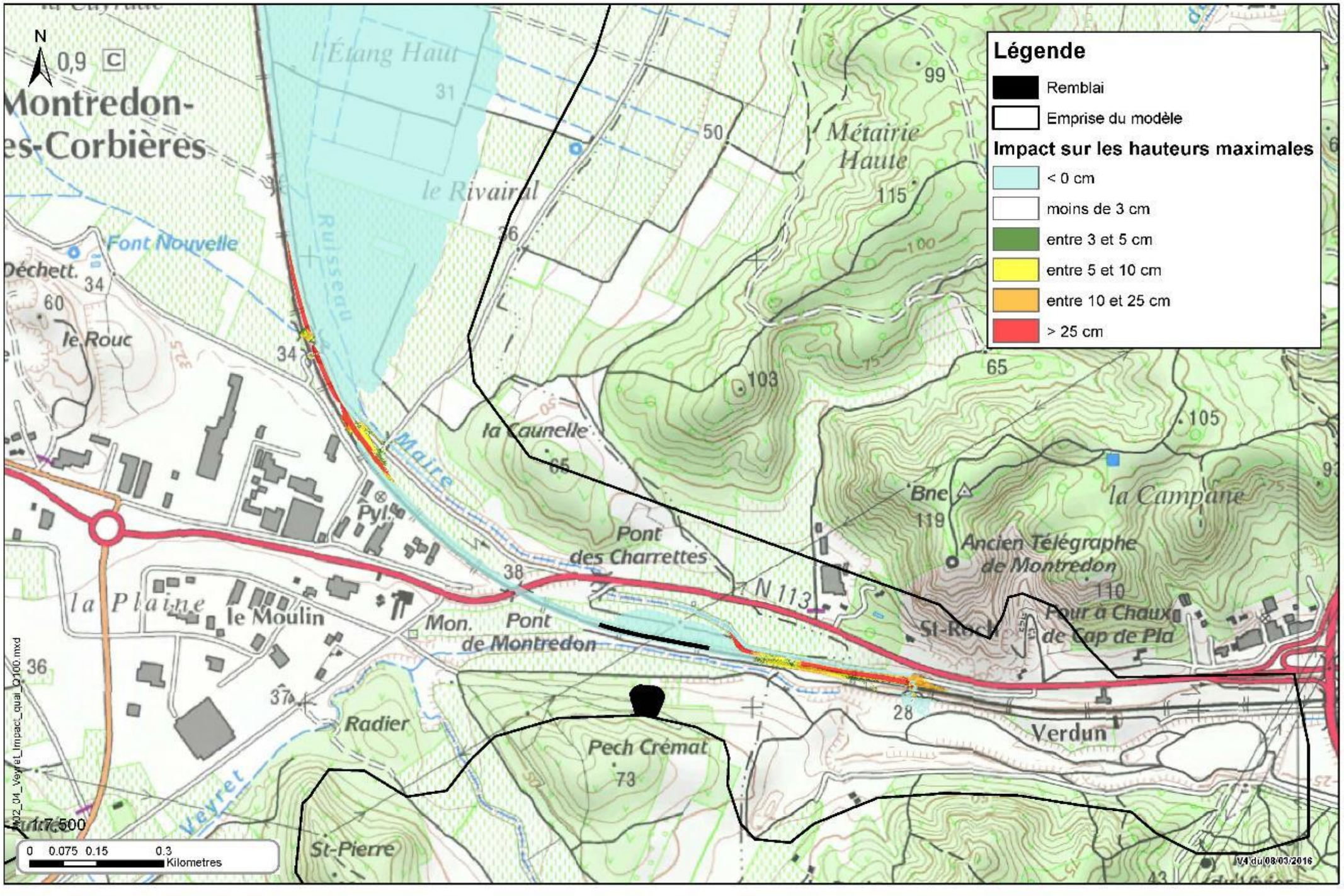
10.2.2. *Impact de l'implantation des quais pour la crue de référence*

La carte de la page suivante présente l'impact de l'implantation des quais sur les niveaux maximaux pour la crue de référence. L'impact a été calculé par différence entre les cotes d'eau projet maximales et les cotes d'eau actuelles maximales.

L'interprétation de cette carte doit se faire en tenant compte de la manière dont sont calculés les impacts : différence entre la cote d'eau projet et la cote d'eau initiale. Les cotes d'eau intègrent la hauteur d'eau mais aussi le niveau du terrain naturel considéré dans le calcul. Des secteurs en « rouge » (écart supérieur à 25 cm) apparaissent le long de la voie ferrée décalée et du ruisseau Maire décalé. Il s'agit en fait de zones inondables pour la crue considérée et sur lesquelles le niveau du terrain naturel en état projet est supérieur à ce qu'il était en état initial du fait du décalage des infrastructures (comme exposé sur le schéma précédent). Cet écart traduit donc la modification du terrain plutôt qu'un réel impact hydraulique. Ailleurs, l'impact du projet est faible. On notera que les hauteurs d'eau sont réduites de quelques centimètres sur la voie ferrée en déblai. Ceci s'explique par l'élargissement du déblai.

LIGNE NOUVELLE MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charrettes - Quais TER
Crue de référence - Impact sur les hauteurs d'eau maximales



Le paragraphe ci-dessous présente les niveaux d'eau en état actuel et en état projet au droit de quelques profils en travers, localisés sur la carte ci-après.

Figure 14 : Localisation des profils en travers

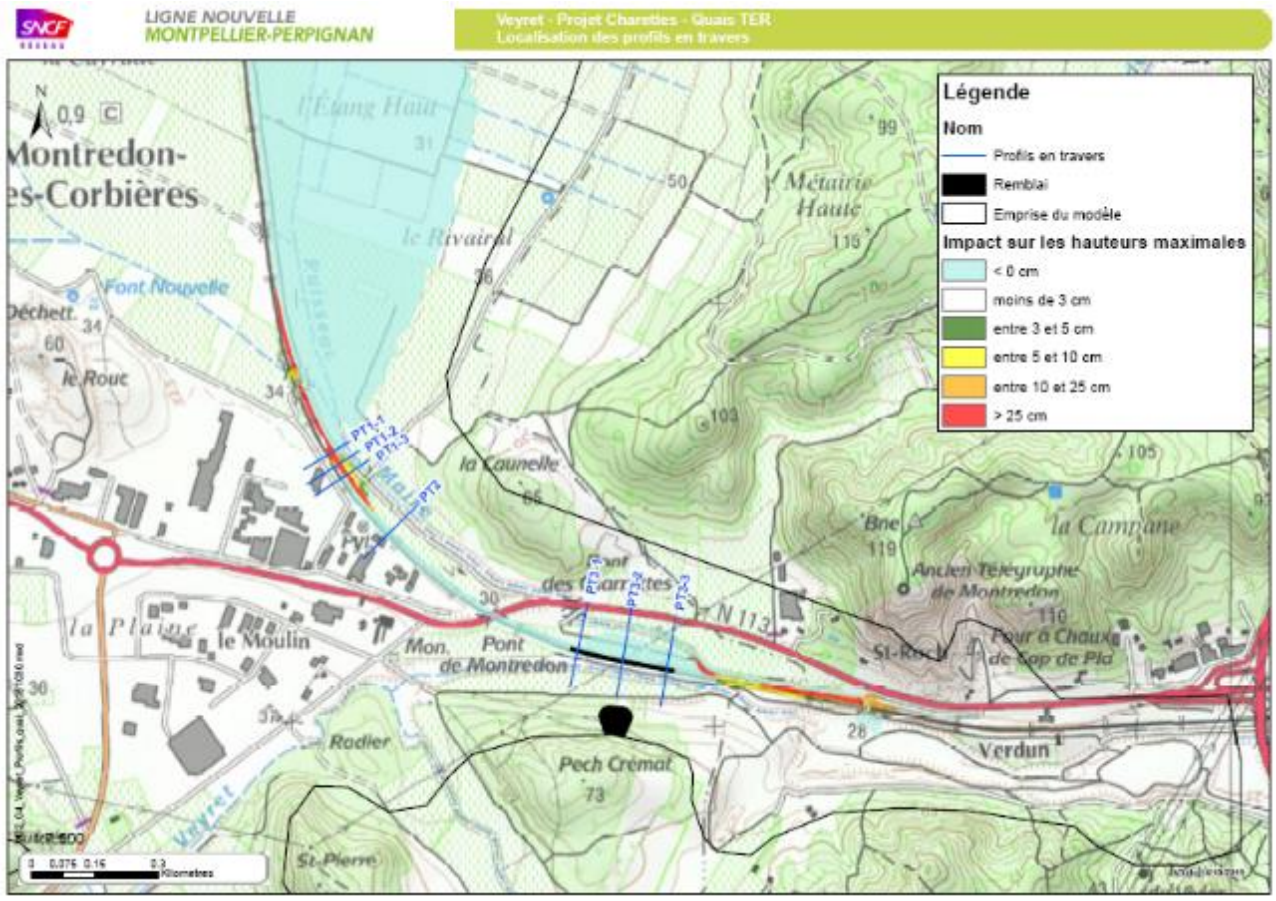
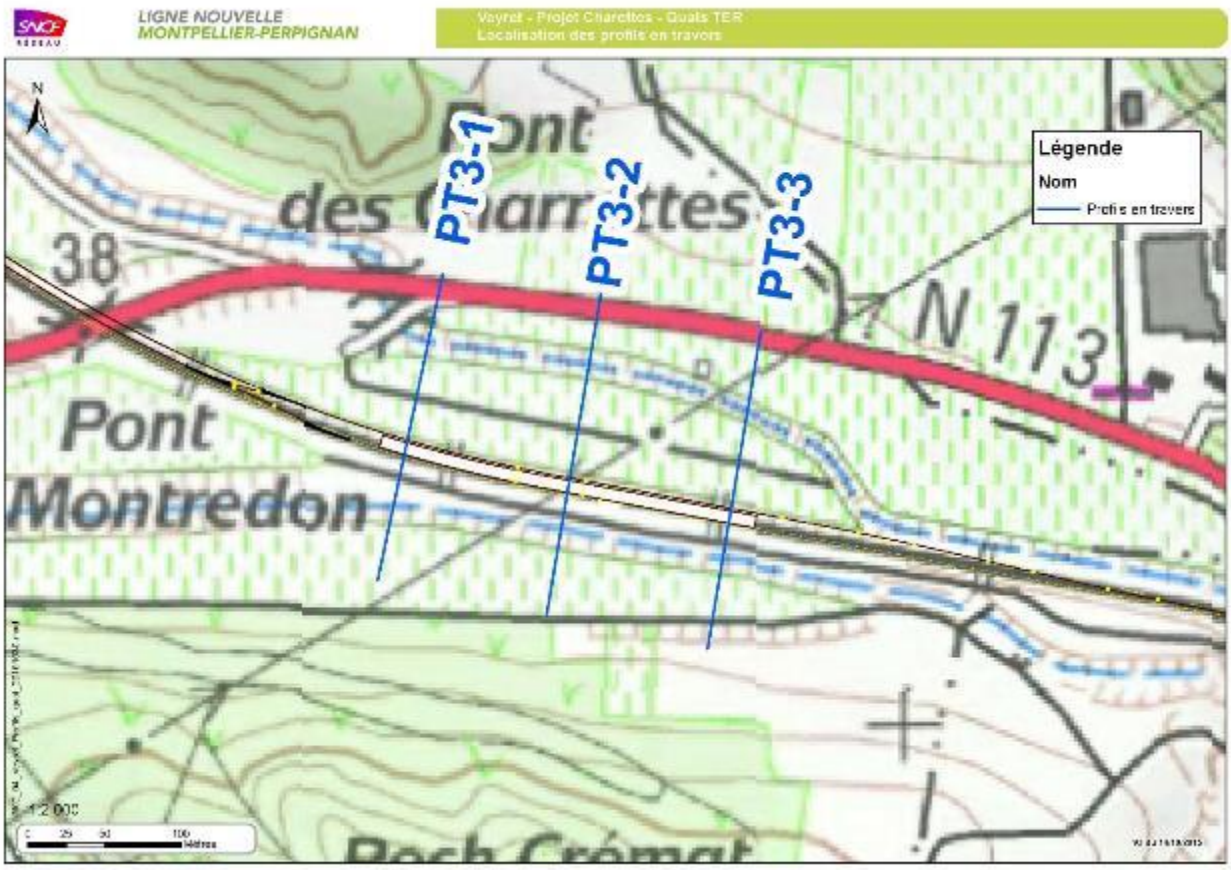


Figure 15 : Localisation des profils en travers – zoom sur la zone du quai TER



Nota :

- Le profil PT3-2 se situe exactement au droit de l'axe LGV Charrettes
- Le profil PT3-1 se situe 109 m en amont de l'axe LGV
- Le profil PT3-2 se situe 108 m en aval de l'axe LGV

Par ailleurs le début du quai se situe 126 m en amont de l'axe LGV, et la fin 125 m en aval (il est centré sur l'axe de la LGV).

Figure 16 : Profil 1-1

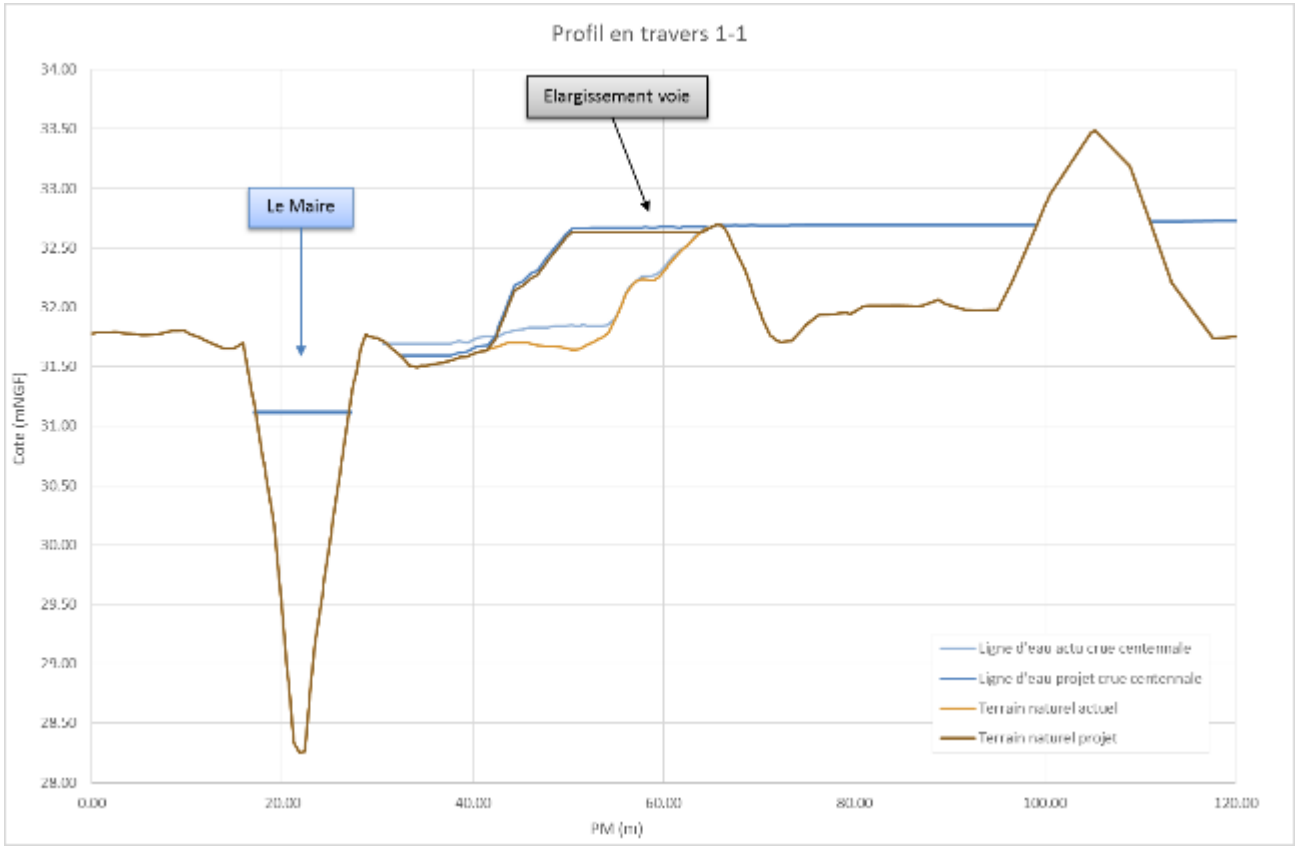


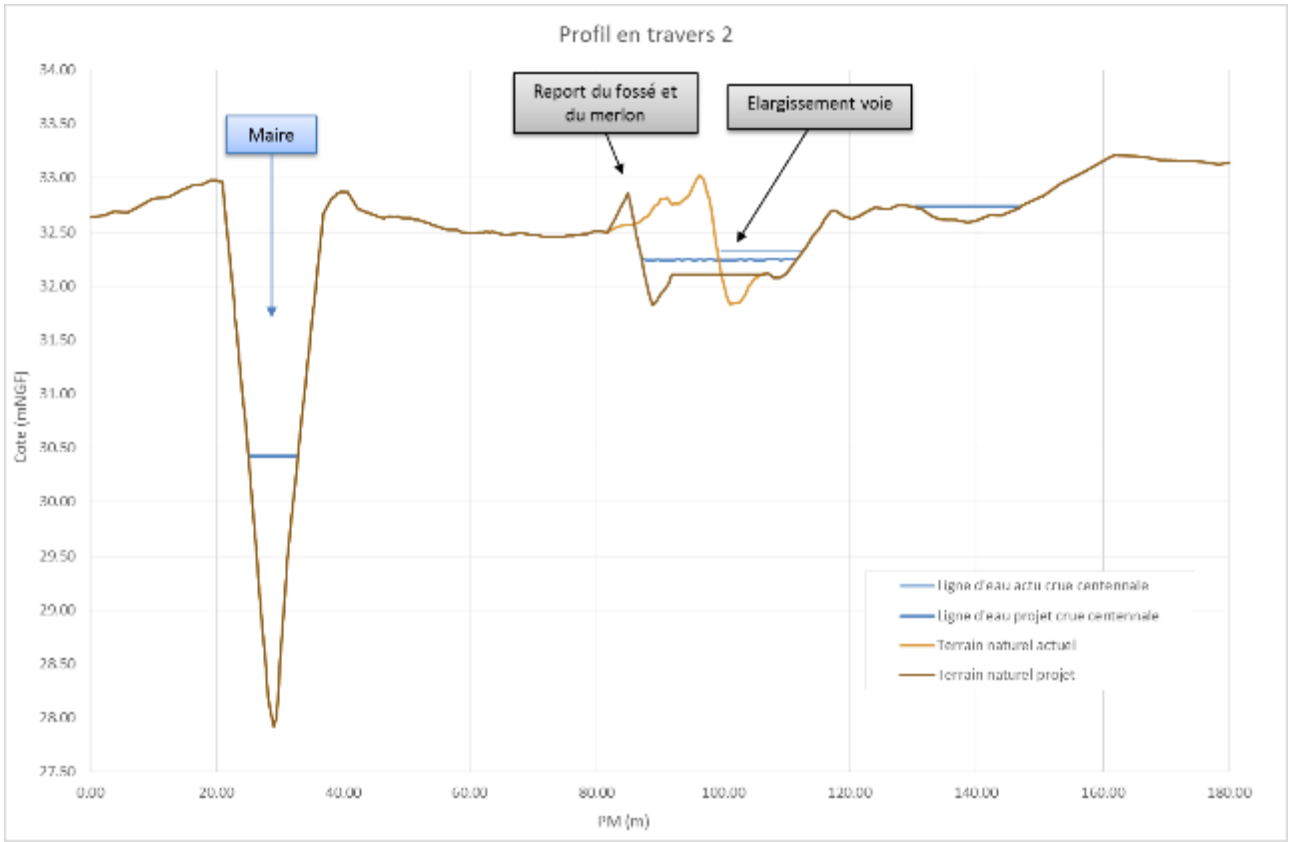
Figure 17 : Profil 1-2



Figure 18 : Profil 1-3



Figure 19 : Profil 2



Les impacts induits par le décalage du merlon et l'élargissement de la voie sont de l'ordre de 10 cm.

Figure 20 : Profil 3-1



-

Figure 21 : Profil 3-2

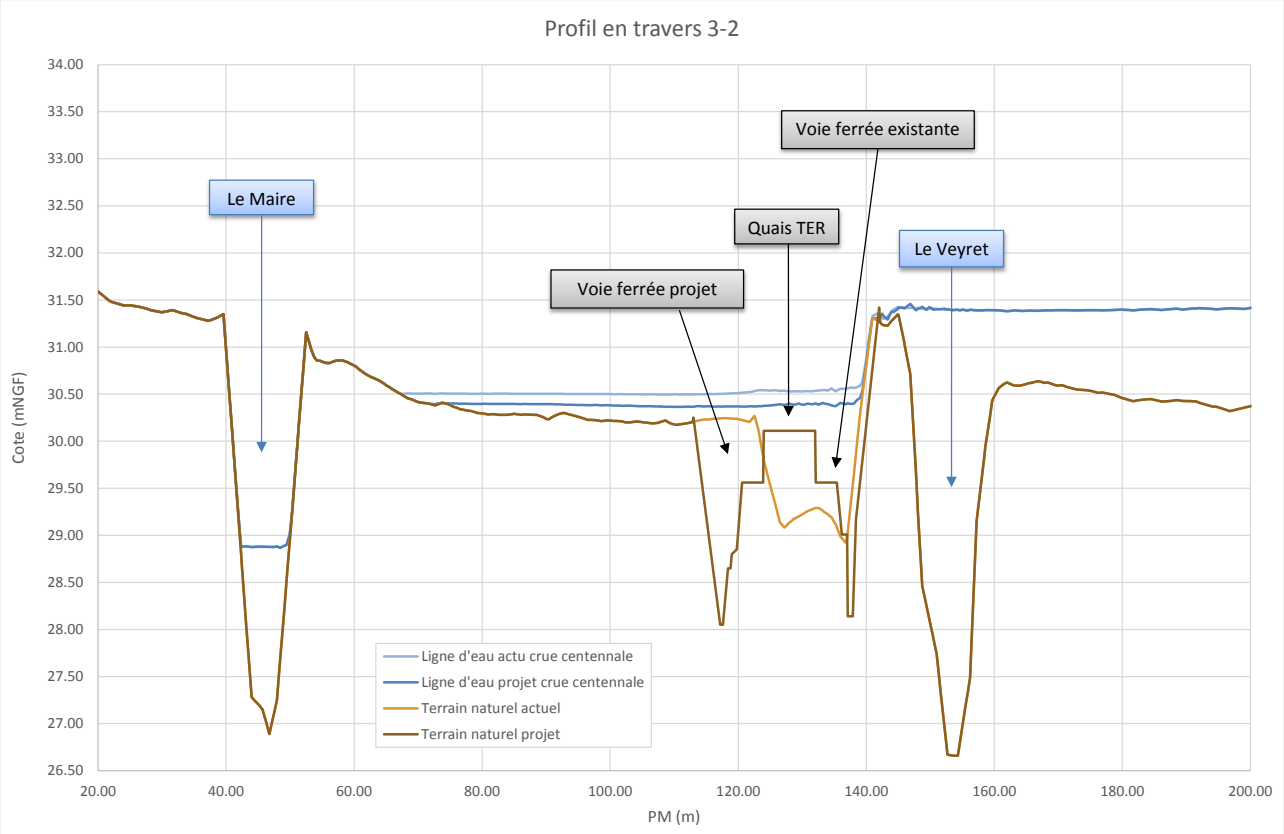
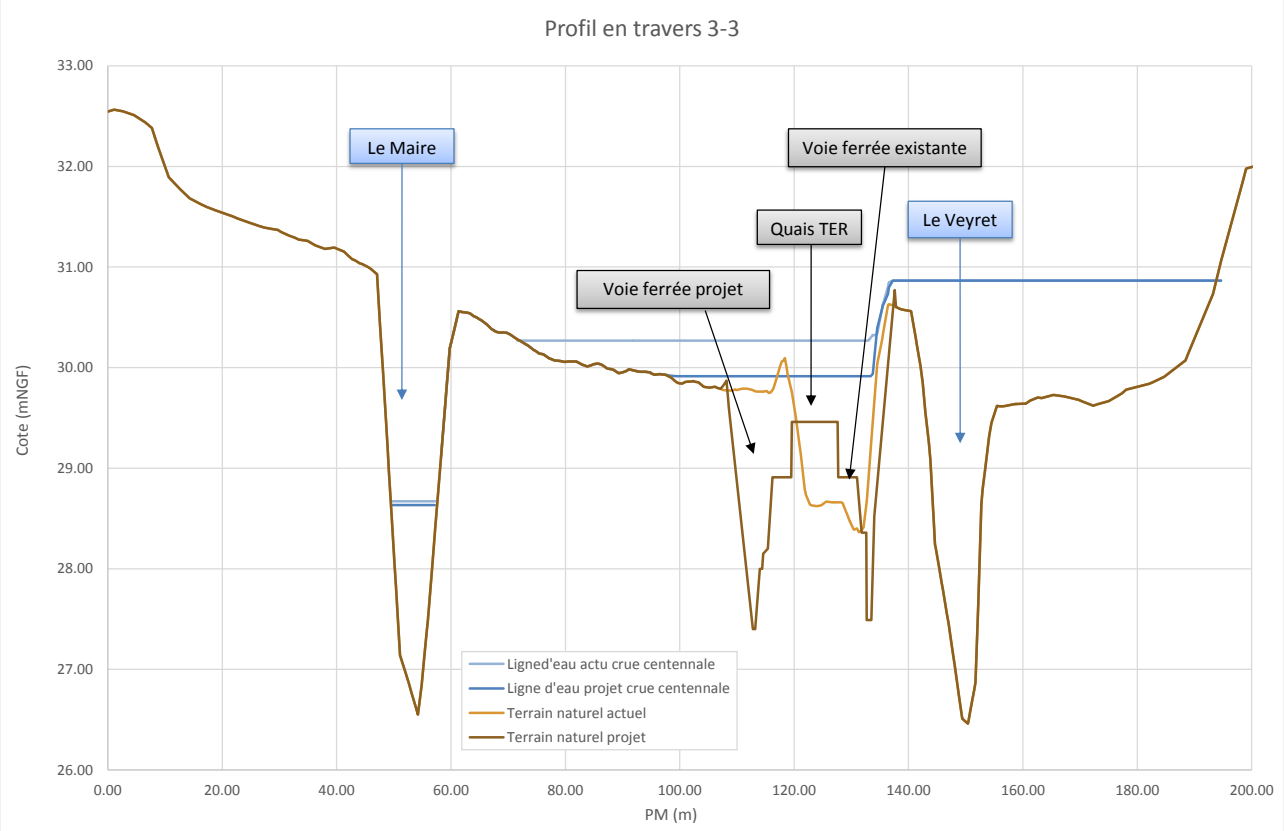


Figure 22 : Profil 3-3



On notera que les hauteurs d'eau sont réduites sur la voie ferrée en déblai. Ceci s'explique par l'élargissement du déblai (décalage des voies vers le nord).

10.2.3. *Impact de l'implantation des quais pour les autres crues*

Les cartes présentant l'impact de l'implantation des quais sur les niveaux maximaux sont données en pages suivantes.

CRUE DECENNALE

Pour la crue décennale, le projet n'a pas d'impact significatif (autre que ceux dus au décalage des infrastructures)

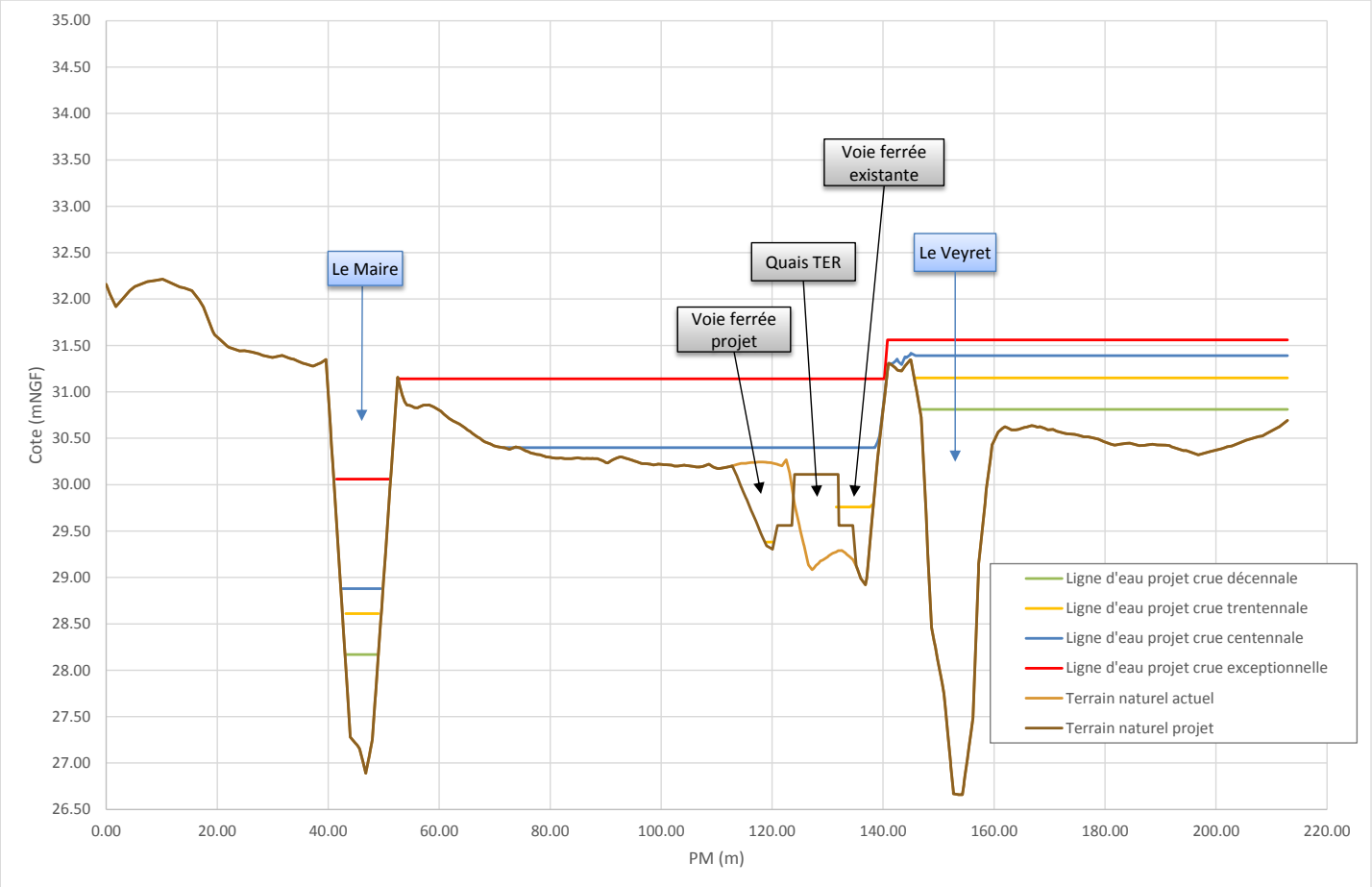
CRUE TRENTENNALE

Pour la crue de période de retour 30 ans, l'impact du projet reste limité à une différence de niveau d'eau (à la baisse) dans le déblai de la voie ferrée.

CRUE EXCEPTIONNELLE

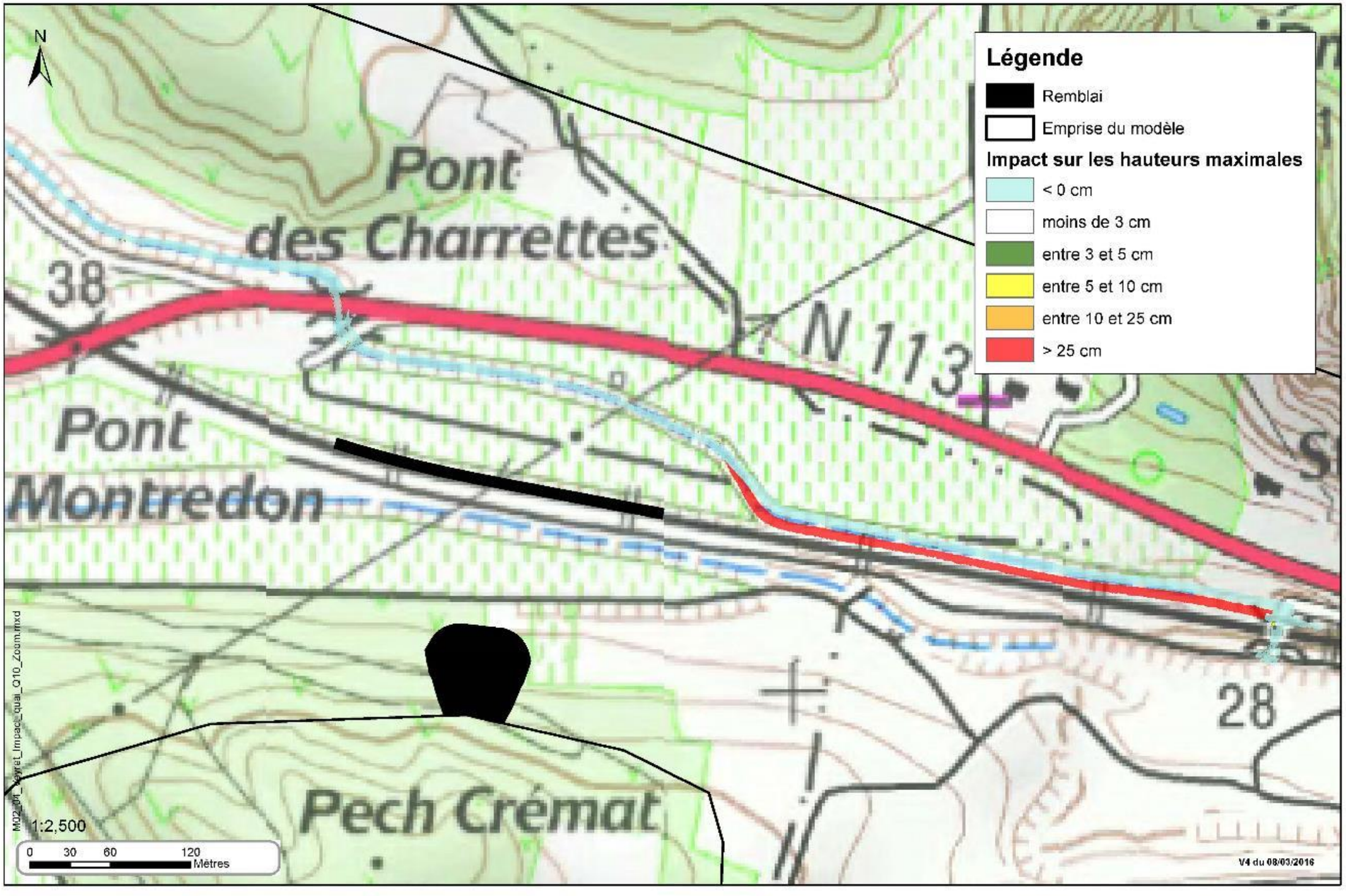
Pour la crue exceptionnelle, les impacts restent limités à des zones sans enjeu et respectent les valeurs maximales admissibles. En effet, les impacts sont en tout point inférieur à 25 cm (les impacts qui apparaissent supérieurs à 25 cm étant seulement dus au déplacement des infrastructures).

Les niveaux d'eau au droit des quais pour l'ensemble des occurrences sont présentés sur le graphe ci-après (profil 3-2).



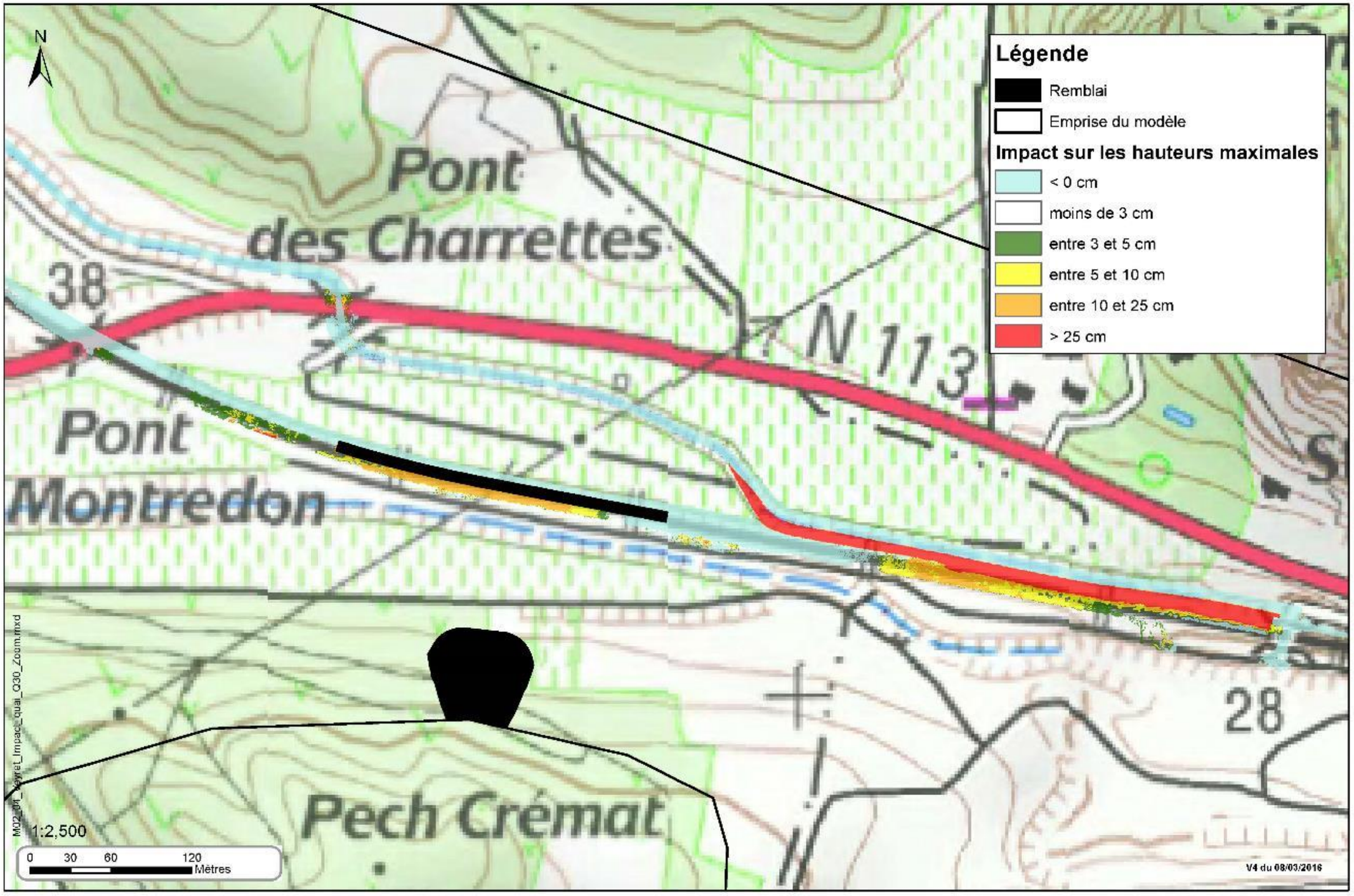
LIGNE NOUVELLE MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charrettes - Quais TER
Crue décennale - Impact sur les hauteurs d'eau maximales - Zoom



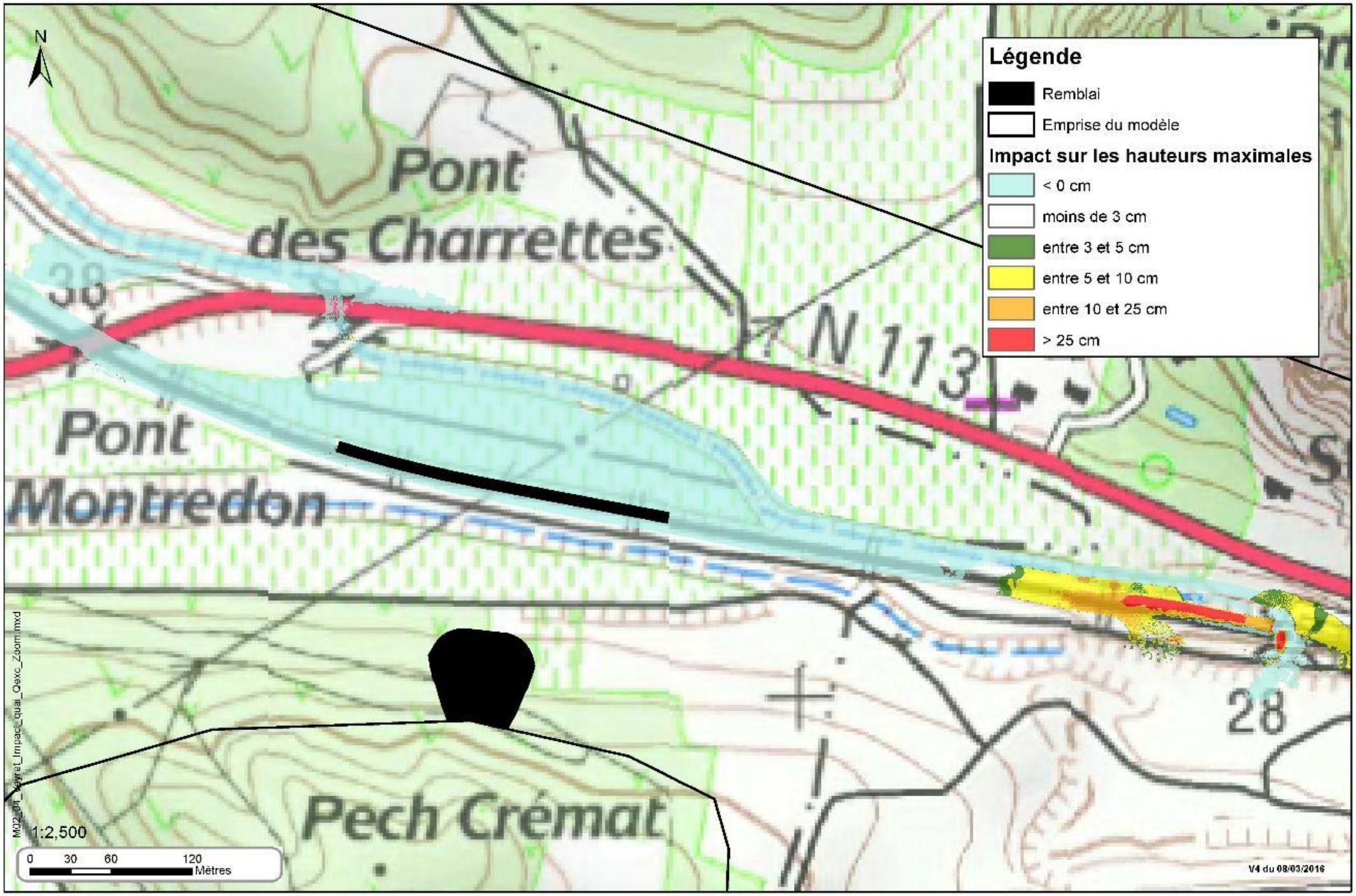
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charrettes - Quais TER
Crue trentennale - Impact sur les hauteurs d'eau maximales - Zoom



LIGNE NOUVELLE MONTPELLIER-PERPIGNAN

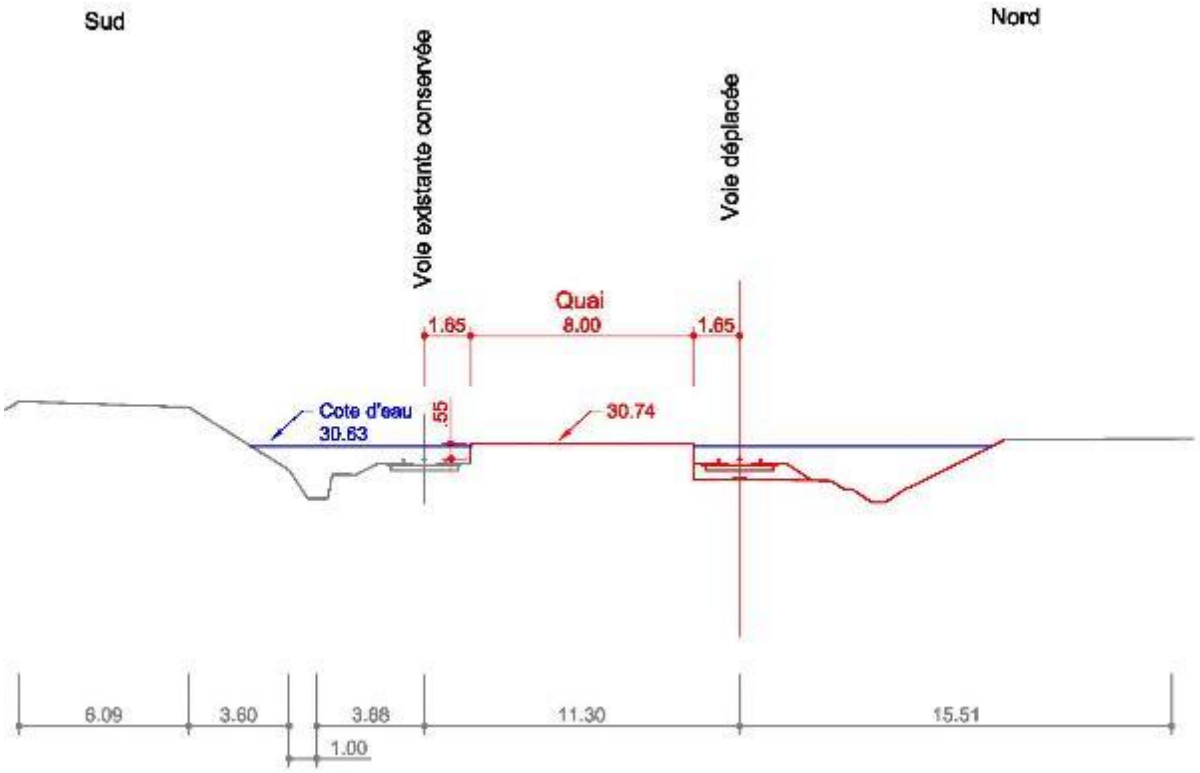
Veyret - Projet Charrettes - Quais TER
Crue exceptionelle - Impact sur les hauteurs d'eau maximales - Zoom



10.2.4. ***Niveau des crues au droit des quais TER***

Les coupes-types ci-après représentent le niveau de la crue centennale par rapport à la cote du quai TER au droit des 3 profils en travers décrits dans les paragraphes ci-avant.

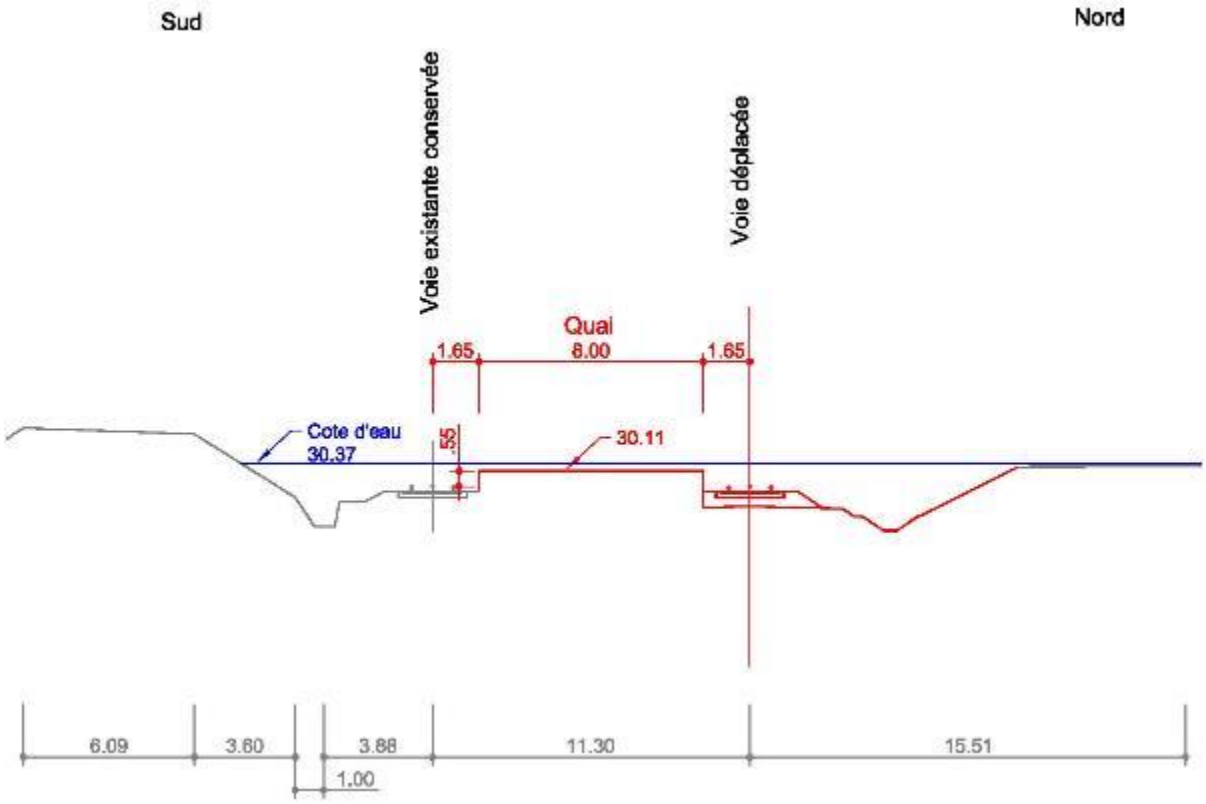
Figure 23 : Profil 3-1



La cote d'eau affleure le quai pour la crue de référence.

Pour les occurrences décennale et trentennale, le quai n'est pas inondé. En revanche, la crue exceptionnelle atteignant 31.39 mNGF, le quai serait inondé sous 65 cm.

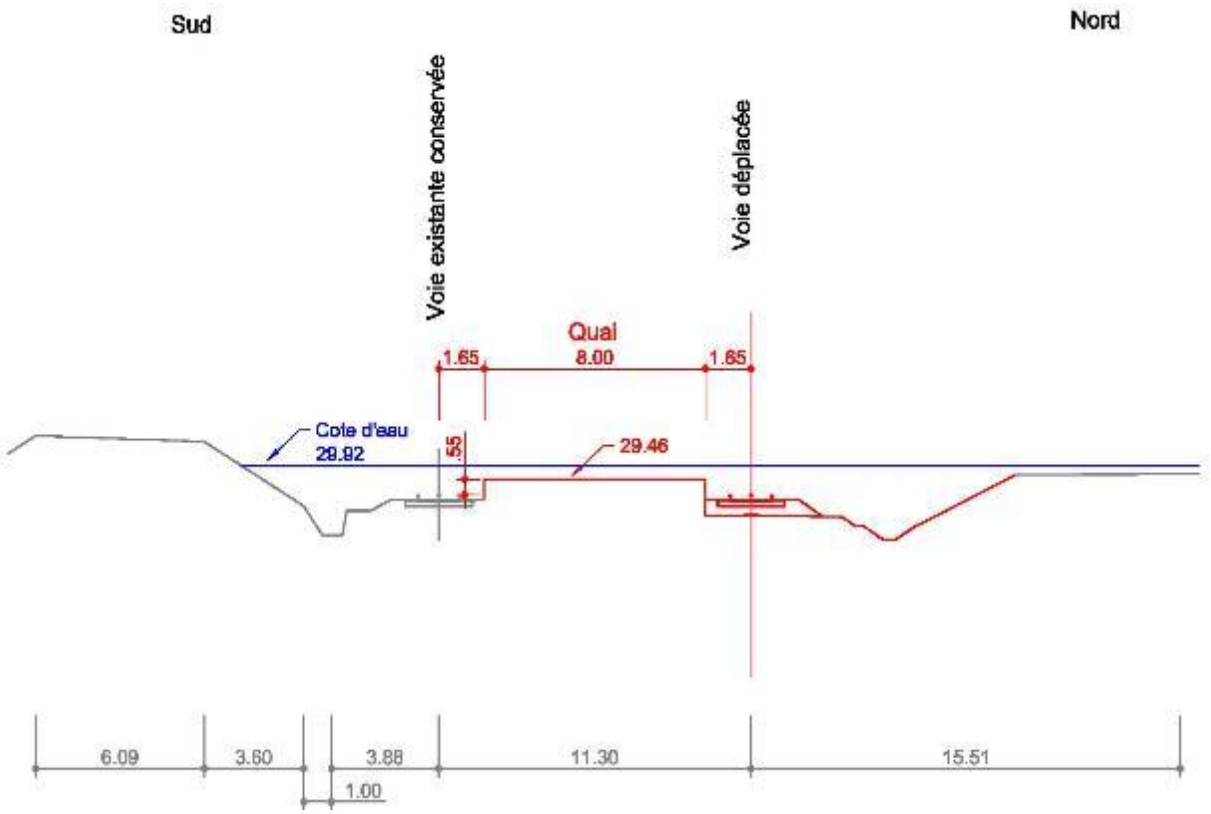
Figure 24 : Profil 3-2



La cote d'eau submerge légèrement le quai pour la crue de référence (26 cm d'eau).

Pour les occurrences décennale et trentennale, le quai n'est pas inondé. En revanche, la crue exceptionnelle atteignant 31.10 mNGF, le quai serait inondé sous 1 mètre d'eau.

Figure 25 : Profil 3-3



La cote d'eau submerge le quai pour la crue de référence (46 cm d'eau).

Pour les occurrences décennale et trentennale, le quai n'est pas inondé. En revanche, la crue exceptionnelle atteignant 30.64 mNGF, le quai serait inondé sous 1,2 mètre d'eau.

10.2.5. *Préconisations concernant l'inondabilité du quai*

Les résultats des modélisations renseignent sur le fait que le quai TER est inondable au-delà de la crue trentennale. Si l'acceptabilité de l'inondabilité du quai d'un point de vue règlementaire est une question à discuter avec les services de l'Etat, nous listons toutefois ci-après quelques mesures pour réduire la vulnérabilité et l'aléa au droit du quai. Rappelons également que, en situation actuelle, la voie ferrée est inondable pour la même occurrence.

Concernant la réduction des hauteurs d'eau, plusieurs solutions techniques pourraient être envisagées :

- La rehausse de la ligne classique, et donc du quai (une étude technique voie, terrassement, caténaire devra être réalisée pour connaître le périmètre de reprise de la ligne que cela impliquerait)
- L'élargissement de la tranchée permettant d'augmenter la section hydraulique et donc de diminuer le niveau d'eau (cela présente toutefois des contraintes d'emprise car cette voie ferrée est enclavée entre le Maire au Nord et le Veyret au Sud)
- Renforcement de l'endiguement du Veyret (digue Nord) pour limiter l'inondation de la voie

Concernant la réduction de la vulnérabilité, une zone refuge pourrait être implantée au centre du quai. Il existe toutefois déjà des rampes ou escalier d'accès vers la gare Pont des Charrettes en surplomb des quais qui constitue en soi une zone refuge vis-à-vis du risque inondation.

En complément, il pourrait être également envisagé la mise en place d'un plan d'alerte et d'évacuation afin de gérer l'évacuation des personnes avant l'inondation du quai.

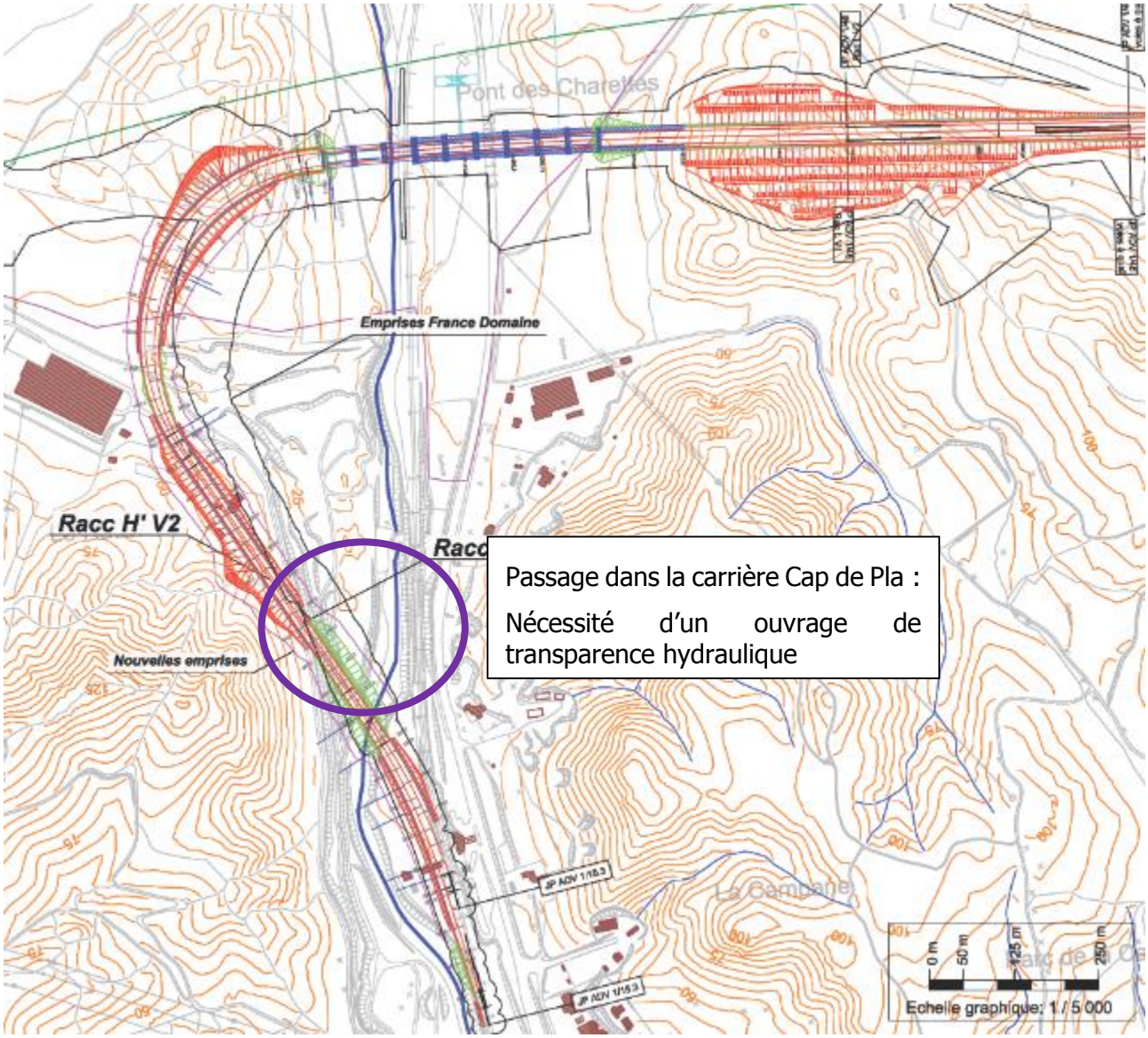
10.3. Modélisation de l'implantation de quais et du RAC H'

10.3.1. *Hypothèses de construction*

Concernant l'implantation de quais, les détails de la construction ainsi que les impacts ont été exposés au paragraphe précédent.

Le RAC H' permet le raccordement en cas de phasage du projet à Narbonne entre la LNMP et la ligne existante. Le schéma ci-dessous permet de localiser cet aménagement :

Figure 26 : représentation du RAC H' en vue en plan



Le passage en remblai dans la zone de rétention de Cap de Pla nécessite le dimensionnement d'un ouvrage de transparence hydraulique satisfaisant aux critères de remous admissibles (25 cm maximum au droit de cette zone sans enjeu, avec une vérification de la non aggravation des débits vers l'aval).

Un état projet du modèle 2D a donc été bâti afin dimensionner l'ouvrage de transparence et définir l'impact résiduel du projet.

10.3.2. *Dimensionnement de l'ouvrage de transparence et impact hydraulique pour la crue de référence*

10.3.2.1. Dimensionnement et impact hydraulique

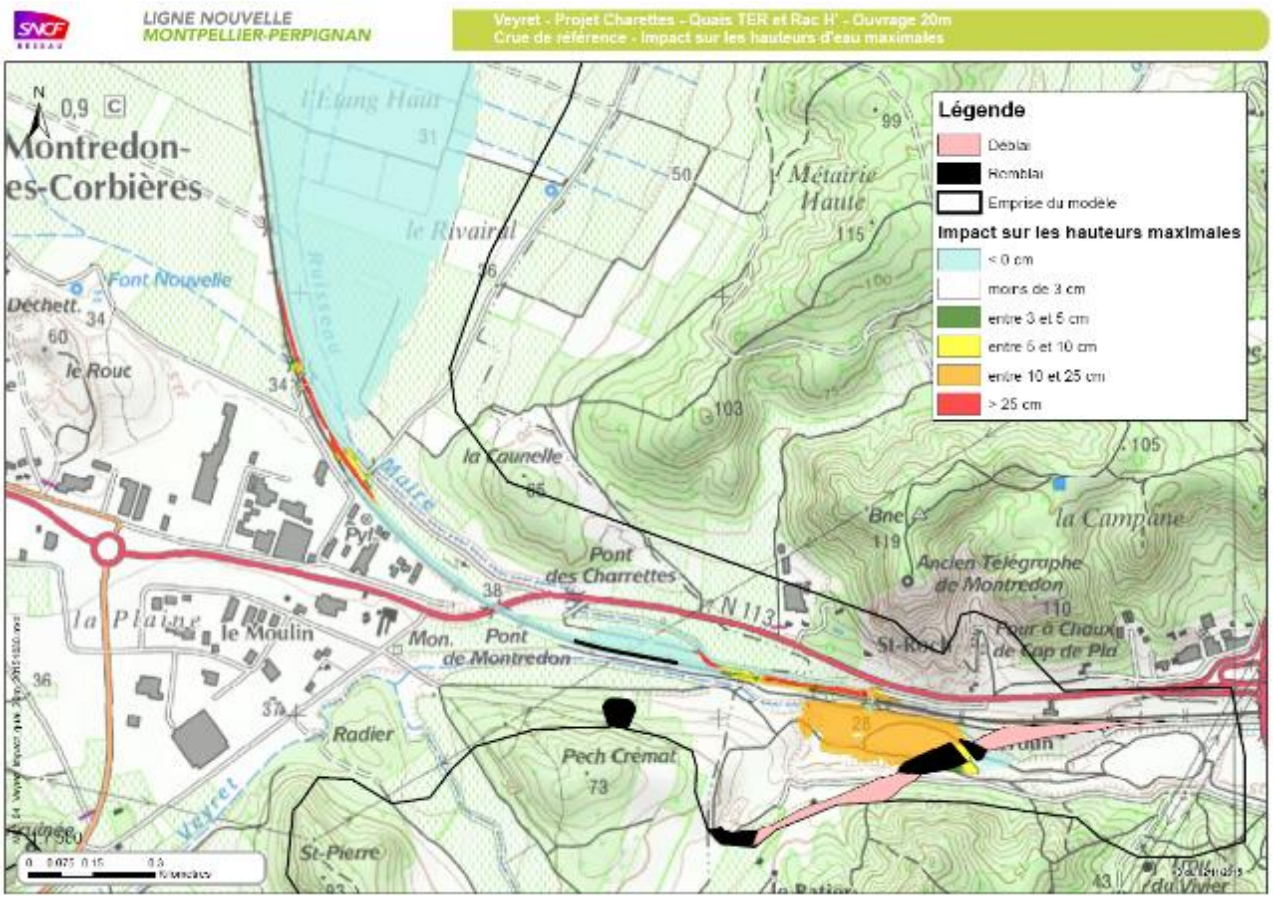
Pour chaque simulation, sont combinés la présence du quais et du RAC H'. Plusieurs largeurs d'ouvrage sous le RAC H' ont été testées afin de rechercher le dimensionnement optimal : Un ouvrage de 20 mètres, 18 mètres de large puis un de 15 m de large a été implanté sous le remblai, dans la carrière Cap de Pla.

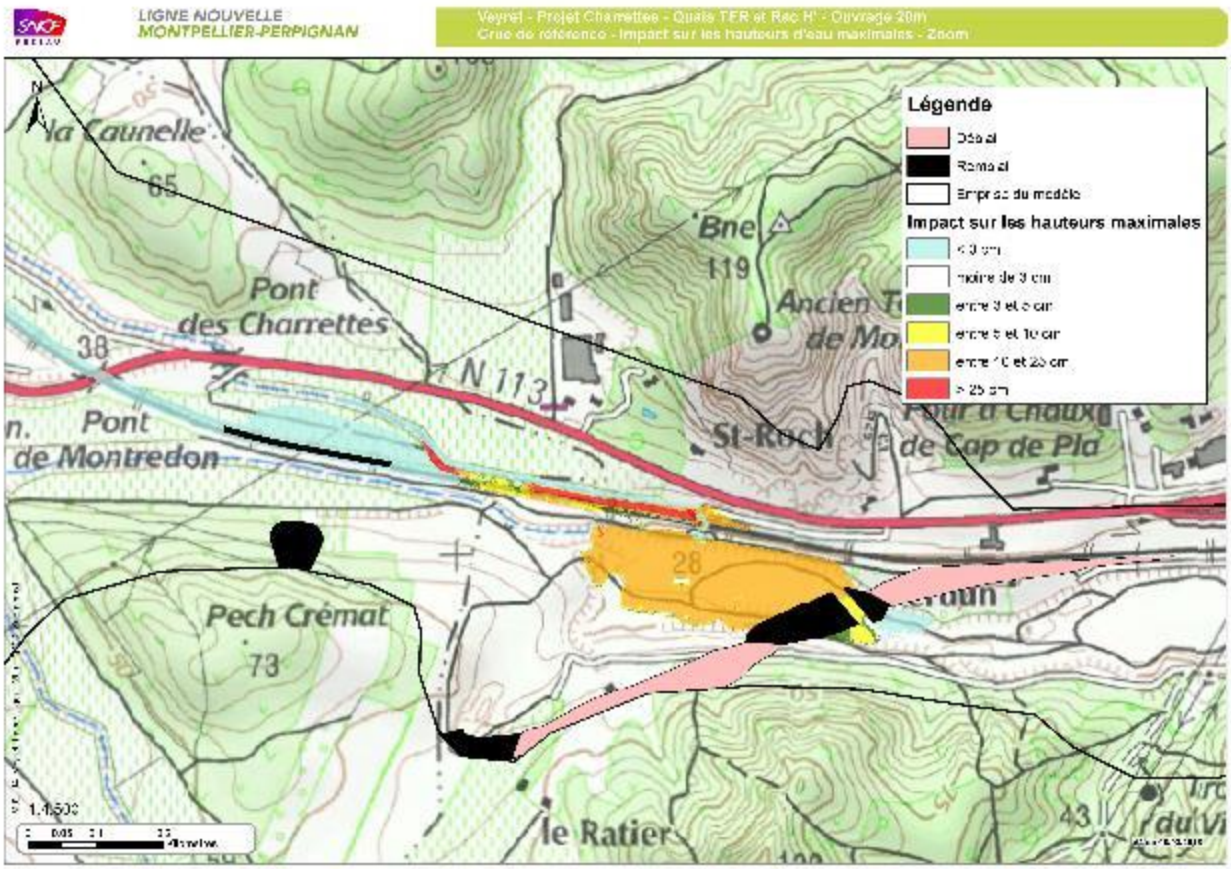
Les modélisations ont été tout d'abord réalisées pour la crue de référence, afin d'aboutir au dimensionnement optimal pour cette crue.

IMPACT DE LA MISE EN PLACE D'UN OUVRAGE DE 20 M

Les figures suivantes présentent l'impact sur les cotes, pour la crue de référence, avec un ouvrage de 20m de large sous le RAC H'.

Figure 27 : Impact sur les hauteurs d'eau pour un ouvrage de 18 m





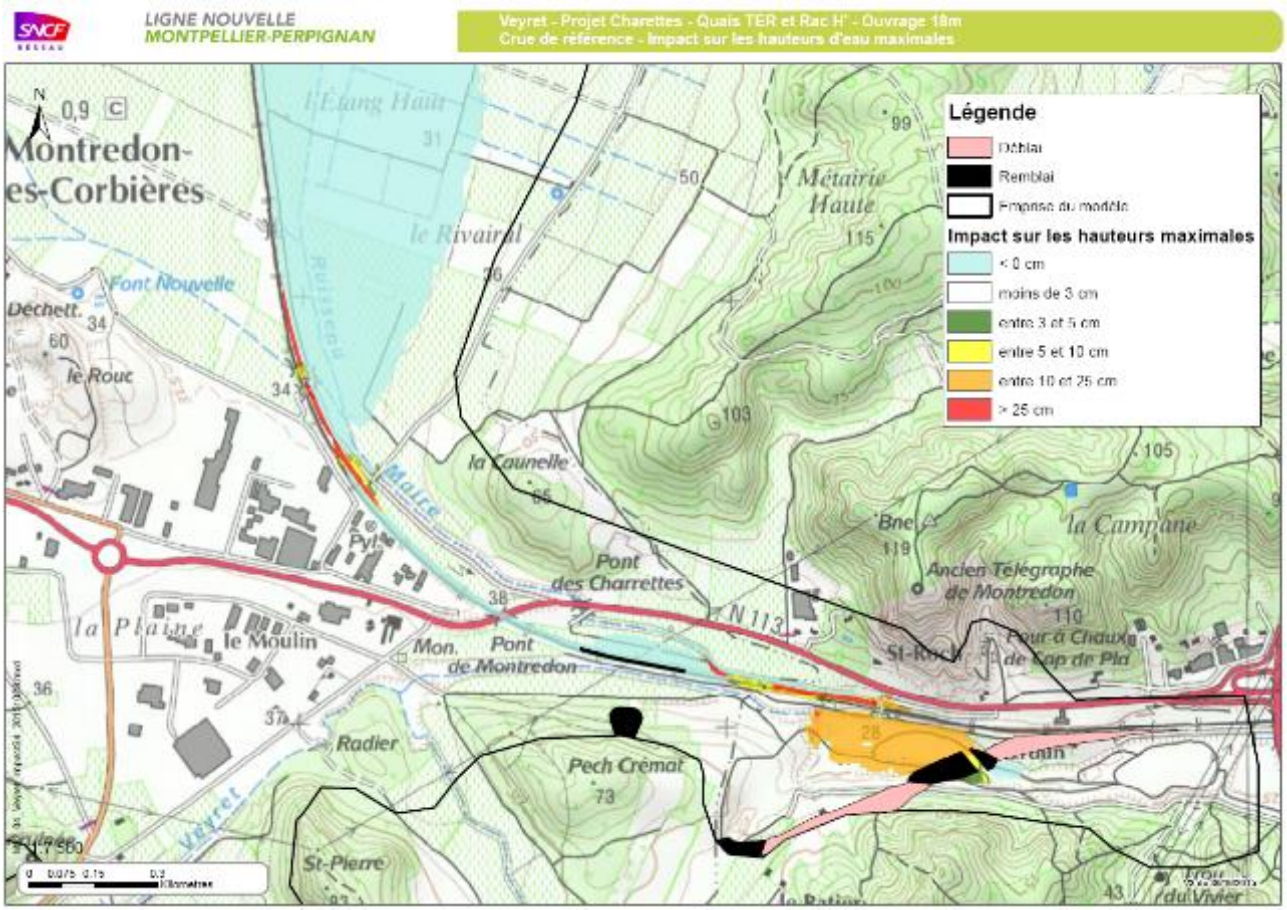
Sur les axes de lit mineur modifiés, les impacts calculés traduisent le déplacement du lit comme expliqué précédemment.

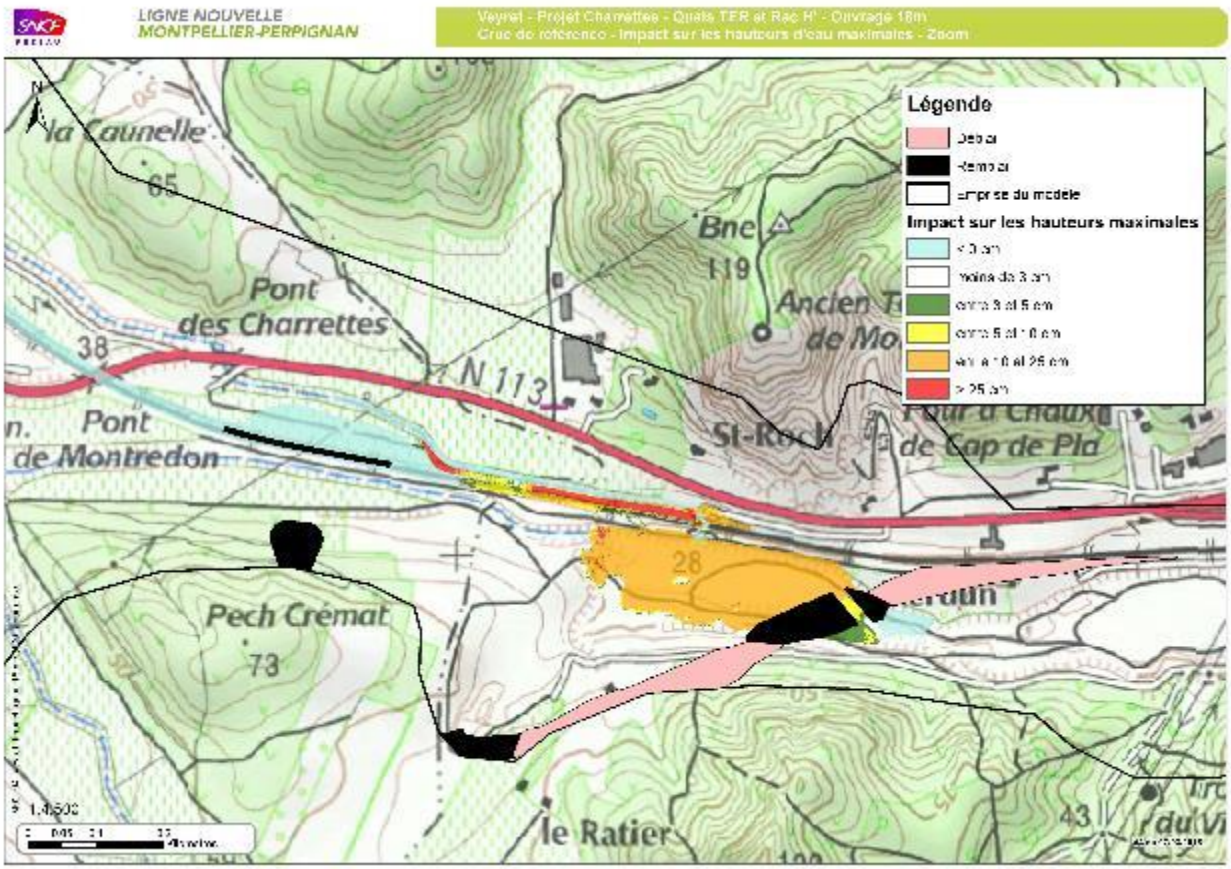
Ailleurs, l'impact de l'implantation des quais est négligeable et l'impact de la mise en place d'un ouvrage de 20 m reste inférieur à 25 cm (21 cm au maximum). L'impact sur les débits sortant de la retenue est très faible (+0.2% d'augmentation).

IMPACT DE LA MISE EN PLACE D'UN OUVRAGE DE 18 M

La carte ci-dessous présente l'impact sur les cotes, pour la crue de référence, avec un ouvrage de 18 m de large sous le RAC H'.

Figure 28 : Impact sur les hauteurs d'eau pour un ouvrage de 18 m





Le débit qui transite dans l'ouvrage est de 150 m^3/s, avec une vitesse moyenne de 2 m/s. La cote en amont de l'ouvrage est de 21.51 mNGF, soit une cote minimale de sous-poutre à 22.51 mNGF. La cote aval est de 21.29 mNGF.

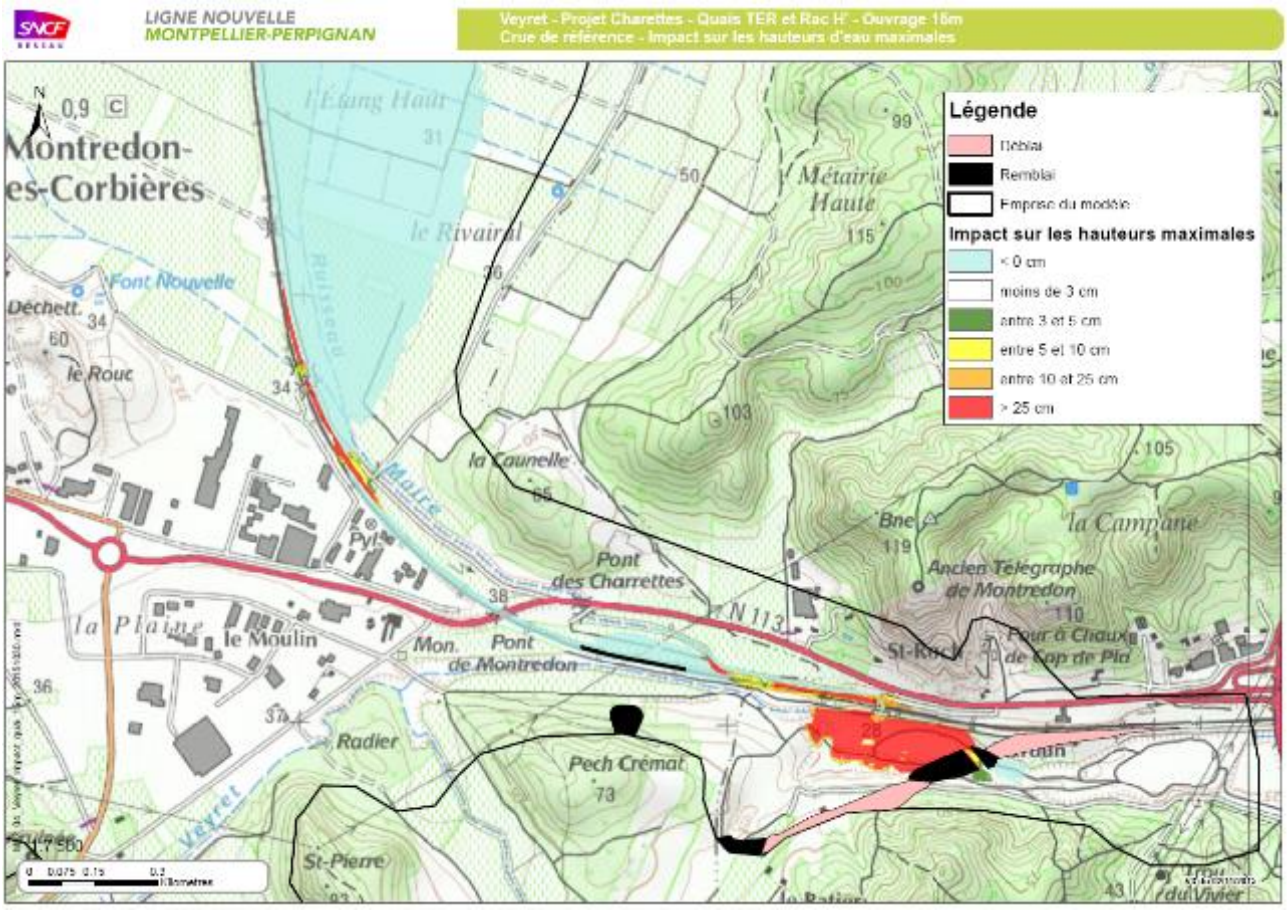
L'interprétation de cette carte concernant les impacts supérieurs à 25 cm sont identiques à ceux exposés précédemment.

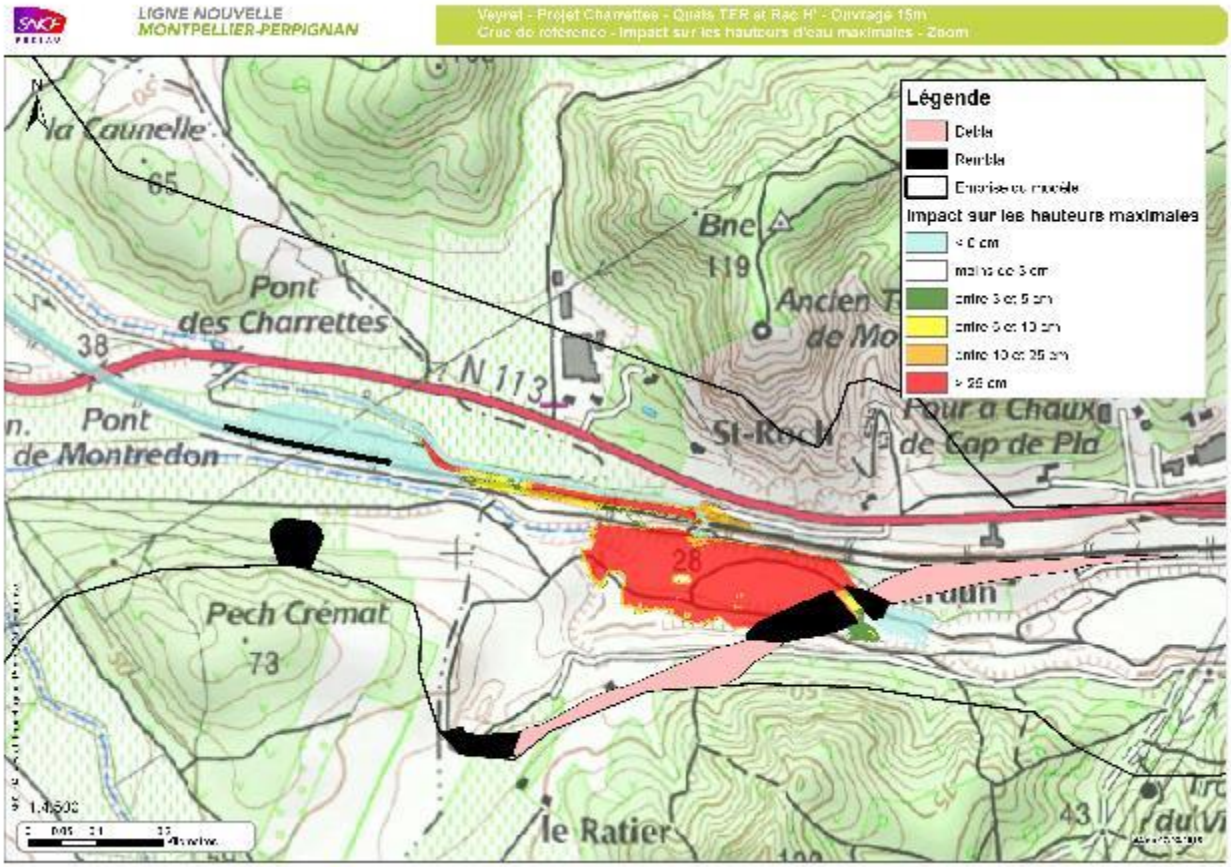
Ailleurs, l'impact de l'implantation des quais est négligeable et l'impact de la mise en place d'un ouvrage de 18 m reste inférieur à 25 cm (24 cm au maximum). L'impact sur les débits sortant de la retenue est faible (+0.1% d'augmentation).

IMPACT DE LA MISE EN PLACE D'UN OUVRAGE DE 15 M

La carte ci-dessous présente l'impact sur les cotes, pour la crue de référence, avec un ouvrage de 15 m de large sous le RAC H'.

Figure 29 : Impact sur les hauteurs d'eau pour un ouvrage de 15 m





L'impact de la mise en place d'un ouvrage de 15 m est supérieur à 25 cm (32 cm au maximum). Ce dimensionnement ne respecte pas les critères de remous admissibles.

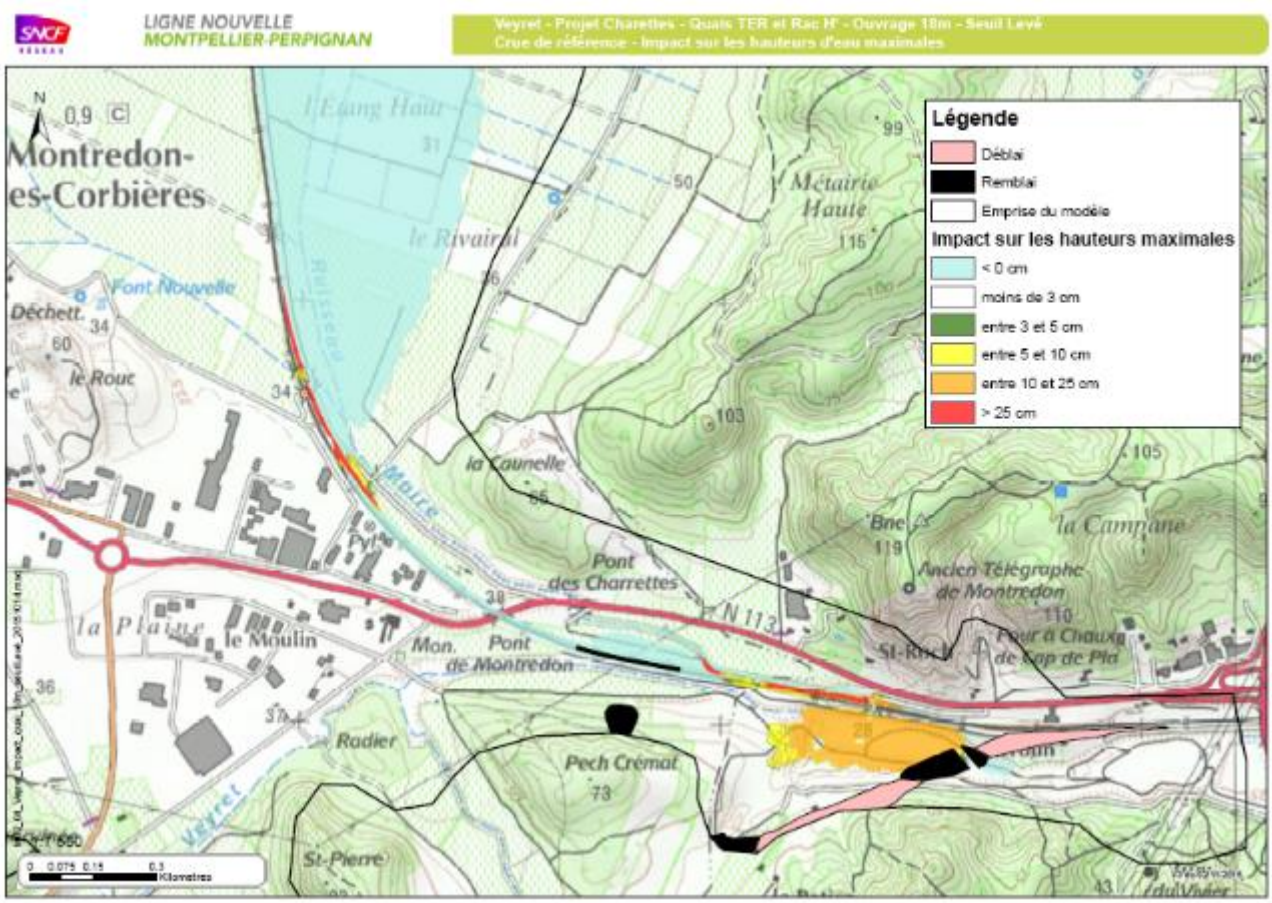
L'ouvrage de 18 m de large est donc l'ouvrage présentant la dimension minimale hydraulique permettant de respecter les critères de dimensionnement.

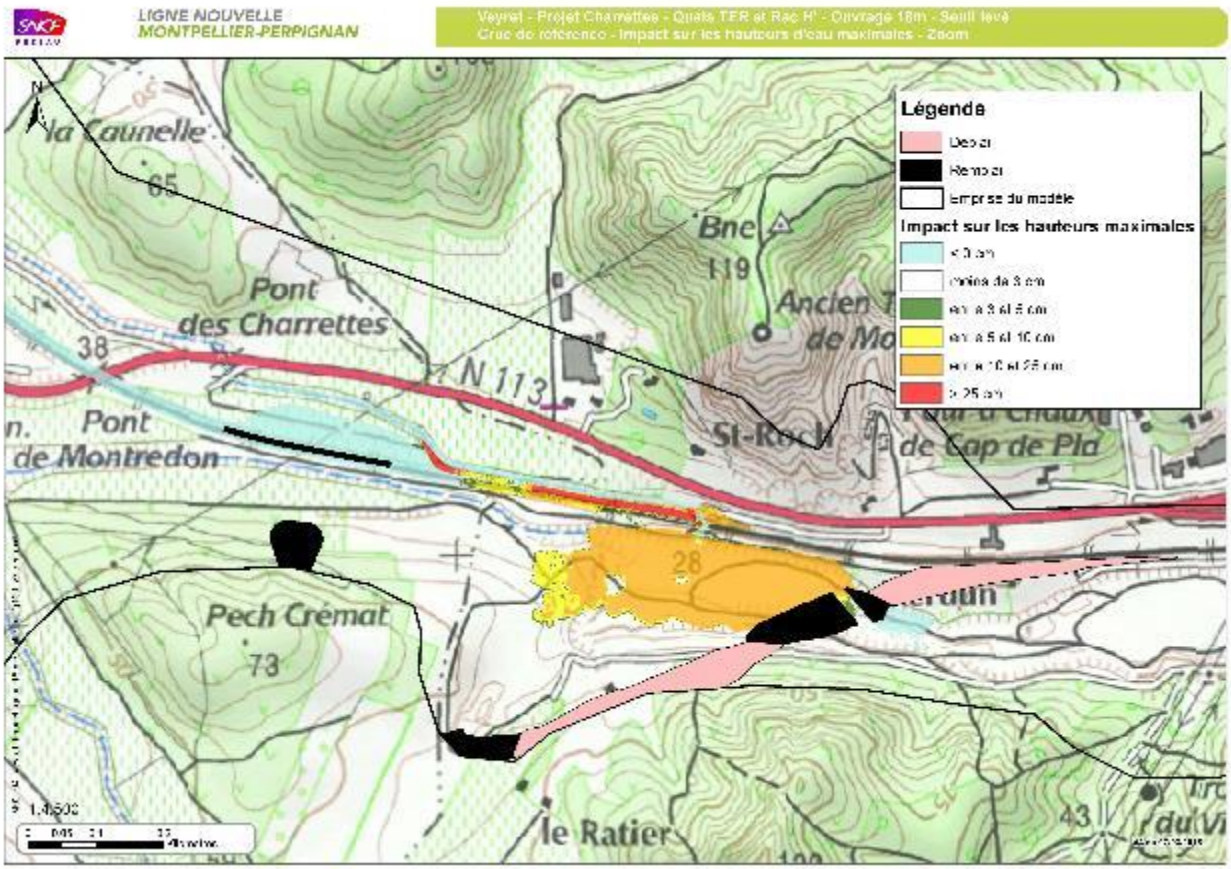
10.3.2.2. Test de sensibilité à la position de l'ouvrage de régulation aval

Par ailleurs, un test de sensibilité à la condition de vidange aval de la carrière Cap de Pla a été effectué. Pour rappel, il s'agit d'un pertuis de fuite surmonté d'un seuil mobile, qui s'efface en fonction de la charge d'eau (voir description dans le paragraphe 4.2). Dans l'ensemble des modélisations précédemment exposées, celui-ci est considéré comme effacé (la cote du seuil est alors prise égale à la cote du radier en béton), ce qui est a priori le cas lors d'une crue. Un test a cependant été effectué pour la crue de référence : il consiste à considérer un effacement partiel de cet ouvrage : la cote du seuil a été surélevée de 1 mètre.

L'ouvrage de transparence sous le RAC H' étant plus noyé, l'impact est légèrement moindre que dans la situation ouvrage effacé, comme le montre la carte ci-dessous :

Figure 30 : Impact sur les hauteurs d'eau pour un ouvrage de 18 m et l'ouvrage de régulation de Cap de Pla partiellement levé



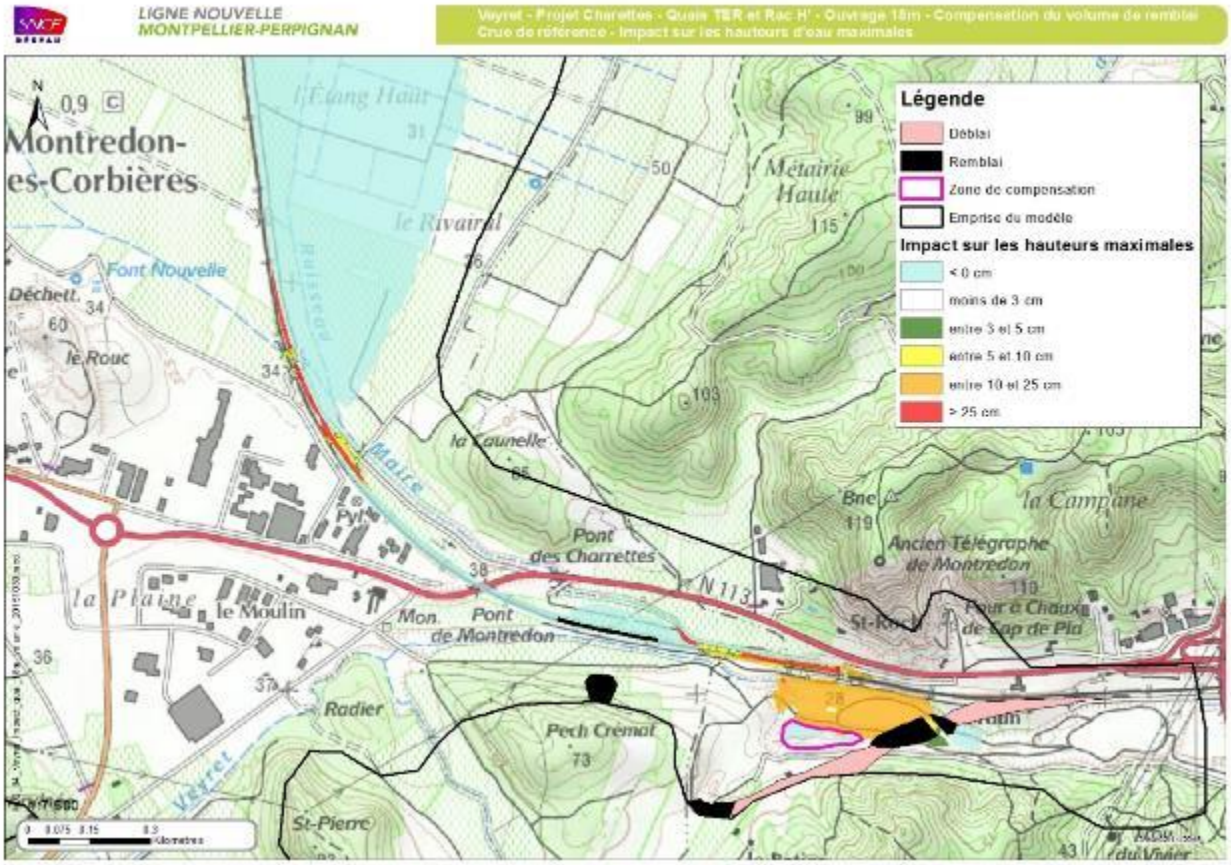

LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN
Veyret - Projet Charrettes - Quais TER et Rac N' - Ouvrage 18m - Seuil levé
Crue de référence - Impact sur les hauteurs d'eau maximales - Zoom
Légende
Bâti
Remblai
Emprise du modèle
Impact sur les hauteurs maximales
la Caunelle
65
Pont des Charrettes
38
N 113
Pont de Montredon
Bne
119
Ancien
de Mo
St-Roch
de Cap de Pla
28
Pech Crémat
73
le Ratier
43

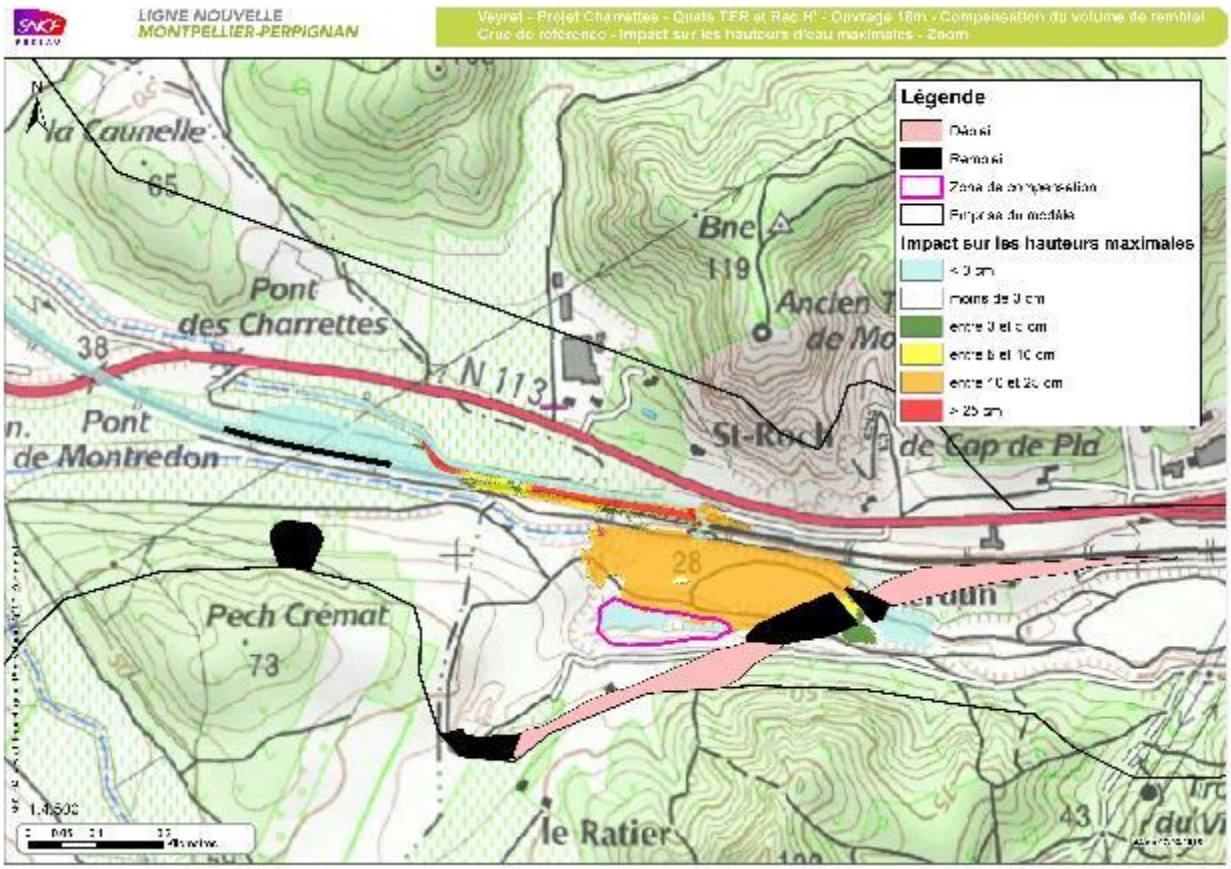
10.3.2.3. Compensation du volume soustrait à la zone de rétention de Cap de Pla

Par ailleurs, l'implantation du RAC H' dans la carrière Cap de Pla représente une soustraction de volume disponible dans ce secteur ayant un rôle de rétention. Une simulation hydraulique complémentaire intégrant la compensation de ce volume a donc été réalisée. Le volume de compensation (33 900 m^3 sous la forme de 6 900 m^2 sur 4.9 m de hauteur) a été intégré au modèle sous la forme d'un déblai en bordure de la zone actuelle de rétention pour apprécier la sensibilité des résultats à ce paramètre. Cette localisation de la zone de déblai est testée à titre indicatif. Elle peut être implantée à n'importe quel endroit, en amont du remblai.

La carte ci-dessous présente les impacts, qui sont très peu différents de la simulation sans la zone de déblai.

Figure 31 : Impact sur les hauteurs d'eau pour un ouvrage de 18 m et la compensation du volume




LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN
Veyret - Projet Charrettes - Quais TER et Rac N' - Ouvrage 18m - Compensation du volume de remblai
Crue de référence - Impact sur les hauteurs d'eau maximales - Zoom
Légende
Déblai
Remblai
Zone de compensation
Emprise du modèle
Impact sur les hauteurs maximales
< 0 cm
moins de 3 cm
entre 3 et 5 cm
entre 5 et 10 cm
entre 10 et 25 cm
> 25 cm
la Caunelle
65
Pont
des Charrettes
38
N 113
Pont
de Montredon
Bne
119
Ancien
de Mo
St-Roch
de Cap de Pla
28
Pech Crémat
73
le Ratier
43

10.3.3. *Impact de l'implantation des quais + RAC H' pour les autres crues*

Pour les autres crues analysées dans ce chapitre, l'ouvrage aval est considéré comme effacé (situation la plus pénalisante vis-à-vis des impacts du RAC H') ; le volume de compensation au remblaiement n'est pas intégré.

Les modélisations ont été réalisées pour les crues décennale, trentennale et exceptionnelle.

Les cartes présentant l'impact de l'implantation des quais et du RAC H' avec un ouvrage de 18 mètres de large sur les niveaux maximaux sont données en pages suivantes.

Les impacts commentés ci-dessous sont les impacts au droit du rac H'. Les impacts au droit du quai ont été commentés dans le chapitre précédent.

CRUE DECENNALE

Pour la crue décennale, le projet d'implantation d'un ouvrage de 18 m de large sous le remblai du RAC H' a un impact inférieur à 25 cm (14 cm au maximum en amont du remblai).

CRUE TRENTENNALE

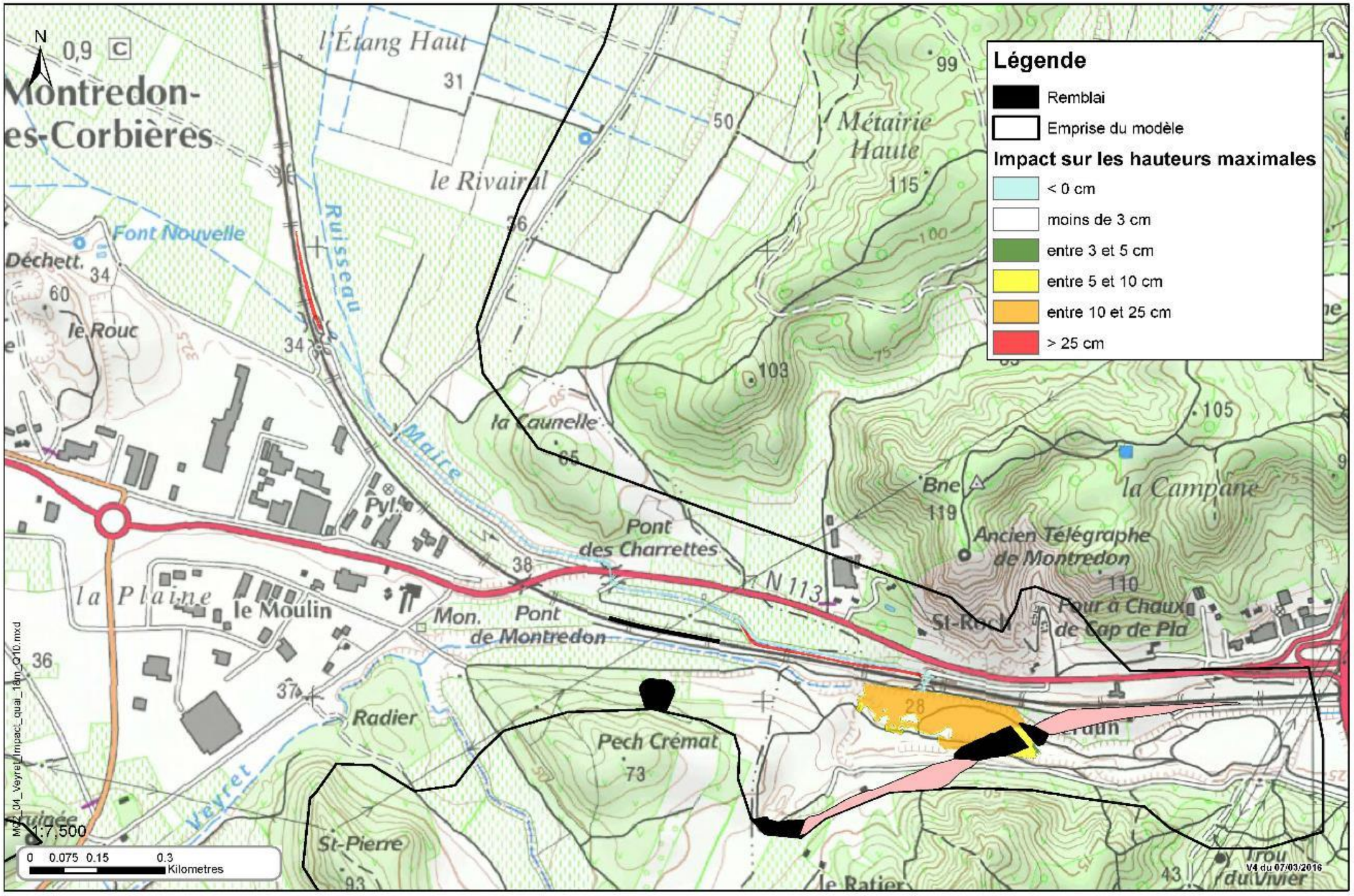
Pour la crue de période de retour 30 ans, le projet d'implantation d'un ouvrage de 18 m de large sous le remblai du RAC H' a un impact inférieur à 25 cm (18 cm au maximum en amont du remblai).

CRUE EXCEPTIONNELLE

Pour la crue exceptionnelle, le projet d'implantation d'un ouvrage de 18 m de large sous le remblai du RAC H' a un impact supérieur à 25 cm (39 cm au maximum en amont du remblai), mais compte tenu de la hauteur du remblai, il n'y a pas de surverse par-dessus la voie.

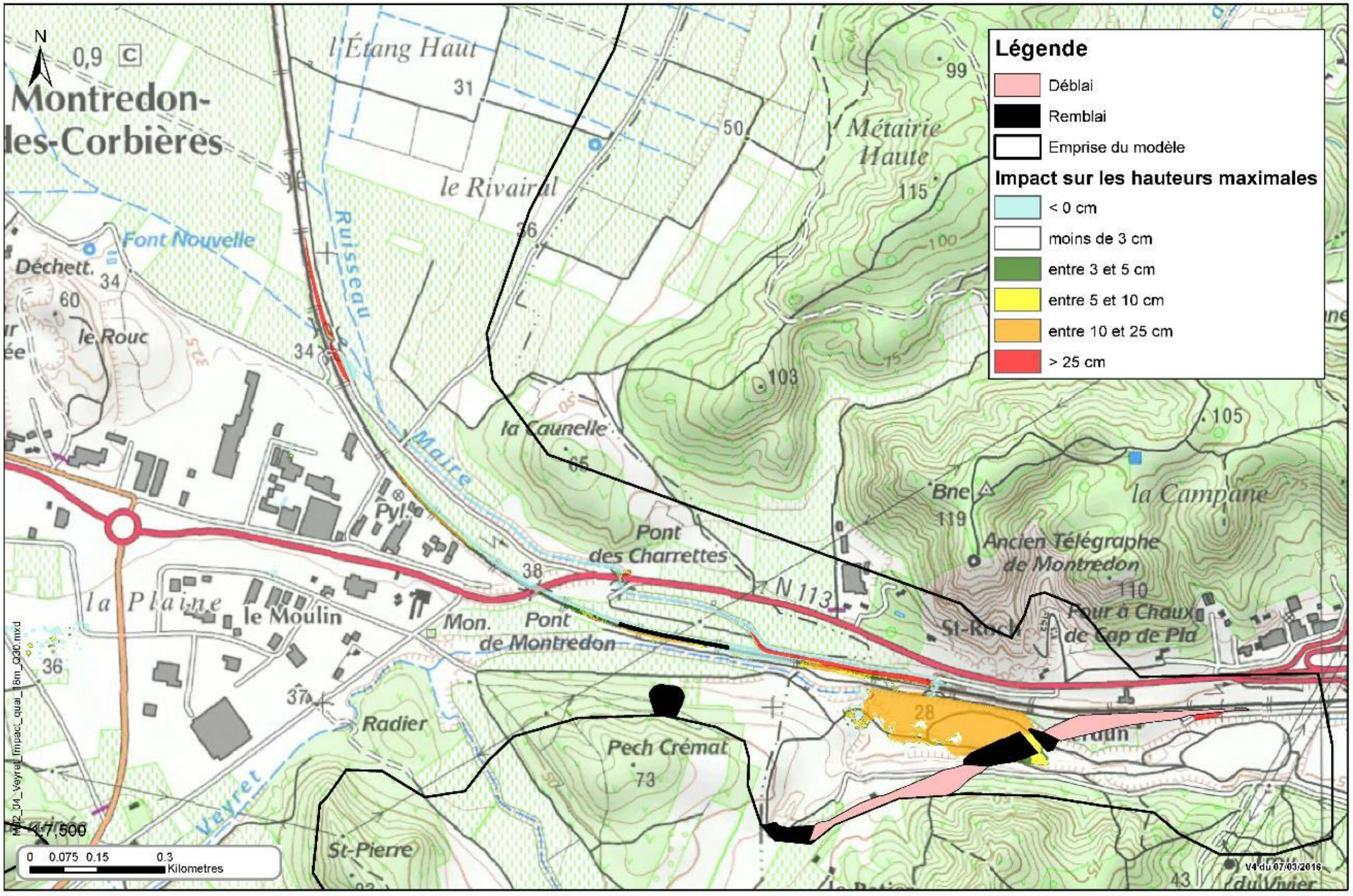
LIGNE NOUVELLE MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charrettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue décennale - Impact sur les hauteurs d'eau maximales



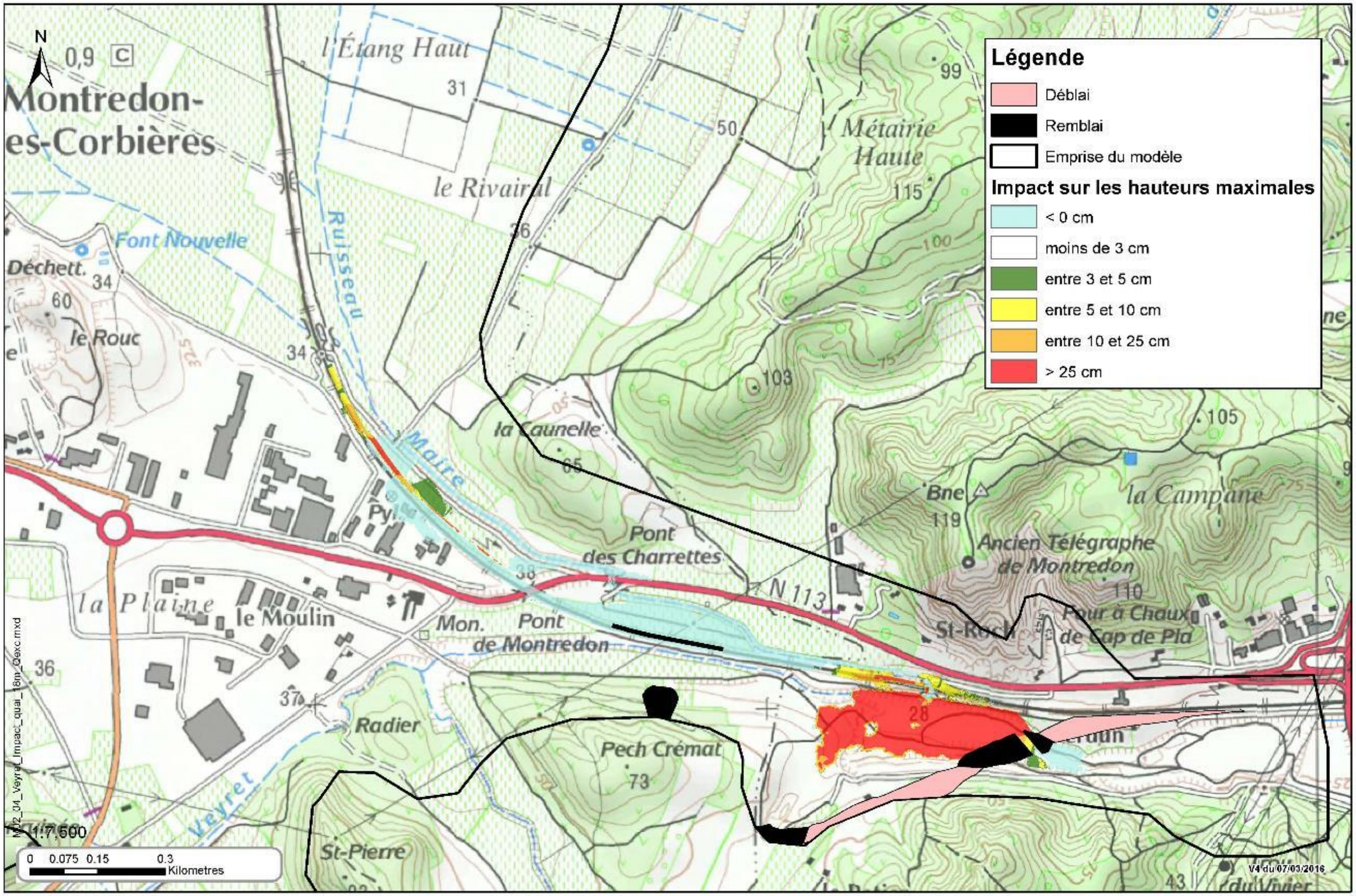
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charrettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue trentennale - Impact sur les hauteurs d'eau maximales



LIGNE NOUVELLE MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charrettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue exceptionelle - Impact sur les hauteurs d'eau maximales



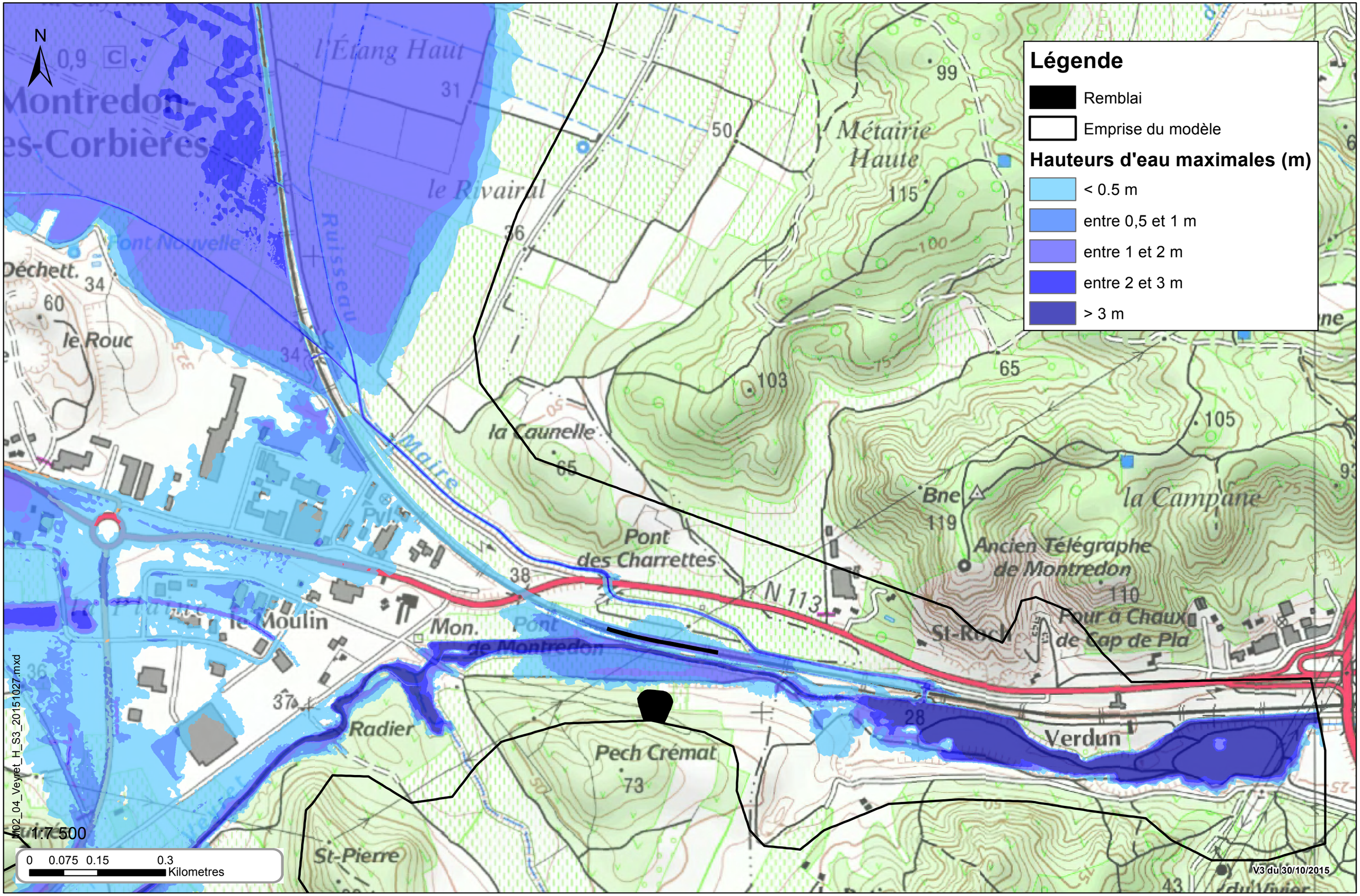
ANNEXES

ANNEXE 1 : Cartes des hauteurs d'eau et des vitesses en situation projet

Quai TER

LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER
Crue de référence - Carte des hauteurs d'eau maximales



M02_04_Veyret_H_S3_20151027.mxd

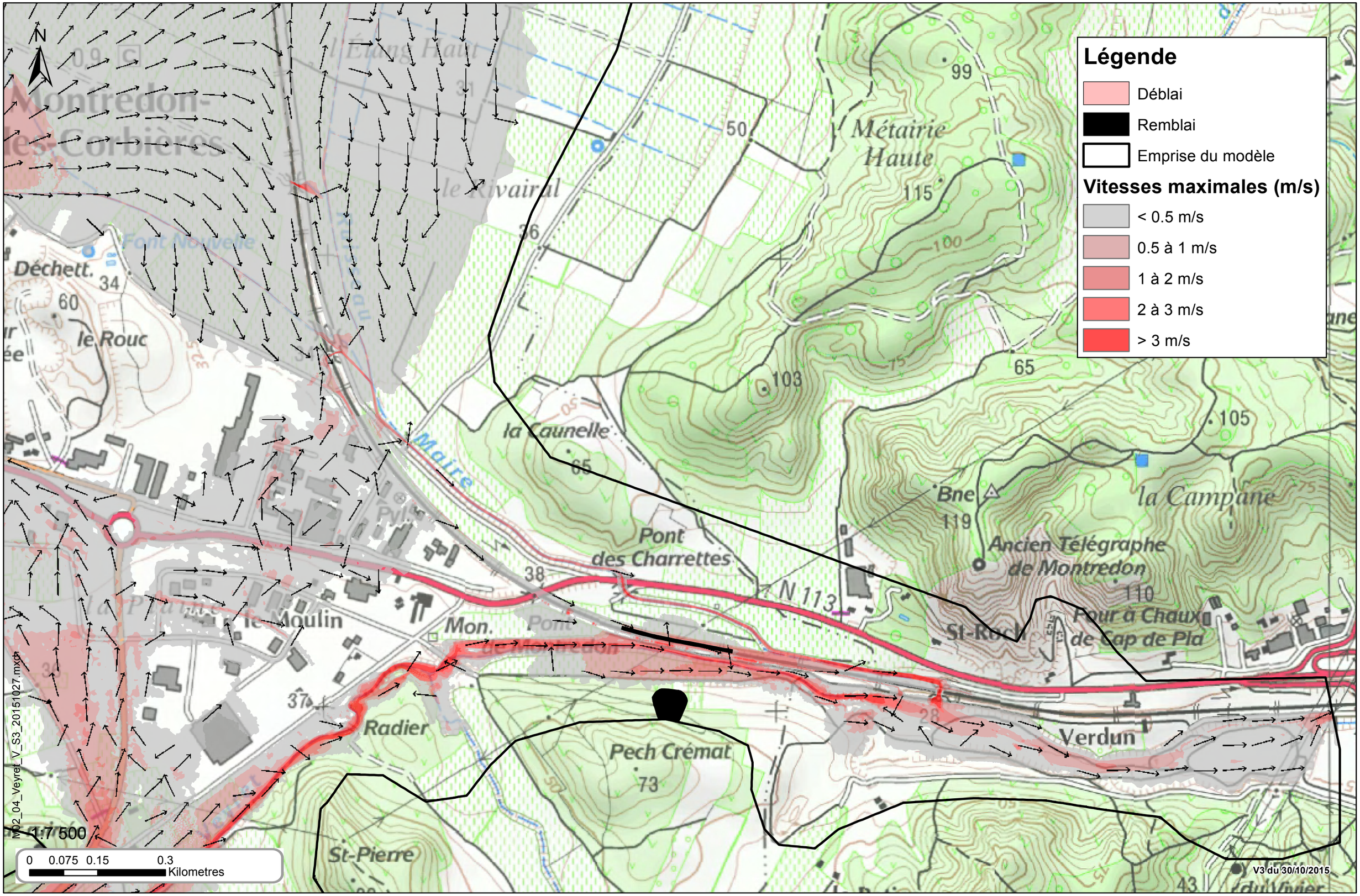
1:7 500

0 0.075 0.15 0.3 Kilometres

V3 du 30/10/2015

LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER
Crue de référence - Carte des vitesses maximales



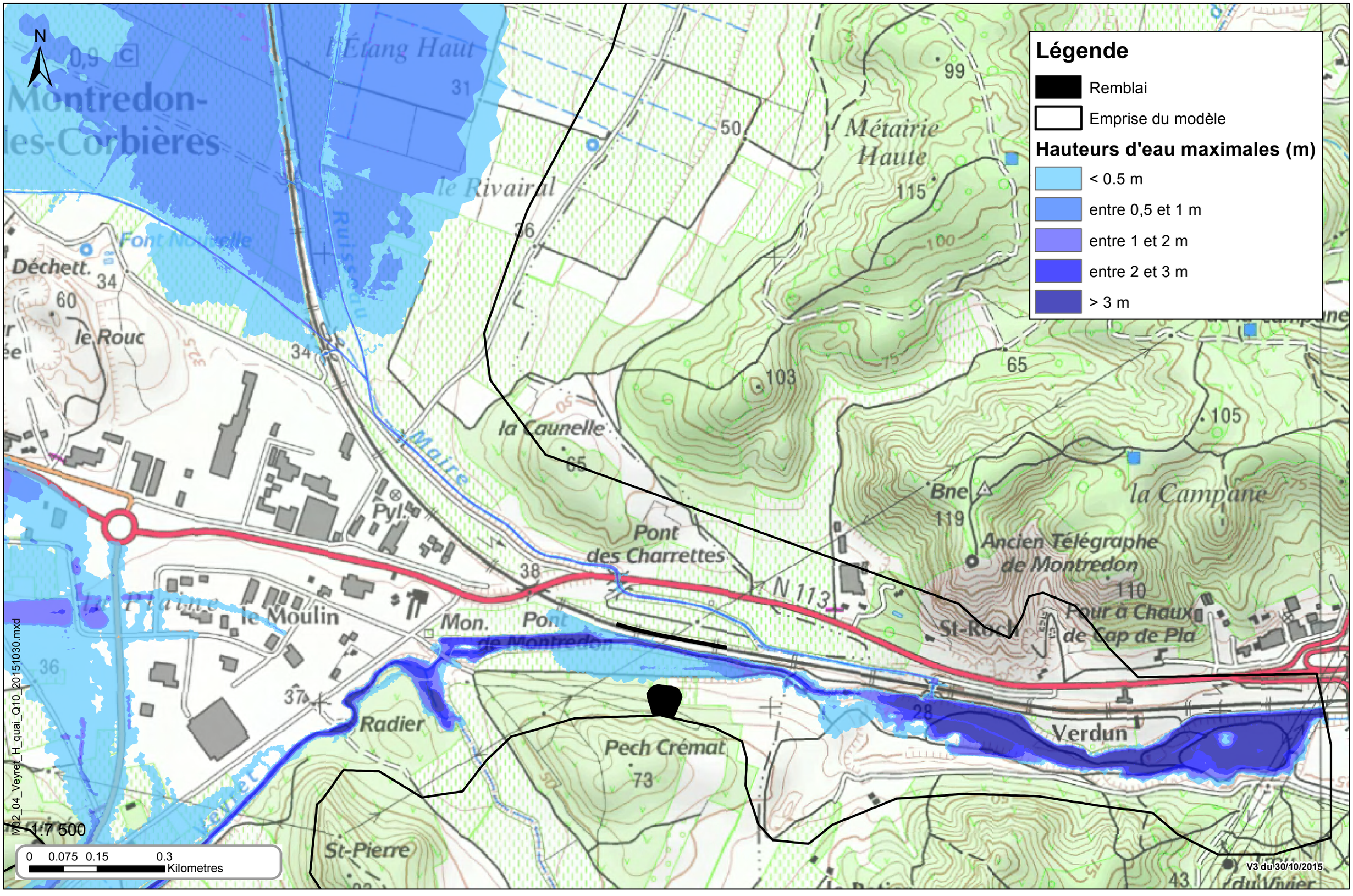
M02_04_Veyret_V_S3_20151027.mxd

1/7 500

V3 du 30/10/2015

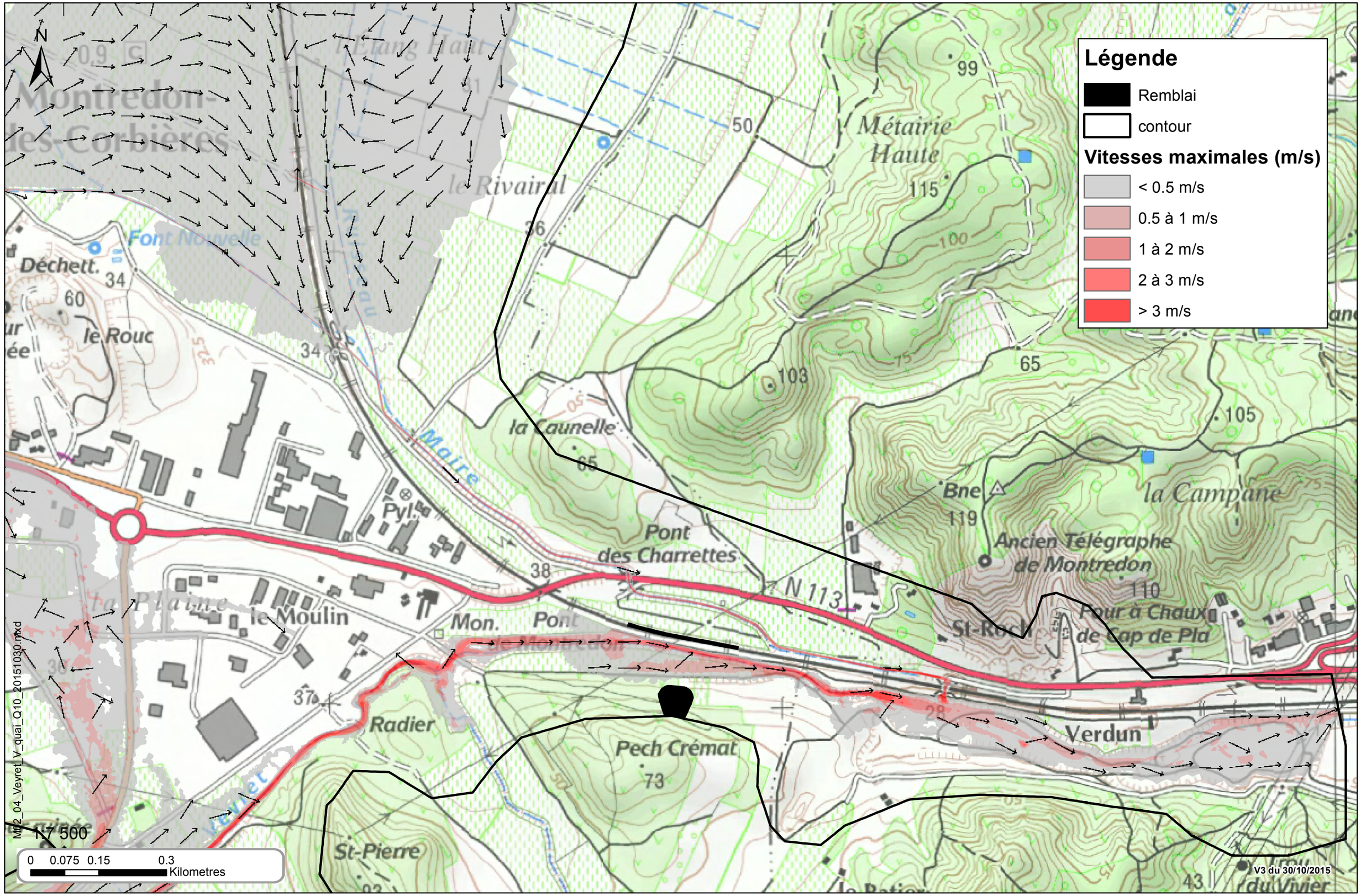
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER
Crue décennale - Carte des hauteurs d'eau maximales



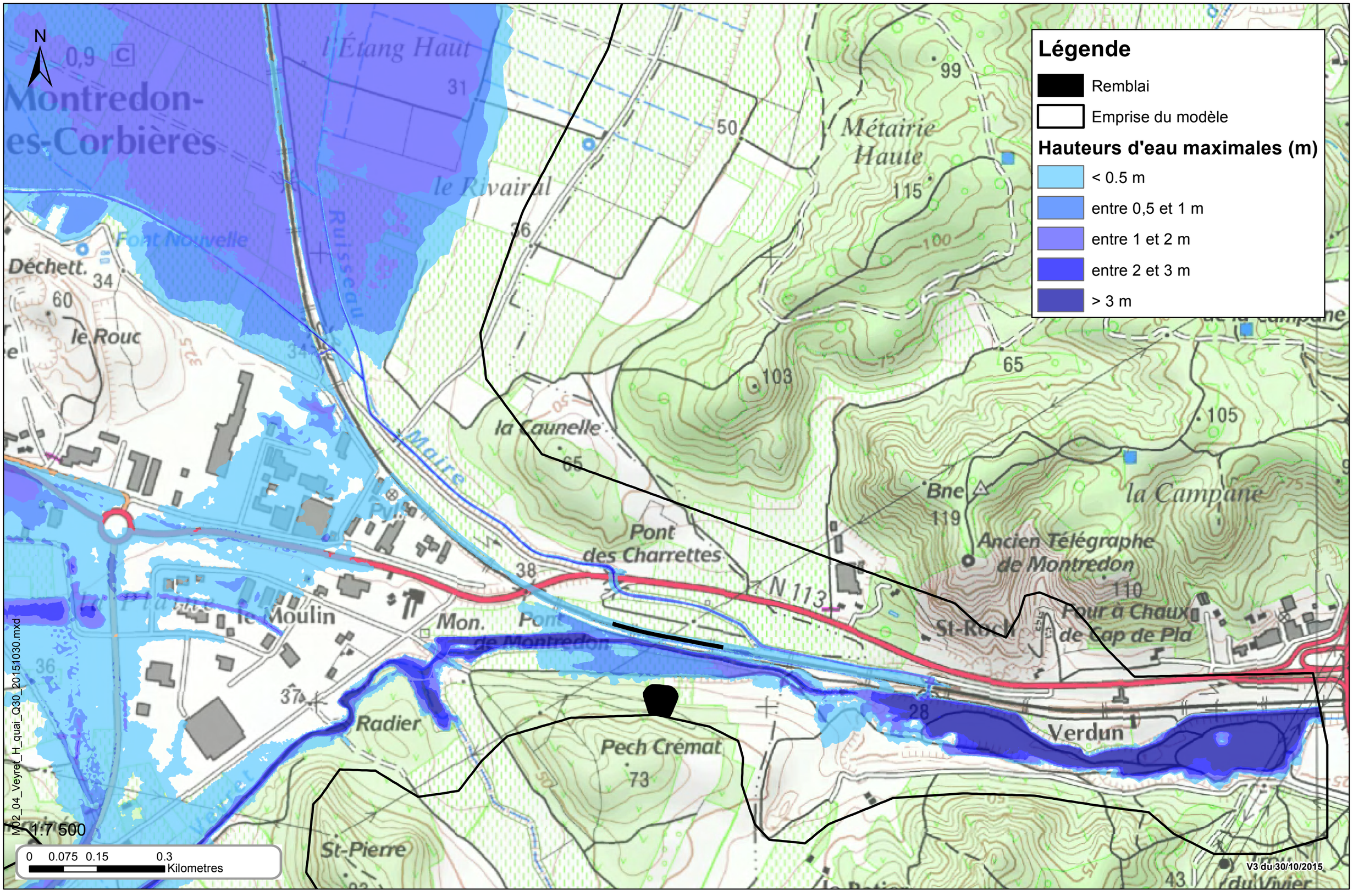
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER
Crue décennale - Carte des vitesses maximales



LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

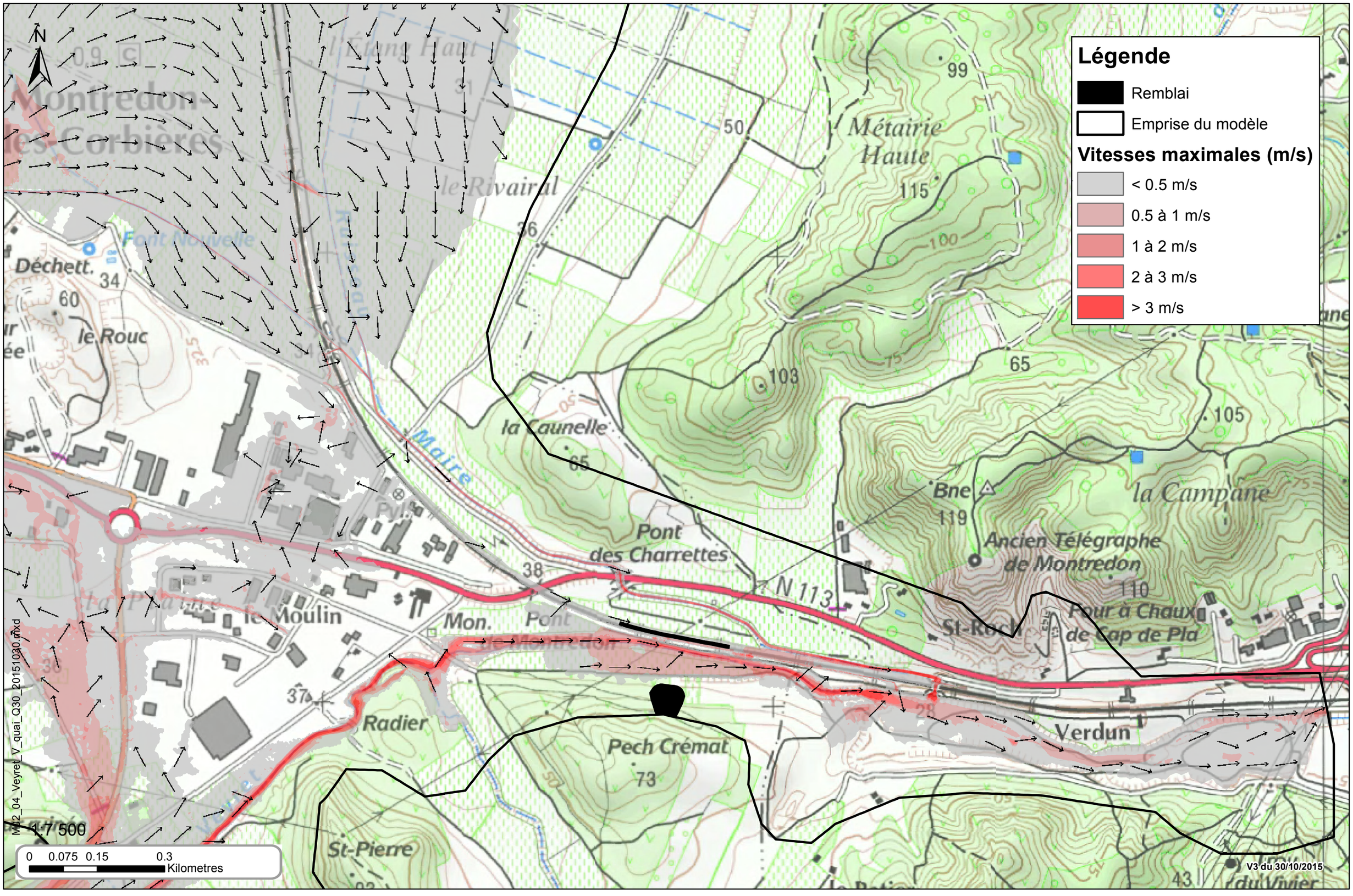
Veyret - Projet Charettes - Quais TER
Crue trentennale - Carte des hauteurs d'eau maximales



SNCF RÉSEAU

LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER
Crue trentennale - Carte des vitesses maximales



M02_04_Veyret_V_quai_Q30_20151030.mxd

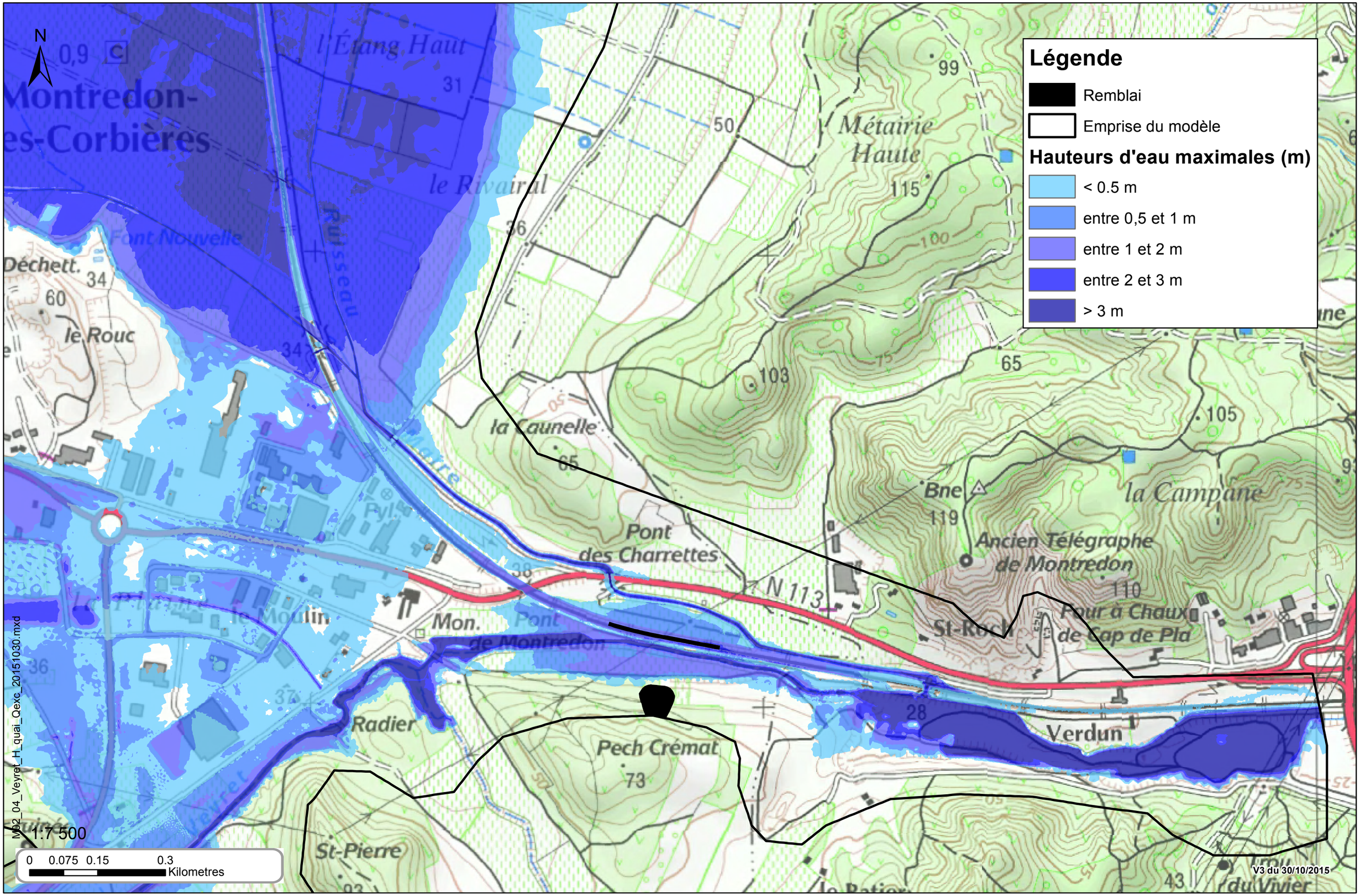
1:7 500

0 0.075 0.15 0.3 Kilometres

V3 du 30/10/2015

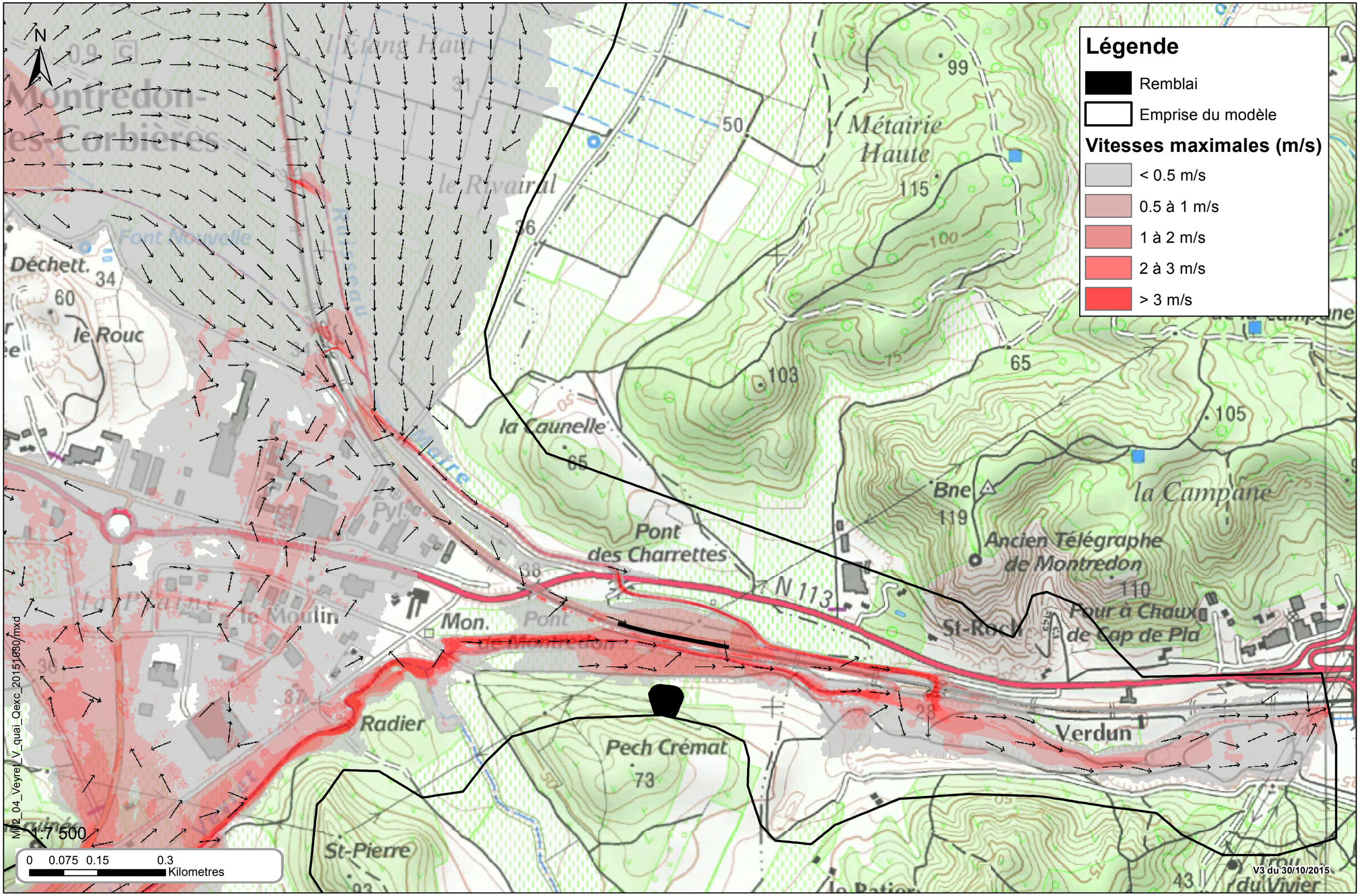
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER
Crue exceptionnelle - Carte des hauteurs d'eau maximales



LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER
Crue exceptionnelle - Carte des vitesses maximales



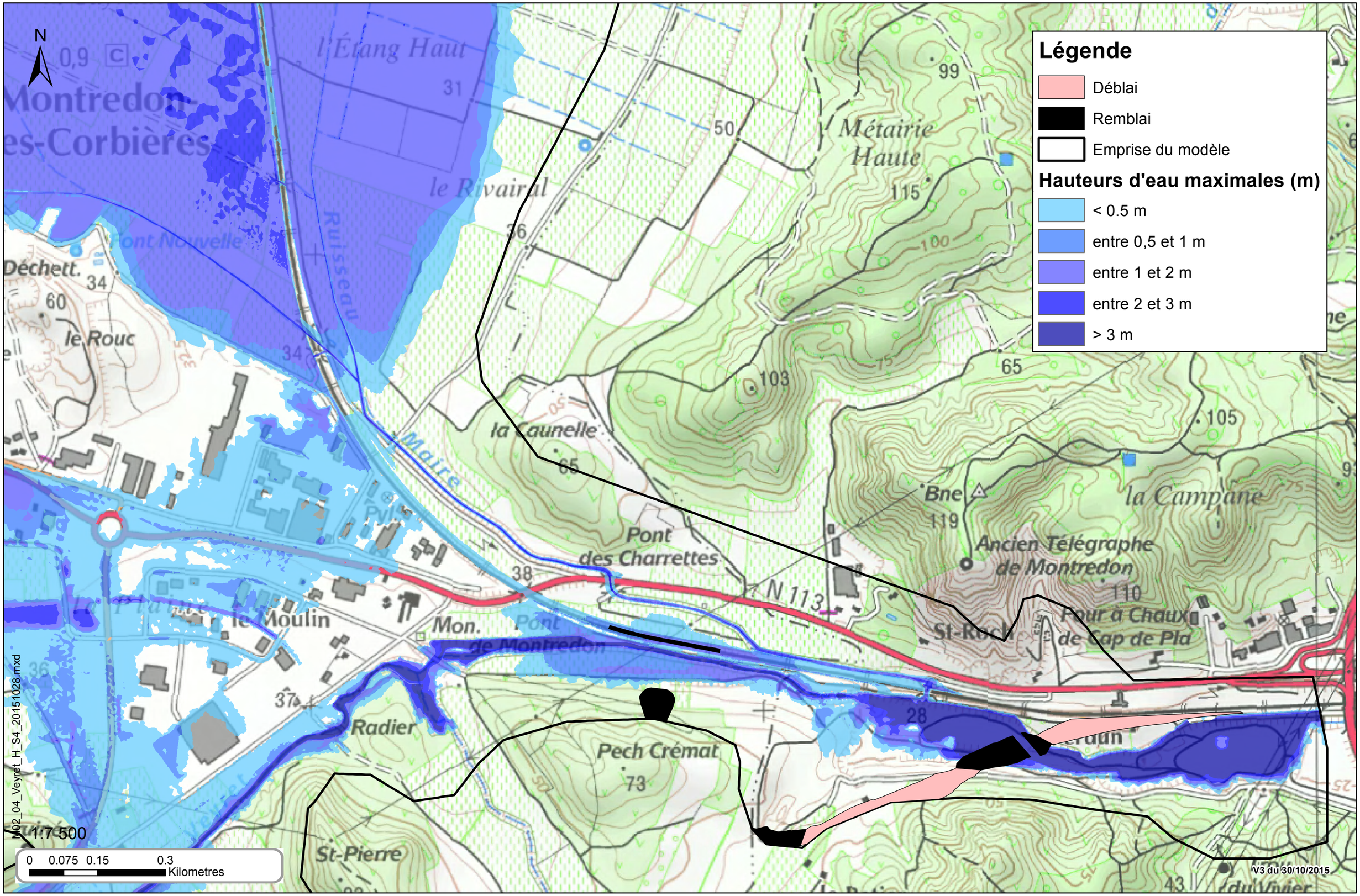
M02_04_Veyret_V_quai_Qexc_20151030.mxd

ANNEXE 2 : Cartes des hauteurs d'eau et des vitesses en situation projet

Quai TER + RAC H'

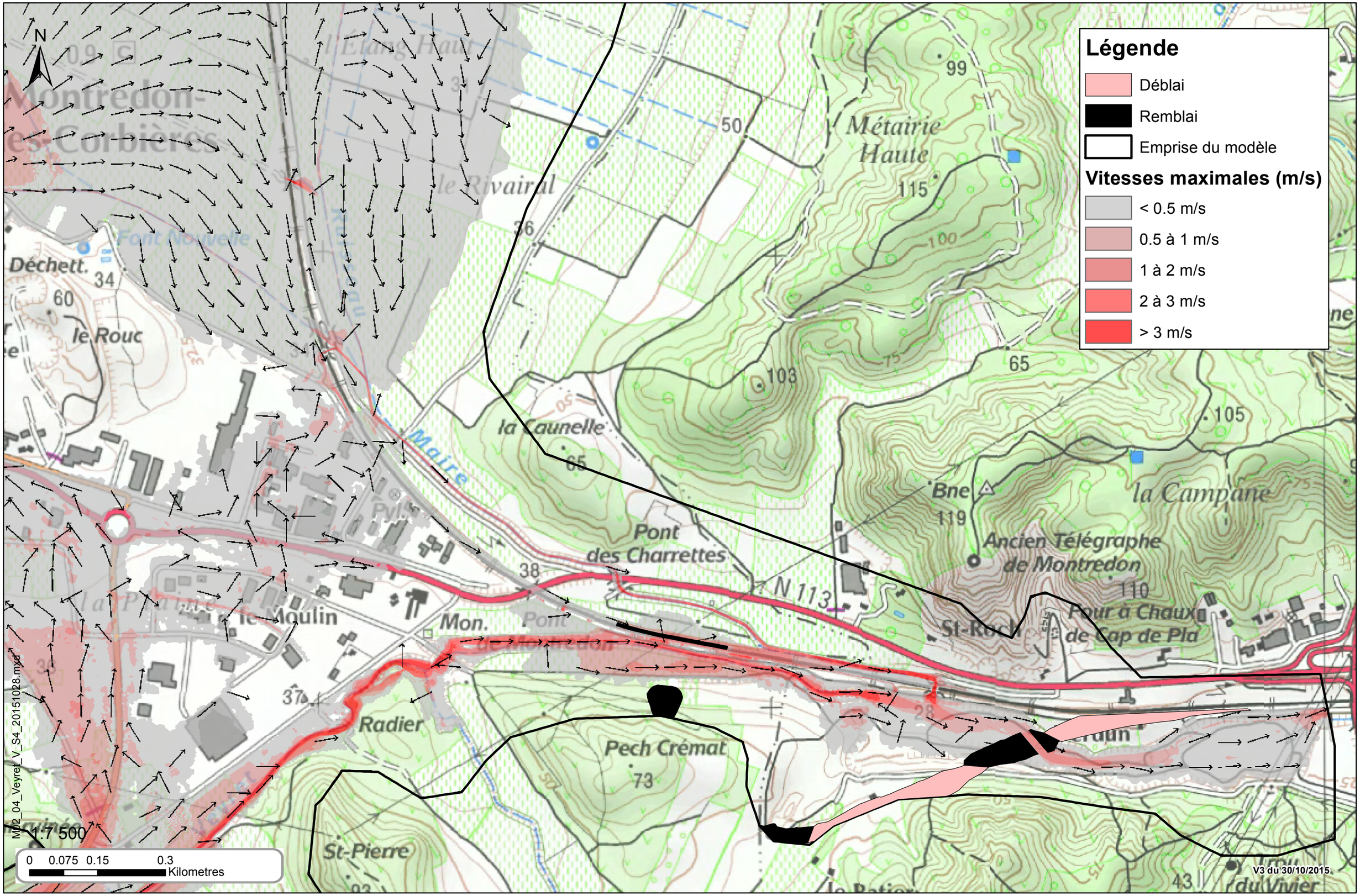
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue de référence - Carte des hauteurs d'eau maximales



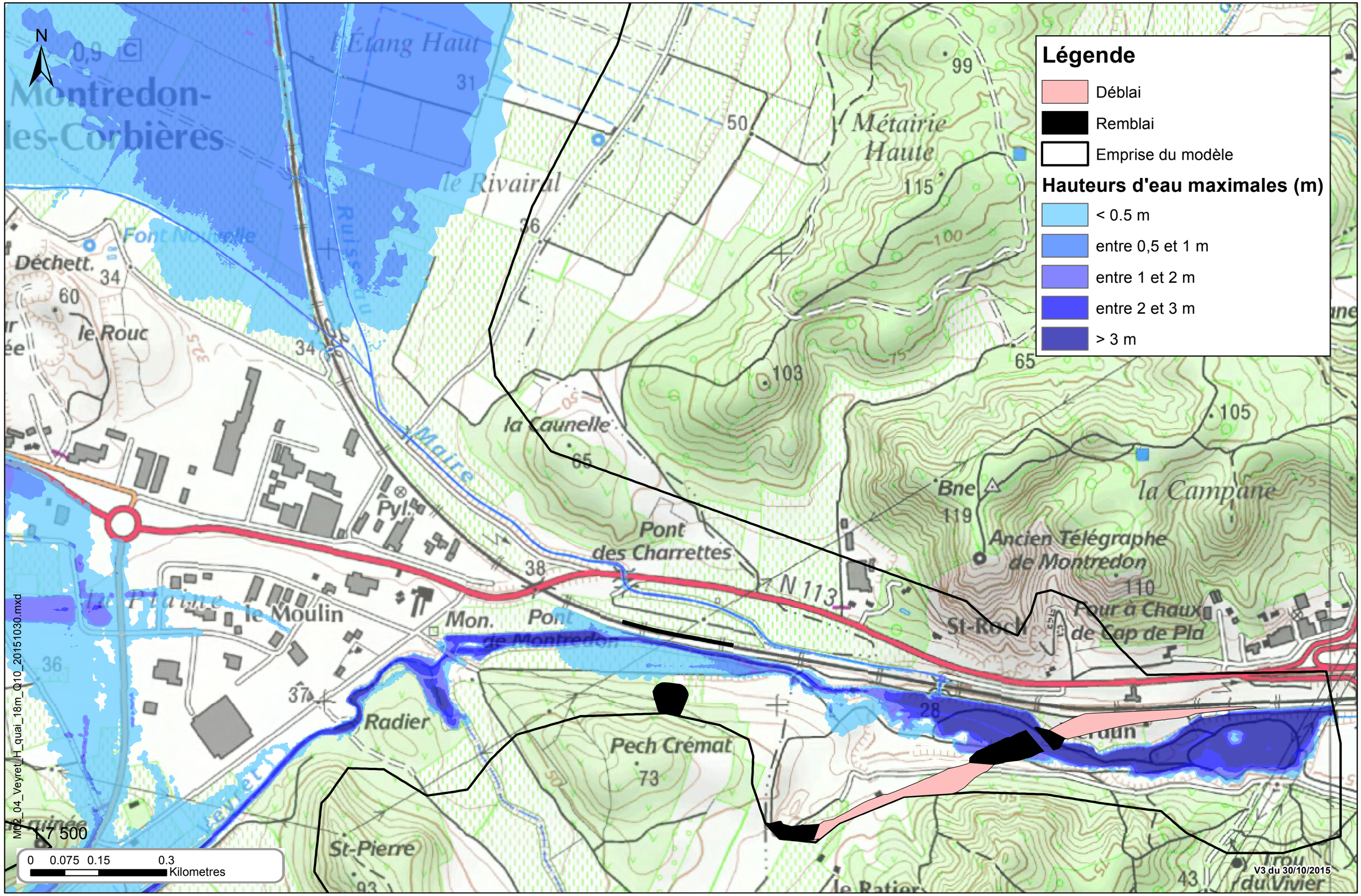
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue de référence - Carte des vitesses maximales



LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

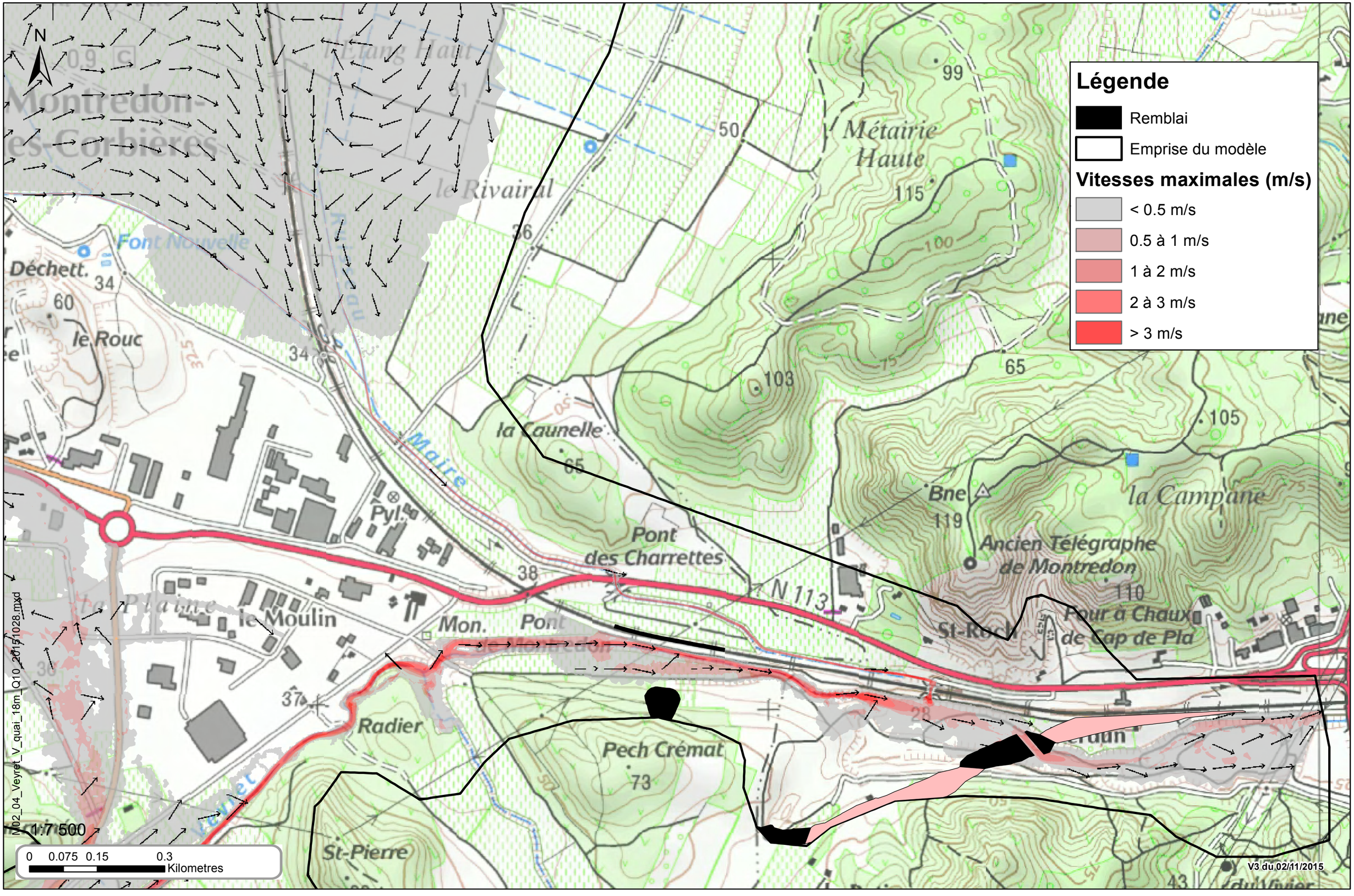
Veyret - Projet Charettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue décennale - Carte des hauteurs d'eau maximales



SNCF RÉSEAU

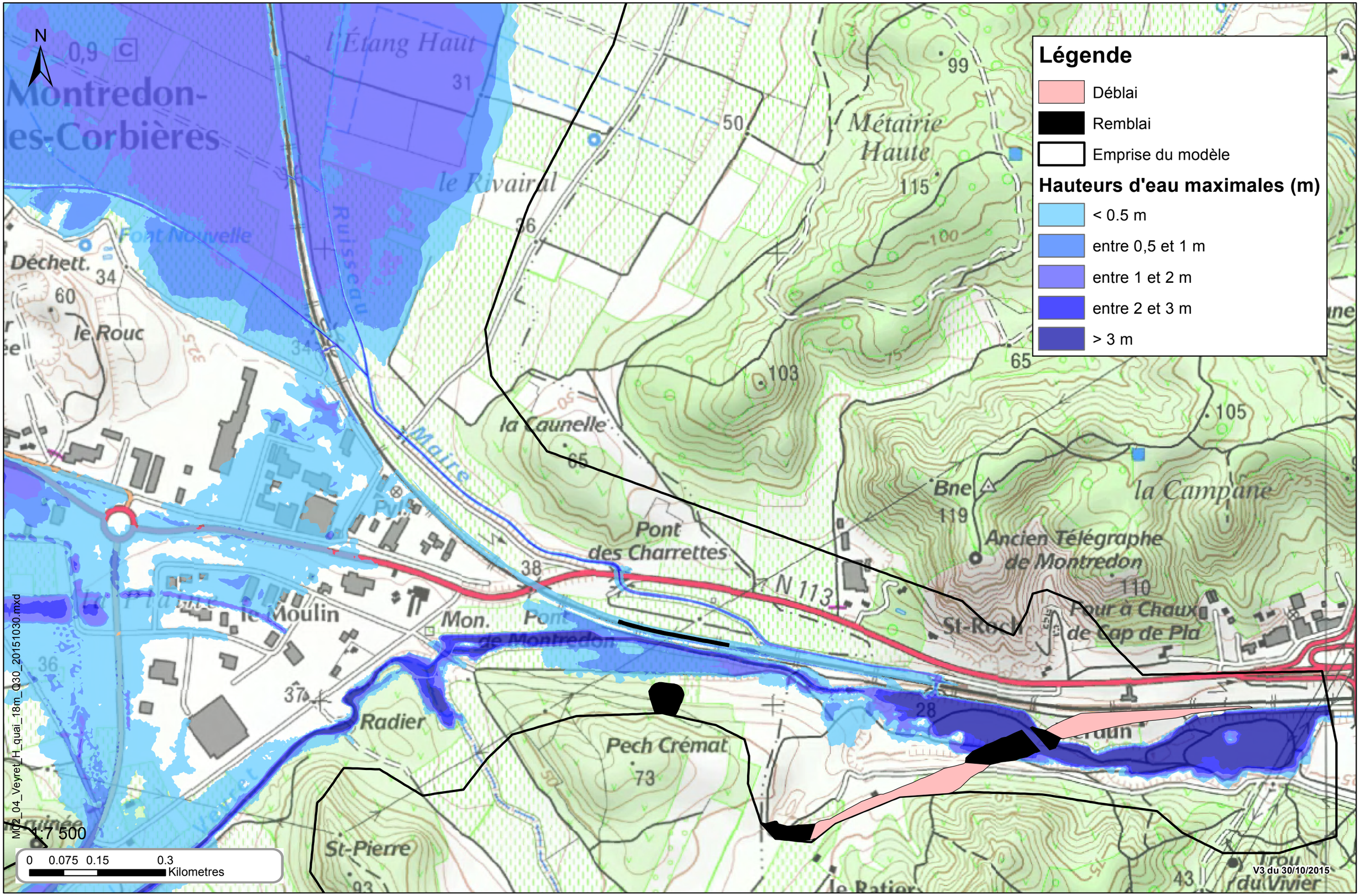
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue décennale - Carte des vitesses maximales



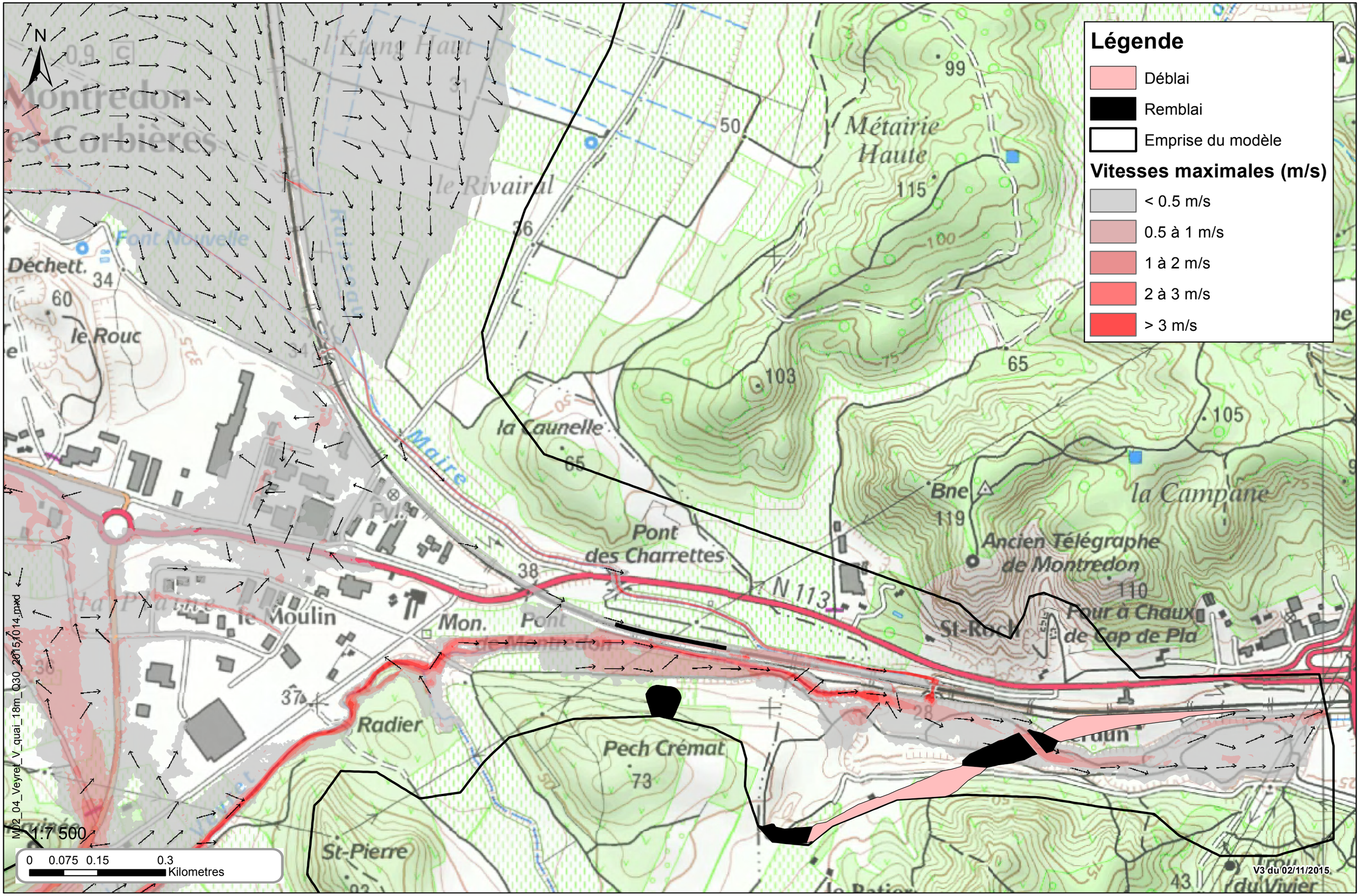
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue trentennale - Carte des hauteurs d'eau maximales



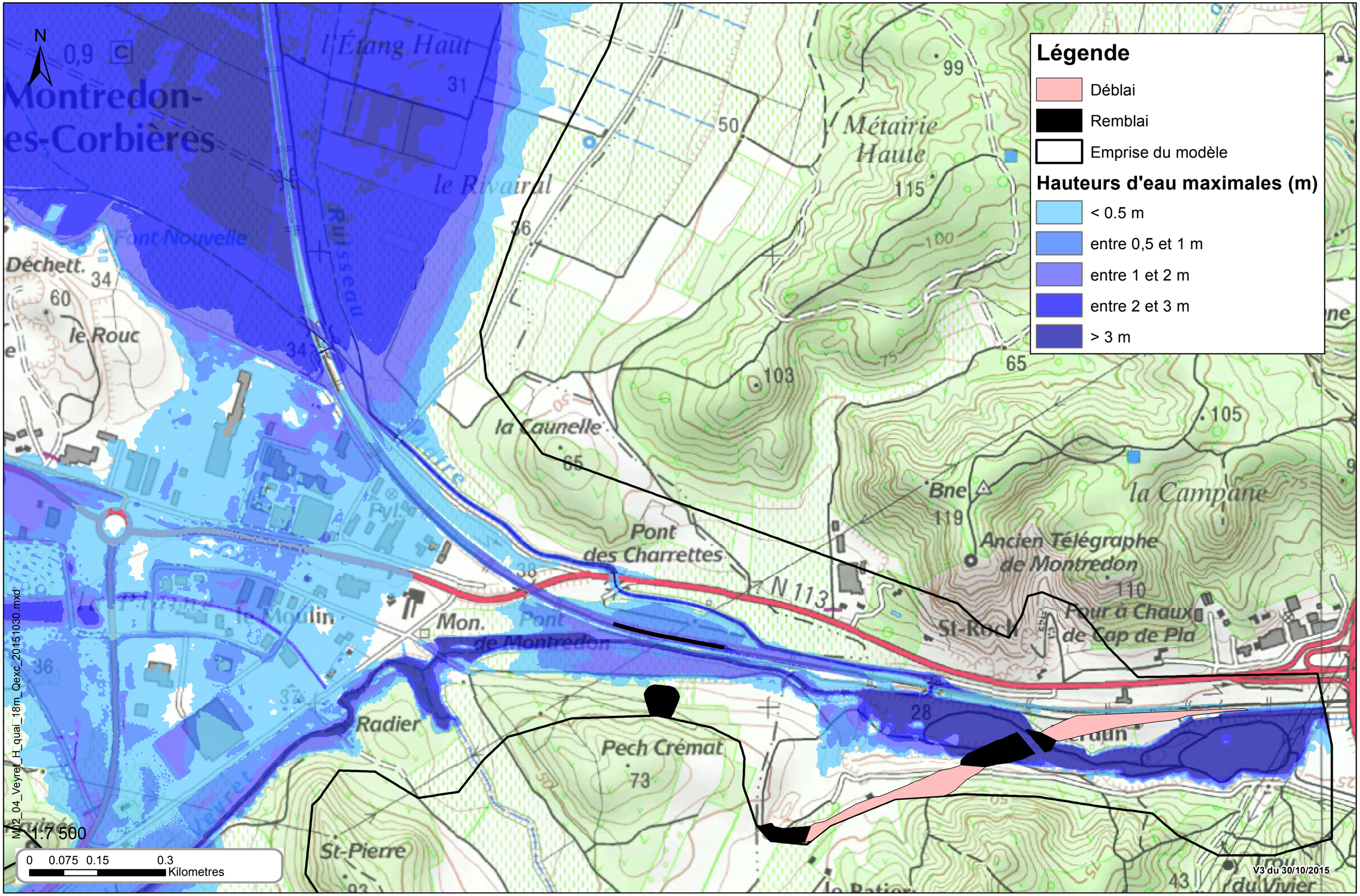
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue trentennale - Carte des vitesses maximales



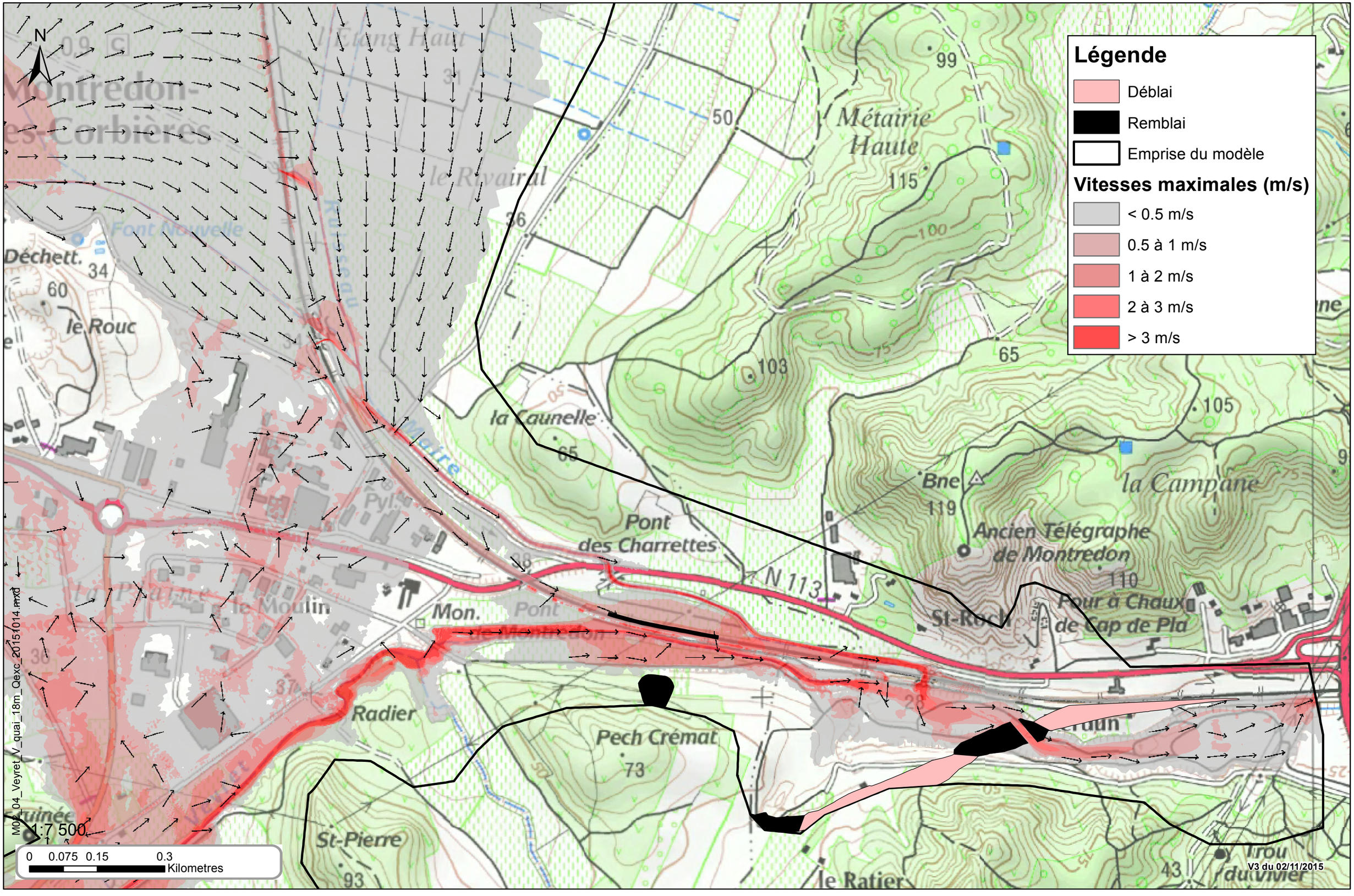
LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

Veyret - Projet Charettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue exceptionnelle - Carte des hauteurs d'eau maximales



LIGNE NOUVELLE
MONTPELLIER-PERPIGNAN

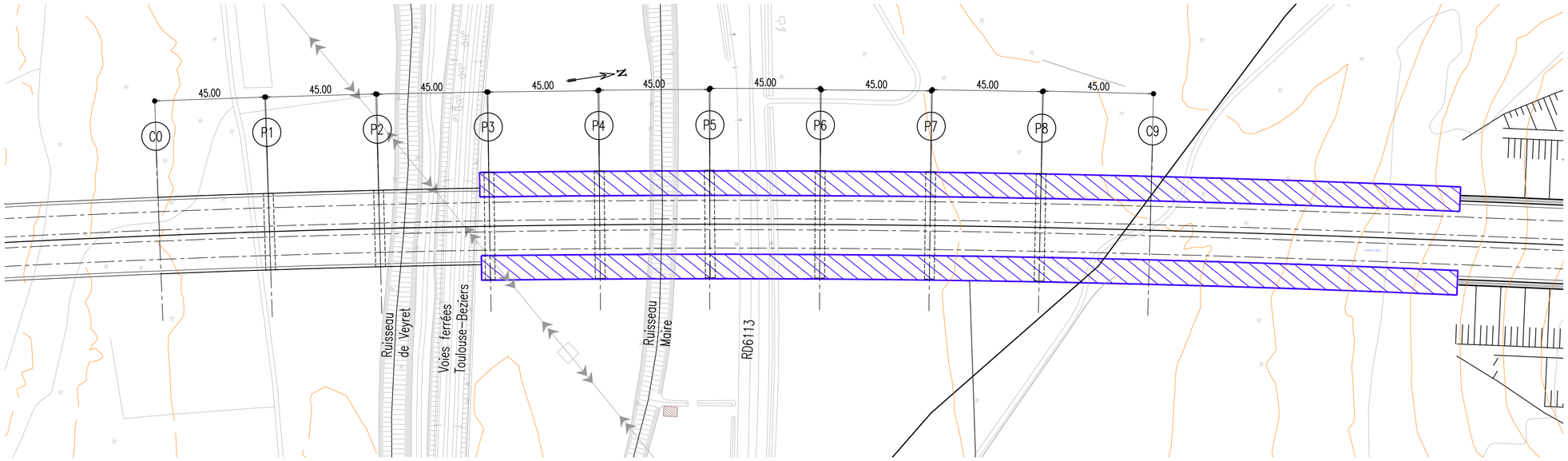
Veyret - Projet Charettes - Quais TER et Rac H' - Ouvrage 18m
Crue exceptionnelle - Carte des vitesses maximales



ANNEXE 3 : Viaduc bipoutre variante CHARRETTES

Vue en plan générale

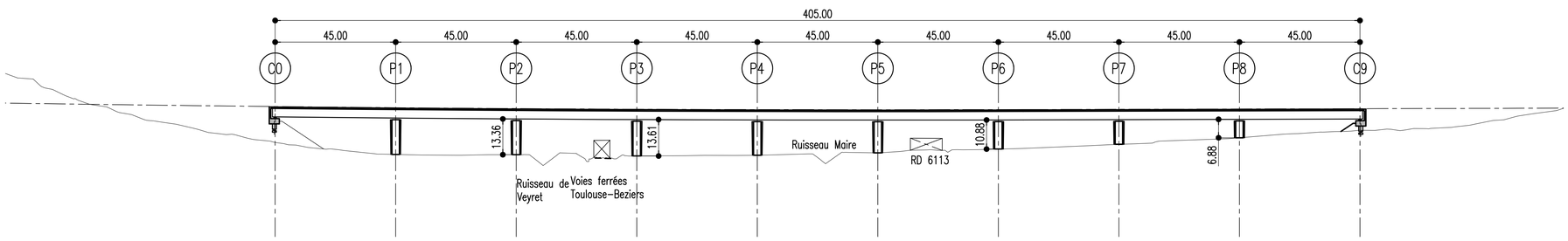
Ech : 1/500



LEGENDE :
AM : Appui Mobile
AF : Appui Fixe

Coupe longitudinale

Ech : 1/500



Pentes et rampes	L=494.50 R=21600 / L=1060.00 p=2.50‰
Alignements et courbes	L=704.42 R=5900.00 / L=350.00 A=1437.011
Communes	MONTREDON-DES-CORBIERES

MANQUE :
_SONDAGES GEOTECHNIQUES
_RESEAUX ENTERRES
_DEFINITION DES FONDATIONS

PK DEBUT	-
PK FIN	-
Ouverture hydraulique	-
NPHE	-

INGEROP BRL

LIGNE NOUVELLE MONTPELLIER-PERPIGNAN

COMPLÉMENTS D'ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES, TECHNIQUES ET FERROVIAIRES DE CONCEPTION DOSSIERS RÉGLEMENTAIRES

Viaduc du Veyret - Solution 1 Bipoutres

Gare du Pont des Charrettes - Secteur 2

Nom GEDRFF : LNMP4_ING-BRLI_TECH_PLA_Viaduc du Veyret - Pont des charrettes - Bipoutres.dwg
Codification Agora :



LISBOA – SALAMANCA – MADRID – BARCELONA – NARBONNE – MARSEILLE – VILNIUS
SVERIGE—DANMARK—SUOMI—DEUTSCHLAND—SLOVENSKO—EESTI—SLOVENIJA—ELLÁS—PORTUGAL—ESPAÑA—POLSKA
—PARIS—KØBENHAVN—CALAIS—DOVER—LONDON—MONTPELLIER—WARSZAWA—BRISTOL—BRUXELLES—PERPIGNAN—DEN HAAG—AMSTERDAM—DORTMUND—BÉZIERS—HANNOVER—BERLIN—
LISBOA – SÈTE – SALAMANCA – MADRID – BARCELONA – N
BELGIQUE—UNITED KINGDOM—ČESKÁ REPUBLIKA—SVERIGE—DANMARK—SUOMI—DEUTSCHLAND—SLOVENSKO—EESTI—SLOVENIJA—ELLÁS—PORTUGAL—ESPAÑA—POLSKA—
OUVERTURE—INNOVATION—INTERCONNEXION—PARTENARIAT—ÉCO-RESPONSABILITÉ—RÉSEAU—AVENIR—MOBILITÉ—ACCÈS—EUROPE—TERRITOIRES—ÉVOLUTION—PERFOR

Rev.	Date	Sommaire des modifications	Etabli par	Vérifié par	Approuvé par
A0	24/12/2014	Première émission	L.TREBOT	A.MOMBARD	L.TREBOT

ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

RÉSEAU FERRÉ DE FRANCE