

REVISION DU PLAN LOCAL D'URBANISME DE BARBENTANE (13)



5d3. ETUDE DU RUISSELLEMENT ET DU RISQUE PLUVIAL SUR LA MONTAGNETTE CEREG 2020

Dates :

PLU approuvé par DCM du 25/02/2020
Révision générale du PLU prescrite par DCM du 25/02/2020
Débat sur les orientations générales du PADD le 19/02/2024
Modification simplifiée n°1 du PLU approuvée par DCM du 19/08/2024
PLU arrêté par DCM du 25/11/2024
PLU approuvé par DCM du 17/11/2025

DCM : Délibération du Conseil Municipal - PLU : Plan Local d'Urbanisme

DOSSIER APPROUVE



POULAIN URBANISME CONSEIL

78 bd Marx Dormoy, 83300 DRAGUIGNAN
Email : contact@poulain-urbanisme.com



ÉTUDE DU RUISSELLEMENT ET DU RISQUE PLUVIAL - ZONE UCM DE LA MONTAGNETTE

Version pour approbation du PLU



LE PROJET

Client	Commune de Barbentane
Projet	Étude du ruissellement et du risque pluvial - Zone UCm de la Montagnette
Intitulé du rapport	Version pour approbation du PLU

LES AUTEURS

	Cereg Territoires – 260 Avenue du Col de l'Ange - 13 420 GEMENOS Tel : 04.42.32.32.65 - Fax : 04.42.32.32.66 - aubagne@cereg.com www.cereg.com
--	---

Réf. Cereg - ET16053

Id	Date	Établi par	Vérifié par	Description des modifications / Évolutions
V1	Février 2020	Alexandre DA COSTA	Fabien CHRISTIN	Version finale

Certification



TABLE DES MATIÈRES

A. CONTEXTE GÉNÉRAL ET MÉTHODOLOGIE	6
A.I. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	7
A.II. MODALITÉ DE CALCUL DE L'ALÉA	7
A.II.1. La méthode hydrogéomorphologique	7
A.II.2. La modélisation mathématique	8
B. ÉTUDE HYDRAULIQUE	12
B.I. APPORTS HYDROLOGIQUES	13
B.I.1. Caractéristiques des sols	13
B.I.2. Les pluies de projet	15
B.II. CONSTRUCTION DU MODÈLE HYDRAULIQUE	17
B.II.1. Méthodologie.....	17
B.II.2. Données topographiques.....	17
B.II.3. Montage du modèle hydraulique	18
B.II.3.1. Le choix du type de modélisation	18
B.II.3.2. Le code de calcul utilisé	18
B.II.3.3. Maillage de la zone d'étude	18
B.II.3.4. Conditions aux limites.....	19
B.III. EXPLOITATION DU MODÈLE HYDRAULIQUE	20
B.III.1. Calage du modèle.....	20
B.III.2. Résultats de la modélisation mathématique	20
C. ANNEXES.....	22

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Guide Technique d'Assainissement Routier (GTAR) pour des bassins versants naturels	14
Tableau 2 : Coefficients de ruissellement retenus	14
Tableau 3 : Coefficients de Montana retenus	15

LISTE DES FIGURES

Illustration 1 : Emprise des zones inondables par approche hydrogéomorphologique.....	8
Illustration 2 : Localisation de la zone UCm	9
Illustration 3 : Axes d'écoulements sur la zone UCm	10
Illustration 4 : Délimitation du secteur modélisé.....	11
Illustration 5 : Schéma de la pluie de projet Desbordes.....	16
Illustration 6 : HyétoGramme pluie du projet de période de retour 100 ans (4h durée intense 30 minutes)	16
Illustration 7 : Schéma représentant les écoulements 1D (à gauche) et 2D (à droite)	18
Illustration 8 : Maillage de la zone d'étude et conditions aux limites.....	19
Illustration 9 : Grille d'aléa par croisement de hauteurs de submersion et des vitesses.....	20
Illustration 10 : Aléa ruissellement défini la zone UCm	21

PRÉAMBULE

La commune de Barbentane s’est lancée dans l’élaboration d’un zonage pluvial et d’un schéma directeur d’assainissement des eaux pluviales avec pour objectif de disposer d’un outil d’aide à la bonne gestion des eaux pluviales sur son territoire. Deux buts principaux sont poursuivis :

- Diagnostiquer les problèmes existants du réseau ;
- Élaborer un zonage pluvial permettant de pérenniser le bon fonctionnement du réseau.

La commune a donc missionné Cereg afin de réaliser une étude globale basée sur le recueil exhaustif des données existantes, dans le but d’une part de caractériser le fonctionnement hydraulique des réseaux pour différents scénarii de pluie et d’autre part, de quantifier l’incidence des ruissellements pluviaux de surface pour en améliorer la gestion.

Le présent document constitue le rapport d’étude du ruissellement sur la zone UCm de la Montagnette.

Les éléments suivants sont annexés à ce rapport :

Documents / Fichiers	Format
Carte 1 : Hauteurs maximales de submersion – Format A3	.pdf
Carte 2 : Vitesses maximales d’écoulement – Format A3	.pdf
Carte 3 : Aléa ruissellement– Format A3	.pdf

A. CONTEXTE GÉNÉRAL ET MÉTHODOLOGIE



A.I. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

La ville de Barbentane (13) compte plus de 3 200 habitants. Elle est localisée dans les bassins de la Durance et du Rhône.

Le territoire communal est concerné par le risque inondation par débordement de ces cours d'eau du fait de l'existence du Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) de la Basse Vallée de la Durance.

Cependant, la commune est sujette à un autre risque : le risque inondation par les ruissellements pluviaux.

CEREG a été missionné pour réaliser une cartographie du risque pluvial ainsi qu'un zonage réglementaire sur le territoire communal concerné par le risque de ruissellement pluvial. Il s'agit d'un outil réglementaire (comme le prévoit l'article L.2224-10 du code général des collectivités territoriales et l'article L123-1 du Code de l'urbanisme), permettant de fixer des prescriptions cohérentes à l'échelle du territoire communal.

Le présent rapport rend compte des hypothèses et des résultats de la modélisation hydraulique permettant de définir **l'aléa ruissellement** sur la zone urbaine de la Montagnette (zone classée UCm dans le PLU de la commune). Il doit être considéré comme une **note hydraulique complémentaire au zonage réglementaire du ruissellement** sur la commune de Barbentane.

La notice hydraulique constitue une pièce complémentaire au zonage réglementaire du ruissellement. Le but de ce document est de détailler la méthodologie et les résultats de la modélisation hydraulique. Ces derniers serviront de références pour la caractérisation de l'aléa ruissellement utilisé dans le zonage réglementaire.

A.II. MODALITÉ DE CALCUL DE L'ALÉA

L'aléa est calculé selon deux méthodes complémentaires :

- La méthode hydrogéomorphologique ;
- La modélisation mathématique

A.II.1. La méthode hydrogéomorphologique

Cette méthode naturaliste étudie le fonctionnement naturel des cours d'eau en analysant la structure des vallées et en particulier les formes fluviales mises en place au fur et à mesure des crues successives. Elle permet de définir **l'emprise maximale** des zones inondables sans pour autant déterminer des hauteurs de submersion ou des vitesses d'écoulement. Elle n'est pas non plus associée à un événement de référence. Elle ne prend pas en compte les aménagements de protection (digue, recalibrage, etc.) ayant été réalisés dans le passé. Si elle est relativement précise dans son tracé, le fait que l'emprise cartographiée ne puisse être reliée aux paramètres classiques d'un écoulement (hauteur et vitesse) rend la méthode impropre à caractériser finement le l'aléa. Elle doit être employée sur l'ensemble d'un territoire, mais dans les secteurs à enjeux, une modélisation hydraulique reste nécessaire pour déterminer l'aléa inondation (cf. Rapport : « Détermination des zones inondables par approche hydrogéomorphologique sur la commune de Barbentane (13) »). La figure ci-dessous présente les résultats de cette étude, à l'échelle de la commune.

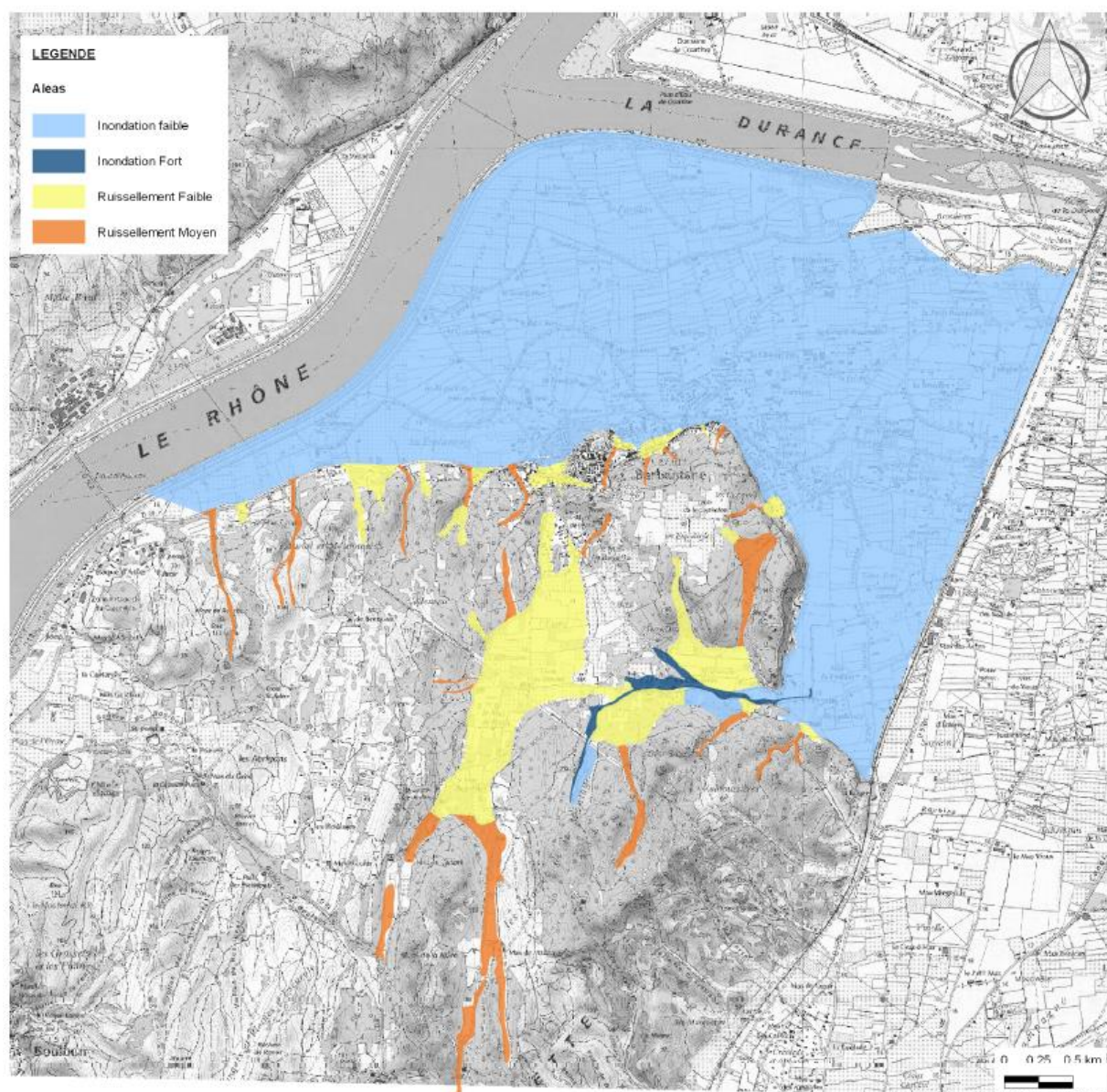


Illustration 1 : Emprise des zones inondables par approche hydrogéomorphologique

A.II.2. La modélisation mathématique

La réalisation du modèle hydraulique repose sur l'utilisation des données collectées lors de la phase 1 du schéma directeur.

La modélisation mathématique consiste à définir par le calcul l'emprise de la zone inondable de **l'évènement de référence**¹ (occurrence centennale pour le cas de Barbentane) ainsi que les **hauteurs de submersion** et les **vitesse d'écoulement** associées. On aboutit à des emprises généralement inférieures à celles déterminées par la méthode hydrogéomorphologique ce qui est normal puisque l'évènement de référence qui fait l'objet des calculs n'est pas le plus important pouvant survenir.

Sur la base des résultats de modélisation, le croisement des hauteurs de submersion et des vitesses d'écoulement permet de définir un aléa dit synthétique (faible, modéré, fort).

La commune a souhaité réaliser la modélisation mathématique sur la zone Ucm de son Plan Local d'Urbanisme, soit un secteur de 19 hectares localisé au sud du centre urbain sur les hauteurs de la Montagnette.

¹ L'évènement de référence est par définition un évènement pluvial d'occurrence centennale ou un évènement connu s'il est supérieur. Sur la commune de Barbentane, c'est un évènement centennal qui sera modélisé.

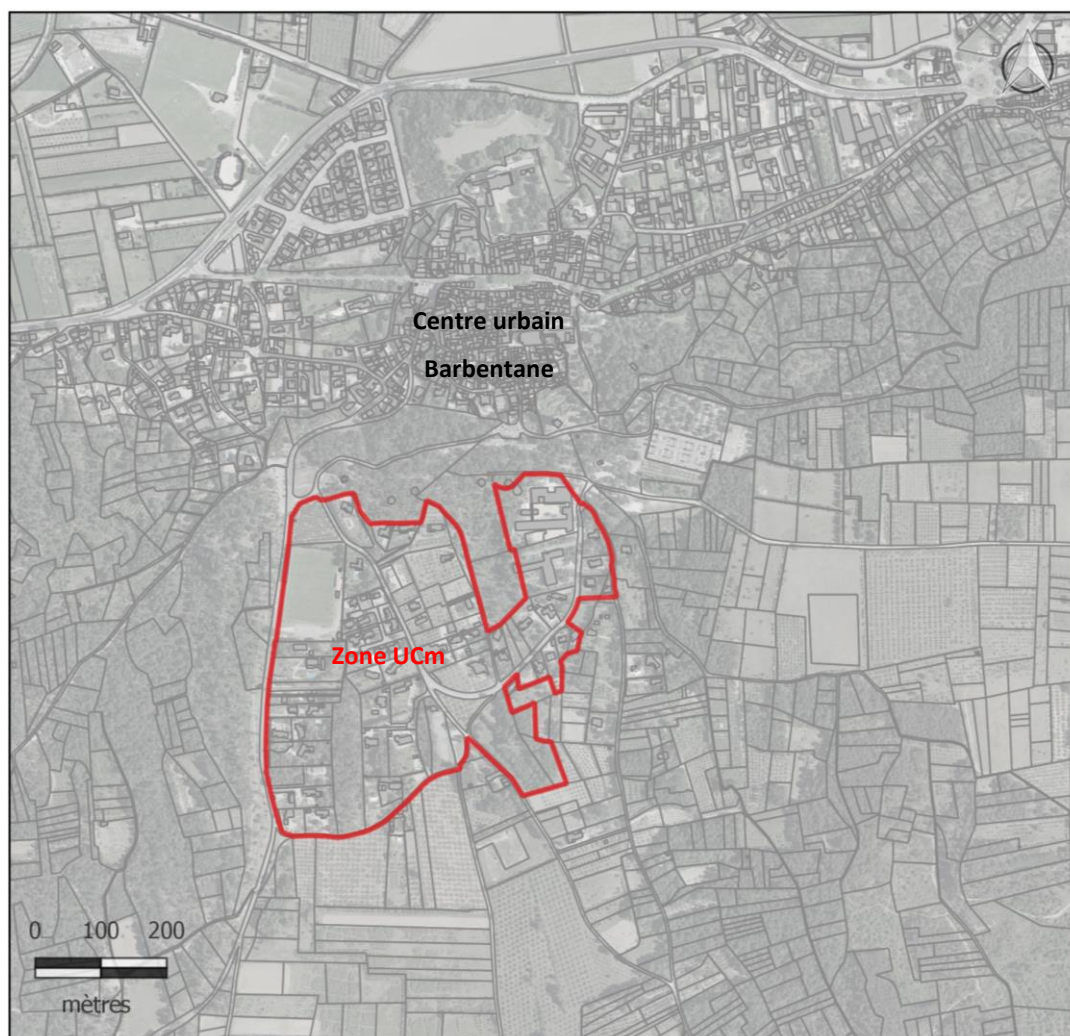


Illustration 2 : Localisation de la zone UCm

Pour les besoins de cette étude, le secteur modélisé s'étend au-delà de la zone UCm afin de représenter finement la dynamique des ruissellements depuis les bassins versants qui alimentent la zone d'étude.

La figure ci-dessous représente les axes d'écoulement du secteur : la zone UCm se situe sur un point haut de la Montagnette, le sens des écoulements est contrôlé par la pente du terrain naturelle qui descend naturellement vers le sud jusqu'à l'Étang. Une partie des écoulements provenant des parcelles agricoles rejoignent la zone étudiée depuis l'est. Les figures ci-dessous présentent la méthodologie suivie afin de délimiter l'emprise de la zone modélisée.

Étape 1 : Détermination des axes d'écoulements depuis la donnée RGE alti® de l'IGN

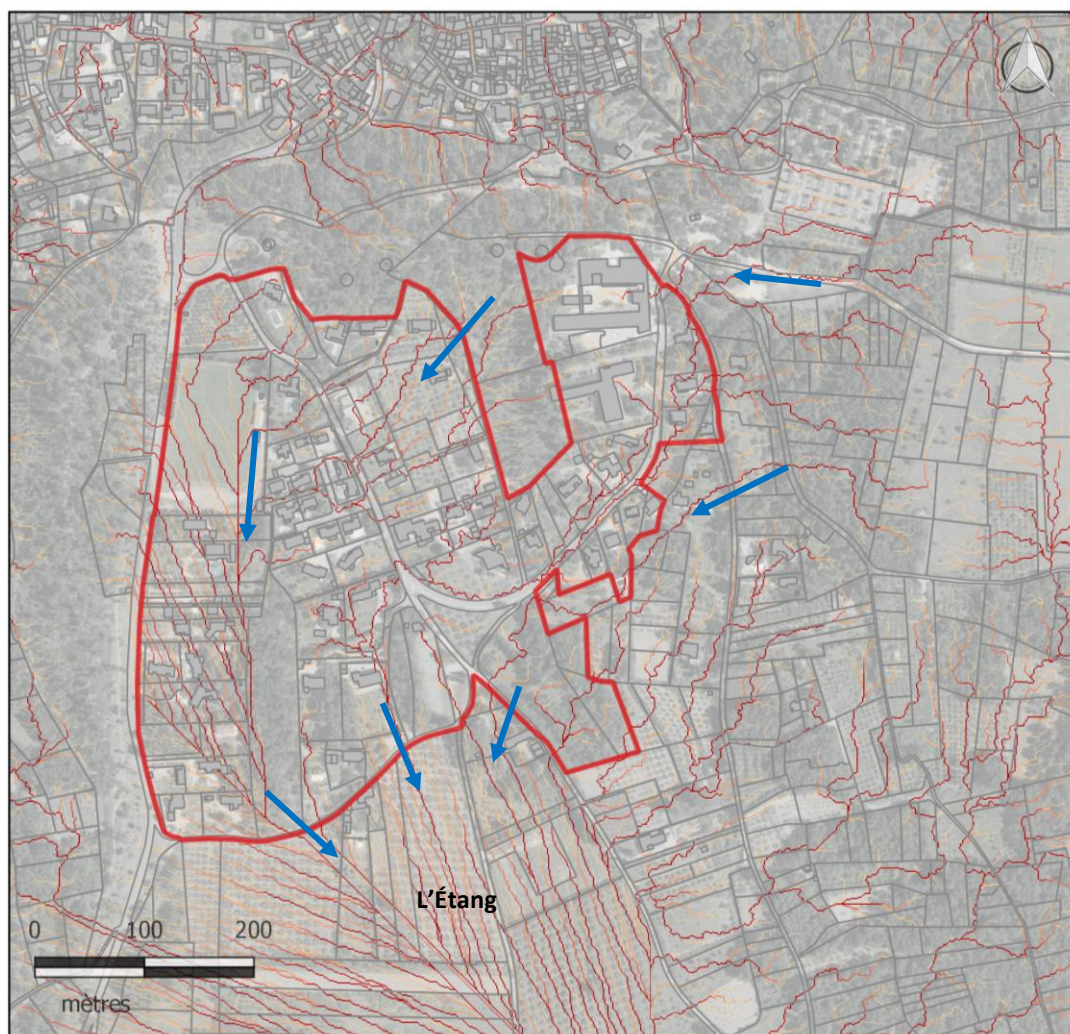


Illustration 3 : Axes d'écoulements sur la zone UCm

Étape 2 : Délimitation de l'emprise du modèle mathématique

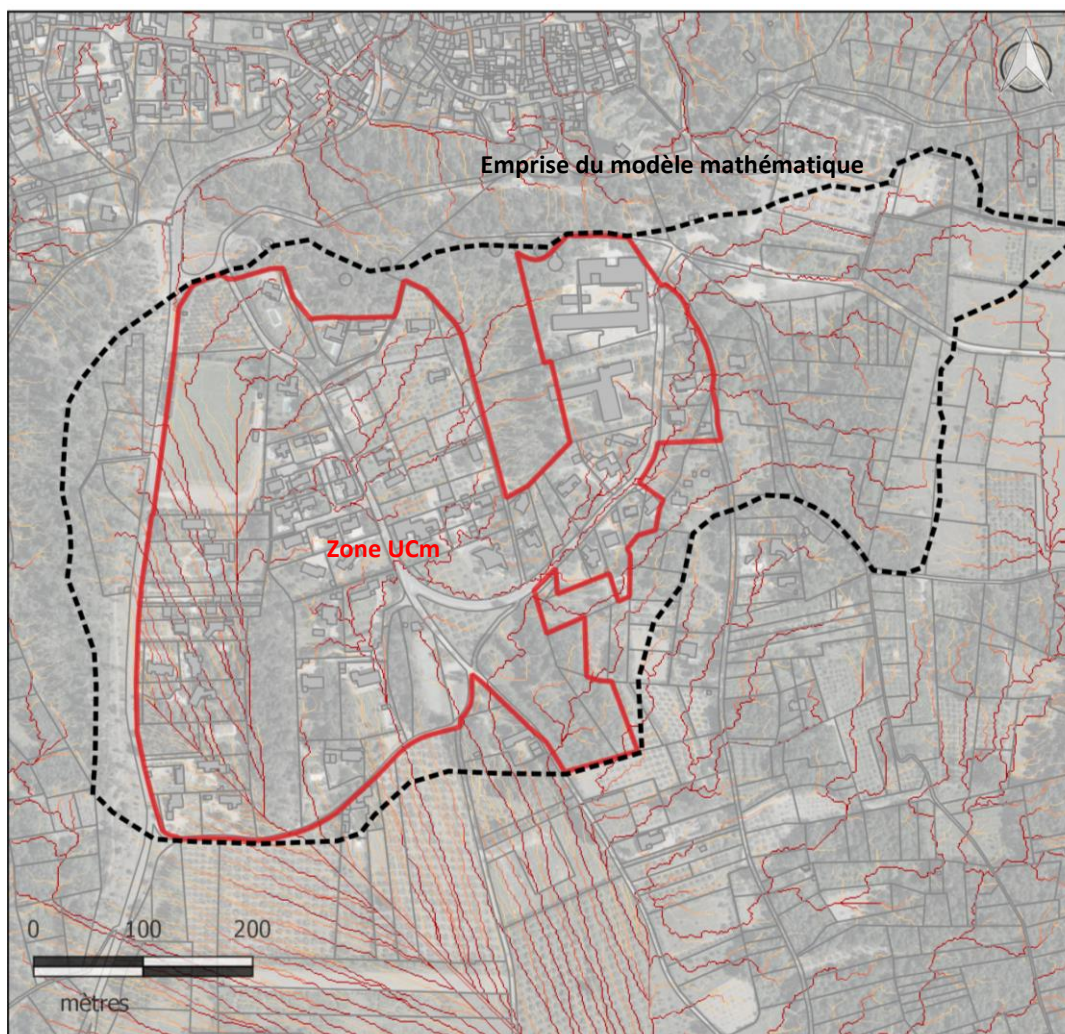


Illustration 4 : Délimitation du secteur modélisé

La zone modélisée suit donc les limites topographiques du bassin versant qui alimente la zone UCm, elle couvre une surface de **35 hectares**.

B. ÉTUDE HYDRAULIQUE



B.I. APPORTS HYDROLOGIQUES

Pour rappel : le secteur modélisé recouvre l'ensemble de la zone d'étude et du bassin intercepté. L'ensemble des paramètres liés à la nature des sols sont directement intégrés dans le modèle hydraulique.

La pluie de projet injecté dans le modèle correspond à une pluie **de période de retour 100 ans** qui correspond à **l'occurrence de référence** dans le bassin de la basse vallée de la Durance.

B.I.1. Caractéristiques des sols

Dans le modèle mathématique utilisé pour la présente étude, les sols sont caractérisés par deux paramètres :

- Le coefficient de ruissellement ;
- Le coefficient de frottement ou coefficient de Strickler.

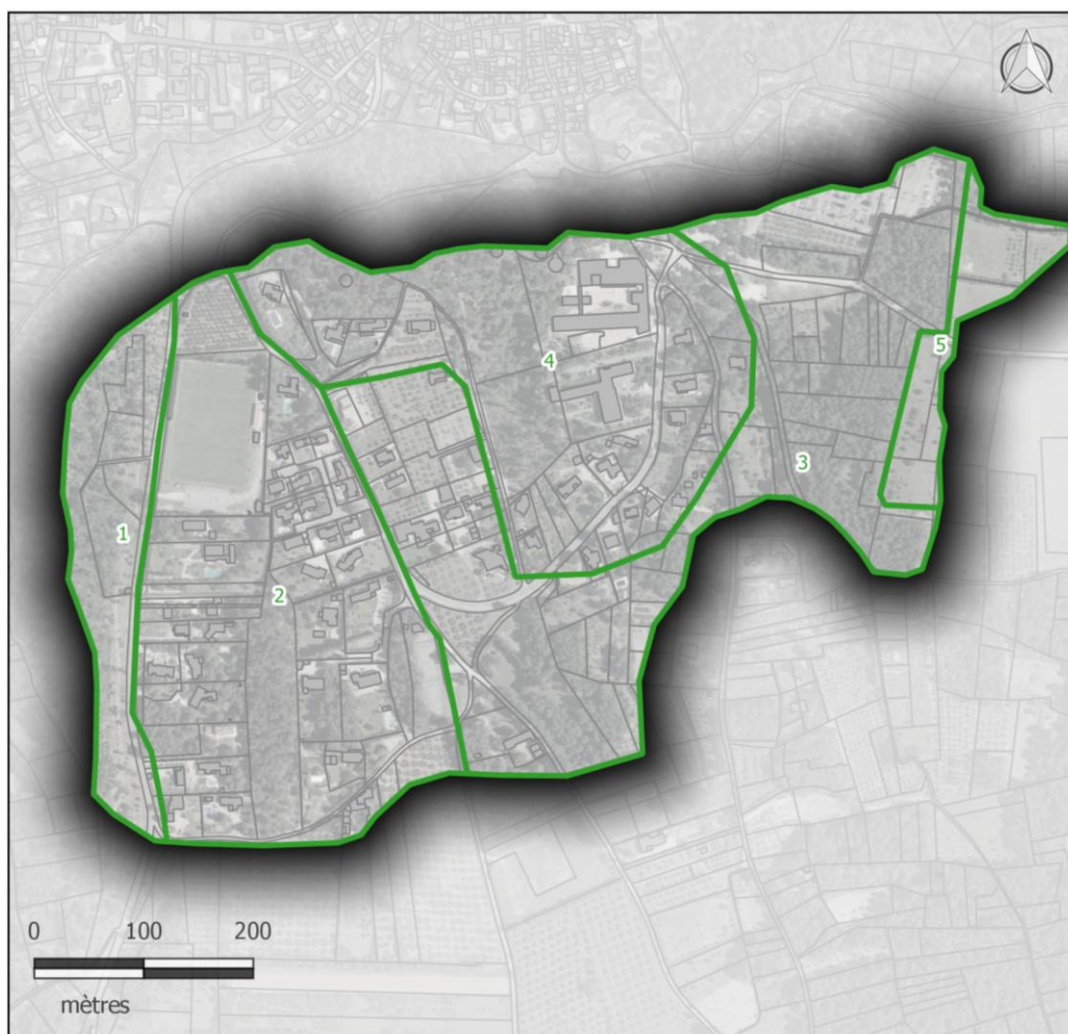
Ce dernier coefficient fait l'objet d'un paragraphe explicatif dans le chapitre suivant.



Méthodologie pour la détermination des coefficients de ruissellement

Le coefficient de ruissellement caractérise la fraction d'une lame d'eau qui ruisselle sur un bassin versant. Ce coefficient est fortement influencé par la couverture ainsi que la nature des sols du sous-bassin versant.

La zone d'étude peut-être divisée en 5 bassins selon le type d'occupation du sol. Ces bassins et leurs caractéristiques sont présentés dans la figure et le tableau ci-dessous :



Id	Occupation des sols	Surface	Taux d'imperméabilisation	Surface imperméable	Surface perméable
		ha		ha	ha
1	Forêts	2,84	12%	0,33	2,51
2	Tissu urbain relâché / Forêts	10,51	14%	1,43	9,08
3	Forêts / Vergers	11,45	8%	0,95	10,5
4	Tissu urbain relâché / Forêts	8,7	16%	1,38	7,32
5	Agricol	1,4	0%	0	1,4

Pour chacun d'entre eux, les coefficients de ruissellement pour la période de retour 100 ans ont été déterminés à l'aide de la formule dite des « Experts » pour les surfaces naturelles :

$$CR_{T(ans)} = 0,8 * \left(1 - \frac{P_0}{P_{jT(ans)}} \right)$$

Avec :

P_0 , représentant la capacité de rétention initiale des sols, calculé de la façon suivante :

$$P_0 = \left(1 - \frac{CR_{10ans}}{0,8} \right) * P_{j10ans}$$

Le coefficient de ruissellement d'occurrence 10 ans (CR-10ans) et déduit de l'utilisation du Guide Technique d'Assainissement Routier (GTAR) adapté pour les bassins versants ruraux :

Couverture végétale	Morphologie	Pente (%)	Terrain sable grossier	Terrain limoneux	Terrain argileux
Bois	Presque plat Ondulé montagneux	P < 5	0,10	0,30	0,40
		5 ≤ p < 10	0,25	0,35	0,50
		10 ≤ p < 30	0,30	0,50	0,60
Pâturage	Presque plat Ondulé montagneux	P < 5	0,10	0,30	0,40
		5 ≤ p < 10	0,15	0,36	0,55
		10 ≤ p < 30	0,22	0,42	0,60
Culture	Presque plat Ondulé montagneux	P < 5	0,30	0,50	0,60
		5 ≤ p < 10	0,40	0,60	0,70
		10 ≤ p < 30	0,52	0,72	0,82

Tableau 1 : Guide Technique d'Assainissement Routier (GTAR) pour des bassins versants naturels



Détermination des coefficients de ruissellements centennaux

L'application de cette méthodologie a permis de calculer le coefficient de ruissellement décennal de chacun des 5 bassins et de déterminer le coefficient de ruissellement centennal par la méthode des Experts. Ces coefficients sont listés dans le tableau suivant :

Id	Occupation des sols	CR_10 ans	Cr_100 ans
1	Forêts	0,56	0,67
2	Tissu urbain relâché / Forêts	0,40	0,58
3	Forêts / Vergers	0,41	0,58
4	Tissu urbain relâché / Forêts	0,58	0,68
5	Agricole	0,50	0,63

Tableau 2 : Coefficients de ruissellement retenus

B.I.2. Les pluies de projet

Les pluies de projet sont des pluies synthétiques qui sont construites à partir de paramètres statistiques élaborés sur la pluie réelle.

Les données pluviométriques sont issues des coefficients de Montana de la station de Cavaillon sont utilisées pour la construction de ces pluies de projet.

	6' < d ≤ 2h		2h < d ≤ 6h		6 h < d ≤ 12h	
	a(T)	b(T)	a(T)	b(T)	a(T)	b(T)
2 ans	35,05	0,52	41,31	0,84	34,52	0,729
5 ans	41	0,51	46,89	0,779	48,037	0,789
10 ans	49,68	0,5	56,43	0,763	59,203	0,791
20 ans	58,62	0,49	66	0,739	71,748	0,793
30 ans	63,97	0,49	71,59	0,72	80,034	0,794
50 ans	71,05	0,48	78,81	0,696	91,185	0,796
100 ans	81,26	0,47	88,52	0,66	108,50	0,798

Tableau 3 : Coefficients de Montana retenus



Méthodologie de construction de la pluie projet

La zone d'étude de Barbentane est dominée par des bassins versants dont les temps de concentration sont courts (proche de 15 minutes). La méthode de construction des pluies dite de DESBORDES, adaptée à la modélisation du ruissellement a été retenue dans le cadre de cette étude.

Ces pluies de forme doublement triangulaire permettent la représentation d'un évènement pluvieux d'une durée de 4 heures possédant un épisode intense d'une durée variable.

Ce type de construction résulte de l'analyse statistique des chroniques de pluie aux postes pluviométriques de Montpellier Bel-air (51 années) et Paris Montsouris (29 années). Le choix d'une durée totale de pluie de 4 h est basé sur le fait que pour 73 % des pluies significatives observées, il tombe en 4 h, 80% de la hauteur totale.

De plus, pour un même évènement pluvieux, l'occurrence de l'intensité de pluie évolue durant l'épisode. Sur une durée de 1h, l'épisode peut être centennal, mais par exemple décennal sur le cumul journalier.

Pour représenter ce phénomène, la méthode de Desbordes de construction des pluies de projet fournit une table de correspondance entre la période de retour de l'épisode intense (HM) et la période de retour de la pluie totale (HT).

Les principales caractéristiques de la pluie de projet retenue sont les suivantes :

- construction en double triangle ;
- définition d'une durée intense (DM - variable selon les cas) ;
- une durée totale de pluie de 4 heures (DP) ;
- une hauteur d'eau précipitée durant la période intense (notée HM) ;
- une hauteur d'eau précipitée durant la période totale (notée HT).

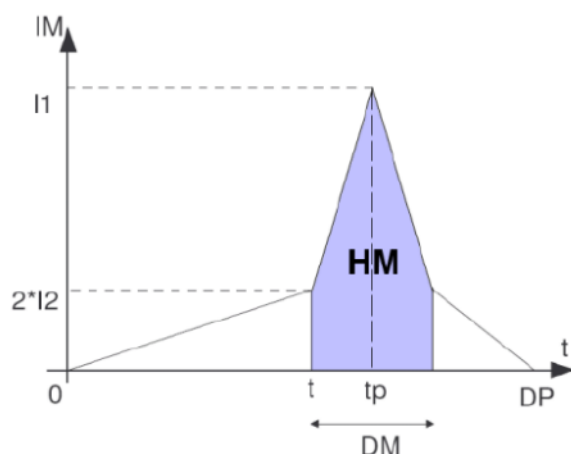


Illustration 5 : Schéma de la pluie de projet Desbordes

Les durées intenses prises en compte dans la pluie de projet conditionnent la réponse des bassins versants. Les pluies projet avec des durées intenses courtes sont associées aux bassins versants aux temps de réponse rapides et inversement pour les pluies projet de période intense longues.

La durée intense retenue n'est pas connue a priori et doit faire l'objet de simulations successives. À cette fin, **4 durées intenses ont été simulées : 15 min, 30 min, 1 h, 2h.**

Suites aux différentes simulations réalisées (chapitres suivants), la durée intense qui génèrent les plus fortes intensités de ruissellements correspond à celle de 30 minutes, soit le temps de réponse du bassin modélisé.

Dans la suite de l'étude, la pluie projet retenue correspond à une pluie de durée totale 4 heures et de durée intense 30 minutes.



Construction des pluies de projet

L'application de la méthodologie décrite ci-dessus permet d'obtenir le hyétogramme suivant pour la période de retour 100 ans :

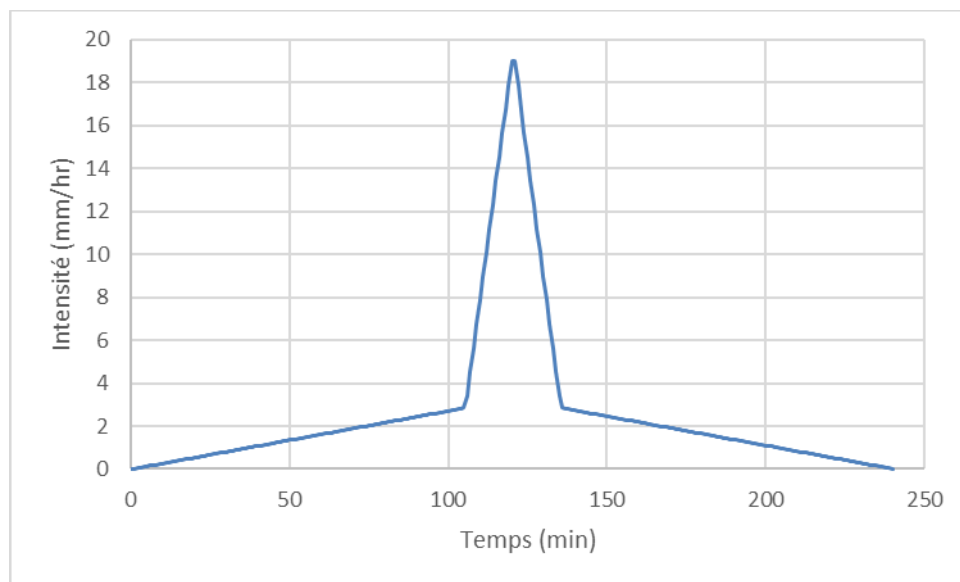


Illustration 6 : Hyétogramme pluie du projet de période de retour 100 ans (4h durée intense 30 minutes)

B.II. CONSTRUCTION DU MODÈLE HYDRAULIQUE

B.II.1. Méthodologie

L'utilisation d'un modèle hydraulique est nécessaire pour estimer la dynamique des ruissellements en centre urbain.

Il sera construit sur la base des données topographiques fournis par l'IGN : RGE alti®, d'une résolution de 1 mètre avec une précision altimétrique de 20 cm.

B.II.2. Données topographiques

Les données topographiques utilisées pour monter le modèle hydraulique correspondent au **RGE ALTI au pas d'espace 1m** sur l'ensemble de la commune de Barbentane fourni par l'Institut National de l'Information géographique et forestière

B.II.3. Montage du modèle hydraulique

B.II.3.1. Le choix du type de modélisation

Les écoulements peuvent être considérés soit à composantes 1D ou soit à composantes 2D (cf. Illustration suivante).

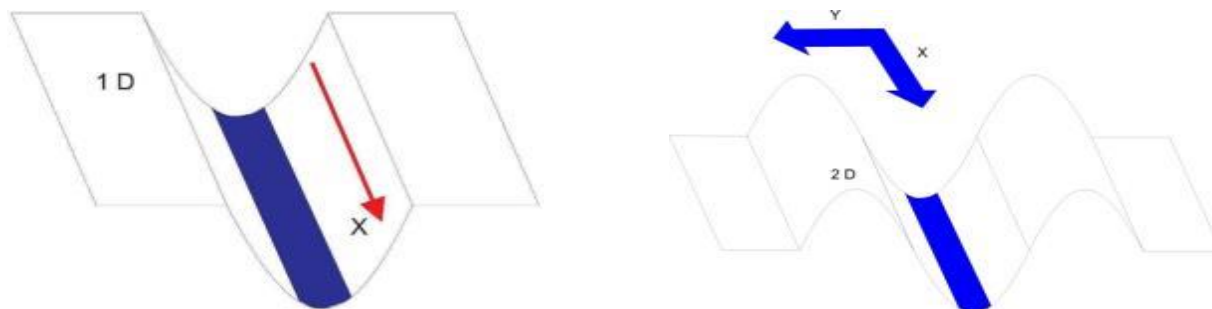


Illustration 7 : Schéma représentant les écoulements 1D (à gauche) et 2D (à droite)

L'utilisation d'un modèle hydraulique 1D (une Dimension) est justifiée lorsque les écoulements s'effectuent selon un axe préférentiel (axe parallèle au lit mineur), alors que lorsque les écoulements se font selon des axes non parallèles entre eux, on parle d'écoulement 2D (2 Dimensions).

La zone d'étude intègre le centre-ville soumis aux ruissellements. Les écoulements peuvent suivre de multiples axes d'écoulement « divergents » (non parallèle au lit mineur). **L'utilisation d'un modèle hydraulique 2D est par conséquent nécessaire.**

B.II.3.2. Le code de calcul utilisé

Le code de calcul utilisé est SW2D. Il est développé par le laboratoire HYDROSCIENCES de Montpellier. Ce code a été retenu, car il gère les fronts secs (secteurs non en eau en début de calcul) et il résout à chaque pas de temps l'ensemble des équations 2D du système de Barré-de-Saint-Venant.

SW2D repose sur la discrétisation de la zone d'étude en petites mailles basées sur les données topographiques fournies.

B.II.3.3. Maillage de la zone d'étude

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

Dans le cas d'espèce, **un maillage fin** (pas d'espace de 3m) **a été réalisé sur la zone résidentielle du secteur**, essentiellement délimitée par le Chemin de Rampale et le Chemin du Moulin de Bretole.

Plus à l'est, sur le secteur moins urbanisé compris entre le Chemin du Moulin de Bretole et le Chemin du Séquier / Chemin de Perrières, la zone est discrétisée en maille d'un pas d'espace 5m.

Plus à l'est, les parcelles agricoles sont représentées par un maillage plus large d'un pas d'espace 7 mètres.

L'application d'une telle discrétisation du terrain en mailles de pas d'espaces allant de 3 à 5 m permet une étude fine des phénomènes de ruissellement dans la zone Ucm de Barbentane.

Le maillage ainsi constitué couvre 35 ha et comprend 30 300 mailles.

B.II.3.4. Conditions aux limites

Comme expliqué précédemment, les apports des bassins versants vers la zone Ucm sont directement représentés dans le modèle hydraulique dont les limites sont calquées sur les lignes de crêtes topographiques.

La figure 3 montre que les écoulements se concentrent vers le sud du secteur d'étude, en direction de la zone nommée l'Étang.

On considère alors :

- Les limites Ouest / Nord / Est comme imperméables due la présence des reliefs naturels du terrain ;
- La limite Sud comme perméable aux écoulements, sans contrainte avale.

L'illustration suivante présente le maillage réalisé pour les besoins de l'étude ainsi que les conditions aux limites.

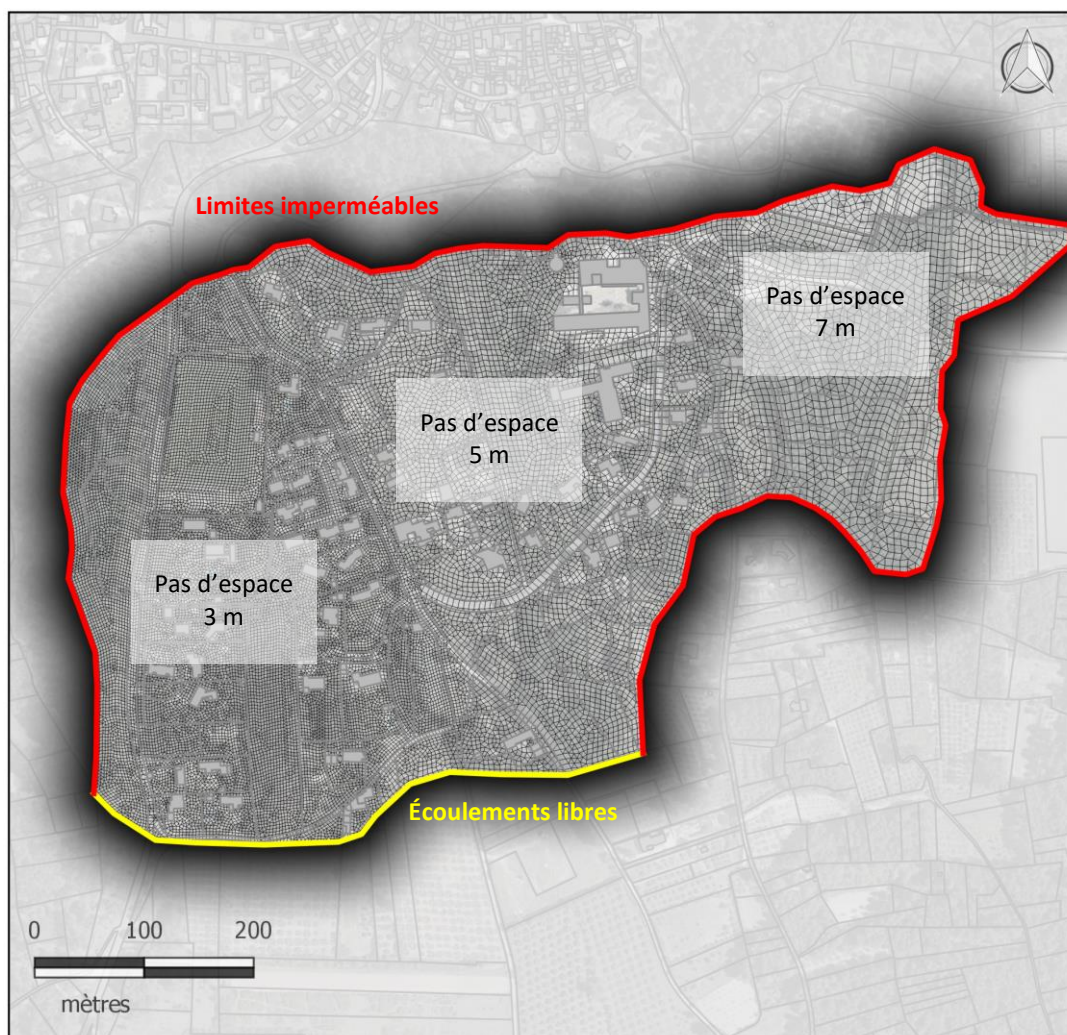


Illustration 8 : Maillage de la zone d'étude et conditions aux limites

B.III. EXPLOITATION DU MODÈLE HYDRAULIQUE

B.III.1. Calage du modèle

Le calage du modèle hydraulique consiste à reproduire pour un épisode pluvieux donné, un fonctionnement hydraulique similaire aux observations de terrains sur le secteur d'étude. Dans le cas d'espèce, aucune étude du ruissellement n'a été réalisée sur ce secteur. Il est donc impossible de caler le modèle sur un évènement existant.

Dans le cadre d'une modélisation hydraulique en 2D, le paramètre de calage est le coefficient de Strickler (K), qui caractérise la rugosité du sol. Dans le cas de la présente étude, **un coefficient de Strickler homogène calé à 10 est retenu**. Ce coefficient est associé, dans la bibliographie, à un sol de couverture naturelle essentiellement composé de forêts.

Des modélisations complémentaires ont été réalisées en utilisant des coefficients de Strickler de 15 et 20 afin d'étudier la sensibilité du modèle face aux variations de ce paramètre. Les résultats de hauteurs de submersion et de vitesses calculées sont sensiblement identiques pour les différents cas de Strickler.

B.III.2. Résultats de la modélisation mathématique

Les planches cartographiques, annexées à la présente notice hydraulique, présentent les hauteurs de submersion et les vitesses maximales calculées sur le secteur modélisé (Cartes 1 et 2)

Pour les besoins du zonage ruissellement, ces deux paramètres sont associés pour définir un aléa synthétique selon la grille suivante :

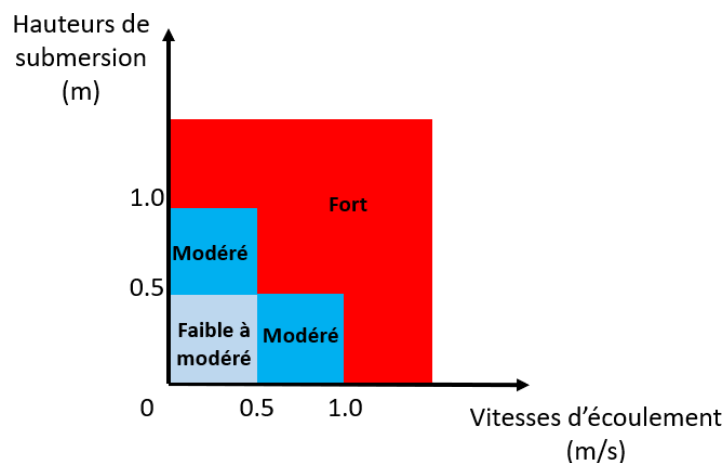


Illustration 9 : Grille d'aléa par croisement de hauteurs de submersion et des vitesses

Les résultats de ce croisement sont également présentés dans les planches cartographiques annexes (carte 3) et sur la figure ci-dessous : ils sont cohérents avec l'emprise de la zone inondable définie par l'approche hydrogéomorphologique, qualifiée d'aléa résiduel (en couleur rose sur la carte). Les eaux se concentrent au sud vers l'Étang via 2 axes d'écoulements principaux :

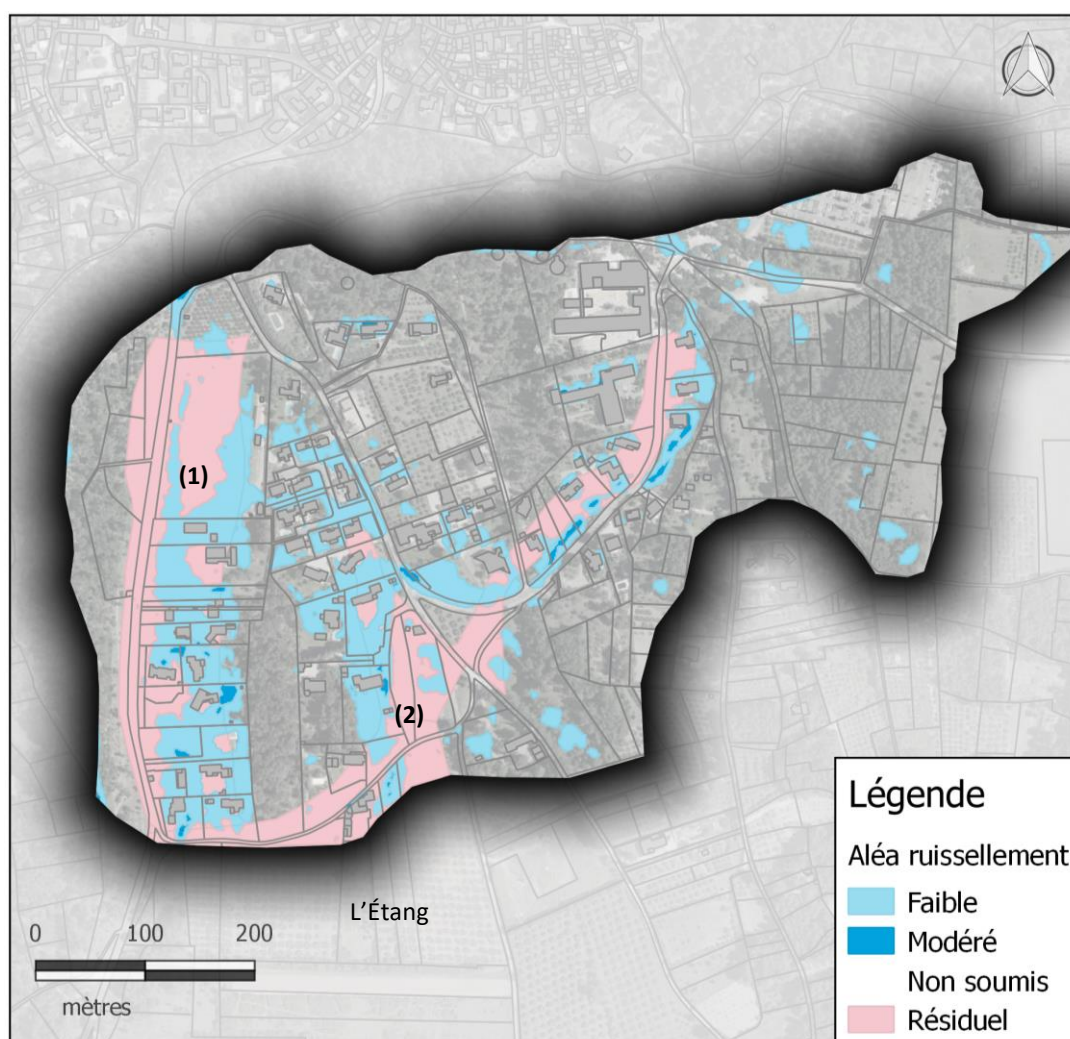


Illustration 10 : Aléa ruissellement défini la zone UCm

- **(1)** Un axe d'écoulement qui longe la D35E (Chemin de Rampale) depuis le nord vers le sud. Les premières hauteurs et vitesses de ruissellement significatives sont calculées au niveau du stade Rampale, puis cheminent dans le fond du vallon à travers les résidences jusqu'à l'Étang.
- **(2)** Le second axe de ruissellement draine les eaux provenant du quartier résidentiel qui borde le Chemin du Moulin de Breoule et des habitations proches du Chemin de la Côte jusqu'à l'École primaire qui se situe sur un point haut de la Montagnette et qui est épargné des phénomènes de ruissellement. Ces apports rejoignent également l'Étang plus au sud.

Les vitesses d'écoulement dans ces axes varient en moyennes entre 0,3 et 0,4 m/s avec des accélérations ponctuelles pouvant atteindre les 0,6 m/s dans les zones de fortes pentes, essentiellement le long du Chemin de la Côte où la pente du terrain est forte ($\approx 7\%$).

Les hauteurs d'eau sont en moyennes entre 20 et 30 cm au centre des axes de ruissellements. La présence de cuvettes naturelles et des bâtiments sur ces axes engendrent des zones de rétention des eaux avec des hauteurs d'eau atteignant 60 cm au maximum.

C. ANNEXES



Carte 1 : Hauteurs maximales de submersion



ETUDE HYDRAULIQUE
Hauteurs de submersion
Plan Local d'urbanisme

Carte : Version finale

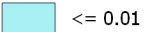
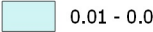
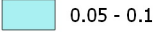
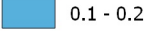
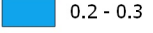
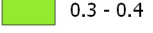
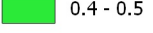
Source :
Orthophoto2014-©IGN
Cadastre / DGIFP

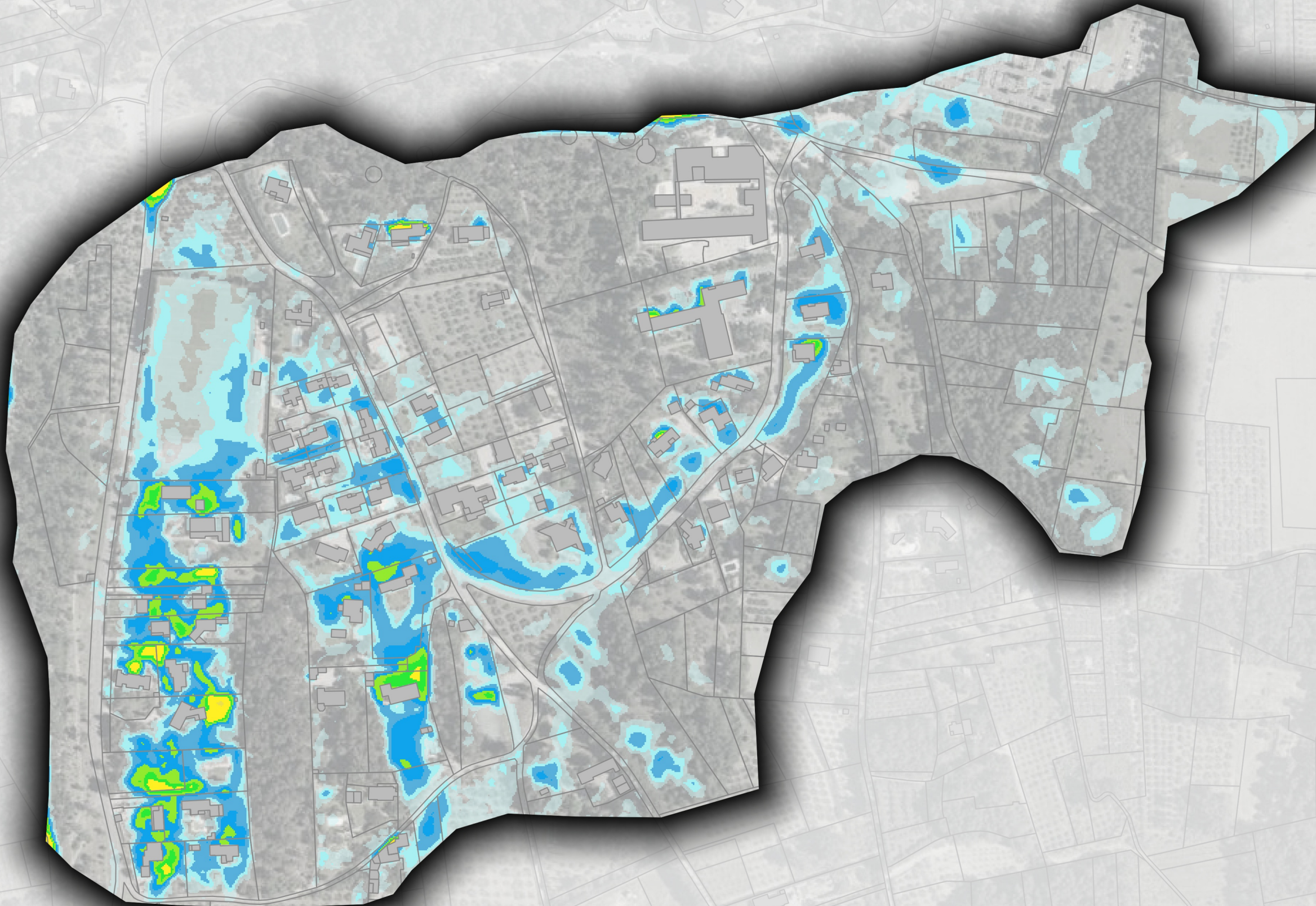
Echelle - 1:3 000
0 25 50
Mètres



LEGENDE

Hauteurs maximales (m)

 <= 0.01	 0.5 - 0.75
 0.01 - 0.05	 0.75 - 1
 0.05 - 0.1	 1 - 1.5
 0.1 - 0.2	 1.5 - 2
 0.2 - 0.3	 2 - 2.5
 0.3 - 0.4	 > 2.5
 0.4 - 0.5	



Carte 2 : Vitesses maximales d'écoulement



ETUDE HYDRAULIQUE
Vitesses d'écoulement
Plan Local d'Urbanisme

Carte : Version finale

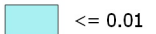
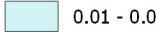
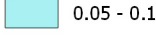
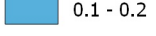
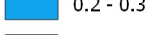
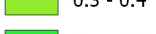
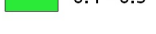
Source :
Orthophoto2014-©IGN
Cadastré / DGIFP

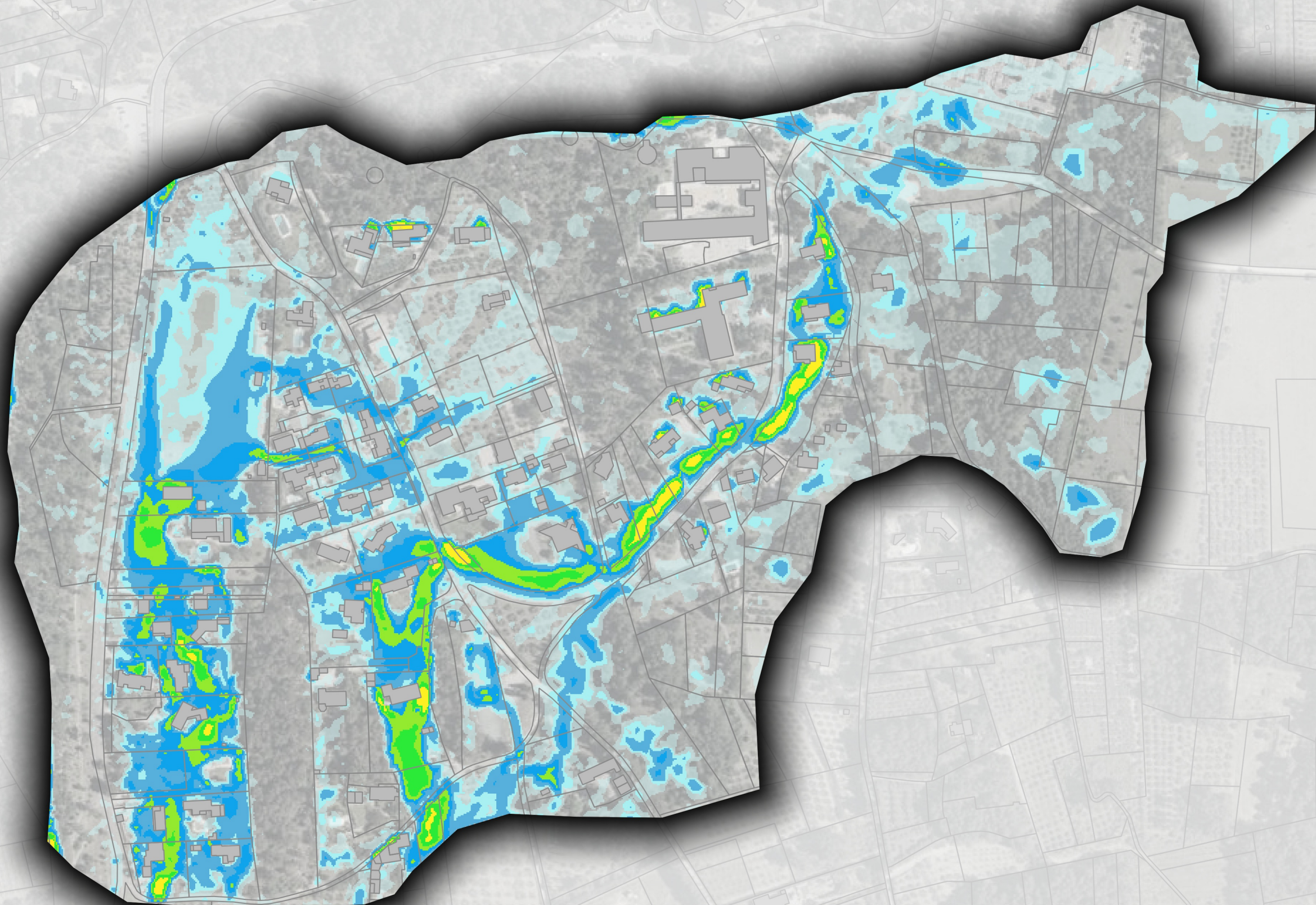
Echelle - 1:3 000
0 25 50
Mètres



LEGENDE

Vitesses maximales (m/s)

	<= 0.01		0.5 - 0.75
	0.01 - 0.05		0.75 - 1
	0.05 - 0.1		1 - 1.5
	0.1 - 0.2		1.5 - 2
	0.2 - 0.3		2 - 2.5
	0.3 - 0.4		> 2.5
	0.4 - 0.5		



Carte 3 : Aléa ruissellement



**ETUDE HYDRAULIQUE
ALEA RUISSELLEMENT
Plan Local d'Urbanisme**

Carte : Version finale

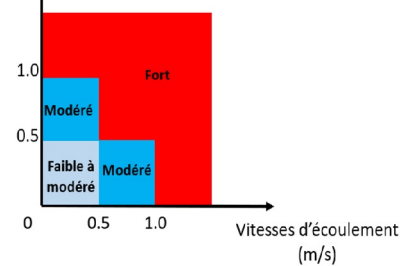
Source :
Orthophoto2014-©IGN
Cadastre / DGIFP

Echelle - 1:3 000
0 25 50
Mètres

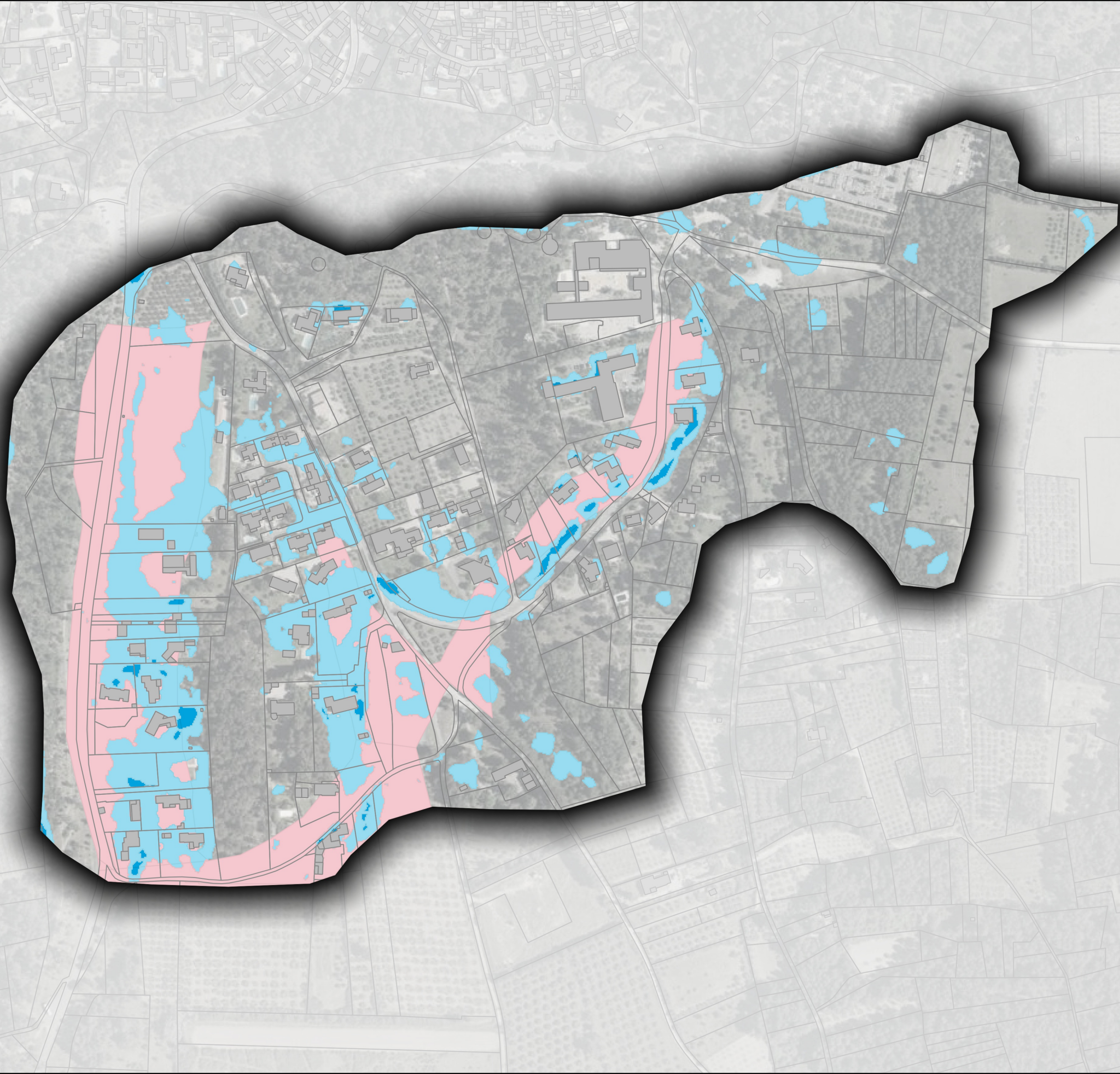


LEGENDE

Hauteurs de
submersion
(m)



Aléa résiduel





2019

Détermination des zones inondables par approche hydrogéomorphologique sur la commune de Barbentane (13)

DOCUMENT FINAL

FEVRIER 2019



Cereg Territoires
400, avenue du château de Jouques
13420 Gémenos
Tél : 04 42 32 32 65

Table des matières

1	Le contexte de l'étude	3
2	Le cadre géographique.....	3
3	Le cadre géologique.....	6
3.1	La plaine de la Durance	6
3.2	Le massif de la Montagnette	6
4	Le cadre géomorphologique	8
4.1	Les grandes unités géomorphologiques de la commune	8
4.1.1	Le relief de la Montagnette	8
4.1.2	La plaine de la Durance	8
4.2	Les unités hydrogéomorphologiques des vallats et des gaudres	9
4.2.1	Les grandes plaines alluviales de la Durance, du Rhône et de Graveson	11
5	L'inondabilité sur la commune	12
5.1	Détermination de l'inondabilité.....	12
5.1.1	L'inondabilité dans la traversée du massif de la Montagnette	12
5.1.2	L'inondabilité sur les cônes alluviaux en pied de massif de la Montagnette	13
5.1.3	L'inondabilité dans les grandes plaines	13
5.2	Détermination de la vulnérabilité aux inondations	16
5.2.1	La problématique des écoulements sur voirie	16
5.2.2	La problématique du ruissellement pluvial urbain	16
5.2.3	La problématique des crues des cours d'eau (hors Durance et Rhône)	17
5.2.4	La problématique des crues de la Durance et du Rhône	17
6	La prise en compte de l'inondabilité dans le PLU	18
6.1	Prise en compte dans le PADD	18
6.2	Prise en compte dans le zonage et le règlement.....	18

Provisoire

1 LE CONTEXTE DE L'ETUDE

La commune de Barbentane a fait l'objet ces 30 dernières années d'un développement important, qui s'est traduit par un étalement urbain en direction de la plaine de la Durance depuis le contrefort septentrional du massif de la Montagnette, le plus souvent sous la forme d'un habitat pavillonnaire diffus ou bien de lotissement. La commune s'est engagée dans la révision de son POS et le passage en PLU. La procédure est en cours. Son territoire, notamment les différentes zones urbanisées, sont potentiellement impactées par les inondations provenant à la fois de la Durance et des cours d'eau intermittents qui descendent du massif. Le projet de développement urbain implique donc une connaissance approfondie de cet aléa pour envisager la poursuite de l'urbanisation. Cette étude et cette cartographie des zones inondables qui traversent Barbentane s'inscrit dans ce projet d'amélioration des connaissances en vue notamment d'une intégration optimale de cette problématique dans le futur document d'urbanisme.

2 LE CADRE GEOGRAPHIQUE

Barbentane est une petite commune des Bouches du Rhône (3900 habitants au recensement de 2013). Elle est reliée aux principales communes environnantes au Nord à Rognonas et Avignon via la RD35, à Graveson via la RD2570N et à Boulbon, à l'ouest via également la RD35.

Cette commune se situe sur le piémont nord du massif de la Montagnette et légèrement en surplomb de la plaine de la Durance et de sa confluence avec le Rhône. Ce territoire est traversé par un réseau hydrographique relativement dense de petits cours d'eau et de canaux d'irrigation, nombreux dans la plaine de la Durance. Depuis les flancs du massif de la Montagnette, descendent de petits gaudres, de petits vallats, cours d'eau à régime intermittent aux bassins versants de faible étendue n'ayant pu développer que des plaines alluviales réduites et cela d'autant plus qu'elles s'inscrivent dans un contexte géologique à dominante de formations calcaires résistantes à l'érosion dans le massif, entrecoupées de formations marno-calcaires et de molasse.



La Durance depuis le pont de la RN1007

La plaine de la Durance cloisonnée par des haies et un canal d'irrigation



Le vieux village de Barbentane s'est installé en surplomb de la plaine de la Durance et donc hors de sa zone inondable. Le village est implanté sur le rebord du massif de la Montagnette dans les formations en alternances de calcaire, molasse, grès, marnes du Tertiaire.



Le vieux village de Barbentane en arrière-plan, en surplomb de la plaine de la Durance

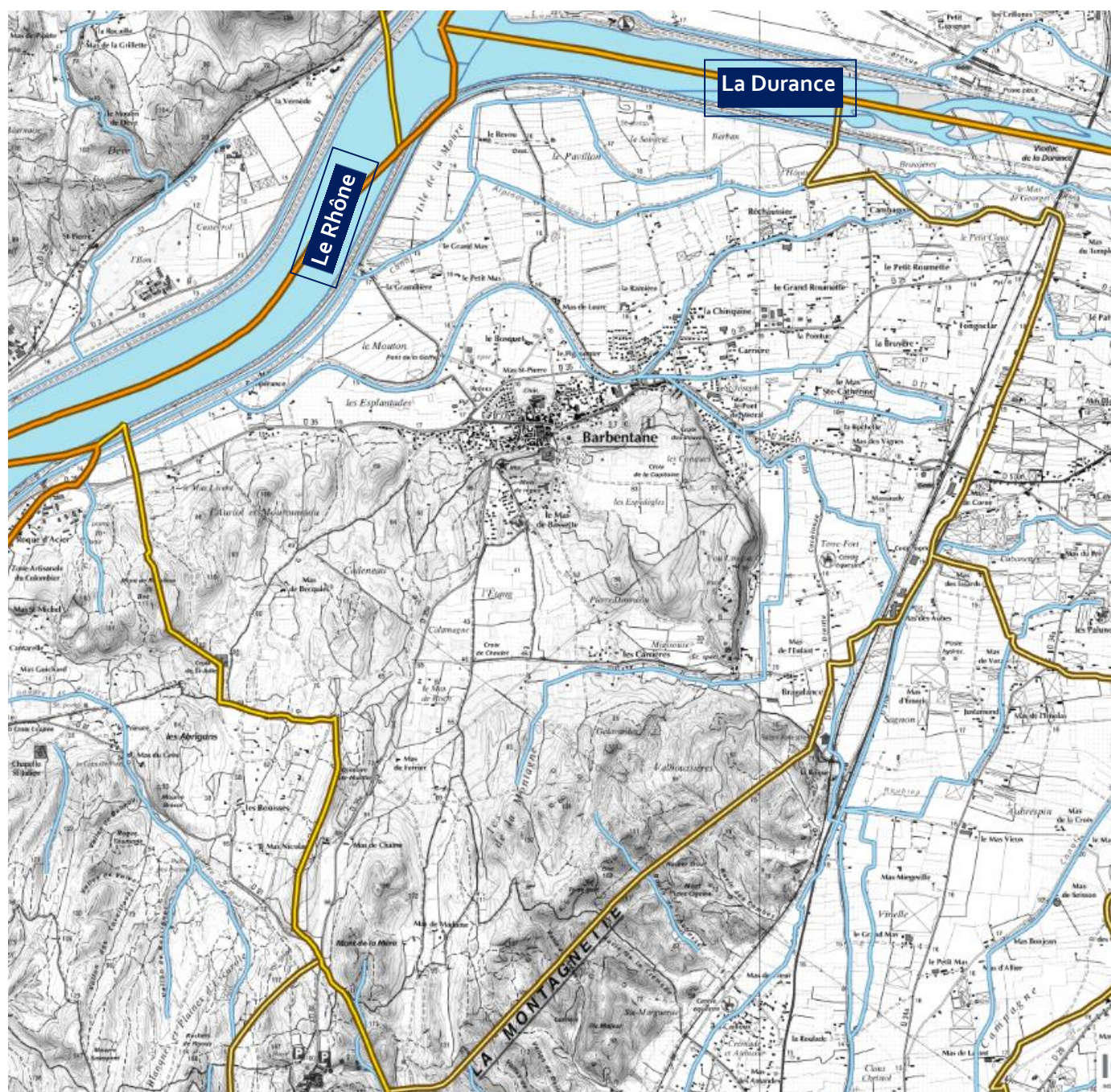


Figure 1 : le réseau hydrographique principal

3 LE CADRE GEOLOGIQUE

Le cadre géologique sur la commune de Barbentane s'organise autour des structures suivantes du nord au sud :

3.1 La plaine de la Durance

Au Nord du village de Barbentane se développe une vaste plaine alluviale au droit de la confluence entre la Durance et le Rhône. Il s'agit d'une vaste zone d'épandage d'alluvions en lien avec les inondations du lit majeur par les deux cours d'eau.

Les principales formations géologiques sont les suivantes :

- FzR : Alluvions fluviales modernes du Rhône et de la Durance. Limons, graviers, galets. Les deux fleuves alpins déposaient, avant que les grands barrages ne modifient profondément leur régime, des alluvions de granulométrie variée : galets, graviers roulés, sables, limons de débordement.
- FzG : Alluvions fluviales flandriennes de Graveson et de Maillane. Sables, graviers, galets et tourbes. Ces alluvions sont attribuées au Flandrien. L'optimum climatique aurait très naturellement correspondu à un remblaiement eustatique de la dépression séparant Alpilles et Montagnette par le Rhône et la Durance réunis. Le terme ultime du comblement est représenté par des tourbes. Ce fait est significatif de la transformation de l'aire alluviale en marécage lors de l'abandon de son lit par le fleuve.

3.2 Le massif de la Montagnette

Ce massif de faible élévation correspond globalement à un horst-anticlinal, dont la culmination est rompue par l'étroit d'Aramon, emprunté par le Rhône. Les terrains les plus anciens affleurent de part et d'autre du fleuve, il s'agit d'Hauterivien pendant doucement suivant une direction Sud-Est côté Montagnette. Des accidents méridiens recoupent nettement ce massif. La direction majeure de rupture semble cependant NE—SW, de N30° à N60°E (bordure est de la Montagnette).

Les principales formations géologiques sont les suivantes :

- n3 : Hauterivien inférieur. Alternance rythmique marno-calcaire. Calcaires argileux en miches, quelquefois bicolores (gris et beige). La formation se termine par des niveaux de calcaires microcristallins, quelquefois glauconieux, en petits rythmes alternant avec des passées de marnes jaunâtres. L'épaisseur visible est de 230 m environ.
- n3E : Hauterivien supérieur. Alternance de calcaires marneux noduleux et de marnes grises en plaquettes avec intercalations de quelques bancs calcaires massifs et résistants. L'épaisseur est de 150 m environ.
- x3t. Hauterivien terminal. Calcaires. C'est la zone de passage au Barrémien. Calcaire argileux, devenant beaucoup plus calcaire vers le haut avec apparition de nodules siliceux. La formation se termine vers le haut par des calcaires en bancs massifs, à rognons de silex, d'aspect urgonioïde. L'épaisseur est de 80 m environ.
- n4U1a : Barrémien. le Barrémien est surtout représenté par des calcaires fins à silex (n4U1a).
- m1bC : Burdigalien. Calcaires marneux. Latéralement, la formation à Lithothamnies passe, dans la Montagnette, à des calcaires plus friables, gris ou beiges, à ciment micritique dans lesquels sont intercalés de petits lits marneux.
- m2 : Vindobonien indifférencié. Calcaires et marnes sableuses et marnes sableuses gris verdâtre, alternant avec des niveaux sableux, glauconieux plus ou moins consolidés.
- PCy-z : Épandages de pentes et colluvions non différenciés, Wurmiens et post-wurmiens. Suivant la nature des roches environnantes, les épandages de pente peuvent être plus chargés en argiles et limons, favorables aux mouvements de reptation (creeping) par solifluxion et gélifluxion.

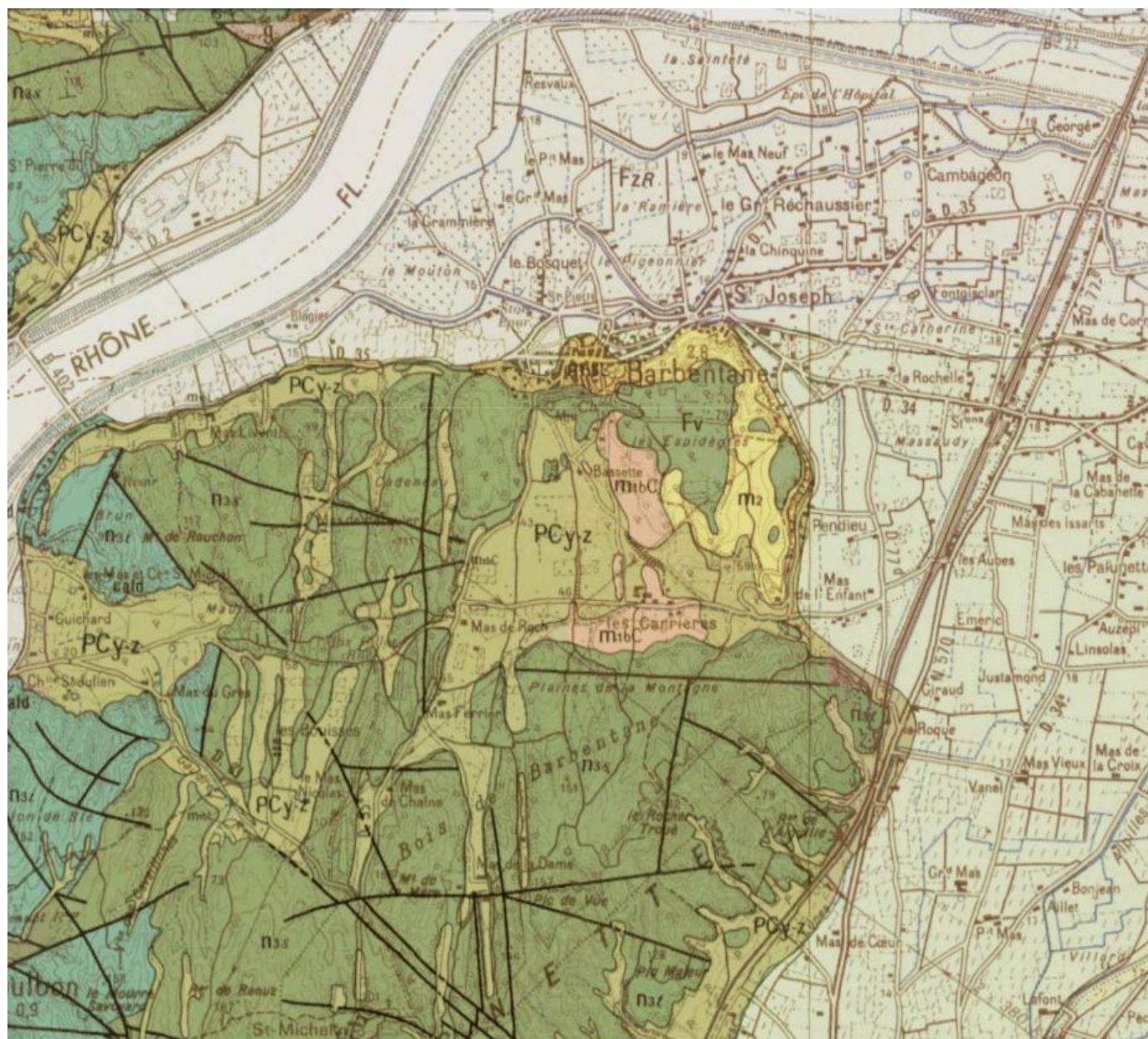


Figure 2 : La géologie

4 LE CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

4.1 Les grandes unités géomorphologiques de la commune

Sur la commune de Barbentane et son environnement proche, on distingue plusieurs grandes unités géomorphologiques qui structurent l'organisation géographique du secteur et son fonctionnement hydrodynamique.

4.1.1 Le relief de la Montagnette

La Montagnette constitue un massif de faible altitude (150 m environ) mais au relief assez abrupt, notamment sur ses flancs Est et Ouest. Ce massif est par ailleurs marqué par une série de collines et vallons globalement orientés Nord-Ouest / Sud-Est. Les fonds de vallon étant souvent occupés par des mas avec leurs cultures associées.

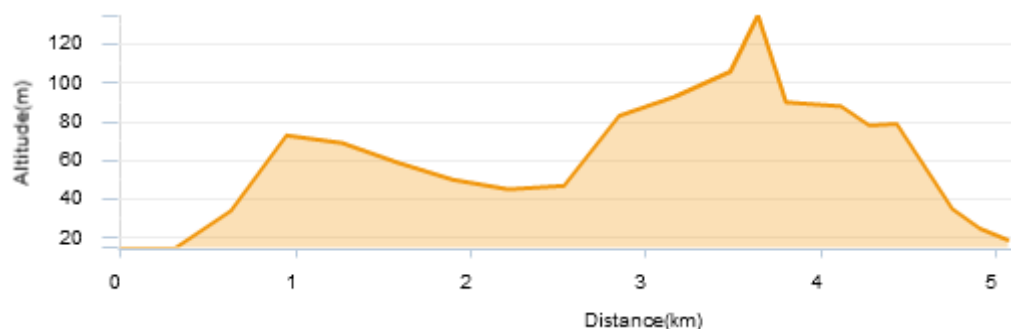


Figure 3 : profil altimétrique Nord-Sud de la Montagnette

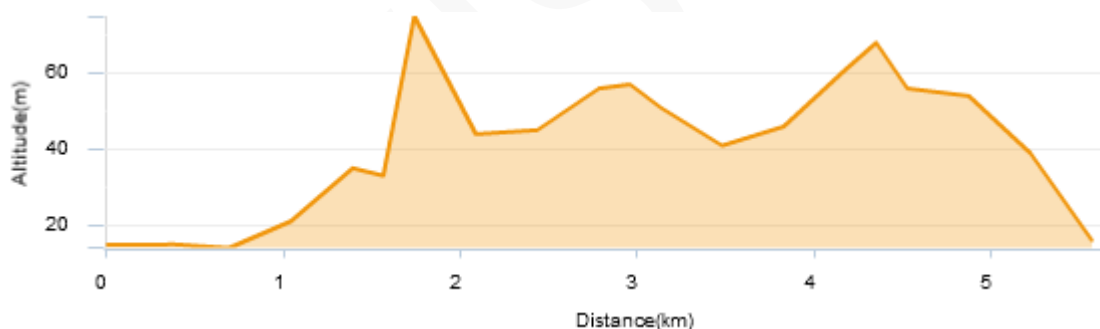


Figure 4 : profil altimétrique Ouest-Est de la Montagnette

4.1.2 La plaine de la Durance

Depuis le lit de la Durance au nord jusqu'au pied du massif de la Montagnette au Sud, la plaine de la Durance est particulièrement plane. Elle se trouve en moyenne à 18m NGF. Dans le détail, on trouve quelques bombements légers qui culminent de 1 à 2m au-dessus du niveau général.

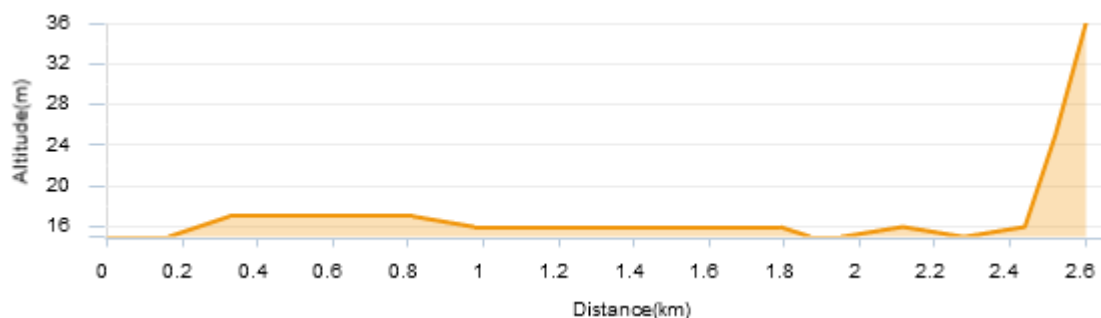


Figure 5 : profil altimétrique Nord-Sud de la plaine de la Durance

Comme le montre le profil altimétrique ci-dessous, dans le sens longitudinal, la plaine de la Durance présente une pente faible vers le Rhône et qui se caractérise par une configuration en marches d'escalier très estompées.

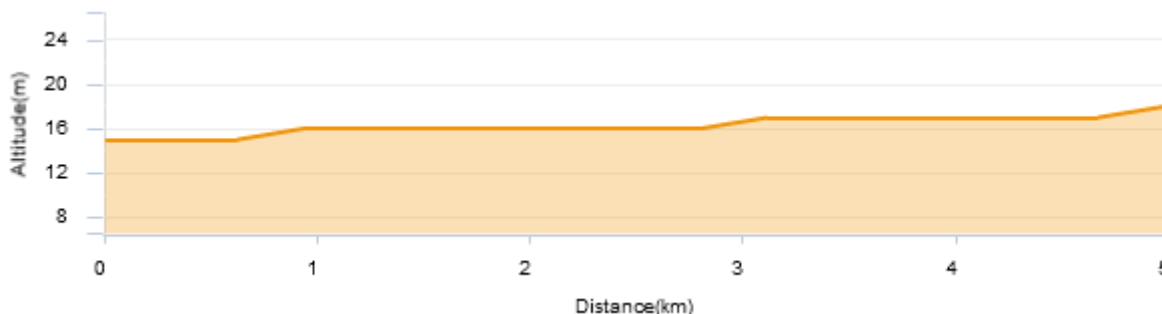


Figure 6 : profil altimétrique Ouest-Est de la plaine de la Durance

4.2 Les unités hydrogéomorphologiques des vallats et des gaudres

On recense plusieurs petits vallats qui recoupent le massif de la Montagnette et viennent rejoindre soit la plaine de la Durance, la plaine de Graveson à l'est ou bien celle du Rhône à l'ouest. On en dénombre plus d'une trentaine. Certains d'entre eux détiennent, en fond de vallat, un petit lit mineur à écoulement épisodique. Pour d'autres vallats, le fond est plat sans distinction d'un lit mineur. Cela s'explique soit par des bassins versants de taille insuffisante pour permettre la concentration des eaux dans un lit mineur, les eaux ont ainsi tendance à s'étaler, soit par la disparition du lit mineur dans le cadre de terrassement agricole ou urbain.

La morphologie de ces vallats peut prendre deux configurations différentes :

- Des vallons en berceau aux formes évasées et où la limite entre la zone inondable et le pied de versant est généralement estompée. Cela traduit une dynamique peu active des écoulements lors des crues. Les écoulements s'effectuent surtout dans l'axe du vallon favorisé par la pente longitudinale forte et permettent la création d'un petit lit mineur très peu marqué. On observe une seule zone inondable aux limites imprécises.

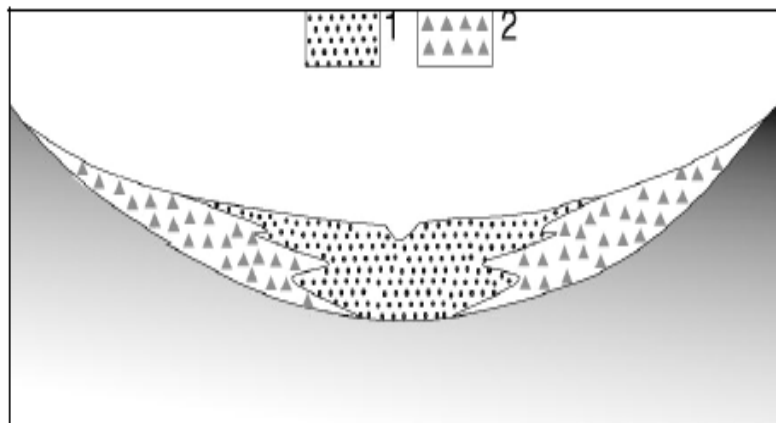


Figure 7 : profil transversal type d'un vallon en berceau (1 : dépôt de formation alluviale 2 : dépôts de matériaux provenant des versants : colluvions)

- Des vallons en « V » aux formes plus ou moins resserrée. Ces vallons incisent généralement des formations de roches dures. Dans ces matériaux rocheux, la plaine alluviale est très réduite avec parfois la distinction d'un petit lit moyen d'un lit majeur séparés par un talus le plus souvent bien marqué.

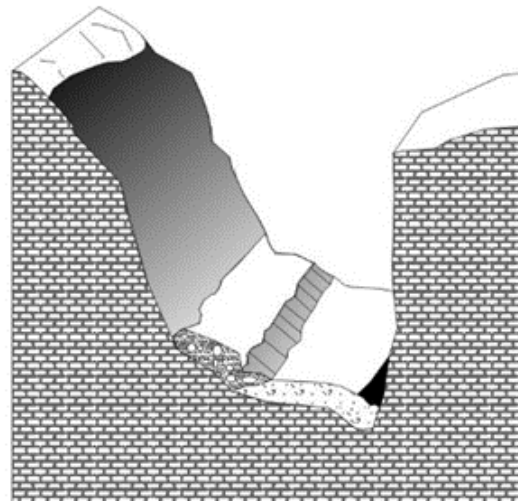


Figure 8 : profil transversal type d'un vallon en « V »

Ces vallons en « V » se présentent sous la forme de ravins très courts et très étroits, large tout au plus d'une dizaine de mètres et profond de plusieurs mètres. La pente longitudinale du ravin et celles, transversales, des versants, sont fortes. Elles déterminent un écoulement très rapide des eaux de pluie. Les vitesses fortes accroissent la capacité d'ablation et la compétence du cours d'eau. Les apports de matériaux, qui proviennent de l'ablation des versants, tout particulièrement de l'érosion des sols, s'effectuent à la fois longitudinalement, par transport alluvial, et transversalement par transport en nappe de colluvions.

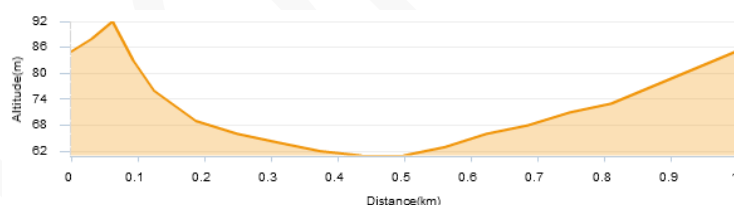
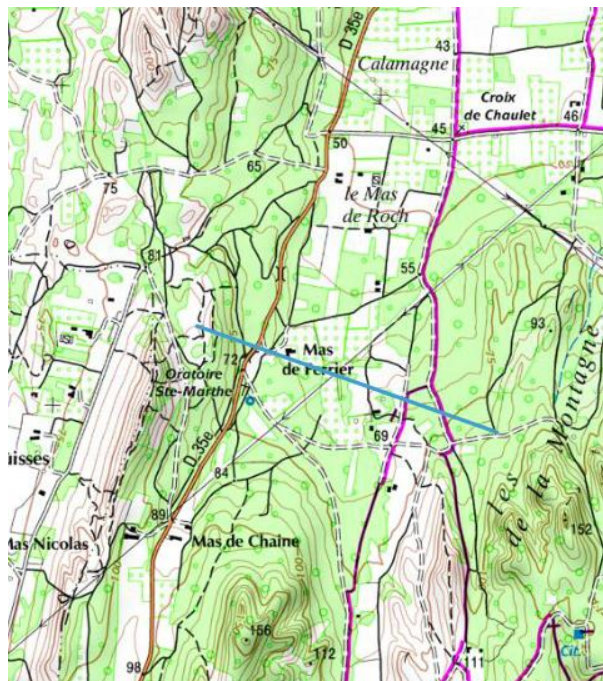


Figure 9 : exemple de vallon en berceau sur Barbentane et son profil transversal

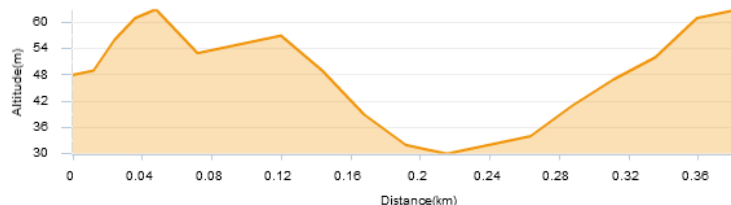
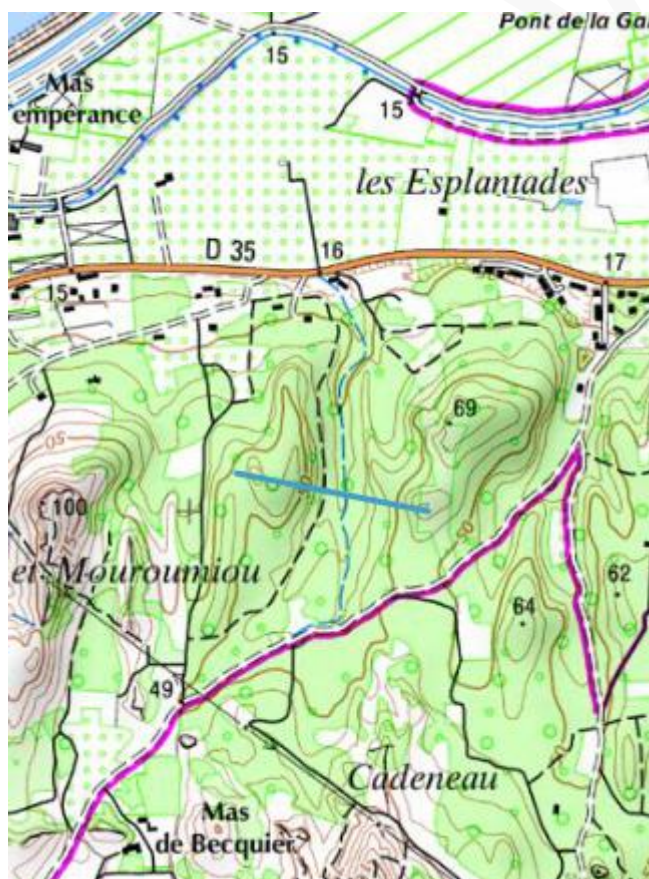


Figure 10 : exemple de vallon en « V » sur Barbentane et son profil transversal

Le profil longitudinal pour l'ensemble de ces gaudres et ravins est souvent marqué par une rupture de pente significative au droit du raccordement de ces ravins dans les plaines alluviales (Durance, Rhône, plaine de Graveson). On a ainsi :

- Un tronçon amont dans la traversée du massif de la Montagnette avec une pente longitudinale relativement forte, de l'ordre de 4%.
- Un tronçon aval dans les grandes plaines avec une pente longitudinale faible voire nulle, de l'ordre de 1%.

Cette configuration s'accompagne généralement par la constitution de cônes alluviaux immédiatement au débouché du massif. A la faveur de la pente moins accusée et donc de moindre vitesse, les sédiments transportés par les cours d'eau se déposent. Là, ils forment un éventail lobé (le cône) élargi vers le bas des matériaux transportés dès que leur écoulement perd de la vitesse et que leur compétence diminue. Chaque lobe correspond à l'étalement des matériaux d'une crue. Ces cônes, de profils longitudinal et transversal convexe, sont en fait l'équivalent de l'ensemble lit mineur - lit moyen : leur forte pente longitudinale se traduit par un déplacement très fréquent du lit mineur, passant d'une génératrice du cône à une autre. Lorsque les apports diminuent, la tendance au déplacement s'atténue, permettant la stabilisation d'une partie du cône. Dans le cas présent, les observations de terrain ne montrent pas une dynamique forte sur ces cônes se traduisant par des déplacements du lit. Les eaux en cas de fortes pluies tendent plutôt à s'étaler sans vitesse sur le cône.

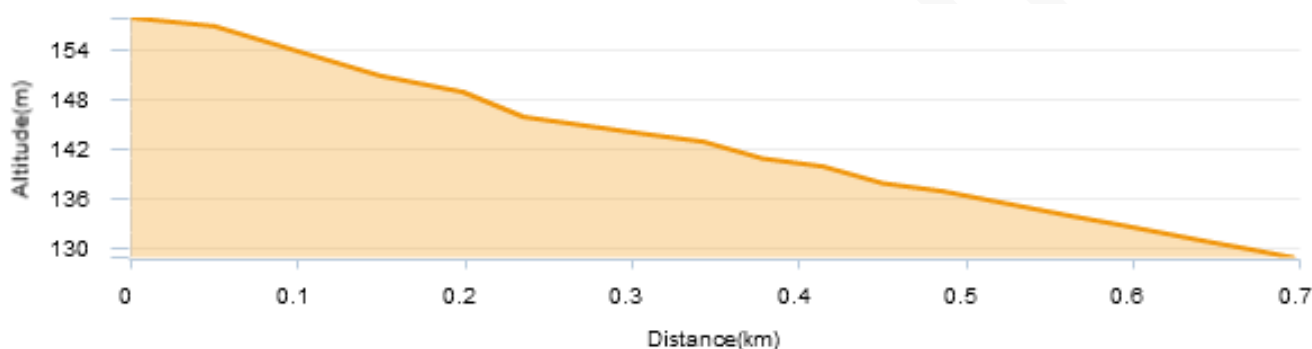


Figure 11 : le profil altimétrique longitudinal d'un cône (Mousquet)

Ces cônes sont aujourd'hui fortement stabilisés avec la réduction drastique des apports sédimentaires de l'amont.

4.2.1 Les grandes plaines alluviales de la Durance, du Rhône et de Graveson

Plus en aval, les différents cours d'eau qui traversent Barbentane aboutissent sans exception dans ces grandes plaines alluviales. Ces dernières correspondent au vaste lit majeur des cours d'eau. Il s'agit de grandes zones planes autrefois en partie marécageuse, qui ont été drainées et progressivement comblées. La pente longitudinale est très faible.

La décroissance de la vitesse du courant consécutive, se traduit par la sédimentation des matières argilo-limoneuse qui recouvrent le lit majeur. Sur ces secteurs, l'étalement des eaux s'effectuent à moindre vitesse avec des hauteurs d'eau modérées. Ces plaines sont traversées par de nombreux canaux d'irrigation généralement soulignés par des digues longitudinales relativement élevées. On retrouve également ces digues en bordure du lit mineur de la Durance et du Rhône.

Au sein des plaines, on observe quelques dénivellations en creux très légères qui correspondent à des chenaux de crues empruntés par la Durance lors des crues exceptionnelles.

La digue du Rhône



5 L'INONDABILITE SUR LA COMMUNE

5.1 Détermination de l'inondabilité

La cartographie des unités hydrogéomorphologiques permettant l'identification de la zone inondable des différents cours d'eau a été établie suivant le guide méthodologique : cartographie des zones inondables, Approche hydrogéomorphologique. 1996. Editions Villes et Territoires. METT-MATE. On trouvera dans ce guide un large développement sur les modalités techniques permettant l'identification des zones inondables par approche hydrogéomorphologique. Les principaux points à retenir sont qu'il existe divers critères observables sur le terrain permettent d'identifier les différentes unités géomorphologiques d'une plaine alluviale fonctionnelle (suivant le schéma général ci-dessous) et de les délimiter entre elles et par rapport à l'encaissant :

- La morphologie est le plus déterminant de ces critères. Son analyse permet d'interpréter la topographie et la micro-topographie du milieu alluvial ; elle porte sur les caractéristiques de surface de chaque unité, et sur les contacts entre unités.
- Des critères secondaires (sédimentologie et occupation des sols) permettent de vérifier et de compléter l'analyse, en particulier en cas de doute, en multipliant les indices significatifs et concordants. Ainsi, la nature des formations superficielles constitutives de chaque unité résulte du fonctionnement hydraulique propre de celle-ci et constitue dans de nombreux cas un critère d'identification fiable. De même, l'occupation des sols, largement conditionnée par les caractéristiques pédologiques, hydrologiques et hydrogéologiques des unités, fournit des indices indirects pour l'identification de celles-ci.

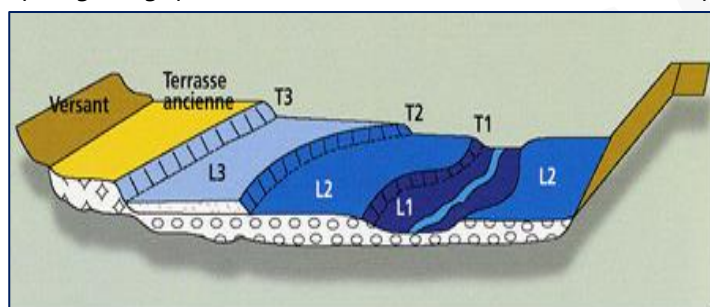


Figure 12 : Identification des unités spatiales homogènes modelées par les différentes crues et séparées par des discontinuités topographiques

- L1 : lit mineur, incluant le lit d'étéage
- L2 : Lit moyen, fonctionnel pour les crues fréquentes
- L3 : Lit majeur, fonctionnel pour les crues rares à exceptionnelles
- T1 : Limites des crues non débordantes
- T2 : Limites du champ d'inondation des crues fréquentes
- T3 : Limites du champ d'inondation des crues exceptionnelles

5.1.1 L'inondabilité dans la traversée du massif de la Montagnette

Dans les sections amont des différents cours d'eau, l'ensemble du fond de vallon est inondable. Les crues sont rares, mais lors des épisodes pluvieux l'ensemble du fond du vallon est mobilisé pour les écoulements. Les crues y sont toujours fortes avec des vitesses fortes et des hauteurs moyennes s'agissant de petits bassins versants. Les cours d'eaux sont encaissés dans un ravin profond et étroit, le plus souvent encombré par une végétation dense arbustive et arborée. Certains d'entre eux aboutissent dans la vaste cuvette de l'Etang qu'ils viennent alimenter. Cette cuvette au centre de la commune de Barbentane correspond à une zone dépressionnaire. Cette dernière est une zone potentielle d'accumulation des précipitations dans laquelle viennent également se jeter les eaux provenant des ruissellements des versants environnants et des vallons évoqués ci-dessus. Très fréquemment, on observe que les pieds de versant et le débouché des vallons dans cette cuvette ont fait l'objet de terrassement agricole anciens sous la forme de restanques en escalier qui ont modifié notablement les conditions de ruissellement initiales en favorisant un étalement plus important des eaux lors des crues. Cela se traduit par une tendance à l'atténuation des vitesses et à de très faible hauteur d'eau suite à cet étalement.

On observe également la présence sur la frange nord de la Montagnette, à proximité de la zone urbaine de Barbentane, de plusieurs vallons étroits dont les fonds sont aujourd'hui urbanisés. Il s'agit le plus souvent de petits bassins versants, il n'en demeure pas moins que, compte tenu des pentes générales, ces secteurs présentent une vulnérabilité significative dans le cas d'événements pluvieux exceptionnels.

5.1.2 L'inondabilité sur les cônes alluviaux en pied de massif de la Montagnette

Dans certain cas, en pied des collines, on observe quelques zones d'urbanisation installées sur les cônes alluviaux des cours d'eau en léger surplomb du glacis et des vallons en berceaux. Ces cônes ont été construits à partir du démantèlement du massif de la Montagnette. Ils se présentent sous la forme d'un éventail à pente douce incliné vers l'aval. Ces cônes peuvent être inondés lors des grandes crues ou en cas d'obstruction du lit mineur en amont immédiat des cônes. Les écoulements en cas de débordement sont alors divergents. Ces cônes alluviaux sont peu visibles sur le terrain suite aux travaux agricoles et pour certains d'entre eux à l'urbanisation et aux modifications topographiques consécutives. L'inondabilité de ces cônes survient probablement uniquement lors des grandes crues lors de phénomènes pluvieux intenses. La configuration de ces cônes très étalée et très plats laisse à penser que l'inondabilité lors de ces événements est modeste : de faible hauteur d'eau et de faible vitesse.

5.1.3 L'inondabilité dans les grandes plaines

Les différentes gaudres aboutissent dans les grandes plaines. Il s'agit de vaste zone en totalité inondable qui ont fait l'objet d'une cartographie des zones inondables dans le cadre du PPRi de la Durance élaboré par l'Etat en 2015 et pour l'Atlas des zones inondables établi par la DREAL PACA (Geosphair en 2002). Les eaux provenant des gaudres s'y étalent largement sans vitesse et sur des hauteurs faibles de l'ordre de quelques cm. En application de la Doctrine Rhône, les aléas forts et modérés recouvrent une grande partie de la plaine alluviale de la Durance et du Rhône. L'extrémité nord de la commune n'est affectée que par les crues exceptionnelles (violet sur la carte) grâce à la présence de digues le long du cours d'eau.

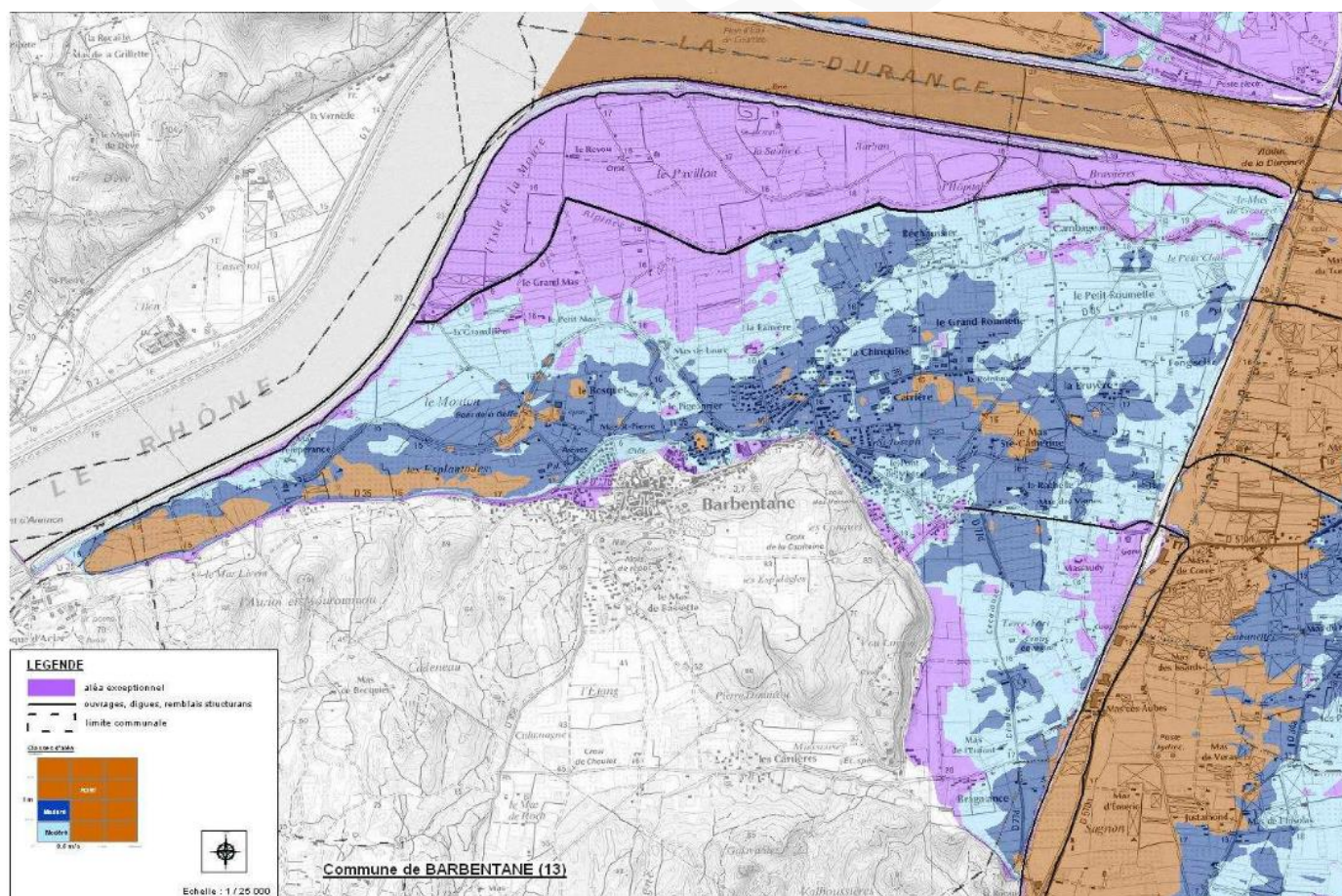


Figure 13 : extrait du PPRi de la Durance sur Barbentane

On observe au centre de la commune suivant un axe est-ouest, une zone qui ceinture le massif de la Montagnette où les hauteurs d'eau sont plus importantes (en bleu foncé sur la carte) correspondant probablement à un axe préférentiel en cas grande crues recouvrant l'ensemble de la plaine alluviale.

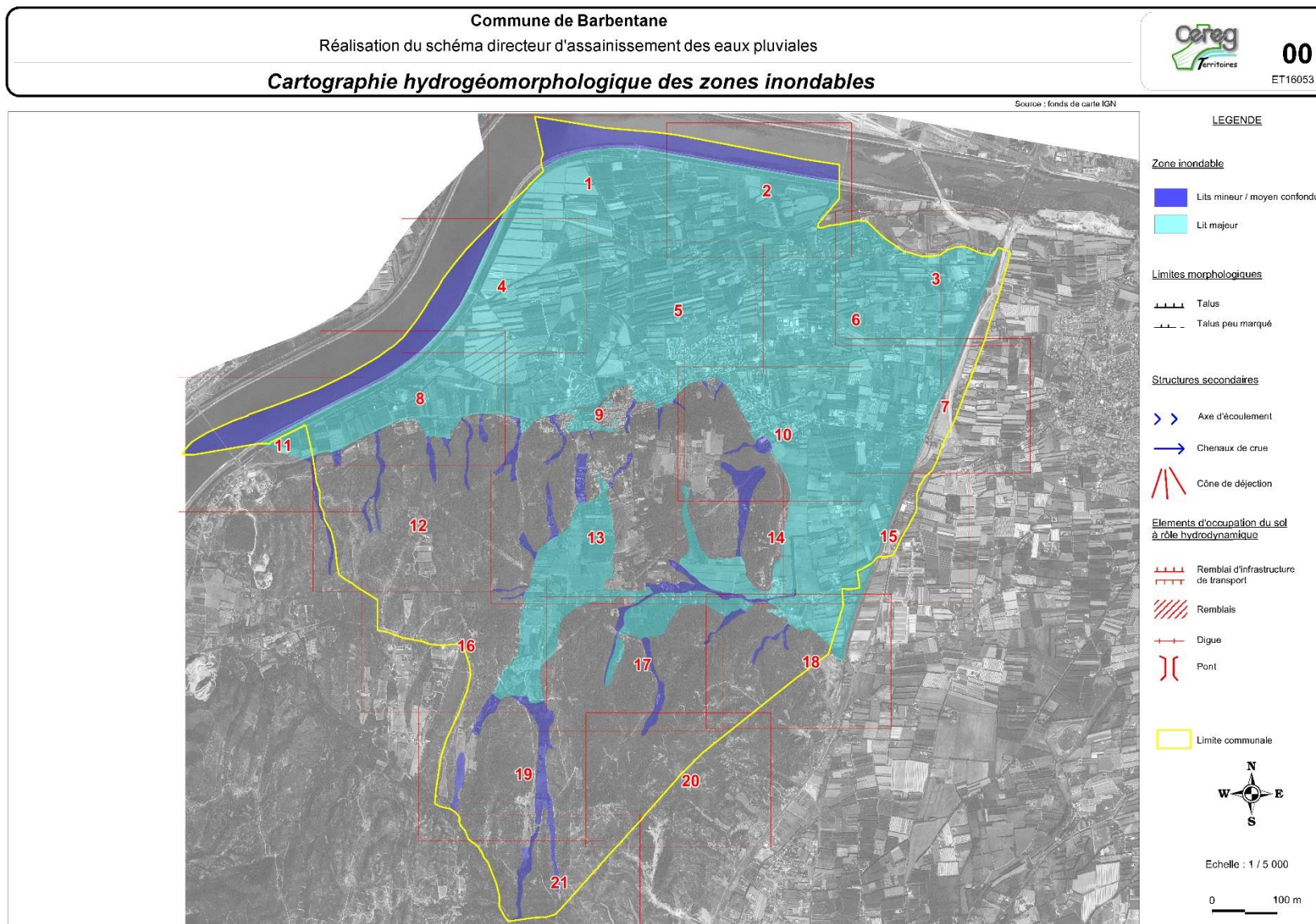


Figure 14: les zones inondables sur la commune de Barbentane (les cartes font l'objet d'un atlas en annexe)

5.2 Détermination de la vulnérabilité aux inondations

5.2.1 La problématique des écoulements sur voirie

La configuration de plusieurs zones d'urbanisation diffuses installées dans les vallons en berceaux et zone basses, au sein du massif de la Montagnette nous a amené à nous intéresser aux écoulements superficiels sur les voiries et les modalités de raccordements avec les zones inondables. Suivant la pente, ces écoulements peuvent être particulièrement dangereux pour les passants et les véhicules légers. Cette analyse a été réalisée à partir des photographies aériennes, des éléments de topographies et des visites de terrain pour caractériser par classe de pente et de direction, les écoulements sur voiries jouant le rôle d'axes d'écoulement lors des précipitations. On trouvera à la page suivante les principales voiries concernées.

De par la densité urbaine et la configuration de la commune, on observe que de nombreuses voiries drainent les eaux de ruissellement. Globalement les pentes sont faibles. Les longueurs interceptées ne dépassent pas les 500m, ce qui réduit la mise en vitesse sur des hauteurs d'eau importantes limitant ainsi le risque en cas de forte précipitation. Les voiries les plus problématiques sont :

- La section aval du chemin de l'Auriol et Mouroumiou
- La rue Blangy sur Bresle
- Le chemin du vallon
- Le chemin de Rampal
- Le chemin de la Pousterle
- Le chemin de Rocasson, puis chemin du Château puis chemin des écoles
- L'impasse de la Rebutte
- La route des carrières
- Le chemin de Galavardes

Au regard des possibilités de cheminements des eaux sur les corps de voirie et de la topographie du centre-ville de Barbentane, deux secteurs d'accumulation ont été identifiés dans le cadre de ce travail :

- La place située en contrebas de la mairie
- Le parvis de l'église Notre dame de Grâce qui reçoit les eaux provenant de la rue du Puits et de la rue du Séquier

5.2.2 La problématique du ruissellement pluvial urbain

Une inondation par ruissellement pluvial est provoquée par « les seules précipitations tombant sur la zone urbaine de Barbentane et (ou) sur les bassins périphériques de faible taille qui le surplombent, dont les ruissellements empruntent le réseau hydrographique naturel, ici à débit non-permanent ou à débit permanent très faible. Ces ruissellements sont ensuite évacués par le système d'assainissement ou directement par la voirie. De nombreuses caractéristiques des bassins versant concernés (morphologiques, topographiques, géologiques, pédologiques, hydrauliques) peuvent influencer le développement et l'ampleur du ruissellement pluvial urbain. Dans le cas présent, le centre urbain de Barbentane est implanté sur le versant Nord d'un massif collinaire à l'abri des inondations de la Durance et du Rhône. Le centre-ville est sur un flanc de versant à pente forte favorisant les vitesses d'écoulement significative en cas de précipitations intenses. De nombreuses voiries se trouvent dans l'axe de la plus grande pente et donc particulièrement soumises à des vitesses fortes. Cela concerne la majorité des voies situées au Nord de la départementale 77b. Cette dernière recoupe transversalement ces rues et donc réceptionne les eaux provenant de ces corps de rue au niveau du Cours. De là, les eaux divergent en partie vers l'Est en empruntant la RD77b et rejoignent l'avenue Bertherigues, ou bien toujours en empruntant la RD77 mais vers l'ouest. Dans ce cas, une partie des eaux poursuit sur la route de Boulbon et une autre partie emprunte la route RD35E en vers Frigolet.

Au regard de la configuration du village, deux autres secteurs problématiques sont identifiés :

- Le secteur du chemin de la Poustelle qui emprunte un fond de vallon à pente très forte. Ce chemin piéton est fréquemment utilisé pour rejoindre le secteur du Cimetière et de la tour Anglica.
- Le vallon situé en contrebas, au nord de la rue de Caradone, qui franchit la route de Frigolet avant de rejoindre la plaine de la Durance au Nord. Ce petit vallon recueille une partie des eaux du versant et du petit

plateau en surplomb. Bien qu'il s'agisse d'un tout petit bassin versant, l'étroitesse du vallon et son urbanisation à son débouché dans la plaine dans le secteur de la rue Rampale et du chemin de la Fontaine font de ce secteur une zone soumise à risque en cas de ruissellement pluvial intense.

5.2.3 La problématique des crues des cours d'eau (hors Durance et Rhône)

Au débouché du massif de la Montagnette, les différents cours d'eau se sont encaissés dans les formations plus tendres du piémont. Cela s'est traduit par une forte incision, parfois de plusieurs mètres. Leur lit est profond de plus de 5m pour une largeur moyenne en tête d'environ 8 à 10m. Cela assure une section d'écoulement importante sans débordement. Les crues débordantes doivent être rares et au regard de la morphologie de la plaine alluviale, les vitesses et les hauteurs d'eau réduites. Les crues débordantes peuvent également être provoquées en cas d'embâcles par accumulation de la végétation soit au niveau des franchissements (ponts) ou bien au niveau de resserrement ponctuel du lit. Compte tenu de l'absence d'entretien du lit par les riverains, ce risque potentiel est présent pour les principaux gaudres.

Ainsi au regard de la configuration de ces derniers, leur lit peut être affecté par des vitesses et des hauteurs d'eau importantes générant une vulnérabilité forte pour les implantations humaines. En l'état actuel de l'occupation du sol, les enjeux d'inondation, indépendamment des ouvrages de franchissements, concernent des urbanisations récentes isolées, implantées dans les lits majeurs des vallons en berceau : Sur ces secteurs au regard de la configuration géomorphologique, la vulnérabilité concerne essentiellement des problématiques de hauteur d'eau probablement de quelques dizaines de centimètres tout au plus sans vitesse ou vitesse très faible, à l'exception des constructions les plus proches de l'axe des cours d'eau où les vitesses seront plus soutenues que sur le reste du lit majeur en cas de crues débordante et donc générant une vulnérabilité moyenne. Les secteurs les plus problématiques se situent au débouché de certains vallons dans les secteurs suivants : le lotissement d'Auriol, le secteur de l'école Notre Dame, le vallon de la Rebutte, le débouché des vallons le long de la RD77B à l'Est du village, une partie du hameau des carrières.

5.2.4 La problématique des crues de la Durance et du Rhône

La confluence Durance et Rhône a fait l'objet d'un PPRi et de différentes études hydrauliques (*Ipseau 2005*) sans oublier l'atlas des zones inondables de la Durance (*Géosphair*). Les zones inondables identifiées dans ces différents documents sont cohérentes. L'approche hydrogéomorphologique réalisée ici conforte également ce constat.

Des divergences non significatives apparaissent avec les autres cartographies hydrogéomorphologiques qui tiennent à l'échelle de restitution cartographique.

6 LA PRISE EN COMPTE DE L'INONDABILITE DANS LE PLU

L'élaboration du PLU de Barbentane est une opportunité pour une prise en compte des problématiques d'inondation et de l'assainissement pluvial dans une logique de programmation du développement urbain de la commune.

Le développement urbain notamment sur la partie basse de la ville a entraîné une imperméabilisation croissante des surfaces provoquant un accroissement du ruissellement des eaux pluviales et créant des flux parfois incompatibles avec les capacités des réseaux pluviaux qui n'ont pas toujours évolué en conséquence. Dans le cadre de l'élaboration du PLU, différents objectifs peuvent être poursuivis dans le PADD mais également dans le zonage et le règlement. Dans la majorité des cas, ce développement est contraint par les dispositions réglementaires du PPRI. Cela n'amène donc pas de remarques particulières, dans la mesure où le PLU doit reprendre les prescriptions du PPRI. Par contre, au travers de cette mission, il est abordé la problématique des nombreux petits vallons qui descendent du massif de la Montagnette à l'origine d'un risque complémentaire d'inondation susceptibles comme le montre l'atlas joint d'affecter des zones urbaines ou potentiellement urbanisables.

6.1 Prise en compte dans le PADD

Le PLU peut à travers le PADD mettre en avant cette problématique sur les secteurs étudiés en proposant différentes orientations qui pourront faire l'objet d'une déclinaison dans le zonage et le règlement :

- Favoriser l'évitement de l'urbanisation des zones à risque d'inondation ou de risque pluvial urbain
- Engager la modernisation et l'adaptation du réseau pluvial et déterminer la mise en place de bassins de rétention
- Imposer aux nouvelles constructions de compenser les nouveaux rejets d'eau pluviale par des systèmes internes de rétention, de stockage ou d'infiltration
- Inciter à la perméabilité des voiries, des axes routiers, des pistes cyclables et cheminements doux
- Etc.

6.2 Prise en compte dans le zonage et le règlement

Cette étude basée sur une approche hydrogéomorphologique ne détermine pas quantitativement des aléas au sens des aléas définis dans le cadre d'un PPRI (croisant les hauteurs d'eau et les vitesses pour une occurrence de crue). Cette expertise a mis en avant à dire d'expert à partir de la compréhension de la dynamique des écoulements en période de crue au travers de critères géomorphologiques et d'occupation des sols, des secteurs plus ou moins vulnérables (hors zone couverte par le PPRI).

Suivant un principe de précaution et sur la base de cette expertise, la prise en compte du risque pluvial urbain sera intégré dans le zonage et le règlement du PLU.

Ces prescriptions reprendront les propositions de règles pour la prise en compte du risque d'inondation dans les documents d'urbanismes édictées par la DDTM 13.

Table des figures

Figure 1 : le réseau hydrographique principal	5
Figure 2 : La géologie	7
Figure 3 : profil altimétrique Nord-Sud de la Montagnette	8
Figure 4 : profil altimétrique Ouest-Est de la Montagnette	8
Figure 5 : profil altimétrique Nord-Sud de la plaine de la Durance	8
Figure 6 : profil altimétrique Ouest-Est de la plaine de la Durance	9
Figure 7 : profil transversal type d'un vallon en berceau (1 : dépôt de formation alluviale 2 : dépôts de matériaux provenant des versants : colluvions)	9
<i>Figure 8 : profil transversal type d'un vallon en « V »</i>	9
Figure 9 : exemple de vallon en berceau sur Barbentane et son profil transversal	10
Figure 10 : exemple de vallon en « V » sur Barbentane et son profil transversal	10
Figure 11 : le profil altimétrique longitudinal d'un cône (Mousquet)	11
Figure 12 : Identification des unités spatiales homogènes modelées par les différentes crues et séparées par des discontinuités topographiques.....	12
Figure 13 : extrait du PPRi de la Durance sur Barbentane	13
Figure 14: les zones inondables sur la commune de Barbentane (les cartes font l'objet d'un atlas en annexe)	15



Détermination des zones inondables par approche hydrogéomorphologique sur la commune de Barbentane (13)

ATLAS DES ZONES INONDABLES

DOCUMENT FINAL

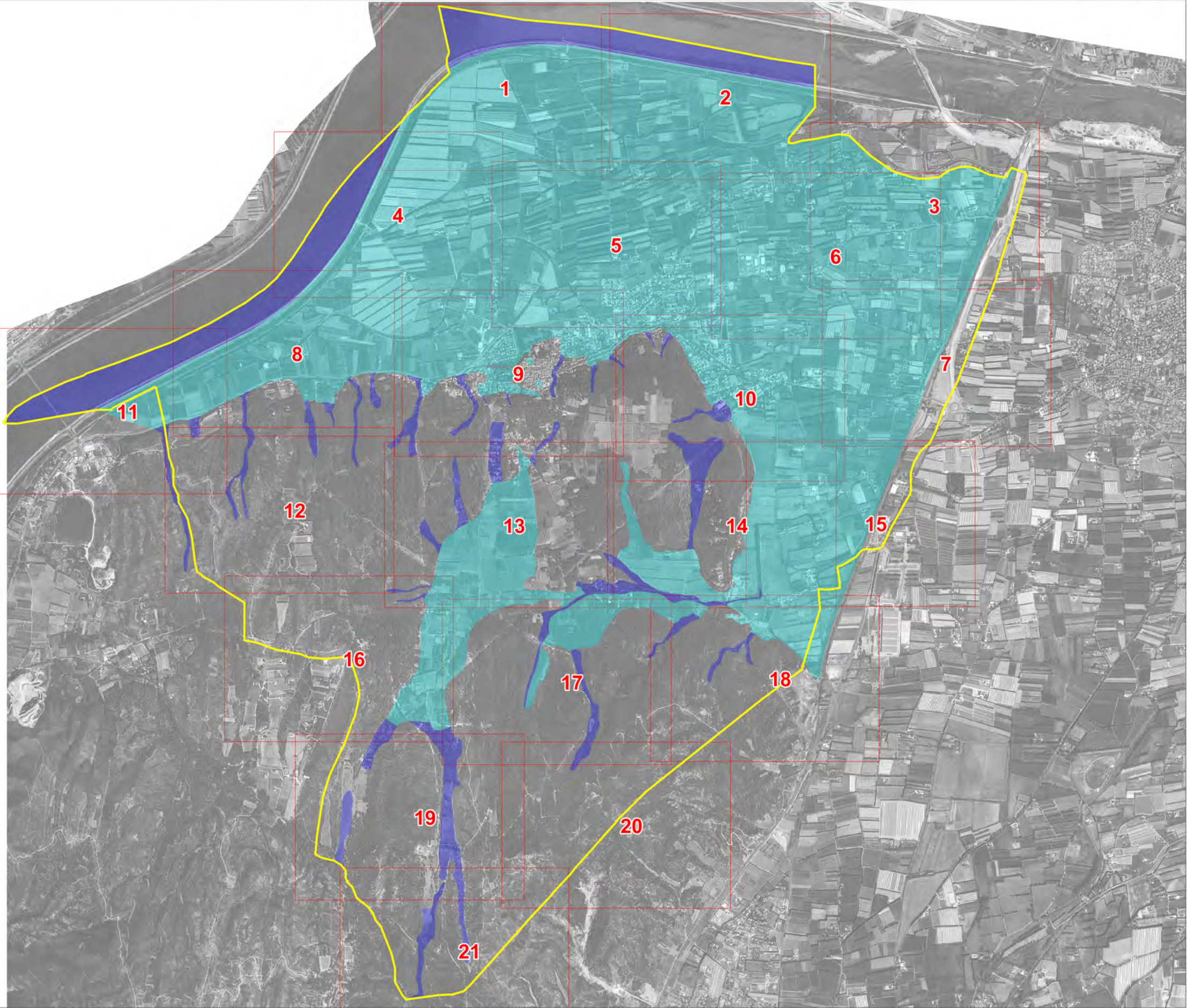
FEVRIER 2019



Cereg Territoires
400, avenue du château de Jouques
13420 Gémenos
Tél : 04 42 32 32 65

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN



LEGENDE

Zone inondable

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

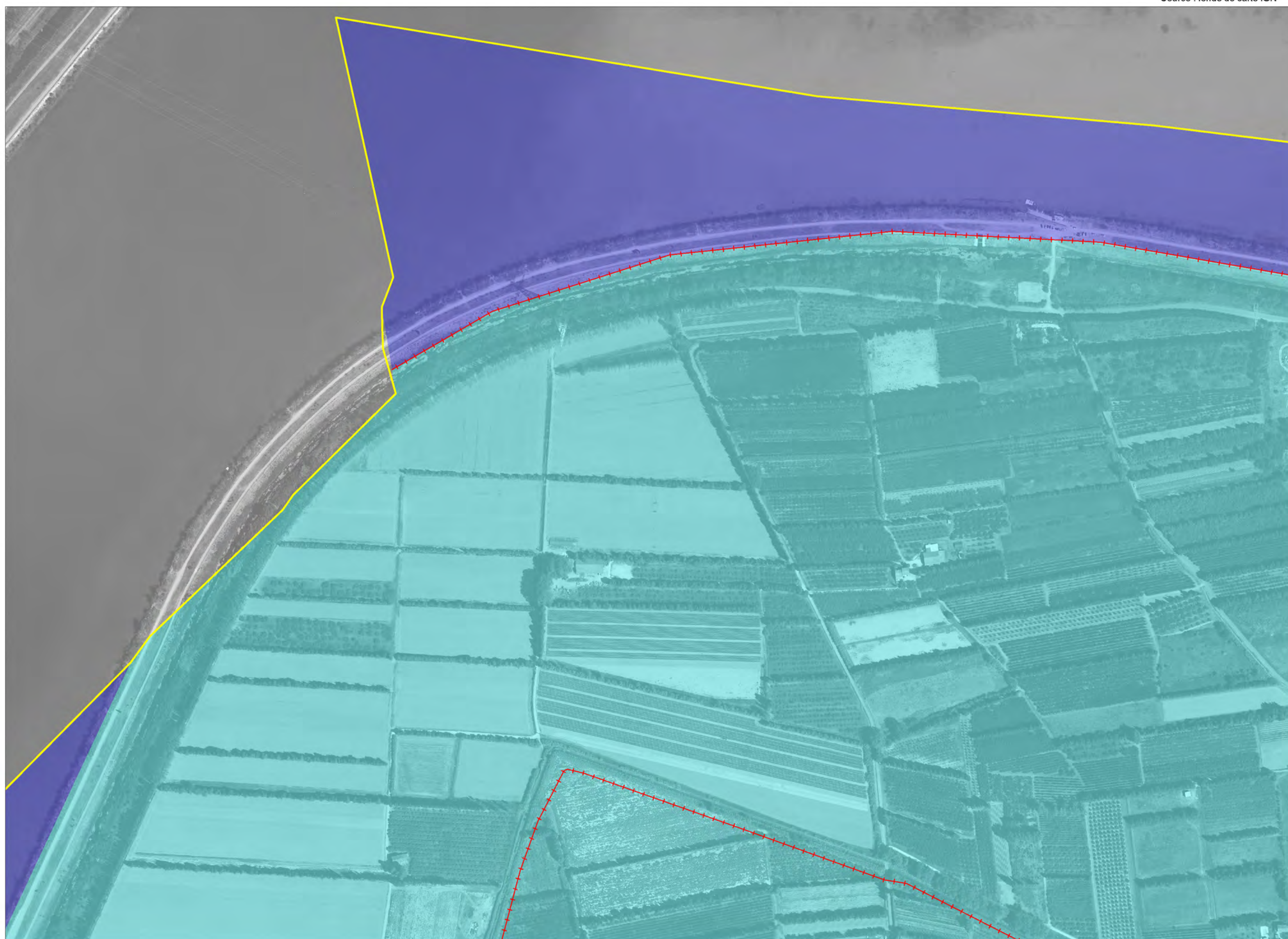


Echelle : 1 / 5 000



Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

-  Lits mineur / moyen confondus
-  Lit majeur

Limites morphologiques

-  Talus
-  Talus peu marqué

Structures secondaires

-  Axe d'écoulement
-  Chenaux de crue
-  Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

-  Remblai d'infrastructure de transport
-  Remblais
-  Digue
-  Pont

-  Limite communale

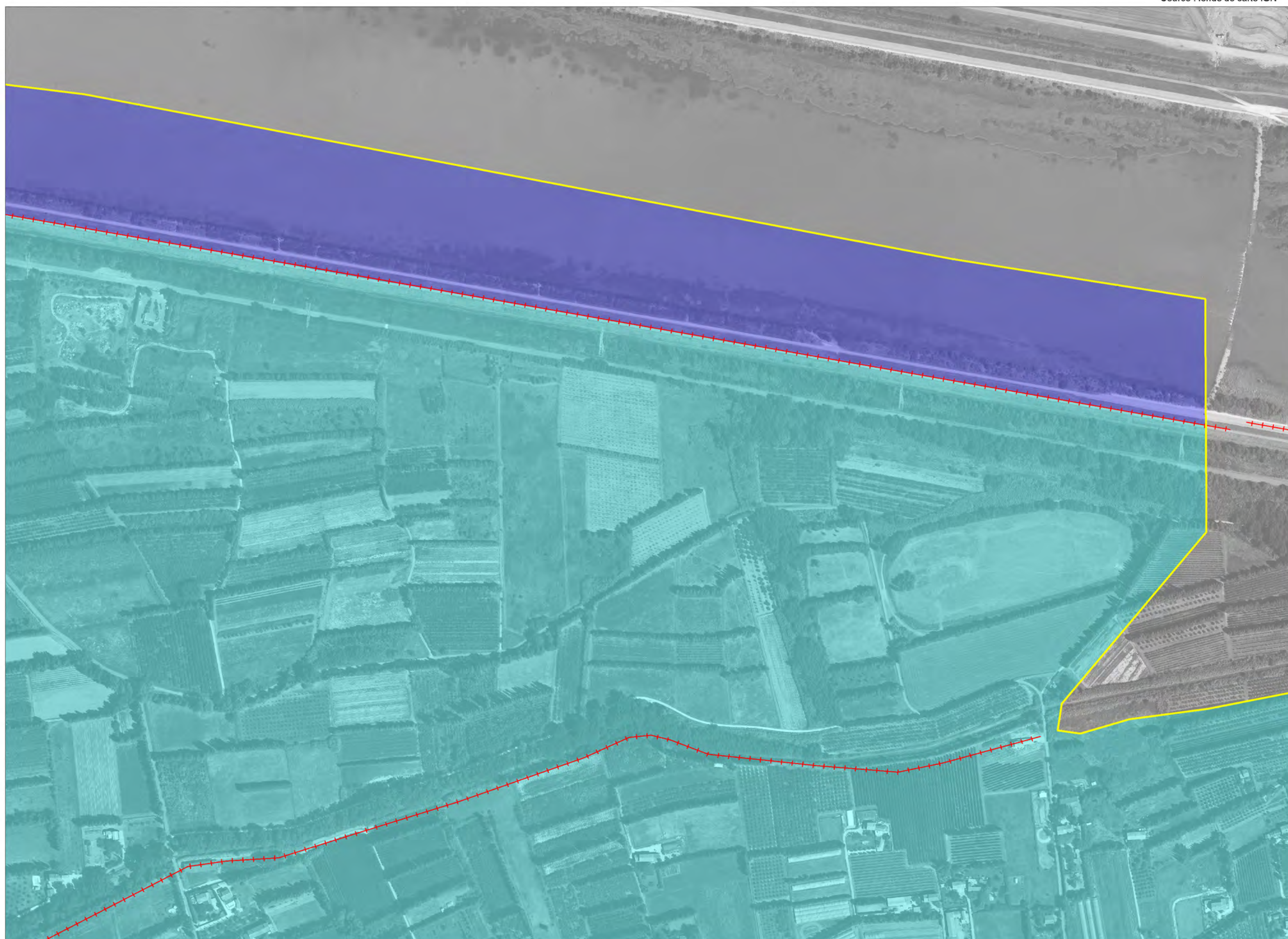


Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

**Elements d'occupation du sol
à rôle hydrodynamique**

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

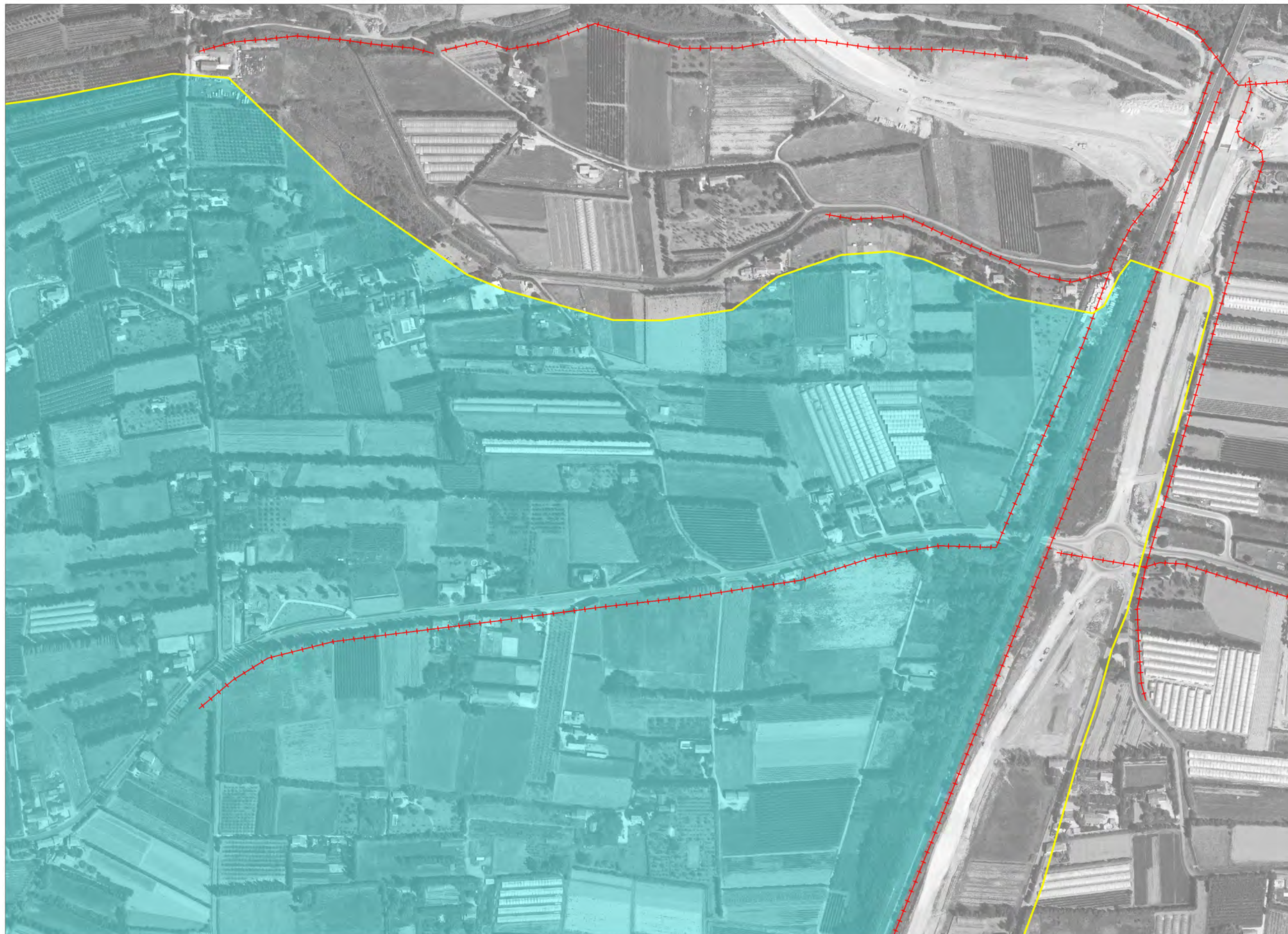


Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

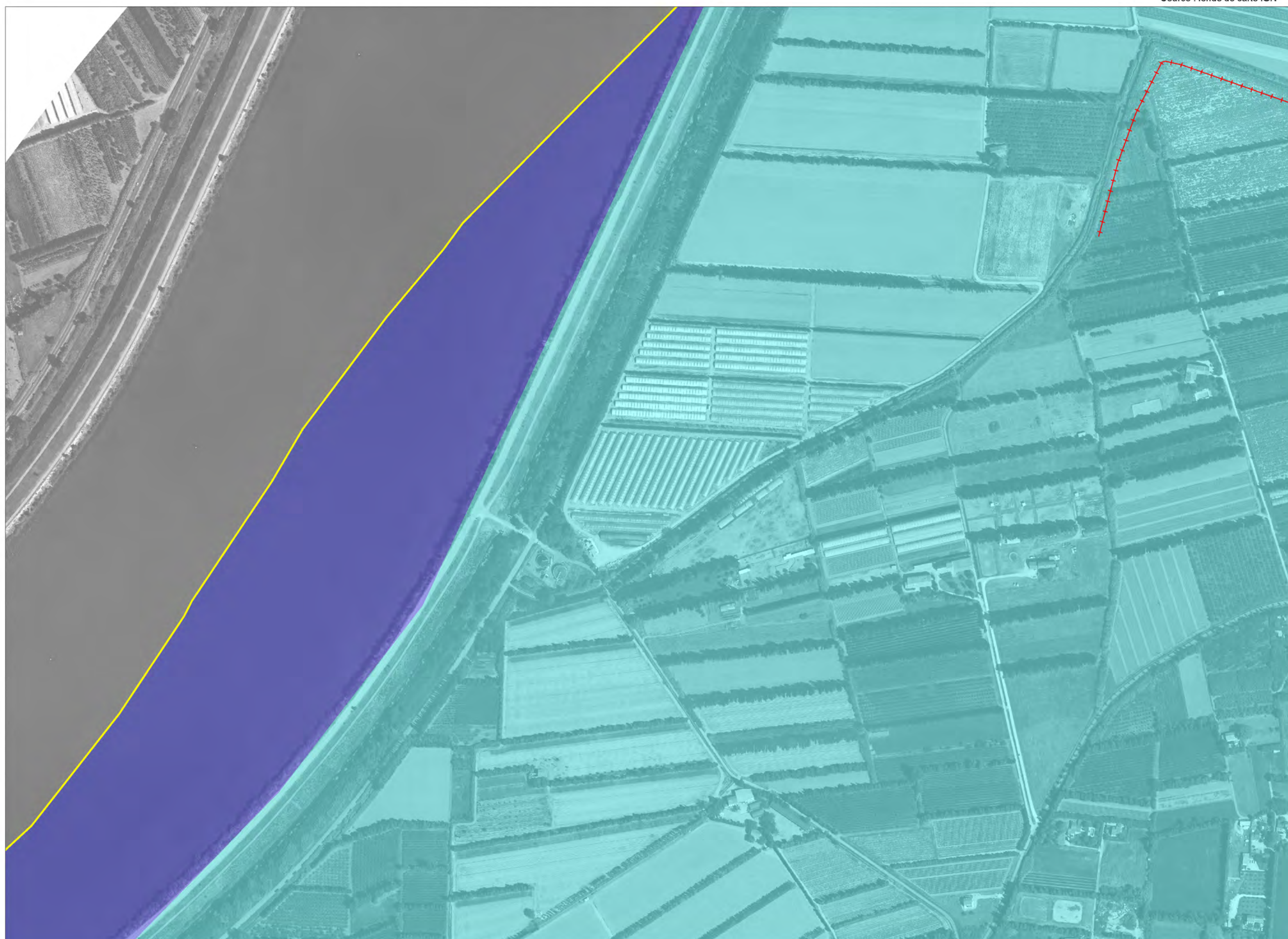


Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

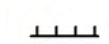
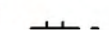
Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

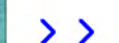
**LEGENDE****Zone inondable**

-  Lits mineur / moyen confondus
-  Lit majeur

Limites morphologiques

-  Talus
-  Talus peu marqué

Structures secondaires

-  Axe d'écoulement
-  Chenaux de crue
-  Cône de déjection

**Elements d'occupation du sol
à rôle hydrodynamique**

-  Remblai d'infrastructure
de transport
-  Remblais
-  Digue
-  Pont

-  Limite communale



Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

LEGENDEZone inondable

-  Lits mineur / moyen confondus
-  Lit majeur

Limites morphologiques

-  Talus
-  Talus peu marqué

Structures secondaires

-  Axe d'écoulement
-  Chenaux de crue
-  Cône de déjection

Elements d'occupation du sol
à rôle hydrodynamique

-  Remblai d'infrastructure
de transport
-  Remblais
-  Digue
-  Pont

-  Limite communale



Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

-  Lits mineur / moyen confondus
-  Lit majeur

Limites morphologiques

-  Talus
-  Talus peu marqué

Structures secondaires

-  Axe d'écoulement
-  Chenaux de crue
-  Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

-  Remblai d'infrastructure de transport
-  Remblais
-  Digue
-  Pont

-  Limite communale



Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN



LEGENDE

Zone inondable

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

Limite communale

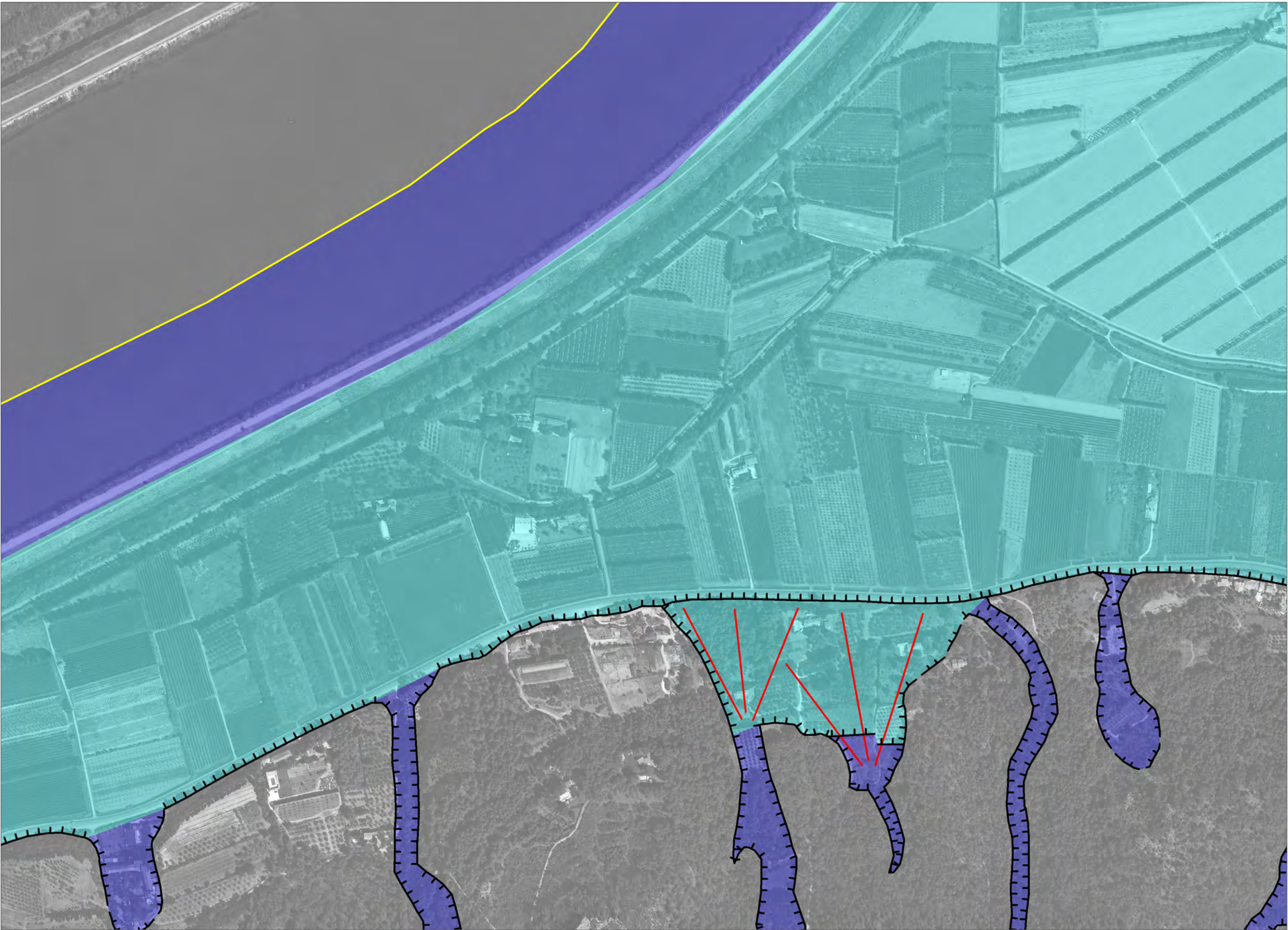


Echelle : 1 / 5 000



Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN



LEGENDE

Zone inondable

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

Limite communale

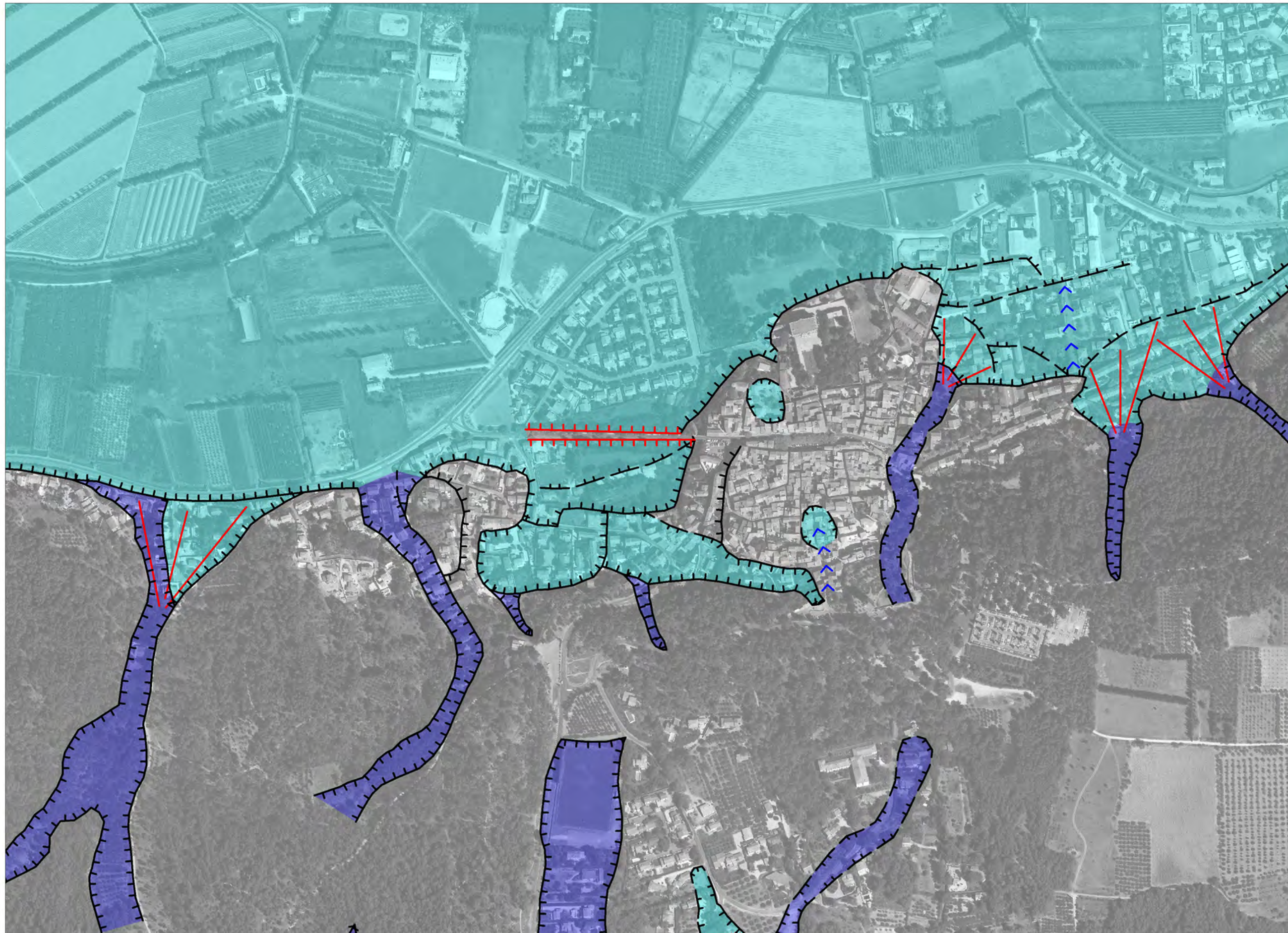


Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

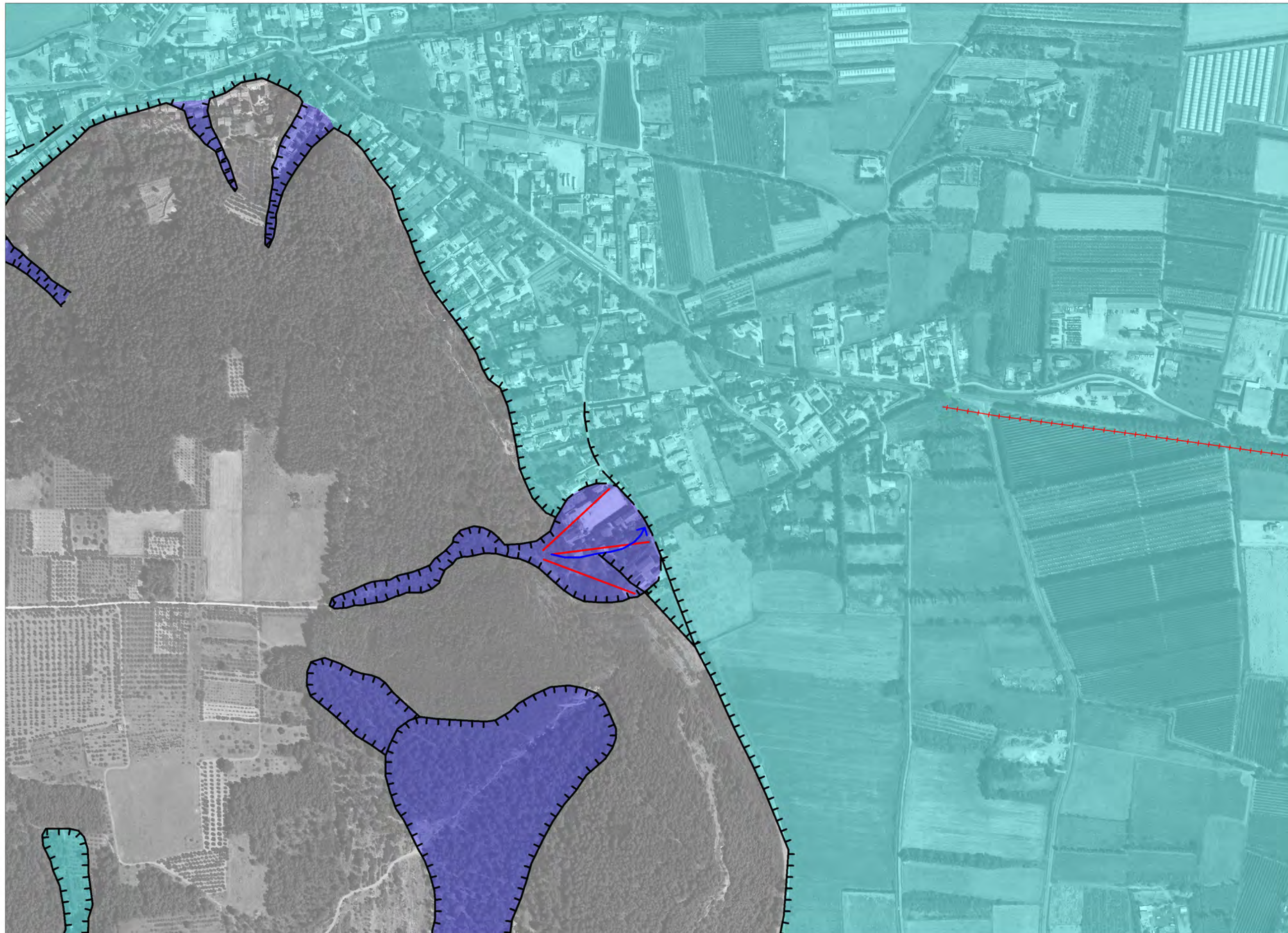


Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

**Elements d'occupation du sol
à rôle hydrodynamique**

- Remblai d'infrastructure
de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale



Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

LEGENDE**Zone inondable**

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

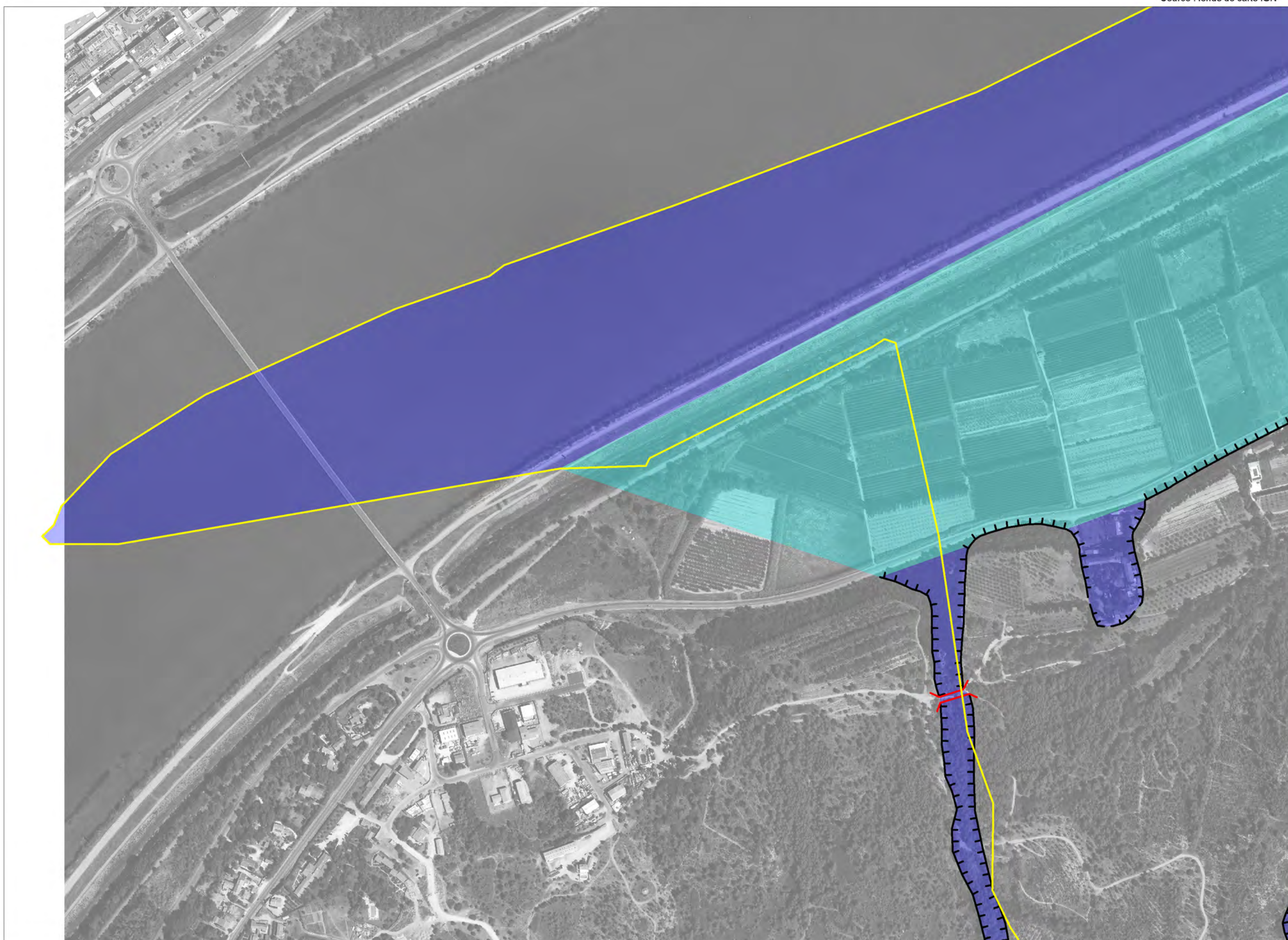
- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale



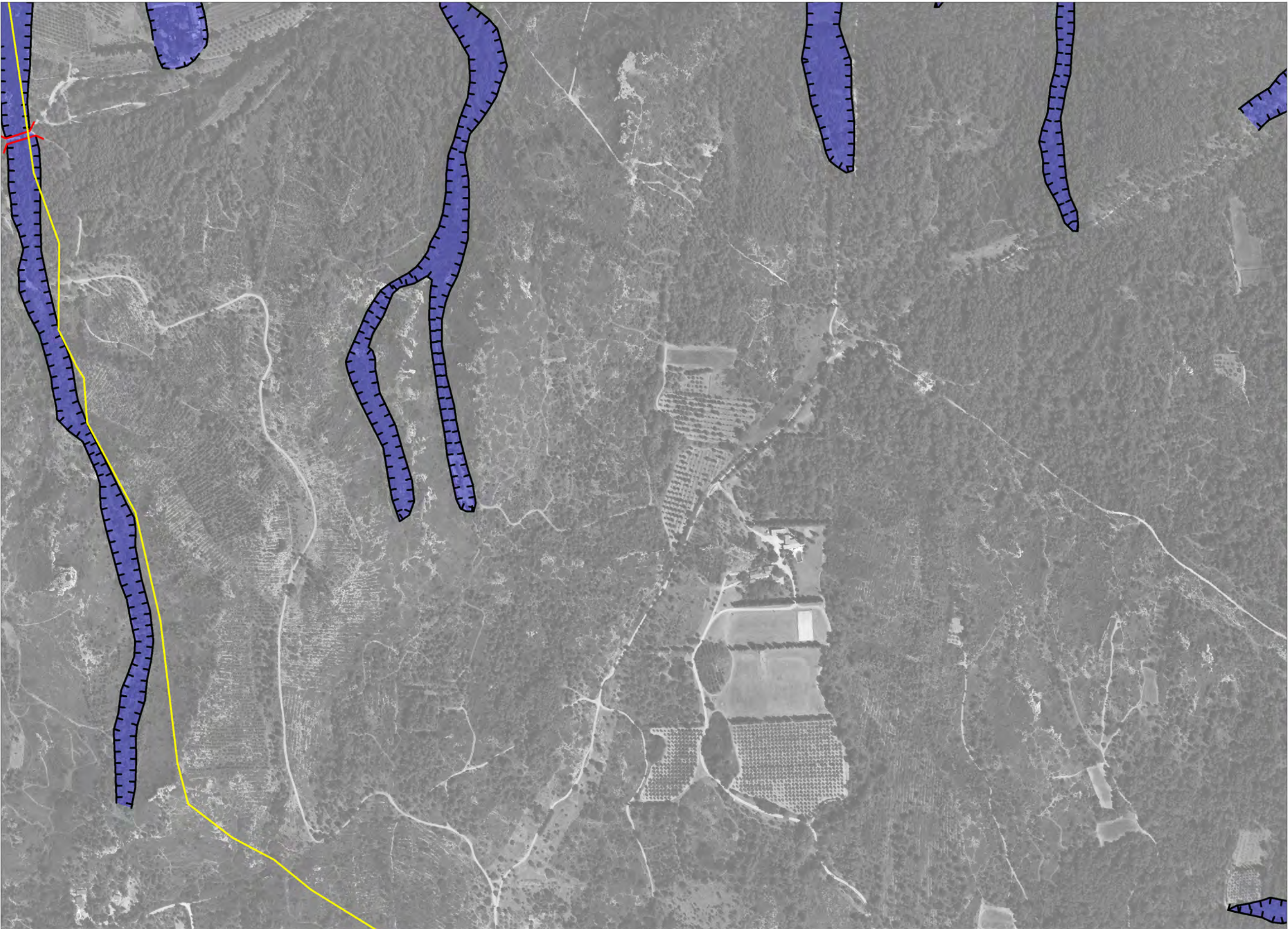
Echelle : 1 / 5 000

0 100 m



Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN



LEGENDE

Zone inondable

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

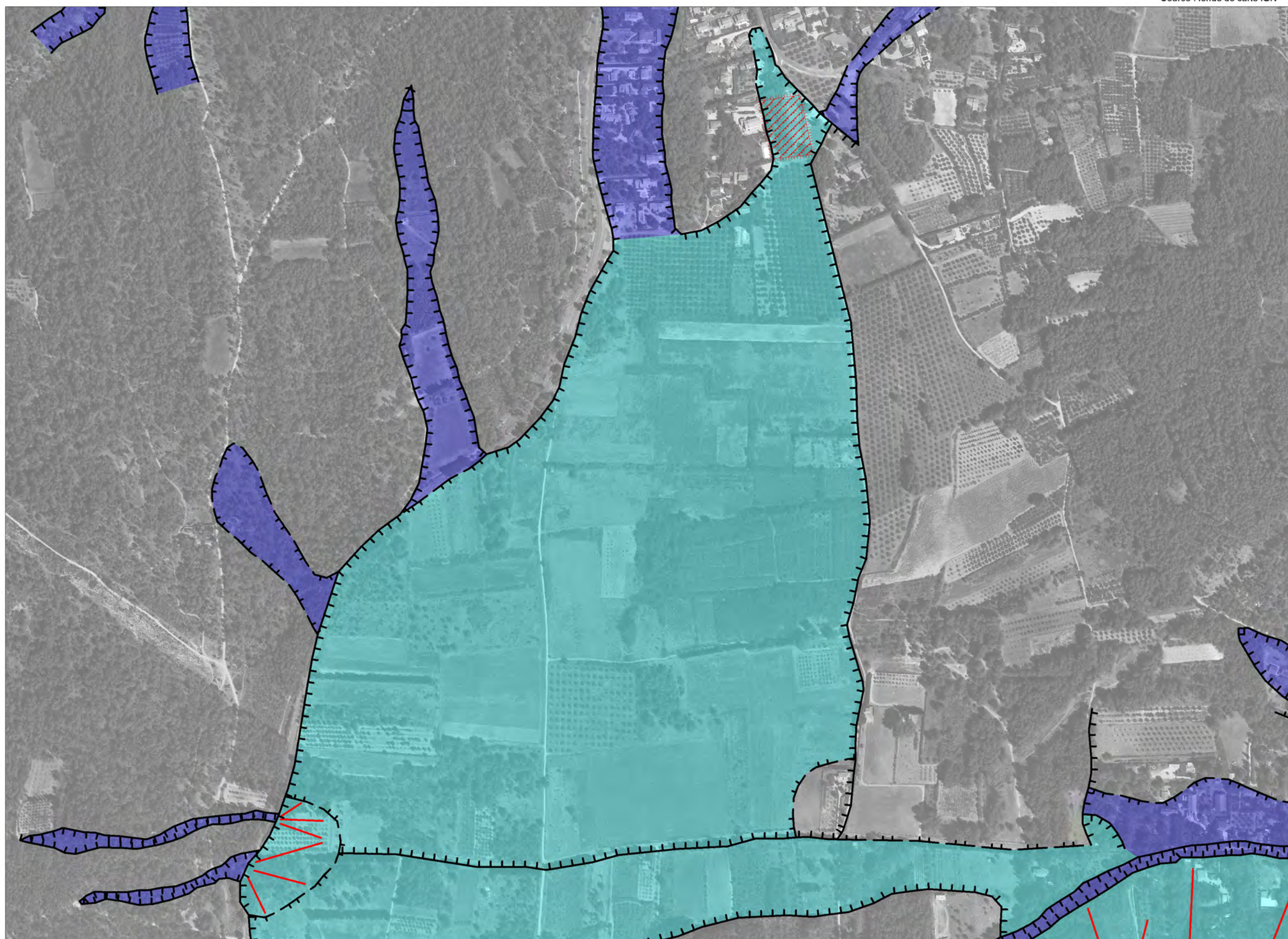


Echelle : 1 / 5 000



Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

-  Lits mineur / moyen confondus
-  Lit majeur

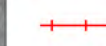
Limites morphologiques

-  Talus
-  Talus peu marqué

Structures secondaires

-  Axe d'écoulement
-  Chenaux de crue
-  Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

-  Remblai d'infrastructure de transport
-  Remblais
-  Digue
-  Pont

-  Limite communale

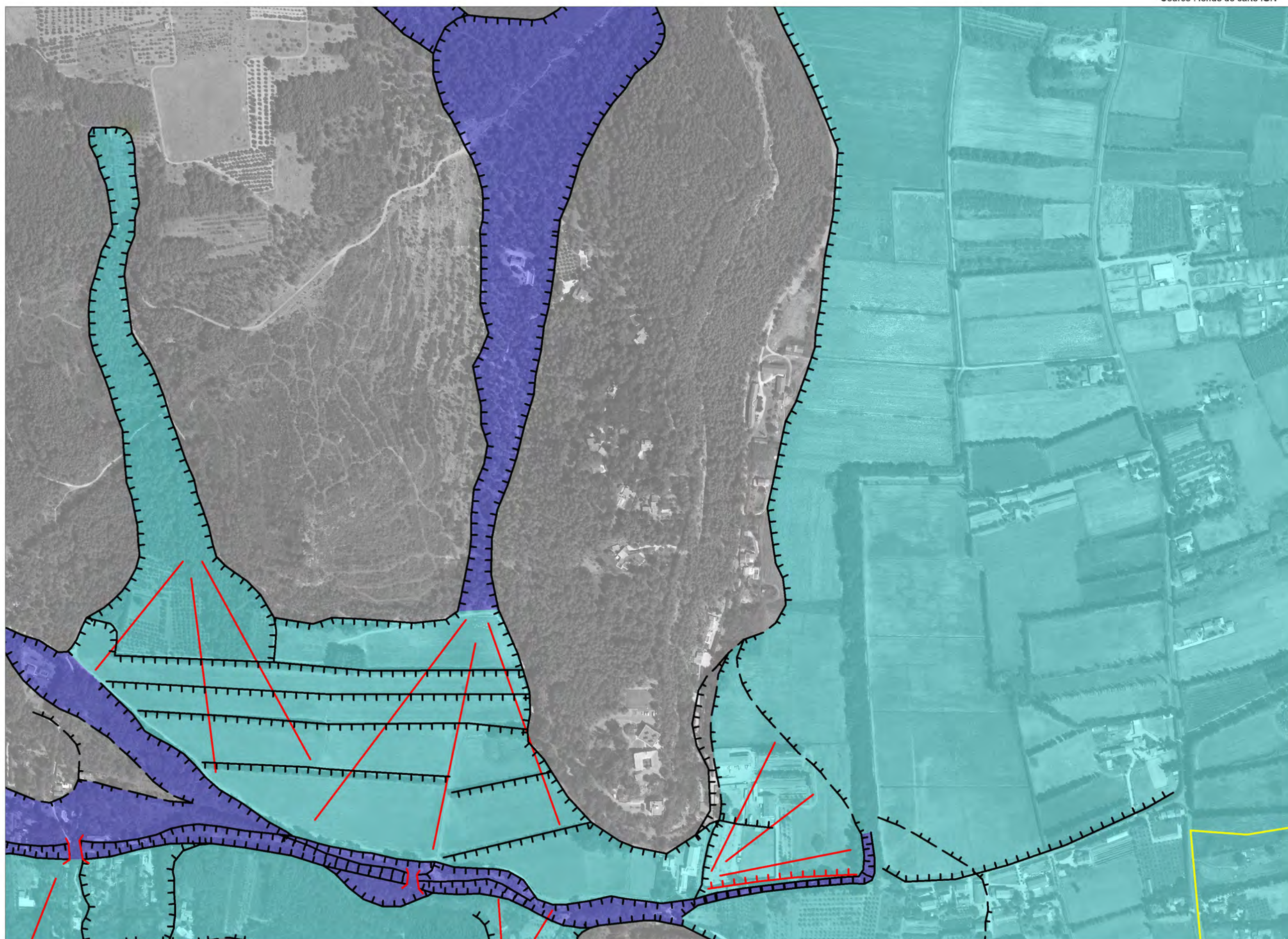


Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

**Elements d'occupation du sol
à rôle hydrodynamique**

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale



Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN



LEGENDE

Zone inondable

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

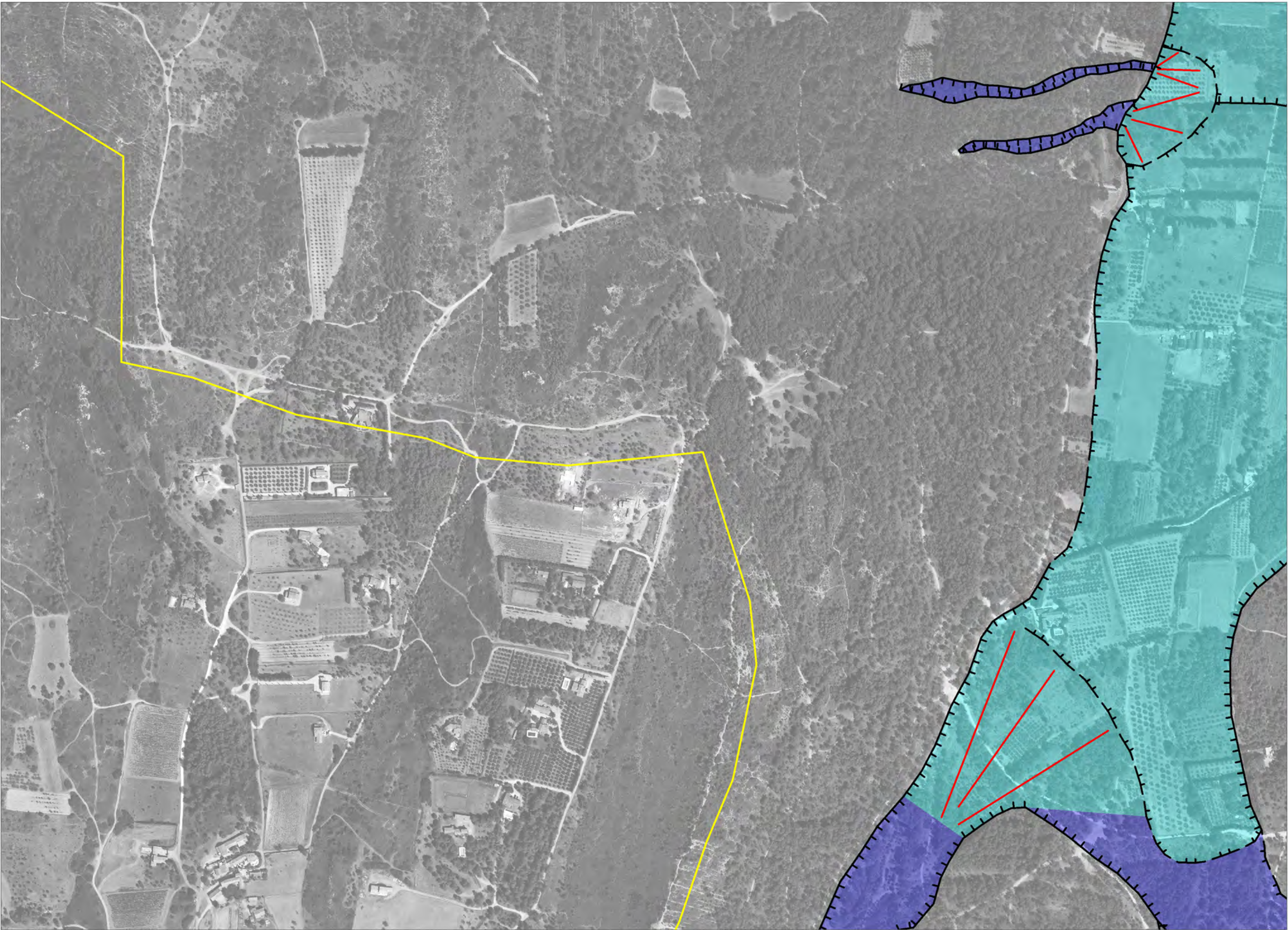


Echelle : 1 / 5 000



Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN



LEGENDE

Zone inondable

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

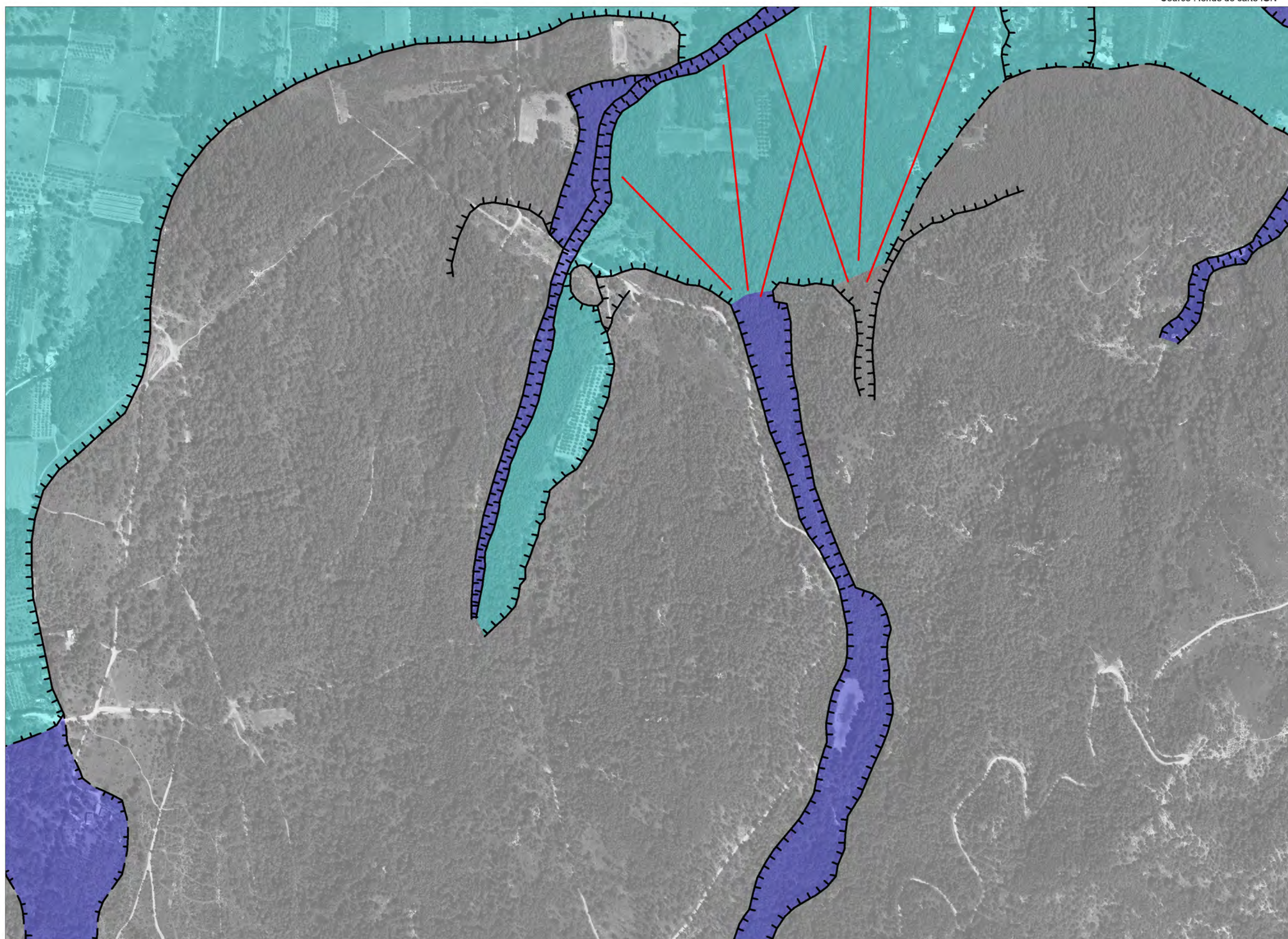


Echelle : 1 / 5 000



Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

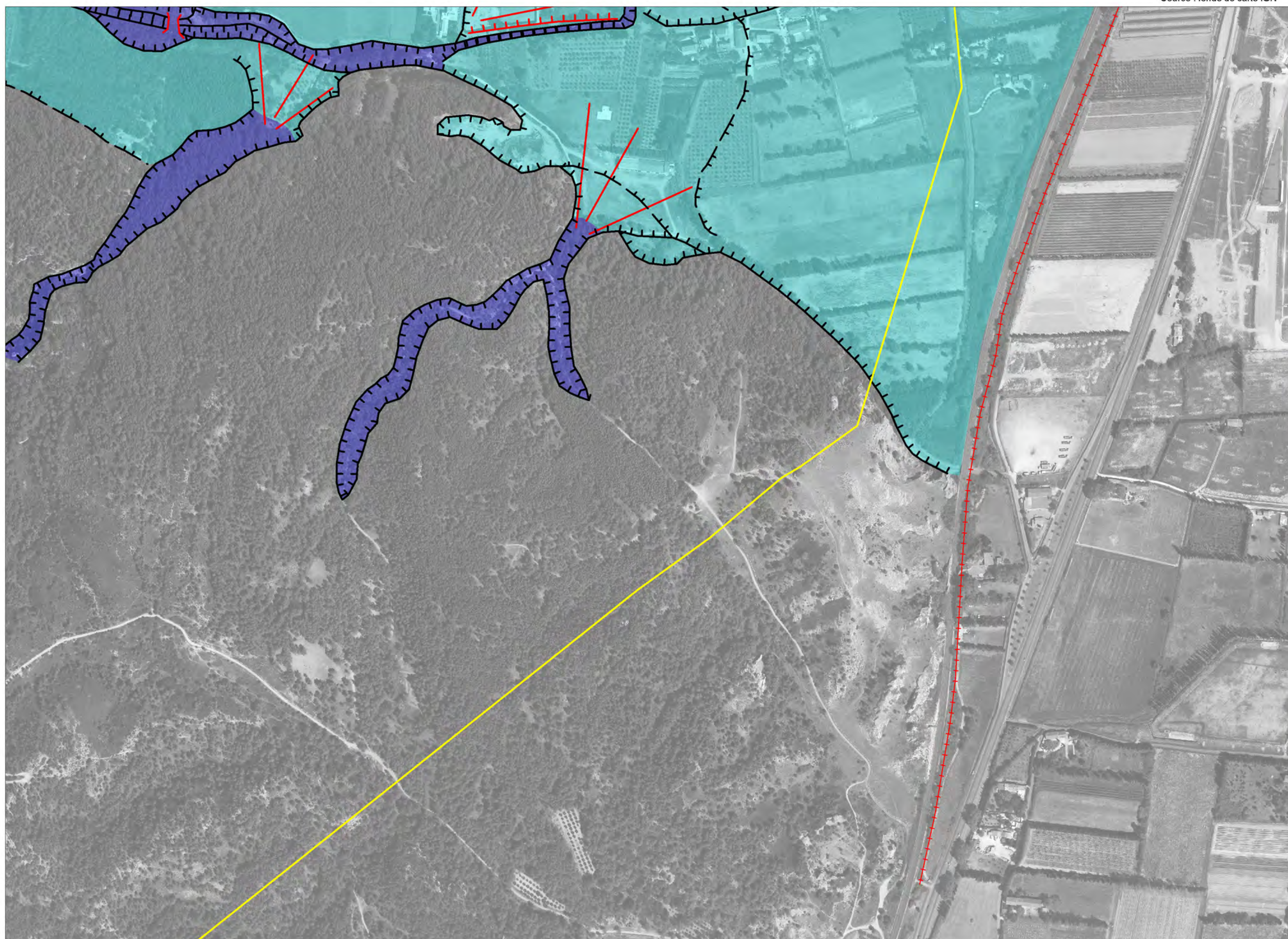


Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

**Elements d'occupation du sol
à rôle hydrodynamique**

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

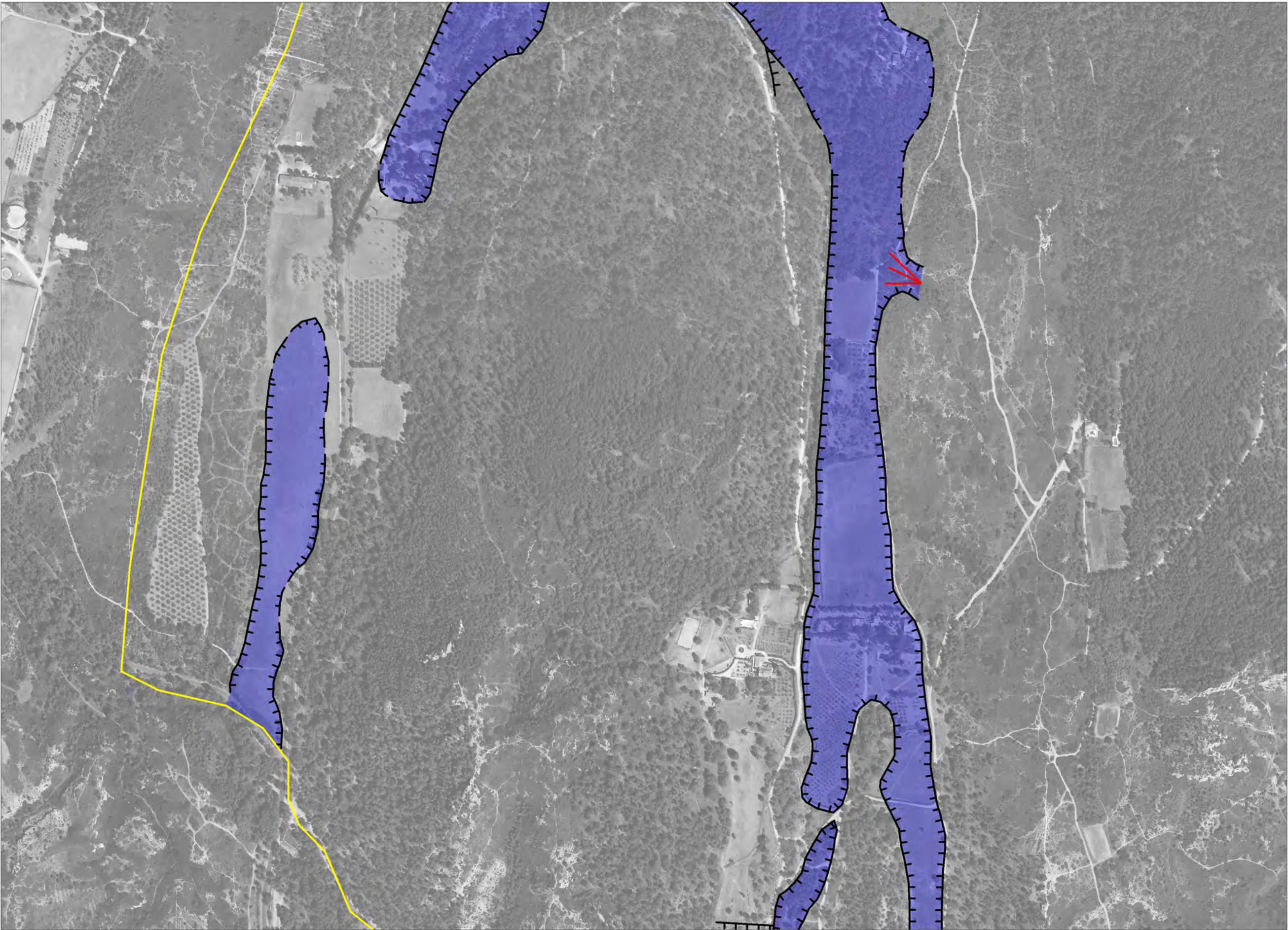


Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN



LEGENDE

Zone inondable

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale

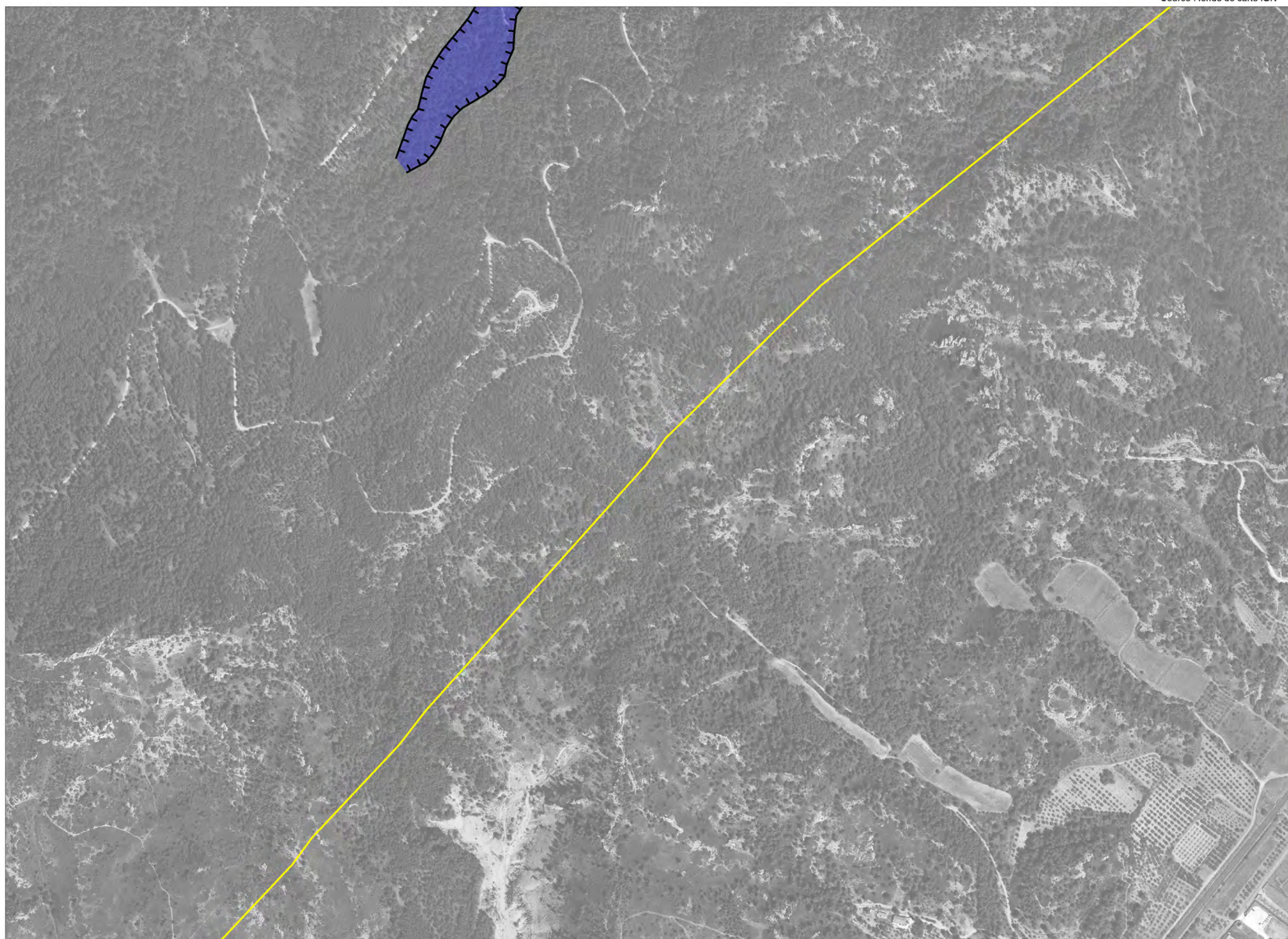


Echelle : 1 / 5 000



Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE****Zone inondable**

-  Lits mineur / moyen confondus
-  Lit majeur

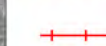
Limites morphologiques

-  Talus
-  Talus peu marqué

Structures secondaires

-  Axe d'écoulement
-  Chenaux de crue
-  Cône de déjection

Elements d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

-  Remblai d'infrastructure de transport
-  Remblais
-  Digue
-  Pont

-  Limite communale

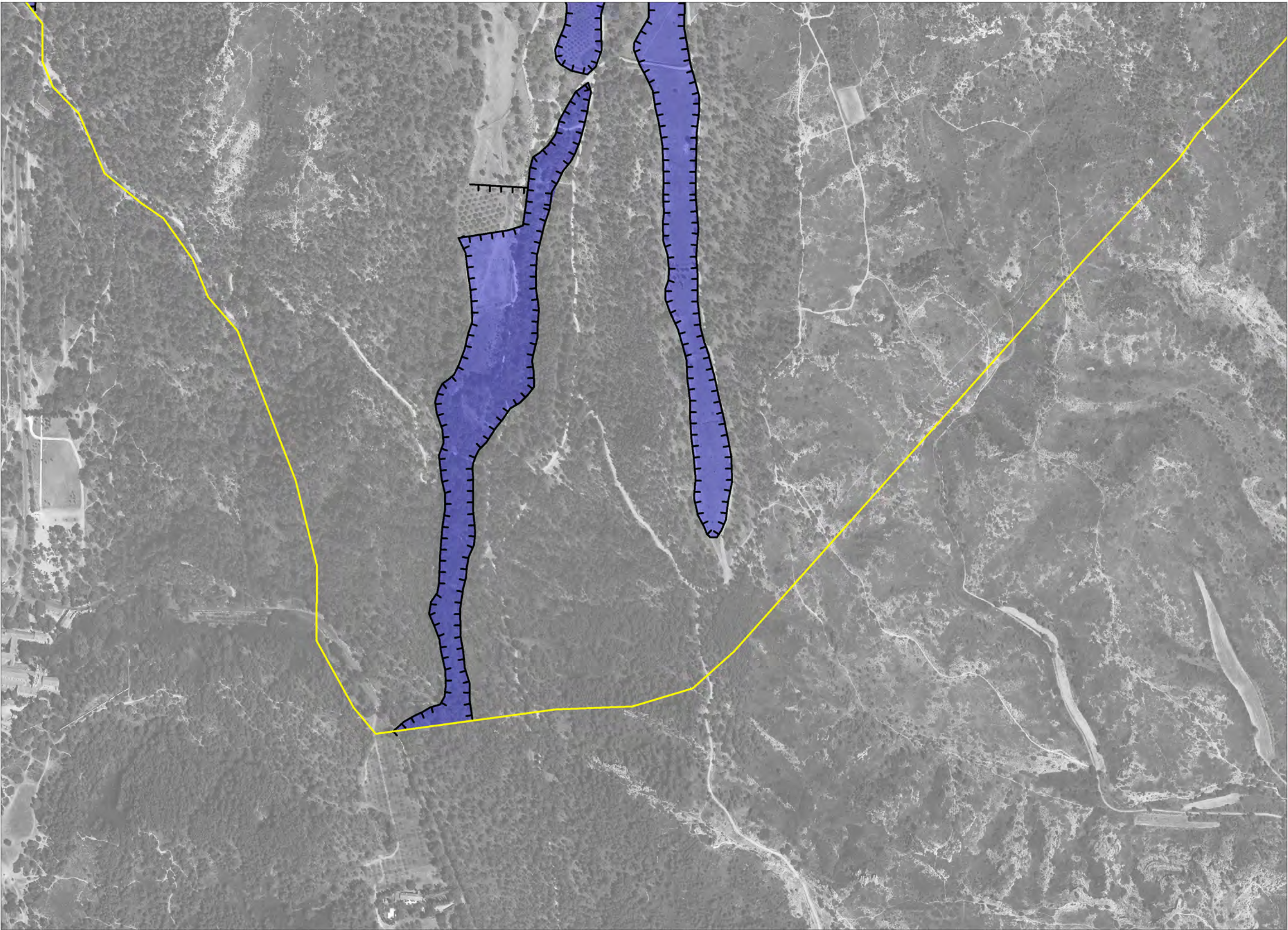


Echelle : 1 / 5 000

0 100 m

Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Source : fonds de carte IGN



LEGENDE

Zone inondable

- Lits mineur / moyen confondus
- Lit majeur

Limites morphologiques

- Talus
- Talus peu marqué

Structures secondaires

- Axe d'écoulement
- Chenaux de crue
- Cône de déjection

Elements d'occupation du sol
à rôle hydrodynamique

- Remblai d'infrastructure de transport
- Remblais
- Digue
- Pont

- Limite communale



Echelle : 1 / 5 000

0 100 m