



ELABORATION DES PPRI SUR LES COMMUNES DU BASSIN VERSANT ALZON SEYNES

COMMUNES DE BELVEZET, FLAUX, MONTAREN-ET-SAINT-MEDIERS, SAINT-
HIPPOLYTE-DE-MONTAIGU, SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE, SAINT-SIFFRET, SAINT-
VICTOR-LES-OULES, UZES ET VALLABRIX

RAPPORT TECHNIQUE



DOCUMENT PROVISoire
09/02/2024

TABLE DES MATIÈRES

1. PREAMBULE.....	6
1.1 Contexte de l'étude	6
1.2 Le déroulement de la mission	6
2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DU BASSIN-VERSANT	7
2.1 Contexte climatique.....	7
2.1.1 Climat	7
2.1.2 Les pluies intenses sur l'Arc Méditerranéen	7
2.2 Géologie	14
2.3 Occupation des sols et principaux enjeux	16
2.4 Les cours d'eau sur la zone d'étude.....	17
2.4.1 Les cours d'eau retenus dans le cadre du PPRI.....	17
2.4.2 Caractéristiques générales des cours d'eau étudiés	20
2.5 Entretien avec les communes	30
2.6 Les principaux épisodes historiques sur le bassin.....	31
2.6.1 Recensement	31
2.6.2 Caractéristiques générales.....	31
3. ANALYSE HYDROLOGIQUE.....	33
3.1 Préambule	33
3.2 La pluviométrie sur la zone d'étude	34
3.2.1 La pluviométrie de référence.....	34
3.2.2 Les épisodes historiques sur la zone	35
3.2.3 Choix concernant la pluie de projet	38
3.2.4 L'abattement spatial.....	45
3.3 La fonction de production	46
3.4 La fonction de transfert.....	47
3.4.1 Modélisation hydraulique – principes généraux	47
3.4.2 Présentation d'HEC-RAS.....	48
3.4.3 Construction du modèle.....	49
3.4.4 Les conditions aux limites	51
3.5 Calage du modèle	52
3.5.1 Données hydrométriques disponibles.....	52
3.5.2 Principe général du calage	54

3.5.3	Estimation des paramètres	55
3.6	Exploitation du modèle hydrologique et estimation des valeurs de référence sur le bassin	58
3.6.1	Les résultats du modèle hydrologique	58
3.6.2	Comparaison avec les débits issus des études antérieures	61
3.6.3	Comparaison les débits issus de la méthode FBG et SPC GD.....	63
3.6.4	Discussion et choix du débit de référence	68
3.6.5	Calculs des débits pour les autres occurrences	68
4.	MODELISATION HYDRAULIQUE.....	71
4.1	Présentation générale	71
4.2	Hypothèses retenues.....	72
4.3	Données topographiques exploitées	74
4.4	Analyse de sensibilité.....	77
4.4.1	Coefficients de rugosité	77
4.4.2	Condition limite aval.....	78
4.5	Calage des modèles	80
4.5.1	Principe général.....	80
4.5.2	Les résultats pour l'épisode de 2002.....	81
4.5.3	Les résultats pour l'épisode de 2014.....	85
4.5.4	Les autres crues	90
4.5.5	Les profils en long.....	90
4.5.6	Conclusion sur le calage	93
4.6	Commentaires généraux sur le fonctionnement hydraulique pour la crue de référence	93
4.6.1	Saint-Victor-des-Oules.....	93
4.6.2	Saint-Hippolyte-de-Montaigu	93
4.6.3	Flaux	94
4.6.4	Vallabrix.....	94
4.6.5	Saint-Siffret	94
4.6.6	Saint-Quentin-la-Poterie	95
4.6.7	Belvézet.....	97
4.6.8	Montaren-et-Saint-Médiers.....	98
4.6.9	Uzès	99
5.	ETUDE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE	100
5.1	Contenu et objectifs	100
5.2	Méthodologie.....	100
5.2.1	Principes de la cartographie hydrogéomorphologique.....	100

5.2.2	Les unités actives fonctionnelles	101
5.2.3	Les formes connexes	102
5.3	Commentaire général	102
5.3.1	Généralités	102
5.3.2	Les spécificités de la zone	102
6.	CARACTERISATION DE L'ALEA	108
6.1	L'arrêté du 5 juillet 2019 et son application dans le Gard	108
6.1.1	Principe général	108
6.1.2	Caractérisation de la typologie des cours d'eau sur la zone d'étude	109
6.1.3	Caractérisation de la dynamique	115
6.2	Cartographie de l'aléa inondation	122
7.	CARACTERISATION DE RUISSELLEMENT	123
	ANNEXE 1 – ENTRETIENS COMMUNAUX	126
	ANNEXE 2 – MODELE HYDROLOGIQUE.....	136
	ANNEXE 3 – METHODE DU SPC GD.....	138
	ANNEXE 4 – RESULTATS DE L'APPLICATION DES METHODES FBG ET SPC GD	142
	ANNEXE 5 – MODELES HYDRAULIQUES	147
	ANNEXE 6 – CARTOGRAPHIE HGM	160

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Localisation des typologies des cours d'eau sur la zone d'étude</i>	34
<i>Figure 2 : Cumuls radar observés lors de l'épisode de septembre 2002 (8/09-7h - 9/09-17h) 36</i>	36
<i>Figure 3 : Cumuls radar observés lors de l'épisode d'octobre 2014 (8/10-4h - 10/10-3h15) .. 36</i>	36
<i>Figure 4 : Pluies de projet</i>	45
<i>Figure 5 : Principe de la fonction de production</i>	47
<i>Figure 6 : Espace de travail HEC-RAS.....</i>	49
<i>Figure 7 : Extrait du MNT général</i>	50
<i>Figure 8 : Exemple de maillage.....</i>	50
<i>Figure 9 : Localisation des sections de calculs des débits</i>	59
<i>Figure 10 : Comparaison des débits Oteis avec la biblio et SHYREG</i>	63
<i>Figure 11 : Comparaison des débits Oteis avec les valeurs FBG, SPC GD et SHYREG.....</i>	66
<i>Figure 12 : Discrétisation de la zone d'étude en modèles hydrauliques</i>	71
<i>Figure 13 : Exemple de maillage</i>	72
<i>Figure 14 : Localisation des levés topographiques.....</i>	76
<i>Figure 15 : Schéma d'organisation de la plaine alluviale hydrogéomorphologique et de son encaissant.....</i>	101
<i>Figure 16 : Schéma type d'un vallon "en berceau".....</i>	104
<i>Figure 17 : Profil en long sur le Merlançon, en amont de sa confluence avec le Ruisseau du Creux des Pontets</i>	109
<i>Figure 18 : Profil en long sur le Ruisseau de Pradines, en amont de sa confluence avec le Ruisseau de la Combe des Monteils</i>	110
<i>Figure 19 : Pente de la ligne d'eau à l'échelle de la zone modélisée</i>	114
<i>Figure 20 : Vitesse moyenne des écoulements à l'échelle de la zone modélisée</i>	116
<i>Figure 21 : Vitesse de montée des eaux à l'échelle de la zone modélisée.....</i>	118
<i>Figure 22 : Dynamique de crue à l'échelle de la zone modélisée</i>	120
<i>Figure 23 : Exemple d'identification des axes d'écoulement drainant une superficie supérieure à 1 ha</i>	123
<i>Figure 24 : Exemple de maillage pour la modélisation 2D du ruissellement. Les axes d'écoulement font l'objet d'un maillage plus fin.....</i>	124
<i>Figure 25 : Exemple de rendu cartographique du ruissellement.....</i>	125

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Valeurs de référence au niveau pluviométrique</i>	57
<i>Tableau 2 : Estimation des débits pour Q100 au droit des sections de calcul</i>	60
<i>Tableau 3 : Débits issus de la bibliographie</i>	61
<i>Tableau 4 : Débits SHYREG</i>	62
<i>Tableau 5 : Valeurs Q100 suivant les méthodes FBG et SPC GD, et comparaison avec les valeurs OTEIS.....</i>	67
<i>Tableau 6 : Valeurs de référence sur la zone.....</i>	70

1. PREAMBULE

1.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

L'objet de la présente étude concerne l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Inondation communaux du bassin versant de l'Alzon et des Seynes.

L'étude porte sur les 9 communes suivantes :

- BELVEZET
- FLAUX
- MONTAREN-ET-SAINT-MEDIERS
- SAINT-HIPPOLYTE-DE-MONTAIGU
- SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE
- SAINT-SIFFRET
- SAINT-VICTOR-LES-OULES
- UZES
- VALLABRIX

Le risque inondation à prendre en compte intègre les cours d'eau principaux et leurs affluents, le principe étant de retenir tout axe hydrographique présentant les caractéristiques générales d'un cours d'eau (présence d'un lit mineur, drainant généralement une superficie supérieure à 1 km²). Il a ainsi été qualifié, en tout point du territoire communal, l'aléa et le risque inondation associé.

1.2 LE DEROULEMENT DE LA MISSION

L'étude est découpée en plusieurs phases, présentée en suivant :

- Phase 1 – Analyse du fonctionnement du bassin versant
- Phase 2 – Production de données topographiques
- Phase 3 – Étude d'aléas
- Phase 4 – Études des enjeux
- Phase 5 – Elaboration du zonage règlementaire
- Phase 6 – Elaboration du premier projet de PPRI communaux pour consultation officielle et Enquête Publique
- Phase 7 – Finalisation des PPRI après Enquête Publique

Le présent rapport concerne les parties techniques de l'étude, plus particulièrement pour les phases 1 et 3.

2. ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DU BASSIN-VERSANT

2.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

2.1.1 Climat

La zone d'étude est soumise au climat méditerranéen.

Caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides, le climat méditerranéen est particulièrement contrasté en termes de précipitations. Celles-ci se concentrent durant les saisons intermédiaires, essentiellement en automne et dans une moindre mesure au printemps. Leur caractère souvent orageux, bref et violent, peut être à l'origine de débordements rapides et importants des cours d'eau.

Le climat méditerranéen est également caractérisé par un gradient de pluviométrie croissant du Sud vers le Nord, lié à la proximité des Cévennes. Au regard de la localisation et des caractéristiques physiques de la zone d'étude, les précipitations y sont relativement homogènes.

2.1.2 Les pluies intenses sur l'Arc Méditerranéen

La région méditerranéenne, de par sa configuration (présence de massifs montagneux à proximité de la mer), est soumise régulièrement à des épisodes météorologiques particulièrement violents.

Ces épisodes, qui ont lieu généralement à la fin de l'été et au début de l'automne, ont comme origine principale la rencontre entre un courant dépressionnaire froid d'altitude et un courant chaud et humide venant de Méditerranée. Le relief joue un rôle important, en favorisant le soulèvement des masses d'air chaud et en bloquant sur place le déplacement des nuages. Il s'en suit la formation d'orages parfois très violents, capables de générer des cumuls pluviométriques extrêmement importants.

Pour mémoire, on présentera quelques valeurs remarquables ayant été relevées sur l'arc méditerranéen :

Lieu	Date	Hauteur précipitée (mm)
Valleraugue (Gard)	29 septembre 1900	950 mm en 24h
Joyeuse (Ardèche)	9 octobre 1827	792 mm en 24 h
Anduze (Gard)	8-9 septembre 2002	687 mm en 24 h
Nîmes (Gard)	3 octobre 1988	420 mm en 6h
Valleraugue (Gard)	20-21 septembre 1890	828 mm en 24h
Lézignan-Corbières (Aude)	12-13 Novembre 1999	Plus de 600 mm en 36 h
Le Caylar (Hérault)	22 Septembre 1992	447 mm en 18 h
Saint Laurent de Cerdans (66)	17 octobre 1940	840 mm/24h
Bavella (Corse)	31 octobre 1993	794 mm/24h

De manière plus générale, plus de 140 épisodes dépassant 190 mm/24 h ont été observés dans les régions Languedoc-Roussillon et PACA durant la période 1958 – 2002.

Concernant plus spécialement le Gard, on citera notamment les épisodes remarquables suivants (cartes des cumuls : Météo-France) :

2.1.2.1 29 septembre 1900

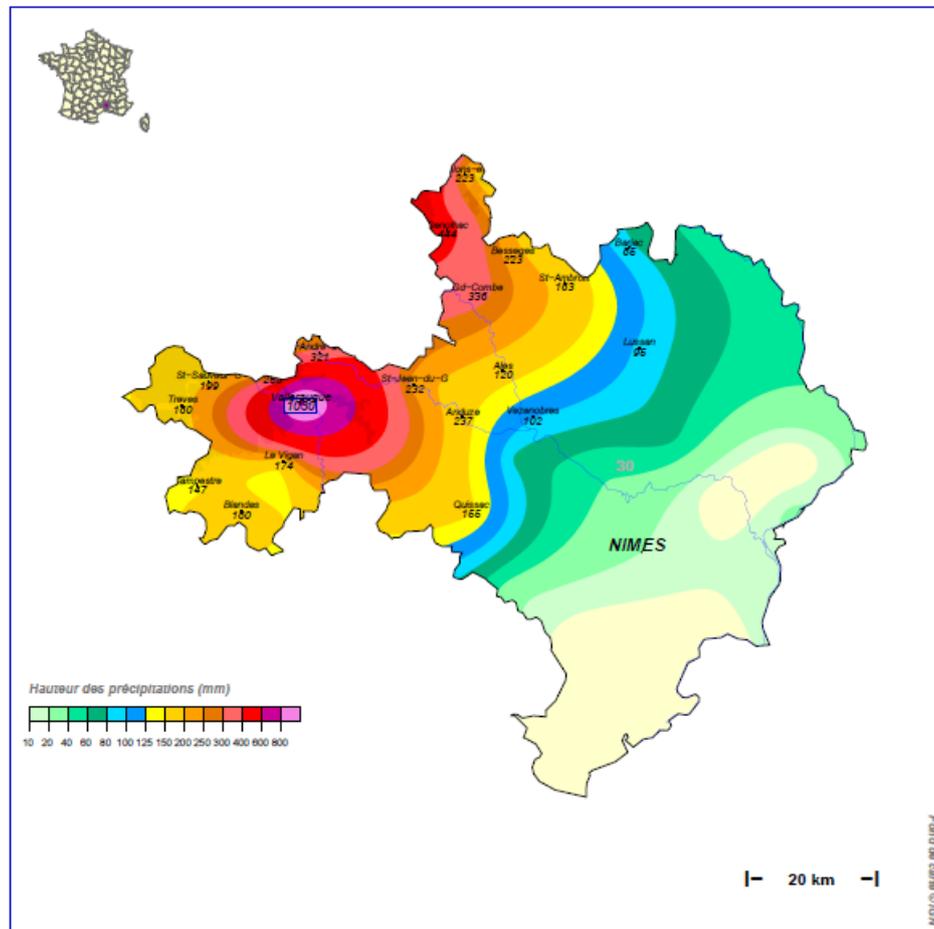
Le 29 septembre 1900, il tombe 950 mm en environ 10 heures sur le secteur de Valleraugue. Cette valeur figure parmi les plus fortes enregistrées en France métropolitaine depuis plus d'un siècle.

Les précipitations provoquent une crue historique de l'Hérault et du Tarn. En basse vallée du Rhône, le fleuve déborde et en Ardèche, la vallée de l'Eyrieux est ravagée.

Cet épisode cause la mort d'une trentaine de personnes

Cumuls pluviométriques (mm) – Episode de 2 jours

du 28 SEPTEMBRE 1900 à 6 h UTC au 30 SEPTEMBRE à 6 h UTC



2.1.2.2 29-30 septembre, et 3-4 octobre 1958

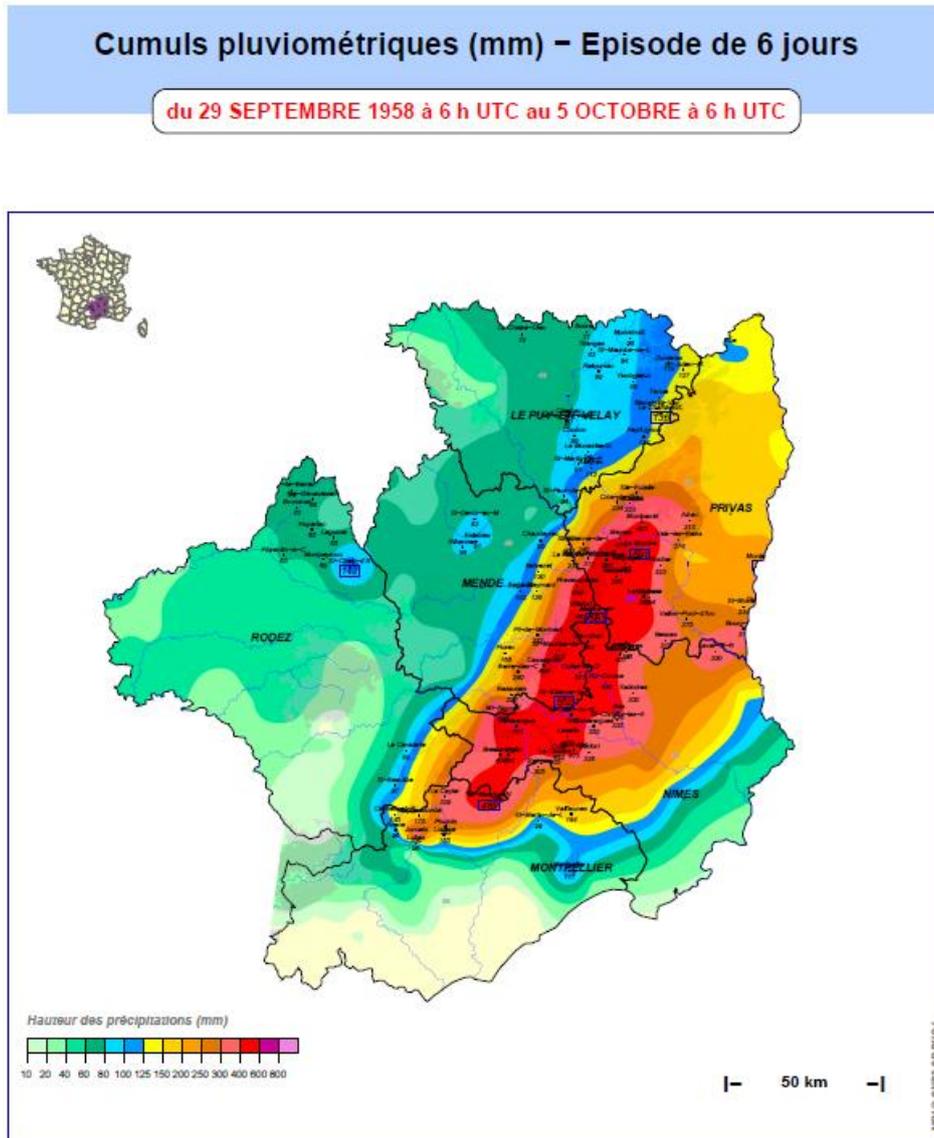
2 épisodes majeurs et rapprochés affectent les Cévennes et plus particulièrement le Gard avec des conséquences catastrophiques :

- les 29 et 30 septembre,
- puis les 3 et 4 octobre.

En 6 jours, du 29 septembre au 4 octobre, les pluies déversées sur les reliefs cévenols dépassent largement 400 mm, jusqu'à atteindre 583 mm à Malons-et-Elze (Gard). C'est la journée du 30 septembre qui concentre les pluies les plus intenses avec des cumuls remarquables en l'espace de quelques heures : 140 mm à Alès en 2h, 222 mm en 5h à Vallerargue ou encore 279 mm en 8h à Saint-Jean-du-Gard.

Les bas quartiers de Pont-Saint-Esprit sont noyés sous 2,50 mètres d'eau. Alès est également inondée et le pont de Ners est emporté. À Saint-Jean-du-Gard, de graves dommages sont signalés. La commune d'Anduze est ravagée et une trentaine de personnes sont emportées et noyées dans un véritable fleuve de boue.

Ces pluies provoquent une véritable catastrophe : "36 morts, 6 900 sinistrés, plus de 5 milliards de dégâts, 1 175 hectares ravagés, 450 automobiles détruites".



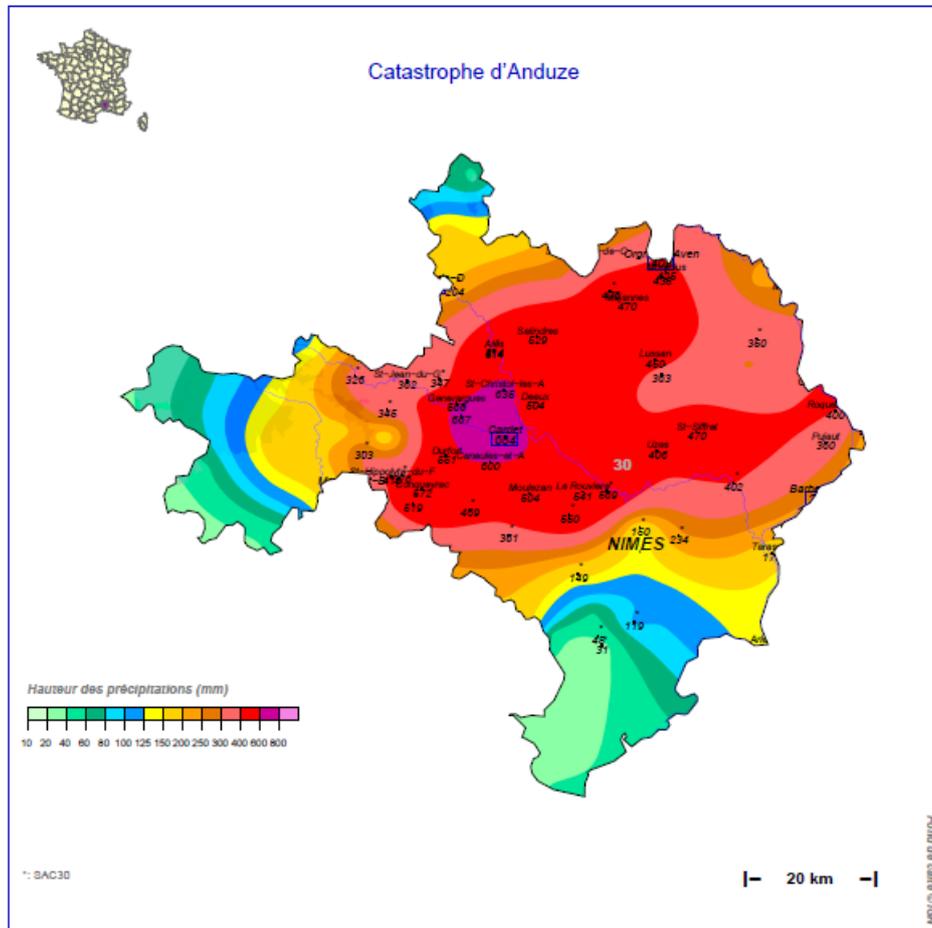
2.1.2.3 8 et 9 septembre 2002

Les crues torrentielles des 8 et 9 septembre 2002 ont durement frappé les bassins versants du Gardon, du Vidourle, de la Cèze.

Sur les 353 communes que compte le Gard, 299 ont demandé l'état de catastrophe naturelle.

Cumuls pluviométriques (mm) – Episode de 2 jours

du 8 SEPTEMBRE 2002 à 6 h UTC au 10 SEPTEMBRE à 6 h UTC



Le bilan humain est de 23 morts dont 22 dans le département du Gard. Il aurait pu être encore plus dramatique si la crue n'était survenue un dimanche, jour de faible activité et si les secours n'avaient montré une grande efficacité.

L'analyse de l'évènement pluvieux des 8 et 9 septembre 2002 souligne 3 caractéristiques principales :

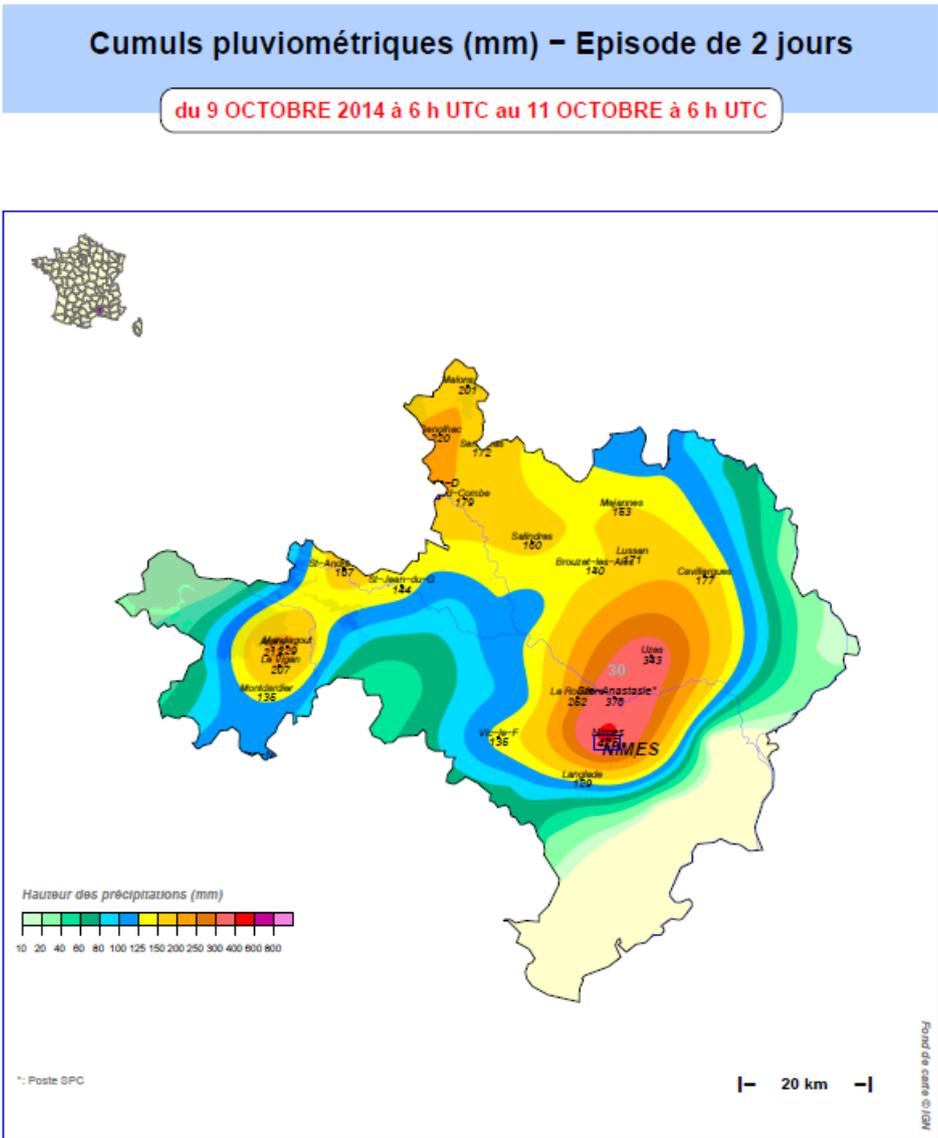
- l'importance des cumuls ponctuels mesurés : jusqu'à 687 mm en 24 heures
- la superficie concernée : au moins 400 mm sur environ 1800 km² et plus de 600 mm sur 150 km² dans la Région Languedoc-Roussillon.
- La disparité des précipitations : un cumul de 635 mm a été relevé à Saint-Christol-lès-Alès tandis que Gallargues, à 40 km enregistrait 60 mm.

L'évènement s'est déroulé en deux phases. Le 8 septembre 2002, une première vague orageuse s'abat entre 10h30 et 23h30. Une bande pluvieuse s'étend sur près de 2500 km². La Gardonnenque constitue la zone la plus touchée par les fortes pluies avec près de 450 mm.

Une deuxième vague orageuse plus intense s'individualise le lendemain, de 00h00 jusqu'à 11h00, sur une surface de près de 3500 km². Au niveau des Gardons, elle affecte principalement le secteur d'Anduze et d'Alès.

2.1.2.4 9 et 10 octobre 2014

En fin de nuit du 9 au 10 octobre, une ligne orageuse intense concerne le Gard entre Villevieille et Bagnols-Sur-Cèze. Cette ligne orageuse, stationnaire donne des cumuls très importants sur cette zone, jusqu'à 200 à 270 mm en quelques heures pour les plus importants (272 mm à Ste-Anastasie (Source : Service de Prévision des Crues), 264 mm à Nîmes-mas de Ponge, 211 mm à Uzès.



L'épisode s'est poursuivi en journée du 10 et on recueille à nouveau sur ce même secteur 100 à plus de 160 mm.

Sur les 2 jours, les cumuls atteignent 200 à plus de 400 mm : 425 mm à Nîmes-mas de Ponge, 378 mm à Sainte-Anastasie, 343 mm à Uzès, 252 mm à La Rouvière.

A noter que la station météorologique de Nîmes-aérodrome de Courbessac, située à moins de 10 km du mas de Ponge n'a enregistré que 34.2 mm.

Cet épisode a aussi touché l'Ardèche et les Cévennes où les cumuls sur les 2 jours dépassent 200 mm : 243 mm à Barnas et 240 mm à Sablières (07), 220 mm à Génolhac (30), 207 mm à Vialas (48).

2.1.2.5 19 septembre 2020

Un épisode intense se produit sur les Cévennes, concernant à la marge le sud-ouest de la France.

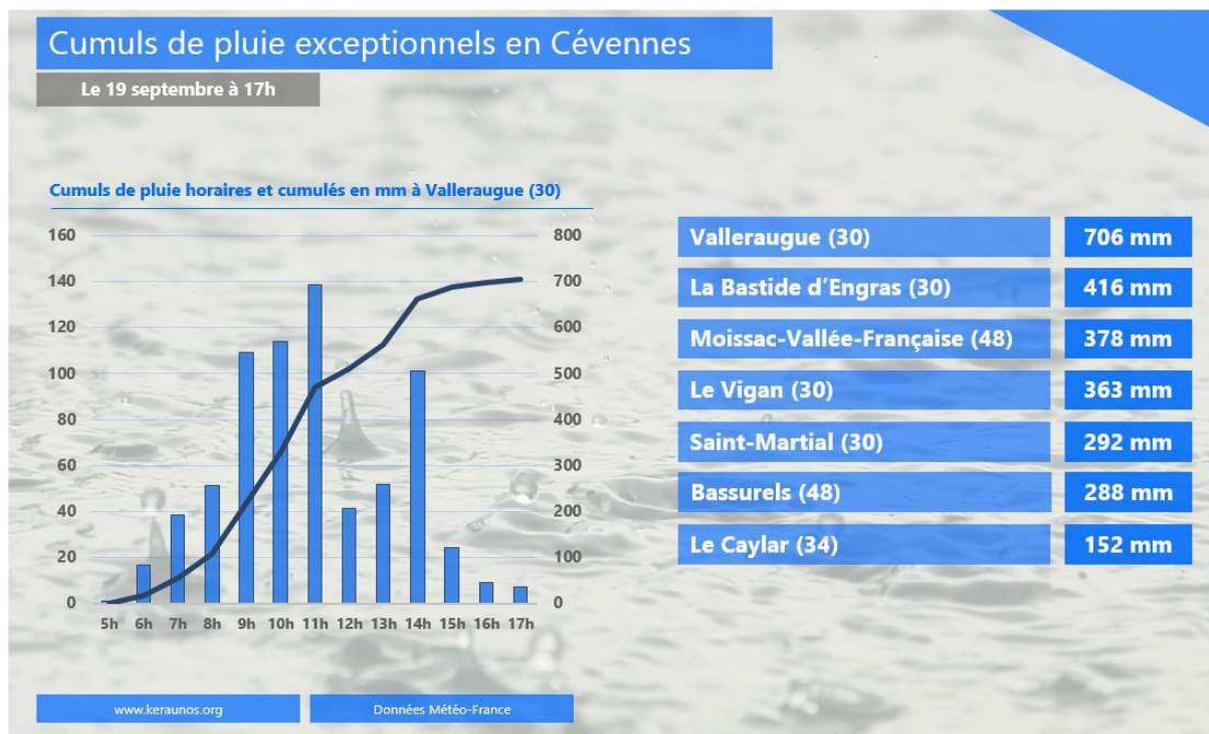
Les fortes pluies débutent le 19 septembre à 04 h UTC sur l'extrême ouest du Gard et se décalent ensuite vers les Cévennes, le nord du Gard et le sud de la Lozère. Elles cessent le 19 septembre vers 20 h UTC. Le département du Gard est placé en vigilance rouge fortes pluies-inondation.

Les cumuls du 19 septembre de 04 h à 20 h UTC, soit en 17 h, dépassent 400 mm sur le secteur Le Vigan - Mont Aigoual - Le Pont-de-Monvert - Saint-Jean-du-Gard.

La station de Valleraugue (30), appartenant au réseau SPC, indique un cumul estimé de l'ordre de 650 mm sur l'épisode.

Bien que très localisé, l'épisode cévenol du 19 septembre 2020 provoque une crue majeure de l'Hérault et du Gardon d'Anduze, qui vont monter de plusieurs mètres en seulement une à deux heures : l'Hérault, en étiage le 18 septembre, va carrément battre sa crue de 2011 en amont ; de même, le Gardon est passé de 0,70 m à Saint-Jean-du-Gard à 6 m en deux heures – soit son niveau de 2002.

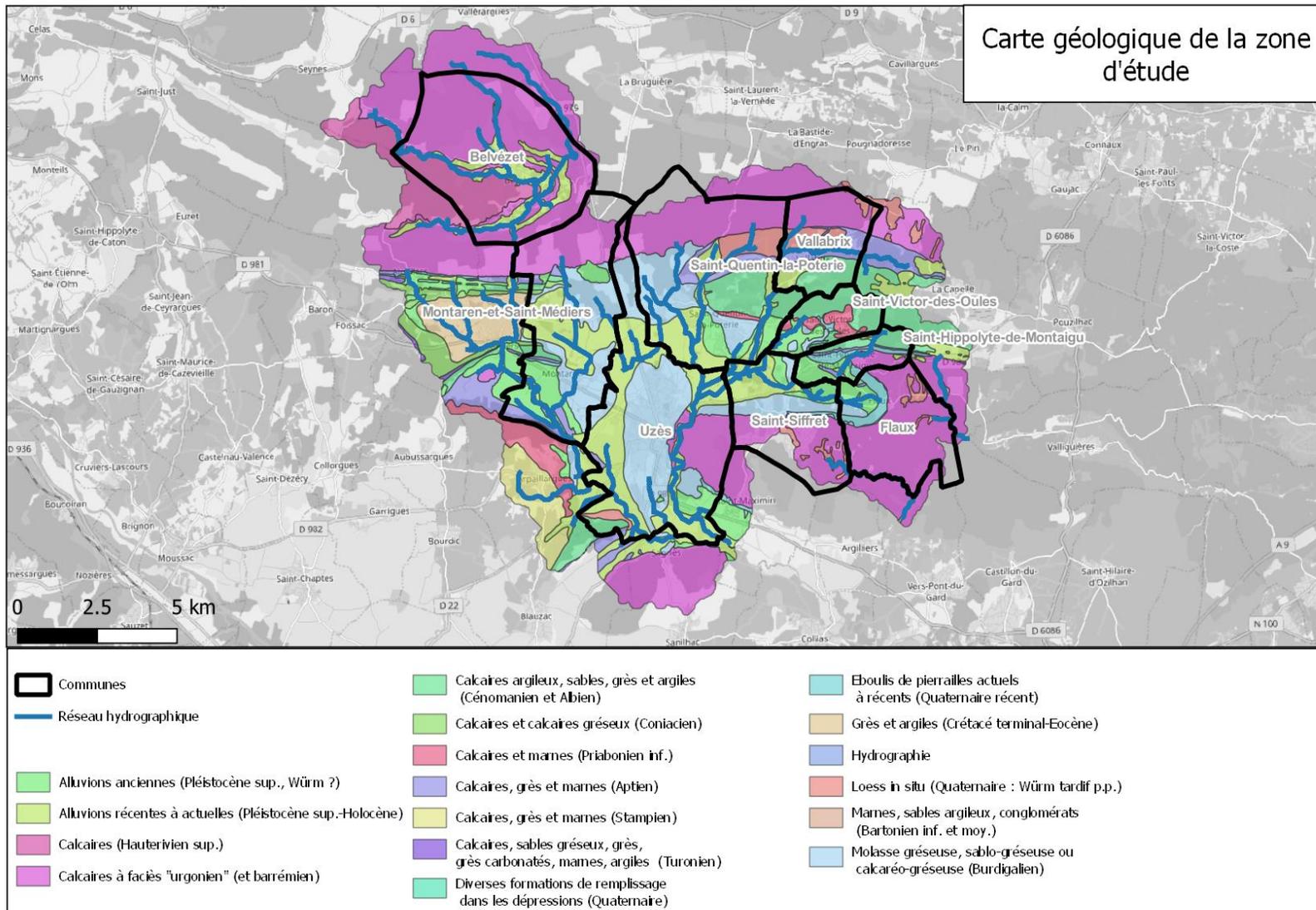
Le bilan de ces pluies sur une zone restreinte – Aigoual, région de Ganges et Laroque – alors qu'à Alès à 70 km de Valleraugue, ou à Nîmes, il ne pleuvra pas – est évalué à plusieurs millions d'euros de dégâts, tandis que deux personnes sont décédées.



2.2 GEOLOGIE

Les formations sédimentaires dominent largement le secteur, avec la présence de plateaux calcaires. Le bassin versant de l'Alzon et les Seynes et son environnement immédiat s'inscrivent dans la région naturelle du « plateau de l'Uzège » qui comporte deux unités géologiques bien distinctes :

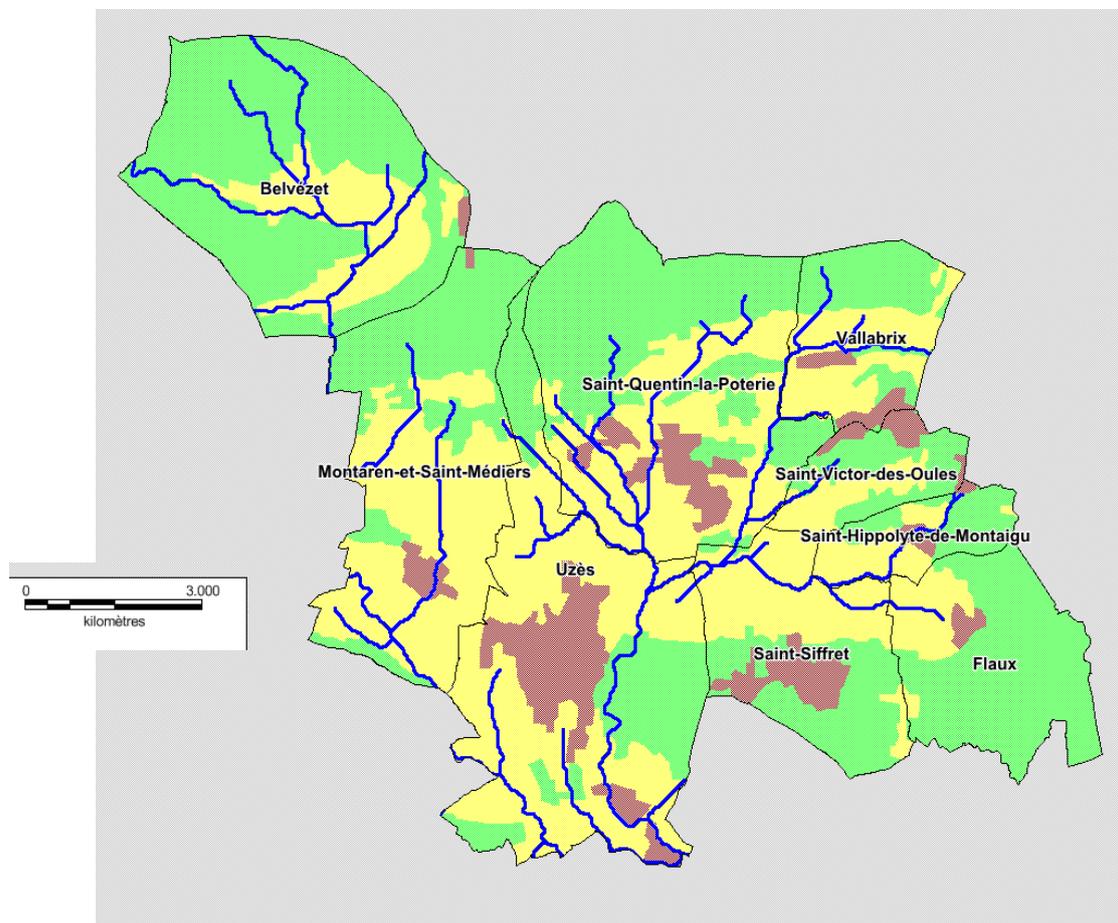
- le substratum de la partie supérieure du bassin versant se compose essentiellement de deux types de formations : gréseuses et calcaires (faciès urgonien, épaisseur de l'ordre de 300 mètres) largement karstifiées (fissuration, fracturation importante de la roche mère), ces dernières étant les plus fréquentes. Les circulations d'eaux souterraines induites donnent d'ailleurs naissance à l'Alzon et aux Seynes qui entaillent ensuite profondément les formations susmentionnées pour constituer un relief de gorges telle que les « Gorges des Seynes » en amont du hameau de Labaume. Il est à noter qu'aucune quantification de l'incidence du karst n'est actuellement disponible. Aussi, il sera considéré comme « neutre » dans le cadre de la caractérisation des aléas, c'est-à-dire qu'il ne jouera aucun rôle, et que le bassin se comportera en termes de ruissellement comme un bassin classique.
- les parties médiane et inférieure du bassin versant correspondent, du point de vue géologique, à une dépression alluviale d'origine marine (d'âge éocène) et sont occupées essentiellement par des formations marneuses (molasse marneuse), peu perméables et généralement surmontées d'alluvions anciennes et modernes à base de cailloutis et galets calcaires au sein d'une matrice argileuse.



2.3 OCCUPATION DES SOLS ET PRINCIPAUX ENJEUX

La zone d'étude présente une superficie de l'ordre de 130 km². Sur les communes concernées par le PPRI, l'occupation des sols, caractérisée par l'exploitation de Corine Land Cover, est la suivante (cartographie ci-après) :

Occupation du sol	Surface	
	km ²	%
Espaces artificialisés	10.6	8%
Espaces agricoles	56.1	43%
Espaces naturels	63.5	49%
Total	130.2	100%



Il s'agit donc d'un bassin à forte tendance rurale, puisque les espaces artificialisés couvrent moins de 10 % du territoire d'étude.

2.4 LES COURS D'EAU SUR LA ZONE D'ETUDE

2.4.1 Les cours d'eau retenus dans le cadre du PPRI

Le linéaire des cours d'eau étudiés est présenté ci-après sur les 9 communes concernées, de même que le tableau des cours d'eau principaux par commune.

Les secteurs à cheval entre ces communes et les autres communes du bassin sont systématiquement retenus. Le réseau hydrographique correspond globalement à un linéaire de l'ordre de 120 km.

Afin d'éviter un morcellement potentiellement préjudiciable des modèles hydrauliques, certains tronçons de cours d'eau, relativement courts et qui ne devaient pas faire partie de l'étude car situés en dehors des communes du périmètre d'étude, ont été tout de même retenus (il s'agit principalement des Seynes). Ils sont identifiés en rose ci-après.

De même, deux cours d'eau annexes, exclu du présent PPRI car situé sur une commune non concernée (Arpaillargues-et-Aureillac), ont été également pris en compte, leur zone inondable touchant la commune d'Uzès. A noter que ces cours d'eau ont été étudié dans le cadre du PPRI d'Arpaillargues-et-Aureillac.

Les principaux affluents et sous-affluents de l'Alzon sont les suivants :

Ruisseau du Plan, Ruisseau de la Grand-Plane, Ruisseau de Valadas, Ruisseau des Combes, Ruisseau Le Merlançon, Ruisseau des Rosselles, Valat de Valorgues, le Rieu

Les principaux affluents des Seynes en rive gauche concernés sont présentés ci-dessous :

Ruisseau de la Valoucière, Ruisseau de Coucarière, Ruisseau des Ribades, Ruisseau de Fesc, Ruisseau de Pradines, Ruisseau de la Combe des Monteils, Ruisseau de Montaren, Ruisseau de Font Froide.

Les principaux affluents des Seynes en rive droite sont les suivants :

Ruisseau d'Aigues Vives, Valat du Dévois, Ruisseau de Font Clarette, Ruisseau du Font des Bouis, Valat des Pontils.

Hors bassin Alzon-Seynes, deux combes sont concernées par la présente étude : le Grand Vallat et la Combe de Vayer, avec leurs affluents respectifs.

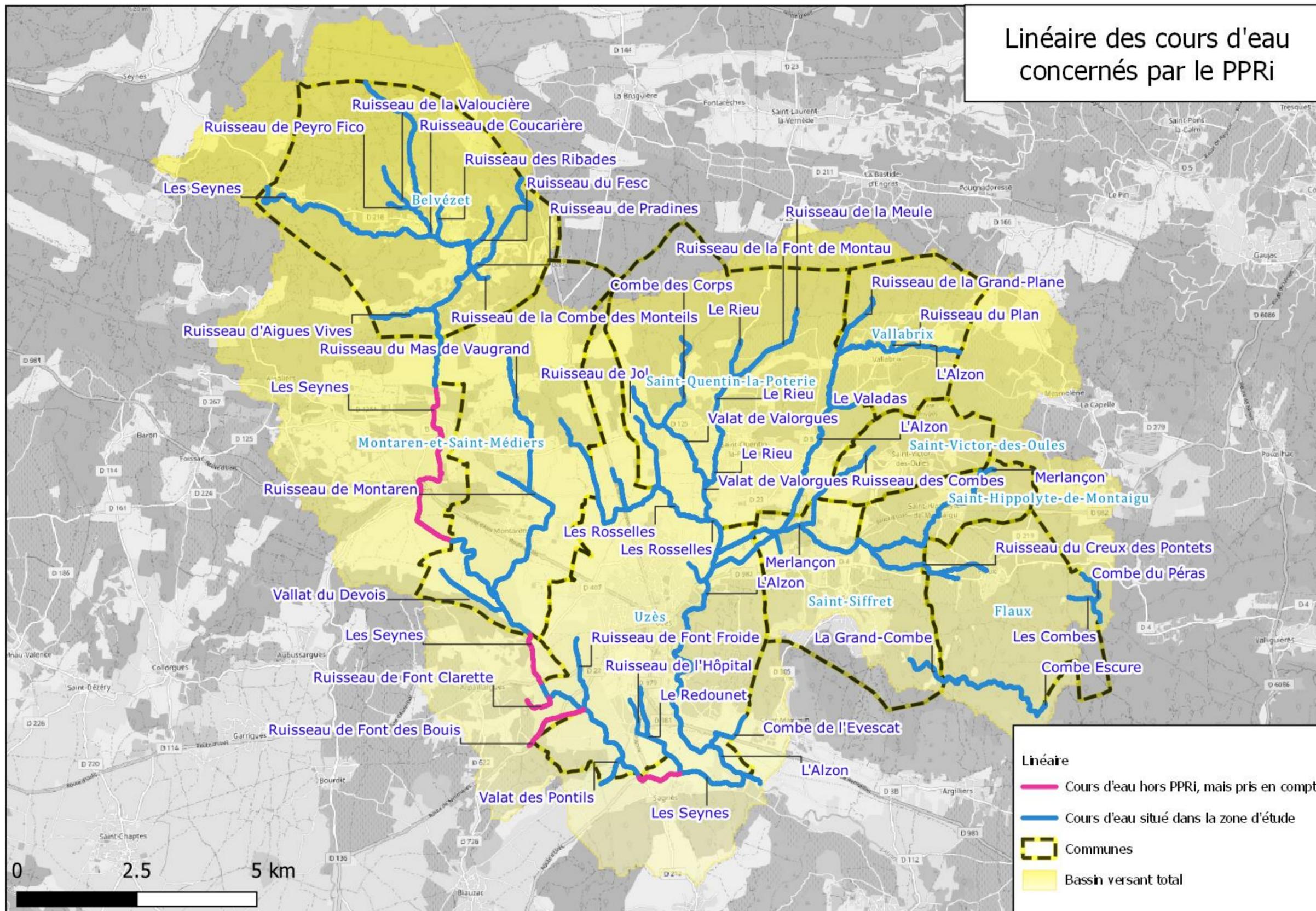


Tableau des principaux cours d'eau par communes concernées

BELVEZET	FLAUX	MONTAREN-ET-SAINTE-MEDIERS	SAINTE-HIPPOLYTE-DE-MONTAIGU	SAINTE-QUENTIN-LA-POTERIE	SAINTE-SIFFRET	SAINTE-VICTOR-LES-OULES	UZES	VALLABRIX
Les Seynes	Ruisseau du Creux des Pontets	Les Seynes	Le Merlançon	Ruisseau de la Meule	L'Alzon	Ruisseau des Combes	Les Seynes	L'Alzon
Ruisseau de la Valoucière	Les Combes	Ruisseau de Montaren		Ruisseau de la Font de Montau	Le Merlançon		Ruisseau de Font Froide	Ruisseau du Plan
Ruisseau de Coucarière	Combe Escure	Vallat du Devois		Le Rieu	Ruisseau des Combes		Le Redounet	Ruisseau de la Grand-Plane
Ruisseau des Ribades	Combe du Péras			Combe des Corps	La Grand-Combe		Ruisseau de l'Hôpital	Le Valadas
Ruisseau de Fesc	Le Merlançon			Ruisseau de Jol			Valat des Pontils	
Ruisseau de Pradines				Valat de Valorgues			Ruisseau du Font des Bouis	
Ruisseau de Peyro Fico				Les Rosselles			L'Alzon	
Ruisseau de la Combe des Monteils,				L'Alzon			Le Merlançon	
Ruisseau d'Aigues Vives							Les Rosselles	
							Combe de l'Evescat	

2.4.2 Caractéristiques générales des cours d'eau étudiés

2.4.2.1 Description naturaliste

Les têtes de bassin de l'Alzon et des Seynes sont caractérisés par des cours d'eau s'écoulant à travers la garrigue, avec un encaissement généralement important et une végétalisation conséquente du lit mineur (illustrations ci-après). Dans ces zones, le champ d'expansion est relativement restreint.



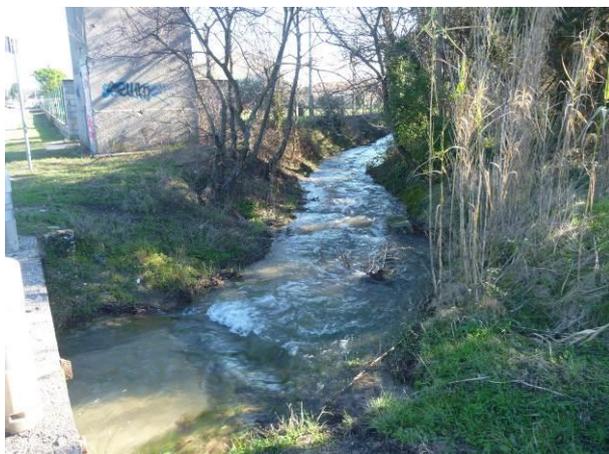
Le ruisseau de Pradines à Belvézet



Le ruisseau de Coucarière à Belvézet

En descendant vers l'aval, cet encaissement laisse rapidement place à un champ majeur plutôt agricole, occupé pour l'essentiel par la vigne. La ripisylve peut ponctuellement disparaître, remplacée par endroits par de petits merlons.

Les cours d'eau s'artificialisent de façon notable, avec des signes flagrants de recalibrage et de rectification. Par endroit, les lits mineurs ne suivent alors plus forcément la pente naturelle du terrain : on se retrouve ainsi en configuration « lit perché », avec des débordements qui ne reviennent pas forcément dans le cours d'eau, ou alors bien plus à l'aval.



Valat de Valorgues à St-Quentin-la-Poterie



L'Alzon à Vallabrix

Passés les premiers contreforts, les cours d'eau du bassin de l'Alzon s'ouvrent alors sur une vaste zone de plaine, dont St-Quentin-la-Poterie constitue la limite nord, et Uzès la limite sud.

Ce secteur, d'occupation principalement agricole avec la présence de nombreux mas, est marqué par un important réseau de drains et petits cours d'eau, dont l'Alzon constitue le principal exutoire avant Uzès. C'est sur ce secteur que le champ d'inondation apparaît le plus important, atteignant plusieurs km de large.



L'Alzon en amont d'Uzès



Le ruisseau des Rosselles au Mas de la Rivière

La plaine se resserre à l'amont d'Uzès, où le lit de l'Alzon devient beaucoup plus encaissé. Le cours d'eau s'élargit à nouveau à l'aval de l'agglomération, avant de confluer avec les Seynes.



L'Alzon en aval d'Uzès



Les Seynes en amont de la confluence avec l'Alzon

Sur le bassin des Seynes, la configuration est de façon générale semblable à celle de l'Alzon, avec des cours d'eau qui débouchent sur la vaste plaine drainée par les Seynes. Cependant, le réseau hydrographique apparaît moins dense.

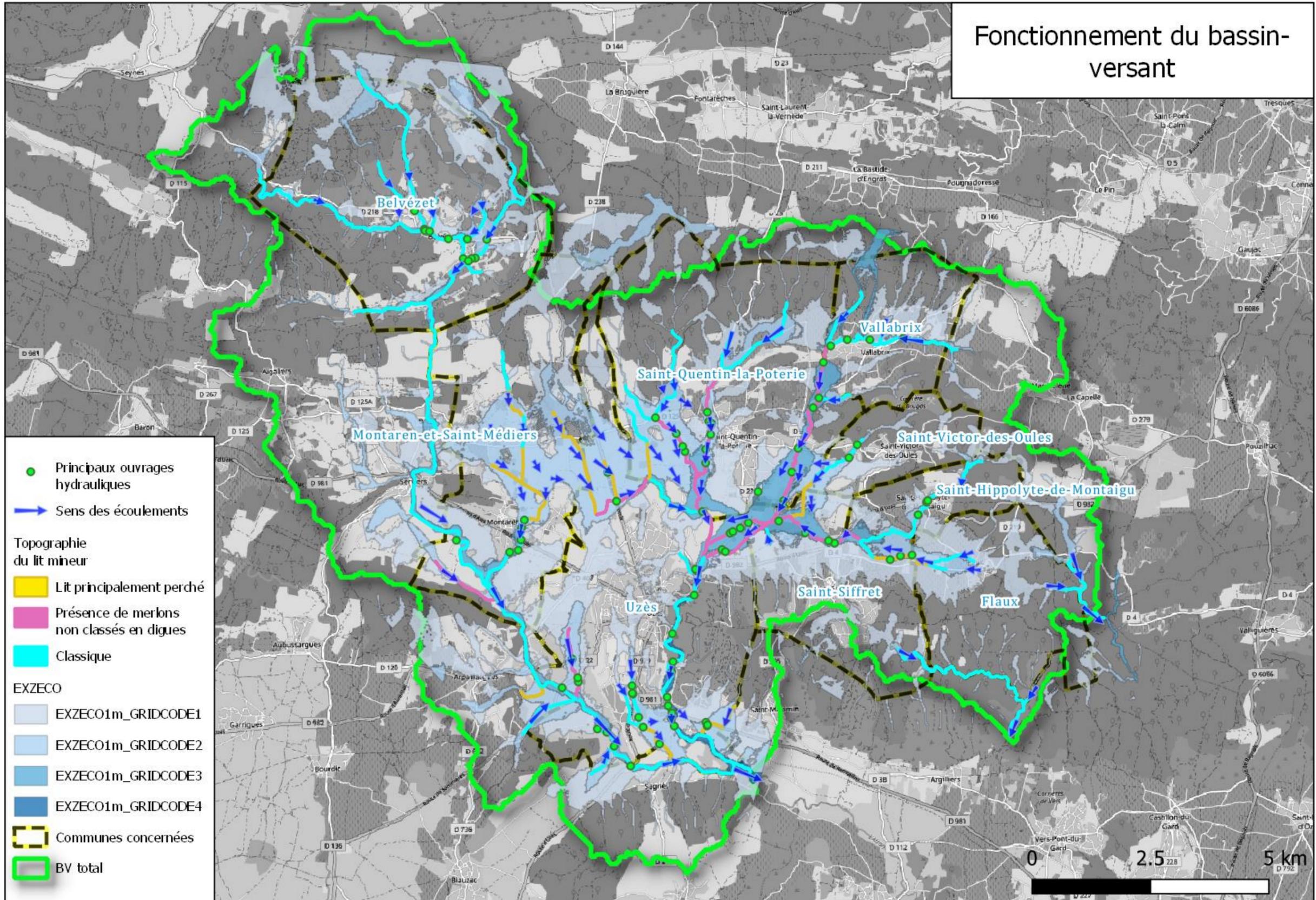
A l'échelle de la zone d'étude, et en l'absence de digue classée de protection et de remblai ferroviaire ou routier majeur, il n'y a pas d'élément structurant important ayant une réelle incidence sur l'emprise des zones inondables, même si de nombreux ouvrages présents (ponts, remblais d'infrastructures notamment) peuvent provoquer potentiellement un exhaussement local de la ligne d'eau.

2.4.2.2 Fonctionnement hydraulique général

Une cartographie synthétique est présentée ci-après. Elle permet d'avoir une idée qualitative du fonctionnement hydraulique à l'échelle de la zone d'étude, en croisant plusieurs sources d'information :

- La cartographie EXZECO, caractérisant les zones inondables potentielles par ruissellement et inondation ;
- Le sens des écoulements, défini sur la base de la topographie du terrain naturel ;
- Les caractéristiques des lits mineurs : perché ou marqué par la présence de merlons non classés en tant que digues, identifiés principalement sur la base de la topographie disponible.

Fonctionnement du bassin-versant

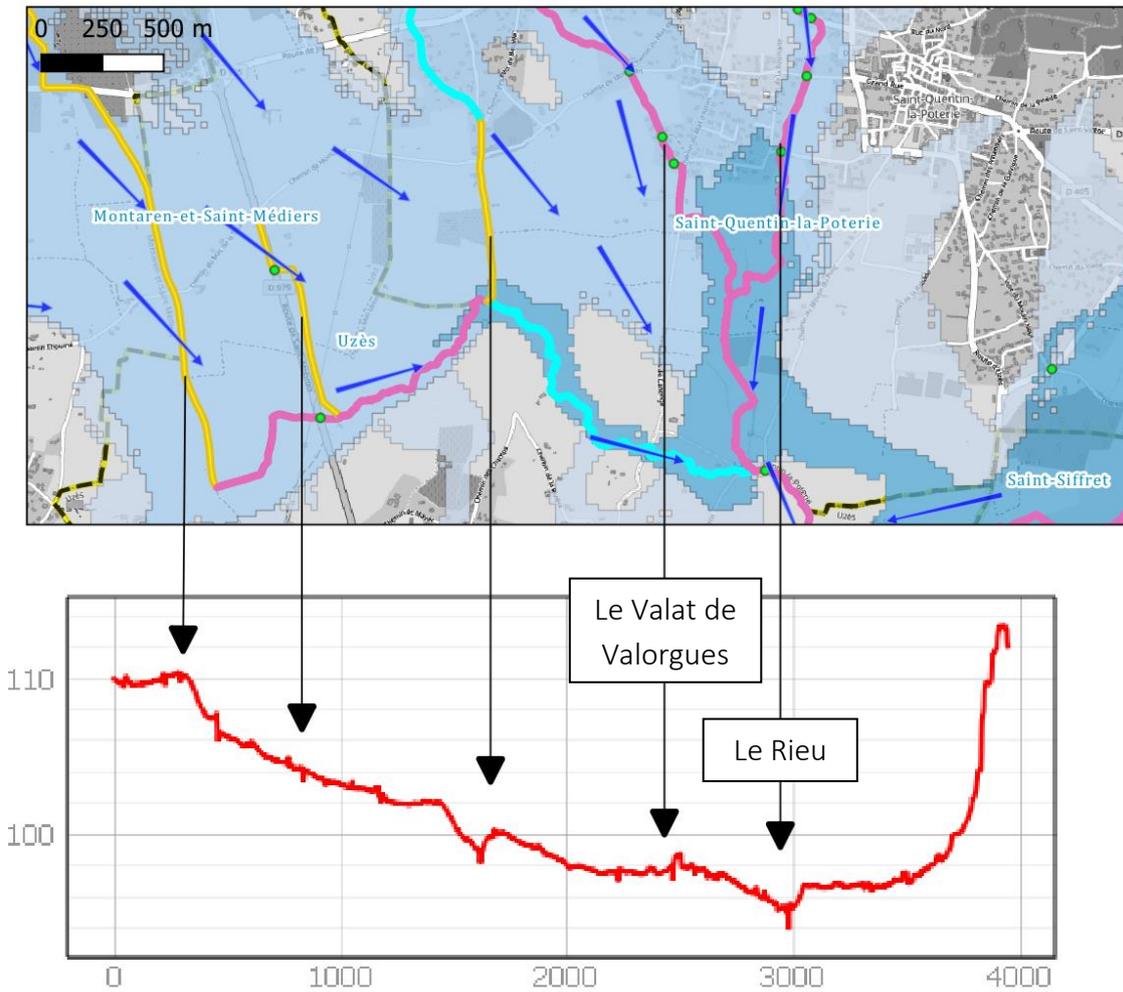


De façon générale, les parties amont, relativement encaissées, présentent un fonctionnement classique, avec des zones inondables bien individualisées par cours d'eau et relativement circonscrites.

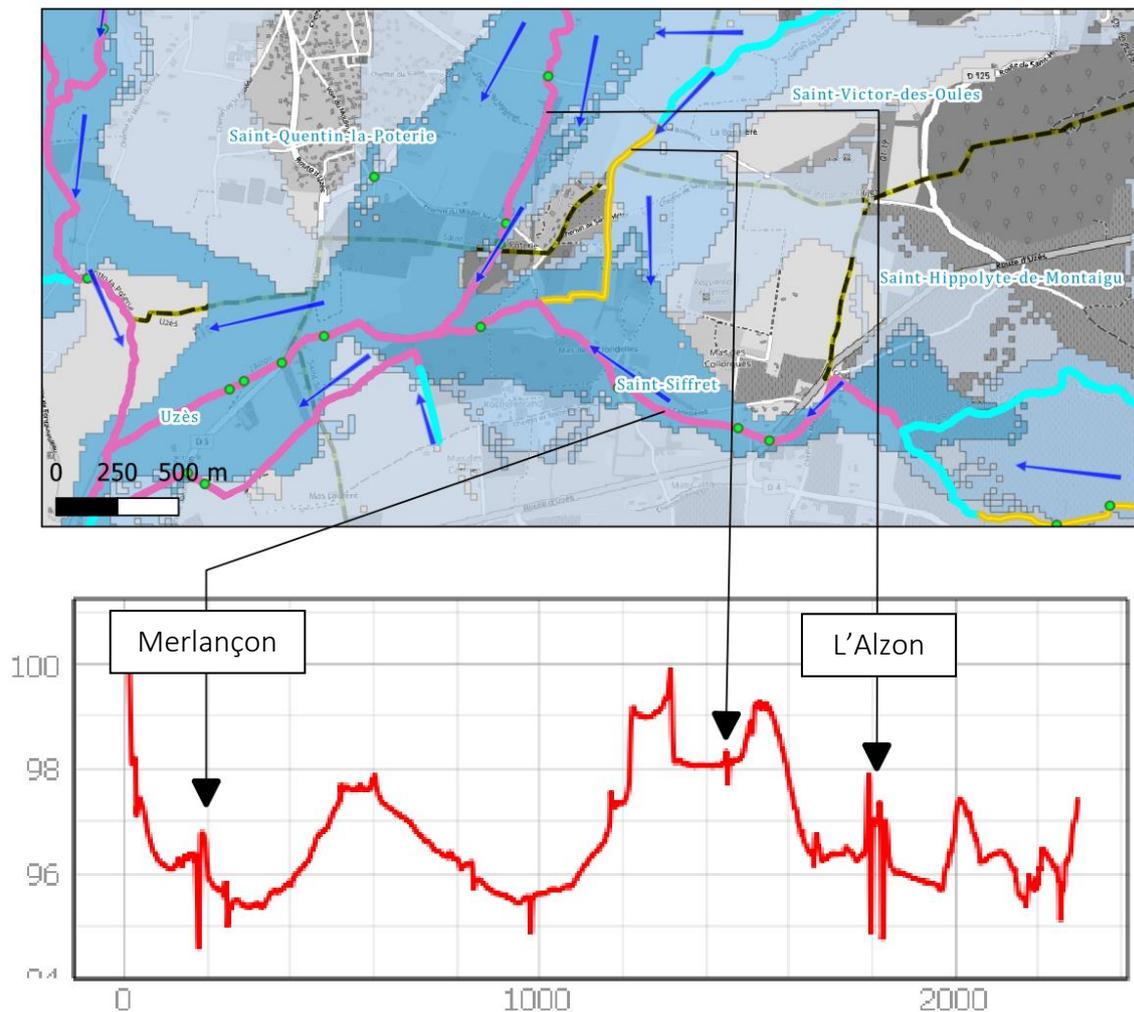
A l'aval, lorsque l'on débouche sur la plaine agricole, l'artificialisation est notable, avec des cours d'eau généralement perchés ou endigués, ce qui peut induire potentiellement une déconnexion hydraulique entre les différentes composantes de la zone inondable (champ majeur rive gauche, lit mineur et champ majeur rive droite), voire des échanges entre cours d'eau/bassin.

Pour illustrer ce propos, deux exemples de fonctionnement en crue :

- Exemple 1 - La plaine de Saint-Quentin-la-Poterie : dans cette plaine, les cours d'eau, fortement anthropisés, ne coulent pas forcément selon la pente du TN, et se retrouvent donc perchés, comme le montre le profil en travers pris au droit de la zone. Le corolaire est non seulement une déconnexion hydraulique lit mineur-champ majeur, mais également des débordements qui, une fois sortis du lit, vont s'écouler vers l'est et ne plus rejoindre le cours d'eau dont ils sont originaires. La zone inondable est donc très étendue.
- Exemple 2 - La plaine de l'Alzon et du Merlançon : ici, les lits mineurs sont généralement endigués, avec la présence de merlons plus ou moins hauts. Les cours d'eau ont également été rectifiés et déviés, ne s'écoulant plus forcément au niveau des points bas topographiques : on aura donc généralement une déconnexion hydraulique entre le lit mineur et le champ majeur, avec des débordements ne revenant que tardivement dans le cours d'eau. La zone inondable est ici également très large.



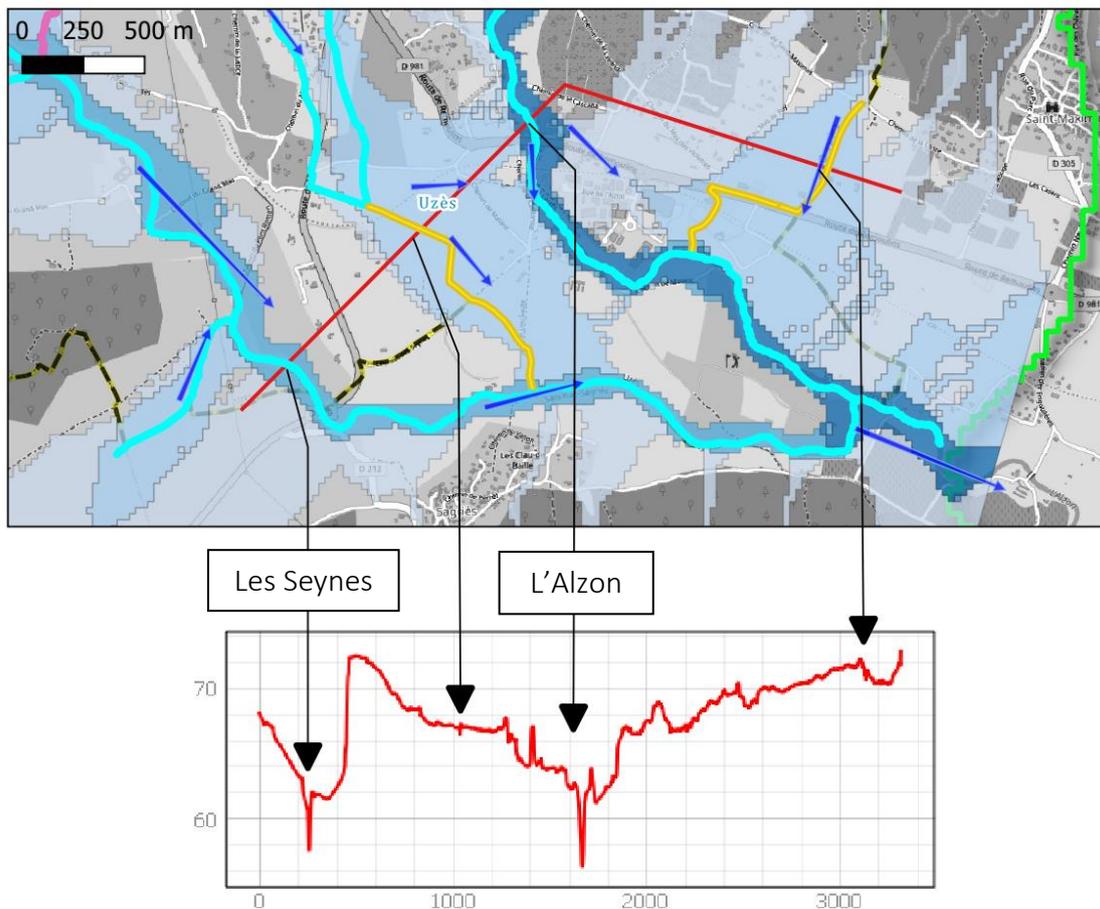
Exemple 1 - La plaine de Saint-Quentin-la-Poterie



Exemple 2 - La plaine de l'Alzon et du Merlançon

A l'aval (exemple 3) et avec un encaissement plus marqué, le fonctionnement hydraulique des cours principaux (Alzon et Seynes) devient plus homogène, avec une diminution de l'emprise des zones inondables et généralement l'absence de déconnexion hydraulique lit mineur-champ majeur (excepté sur l'Alzon, au niveau de la zone de l'usine Haribo, en rive gauche).

Par contre, les affluents secondaires demeurent très artificialisés (recalibrage, dérivation), avec des zones inondables potentiellement très larges par rapport à la superficie drainée, traduisant des écoulements plutôt en nappes et fortement divergents.



Exemple 3 - Partie aval – confluence Alzon/Seynes

2.4.2.3 Description des enjeux

Les principales zones à enjeux potentiellement inondables, et localisées ci-après, sont les suivantes :

- Partie aval d'Uzès, notamment au niveau du Pont des Charrettes, sur l'Alzon (1),
- La traversée de Montaren-et-St-Médiars, par le ruisseau de Montaren (2),
- Les hameaux de Belvézet et du Mas de l'Ancienne Eglise, concernés par les Seynes (3),
- La partie ouest du bourg de St-Quentin-la-Poterie, potentiellement inondé par le Rieu (4),
- Le village de St-Hippolyte-de-Montaigu, traversé par le Merlançon (5),
- La vaste zone de plaine comprise entre Uzès au sud, et St-Quentin-la-Poterie au nord, parcourue par l'Alzon et de nombreux drains, et constellée de mas (6).

Quelques illustrations des configurations rencontrées en zones sensibles sont présentées par la suite.



Les Seynes à Belvézet



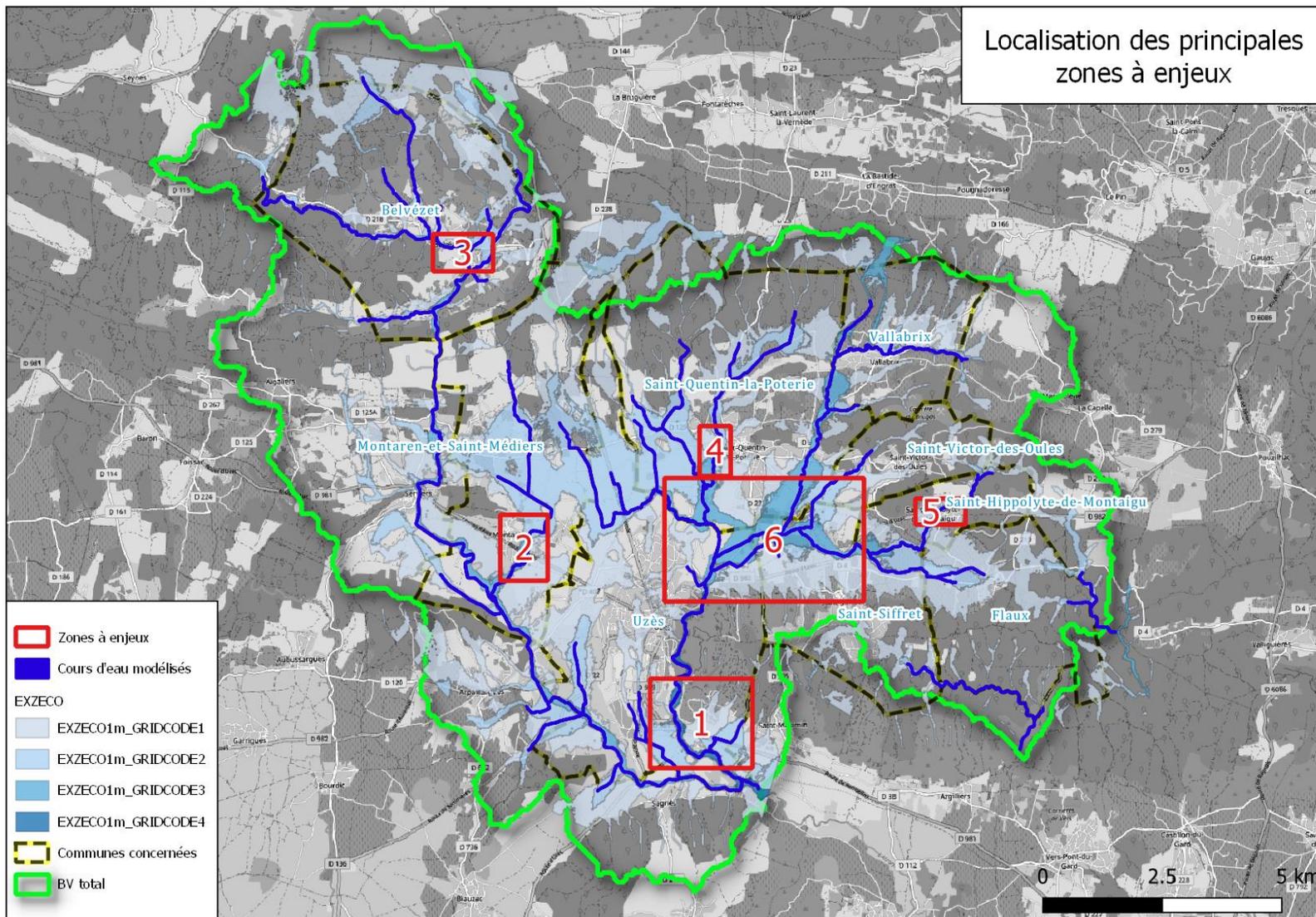
Le ruisseau de Montaren à Montaren-et-St-Médiers



le Rieu à St-Quentin-la-Poterie



le Merlançon à St-Hippolyte-de-Montaigu



2.5 ENTRETIEN AVEC LES COMMUNES

Dans le cadre du PPRI, les communes concernées ont fait l'objet d'une rencontre sur la période 2015-2017. Les fiches synthétiques concernant ces rencontres sont présentées en annexe 1.

De façon générale, il ressort que :

- 2/3 des communes considèrent que les problématiques inondation et ruissellement sont faibles à modérées sur leur territoire ;
- Les deux épisodes marquants sont 2002 et 2014, restés dans les mémoires ;
- 7 communes font mention de moins d'une dizaine d'enjeux concernés par le risque inondation, seules Uzès et St-Quentin-la-Poterie ayant un nombre important de bâtiments touchés ;
- Il y a très peu d'études quantifiant le risque inondation, à part sur les communes de St-Quentin-la-Poterie et Saint-Siffret ;
- Très peu de communes disposent d'outils de prévention et d'alerte (un unique PCS sur le périmètre d'étude lors de la réalisation des entretiens) ;
- Il n'y a aucun ouvrage classés de protection contre les crues sur le territoire ;
- Selon les communes, très peu de projets sont susceptibles d'être impactés par les PPRI.

2.6 LES PRINCIPAUX EPISODES HISTORIQUES SUR LE BASSIN

2.6.1 Recensement

D'après nos enquêtes, les 2 principales dates répertoriées par les communes sont les suivantes :

Date
8 et 9 septembre 2002
9 et 10 octobre 2014

D'autres épisodes a priori moins notables ont eu lieu, mais ils ont sans doute provoqué beaucoup moins de dommages. Ils ne seront donc pas analysés par la suite.

A noter également la présence de repères pour 3 crues anciennes sur la partie aval de l'Alzon, dans la vallée de l'Eure (1634, 1780 et 1789).

2.6.2 Caractéristiques générales

2.6.2.1 Episode des 8 et 9 septembre 2002

Les crues torrentielles des 8 et 9 septembre 2002 ont durement frappé le bassin versant. L'ensemble des communes concernées par la présente étude ont demandé et obtenu l'état de catastrophe naturelle.

Sur le bassin-versant Alzon-Seynes ou à proximité immédiate, on relève notamment :

- le 8/09/2002
 - o 329 mm à Uzès
 - o 350 mm à Saint-Siffret,
- Le 9/09/2002
 - o 77 mm à Uzès
 - o 120 mm à Saint-Siffret.

2.6.2.2 Episode des 9 et 10 octobre 2014

Cet épisode a concerné principalement la partie sud du bassin, avec une crue majeure du Merlançon et de l'Alzon. Les niveaux d'eau sur la partie aval de l'Alzon sont comparables à ceux de 2002.

Des phénomènes de ruissellement très importants ont également été observés, notamment sur la commune de Flaux, provoquant des dégâts très importants, plus particulièrement sur la voirie.



Exemple de dégâts sur la voirie au niveau de Flaux

Les communes ayant fait l'objet d'un arrêté CATNAT sont les suivantes :

FLAUX
SAINT HIPPOLYTE DE MONTAIGU
SAINT QUENTIN LA POTERIE
SAINT SIFFRET
SAINT VICTOR DES OULES
UZES

A la station automatique Météo France d'Uzès (30), on a mesuré 334 mm en 12 h dont : 127 mm en 2 h, 82.5 mm en 1 h, 47.9 mm en 30 min.

Sur la partie aval du bassin de l'Alzon, cet épisode, bien que d'ampleur similaire à 2002, a cependant plus marqué les esprits.

3. ANALYSE HYDROLOGIQUE

3.1 PREAMBULE

Le principe de l'analyse hydrologique consiste en la mise en œuvre d'un modèle pluie-débit basé sur une fonction de production et une fonction de transfert. Elle sert notamment à la définition de l'événement de référence, qui est soit centennal, soit historique, si supérieur à celui centennal.

Les investigations menées dans le cadre de l'étude et l'analyse du fonctionnement hydraulique à l'échelle du bassin mettent en avant une grande variété au niveau typologie et fonctionnement des cours d'eau, plus particulièrement ceux drainant de petites superficies (< 10 km²) :

- Sur les secteurs amont (rectangles verts dans la cartographie ci-dessous), et au sortir des zones de plateaux calcaires, les cours d'eau sont plutôt encaissés à très encaissés, et présentent des pentes potentiellement très fortes et un gabarit peu artificialisé ;
- Au débouché dans la plaine alluviale (rectangles rouges), les cours d'eau s'anthropisent fortement, avec la présence de merlons, de tronçons recalibrés et/ou déviés, et qui ne suivent pas forcément la pente du terrain naturel. La pente diminue et le champ d'expansion associé aux débordements est potentiellement très conséquent, avec des échanges inter-cours d'eau, voire inter-bassins ; sur ces secteurs, la détermination des limites des bassins versants s'avère complexe ;
- Plus à l'aval de la zone d'étude (rectangle bleu), les cours d'eau s'encaissent à nouveau, parfois de façon significative comme sur l'Alzon.

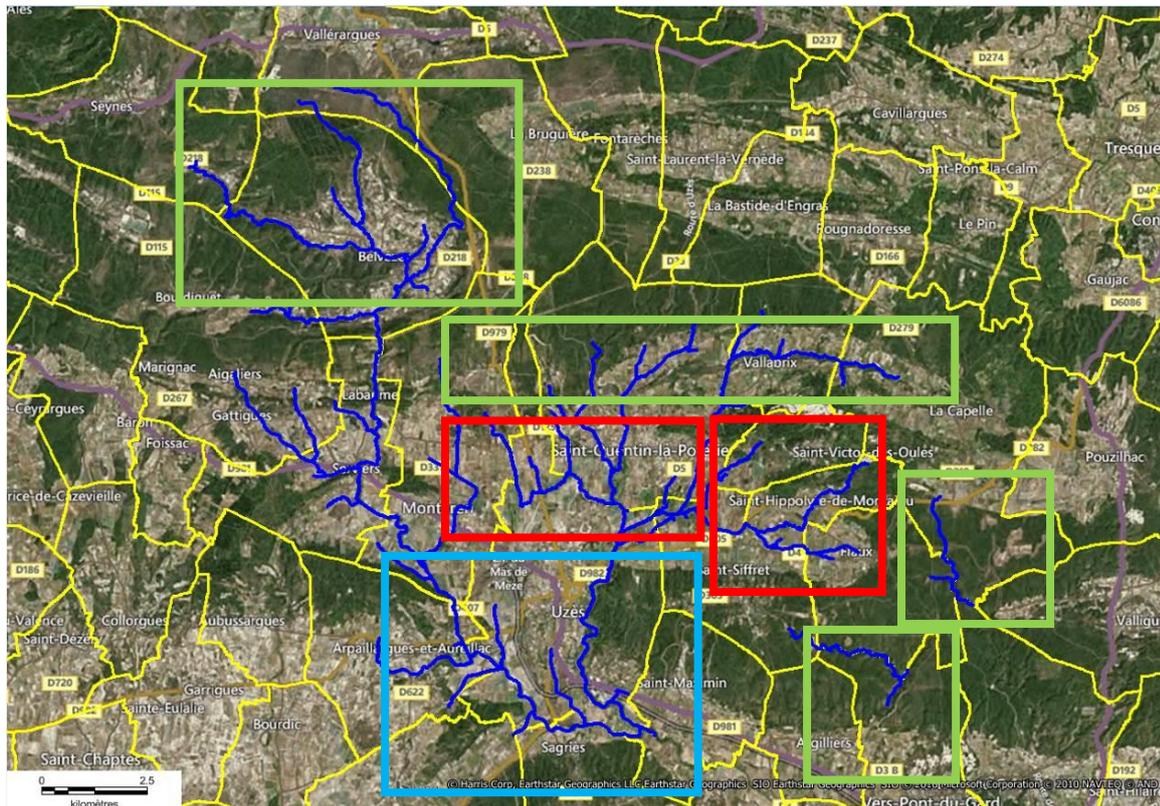


Figure 1 : Localisation des typologies des cours d'eau sur la zone d'étude

La forme des bassins versants associés est également très variée, ce qui va se traduire par une réponse et un fonctionnement potentiellement largement différent à taille de bassin équivalente. Ceci sera particulièrement flagrant pour les petits bassins.

Afin de prendre en compte la multiplicité des fonctionnements des petits bassins, et les phénomènes hydrauliques afférents (laminage lié à l'expansion importante, échanges inter-bassin, dissociation des écoulements lit mineur-champ majeur,...), nous avons choisi une approche hydrologique de type déterministe basée sur une modélisation hydraulique 2D des écoulements à large échelle pour la crue de référence.

3.2 LA PLUVIOMETRIE SUR LA ZONE D'ETUDE

3.2.1 La pluviométrie de référence

En l'absence de poste pluviographique exploitable sur notre zone d'étude, les données de Nîmes-Courbessac, station de référence dans le Gard et représentative du secteur d'étude, serviront de base pour l'analyse hydrologique. Ces données, obtenues sur la base des résultats de la méthode du renouvellement, sont explicitées ci-après pour la période 1964-2014.

Pluviométrie de référence : Nîmes-Courbessac													
Intensité (mm/h) et Hauteur (mm) des précipitations		Période de retour (année)											
		2		5		10		20		50		100	
		mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm	mm/h	mm
durée (heures)	0.25	69.7	17	95.7	24	113.1	28	129.0	32	149.6	37	165.5	41
	0.5	51.9	26	72.8	36	86.7	43	99.7	50	113.1	57	128.1	64
	1	36.7	37	53.8	54	67.4	67	77.0	77	85.5	85	99.2	99
	2	21.7	43	31.7	63	40.4	81	52.4	105	64.6	129	76.8	154
	4	12.8	51	18.7	75	24.3	97	31.2	125	48.8	195	59.4	238
	6	9.4	56	13.7	82	18.0	108	23.0	138	35.3	212	45.4	272
	12	5.5	66	8.1	97	10.8	130	13.7	164	19.1	229	24.1	289
	24	3.3	78	4.7	114	6.5	155	8.1	195	10.3	248	12.8	307

3.2.2 Les épisodes historiques sur la zone

Sur la base des lames d'eau radar fournies par le SPC-GD, les deux derniers épisodes majeurs en date (2002 et 2014) ont été analysés au niveau pluviométrique en comparant les cumuls observés pour différentes durées avec les données de la station de Nîmes-Courbessac.

Pour cela, la zone d'étude a été découpée en plusieurs secteurs, qui correspondent à des bassins-versants de superficie variable (points 1 à 6). L'idée est d'avoir un ordre de grandeur des cumuls observés moyens, de leur période de retour associée, ainsi que de leur variabilité spatiale.

Les cumuls totaux pour les épisodes sont présentés en suivant.

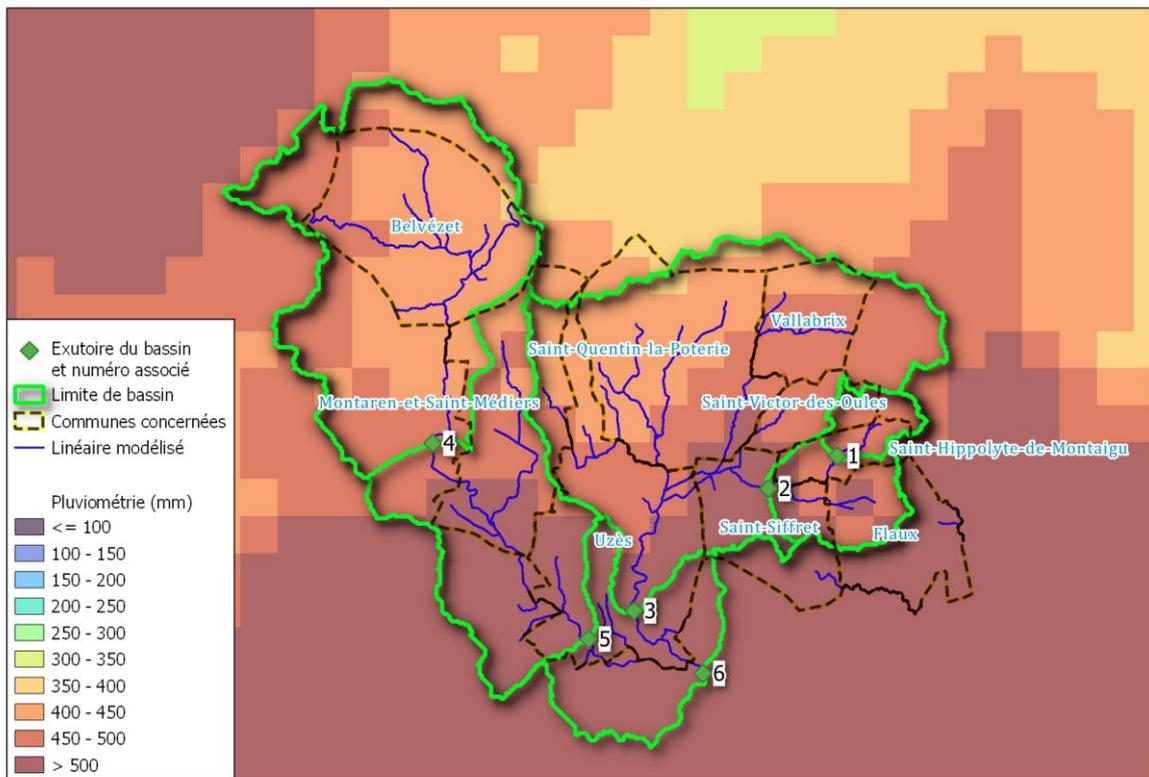


Figure 2 : Cumuls radar observés lors de l'épisode de septembre 2002 (8/09-7h - 9/09-17h)

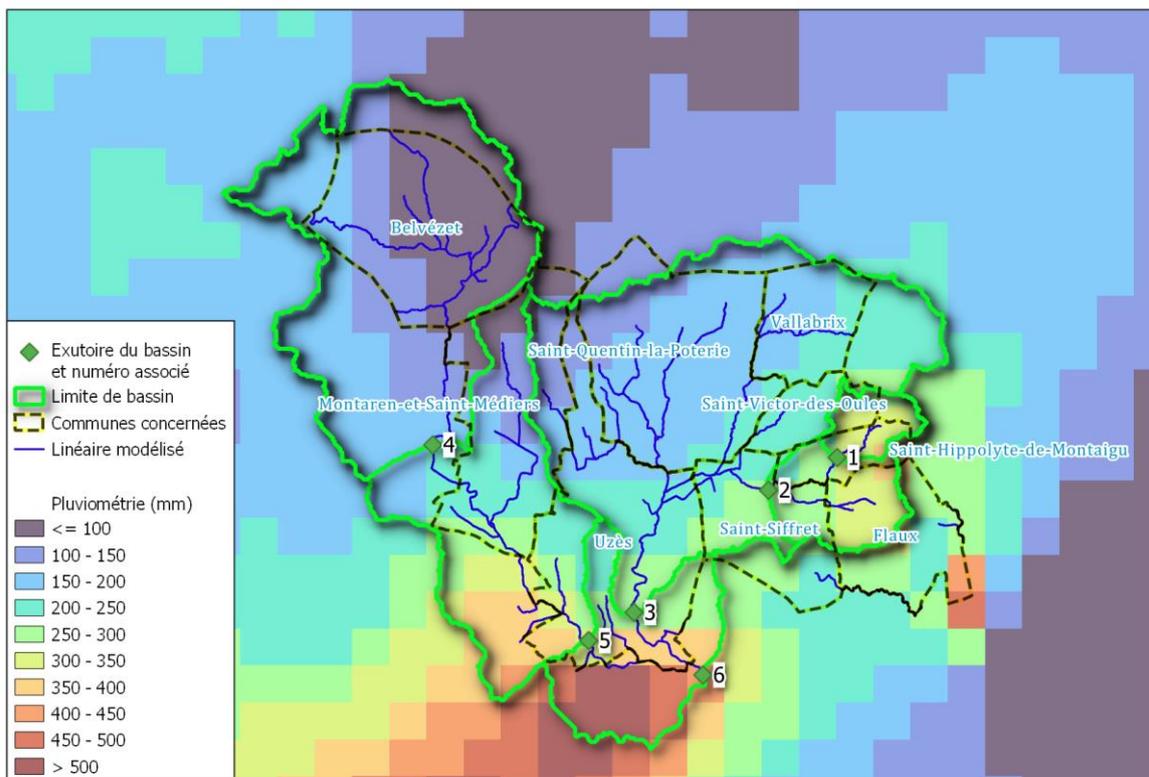


Figure 3 : Cumuls radar observés lors de l'épisode d'octobre 2014 (8/10-4h - 10/10-3h15)

Cumul en mm sur différentes durées pour l'épisode de 2002										
Nom	N°	S (km ²)	Durée analysée (h)							
			0.5	1	2	4	6	12	24	Totale
Merlançon_amont	1	3.9	56	72	127	167	213	299	464	469
Merlançon_aval	2	11.8	53	68	124	167	220	310	476	482
Alzon_aval	3	77.0	42	72	128	158	208	292	457	464
Seynes_amont	4	53.9	37	55	94	129	161	304	429	434
Seynes_aval	5	82.2	29	47	88	123	140	269	455	460
BV_Total	6	174.4	28	52	93	122	165	280	468	474

Légende période de retour atteinte ou dépassée (ans)

2
5
10
20
30
50
100

Cumul en mm sur différentes durées pour l'épisode de 2014										
Nom	N°	S (km ²)	Durée analysée (h)							
			0.5	1	2	4	6	12	24	Totale
Merlançon_amont	1	3.9	38	72	132	182	208	263	268	292
Merlançon_aval	2	11.8	35	65	116	170	200	265	270	296
Alzon_aval	3	77.0	18	35	65	101	128	175	188	206
Seynes_amont	4	53.9	18	31	43	45	51	83	113	120
Seynes_aval	5	82.2	15	22	40	63	77	124	156	165
BV_Total	6	174.4	14	28	53	89	115	165	188	203

Légende période de retour atteinte ou dépassée (ans)

2
5
10
20
30
50
100

Il est à noter que les lames d'eau relevées au niveau des postes pluviométriques sur le bassin ou à proximité immédiate peuvent sensiblement différer des valeurs issues du radar.

Station	Situation	Observation au sol (mm)		Lame d'eau Radar (mm)		Différentiel	
		2002	2014	2002	2014	2002	2014
Uzès (Station MF)	Sur le bassin	406	334	578	323	42%	-3%
La Bruguière (Station SPC)	Hors-bassin mais située à - de 10 km	364	96	393	88	8%	-8%

Si les écarts pour 2014 sont faibles, ils sont parfois plus importants pour 2002. Il est donc probable que pour ce dernier épisode, les valeurs caractérisées précédemment soient localement surévaluées. Cependant, en l'absence d'éléments plus précis, aucune réévaluation ne sera réalisée et les valeurs seront exploitées telles quelles, leur ordre de grandeur, même potentiellement entachées d'une erreur, étant suffisamment hors normes pour justifier leur analyse et leur prise en compte pour la caractérisation de l'épisode.

On constate que les deux épisodes sont relativement différents de par leur étendue spatiale : si 2002 présente une pluviométrie totale généralisée potentiellement supérieure à 350 – 400 mm sur l'ensemble du bassin étudié, 2014 n'a concerné principalement que la partie Est

et Sud de la zone, et plus particulièrement le bassin versant du Merlançon sur notre secteur d'étude.

Pour les deux épisodes, si les cumuls peuvent être très importants sur de longues durées, atteignant ou dépassant l'occurrence cinquantennale ou centennale de façon ponctuelle ou généralisée, les valeurs pour des durées inférieures à 6 h - durées correspondant a priori aux temps de réponse des bassins-versants sur notre zone d'étude -, présentent généralement des période de retour plus faibles, hors particularité locale (sur le Merlançon amont pour 2014, par exemple) : sur le plan pluviométrique, ces épisodes ne constituent donc pas les références pour toutes les durées de pluies à l'échelle du bassin. On notera également que l'essentiel des précipitations s'observent sur 24 h, voire moins.

Au niveau réponse hydrologique, et même si les crues observées ont été significatives, voire très fortes ponctuellement, ces épisodes ne devraient pas constituer les références sur l'ensemble du bassin, les cumuls caractérisés demeurant inférieurs à la valeur centennale pour les durées des temps de réponse de la majorité des bassins.

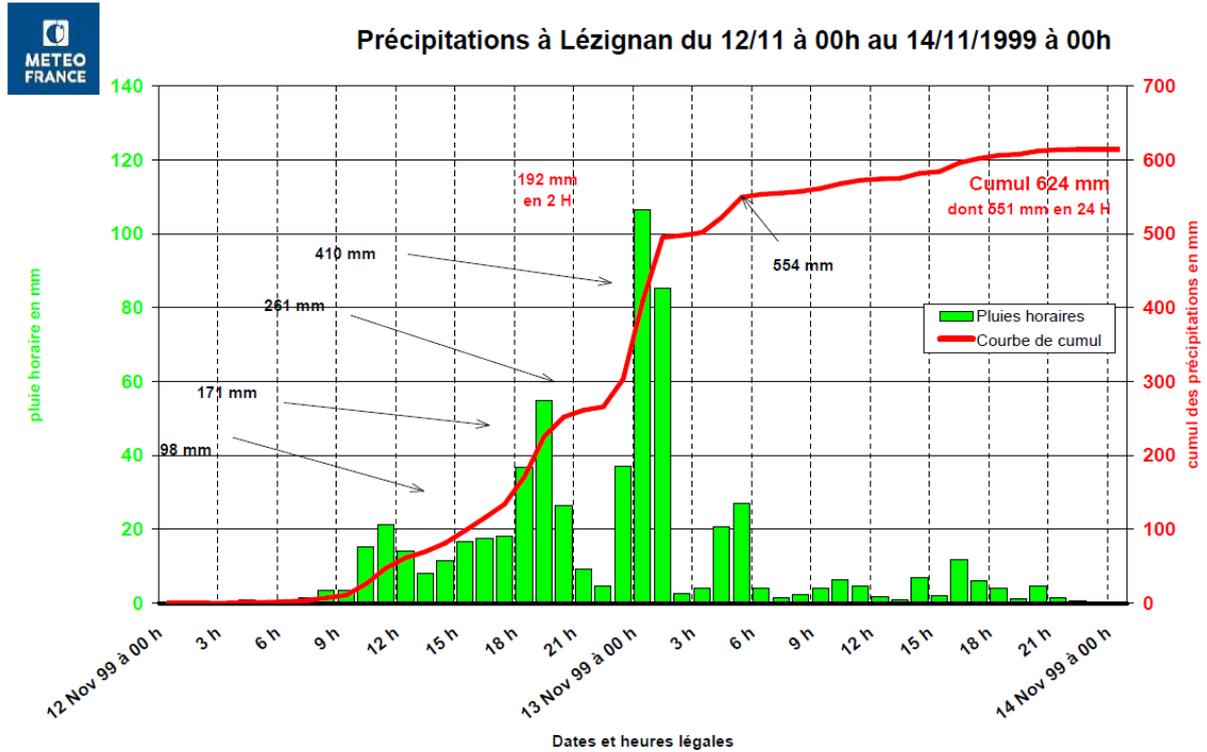
Une des différences principales entre les deux épisodes est l'humidité antérieure des sols : en effet, si pour 2002, l'épisode s'est déroulé sur des sols plutôt en conditions dites « moyennes » ou « normales » (pas d'épisode pluvieux notable avant), 2014 a eu lieu après une série d'épisodes pluvieux significatifs sur la région (notamment à mi-septembre, avec plus de 100 mm sur Uzès), qui ont probablement eu pour effet de diminuer la capacité d'absorption des sols. Couplé avec des cumuls significatifs, ceci explique sans doute la forte réaction du Merlançon dans sa globalité et de la partie aval de l'Alzon pour cette crue, avec des niveaux d'eau légèrement supérieurs à ceux de 2002 sur ce dernier secteur, et ce, alors que les cumuls globaux sont généralement inférieurs.

3.2.3 Choix concernant la pluie de projet

Afin de choisir la pluie de projet la plus adaptée à notre problématique, plusieurs exemples de hyétogrammes sont présentés pour différents épisodes parmi les plus marquants et les plus dommageables sur l'arc méditerranéen (notamment pour 2002 et 2014 sur les secteurs les plus touchés dans le Gard).

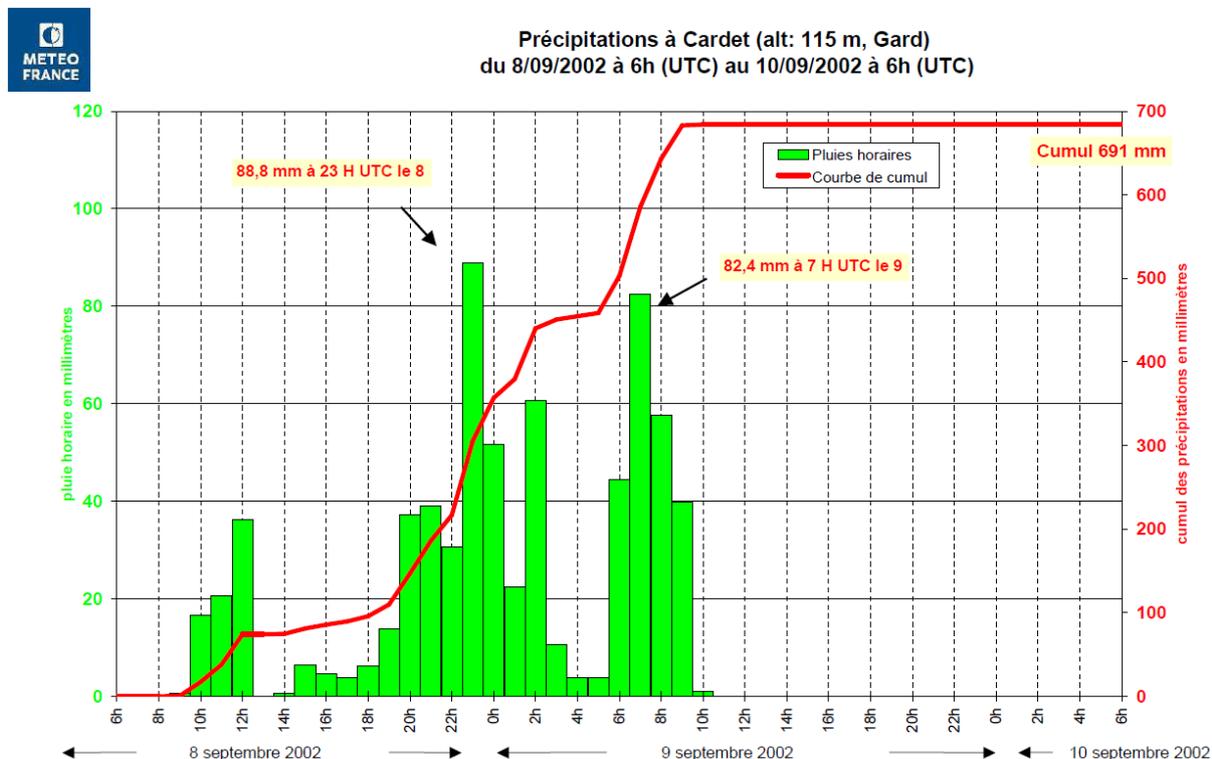
Pour une durée donnée, sont caractérisées à chaque fois la part du volume précipité pour cette durée par rapport au cumul total, ainsi que la période de retour dépassée suivant les statistiques locales.

Aude – novembre 1999



Synthèse							
Durée (h)	1	2	4	6	12	24	CUMUL TOTAL (mm)
Hauteur maximale sur la durée considérée (mm)	108	192	235	270	427	556	624
% par rapport au cumul total	17%	31%	38%	43%	68%	89%	
Occurrence dépassée (ans)	100	100	100	100	100	100	

Gard – septembre 2002

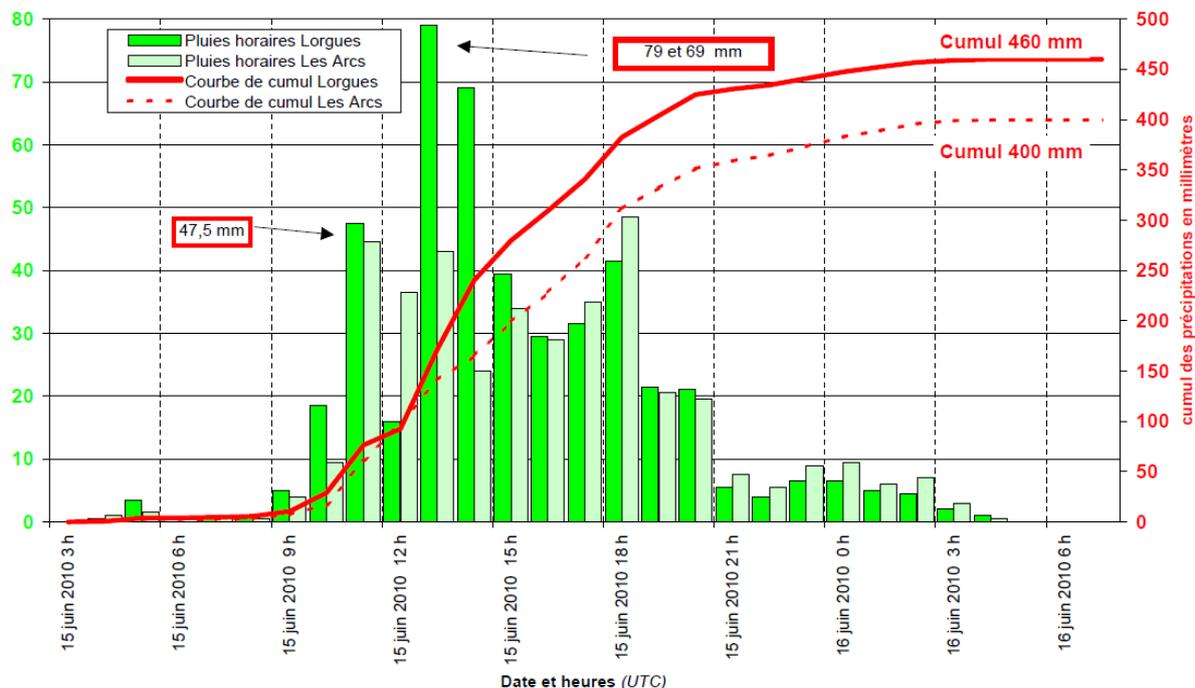


Synthèse							
Durée (h)	1	2	4	6	12	24	CUMUL TOTAL (mm)
Hauteur maximale sur la durée considérée (mm)	90	142	226	296	500	688	691
% par rapport au cumul total	13%	21%	33%	43%	72%	100%	
Occurrence dépassée (ans)	50	50	50	100	100	100	

Argens (Var) – juin 2010



**Précipitations comparées aux Arcs et à Lorgues - Source CIRAME - (Var)
du 15/06/2010 à 3h (UTC) au 16/06/2010 à 6h (UTC)**



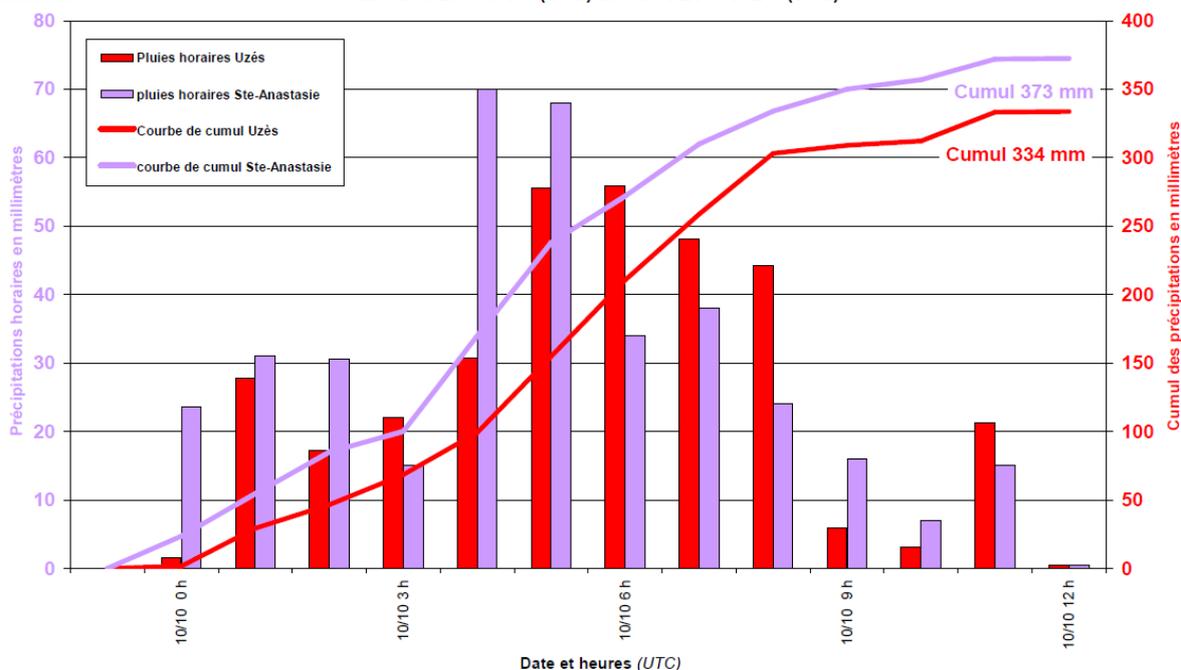
Synthèse - Les Arcs							
Durée (h)	1	2	4	6	12	24	CUMUL TOTAL (mm)
Hauteur maximale sur la durée considérée (mm)	79	148	216	290	419	459	460
% par rapport au cumul total	17%	32%	47%	63%	91%	100%	
Occurrence dépassée (ans)	50	100	100	100	100	100	

Synthèse - Lorgues							
Durée (h)	1	2	4	6	12	24	CUMUL TOTAL (mm)
Hauteur maximale sur la durée considérée (mm)	48	83	149	213	351	399	400
% par rapport au cumul total	12%	21%	37%	53%	88%	100%	
Occurrence dépassée (ans)	5	20	100	100	100	100	

Gard – octobre 2014



Précipitations horaires comparées à Uzès et à Ste-Anastasia (poste SPC)
du 10/10/2014 à 0 h (UTC) au 10/10/2014 à 12 h (UTC)



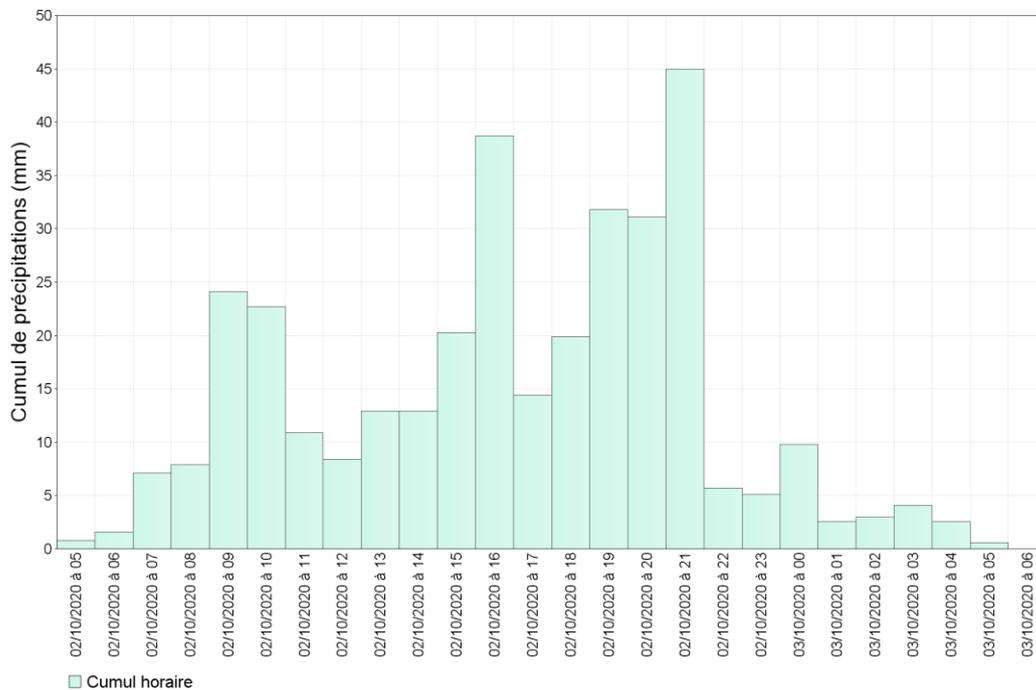
Synthèse - Ste-Anastasia							
Durée (h)	1	2	4	6	12	24	CUMUL TOTAL (mm)
Hauteur maximale sur la durée considérée (mm)	62	124	226	286	372	373	373
% par rapport au cumul total	17%	33%	61%	77%	100%	100%	
Occurrence dépassée (ans)	5	20	50	100	100	100	

Synthèse - Uzès							
Durée (h)	1	2	4	6	12	24	CUMUL TOTAL (mm)
Hauteur maximale sur la durée considérée (mm)	62	123	187	228	333	334	334
% par rapport au cumul total	19%	37%	56%	68%	100%	100%	
Occurrence dépassée (ans)	5	20	20	50	100	100	

Alpes-Maritimes – Octobre 2020

Cumul horaire des précipitations TENDE_SAPC (06 163 007)

du 02 octobre 2020 à 05h UTC au 03 octobre 2020 à 06h UTC



Edité le : 06/10/2020 - Produit élaboré avec les données disponibles du : 06/10/2020 à 09:49 UTC

Synthèse							
Durée (h)	1	2	4	6	12	24	CUMUL TOTAL (mm)
Hauteur maximale sur la durée considérée (mm)	44	75	126	179	267	341	342
% par rapport au cumul total	13%	22%	37%	52%	78%	100%	
Occurrence dépassée (ans)	20	20	100	100	100	100	

L'analyse des hyétogrammes précédents montre que globalement, les épisodes majeurs sur l'arc méditerranéen, notamment dans la région Languedoc-Roussillon, peuvent être caractérisés par :

- une durée pendant laquelle la quasi-intégralité des précipitations s'observent de l'ordre de 24 heures ;
- des cumuls importants, mais également des intensités très fortes ;
- une certaine homogénéité des périodes de retour pour les différentes durée de pluie ; le corollaire est que généralement, ces épisodes pluvieux font réagir aussi bien les petits bassins-versants, aux temps de réaction potentiellement très courts, que les entités hydrographiques drainant des superficies beaucoup plus importantes.

Pour le dernier point, l'étude de l'évènement de septembre 2005 sur le Vistre, réalisée à l'époque par le CETE (« *Etude de caractérisation de l'évènement de septembre 2005 sur le Vistre* » - CETE Méditerranée, 2006), montre clairement que l'on peut avoir une homogénéité des périodes de retour des pluies maximales pour des durées comprises entre 1 h et jusqu'à 24h, et ce, pour des occurrences très fortes (par exemple : pour les postes de Nîmes et Générac, les périodes de retour des précipitations sont systématiquement de l'ordre de 100 ans, avec des pointes à 500 ans).

Sur la base des observations précédentes, le choix concernant la pluie de projet s'est logiquement porté sur une pluie de type Keifer de durée 24 h, et d'intensité mono-fréquentielle quelle que soit la durée considérée, c'est-à-dire que la période de retour des précipitations sera la même pour toutes les durées de pluie. On se rapproche ainsi de ce qui est observé pour les épisodes majeurs méditerranéens.

A noter qu'il s'agit d'une hypothèse classiquement adoptée dans la région. L'avantage de ce type de pluie est donc de pouvoir faire réagir tout le bassin étudié de façon uniforme sur le plan fréquentiel : quelle que soit la zone considérée et sa superficie, le débit sera homogène en termes d'occurrence à l'échelle du bassin versant.

Les pluies de projet, présentées ci-après, ont été générées pour 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans sur la base des données pluviométriques de la station de référence.

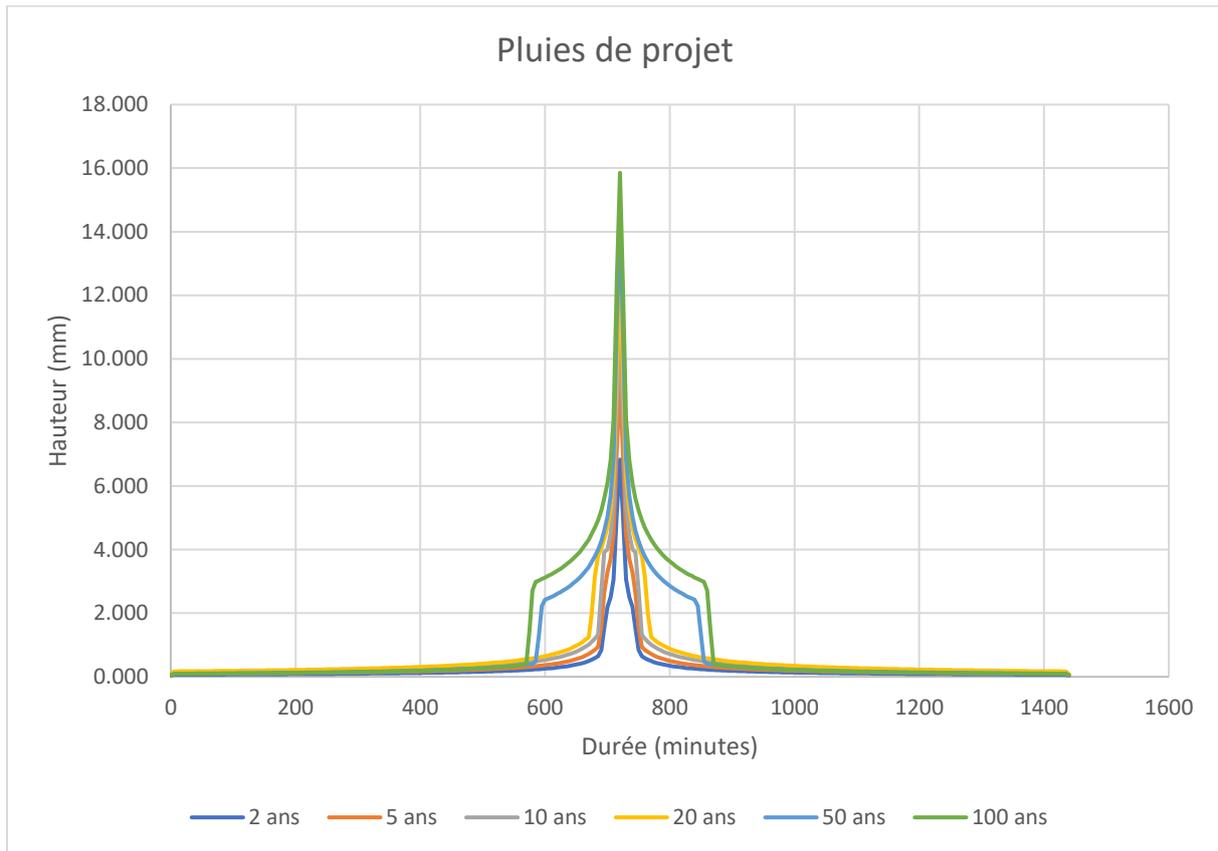


Figure 4 : Pluies de projet

3.2.4 L'abattement spatial

Il s'agit d'une notion parfois employée dans le calcul et la modélisation de la transformation pluie-débit à l'aide de pluies de projet afin de considérer la répartition spatio-temporelle des pluies réelles. C'est une notion complexe, souvent difficile à prendre en compte.

Les travaux de Neppel, Bouvier et Lavabre (*« Abattement spatial des précipitations en Languedoc-Roussillon » - 2003*) proposent une estimation de ce coefficient en Languedoc-Roussillon, dont la formulation est présentée en suivant :

$$K = \frac{1}{1 + \frac{0.02S^{0.5}}{(1-F)^{0.07} T^{0.33}}}$$

Avec :

- S = superficie en km²
- F = fréquence
- T = durée en heure

Et les limites ci-dessous :

- BV inférieur à 2000 km²

- Pluie de 24 h (aucune validation pour les durées inférieures)

Dans le cas qui nous concerne, et à l'échelle des entités hydrologiques considérées pour la modélisation pluie-débit (superficie maximale inférieure de 175 km²), cet abattement serait inférieur à 10 % pour une P24 h. Cette valeur apparaissant très faible, nous proposons donc par sécurité de ne pas considérer d'abattement spatial dans le cadre de la présente étude, plus particulièrement compte tenu des fortes incertitudes inhérentes à sa détermination au stade des connaissances actuelles.

3.3 LA FONCTION DE PRODUCTION

Dans le cadre d'un épisode cévenol classique, la crue est essentiellement générée par un processus à réponse rapide (ruissellements superficiels et écoulements souterrains sur de très courtes distances). Il est alors possible d'utiliser un modèle hydrologique simple afin de représenter les phénomènes de ruissellement et de caractériser les hydrogrammes et débits de crue associés.

Le modèle choisi ici est du type SCS, classiquement utilisé pour sa robustesse, sa simplicité d'utilisation et sa fiabilité pour les études hydrologiques. La fonction de production est un modèle non linéaire de transformation pluie-débit ne comportant ici qu'un seul paramètre de ruissellement : le « curve number » ou CN, adimensionnel, et variant de 0 à 100 suivant notamment la nature du sol et la pluviométrie. Il est utilisé ici pour représenter l'évolution du coefficient d'écoulement à l'échelle d'un bassin versant, au cours d'un événement pluvieux.

Cette fonction est un modèle de production très souple, capable de s'adapter à différents types de processus de formations de crues. Elle relie le cumul de la pluie efficace P_e au cumul de la pluie brute P_b , par l'équation suivante (**formule b**) :

$$P_e = \frac{(P_b - I_a)^2}{(P_b - I_a) + S}$$

où I_a désigne les pertes intervenant en début d'événement (classiquement prises égales à $0.2S$) et S , la capacité de rétention en eau du sol (l'infiltration cumulée), reliée au CN par la relation suivante (**formule a**) :

$$S_{mm} = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) * 25.4$$

Le modèle exprime donc l'évolution du coefficient de ruissellement, de 0 lorsque le cumul de pluie brute est inférieur à I_a à 1 lorsque le cumul de pluie brute tend vers l'infini. Le principe de la fonction de production SCS est explicité ci-après (source : Chapitre 10 – Estimation of Direct

Runoff from Storm Rainfall, USDA-NRCS National Engineering Handbook, Partie 630 – Hydrology).

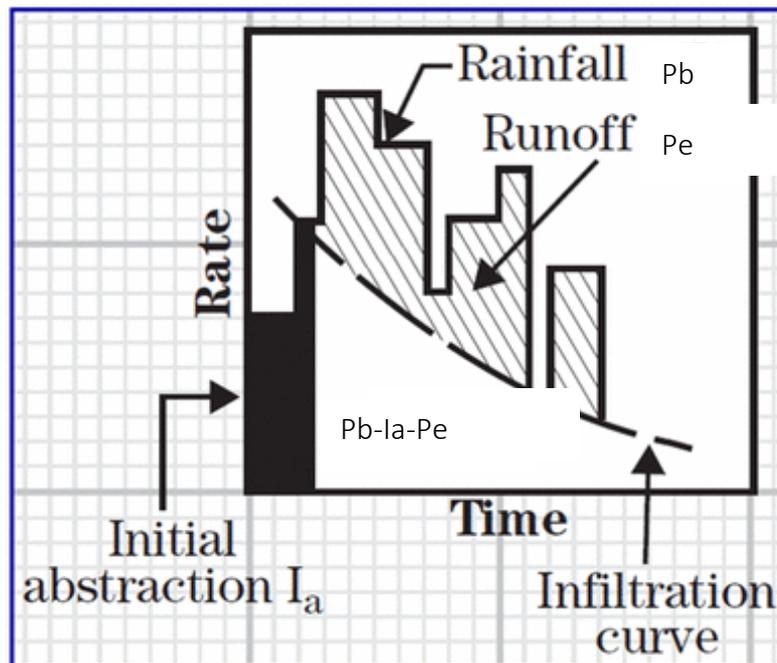


Figure 5 : Principe de la fonction de production

3.4 LA FONCTION DE TRANSFERT

Comme précisé précédemment, et compte tenu de la configuration de la zone, la fonction de transfert exploitée ici est un modèle 2D, permettant de transformer la pluie de projet nette en débit. Les grands principes sont présentés par la suite.

Ce modèle, développé et utilisé à large échelle, a uniquement vocation à caractériser le fonctionnement hydrologique du bassin. Il est donc à dissocier de celui qui sera exploité dans le cadre de l'analyse hydraulique et la définition des aléas, plus détaillé et exploité à une échelle beaucoup plus précise. Néanmoins, les deux sont liés (le premier alimentant le second) et leur fonctionnement est identique.

3.4.1 Modélisation hydraulique – principes généraux

La modélisation hydraulique d'un cours d'eau consiste en la représentation mathématique des écoulements de ce dernier. Il s'agit de résoudre numériquement par l'intermédiaire d'un module de calcul adapté, les équations complètes régissant les écoulements à surface libre (équations de Barré de Saint Venant), dont le principe est la conservation de la masse et de l'énergie.

Lorsque l'écoulement est supposé suffisamment rectiligne pour que chaque section soit sensiblement perpendiculaire à un axe dit axe de l'écoulement et soit définie par la connaissance de son abscisse, on parle alors d'écoulement unidimensionnel, ou 1D.

Les modèles bidimensionnels horizontaux (dits 2D) sont libérés de cette hypothèse d'écoulement axial. Ils permettent de simuler en plan les écoulements et de tenir compte finement des obstacles dans le lit majeur. Ces modèles sont particulièrement adaptés aux configurations complexes, par exemple lorsque les écoulements sont fortement divergents, en milieu urbain notamment.

Afin de rendre compte le plus fidèlement possible du fonctionnement des écoulements, pour lesquels des déconnexions champ majeur – lit mineur sont présentes, la modélisation a été réalisée ici entièrement en 2D.

A ce stade de la présente étude, et comme précisé précédemment, le modèle sert uniquement de fonction de transfert pour la pluie nette, en transformant celle-ci en débit.

3.4.2 Présentation d'HEC-RAS

Le logiciel utilisé pour la modélisation hydrologique de la fonction de transfert est HEC-RAS, de l'US Army Corps of Engineers (exemple d'espace de travail présenté ci-après).

C'est un code de calcul bidimensionnel, calculant les champs de vitesses et les niveaux d'eau sur un domaine quelconque. Il résout les équations de l'hydraulique à surface libre (de Barré de Saint-Venant) par la méthode des volumes finis, requérant au préalable une discrétisation spatiale du terrain naturel en mailles triangulaires ou quadrilatérales.

Cette discrétisation convient très bien aux systèmes complexes, car elle permet de coller précisément à la géométrie du terrain naturel et aux singularités.

La modélisation bidimensionnelle aux volumes finis est particulièrement bien adaptée aux écoulements fortement divergents ou présentant des changements de régime (ressaut par exemple).

Par rapport aux modélisations bidimensionnelles classiques (type éléments finis), l'approche proposée présente les avantages de la rapidité et de la robustesse. En effet, l'approche bidimensionnelle traditionnelle impose de représenter finement la totalité des détails topographiques (digues, obstacles aux écoulements, ...), ce qui conduit très rapidement à des modèles très lourds, tant au point de vue de la construction que des temps de calcul. L'exploitation de tels modèles est plus longue, donc plus coûteuse.

Par ailleurs, HEC-RAS rend compte de la nature du terrain et de l'occupation des sols par des paramètres globaux de rugosité : les obstacles aux écoulements sont donc simulés à l'échelle macroscopique et demande un niveau de détail moindre.

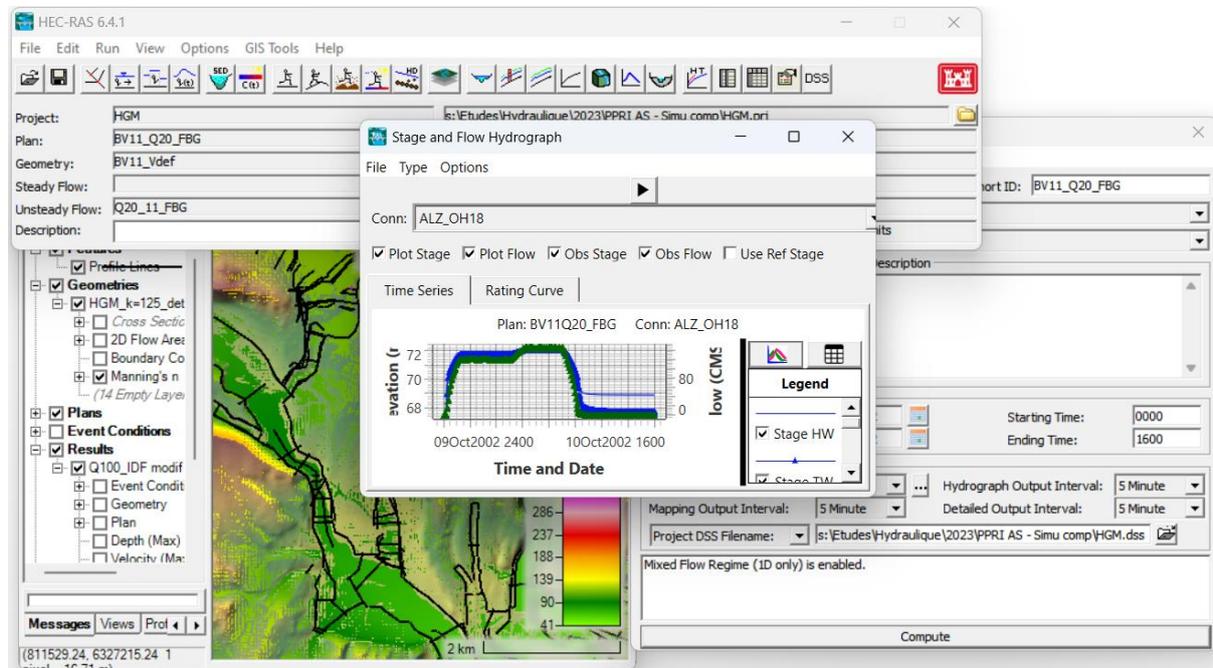


Figure 6 : Espace de travail HEC-RAS

3.4.3 Construction du modèle

Le modèle représentant la fonction de transfert s'appuie principalement sur les MNT et les levés topographiques transmis par la DDTM 30 sur la zone d'étude.

La taille des mailles en champ majeur est de l'ordre de 25 x 25 m, soit un nombre total de mailles d'environ 350 000. Cette discrétisation permet de décrire correctement les principales singularités topographiques et les écoulements, tout en conservant un temps de calcul respectable pour ce type de modèle. Chaque maille est décrite par une loi hauteur/volume issue de l'exploitation du MNT.

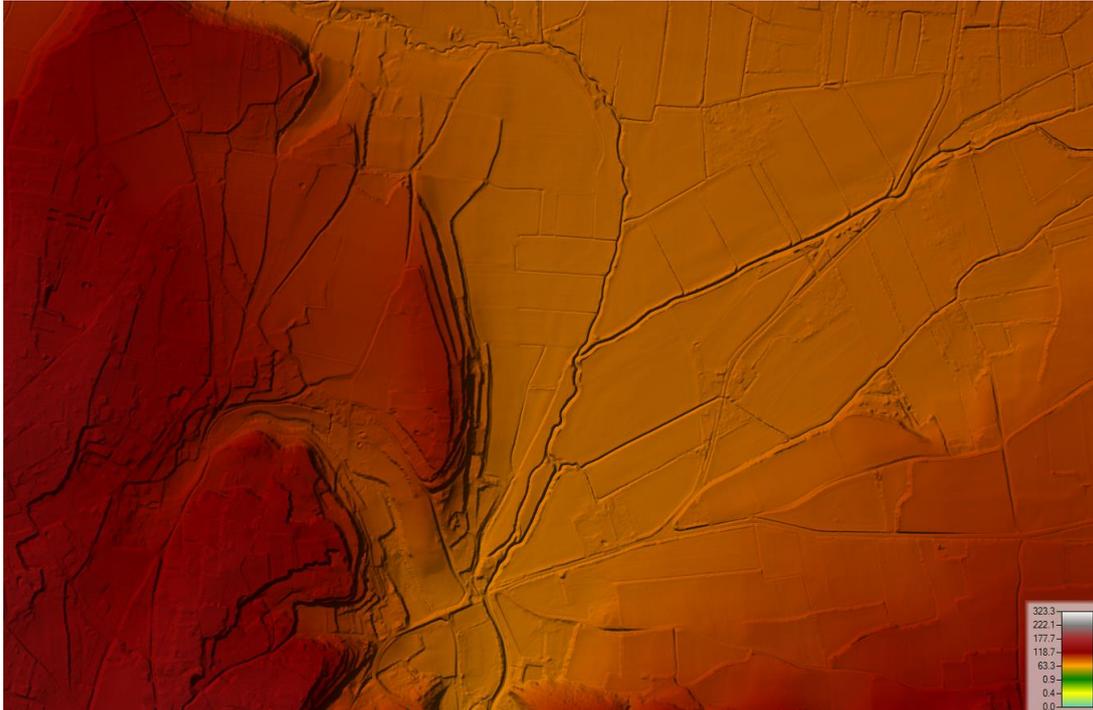


Figure 7 : Extrait du MNT général

L'emprise du modèle comprend la totalité des bassins versants de l'Alzon et des-Seynes jusqu'à leur confluence. Un extrait du maillage est présenté ci-après, sur la partie aval de l'Alzon. On y distingue notamment les mailles 2D, ainsi que les principaux éléments structurants (lits mineurs, routes, remblais, ...).

L'ensemble du modèle hydrologique est présenté en annexe 2.

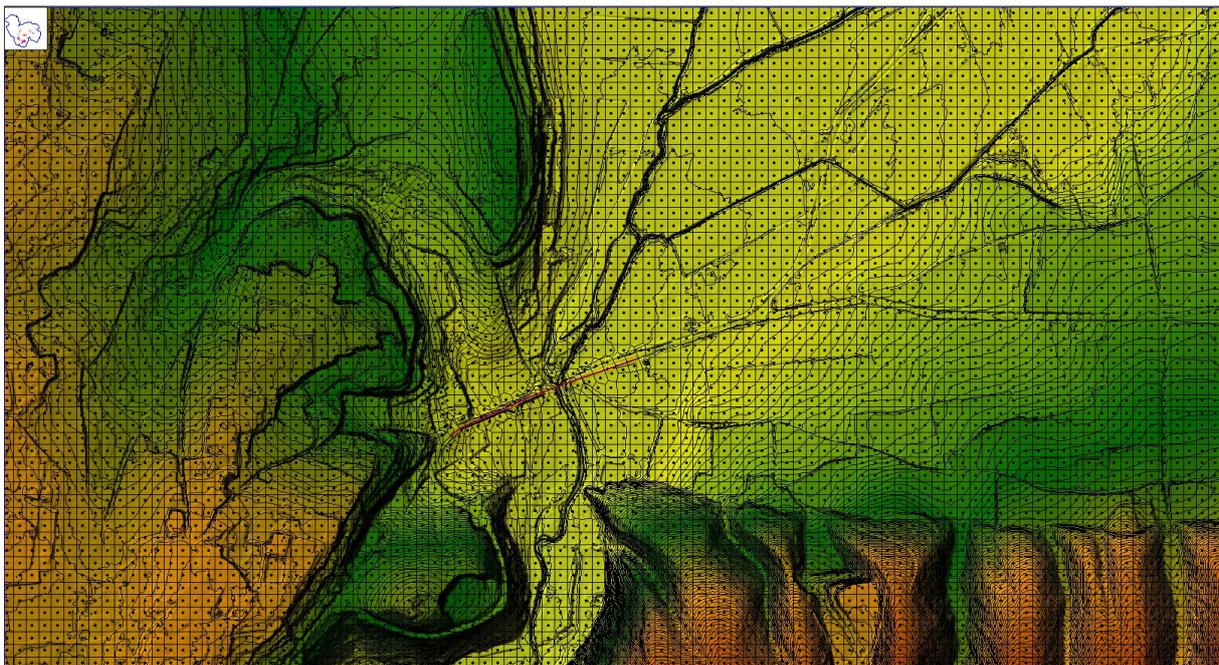


Figure 8 : Exemple de maillage

3.4.4 Les conditions aux limites

Pour l'évènement modélisé, la condition limite amont est la pluie de projet nette, injectée directement sur l'emprise du modèle 2D.

Classiquement, les limites aval peuvent être de plusieurs types, dépendant notamment de l'appréciation du fonctionnement hydraulique aux confluences :

- hauteur issue d'une loi de tarage,
- hauteur normale,
- loi de seuil,
- données historiques,
- hauteur issue de la modélisation hydraulique pour les affluents (notion de contrôle aval des cours d'eau principaux sur les affluents), ...

Dans le cadre de la présente étude, la condition limite aval, qui évolue dans le temps suivant le débit, sera la hauteur normale (calculée par la formule de Manning-Strickler) à l'aval de la confluence Alzon-Seynes, estimée sur la base d'une pente de ligne d'énergie de 0.004 m/m, égale à la pente du cours d'eau à l'aval du modèle.

3.5 CALAGE DU MODELE

3.5.1 Données hydrométriques disponibles

Une station, exploitée à l'époque par la DIREN, avait été installée sur le bassin pour l'étude des étiages. Elle ne présente aucun intérêt pour l'analyse des crues, car d'une part, sa chronique, très limitée dans le temps, présente des manques (notamment pour 2002), et d'autre part, aucune valeur relevée ne dépasse 20 m³/s, ce qui est très faible.

Code station	Localisation	Surface BV (km ²)
V7185010	Uzès	71

Année	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836	1837	1838	1839	1840	1841	1842	1843	1844	1845	1846	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1847	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855	1856	1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1868	1869	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	
Débits																						
Hauteurs																						
Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Débits			⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
Hauteurs			⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	

Débits journaliers

Absents :

Invalidés :

Provisoires :

Validés douteux :

Validés bons :

Hauteurs

Absentes :

Présentes :

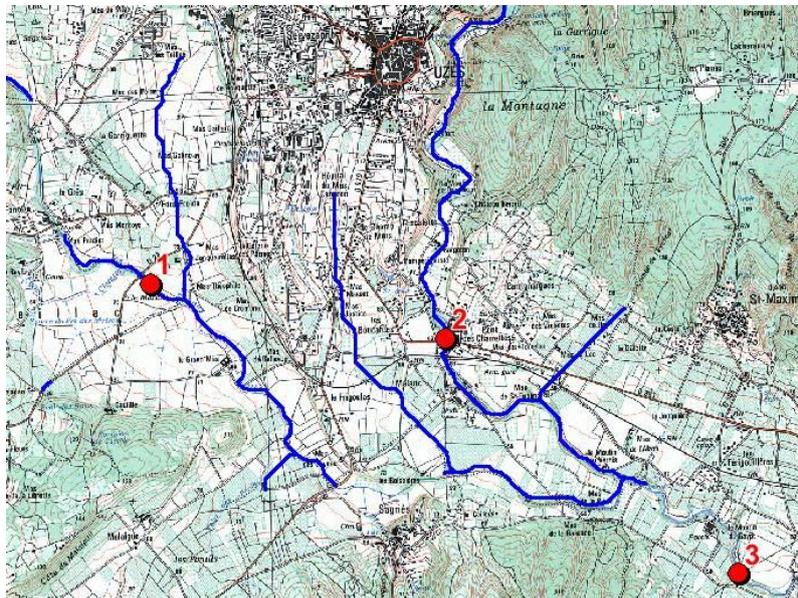
Les années représentées par un motif sont incomplètes

Chronique de l'Alzon à Uzès

Pour les épisodes de 2002 et 2014, si de nombreuses informations sont disponibles (NPHE et pluviométrie), aucune mesure de débit n'a été réalisée.

Cependant, des estimations ponctuelles de débit, réalisées sur la base de relevés de terrain, existent pour ces deux épisodes, sur les parties aval des Seynes et de l'Alzon. Pour 2002, ces estimations ont été effectuées par le CEREVE suivant la formule de Manning-Strickler dans le cadre du retour d'expérience sur cet épisode dans le Gard (« *Analyse hydrologique des crues des 8 et 9 septembre 2002* » – CEREVE, 2003). La localisation des points de calcul est présentée ci-après. En parallèle, et dans le cadre de ce REX, le CEREVE a également réalisé une modélisation hydrologique simple type SCS, basée sur l'exploitation de 3 CN et des pluies radar, le but étant d'expliquer au mieux la dynamique de réponse du bassin lors de l'épisode par la

mise en relation des informations recueillies (informations pluviométriques et débits estimés notamment).



Les estimations sont présentées ci-après, et comparées pour information avec Q_{rare} (= Q_{100}) estimé avec la méthode FBG ($Q = 30 \times S^{0.75}$).

Point n°	Superficie BV (km ²)	Estimation moyenne Manning-Strickler CERVE (m ³ /s)	Estimation SCS CERVE (m ³ /s)	Q _{rare} FBG (m ³ /s)
1	75	500	non précisé	765
2	76	300	750-1000	772
3	178	1000	2100-2600	1462

On constate que les débits de 2002 sont inférieurs à Q_{rare} , et ce, malgré une pluviométrie radar très importante (supérieure à P24h centennale sur la zone). Comme précisé précédemment, le CERVE a essayé de reproduire l'épisode à l'aide d'une modélisation hydrologique simple type SCS, mais il a été constaté une très forte surestimation des débits modélisés par rapport aux observations terrain. Une des raisons évoquées par le CERVE est une surestimation très importante de la pluviométrie issue des images radar (extrait de l'étude) :

« On peut remarquer que le radar surestime très largement le cumul de l'averse du dimanche 8 septembre ainsi que les intensités de l'averse du lundi 9 septembre dans ce secteur (cf. comparaison des hyétogrammes mesurés et reconstitués à la Bruguières près d'Uzès, Figure 10-11).

10.3.3 La Bruguière [E=767 km; N=1892 km]

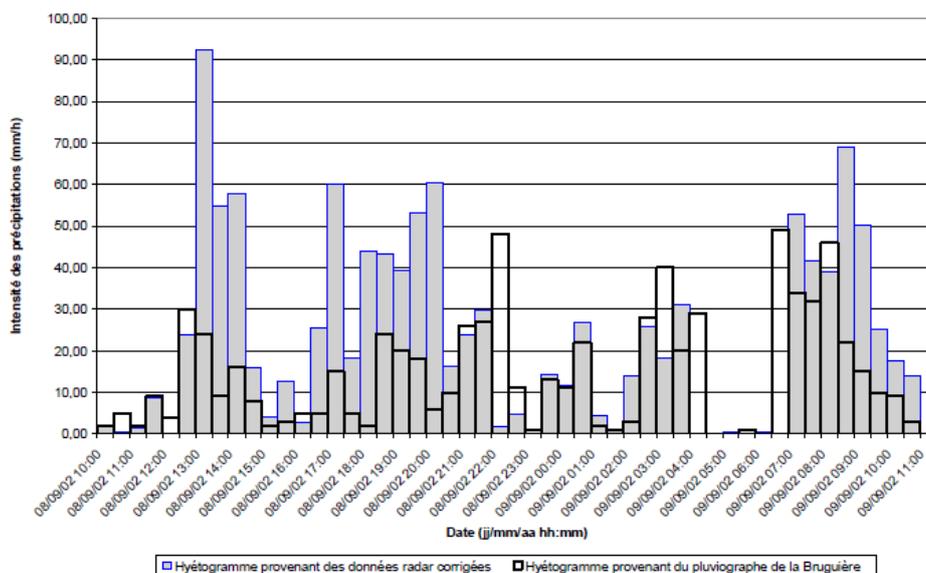


Figure 10-11 – Comparaison du hyétogramme obtenu à partir des images RADAR (Nîmes) avec celui provenant du pluviomètre. Station de La Bruguière.

Une surestimation, par le radar, du cumul de pluie de la journée du dimanche 8 septembre conduisant à sous-évaluer les capacités de rétention d'eau du bassin de l'Alzon lors de l'averse du lundi 9, combinée à une surestimation des intensités de l'averse du lundi 9 peut expliquer une très nette surestimation du débit de pointe de crue de ce bassin lors de cette seconde averse. Notons par ailleurs, que les intensités de pluie reconstituées dans ce secteur sont relativement modestes : de 10 à 30 mm/h. Une erreur absolue d'une dizaine de millimètres de l'estimation radar représente alors une erreur relative importante. »

Pour 2014, une estimation HYMEX - IPEC (Oliver Payrastre) existe vers le point n°2. La valeur du débit est comprise entre 240 et 350 m³/s, pour une valeur moyenne de 300 m³/s.

A noter que dans chaque cas, il s'agit d'estimations ponctuelles, non corroborées par des calculs complémentaires en d'autres endroits en amont des bassins. Autre remarque : en amont du point n°2, l'analyse du fonctionnement du bassin montre qu'il y a des débordements en rive gauche, déconnectés du lit mineur, qui ne sont donc pas comptabilisés dans les calculs (cf. « *Etude des zones inondables de l'Alzon sur la commune d'Uzès – secteur du Pont des Charrettes* » – BRLi, 2006).

3.5.2 Principe général du calage

Le calage d'un modèle s'effectue classiquement selon une double approche :

- Calage de la fonction de production sur la base de l'estimation du CN, par comparaison des volumes écoulés et précipités.
- Calage de la fonction de transfert par l'estimation des coefficients de rugosité, notamment des axes d'écoulements principaux. Le principe est d'obtenir une

représentation physiquement réaliste de la propagation des écoulements, tout en s'assurant que les conditions de rugosité utilisées ne soient pas aberrantes.

Dans la mesure du possible, on privilégie l'exploitation de données fiables et validées recueillies pour des épisodes significatifs, l'idéal étant de disposer de couples pluies/hydrogrammes permettant de caractériser à la fois la fonction de production et la fonction de transfert.

Cependant, les données disponibles, uniquement ponctuelles en ce qui concernent les débits pour les grosses crues, n'autorisent pas un tel calage. Aussi, l'estimation des paramètres moyens du modèle se fera à dire d'expert, en utilisant des valeurs classiquement retenues ou observées dans la région, et ce, aussi bien pour la fonction de production (CN) que pour la fonction de transfert (coefficients de rugosité).

3.5.3 Estimation des paramètres

3.5.3.1 Le rôle du karst

Comme explicité dans la présentation générale de la zone d'étude, il faut noter la présence de karst en tête des bassins étudiés. Rappelons que sur un bassin, l'incidence potentielle d'un karst - qui agit comme un réservoir dont le marnage peut être potentiellement très important - dépend de son état de remplissage, très variable. Il est ainsi susceptible :

- De limiter les apports au cours d'eau lorsque les réserves sont vides ; une capacité de stockage importante est alors envisageable ; bien évidemment, cette capacité d'absorption est dépendante également de l'intensité des pluies, de fortes intensités pouvant limiter l'infiltration dans les sols.
- De les aggraver lorsque les réserves sont pleines, les capacités d'infiltration étant limitées, voire nulles.

A l'heure actuelle, aucune quantification de l'incidence du karst n'est disponible sur notre zone d'étude : en effet, le bassin ne dispose pour l'instant d'aucune instrumentation suffisante permettant de faire un bilan précis (pas de station hydrométrique à l'aval, absence d'un réseau dense de piézomètres,...). De plus, des interactions souterraines sont possibles avec les bassins voisins. Ces interactions ne sont également pas quantifiées.

Compte-tenu de ces éléments, le karst sera considéré dans la présente étude comme « neutre » dans le cadre de la caractérisation des débits pour les différentes occurrences (5, 10, 20, 50 et 100 ans), c'est-à-dire qu'il ne jouera de rôle ni minorant, ni majorant, et que le bassin se comportera en termes de ruissellement comme un bassin classique.

3.5.3.2 La fonction de production

Concernant la fonction de production, et comme expliqué précédemment, il n'existe pas les données nécessaires au niveau du bassin-versant permettant de faire un bilan volumétrique entre les précipitations et la lame d'eau écoulee pour un épisode donné.

Par contre, plusieurs études menées dans le cadre du retour d'expérience concernant l'épisode de septembre 2002 dans le Gard (*CEREVE – 2003, « Validation des relevés hydrométriques de l'évènement des 8 et 9 septembre 2002 », OTEIS (sous le nom de SIEE) et ARTELIA – 2003*) ont montré que le déficit d'écoulement en fin d'évènement était généralement compris entre 100 et 150 mm, quel que soit le type de bassin considéré.

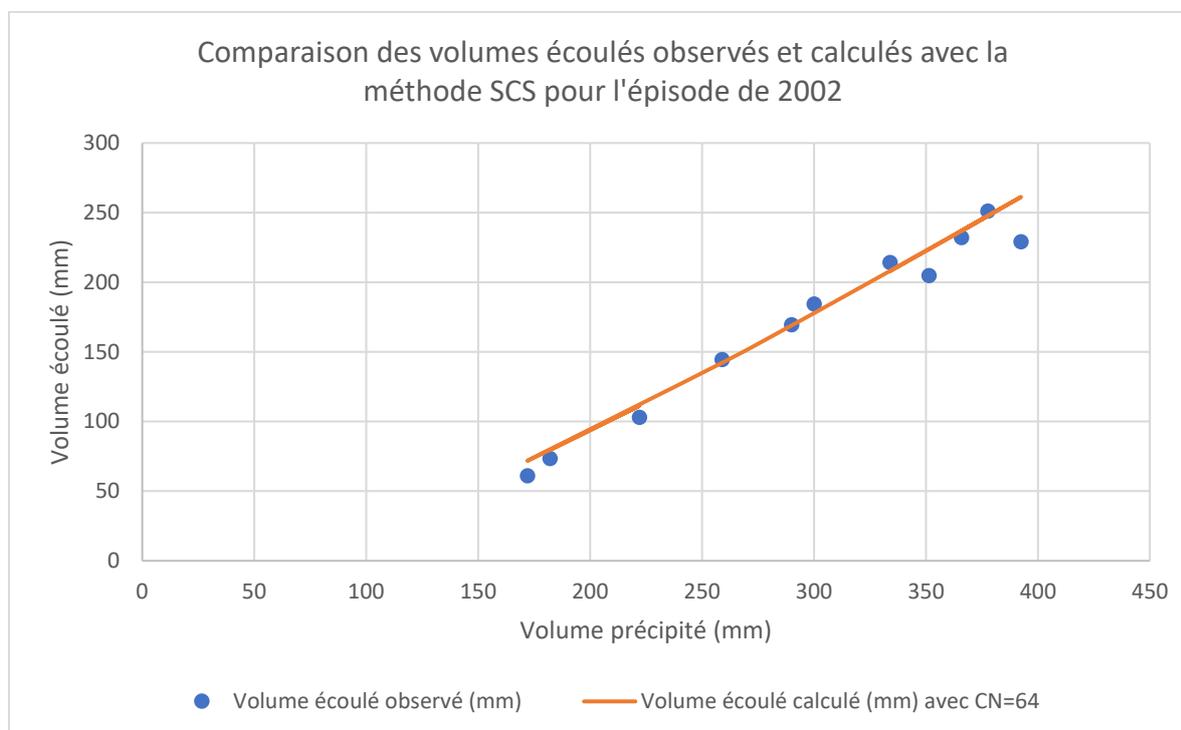
L'analyse est basée sur l'exploitation des observations hydrométriques au droit d'un certain nombre de stations du SPC GD sur les bassins des Gardons et de la Cèze, présentées ci-après.

	Station	Cours d'eau	BV drainé à la station (km ²)	Volume précipité (mm)	Volume écoulé (mm) - écoulements de surface	Déficit (mm)	Coefficient d'écoulement
Stations étudiées par SIEE	Saumane	Gardon de St-Jean	99	182	74	109	0.40
	St-Jean-du-Gard	Gardon de St-Jean	154	222	103	119	0.46
	Mialet	Gardon de Mialet	219	172	61	111	0.35
	Anduze	Gardon d'Anduze	542	259	145	115	0.56
	Tharoux	Cèze	666	290	170	121	0.58
	Montclus	Cèze	809	300	185	116	0.62
Stations étudiées par SOGREAH	Ners	Gardon	1093	351	205	146	0.58
	Moussac	Gardon	1250	378	251	126	0.67
	Russan	Gardon	1517	366	232	134	0.63
	Remoulins	Gardon	1855	392	229	163	0.58
	Bagnols-sur-Cèze	Cèze	1120	334	214	120	0.64

Sur la base de ces observations, une comparaison a été faite avec les volumes écoulés calculés suivant la méthode SCS (formule b explicitée précédemment, avec volume écoulé = pluie efficace). Les tests réalisés et l'ajustement final présenté ci-après confirment que :

- La crue a bien été essentiellement générée par un processus à réponse rapide (ruissellements superficiels et écoulements souterrains sur de très courtes distances), ce qui conforte le choix concernant la fonction de production ;
- La relation est quasi-linéaire entre le volume précipité et le volume ruisselé, traduisant une fonction de production relativement homogène à l'échelle des bassins étudiés ;

- Le meilleur ajustement entre les observations et la méthode SCS s'observe pour un CN de l'ordre de 64.



Même si ces conclusions découlent uniquement de l'étude des stations du SPC GD, la multiplicité des bassins concernés et de leurs caractéristiques (surface drainée, géologie, lame d'eau précipitée, ...) autorisent une transposition à notre zone d'étude, très largement touchée par l'épisode.

Aussi, pour la suite de l'analyse, on retiendra pour la fonction de production un CN de 64 sur notre zone d'étude, représentatif de conditions dites « moyennes ».

Pour les différentes occurrences, et sur la base de la formule b de la méthode SCS, les volumes précipités et écoulés sont présentés ci-après pour une durée de 24 h.

T	Cumul pluie(mm)	Volume écoulé (mm)	Déficit (mm)
2 ans	78	13	66
5 ans	114	32	82
10 ans	155	60	96
20 ans	195	90	106
50 ans	248	133	115
100 ans	307	184	123

Tableau 1 : Valeurs de référence au niveau pluviométrique

3.5.3.3 La fonction de transfert

Les valeurs utilisées au cours de l'étude ne sont pas issues d'une nomenclature particulière, mais émanent du retour d'expérience acquis par OTEIS sur les cours d'eau et bassins versants régionaux. En théorie, si l'évaluation des coefficients de rugosité ne dépend que du tirant d'eau et de la dimension caractéristique des matériaux constitutifs de la zone d'écoulement, on sait d'expérience que dans le cadre d'une modélisation, ces coefficients prennent en compte également les pertes de charges dues aux turbulences. Dans ces conditions, la quantification des coefficients de rugosité relève plus de l'expertise de terrain que de l'application d'une nomenclature donnée.

Sur le bassin, les coefficients de rugosité retenus à l'échelle du bassin sont les suivants :

- Lits mineurs : 15
- Champs majeurs : 7 à 10
- Versants boisés : 5 à 7
- Bâtiments : 1

Ces valeurs seront bien évidemment affinées localement lors des modélisations de détail réalisées dans le cadre de la caractérisation des aléas.

3.6 EXPLOITATION DU MODELE HYDROLOGIQUE ET ESTIMATION DES VALEURS DE REFERENCE SUR LE BASSIN

3.6.1 Les résultats du modèle hydrologique

Afin de caractériser l'évolution des débits en différents points du bassin versant et sur un certain nombre de cours d'eau, des sections de calculs ont été définies sur le linéaire étudié. Ces sections de calcul, suffisamment larges pour englober les zones inondables, sont explicitées sur la cartographie page suivante.

A noter que compte tenu du type de modélisation hydrologique (2D), ces valeurs sont tributaires du fonctionnement hydraulique local : le débit au droit de la section, qui dépend de son positionnement, est donc uniquement représentatif de ce qui s'écoule au droit de cette dernière, et non pas forcément du débit total généré par le bassin théorique amont calculé par hydrokit, notamment dans le cas où des débordements avec des échanges inter-bassins sont observés.

Les valeurs aux différents nœuds hydrologiques sont récapitulées dans le tableau qui suit pour la crue de référence (Q100). Les débits de pointe sont directement issus du modèle.

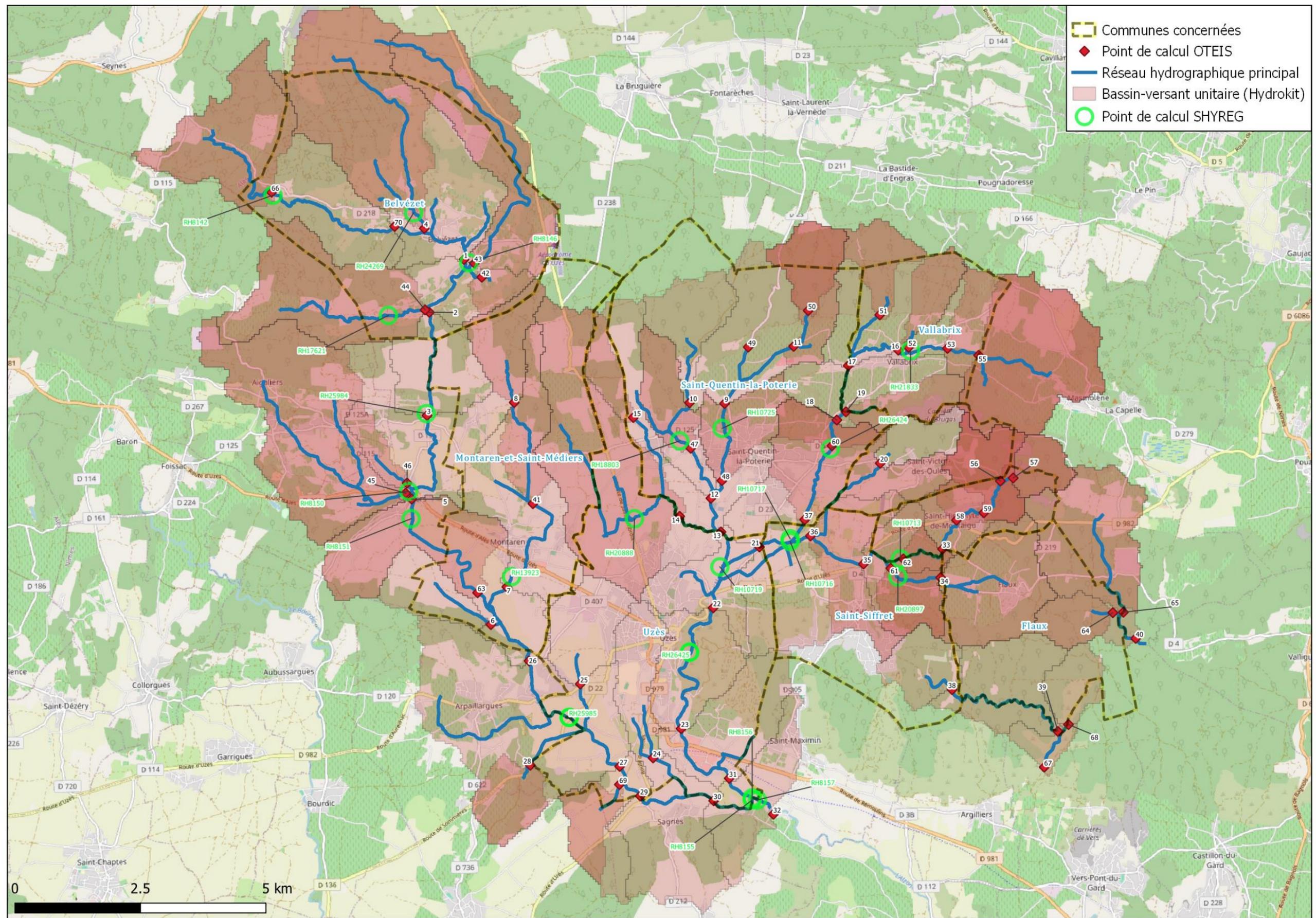


Figure 9 : Localisation des sections de calculs des débits

N° point	Cours d'eau	Superficie drainée théorique (km ²)	Q100 OTEIS (m ³ /s)
1	Les Seynes	20.9	270
2	Les Seynes	35.1	454
3	Les Seynes	38.0	491
4	Ruisseau de Coucarrière	8.2	79
5	Les Seynes	51.1	661
6	Vallat du Devois	1.9	33
7	Ruisseau de Montaren	8.6	92
8	Ruisseau du Mas de Vaugrand	2.0	34
9	Le Rieu	6.6	133
10	Combe des Corps	2.4	46
11	Ruisseau de la Font de Montau	2.6	58
12	Valat de Valorgues	14.7	252
13	Les Rosselles	27.2	409
14	Les Rosselles	8.9	136
15	Ruisseau de Jol	1.0	20
16	L'Alzon	8.3	166
17	L'Alzon	13.5	221
18	L'Alzon	17.4	276
19	Le Valadas	1.5	19
20	Ruisseau des Combes	1.2	20
21	L'Alzon	43.3	613
22	L'Alzon	72.9	933
23	L'Alzon	76.1	947
24	Le Redounet	2.3	29
25	Ruisseau de Font Froide	2.5	33
26	Les Seynes	68.4	827
27	Les Seynes	82.0	947
28	Ruisseau de Font des Bouis	1.8	37
29	Les Seynes	84.7	963
30	Les Seynes	91.5	992
31	L'Alzon	79.9	967
32	L'Alzon	174.3	1944
33	Merlançon	4.6	94
34	Ruisseau du Creux des Pontets	4.2	72
35	Merlançon	12.0	200
36	Merlançon	15.1	263
37	L'Alzon	23.2	336
38	La Grand-Combe	1.8	34
39	La Grand-Combe	5.2	93
40	Combe de Vayer	6.6	81
41	Ruisseau de Montaren	6.2	93
42	Ruisseau de la Combe des Monteils	0.8	22
43	Ruisseau de Pradines	6.1	85
44	Ruisseau d'Aigues Vives	6.0	123
45	Le Lissou	8.9	146
46	Ruisseau de Bertezène	0.8	24
47	Valat de Valorgues	4.2	89
48	Le Rieu	8.7	178
49	Le Rieu	1.1	13
50	Ruisseau de la Meule	1.7	34
51	Ruisseau de la Grand-Plane	1.6	25
52	Ruisseau du Plan	1.2	23
53	L'Alzon	7.6	137
55	L'Alzon	6.3	117
56	Merlançon	1.3	28
57	Merlançon	1.1	23
58	Merlançon	3.8	73
59	Merlançon	3.2	65
60	L'Alzon	18.5	295
61	Ruisseau du Creux des Pontets	5.7	77
62	Merlançon	5.1	101
63	Les Seynes	58.4	699
64	Les Combes	1.2	16
65	Combe du Péras	4.9	65
66	Les Seynes	5.0	85
67	Le Grand Vallat	7.2	126
68	Combe Escure	1.4	26
69	Valat des Pontils	1.4	45
70	Les Seynes	9.0	139

Tableau 2 : Estimation des débits pour Q100 au droit des sections de calcul

3.6.2 Comparaison avec les débits issus des études antérieures

Le tableau ci-après présente les débits estimés de la bibliographie sur la zone.

Cours d'eau	Bassin-versant (km ²)	Q2002 (m3/s)	Q10 (m3/s)	Q30 (m3/s)	Q100 ref (m3/s)	Etude	
Alzon	75	587			658	SDAPI (ISL)	
Les Seynes	68	552			596		
Alzon	77	340			650	ETUDE DES ZONES INONDABLES DE L'ALZON SUR LA COMMUNE D'UZES – SECTEUR DU PONT DES CHARRETTES (BRLi)	
Les Seynes au droit de la RD 982	73	514	191		749	Définition de l'aléa inondation sur les Seynes, commune d'Arpaillargues et Aureilhac (SAFEGE)	
Les Seynes au droit de la RD 22	78	552	208		787		
Ruisseau de Font de Clarette, aval du camping	2.8	25	13		41		
Les Seynes au pont de Labaume	39.37	310	106	272	450	Zonage du risque d'inondation à l'échelle communale de Serviers et Labaume (SAFEGE)	
Seynes, amont confluence Lisson	43.66	308	116	288	474		
Les Seynes au vieux pont de Serviers	53.09	403	143	347	567		
Lisson; confluence Seynes	9.33	94	35	96	161		
Ravin de l'Arias	0.82	11	5	13	21		
Ruisseau du Château	0.43	6	3	7	12		
Vignasses	1.42	17	6	19	32		
Le Valat de Guye	0.91	11	5	13	21		
Queyrol	0.23	3	2	4	6		
Ruisseau d'Arrèze	1.12	14	8	17	27		
Valat de Valorgues	4.7		16.5		112		ETUDE COMPLEMENTAIRE DES ZONES INONDABLES DE LA COMMUNE DE SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE (BRLi)
Valat de Valorgues	5.2		18		116		
Valat de Valorgues	5.55		19		118		
Rieu	2.15		9		58		
Rieu	4.5		16		107		
Rieu	6.65		22		150		
Rieu	8.6		27		163		
Rieu	9.45		30		178		
Rieu à l'aval de la confluence avec le Valat de Valorgues	14.65		42		295		
Rieu à l'aval de la confluence avec le Valat de Valorgues	16.35		46		295		
Merlançon	12.6		87		259	Etude Hydraulique et définition des Zones Inondables - Commune de St-Siffret (SIEE)	

Tableau 3 : Débits issus de la bibliographie

En parallèle, les débits SHYREG ont été extraits en 25 points sur la zone ; les caractéristiques sont présentées en suivant.

nom	ID	Surface (km ²)	Débit de pointe (m ³ /s)				
			QP_5	QP_10	QP_50	QP_100	QP_1000
Les Rosselles	RH10719	28.2	108.9	147.5	257.5	311.8	499.8
Ruisseau de Coucarriere	RH24269	8	43.49	59.56	104.6	127.3	207.3
Les Seynes	RH8142	5	41.83	55.45	91.54	108.4	165.7
Le Merlançon	RH10713	5	35.32	47.4	80	95.51	149
Ruisseau de Pradines	RH8146	6.2	29.48	41.34	76.1	94.03	159.1
L Alzon	RH21833	8.2	29.91	42.5	81.92	102.5	177.7
Ruisseau de Montaren	RH13923	6.1	46.29	61.71	102.9	122.1	186.6
Le Rieu	RH10725	7.7	33.01	46.43	86.93	107.8	181.3
Les Seynes	RH25984	38	153.8	205.3	347	415.5	653.1
Le Merlançon	RH10716	14.9	80.65	107.6	180.3	214.9	334.3
L Alzon	RH26424	18.1	59.47	83.1	155.2	192.2	325.9
Les Seynes	RH25985	74.2	255.2	337.4	561.1	668.2	1035
Les Seynes	RH8151	53.8	202.7	268.9	449.6	536.4	834.5
L Alzon	RH26425	73.8	207.7	278.6	480.6	580.3	930.3
Les Seynes	RH8157	173.6	416.8	549.9	920.4	1101	1727
Ruisseau du Creux des Pontets	RH20897	5.5	39.98	53.36	89.08	105.9	163.9
Le Lisson	RH8150	8.7	63.36	83.98	138.7	164.3	249.2
Ruisseau d Aigues Vives	RH17621	5.1	43.35	57.38	94.58	111.8	169.3
Nom Indetermine	RH20888	5.5	39.58	53.16	90.13	107.7	167.2
L Alzon	RH10717	23.2	79.34	109.2	197.5	242.1	401.3
L Alzon	RH8156	80.7	224.2	300.1	515.3	621.2	992.6
Les Seynes	RH8155	92.5	295.6	390.1	647.4	770.5	1193
L Alzon	RH26425	73.8	207.7	278.6	480.6	580.3	930.3
Les Seynes	RH25985	74.2	255.2	337.4	561.1	668.2	1035
Valat de Valorgues	RH18803	5.2	30.99	42.61	75.81	92.27	148.9

Tableau 4 : Débits SHYREG

Pour le débit de référence, le graphique ci-après illustre les éventuelles différences entre les sources référencées. On remarque que jusqu'à 40 km², les valeurs OTEIS sont du même ordre de grandeur que celles issues de la bibliographie et de SHYREG. Au-delà, elles ont tendance à être supérieures. On demeure néanmoins dans les mêmes ordres de grandeur. Les valeurs SHYREG ont tendances à être légèrement inférieurs pour ces superficies.

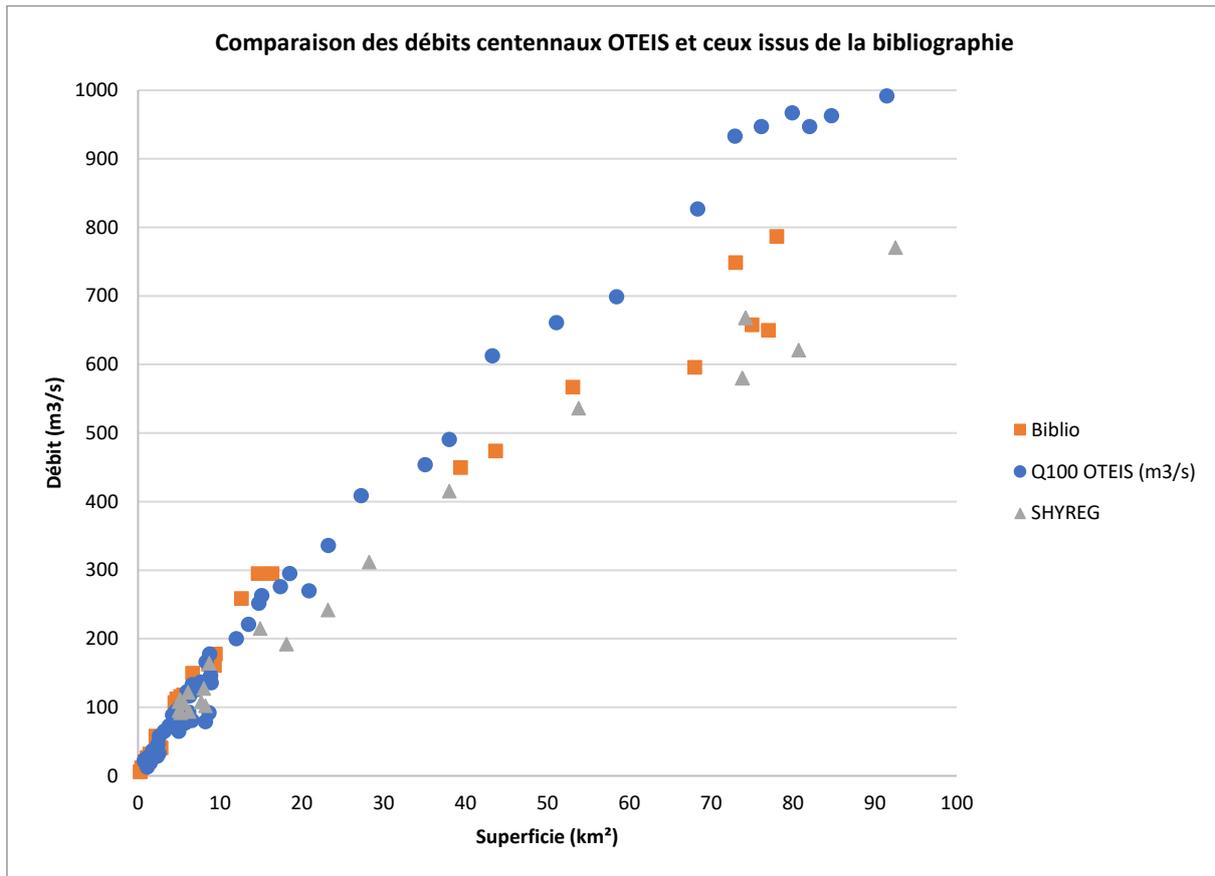


Figure 10 : Comparaison des débits Oteis avec la biblio et SHYREG

3.6.3 Comparaison les débits issus de la méthode FBG et SPC GD

Les valeurs OTEIS ont été également comparées aux résultats obtenus en utilisant la méthode développée par le SPC GD, basée sur l'application du Gradex, ainsi que celle classiquement exploitée dans le Gard, la méthode FBG, basée sur la formule rationnelle en deçà de 20 km², et sur une loi statistique de type Myer au-delà.

La présentation de ces deux méthodes est explicitée par la suite. Seuls seront récapitulés ici les principaux résultats, les tableaux détaillés constituant l'annexe 5.

3.6.3.1 Méthode FBG

La méthode de détermination des débits préconisée par la DDTM du Gard est la méthode dite de Bressand-Golossoff (FBG). Les principes de cette méthode sont détaillés ci-après pour la détermination des débits rares et exceptionnels.

Pour les bassins versants dont la superficie est inférieure à 20 km², la méthode utilisée est la méthode rationnelle, dont la formulation est la suivante :

$$Q_{rare} = (C \times A \times i) / 3.6$$

Avec :

- C : coefficient de ruissellement= 0,8 (1-Po/Pj) avec
 - o Pj : pluie journalière centennale = 270 mm, calculée sur la base de la P24h sur Nîmes-Courbessac (307 mm), divisé par le coefficient de Weiss (1.14)
 - o Po : rétention initiale donnée dans le tableau ci-dessous (Po retenue : 35 mm),

Valeurs de Po en mm (propositions d'experts)					
Couverture végétale	Morphologie	Pente %	Terrain sable grossier	Terrain limoneux	Terrain argileux ou rocailloux 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

- A : surface du BV en km²
- I : intensité centennale moyenne pendant une durée égale au temps de concentration du BV $i = a \times t_c - b$ avec
 - o a et b : coefficients de Montana pour une pluie de retour 100 ans (ici Nîmes-Courbessac)
 - o $t_c(h) = L/3.6 V$ avec L plus long parcours en km et V : vitesse des écoulements
 - 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

A noter que **Q excep = 1.8 Q rare**

Pour les bassins versants dont la superficie est supérieure à 20 km², on peut appliquer la formule de Myer suivante :

$$Q \text{ rare} = 30 \times S^{0.75}$$

3.6.3.2 Méthode du SPC GD

Tout comme la méthode FBG, cette méthode s'applique à l'évaluation des débits de pointe extrême. Elle sera appliquée ici sur des bassins versants dont la taille est généralement supérieure à 1 km².

Cette méthode s'appuie sur la méthode du Gradex, dont le principe repose sur l'hypothèse qu'à partir d'un seuil donné (pris usuellement au niveau de la crue décennale), toute précipitation supplémentaire s'écoule intégralement, le bassin versant étant saturé.

Par voie de conséquence et pour les fortes périodes de retour, la pente de la distribution statistique des débits (ou gradex) tend à rejoindre celle des pluies (ou gradex des pluies) sous réserve qu'elles soient exprimées dans les mêmes unités.

La méthode est détaillée en annexe 1. Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- Le point Pivot est pris égal au débit décennal déterminé suivant deux méthodes distinctes selon la taille du bassin considéré :
 - o Pour les BV < 20 km², c'est la méthode rationnelle qui sera utilisée, avec un coefficient de ruissellement pris à 0.6 x C100 et un temps de concentration déterminé par la méthode de Passini ;
 - o Pour les BV > 20 km², on exploitera la formule Crupédix, avec un coefficient régional de 1.5 et une pluie décennale sur 24h de l'ordre de 160 mm ;
- La durée caractéristique de la crue est prise égale à 2 x Tc, Tc étant calculé suivant la formule du SPC GD ;
- Le rapport débit de pointe /débit moyen sur la durée caractéristique est pris égal à 2 ;
- Gradex des pluies calculé directement à partir des données pluviométriques ;
- Aucun abattement spatial n'est pris en compte car les bassins versants sont de faibles tailles.

3.6.3.3 Les résultats

La comparaison entre les résultats obtenus par la méthodologie utilisée dans la présente étude et ceux issus des deux méthodes précédentes est explicitée en suivant.

Comme précisé dans la partie descriptive du modèle hydrologique, les valeurs OTEIS ne sont représentatives que de ce qui s'écoule au droit du point de calcul. Afin de pouvoir faire un comparatif, elles sont néanmoins rattachées à une surface drainée théorique, qui peut être en réalité moindre localement si des débordements déconnectés sont observés à l'amont (ce qui est souvent le cas au niveau des secteurs de plaine pour les petits cours d'eau).

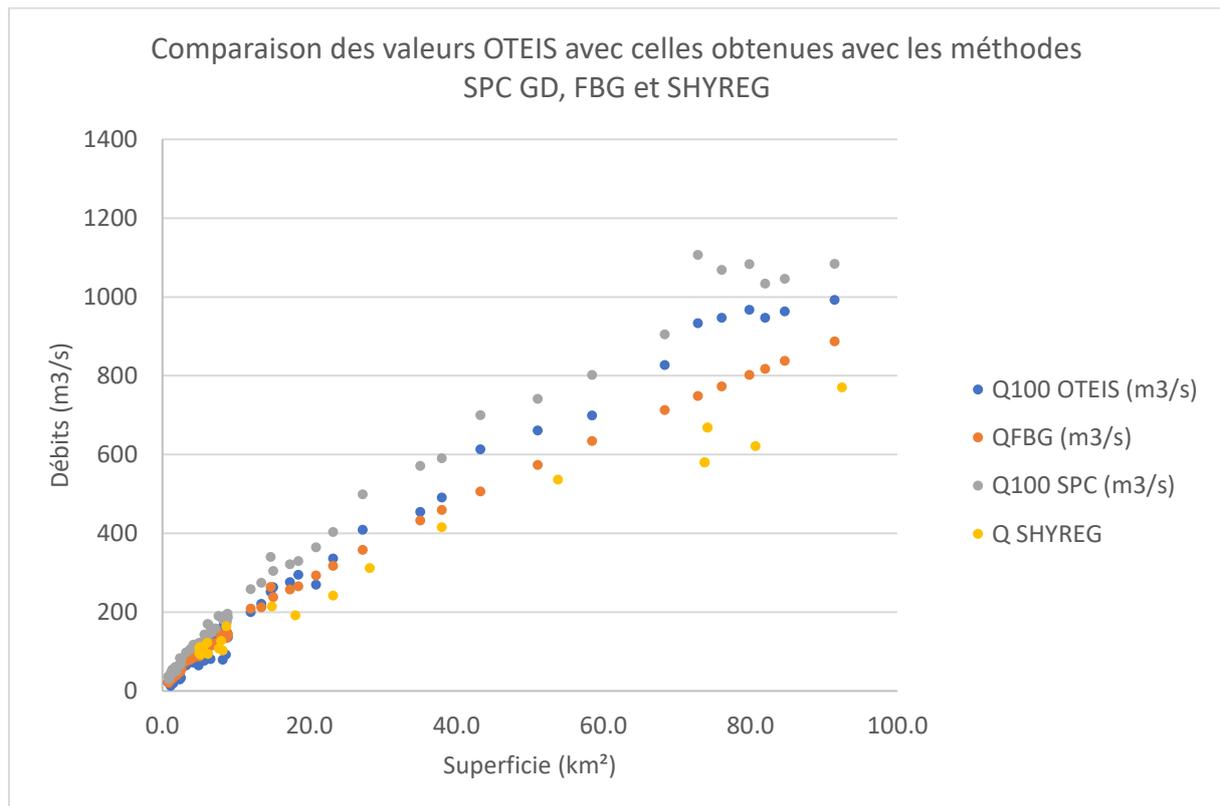


Figure 11 : Comparaison des débits Oteis avec les valeurs FBG, SPC GD et SHYREG

Jusqu'à 10 km², on remarque une relative dispersion des résultats OTEIS, par rapport aux valeurs FBG, SPC GD et SHYREG, plus homogènes. Comme mentionné en préambule de l'analyse hydrologique, cela s'explique par la grande variété des fonctionnements observés pour les petites unités hydrologiques, ce que permet de bien prendre en compte le modèle OTEIS concernant la fonction de transfert. On voit donc ici tout l'intérêt de ce type d'approche. En effet, rappelons que la zone d'étude présente différents morphotypes au niveau des cours d'eau concernés, notamment en plaine, avec de possibles échanges inter-bassin.

Au-delà de 10 km², on constate que la disparité des fonctionnements hydrologiques des bassins versants s'estompe, et que si les valeurs OTEIS sont généralement comprises entre celles du SPC GD et celles de la méthode FBG, elles demeurent généralement plutôt proches de ces dernières.

Par contre, pour ces superficies, les valeurs SHYREG ont tendance à être plus faibles que celles obtenues à l'aide des autres méthodes.

N° point	Cours d'eau	S théorique (km ²)	Longueur cheminement (km)	Pente moyenne	QFBG (m ³ /s)	Q100 SPC (m ³ /s)	Q100 OTEIS (m ³ /s)
1	Les Seynes	20.9	10.0	0.016	293	365	270
2	Les Seynes	35.1	11.6	0.015	432	571	454
3	Les Seynes	38.0	13.8	0.015	459	591	491
4	Ruisseau de Coucarière	8.2	6.1	0.023	136	181	79
5	Les Seynes	51.1	16.3	0.014	573	741	661
6	Vallat du Devois	1.9	3.0	0.008	39	50	33
7	Ruisseau de Montaren	8.6	6.1	0.028	146	192	92
8	Ruisseau du Mas de Vaugrand	2.0	3.2	0.035	43	62	34
9	Le Rieu	6.6	5.4	0.022	115	147	133
10	Combe des Corps	2.4	2.8	0.045	55	83	46
11	Ruisseau de la Font de Montau	2.6	3.0	0.031	57	81	58
12	Valat de Valorgues	14.7	5.3	0.031	264	340	252
13	Les Rosselles	27.2	8.4	0.017	358	499	409
14	Les Rosselles	8.9	7.0	0.025	140	187	136
15	Ruisseau de Jol	1.0	2.6	0.059	25	36	20
16	L'Alzon	8.3	5.4	0.021	144	183	166
17	L'Alzon	13.5	6.6	0.020	212	275	221
18	L'Alzon	17.4	7.8	0.018	258	322	276
19	Le Valadas	1.5	2.8	0.043	34	51	19
20	Ruisseau des Combes	1.2	2.2	0.051	33	49	20
21	L'Alzon	43.3	11.6	0.015	506	700	613
22	L'Alzon	72.9	13.3	0.013	748	1107	933
23	L'Alzon	76.1	16.7	0.011	773	1069	947
24	Le Redounet	2.3	3.5	0.020	46	65	29
25	Ruisseau de Font Froide	2.5	3.1	0.020	52	70	33
26	Les Seynes	68.4	21.3	0.012	713	905	827
27	Les Seynes	82.0	24.6	0.011	817	1034	947
28	Ruisseau de Font des Bouis	1.8	2.0	0.015	44	59	37
29	Les Seynes	84.7	25.4	0.011	838	1046	963
30	Les Seynes	91.5	27.2	0.010	887	1084	992
31	L'Alzon	79.9	18.5	0.011	802	1083	967
32	L'Alzon	174.3	28.7	0.010	1439	1943	1944
33	Merlançon	4.6	4.0	0.026	91	117	94
34	Ruisseau du Creux des Pontets	4.2	3.2	0.024	88	115	72
35	Merlançon	12.0	5.2	0.020	209	258	200
36	Merlançon	15.1	6.5	0.017	238	304	263
37	L'Alzon	23.2	10.2	0.016	317	404	336
38	La Grand-Combe	1.8	2.1	0.013	41	53	34
39	La Grand-Combe	5.2	4.9	0.019	93	121	93
40	Combe de Vayer	6.6	4.5	0.014	117	150	81
41	Ruisseau de Montaren	6.2	4.0	0.038	128	170	93
42	Ruisseau de la Combe des Monteils	0.8	1.5	0.065	23	36	22
43	Ruisseau de Pradines	6.1	6.5	0.022	98	130	85
44	Ruisseau d'Aigues Vives	6.0	4.7	0.022	107	141	123
45	Le Lison	8.9	6.5	0.027	146	196	146
46	Ruisseau de Bertezène	0.8	2.2	0.033	21	30	24
47	Valat de Valorgues	4.2	4.1	0.036	84	117	89
48	Le Rieu	8.7	7.2	0.019	135	173	178
49	Le Rieu	1.1	2.5	0.043	27	39	13
50	Ruisseau de la Meule	1.7	2.1	0.037	46	60	34
51	Ruisseau de la Grand-Plane	1.6	2.4	0.026	36	54	25
52	Ruisseau du Plan	1.2	2.5	0.036	31	44	23
53	L'Alzon	7.6	4.3	0.024	146	190	137
55	L'Alzon	6.3	3.6	0.023	125	168	117
56	Merlançon	1.3	1.9	0.031	34	45	28
57	Merlançon	1.1	1.6	0.026	30	44	23
58	Merlançon	3.8	3.4	0.030	79	106	73
59	Merlançon	3.2	2.7	0.029	74	98	65
60	L'Alzon	18.5	8.5	0.017	265	329	295
61	Ruisseau du Creux des Pontets	5.7	4.3	0.022	106	143	77
62	Merlançon	5.1	5.0	0.025	92	122	101
63	Les Seynes	58.4	19.4	0.012	634	802	699
64	Les Combes	1.2	1.9	0.015	30	41	16
65	Combe du Péras	4.9	3.8	0.014	95	122	65
66	Les Seynes	5.0	5.1	0.018	88	112	85
67	Le Grand Vallat	7.2	5.7	0.019	122	158	126
68	Combe Escure	1.4	1.9	0.044	36	54	26
69	Valat des Pontils	1.4	2.5	0.031	33	50	45
70	Les Seynes	9.0	8.0	0.017	133	170	139

Tableau 5 : Valeurs Q100 suivant les méthodes FBG et SPC GD, et comparaison avec les valeurs OTEIS

3.6.4 Discussion et choix du débit de référence

L'analyse des résultats précédents montre que jusqu'aux alentours de 40 km², les valeurs OTEIS sont généralement du même ordre de grandeur que celles issues de la bibliographie et celles obtenues par la méthode FBG. Au-delà de cette surface, les valeurs OTEIS sont supérieures (on dépasse parfois de plus de 20 % la valeur FBG), même si elles n'atteignent pas les valeurs obtenues via la méthode SPC GD, qui nous apparaissent ici trop fortes par rapport aux autres estimations.

Dans la note de présentation de la méthode du SPC-GD (« Proposition d'une méthodologie de calcul des crues de référence pour les petits bassins versants (<400 km²) »), il est précisé que « l'on peut considérer que la méthodologie d'application du Gradex [...], tout comme la méthode FBG, conduit, compte-tenu de ses hypothèses, à estimer la borne supérieure de l'intervalle de confiance dans lequel le débit centennal peut se situer. Nous considérons donc comme raisonnable de retenir, parmi les deux méthodes, celles qui donne le débit le plus faible. ».

Sur la base de ces observations, nous proposons :

- De retenir les valeurs OTEIS en deçà de 40 km² ; la méthodologie exploitée dans le cadre du présent PPRI permet de rendre compte de la multiplicité des fonctionnements hydrologiques des petits bassins, parfois très complexes – typiquement dans la plaine de Saint-Quentin-la-Poterie -, et que les approches classiques ne peuvent pas forcément appréhender correctement ;
- De retenir les valeurs FBG au-delà de 40 km². En effet, les valeurs OTEIS dépassent légèrement la limite supérieure de l'intervalle de confiance associée à la détermination des débits dans la région, selon la note du SPC GD. Afin de ne pas être majorant, nous proposons donc de s'en référer aux valeurs issues de la méthode FBG au-delà de 40 km².

Les valeurs SHYREG, généralement inférieures aux données bibliographiques et aux résultats des différentes méthodes exploitées dans le cadre de l'étude, ne seront pas retenues.

3.6.5 Calculs des débits pour les autres occurrences

Pour l'estimation des débits de pointes des autres occurrences, on utilisera une hypothèse classique utilisée en hydrologie : la fonction de transfert moyenne entre précipitation efficace et débit (hydrogramme unitaire) est invariante, quelle que soit l'importance des pluies.

Pour une précipitation élémentaire, l'hydrogramme unitaire peut être caractérisé par son débit de pointe et son débit moyen, dont le rapport est le coefficient de pointe. Celui-ci est donc supposé constant, quelle que soit la pluie. Une crue étant la résultante d'un ou plusieurs hydrogrammes unitaires, le coefficient de pointe de cette dernière est identique à celui de la

fonction de transfert moyenne. Cette hypothèse est notamment exploitée dans le cadre de la méthode du Gradex.

En prenant l'hypothèse de l'invariabilité de la fonction de transfert, cela signifie que le coefficient de pointe est le même quelle que soit la pluie, et donc l'occurrence. En d'autres termes, le coefficient de pointe pour Q100 est le même pour les autres crues.

Le coefficient de pointe étant le rapport entre le débit de pointe et le débit moyen (et donc le volume écoulé) sur la durée considérée (ici 24 h), et connaissant le débit centennal, il est donc possible de déduire le débit de pointe pour d'autres occurrences en multipliant le débit centennal connu par le ratio des volumes écoulés (et donc des pluies efficaces) entre la crue considérée et la crue centennale.

Compte tenu des incertitudes inhérentes à ce type de bassin-versant, il s'agit d'une hypothèse plutôt sécuritaire. Le débit exceptionnel est quant à lui égal à 1.8 x Q100, valeur classiquement retenue.

Le passage de Q100 aux différentes occurrences est spécifié dans le tableau ci-après.

Occurrence	Rapport Q _{ix} /Q100
5 ans	0.2
10 ans	0.3
50 ans	0.7
Excep	1.8

Les résultats sont présentés par la suite. Sur cette base, la période de retour de l'épisode de 2002 serait comprise entre 10 et 50 ans sur la partie aval de l'Alzon et sur les Seynes. Pour 2014, la période de retour serait également du même ordre de grandeur sur le tronçon aval de l'Alzon. Ces valeurs sont cohérentes avec l'analyse concernant les cumuls pluviométriques observés.

Aussi bien sur le bassin-versant de l'Alzon que sur celui des Seynes, la crue de référence est la crue centennale. Cette conclusion est en cohérence avec les études et données disponibles sur le secteur.

N° point	Cours d'eau	Superficie drainée théorique (km²)	Q5 (m3/s)	Q10 (m3/s)	Q50 (m3/s)	Q100 réf (m3/s)	Qexcep (m3/s)
1	Les Seynes	20.9	47	88	195	270	486
2	Les Seynes	35.1	79	147	328	454	817
3	Les Seynes	38.0	85	159	355	491	884
4	Ruisseau de Coucarière	8.2	14	26	57	79	142
5	Les Seynes	51.1	100	186	414	573	1032
6	Vallat du Devois	1.9	6	11	24	33	59
7	Ruisseau de Montaren	8.6	16	30	66	92	166
8	Ruisseau du Mas de Vaugrand	2.0	6	11	25	34	61
9	Le Rieu	6.6	23	43	96	133	239
10	Combe des Corps	2.4	8	15	33	46	83
11	Ruisseau de la Font de Montau	2.6	10	19	42	58	104
12	Valat de Valorgues	14.7	44	82	182	252	454
13	Les Rosselles	27.2	71	133	295	409	736
14	Les Rosselles	8.9	24	44	98	136	245
15	Ruisseau de Jol	1.0	3	6	14	20	36
16	L'Alzon	8.3	29	54	120	166	299
17	L'Alzon	13.5	38	72	160	221	398
18	L'Alzon	17.4	48	90	199	276	497
19	Le Valadas	1.5	3	6	14	19	34
20	Ruisseau des Combes	1.2	3	6	14	20	36
21	L'Alzon	43.3	88	164	366	506	911
22	L'Alzon	72.9	130	243	540	748	1347
23	L'Alzon	76.1	134	251	558	773	1391
24	Le Redounet	2.3	5	9	21	29	52
25	Ruisseau de Font Froide	2.5	6	11	24	33	59
26	Les Seynes	68.4	124	232	515	713	1284
27	Les Seynes	82.0	142	265	590	817	1471
28	Ruisseau de Font des Bouis	1.8	6	12	27	37	67
29	Les Seynes	84.7	145	272	605	838	1508
30	Les Seynes	91.5	154	288	641	887	1597
31	L'Alzon	79.9	139	260	579	802	1443
32	L'Alzon	174.3	250	467	1040	1439	2591
33	Merlançon	4.6	16	31	68	94	169
34	Ruisseau du Creux des Pontets	4.2	12	23	52	72	130
35	Merlançon	12.0	35	65	144	200	360
36	Merlançon	15.1	46	85	190	263	473
37	L'Alzon	23.2	58	109	243	336	605
38	La Grand-Combe	1.8	6	11	25	34	61
39	La Grand-Combe	5.2	16	30	67	93	167
40	Combe de Vayer	6.6	14	26	58	81	146
41	Ruisseau de Montaren	6.2	16	30	67	93	167
42	Ruisseau de la Combe des Monteils	0.8	4	7	16	22	40
43	Ruisseau de Pradines	6.1	15	28	61	85	153
44	Ruisseau d'Aigues Vives	6.0	21	40	89	123	221
45	Le Lissou	8.9	25	47	105	146	263
46	Ruisseau de Bertezène	0.8	4	8	17	24	43
47	Valat de Valorgues	4.2	15	29	64	89	160
48	Le Rieu	8.7	31	58	129	178	320
49	Le Rieu	1.1	2	4	9	13	23
50	Ruisseau de la Meule	1.7	6	11	25	34	61
51	Ruisseau de la Grand-Plane	1.6	4	8	18	25	45
52	Ruisseau du Plan	1.2	4	7	17	23	41
53	L'Alzon	7.6	24	44	99	137	247
55	L'Alzon	6.3	20	38	84	117	211
56	Merlançon	1.3	5	9	20	28	50
57	Merlançon	1.1	4	7	17	23	41
58	Merlançon	3.8	13	24	53	73	131
59	Merlançon	3.2	11	21	47	65	117
60	L'Alzon	18.5	51	96	213	295	531
61	Ruisseau du Creux des Pontets	5.7	13	25	56	77	139
62	Merlançon	5.1	18	33	73	101	182
63	Les Seynes	58.4	110	206	458	634	1141
64	Les Combes	1.2	3	5	12	16	29
65	Combe du Péras	4.9	11	21	47	65	117
66	Les Seynes	5.0	15	28	61	85	153
67	Le Grand Vallat	7.2	22	41	91	126	227
68	Combe Escure	1.4	5	8	19	26	47
69	Valat des Pontils	1.4	8	15	32	45	81
70	Les Seynes	9.0	24	45	100	139	250

Tableau 6 : Valeurs de référence sur la zone

4. MODELISATION HYDRAULIQUE

4.1 PRESENTATION GENERALE

L'ensemble du linéaire étudié a fait l'objet d'une modélisation 2D pour la crue de référence (Q100). Comme précisé précédemment, le logiciel utilisé est HEC-RAS. Il est important de préciser que le ruissellement pluvial n'est ici pas pris en compte.

L'ensemble de la zone d'étude a été découpé en 12 modèles hydrauliques, dans lesquels les débits issus de l'analyse hydrologique sont directement injectés au droit des cours d'eau modélisés. Ces 12 modèles sont localisés en suivant, et présentés en annexe 5. Ils sont généralement interconnectés.

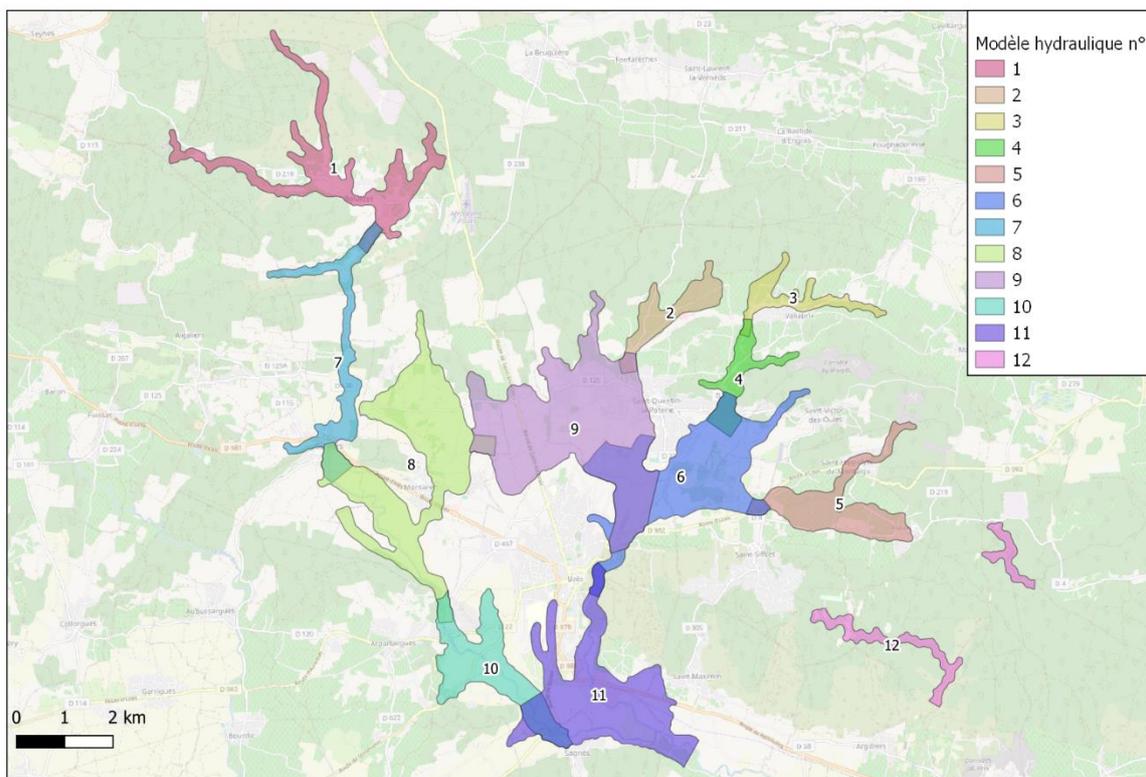


Figure 12 : Discretisation de la zone d'étude en modèles hydrauliques

De façon générale, la taille moyenne des mailles est de 15 x 15 m, mais cette taille est bien évidemment adaptée suivant la problématique locale, de telle manière à reproduire au mieux la configuration topographique des lieux. A ce titre, les ouvrages hydrauliques (ponts, seuils,...), ainsi que les éléments structurants majeurs (remblais routiers et ferroviaires principalement) sont pris en compte dans les modèles.

Un exemple de maillage est présenté ci-après, au niveau de la commune de Saint-Hippolyte-de-Montaigu.

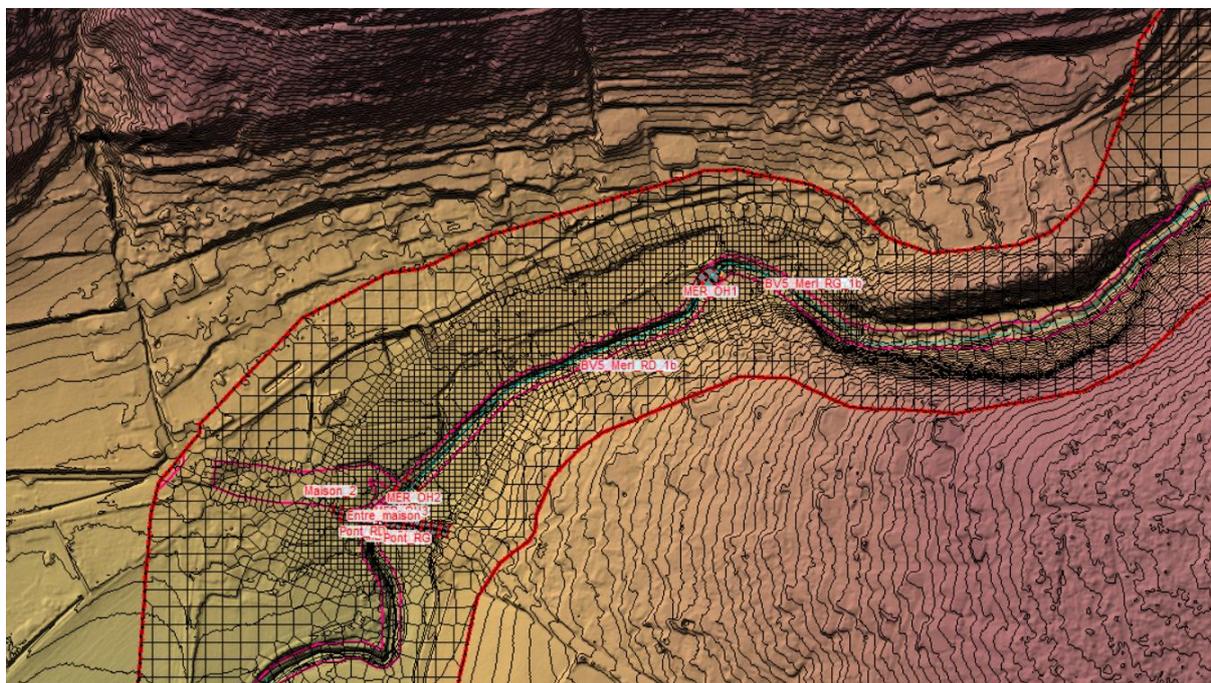


Figure 13 : Exemple de maillage

4.2 HYPOTHESES RETENUES

Les modèles sont calés en définissant les conditions de rugosité après collecte et analyse des données disponibles. Cependant, en l'absence de données quantitatives fiables (débits mesurés notamment), le calage a été effectué principalement sur la base d'une expertise de terrain.

Après visite de terrain, les coefficients de rugosité (Strickler) sont estimés à des valeurs :

- compris entre 5 à 25 pour le champ majeur, généralement très encombré (forte rugosité : urbanisation plus ou moins dense, ou présence de végétation et de nombreux d'obstacles) ou cultivé (rugosité plus faible suivant le type de culture),
- aux alentours de 15 à 20 pour les lits mineurs, classiquement fortement végétalisés, souvent mal entretenus, et montrant des sections relativement hétérogènes avec de nombreux désordres (érosion notamment, dépôt de matériaux,...)
- Bâtiments : 1.

Dans ce cadre, le bâti n'est pas extrudé, mais considéré comme une surface potentiellement inondable qui ne participe pas aux écoulements (vitesse nulle).

Ces coefficients doivent permettre une représentation réaliste des écoulements.

Les conditions limites amont sont classiquement les débits calculés lors de l'analyse hydrologique, et les conditions limite aval sont définies sur la base des résultats des modélisations aval, ou sur le calcul de la cote normale.

En l'absence de systèmes d'endiguement autorisés au titre de l'article R. 562-14, et du fait des risques existants sur ce type d'ouvrage (dépassement, effacement, contournement, surverse, rupture plus particulièrement), les digues et merlons seront considérés comme potentiellement transparent aux écoulements ; en effet, ces éléments sont généralement :

- d'origine agricole (pas d'ouvrage classé sur la zone, d'après les enquêtes auprès des communes),
- peu ou pas entretenus (présence quasi-systématique de végétation type arborée, ronces et cannes de Provence),
- d'un gabarit très hétérogène,
- avec de nombreux points de faiblesse et/ou de zone de discontinuité (points bas, routes, fossés, voire absence ponctuelle)

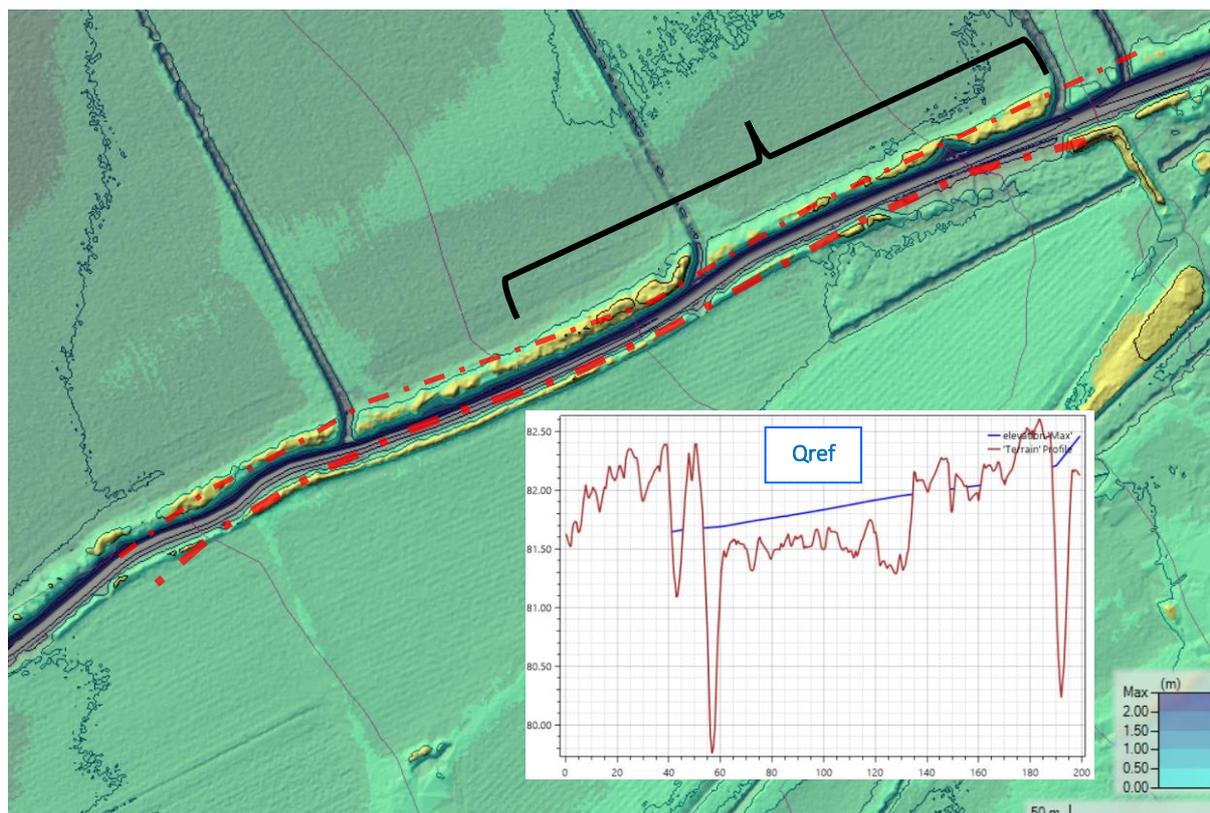
Si ces éléments peuvent avoir une éventuelle incidence, celle-ci n'est a priori que ponctuelle et locale, et non pas à l'échelle d'un épisode de crue et de la zone inondable associée. De plus, ils sont généralement contournés et ont très peu de chance d'être sollicités à leur pleine capacité théorique. On peut également préciser que leur stabilité apparait plus que douteuse.



Exemple d'ouvrage agricole en bordure de cours d'eau (ici, sur l'Alzon)

Un exemple typique de configuration avec digues et merlons est présenté ci-après pour Q100, sur l'Alzon ; au niveau des ouvrages existants, matérialisés en rouge (profil en long rive droite au niveau de l'accolade en noir), on devine :

- de nombreux points bas (arrivées de fossé plus particulièrement, coupures),
- l'absence de continuité hydraulique et d'homogénéité, avec comme corollaire une submersion plus ou moins importante de l'ensemble des ouvrages.



Exemple de configuration avec digues et merlons (Alzon)

Sur ces bases, ces éléments ne seront pas intégrés aux modèles, ou uniquement de façon très sommaire, car il ne s'agit pas d'ouvrages de protection classés au titre de la rubrique 3.2.6.0 du code de l'environnement.

4.3 DONNEES TOPOGRAPHIQUES EXPLOITEES

Les modèles s'appuient principalement sur deux sources de données topographiques :

- Le LIDAR fourni par la DDTM, permettant de caractériser notamment le champ majeur sur l'ensemble du linéaire considéré ; sa précision est conforme à l'arrêté et à la circulaire du 16 septembre 2003 portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques.
- Les levés terrestres en lit mineur (profils en travers et ouvrages). Le nombre de profils relevés est de l'ordre de 550 avec un espacement moyen généralement de 100 m, pour

environ une centaine d'ouvrage. Ces levés ne concernent principalement que le linéaire de cours d'eau à enjeux sur les communes concernées, présenté ci-après.

Sauf exception, les ouvrages n'ont été levés que s'ils structurent potentiellement les écoulements à large échelle. Ainsi, dans ce cadre, ont été systématiquement relevés :

- les ouvrages en remblai,
- les seuils d'une hauteur supérieure à 2 m.

Les ouvrages secondaires, tels que buse, ponceau ou radier, n'ayant a priori qu'une incidence locale, n'ont pas été relevés sauf exception, par exemple s'ils sont sur un cours d'eau et clairement identifiés sur le LIDAR et/ou sur site, et qu'ils se situent à proximité immédiate d'enjeux. Ainsi, il n'a été réalisé aucun relevé spécifique sur les fossés, où les petits ouvrages sont pléthore.



Exemple d'ouvrage levé



Exemple d'ouvrage non levé

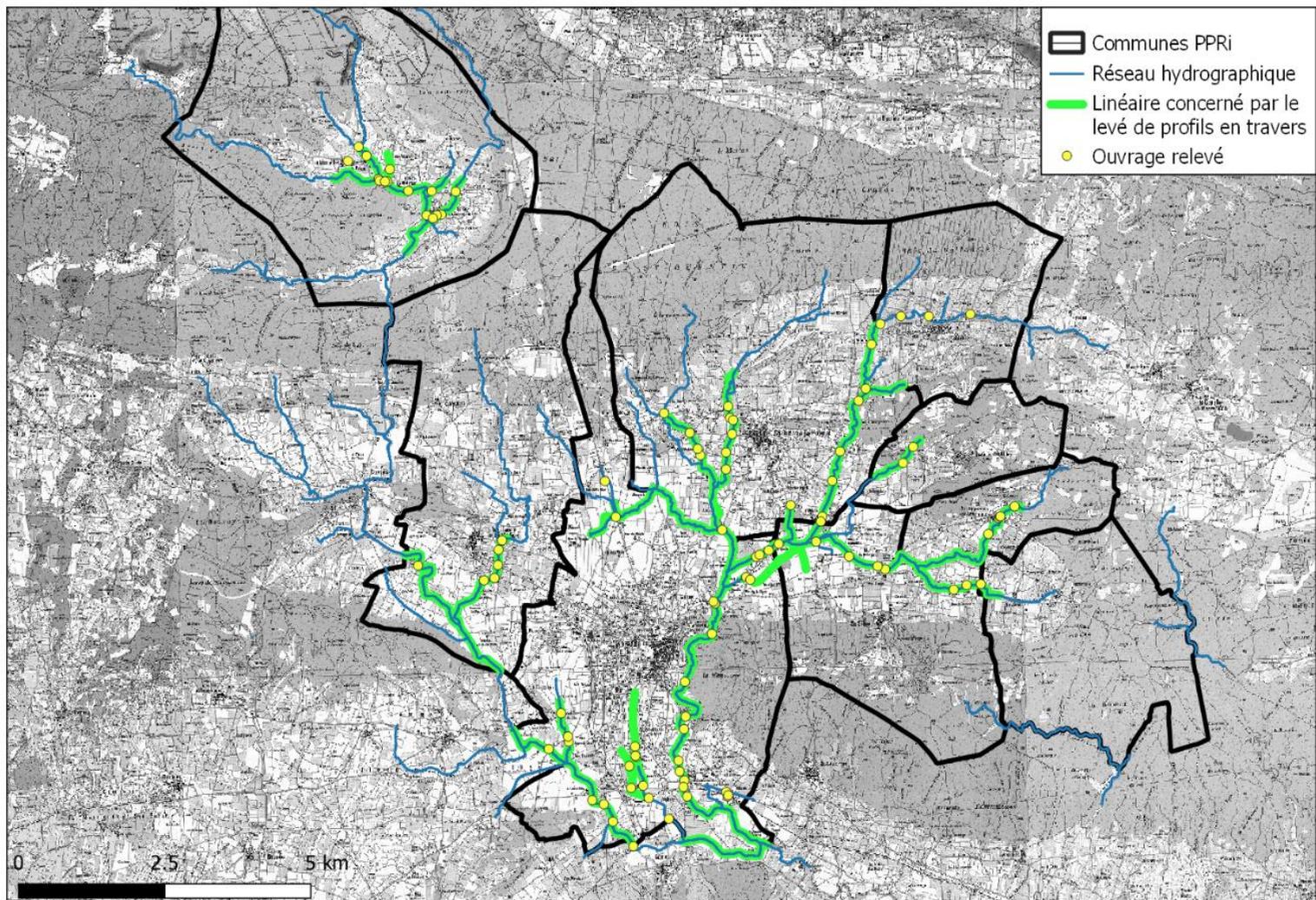


Figure 14 : Localisation des levés topographiques

4.4 ANALYSE DE SENSIBILITE

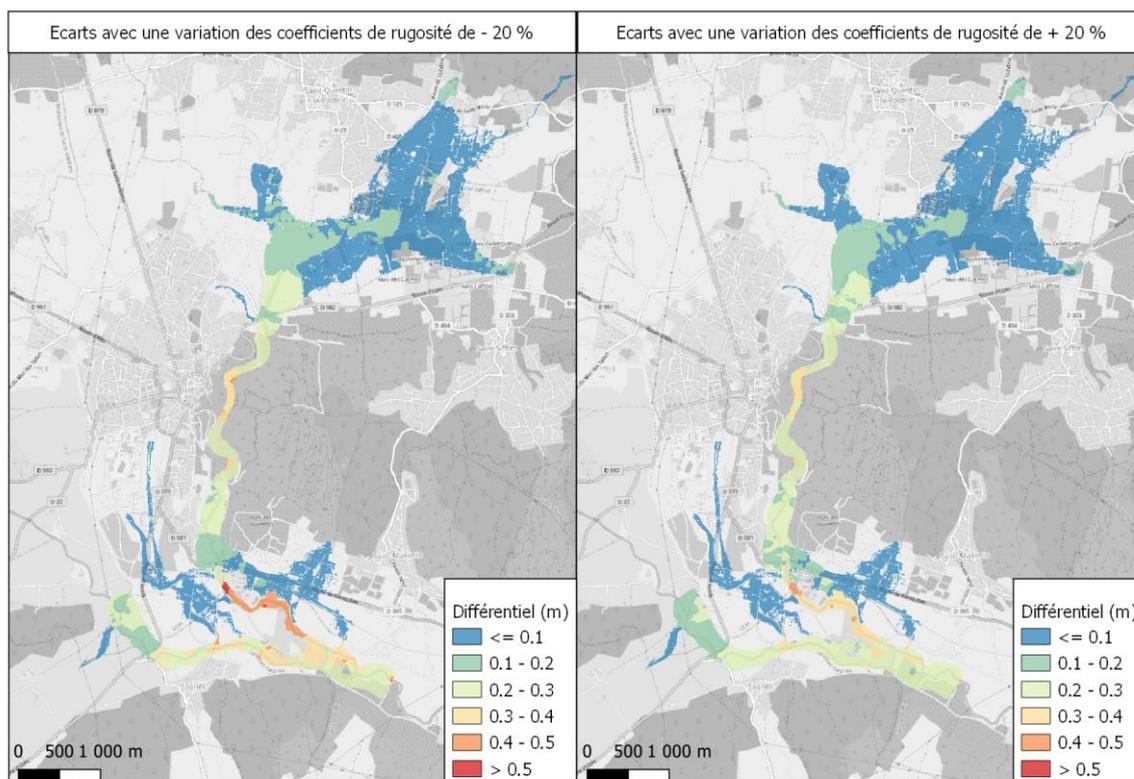
4.4.1 Coefficients de rugosité

Afin de caractériser l'incertitude sur les niveaux d'eau calculés dans le cadre de la présente étude, une étude de sensibilité a été réalisée sur les coefficients de rugosité, principaux paramètres influant les calculs pour un débit donné.

Cette analyse a été réalisée sur les modèles 6 et 11, situé principalement sur la partie aval de l'Alzon et des Seynes, plus particulièrement sur la commune d'Uzès. La multiplicité des types d'écoulements, d'occupation des sols et de cours d'eau rencontrés les rendent à notre sens représentatif de l'ensemble de la zone modélisée.

Le principe a été d'appliquer une incertitude classique de +/- 20 % sur les coefficients de rugosité et de caractériser l'incidence sur la ligne d'eau et l'emprise de la zone inondable.

Pour les hauteurs de submersion, les résultats bruts sont présentés en suivant.



On constate que l'incidence sur les niveaux dépend principalement de l'épaisseur de la lame d'eau, ce qui est tout à fait logique : plus cette dernière sera forte, plus l'incidence en absolu sera notable.

A l'échelle de la zone, l'incertitude moyenne sur la ligne d'eau est de l'ordre de +/- 0.2 m. On retiendra cette valeur pour l'intégralité de la zone modélisée. Cette donnée servira notamment à caractériser la tolérance lors de la phase de calage : ainsi, la comparaison entre niveau d'eau observé et niveau d'eau calculé se fera à 0.2 m près en valeur absolue.

En termes d'emprise, les incidences sur les zones inondables sont présentées ci-dessous pour le secteur test.

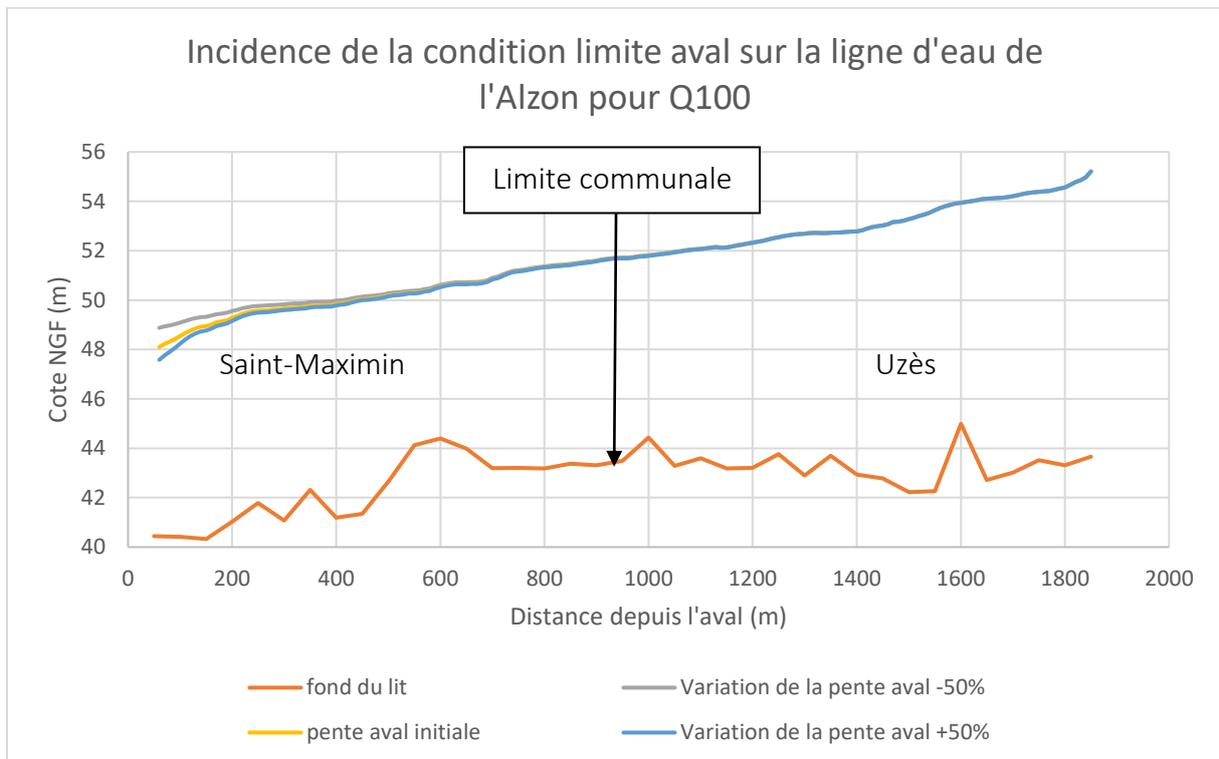
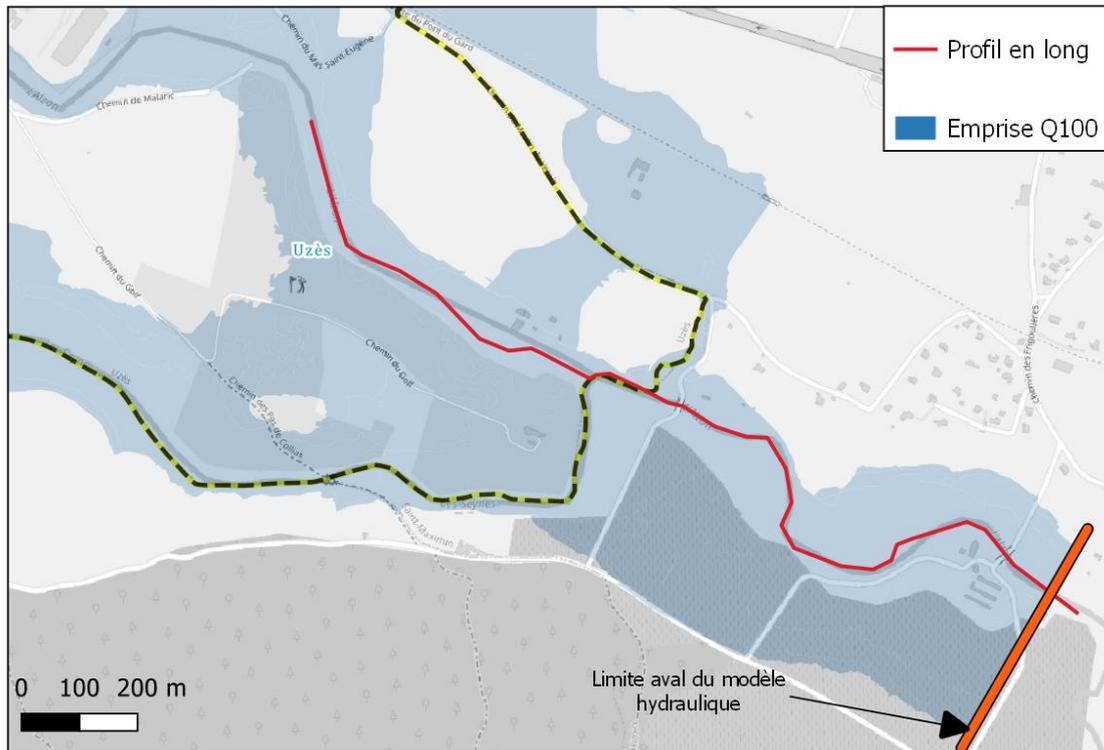
Synthèse de l'incidence de la variation des Strickler sur les emprises inondables			
Scénario	-20%	initial	+20%
Superficie de la zone inondable (ha)	603.3	634.3	658.0
Variation (%)	-5%	-	4%
Largeur moyenne de la zone inondable pour 33.5 km de linéaire modélisé (m)	180	189	196
Variation moyenne en termes de largeur sur une rive (m)	-4.6	-	3.5

Suivant les conditions de rugosité, le delta en termes de superficie inondée est de l'ordre de 4 à 5 %, ce qui représente une bande d'une largeur moyenne d'environ 3 à 5 m en plus ou en moins sur chaque rive, soit moins de 1 mm au 1/5000^{ème} (échelle d'application du PPRI), ce qui est négligeable à l'échelle considérée.

4.4.2 Condition limite aval

Bien que ne concernant que la partie modélisée aval, une analyse de sensibilité a également été réalisée sur la condition limite aval, en faisant varier la pente de la ligne d'énergie, nécessaire au calcul de la cote normale, de +/- 50 %.

Les résultats sont présentés sous formes de profils en long. On constate que la variation de la condition limite aval pour la crue de référence se fait ressentir sur environ 500 à 600 m, pour remonter jusqu'à 350 m à l'aval de la limite communale d'Uzès, commune concernée la plus en aval. La condition limite aval n'a donc pas d'influence sur notre zone d'étude et les premiers enjeux.



4.5 CALAGE DES MODELES

4.5.1 Principe général

Sur la zone d'étude, si des NPHE sont disponibles pour un certain nombre de crues, dont 2002 et 2014, il n'existe aucune donnée hydrométrique afférentes, mais seulement des estimations ponctuelles.

Cependant, à l'échelle du bassin et hors particularités locales (Merlançon pour 2014), 2002 et 2014 ne constituent pas les références sur le plan hydrologique. La phase de calage des modèles consistera donc à vérifier :

- 1) que les observations sont bien contenues dans l'enveloppe de la crue de référence,
- 2) que les niveaux d'eau obtenus pour la crue de référence sont cohérents avec les NPHE, à savoir généralement supérieurs. On comparera également les NPHE avec les cotes obtenues pour Q10, Q20 et Q50, afin de faire un parallèle avec l'analyse hydrologique réalisée précédemment et d'estimer la période de retour des épisodes historiques. A noter que les cotes pour Q20 sont données à titre informatif, car la modélisation pour cette occurrence n'est pas prévue dans le cadre de l'étude.

Pour le deuxième point, certains niveaux ou laisses de crue, s'ils constituent une trace évidente du passage de la crue - et c'est pourquoi il est donc très important de les prendre en compte dans la première phase de l'analyse – sont entachés parfois d'une imprécision potentiellement trop importante. On pourra citer par exemple :

- les traces ou laisses au niveau d'obstacles non mobiles (piles de pont, gros arbres,...) : dans ce cas, il y a pu avoir par exemple un phénomène de tassement, et le niveau est donc en deçà du niveau réel, ou a contrario, si la laisse se situe dans une zone à fortes vitesses, le niveau est plutôt représentatif de la charge que du niveau d'eau ;
- les traces ou laisses au niveau d'obstacles mobiles (petits arbres, grillages, ...) : classiquement, le niveau des traces peut surestimer le niveau réel, car l'obstacle, qui a tendance à se coucher lors de la crue, se relève après. Le phénomène de tassement peut être aussi ici observé.
- Les traces dans les habitations habitées : lors d'une crue, les gens, s'ils ne sont pas surpris, cherchent à se calfeutrer pour limiter les arrivées d'eau. De fait, le niveau caractérisé à l'intérieur est potentiellement moins important que celui extérieur.
- Les traces d'humidité : suivant la nature du revêtement, l'eau peut remonter par capillarité le long d'un mur. Le niveau caractérisé est donc potentiellement supérieur à celui de l'eau.

Sur la base des remarques précédentes, les NPHE ont été classés en deux catégories : fiable et potentiellement imprécis. Seuls les NPHE qualifiés comme « fiables » seront exploités par la suite pour la comparaison avec les niveaux d'eau modélisés.

Les résultats sont présentés en suivant à l'échelle du bassin étudié. Les NPHE « fiables » sont caractérisés sur la base de la comparaison entre les cotes des observations et les résultats des différentes simulations précitées.

Les classes suivantes ont été retenues en termes de niveau d'eau :

- inférieur à 10 ans
- de l'ordre de 10 ans (à +/- 0.2 m)
- compris entre 10 et 20 ans
- de l'ordre de 20 ans (à +/- 0.2 m)
- compris entre 20 et 50 ans
- de l'ordre de 50 ans (à +/- 0.2 m)
- compris entre 50 et 100 ans
- de l'ordre de 100 ans (à +/- 0.2 m)

En parallèle, un profil en long est présenté sur les secteurs aval des Seynes et de l'Alzon, secteurs se prêtant bien à ce type de représentation du fait de leur fonctionnement hydraulique, majoritairement en 1D.

4.5.2 Les résultats pour l'épisode de 2002

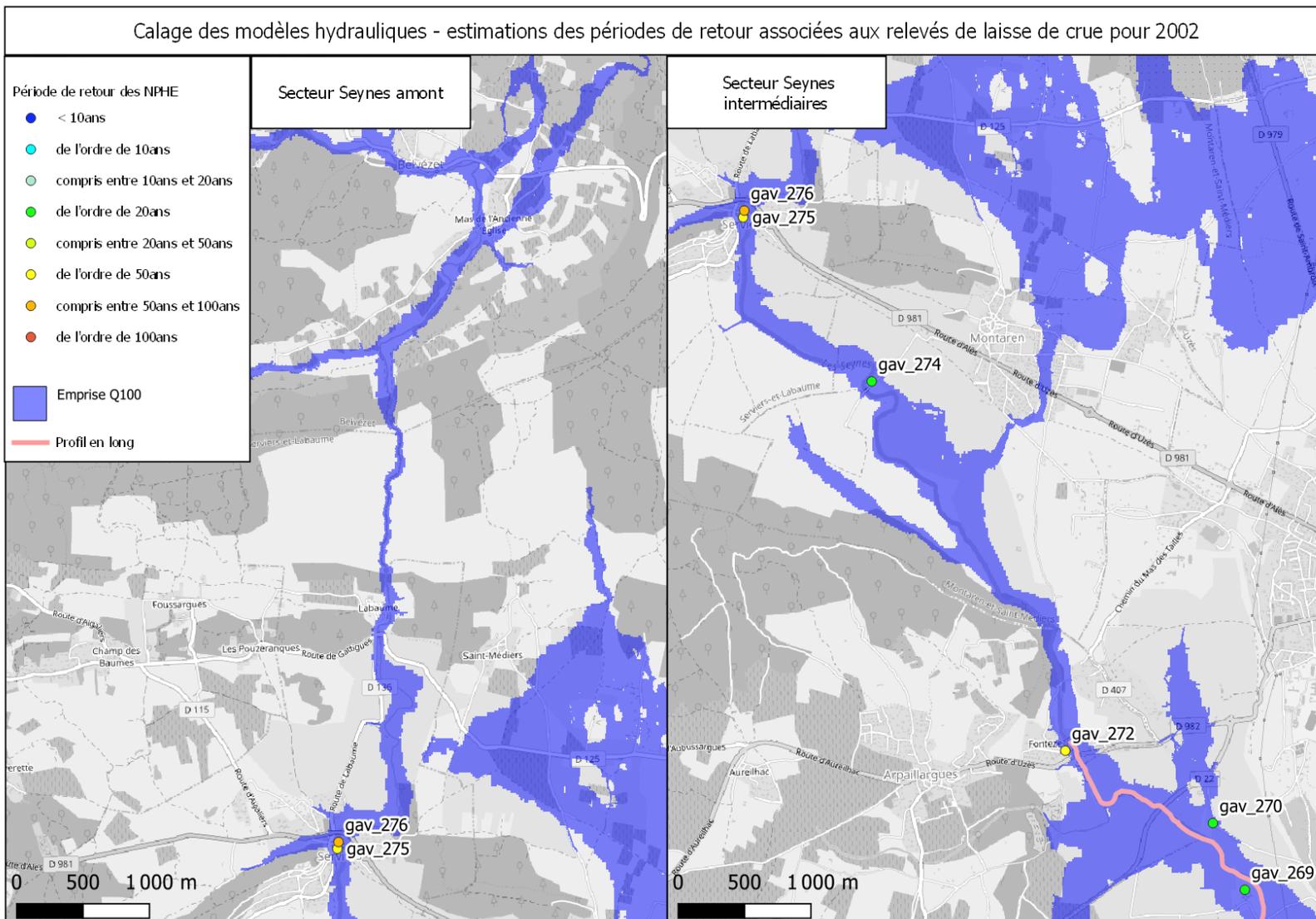
La qualification des NPHE sur la zone est la suivante :

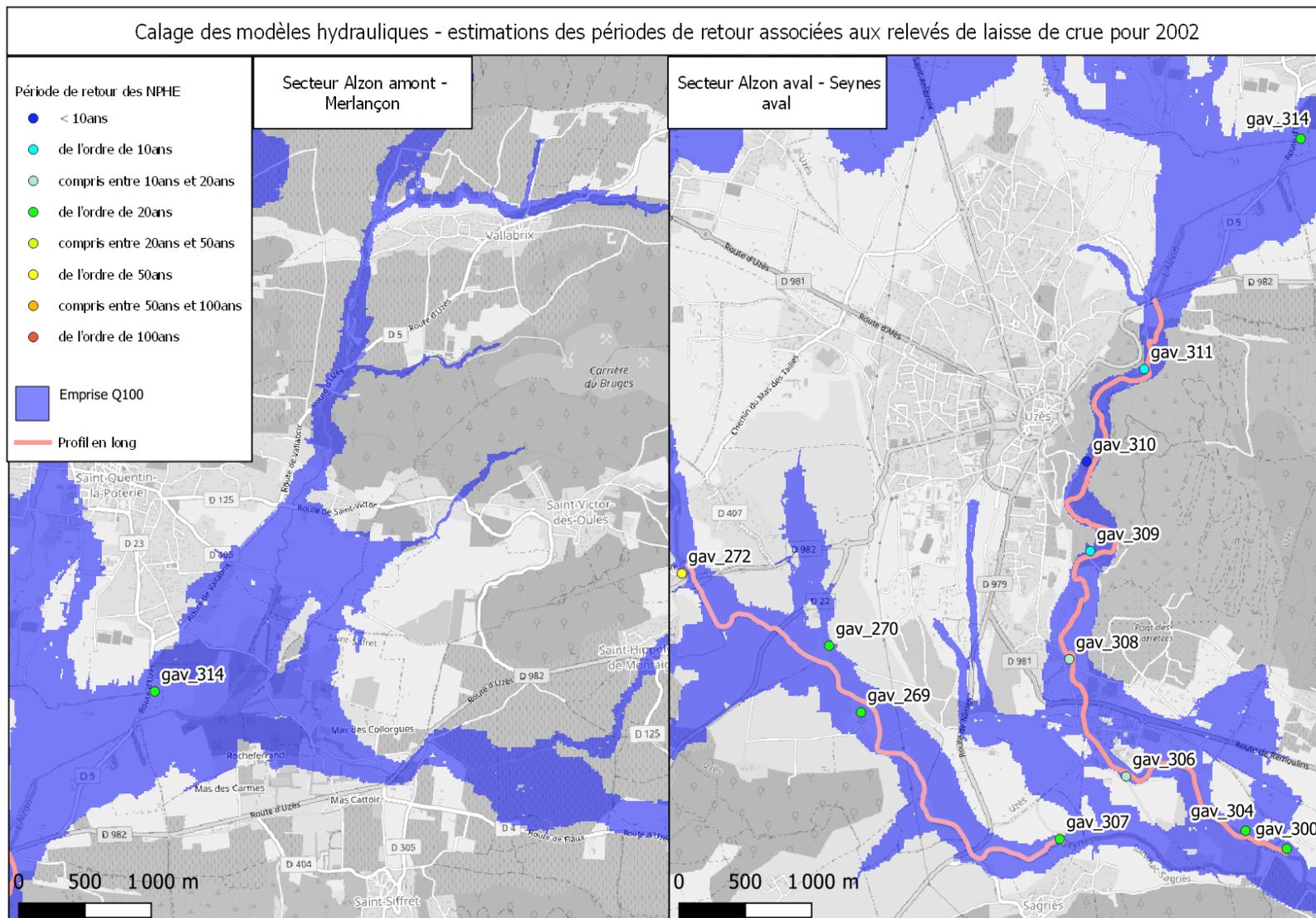
Nombre de repères			
Total	33		
dont :	fiables	15	45%
	avec une potentielle imprécision	18	55%

La cartographie et le tableau de résultat afférent sont présentés en suivant. Les observations sont comprises dans la zone inondable pour la crue de référence.

Les informations sont assez fragmentaires sur notre zone d'étude. On constate cependant que :

- Les niveaux d'eau observés sont de l'ordre de 10 à 20 ans sur la partie aval de l'Alzon, ce qui est cohérent avec les estimations du CEREVERE sur ce secteur ;
- Sur les Seynes, on atteint généralement une période de retour de l'ordre de 20 à 50 ans, que cela soit sur la partie amont ou sur la partie aval. Ces valeurs sont cohérentes avec les analyses disponibles sur la zone.





ZID	ID	COMMUNE	Cours d'eau	XPHE (LIII Carto)	YPHE (LIII Carto)	ZPHE	Cote modélisée (m NGF)				Estimation de l'occurrence
							10ans	20ans	50ans	100ans	
gav_269	269	UZES	Seynes	765706.52	3190117.873	68.653	68.25	68.68	69.12	69.54	20ans
gav_270	270	UZES	Seynes	765444.135	3190605.932	70.535	-	70.37	70.85	71.61	20ans
gav_272	272	ARPAILLARGUES-ET-AUREILLAC	Seynes	764363.753	3191135.121	78.045	-	77.06	77.89	78.61	50ans
gav_274	274	MONTAREN-ET-SAINT-MEDIERS	Seynes	762847.493	3193905.467	96.159	95.74	96.09	96.46	96.89	20ans
gav_275	275	SERVIERS-ET-LABAUME	Seynes	761888.29	3195126.467	108.015	-	107.50	108.19	108.82	50ans
gav_276	276	SERVIERS-ET-LABAUME	Seynes	761875.671	3195172.715	108.765	107.11	107.79	108.52	109.27	50ans-100ans
gav_300	300	SAINT-MAXIMIN	Alzon	768897.681	3189133.415	49.914	49.00	50.00	50.92	51.67	20ans
gav_304	304	UZES	Alzon	768591.797	3189269.146	50.909	49.98	51.05	51.95	52.62	20ans
gav_306	306	UZES	Alzon	767675.837	3189685.755	54.644	53.63	54.86	56.09	57.05	10ans-20ans
gav_307	307	UZES	Alzon	767199.826	3189184.694	58.973	58.18	58.81	59.40	59.92	20ans
gav_308	308	UZES	Alzon	767262.586	3190524.914	63.405	63.08	64.09	64.85	65.51	10ans-20ans
gav_309	309	UZES	Alzon	767401.948	3191336.012	67.63	67.45	67.93	68.48	69.00	10ans
gav_310	310	UZES	Alzon	767332.511	3191907.872	71.42	72.03	72.53	73.08	73.68	< 10ans
gav_311	311	UZES	Alzon	767820.588	3192718.014	75.83	76.00	76.51	77.10	77.73	10ans
gav_314	314	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	768982.039	3194439.468	107.487	85.91	86.04	86.18	86.31	20ans

4.5.3 Les résultats pour l'épisode de 2014

La qualification des NPHE sur la zone est la suivante :

Nombre de repères			
Total	171		
dont :	fiables	66	39%
	avec une potentielle imprécision	105	61%

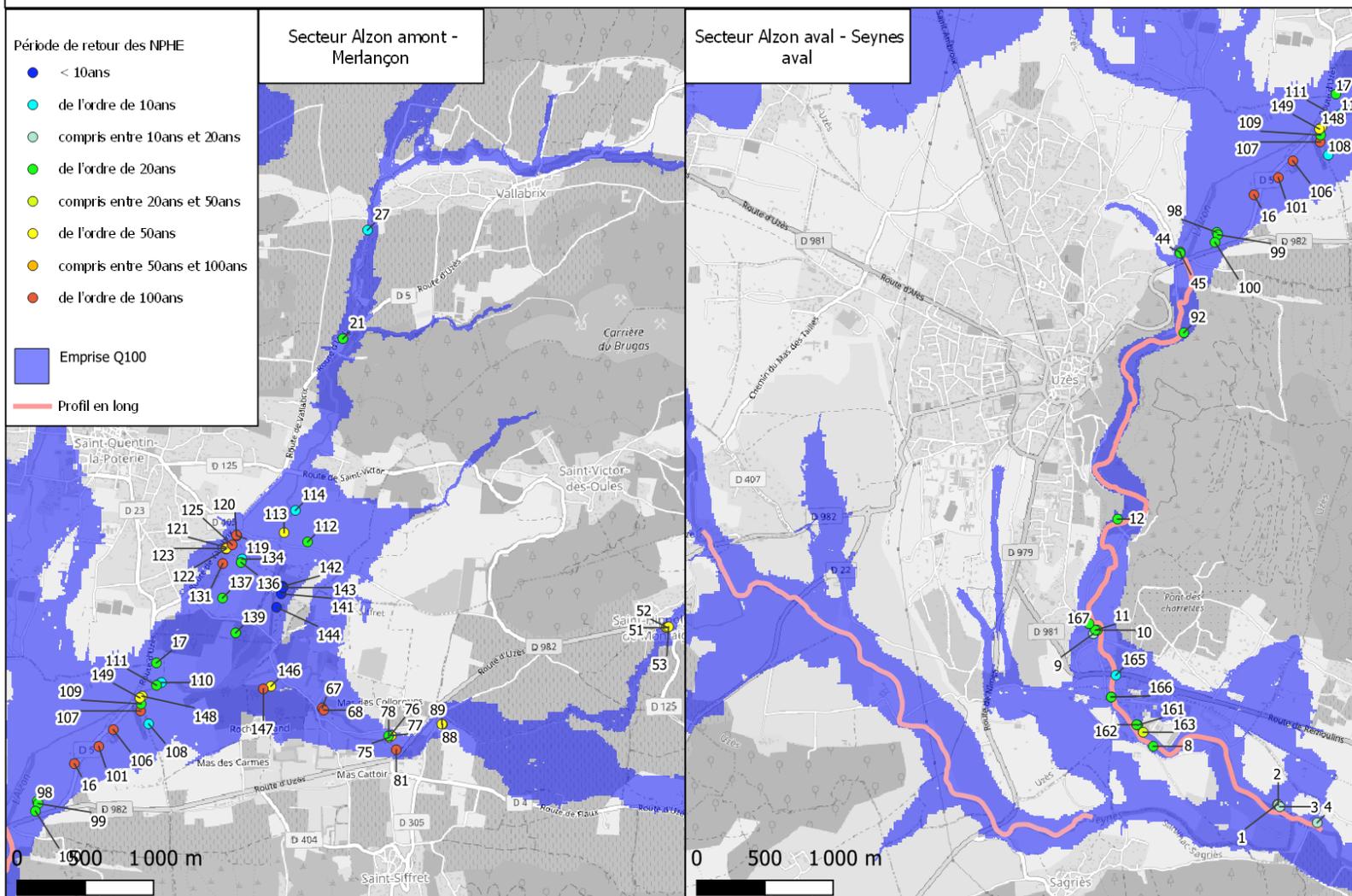
Pour cet épisode, la quantité d'informations disponibles est beaucoup plus importante que pour 2002 (66 NPHE « fiables » contre seulement 15 pour 2002), permettant une analyse plus détaillée par secteur.

De façon générale :

- L'ensemble des points est contenu dans l'enveloppe de la crue de référence.
- Sur la partie aval de l'Alzon, les niveaux sont légèrement supérieurs à 2002. La période de retour de ces derniers est de l'ordre de 20 ans, ce qui est en cohérence avec l'analyse hydrologique et les estimations HYMEX – IPEC.
- Au niveau de la confluence Alzon-Merlançon, et sur le Merlançon dans sa partie aval et médiane, les niveaux d'eau présentent une période de retour proche de 50 à 100 ans, traduisant la violence des précipitations sur ce secteur de la zone d'étude, mais également une probable surréaction du bassin liée à la forte humidité des sols avant l'épisode, phénomène favorisant un fort ruissellement.

Ces différences en termes de période de retour traduisent bien les gradients pluviométriques observés sur la zone lors de l'épisode, avec notamment le bassin du Merlançon qui a été particulièrement touché.

Calage des modèles hydrauliques - estimations des périodes de retour associées aux relevés de laisse de crue pour 2014



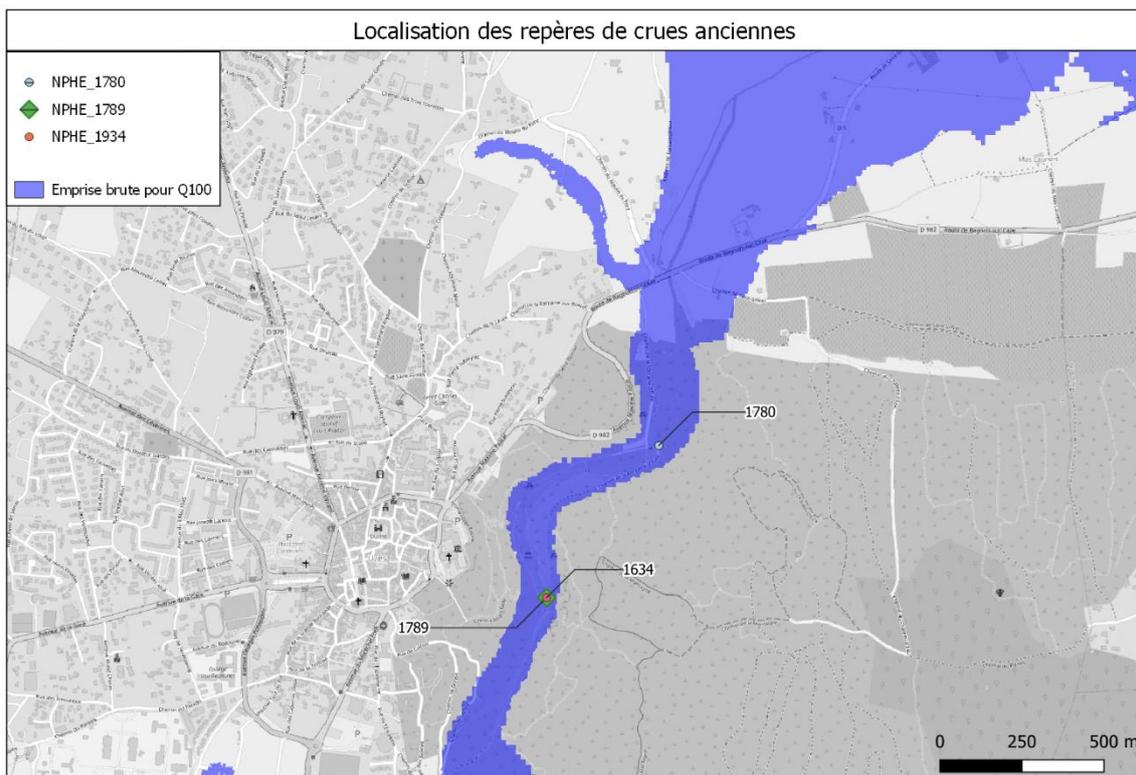
ZID	ID	COMMUNE	Cours d'eau	XPHE	YPHE	ZPHE	Cote modélisée (m NGF)				Estimation de l'occurrence
							10ans	20ans	50ans	100ans	
ALZON-SEYNES_001	1	UZES	Alzon	815395.66	6321610.96	50.735	49.99	51.06	51.97	52.63	10ans-20ans
ALZON-SEYNES_002	2	UZES	Alzon	815401.43	6321607.65	50.788	49.99	51.06	51.96	52.62	10ans-20ans
ALZON-SEYNES_003	3	UZES	Alzon	815413.39	6321594.06	50.771	49.98	51.05	51.94	52.61	10ans-20ans
ALZON-SEYNES_004	4	SAINT-MAXIMIN	Alzon	815687.39	6321478.11	49.608	49.05	50.05	50.98	51.72	10ans-20ans
ALZON-SEYNES_008	8	UZES	Alzon	814485.01	6322033.61	55.073	53.83	55.02	56.24	57.19	20ans
ALZON-SEYNES_009	9	UZES	Alzon	814045.33	6322853.16	63.771	63.04	64.09	64.84	65.47	10ans-20ans
ALZON-SEYNES_010	10	UZES	Alzon	814073.99	6322878.72	63.996	63.08	64.09	64.84	65.50	20ans
ALZON-SEYNES_011	11	UZES	Alzon	814059.72	6322878.46	64.071	63.08	64.16	64.92	65.59	20ans
ALZON-SEYNES_012	12	UZES	Alzon	814223.03	6323686.44	67.81	67.40	67.85	68.37	68.86	20ans
ALZON-SEYNES_016	16	UZES	Alzon	815223.55	6326045.56	80.946	80.52	80.62	80.75	80.94	100ans
ALZON-SEYNES_017	17	UZES	Alzon	815825.13	6326779.14	86.017	85.90	86.06	86.20	86.34	20ans
ALZON-SEYNES_021	21	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	817193.08	6329137.67	109.456	109.31	109.59	109.89	110.21	20ans
ALZON-SEYNES_027	27	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	817374.39	6329927.81	117.166	117.17	117.46	117.76	118.05	10ans
ALZON-SEYNES_044	44	UZES	Alzon	814682.86	6325629.47	79.408	78.98	79.41	79.87	80.34	20ans
ALZON-SEYNES_045	45	UZES	Alzon	814681.88	6325620.92	79.363	78.98	79.41	79.87	80.34	20ans
ALZON-SEYNES_051	51	SAINT-HIPPOLYTE-DE-MONTAIGU	Merlançon	819564.15	6327035.5	135.446	134.69	134.94	135.56	136.23	50ans
ALZON-SEYNES_052	52	SAINT-HIPPOLYTE-DE-MONTAIGU	Merlançon	819573.27	6327036.53	135.569	134.63	134.92	135.57	136.26	50ans
ALZON-SEYNES_053	53	SAINT-HIPPOLYTE-DE-MONTAIGU	Merlançon	819582.59	6327041.25	135.483	134.27	134.79	135.52	136.23	50ans
ALZON-SEYNES_067	67	SAINT-SIFFRET	Merlançon	817041.68	6326450.18	94.585	94.25	94.34	94.44	94.52	100ans
ALZON-SEYNES_068	68	SAINT-SIFFRET	Merlançon	817053.37	6326435.61	94.711	94.39	94.48	94.58	94.67	100ans
ALZON-SEYNES_075	75	SAINT-SIFFRET	Merlançon	817533.9	6326237.48	100.1	99.55	99.77	100.01	100.24	50ans
ALZON-SEYNES_076	76	SAINT-SIFFRET	Merlançon	817540.51	6326250.12	100.086	99.54	99.76	99.99	100.22	50ans
ALZON-SEYNES_077	77	SAINT-SIFFRET	Merlançon	817549.65	6326249.72	100.07	99.54	99.76	99.99	100.22	50ans
ALZON-SEYNES_078	78	SAINT-SIFFRET	Merlançon	817529.14	6326247.92	99.844	99.53	99.75	99.99	100.22	20ans
ALZON-SEYNES_081	81	SAINT-SIFFRET	Merlançon	817584.95	6326146.86	100.735	100.22	100.37	100.57	100.81	100ans
ALZON-SEYNES_088	88	SAINT-SIFFRET	Merlançon	817923.96	6326332.33	104.265	103.96	103.96	104.24	104.54	50ans
ALZON-SEYNES_089	89	SAINT-SIFFRET	Merlançon	817919.38	6326333.1	104.333	103.96	103.96	104.23	104.52	50ans
ALZON-SEYNES_092	92	UZES	Alzon	814708.81	6325042.25	76.81	76.12	76.67	77.31	77.99	20ans
ALZON-SEYNES_098	98	UZES	Alzon	814951	6325772.63	79.666	79.16	79.60	80.07	80.54	20ans
ALZON-SEYNES_099	99	UZES	Alzon	814958.18	6325755.64	79.686	79.12	79.56	80.03	80.53	20ans

ZID	ID	COMMUNE	Cours d'eau	XPHE	YPHE	ZPHE	Cote modélisée (m NGF)				Estimation de l'occurrence
							10ans	20ans	50ans	100ans	
ALZON-SEYNES_100	100	UZES	Alzon	814937.42	6325700.47	79.582	79.07	79.53	79.99	80.50	20ans
ALZON-SEYNES_101	101	UZES	Alzon	815402.46	6326171.2	82.092	81.68	81.80	81.92	82.02	100ans
ALZON-SEYNES_106	106	UZES	Alzon	815509.05	6326292.99	83.52	83.16	83.25	83.34	83.43	100ans
ALZON-SEYNES_107	107	SAINT-SIFFRET	Alzon	815709.26	6326430.18	84.342	83.92	84.07	84.22	84.37	100ans
ALZON-SEYNES_108	108	SAINT-SIFFRET	Alzon	815768.26	6326335.39	84.304	84.47	84.52	84.62	84.72	10ans
ALZON-SEYNES_109	109	SAINT-SIFFRET	Alzon	815712.92	6326480.46	84.368	84.29	84.43	84.57	84.71	20ans
ALZON-SEYNES_110	110	SAINT-SIFFRET	Alzon	815862.39	6326636.13	85.397	85.58	85.77	85.97	86.14	10ans
ALZON-SEYNES_111	111	SAINT-SIFFRET	Alzon	815826.11	6326616.06	85.345	85.09	85.28	85.45	85.59	20ans
ALZON-SEYNES_112	112	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816934.35	6327658.95	98.379	98.31	98.39	98.49	98.58	20ans
ALZON-SEYNES_113	113	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816761.9	6327727.08	98.366	98.17	98.27	98.36	98.43	50ans
ALZON-SEYNES_114	114	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816845.38	6327888.37	98.903	99.07	99.17	99.29	99.41	10ans
ALZON-SEYNES_119	119	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816414.79	6327704.71	96.648	96.39	96.48	96.58	96.67	100ans
ALZON-SEYNES_120	120	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816412.42	6327709.23	96.739	96.37	96.47	96.57	96.67	100ans
ALZON-SEYNES_121	121	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816335.61	6327620.53	96.031	95.82	95.91	95.97	96.04	100ans
ALZON-SEYNES_122	122	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816335.84	6327607.98	95.898	95.68	95.76	95.83	95.90	100ans
ALZON-SEYNES_123	123	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816338.64	6327611.45	95.906	95.75	95.83	95.89	95.96	50ans
ALZON-SEYNES_125	125	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816381.09	6327637.91	96.04	95.74	95.83	95.93	96.05	100ans
ALZON-SEYNES_131	131	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816312.02	6327501.99	95.403	95.10	95.20	95.30	95.39	100ans
ALZON-SEYNES_134	134	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816453.41	6327534.83	95.469	95.48	95.55	95.64	95.74	10ans
ALZON-SEYNES_136	136	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816446.42	6327510.16	95.387	95.25	95.34	95.44	95.53	20ans
ALZON-SEYNES_137	137	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816310.34	6327250.9	92.629	92.51	92.60	92.71	92.82	20ans
ALZON-SEYNES_139	139	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816406.61	6326997.62	90.733	90.66	90.77	90.86	91.03	20ans
ALZON-SEYNES_141	141	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816740.35	6327281.65	95.282	95.61	95.77	95.96	96.13	< 10ans
ALZON-SEYNES_142	142	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816751.95	6327335.49	95.611	95.96	96.12	96.31	96.49	< 10ans
ALZON-SEYNES_143	143	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816754.97	6327326.99	95.577	95.96	96.13	96.32	96.49	< 10ans
ALZON-SEYNES_144	144	SAINT-QUENTIN-LA-POTERIE	Alzon	816706.66	6327183.45	94.762	95.13	95.29	95.43	95.54	< 10ans
ALZON-SEYNES_146	146	SAINT-SIFFRET	Merlançon	816665.71	6326609.23	91.02	90.78	90.88	90.98	91.09	50ans
ALZON-SEYNES_147	147	SAINT-SIFFRET	Merlançon	816609.95	6326589.94	90.873	90.22	90.39	90.55	90.70	100ans
ALZON-SEYNES_148	148	SAINT-SIFFRET	Alzon	815720.48	6326537.09	84.732	84.37	84.53	84.69	84.85	50ans
ALZON-SEYNES_149	149	SAINT-SIFFRET	Alzon	815703.52	6326524.8	84.593	84.36	84.51	84.65	84.80	50ans

ZID	ID	COMMUNE	Cours d'eau	XPHE	YPHE	ZPHE	Cote modélisée (m NGF)				Estimation de l'occurrence
							10ans	20ans	50ans	100ans	
ALZON-SEYNES_161	161	UZES	Alzon	814371.29	6322187.71	55.54	54.26	55.46	56.70	57.71	20ans
ALZON-SEYNES_162	162	UZES	Alzon	814362.29	6322190.23	55.555	54.28	55.46	56.70	57.72	20ans
ALZON-SEYNES_163	163	UZES	Alzon	814410.74	6322135.77	55.568	54.14	55.33	56.58	57.58	20ans-50ans
ALZON-SEYNES_165	165	UZES	Alzon	814210.71	6322550.7	61.37	61.49	62.47	63.14	63.99	10ans
ALZON-SEYNES_166	166	UZES	Alzon	814175.96	6322392.12	60.303	59.61	60.15	60.77	61.36	20ans
ALZON-SEYNES_167	167	UZES	Alzon	814014.12	6322925.29	64.206	-	64.35	65.06	65.70	20ans

4.5.4 Les autres crues

Sur le bassin de l'Alzon, il existe également des repères de crue pour 3 autres crues, très anciennes ; ceux-ci sont localisés dans la partie aval du bassin, au niveau de la commune d'Uzès (un repère à la Fontaine d'Eure, et deux autres au Vieux moulin de la vallée de l'Eure). Bien que recensés de façon officielle, nous ne disposons d'aucune information concernant la validité de ces repères ; les valeurs concernant les niveaux atteints sont donc données à titre indicatif.

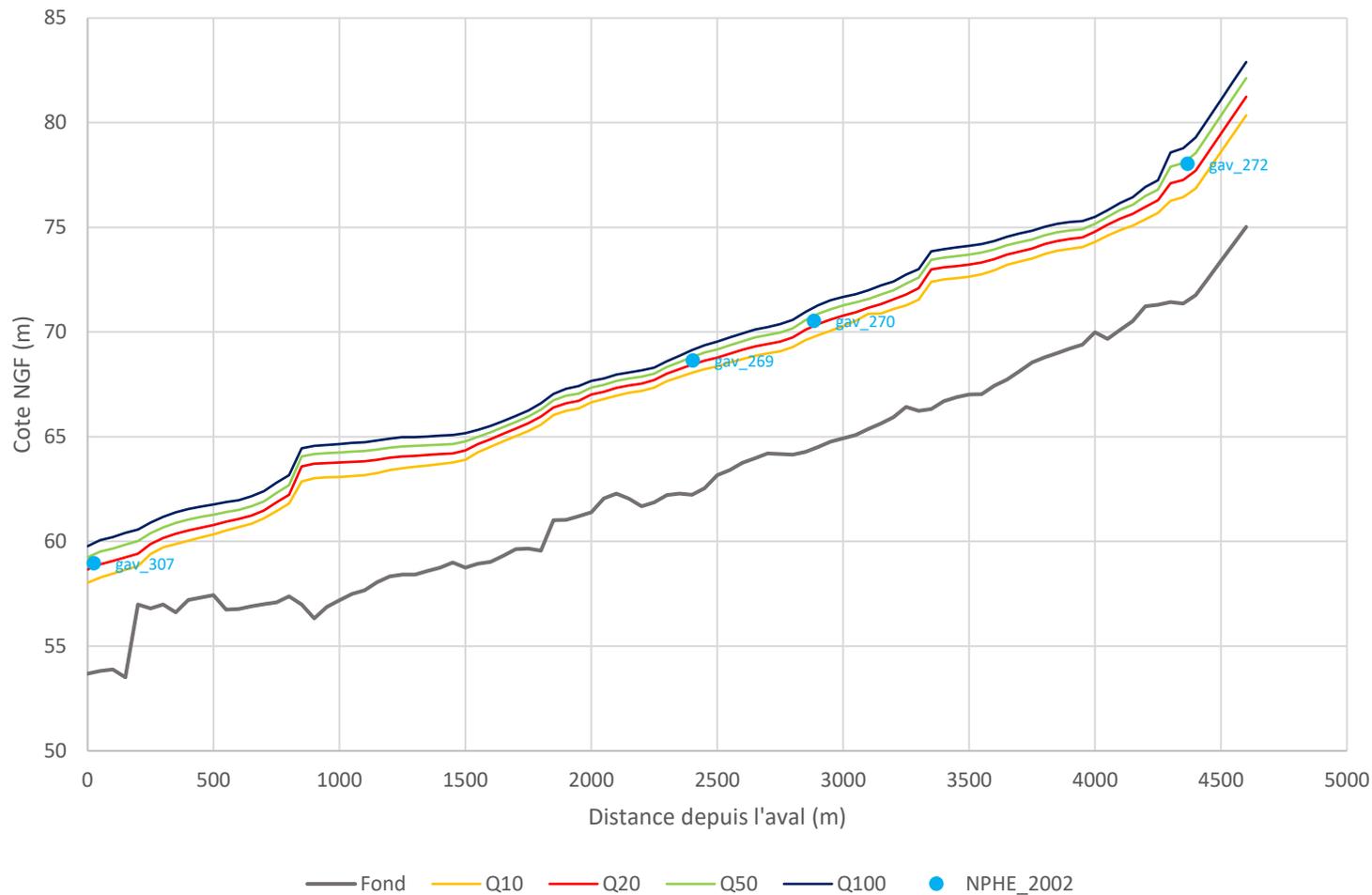


ZID	COMMUNE	Cours d'eau	XPHE	YPHE	ZPHE	Cote modélisée (m NGF)				Estimation de l'occurrence
						10ans	20ans	50ans	100ans	
1634	UZES	Alzon	814352.81	6324583.13	73.41	73.08	73.69	74.36	75.01	10ans-20ans
1780	UZES	Alzon	814694.5	6325050.4	77.94	76.11	76.67	77.30	77.98	100ans
1789	UZES	Alzon	814352.81	6324583.13	74.62	73.08	73.69	74.36	75.01	50ans-100ans

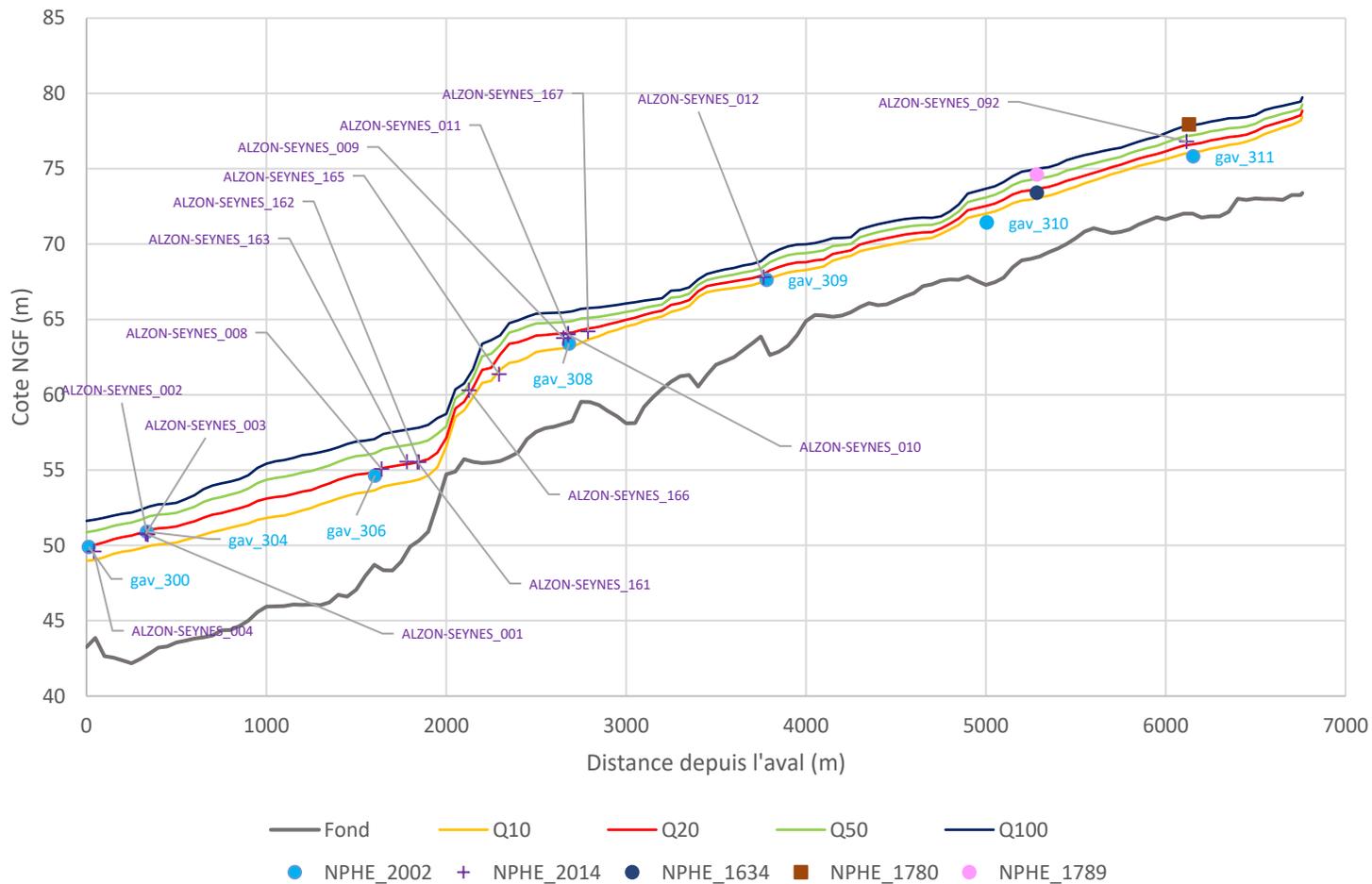
Les crues de 1780 et 1789 apparaissent très importantes, puisque l'estimation de leur période retour est comprise entre 50 et 100 ans.

4.5.5 Les profils en long

Profils en long sur les Seynes aval



Profils en long sur l'Alzon aval



4.5.6 Conclusion sur le calage.

Même si nous ne disposons pas de données hydrométriques concernant les derniers épisodes majeurs sur la zone, la comparaison entre les niveaux calculés et observés montre une cohérence d'ensemble sur le plan hydrologique, aussi bien en termes de hauteur que de niveau, tout en confirmant que l'emprise des zones inondables est bien retranscrite. Les modèles hydrauliques sont donc considérés comme représentatif du fonctionnement hydraulique de la zone d'étude.

4.6 COMMENTAIRES GENERAUX SUR LE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE POUR LA CRUE DE REFERENCE

Les principales tendances sont présentées par commune, de l'amont vers l'aval. Lorsque les données historiques existent (2002 et 2014 plus particulièrement), elles sont comparées aux résultats pour la crue centennale.

4.6.1 Saint-Victor-des-Oules

Sur la commune, seul le ruisseau des Combes est concerné par le PPRI. Excepté sur sa partie aval, sa zone inondable reste relativement circonscrite, et peu d'enjeux sont concernés.

4.6.2 Saint-Hippolyte-de-Montaigu

Le cours d'eau principal est le Merlançon, relativement encaissé sur la zone. Les principaux débordements notables s'observent au niveau du village, avec une vingtaine de bâtiment concernés. Sur cette zone, les niveaux pour Q100 sont supérieurs généralement d'environ 0.6 à 1 m à ceux de la crue de 2014.



Traversée de Saint-Hippolyte de Montaigu par le Merlançon

4.6.3 Flaux

La commune est concernée principalement par le ruisseau du Creux des Pontets dont la partie amont a historiquement subi des modifications. Les principaux secteurs touchés par la problématique inondation sont le centre du village et le lieu-dit les Auvis.



Secteur de Flaux

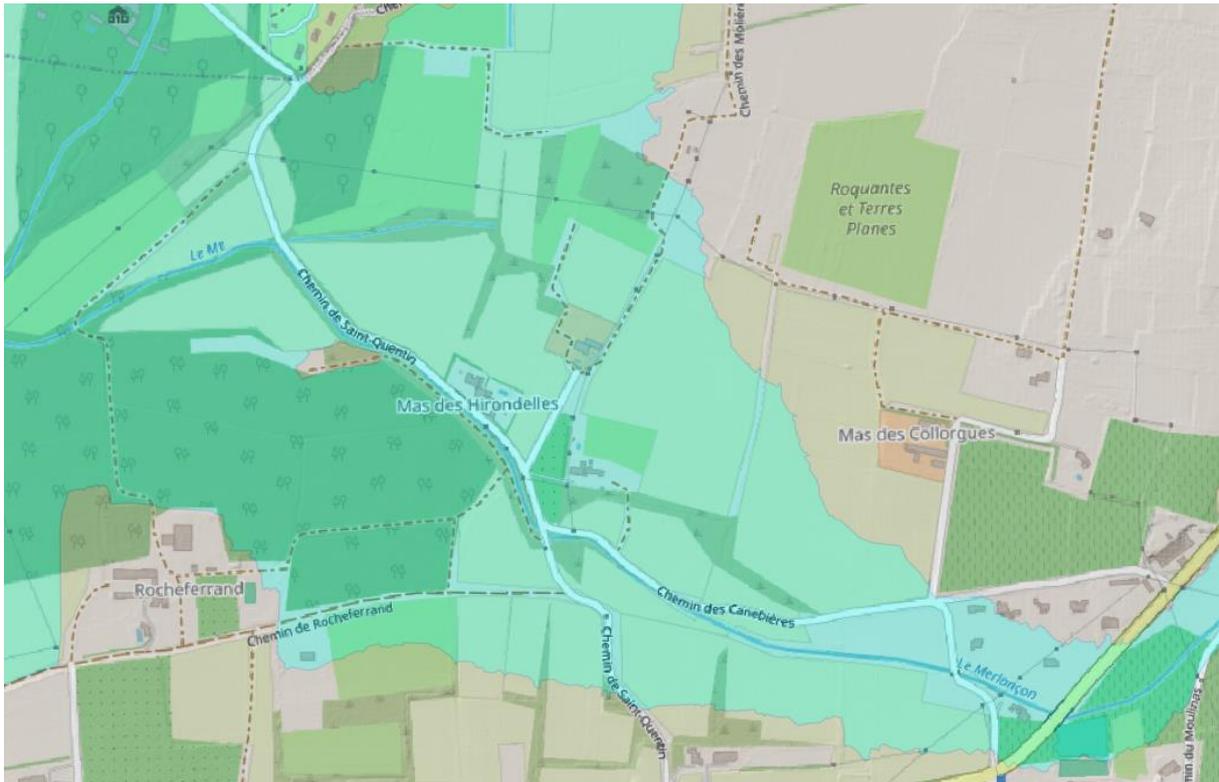
4.6.4 Vallabrix

Sur Vallabrix, le cours d'eau principal est l'Alzon, encaissé dans sa traversée de la commune, plus particulièrement sur la partie amont. Le village étant perché, il n'y a quasiment aucun enjeu humain concerné par la problématique inondation.

4.6.5 Saint-Siffret

Sur Saint-Siffret, la problématique principale est liée au ruisseau du Merlançon, qui inonde très largement le secteur du Moulinas (1), avec une vingtaine de bâtiments touchés parfois de façon conséquente. Les niveaux d'eau pour la crue de 2014 sont comparables à ceux de la crue centennale.

Plus à l'aval, le Merlançon s'étend largement dans la plaine, pour inonder les secteurs du Mas des Hirondelles, avec là également une vingtaine de bâtiments concernés. Puis le cours d'eau rejoint l'Alzon, également très largement débordant sur la zone. Le Moulin du Duc et le Mas de Lansade sont alors inondés, avec des niveaux d'eau pour Q100 généralement équivalents ou légèrement supérieurs à ceux pour 2014.

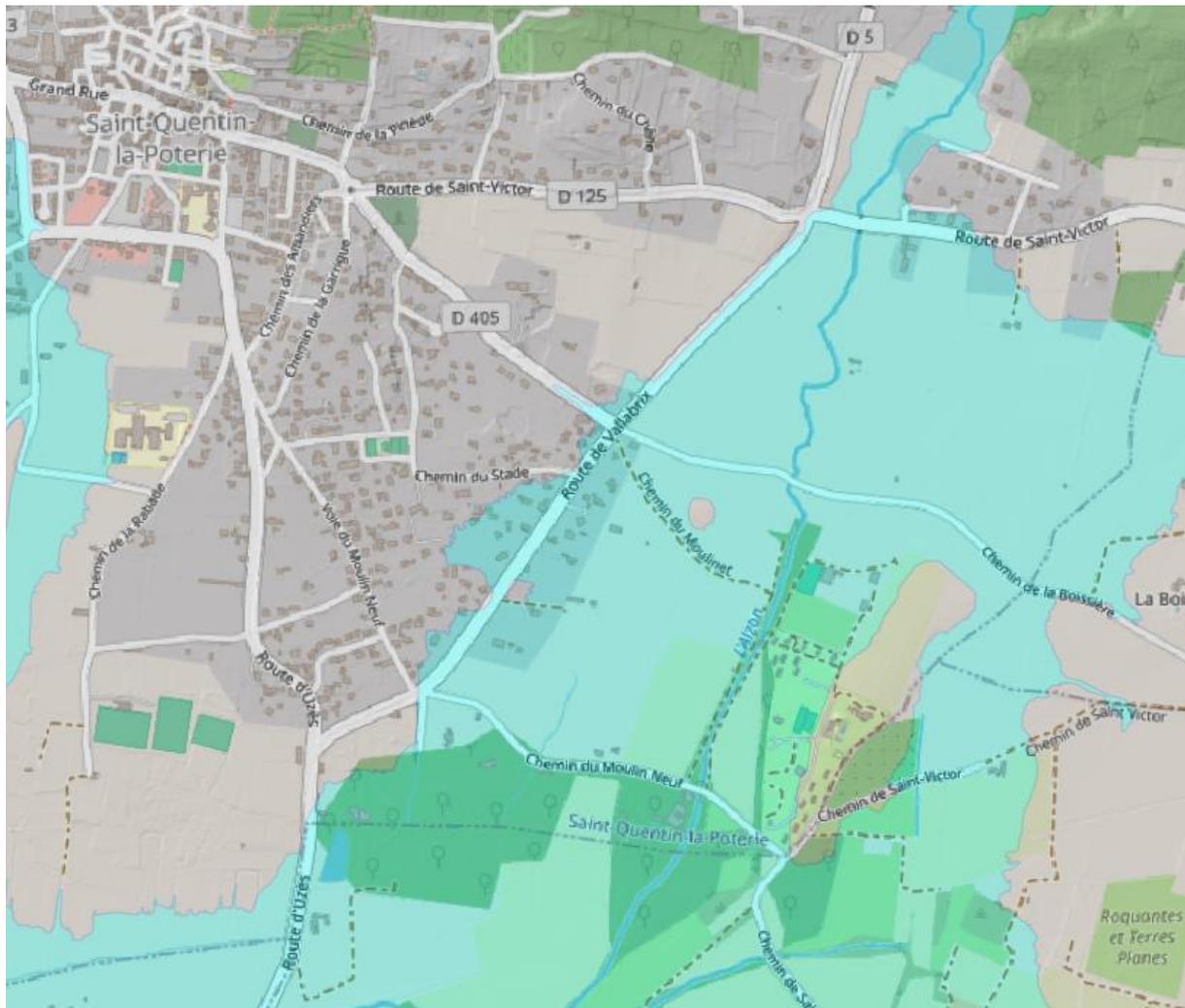


Secteur de Saint-Siffret

4.6.6 Saint-Quentin-la-Poterie

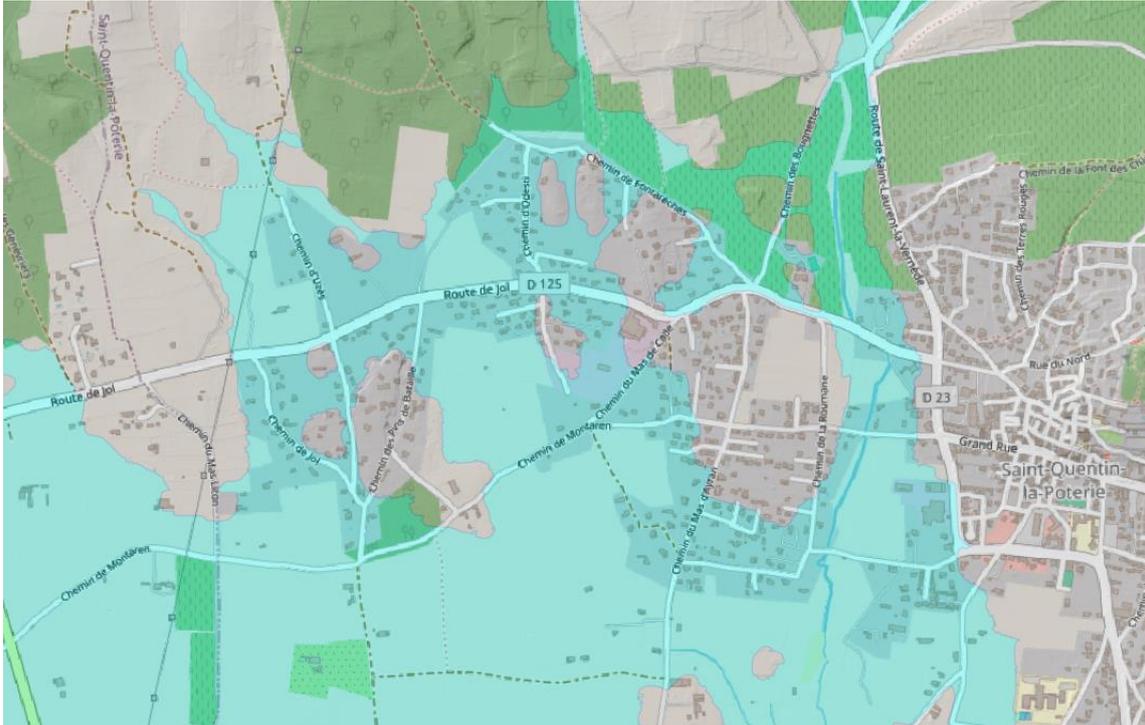
Sur la commune, les sources d'inondations sont multiples.

A l'est, il y a d'abord l'Alzon, qui inonde environ 200 bâtiments, situés pour l'essentiel au débouché de la zone encaissée, dans le secteur de plaine en amont de la confluence avec le Merlançon. La zone inondable fait jusqu'à 800 m, avec des hauteurs d'eau importantes sur les secteurs à enjeux, notamment le long de la RD5 (Route de Vallabrix). Les hauteurs d'eau pour 2002 et 2014 observées sur l'Alzon sont généralement inférieures à celle pour la crue centennale.



Saint-Quentin-la-Poterie – secteur de l'Alzon

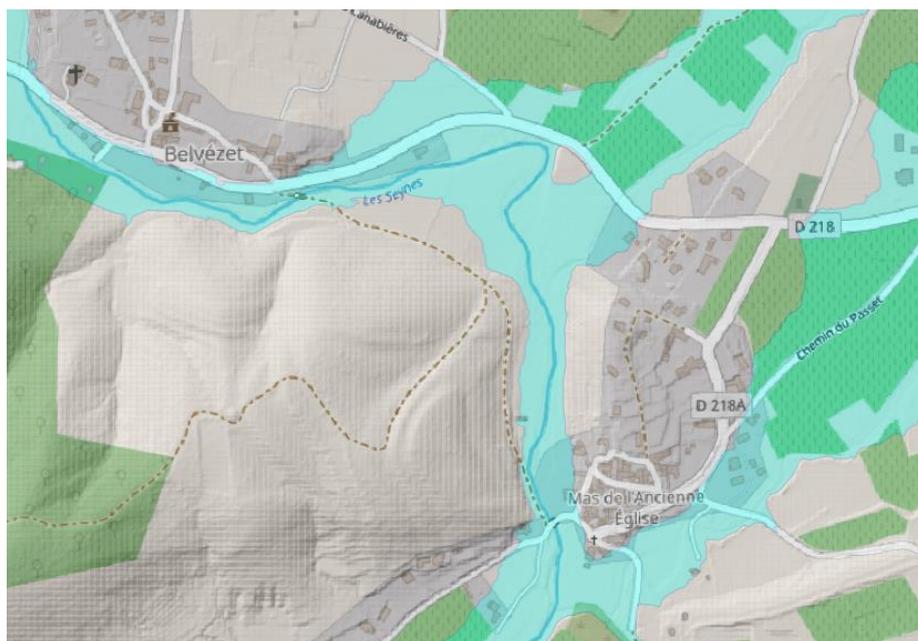
A l'ouest, c'est tout un chevelu de ruisseau qui confluent dans la plaine de Saint-Quentin-la-Poterie, inondant les nombreux enjeux situés sur la zone (environ 800 bâtiments). Si l'emprise inondée est très large, dépassant parfois 1.5 km, les principaux secteurs problématiques, avec des hauteurs d'eau dépassant 0.5 m, sont concentrés le long du Rieu, et dans une moindre mesure, sur le Valat de Valargues.



Saint-Quentin-la-Poterie – secteur ouest

4.6.7 Belvézet

Sur la commune, les bourgs sont généralement situés sur les hauteurs. Les cours d'eau sur la commune, et plus particulièrement les Seynes, étant encaissés, les zones inondables sont relativement circonscrites, avec peu d'enjeux concernés (une cinquantaine de bâtiments au total) : ceux-ci sont principalement localisés dans les parties basses de Belvézet et du Mas de l'Ancienne Eglise.



Secteur de Belvezet

4.6.8 Montaren-et-Saint-Médiers

Hormis les Seynes, qui ne touche quasiment aucun enjeu, le principal cours d'eau à l'origine des désordres est le ruisseau de Montaren, qui draine tout le réseau hydrographique complexe venant des collines au Nord.

Le fonctionnement hydraulique sur la zone drainé par le ruisseau est particulièrement complexe, avec des débordements s'étendant très largement. A noter qu'une partie de ces derniers change de bassin-versant à l'Est, pour s'écouler vers Saint-Quentin-la-Poterie.

Si environ une cinquantaine de bâtiments sont touchés sur la partie nord de la commune et en pied de versant, par des débordements organisés plutôt en nappes - avec des hauteurs modérées - , la principale problématique concerne la traversée urbaine du village par le ruisseau de Montaren, avec là aussi une cinquantaine de bâtiments concernés, mais avec des hauteurs de submersion conséquentes pouvant atteindre ou dépasser 0.5 m.

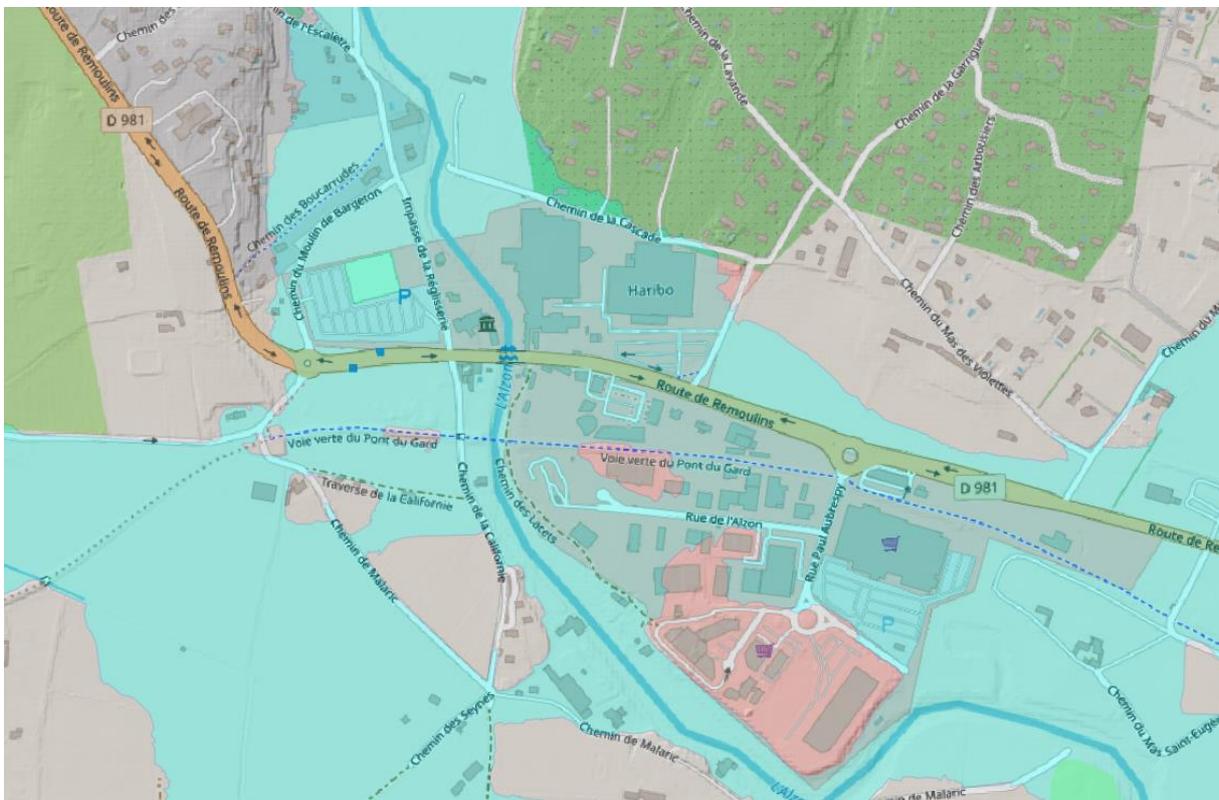


Secteur de Montaren-et-Saint-Médiers – traversée du centre urbain

4.6.9 Uzès

A l'instar de Saint-Quentin-la-Poterie, de nombreux enjeux sont concernés par la problématique inondation, essentiellement sur l'Alzon dans sa partie aval, au lieu-dit « le Pont des Charrettes » : sur ce secteur, environ 150 de bâtiments sont concernés, souvent par un aléa fort à très fort lié aux larges débordements de l'Alzon, plus particulièrement sur sa rive gauche. On note la présence de nombreux bâtiments commerciaux (zone d'activités), ainsi que de l'usine Haribo. Sur ce secteur, les hauteurs d'eau pour l'occurrence centennale sont supérieures aux niveaux d'eau pour 2002 et 2014.

Ailleurs, et même si les débordements sont importants, comme sur les Seynes, les enjeux touchés restent ponctuels.



Secteur d'Uzès – zone du Pont des Charettes

5. ETUDE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

5.1 CONTENU ET OBJECTIFS

La cartographie produite par l'analyse hydrogéomorphologique, à l'échelle 1/5 000ème, permet de disposer d'une vision globale et homogène des champs d'inondation sur l'ensemble des secteurs traités en pointant à un premier niveau les zones les plus vulnérables au regard du bâti et des équipements existants. Elle sert tout particulièrement à la caractérisation de l'aléa résiduel, situé au-delà de l'aléa de référence modélisé pour Q100.

L'information fournie reste cependant essentiellement qualitative, même si elle sera complétée, le cas échéant et là où elles existent, par des données historiques et des relevés topographiques ponctuels qui fournissent localement des éléments de hauteur d'eau.

Cette carte des phénomènes naturels à base hydrogéomorphologique et historique constitue un document relativement précis dont les limites principales résident clairement dans la quantification des phénomènes, notamment vis-à-vis de la détermination des paramètres hauteur ou vitesse des écoulements.

5.2 METHODOLOGIE

5.2.1 Principes de la cartographie hydrogéomorphologique

La méthode hydrogéomorphologique est une approche naturaliste de terrain, aujourd'hui préconisée par les services de l'Etat pour la cartographie des zones inondables.

Elle est basée sur l'identification des unités spatiales homogènes correspondant aux différents lits topographiques que la rivière a façonné dans le fond de vallée, par accumulation de ses sédiments, et si possible pour différentes gammes de crues (fréquentes, moyennes, exceptionnelles) dans la mesure où ces unités sont différenciables.

L'analyse hydrogéomorphologique se pratique sur le terrain, par photo-interprétation de clichés aériens ainsi que par l'exploitation des données topographiques existantes (ici, le LIDAR disponible sur la zone d'étude) et géologique (carte géologique).

L'ensemble des éléments généralement déterminés dans le cadre du diagnostic hydrogéomorphologique sont présentés ci-dessous par grandes unités :

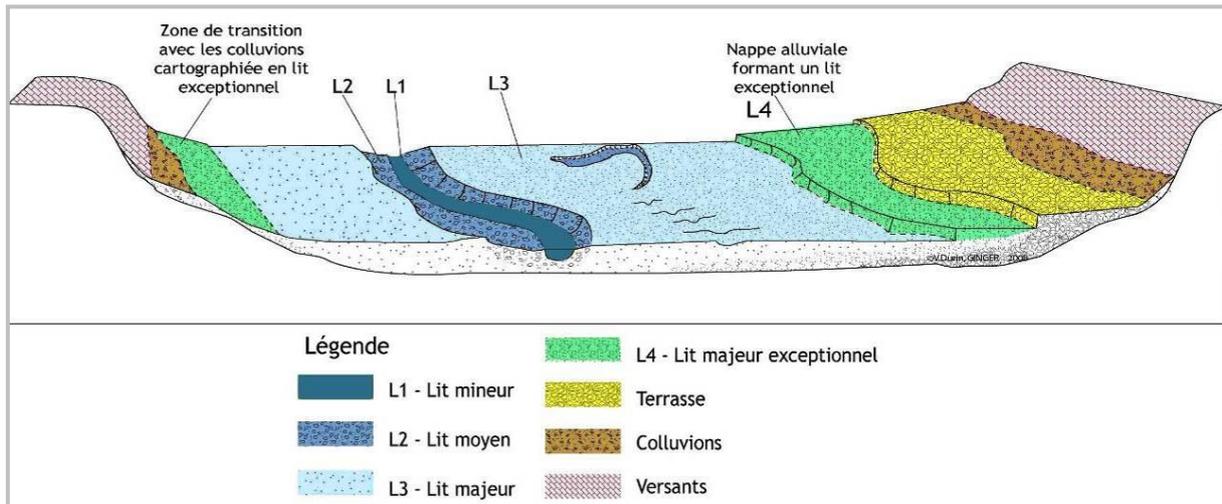


Figure 15 : Schéma d'organisation de la plaine alluviale hydrogéomorphologique et de son encaissant

Ainsi, la cartographie dissocie d'une part les unités hydrogéomorphologiques actives de la plaine alluviale (bleu et vert sur la carte ci-avant), et d'autre part, les terrains encaissants non inondables correspondant au substratum rocheux (rose) et aux dépôts détritiques de colluvions qui empâtent les pieds de versant.

5.2.2 Les unités actives fonctionnelles

Classiquement, les unités actives fonctionnelles classiquement identifiées sont les suivantes :

- Le lit mineur, incluant le lit d'étiage, correspond au lit intra-berges et aux secteurs d'alluvionnement immédiats (plages de galets). Il est emprunté par la crue annuelle, dite crue de plein-bord, n'inondant que les secteurs les plus bas et les plus proches du chenal d'écoulement permanent toujours en eau.
- Lorsqu'il existe et est clairement identifiable, le lit moyen, fonctionnel pour les crues fréquentes à moyennes, assure la transition entre le lit mineur et le lit majeur. Il constitue ce que l'on appelle la zone de mobilité du cours d'eau où les mises en vitesse et les transferts de charge importants induisent une dynamique morphogénique complexe et changeante en liaison avec la présence de chenaux et axes de crue.
- Le lit majeur est fonctionnel pour les crues plus rares à exceptionnelles. Il présente un modelé plus plat, situé en contrebas de l'encaissant. La dynamique des inondations dans ces secteurs privilégie en général les phénomènes de décantation car ils sont submergés par des lames d'eau plus faibles que les unités précédentes. Toutefois, quand ils sont parcourus par d'anciens chenaux, ou gouttières connectées avec les talwegs latéraux, ils peuvent conserver ce que l'on appelle des axes de grand écoulement, qui restent relativement dynamiques en termes de hauteur et de vitesse.

5.2.3 Les formes connexes

Les formes connexes susceptibles d'être identifiées le cas échéant sont décrites ci-après :

- Les points de sortie et axes de crues : ils constituent des vecteurs privilégiés d'évacuation des débits du chenal principal vers un bras de décharge ou un axe d'écoulement dans le lit majeur. Sur la cartographie, ils sont représentés par une flèche localisant la ligne de courant. Morphologiquement il s'agit de dépressions mobilisées pour les crues majeures traduisant localement un aléa plus fort (hauteur d'eau et vitesses) que dans le reste du champ d'inondation.
- Les cônes de déjection : les cours d'eau à caractère torrentiel, à forte pente et au contact des plaines littorales proches du niveau de base côtier, sont couronnés à leur exutoire par une accumulation de sédiments grossiers qui constituent des cônes de déjection.
- Les ruissellements sur versant : matérialisés par des flèches vertes, ils correspondent à des phénomènes de ruissellements sur les versants pouvant aggraver le risque d'inondation. Concentrés dans les talwegs, ils peuvent se transformer en coulées boueuses si les pentes sont fortes.

5.3 COMMENTAIRE GENERAL

5.3.1 Généralités

La cartographie hydrogéomorphologique constitue un outil de diagnostic du risque inondation, complémentaire des autres méthodes hydrologiques et hydrauliques.

Elle possède ses propres atouts et limites, aujourd'hui bien connus. Analyse naturaliste fondée sur une science d'observation, elle permet d'obtenir uniquement des informations qualitatives. En particulier, elle ne fournit pas d'indication directe en termes de hauteurs d'eau et de vitesses d'écoulement.

5.3.2 Les spécificités de la zone

Les structures morphologiques des cours d'eau sur le bassin-versant demeurent limitées pour l'essentiel à un lit mineur et un champ majeur.

Sur les secteurs amont du bassin-versant, les cours d'eau ont entaillé les calcaires urgoniens, ce qui a conduit à la formation de combes généralement sèches, s'encaissant progressivement vers l'aval pour donner des vallées relativement encaissées où le substratum rocheux est parfois apparent dans le cours d'eau. Sur ces zones, le champ majeur apparaît relativement restreint.

Sur la section supérieure de l'Alzon, la rivière est encaissée dans une gorge étroite, incisée dans les plateaux calcaires de Masmolène et Vallabrix.



L'Alzon à Vallabrix – vue vers l'amont. Le champ majeur, fortement végétalisé, est rapidement délimité par un encaissant marqué

Quant au ruisseau des Seynes, il prend sa source dans les plateaux calcaires (Serre la Coufine). Il les traverse en gorge jusqu'au Mas de l'Ancienne Eglise où la plaine alluviale s'élargit à la faveur d'un petit bassin. Plus à l'aval, la rivière traverse de nouveau des gorges, au droit du Bois de Labaume



Les Seynes à Belvezet – vue vers l'aval.

Plus à l'aval et au sortir des secteurs encaissés, les cours d'eau principaux débouchent sur de vastes plaines alluviales, cultivées. La présence de marnes et de molasses en pied de versant rend difficile toute délimitation précise du champ majeur. On atteint ainsi les limites d'utilisation de la méthode, ce qui nécessite une expertise complémentaire.

En effet, dans ce type de formations géologiques, tendres et largement disséquées par le réseau hydrographique qui crée des plaines alluviales assez larges pour des bassins versants de taille modeste, la morphologie des zones inondables s'apparente souvent à des vallons "en berceau" (illustration ci-après) dont les limites externes sont difficiles à identifier car d'une part, les contacts et les différences sédimentologiques sont peu marqués, et d'autre part, la présence quasi-généralisée de parcelles agricoles, cultivées et labourées, rend difficile une différenciation des matériaux du fait de leur « brassage ».

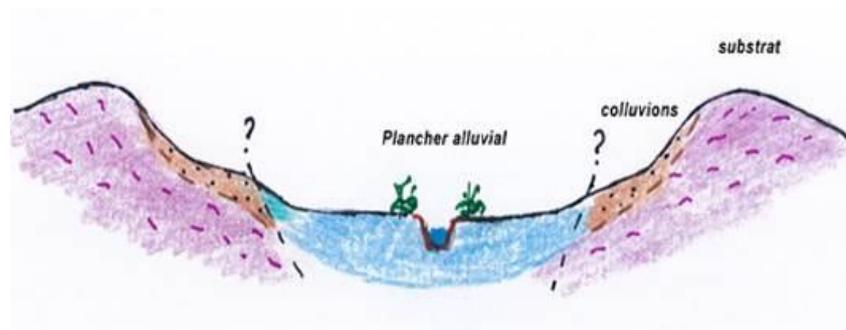


Figure 16 : Schéma type d'un vallon "en berceau"

Plus précisément, à partir de Saint-Quentin-la-Poterie, la plaine alluviale de l'Alzon, qui était relativement étroite, s'élargit avant de pénétrer à nouveau dans une gorge au droit d'Uzès. Elle forme dans la plaine de St-Quentin-la-Poterie un vaste bassin de sédimentation vers lequel convergent de nombreux petits ruisseaux affluents. Ces affluents, ainsi que l'Alzon sont de toute petite taille, et peuvent à l'extrême se présenter comme de simples fossés. Dans ces conditions, il n'existe pas de lit moyen, et plutôt que de lit majeur, on parlera de zone d'inondation.

Comme précisé précédemment, les limites de zones inondables sont aussi difficiles à déterminer, pour plusieurs raisons :

- la multitude des petits axes de drainages
- le phénomène de sédimentation dans le bassin masque progressivement les limites de zones inondables,
- l'intervention anthropique séculaire qui a dû modifier grandement la configuration naturelle du secteur,
- l'abondance de matériel fin fourni par les versants.



Le Valat de Valorgues à Saint-Quentin-la-Poterie - vue vers l'amont. Exemple typique de la configuration des cours d'eau sur la zone : le lit mineur est fortement anthropisé (recalibrage et rectification), et le champ majeur est cultivé et/ou urbanisé. Dans ces conditions, la délimitation des limites de ce dernier est quasi-impossible avec les outils classiques de l'analyse HGM.

A la sortie des gorges d'Uzès, la plaine alluviale de l'Alzon s'élargit progressivement. En amont du pont des Charrettes, elle est encore étroitement encadrée par de hauts versants. En aval du pont des Charrettes, la plaine alluviale a été remblayée en partie en rive gauche. La limite de la zone inondable à ce niveau est imprécise en rive gauche, le raccord avec la terrasse étant flou du fait des perturbations anthropiques. A partir de la confluence avec les Seynes, la physionomie de la vallée change. La plaine s'étale plus largement, elle est bordée de chaque côté par un rebord de talus généralement bien marqué



L'Alzon à Uzès – vue vers l'amont

Concernant les Seynes, en aval de Serviers-et-Labaume, la plaine alluviale s'élargit dans des terrasses alluviales. Le lit majeur présente une pente transversale forte, une sédimentologie fine mais comprenant de nombreux graviers. Son principal affluent sur le secteur est le ruisseau de Montaren, dont la partie amont présente une configuration semblable à celle de l'Alzon au niveau de Saint-Quentin-la-Poterie : vaste plaine alluviale, avec de nombreux affluents, et fortement anthropisée. La délimitation des zones inondables par méthode HGM est ici également délicate, ce qui nécessite une expertise complémentaire.



Le Ruisseau de Montaren à Montaren – vue vers l'amont. Même commentaire que précédemment : le lit mineur est fortement anthropisé (recalibrage et rectification), et le champ majeur est cultivé et/ou urbanisé. Dans ces conditions, la délimitation des limites de ce dernier est quasi-impossible avec les outils classiques de l'analyse HGM

En aval du pont de Caillan, au droit du domaine de Firminargues la plaine alluviale se rétrécit jusqu'au droit du lieu-dit Fontèze. En aval la rivière traverse un secteur plus large où elle est rejointe par de nombreux petits affluents dont certains ont constitué des cônes de déjection importants. Le colluvionnement est important dans ce secteur ce qui explique la limite de zone inondable incertaine, nécessitant des investigations complémentaires. Les Seynes rejoignent ensuite l'Alzon en aval du village de Sagriès. La mise en place d'un golf, dont une partie est inondable, à la confluence des Seynes et de l'Alzon a modifié la physionomie naturelle du terrain. Aucune information historique n'a été trouvée sur ce secteur.



Les Seynes à Uzès – vue vers l'amont du champ majeur en rive gauche

S'il existe, sur la majeure partie de la zone d'étude, une cartographie hydrogéomorphologique existante du champ majeur qui a été affinée en fonction de la topographie disponible et de données hydrauliques complémentaires, les difficultés d'interprétation induites par la configuration des parties médianes - où les cours d'eau sont généralement très fortement anthropisés (nombreux recalibrages et rectifications, engendrant un fonctionnement relativement éloigné d'un fonctionnement dit « naturel ») - , ont requis une analyse plus poussée.

Dans ce cadre, afin de pallier aux difficultés précédentes, nous avons utilisé la modélisation hydraulique 2D à large échelle pour la crue exceptionnelle (1.8 x Q100) afin d'affiner au mieux l'emprise du champ majeur sur l'ensemble de la zone, plus particulièrement la partie médiane, située à l'interface entre les pieds de versant, soumis aux phénomènes de ruissellement sur terres agricoles drainées par une multitude de talwegs à écoulement temporaire, et le plancher alluvial des tributaires principaux, qui collectent et concentrent les écoulements.

Il est utile de rappeler que l'exploitation d'un tel outil n'a pour but que d'aider à la détermination des zones inondables par approche hydrogéomorphologique, c'est-à-dire à large échelle. Sur cette base, les résultats hydrauliques « bruts » ont ensuite été croisés avec l'analyse de la topographie issue du LIDAR et les données géologiques locales, et ce, afin d'appréhender le mieux possible l'emprise du champ majeur.

L'ensemble des résultats est présenté en annexe 6.

6. CARACTERISATION DE L'ALEA

6.1 L'ARRETE DU 5 JUILLET 2019 ET SON APPLICATION DANS LE GARD

6.1.1 Principe général

Selon l'arrêté du 5 juillet 2019, et à l'exception des débordements de cours d'eau torrentiels, l'aléa doit être défini en croisant la dynamique de crue et la hauteur d'eau. L'aléa inondation est déduit de la matrice suivante :

Dynamique			
	Dynamique lente	Dynamique moyenne	Dynamique rapide
Hauteur			
H < 0,5 mètre	Faible	Modéré	Fort
0,5 < H < 1 mètre	Modéré	Modéré	Fort
1 < H < 2 mètres	Fort	Fort	Très fort
H > 2 mètres	Très fort	Très fort	Très fort

L'arrêté aléa introduit une nuance supplémentaire : « dans le cas d'une hauteur d'eau inférieure à 0,5 mètre et d'une dynamique rapide, le niveau de l'aléa de référence peut, pour des hauteurs d'eau extrêmement faibles, être qualifié de modéré. ».

Pour le département du Gard, et plus généralement pour la région Occitanie, la « hauteur extrêmement faible » retenue est de 0.3 m pour les inondations par débordement de cours d'eau (cf. chapitre 4.1 de la doctrine régionale)

6.1.2 Caractérisation de la typologie des cours d'eau sur la zone d'étude

Comme précisé précédemment, le nouveau décret s'applique à tous les débordements de cours d'eau, à l'exception des cours d'eau torrentiels, caractérisés par une pente moyenne supérieure à 6 %.

Dans le cadre de notre étude, la pente moyenne des cours d'eau sera estimée sur la base de la pente de la ligne d'eau pour la crue de référence dans le lit mineur et sa proximité immédiate. En effet, hors phénomène local particulier, avec classiquement une forte perte de charge singulière (remous créé par un ouvrage, zone de forte contraction ou de forte expansion des écoulements, confluence), le régime d'écoulement est généralement graduellement varié, c'est-à-dire que la variation de hauteur dans la direction de l'écoulement est très faible. La ligne d'eau s'inscrit en cohérence avec la pente moyenne du terrain naturel, et a tendance à large échelle à être parallèle à ce dernier (voire totalement parallèle dans le cas d'un écoulement dit « uniforme »).

Pour illustrer ce propos, deux profils en long sont présentés par la suite, sur le Merlançon (Saint-Hyppolite-de-Montaigu) et le Ruisseau de Pradines (Belvèzet). On constate que les lignes d'eau pour Q100 suivent relativement bien le fond des lits mineurs.

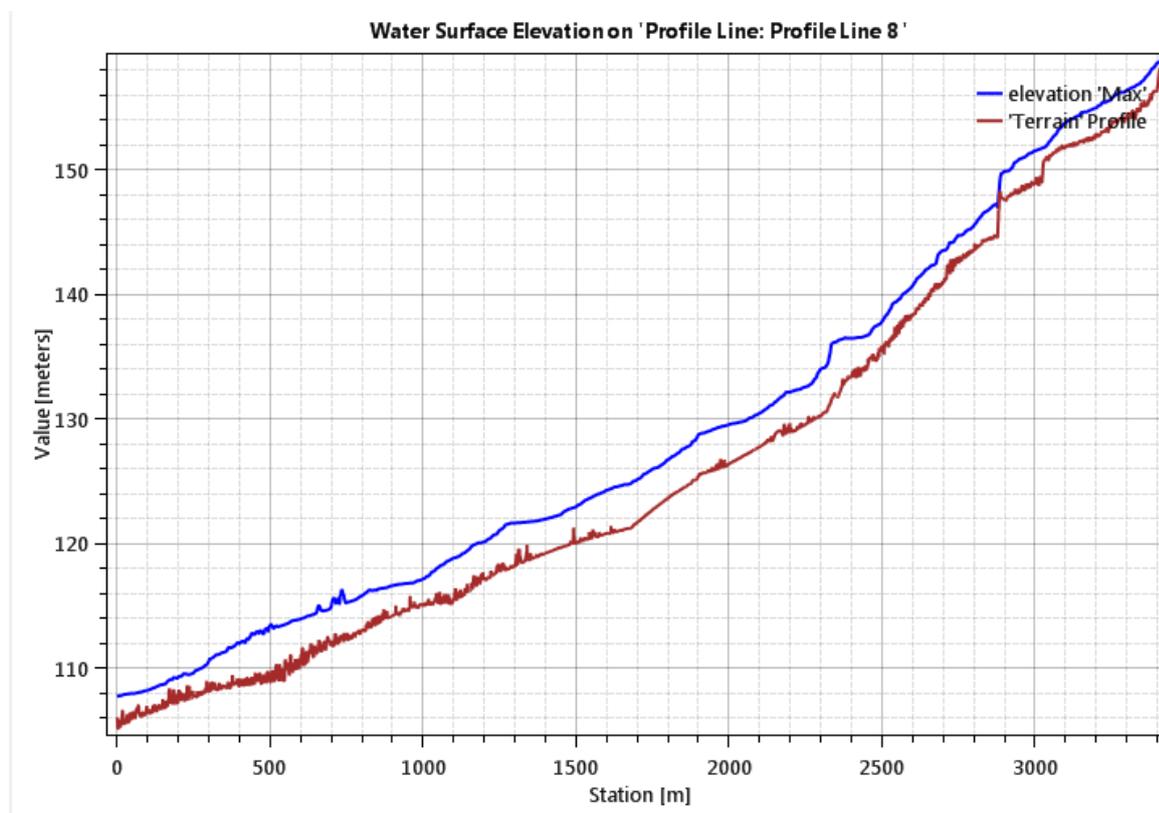


Figure 17 : Profil en long sur le Merlançon, en amont de sa confluence avec le Ruisseau du Creux des Pontets

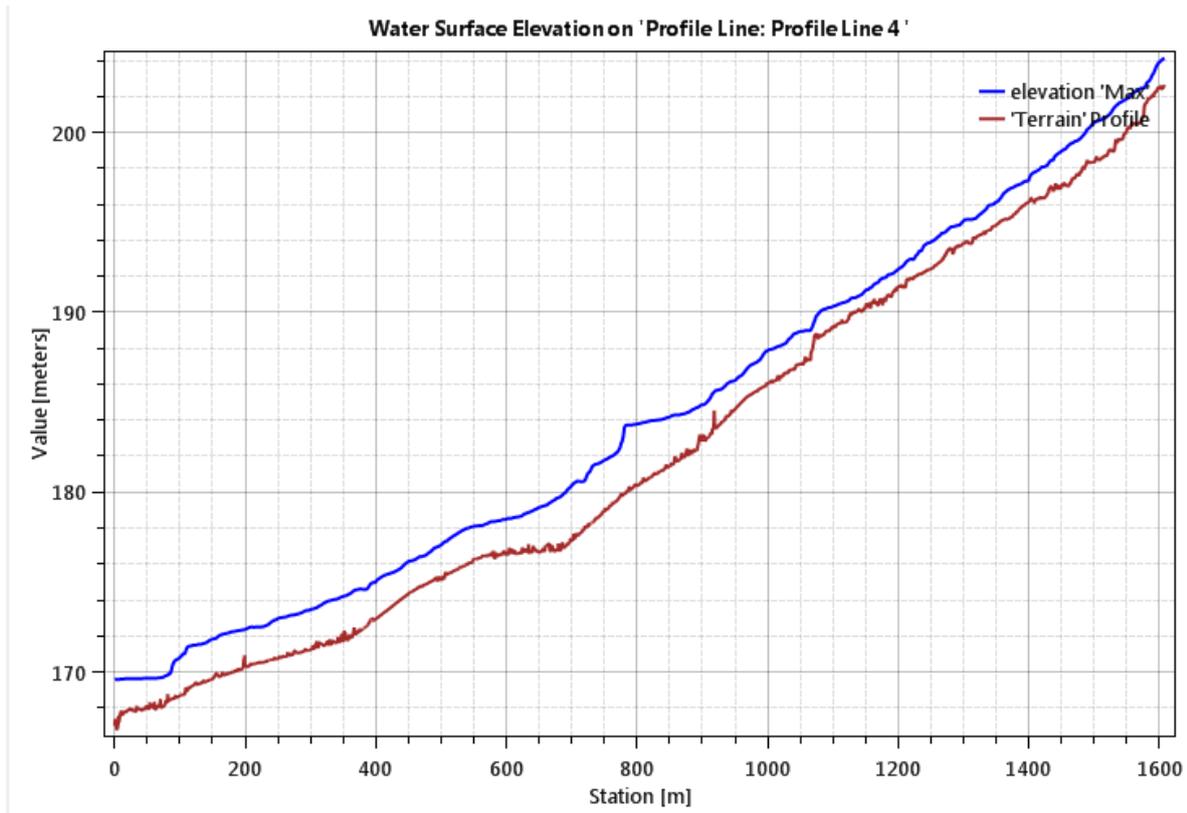


Figure 18 : Profil en long sur le Ruisseau de Pradines, en amont de sa confluence avec le Ruisseau de la Combe des Monteils

Sur cette base, la cartographie de la pente des cours d'eau est présentée en suivant par tronçon de confluence à confluence. On constate que cette pente est systématiquement inférieure à 6 %, avec une valeur comprise classiquement :

- entre 1 et 6 % pour les cours d'eau secondaire et/ou situé en tête de bassin,
- et entre 0.1 et 1 %, voire moins, pour les collecteurs principaux (Alzon, Seynes).

On rappellera qu'en application de la doctrine régionale, les cours d'eau de pente inférieure à 1% ne sont pas considérés comme torrentiels, et qu'une expertise est nécessaire pour les cours d'eau entre 1 et 6%. Celle-ci est présentée par la suite.

D'après le guide méthodologique pour l'élaboration des plans de prévention des risques d'inondation des cours d'eau torrentiels (2023), ces derniers sont caractérisés par :

- « des pentes fortes (généralement supérieures à 1 %) ;
- la présence de matériaux érodables dans le bassin versant susceptibles de charger les écoulements en matériaux solides (en leur absence, les phénomènes relèvent de simples inondations ou ruissellements et ne sont pas traités par le présent guide) ;
- un chenal qui concentre les écoulements (ce qui écarte les phénomènes de versants de type ruissellements ou coulées boueuses). Ils se rencontrent généralement dans les

massifs montagneux (métropole et outre-mer), mais aussi hors zones de montagne, dans des régions vallonnées où des talwegs peuvent entailler des versants érodables. (...)

Les crues intenses des cours d'eau torrentiels sont très souvent associées à un transport solide beaucoup plus conséquent qu'en contexte fluvial. Cela se traduit par des modifications morphologiques brutales qui surviennent en quelques minutes à quelques heures, telles que des aggradations (élevations) ou des incisions (abaissements) du fond de lit pouvant atteindre plusieurs mètres, des élargissements marqués de la bande active ou des déplacements du lit mineur. Le transport solide, et les évolutions morphologiques qui en sont la conséquence, concourent généralement aux dégâts observés au moins autant et souvent plus que le débit liquide lui-même et la submersion qui est liée (...).

Un cours d'eau ne sera ainsi pas considéré comme torrentiel si les dommages associés aux crues relèvent systématiquement et strictement de phénomènes d'inondations et que les érosions et dépôts de matériaux solides ne génèrent que des dommages marginaux. »

Un exemple de cours d'eau à caractère torrentiel est présenté ci-dessous, dans la vallée de la Roya. Plus que la submersion, c'est ici le transport solide qui a été à l'origine des dégâts observés.



Exemple de dégâts sur un cours d'eau torrentiel © Alexandre-Reza Kokabi/Reporterre

Sur notre zone d'étude, et d'après les enquêtes de terrain et le recueil de NPHE réalisés notamment suite à la crue de 2014, il s'avère que les désordres principaux sont essentiellement liés aux phénomènes de débordement : il n'a jamais été fait mention de dégâts provoqués directement par le transport solide, notamment au niveau des enjeux humains, et ce, malgré la présence ponctuelle d'érosion et de dépôts de matériaux, localisés essentiellement en lit mineur.

Pour illustrer ces propos, 2 exemples sur le Merlançon, cours d'eau le plus touché en 2014 avec les phénomènes observés les plus violents, sont présentés en suivant :

- au niveau de Saint-Siffret,
- au niveau de Saint-Hippolyte-de-Montaigu.

Si des traces de transport solide sont évidentes (érosions, dépôts), elles ne concernent que le lit mineur et sont sans commune mesure avec l'exemple sur la Roya. Les bâtiments, situés à proximité immédiate, n'ont été concernés que par la problématique liée à la submersion, parfois de façon très conséquente (> 0.5 m d'eau).



Traversée du Merlançon au niveau du hameau du Moulinas, sur la commune de Saint-Siffret



Traversée du Merlançon au niveau de Saint-Hippolyte de Montaigu

Il apparait donc que les cours d'eau modélisés sur notre zone d'étude ne sont pas torrentiels et que le décret de Juillet 2019 est applicable.

DDTM30

Pente (%)	0-0.1	0.1-1	1-6	>6
Linéaire (km)	0	27	95	0

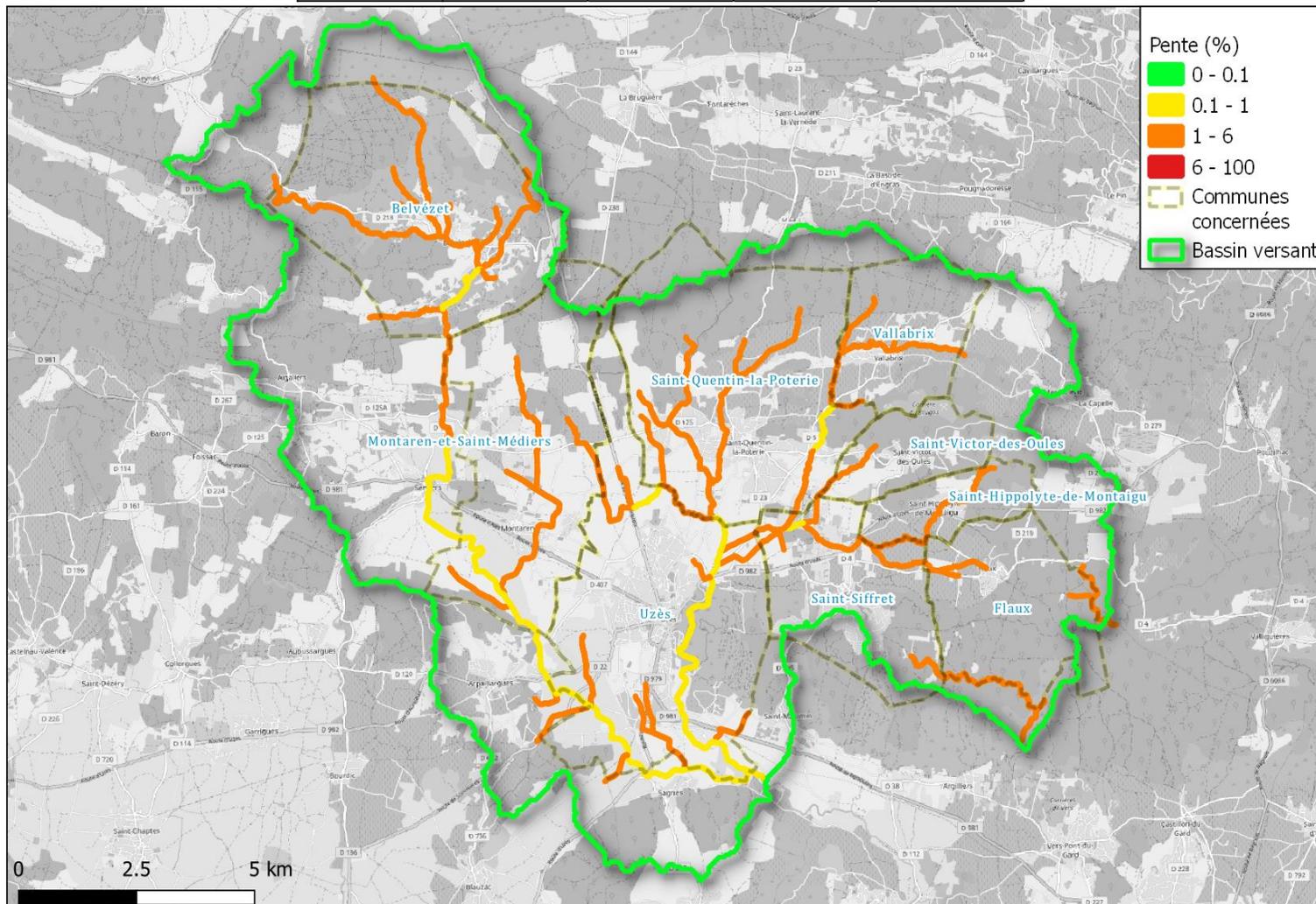


Figure 19 : Pente de la ligne d'eau à l'échelle de la zone modélisée

6.1.3 Caractérisation de la dynamique

Selon le décret PPRi et l'arrêté aléa, le nouveau critère de dynamique de crue doit être évalué selon un croisement entre la vitesse d'écoulement de l'eau et la vitesse de montée de l'eau (ou cinétique de crue).

6.1.3.1 La vitesse d'écoulement de l'eau

Les vitesses d'écoulement de l'eau sont caractérisées suivant la pratique régionale actuelle inspirée du guide PPR de 1999 (cf. chapitre 4.2.1 de la doctrine régionale) :

- vitesse lente si inférieure à 0,2 m/s,
- vitesse moyenne si comprise entre 0,2 m/s et 0,5 m/s,
- vitesse rapide si supérieure à 0,5 m/s.

Ces vitesses sont caractérisées ci-après à l'échelle de notre zone d'étude pour la crue de référence et par tronçon de cours d'eau. On constate que l'ensemble du chevelu modélisé est concerné par des vitesses rapides.

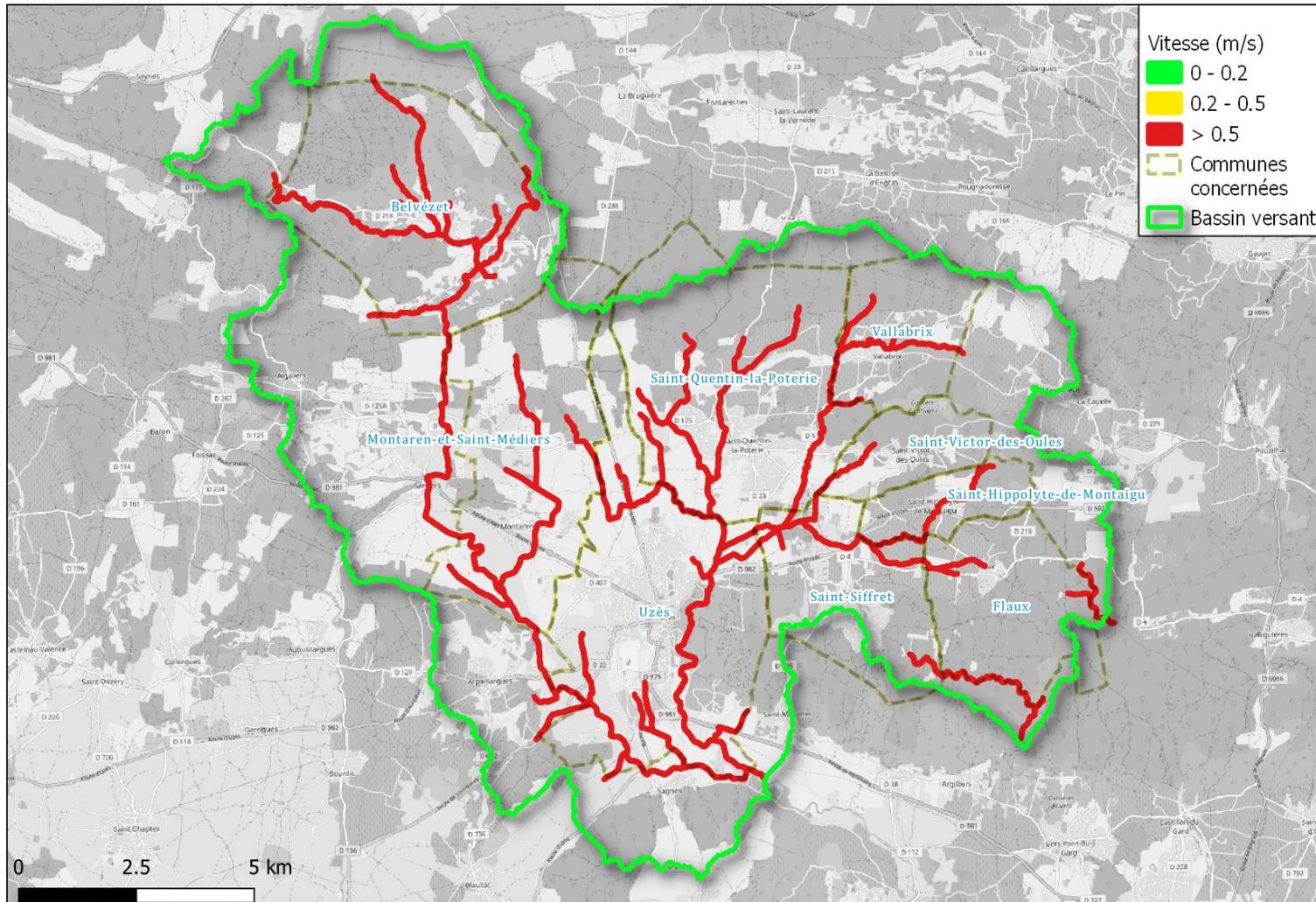
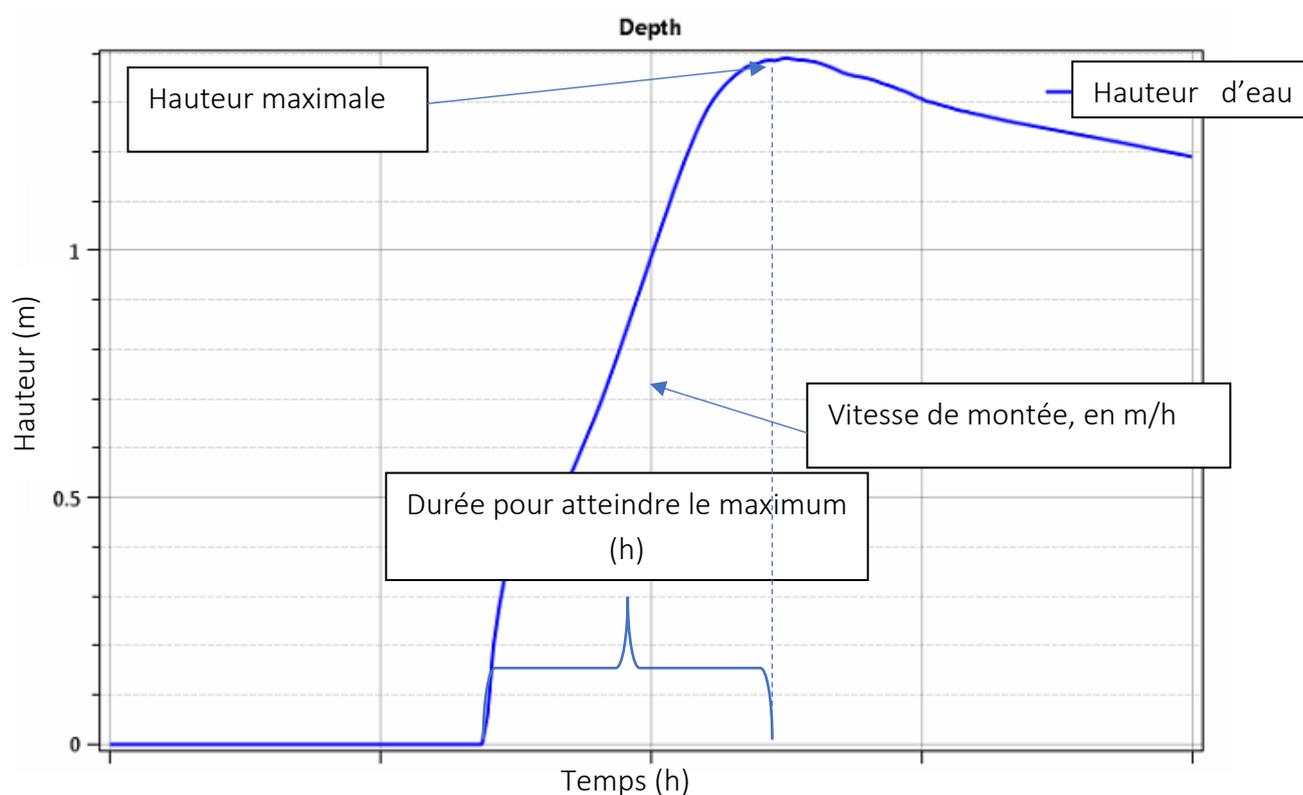


Figure 20 : Vitesse moyenne des écoulements à l'échelle de la zone modélisée

6.1.3.2 La vitesse de montée des eaux

Les vitesses de montée des eaux ont été caractérisées sur l'ensemble du linéaire de cours d'eau modélisé. Le principe a consisté à diviser la hauteur maximale atteinte par la durée observée pour l'atteindre, et ce, à partir des premiers débordements. Le schéma ci-après illustre le principe.



La doctrine régionale précise qu'« à partir d'une vitesse de montée de l'eau de quelques dizaines de cm par heure, on pourra considérer la vitesse de montée comme rapide. En deçà de quelques cm par dizaine d'heures, on pourra considérer la vitesse de montée de l'eau comme lente. »

Aussi, sur la base précédente, la grille de classification suivante a été utilisée :

- vitesse de montée de l'eau lente si inférieure à 0,01 m/h, soit 10 cm en 10 h,
- vitesse de montée de l'eau moyenne si comprise entre 0,01 m/h et 0,2 m/h,
- vitesse de montée de l'eau rapide si supérieure à 0,2 m/h.

A l'instar de ce qui est observé pour les vitesses d'écoulements, une grande majorité des cours d'eau présente une vitesse de montée des eaux rapide, dépassant très souvent 0,2 m/h, notamment sur les secteurs à enjeux.

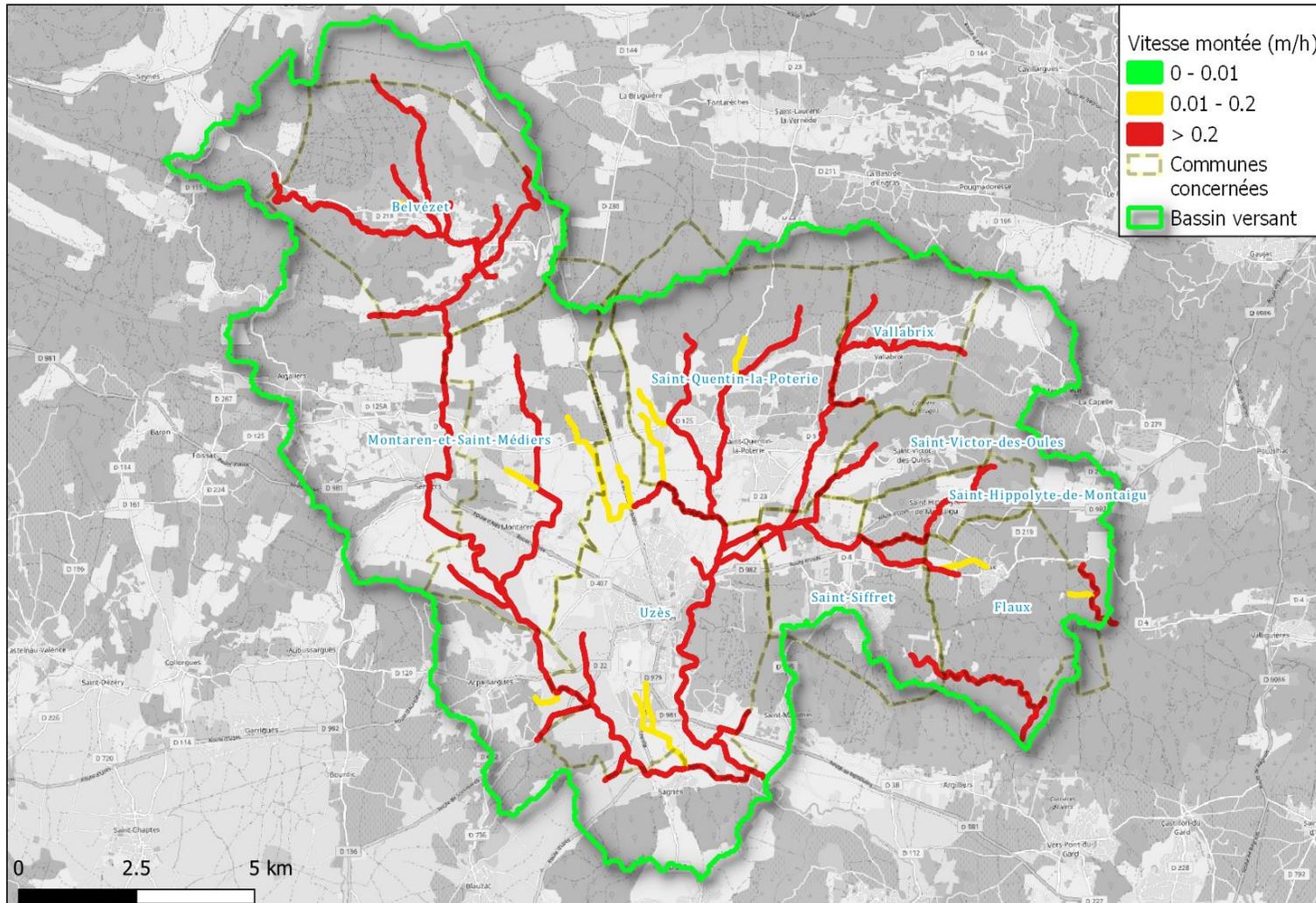


Figure 21 : Vitesse de montée des eaux à l'échelle de la zone modélisée

6.1.3.3 Quantification de la dynamique de crue

Sur la base des résultats précédent, la dynamique de crue a été caractérisée suivant la grille de la doctrine régionale, présenté en suivant :

Matrice de la dynamique	Vitesse écoulement Inf à 0,2 m/s lente	Vitesse écoulement 0,2 à 0,5 m/s moyenne	Vitesse écoulement sup à 0,5 m/s rapide
Vitesse de montée de l'eau Inf à 0,01 m/h LENTE	Dynamique lente	Dynamique moyenne	Dynamique rapide
Vitesse de montée de l'eau 0,01 à 0,2 m/h MOYENNE	Dynamique moyenne	Dynamique moyenne	Dynamique rapide
Vitesse de montée de l'eau sup à 0,2 m/h RAPIDE	Dynamique rapide	Dynamique rapide	Dynamique rapide

Les résultats présentés en suivant font apparaitre une dynamique rapide sur l'ensemble du linéaire modélisé à l'échelle du bassin étudié.

Plusieurs faisceaux convergents, proposés par la doctrine régionale, viennent également confirmer cette conclusion :

- La pluviométrie : les territoires sujets à des cumuls supérieurs à 120 mm sur 24 H pour l'occurrence décennale – ce qui est le cas ici – sont davantage susceptibles de connaître des vitesses de montées rapides.
- la taille du bassin versant amont : en première approche, en deçà de 1000 km², la taille réduite du bassin versant favorise des cinétiques de crue rapides. Dans le cas qui nous concerne, les Seynes et l'Alzon présentent en amont de leur confluence une superficie drainée inférieure à 100 km².
- la pente des cours d'eau : comme vu précédemment, les pentes sont généralement supérieures à 0.1 %, voire très souvent 1 %, ce qui favorise une cinétique rapide

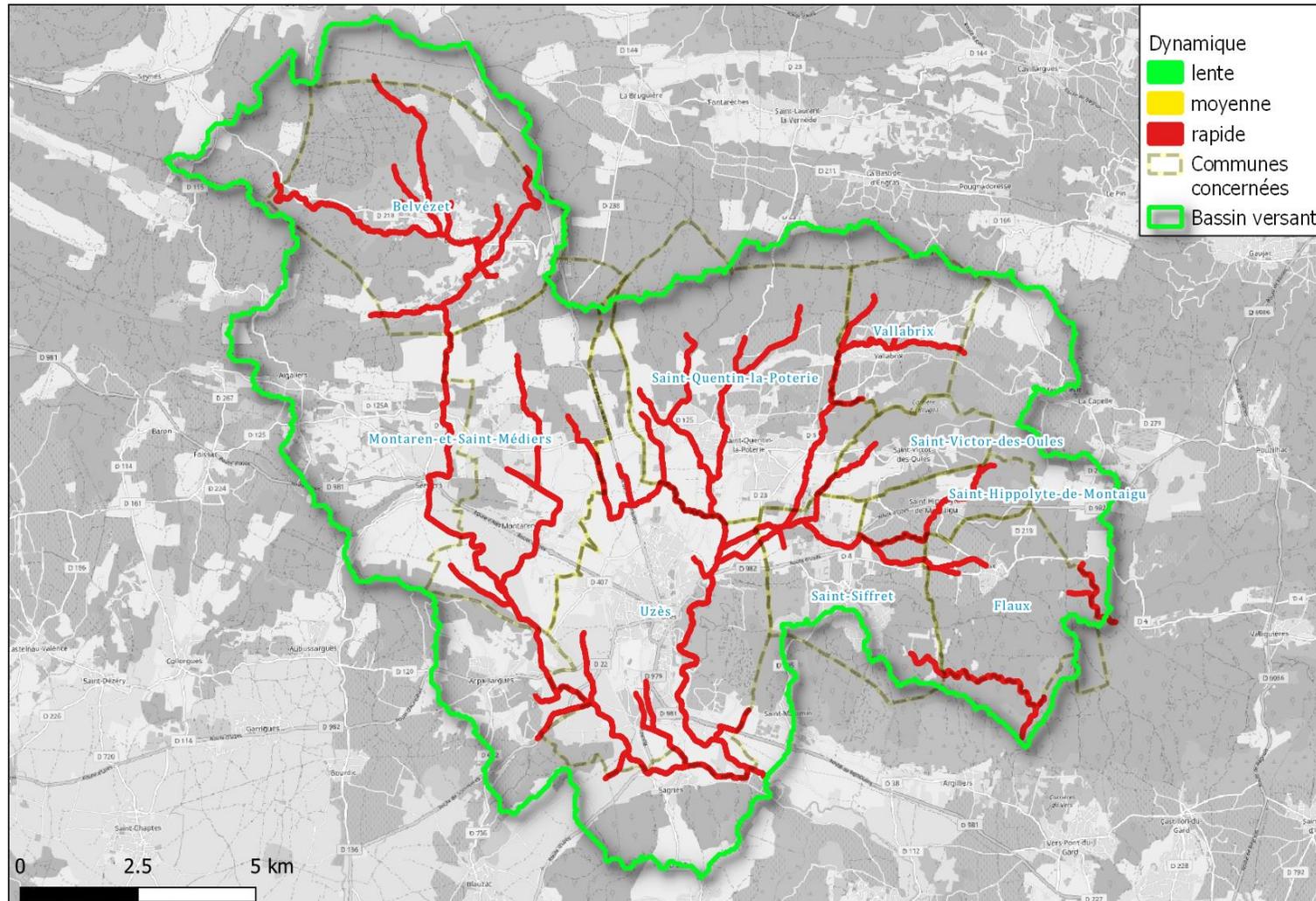
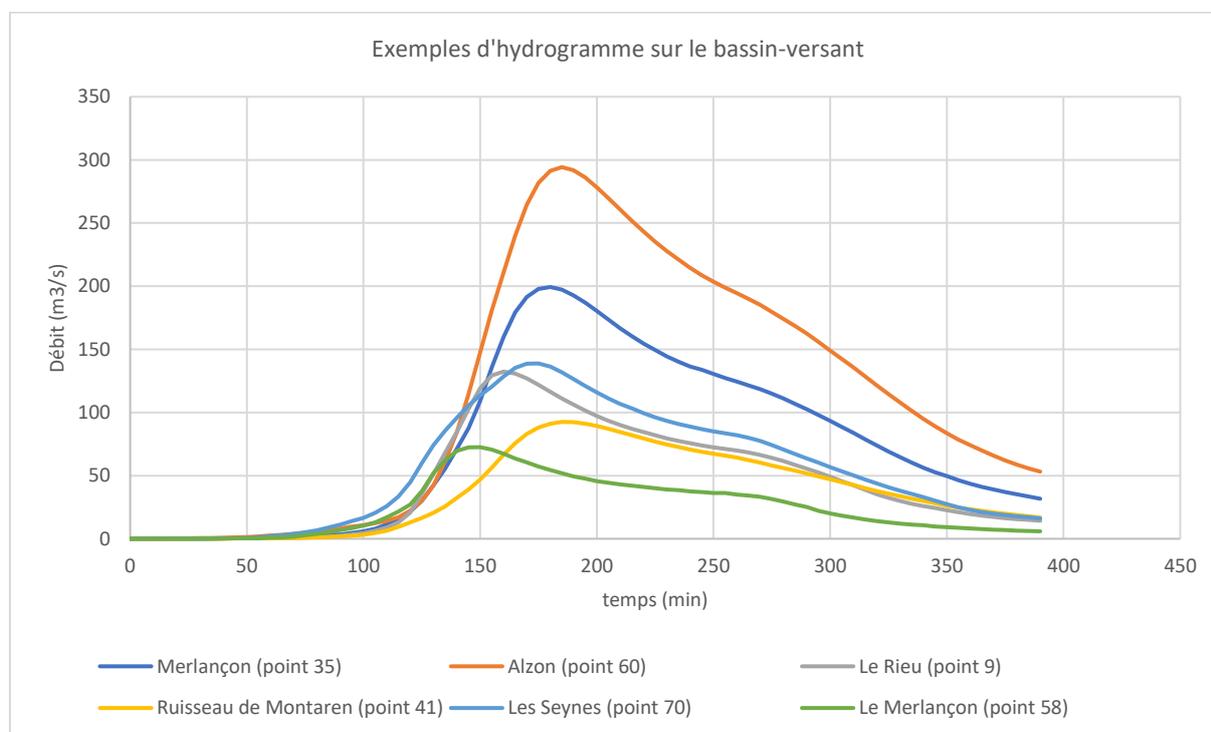


Figure 22 : Dynamique de crue à l'échelle de la zone modélisée

Pour illustrer les propos précédents, un certain nombre d'hydrogrammes sont présentés à l'amont ou au droit de secteurs à enjeux :

- l'Alzon à l'amont de Saint-Quentin-la-Poterie (point 60)
- Le Merlançon au droit de Saint-Hippolyte-de-Montaigu (point 58) et de Saint-Siffret (point 35)
- Le Rieu à l'amont de Saint-Quentin-la-Poterie (point 9)
- Les Seynes à l'amont de Belvezet (point 70)
- Le ruisseau de Montaren, à l'amont de Montaren-et-Saint-Médiers (point 41)

On constate que les temps de montée sont courts (généralement moins de 180 minutes/3 h) avec une montée brutale concentrée sur environ 1 h, voire moins, laissant peu de place à l'anticipation et l'organisation. Les réactions des bassins sont donc très vives, justifiant la dynamique rapide caractérisée précédemment.



6.2 CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION

Pour la crue de référence, les résultats « bruts » des modèles ont fait l'objet d'un traitement cartographique adapté afin d'obtenir une emprise des aléas lisible et exploitable sur le plan réglementaire.

Sur la base des éléments précédents, la matrice suivante sera utilisée pour cartographier l'aléa inondation.

Matrice de l'aléa inondation	Dynamique rapide
$H < 0.3 \text{ m}$	Aléa modéré
$0.3 \text{ m} < H < 1 \text{ m}$	Aléa fort
$H > 1 \text{ m}$	Aléa très fort
Champ majeur HGM, hors zone inondable pour Q100	Aléa résiduel

Au-delà de la zone modélisée, l'aléa est complété par un aléa dit « résiduel » caractérisant l'emprise du champ majeur défini suite à l'analyse hydrogéomorphologique. Cet aléa résiduel correspond à des secteurs non inondés pour la crue de référence mais qui peuvent être inondés pour une crue supérieure à cette dernière, ou en cas de dysfonctionnement local (embâcles,...).

La légende afférente aux aléas sera donc la suivante :

Aléa

	Modéré ($h < 0.3\text{m}$)
	Fort ($0.3\text{m} < h < 1\text{m}$)
	Très fort ($h > 1\text{m}$)
	Résiduel

7. CARACTERISATION DE RUISSELLEMENT

Dans le cadre du PPRI, le ruissellement a également été caractérisé à large échelle sur la zone d'étude. A l'instar de la modélisation hydrologique, le principe a consisté à injecter une pluie de projet nette centennale sur un domaine 2D couvrant l'ensemble du bassin-versant, hors aléa inondation.

OTEIS a développé une approche en interne basé sur les principes suivant :

- Identification des axes d'écoulement drainant une superficie supérieure à 1 ha
- Création d'un maillage régulier de la zone d'étude, affiné sur tous les axes de ruissellement identifiés précédemment,
- Utilisation du LIDAR exploité dans le cadre de l'étude, rééchantillonné et lissé, de telle manière à assurer la continuité cartographique des écoulements,
- Modélisation pour une occurrence centennale (pluie monofréquentielle d'une durée de 24h, identique à celle utilisée pour l'analyse hydrologique) sur l'ensemble du bassin
- Léger lissage de l'emprise des zones inondables obtenue par modélisation, et suppression des taches isolées ne faisant pas partie d'un axe d'écoulement.

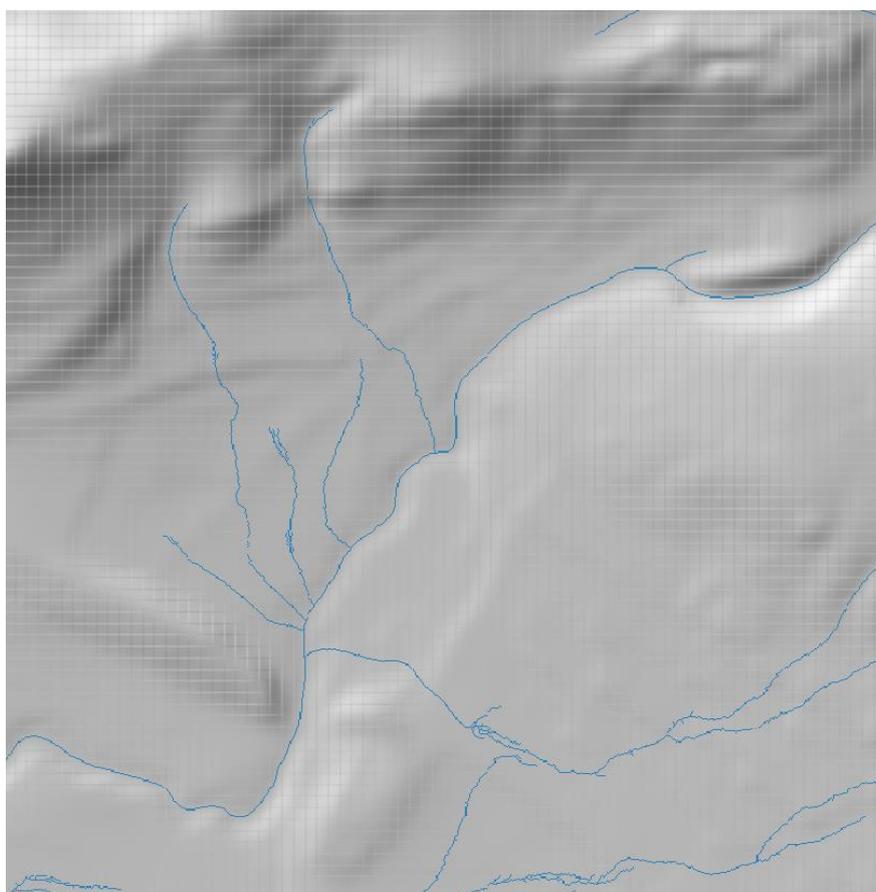


Figure 23 : Exemple d'identification des axes d'écoulement drainant une superficie supérieure à 1 ha

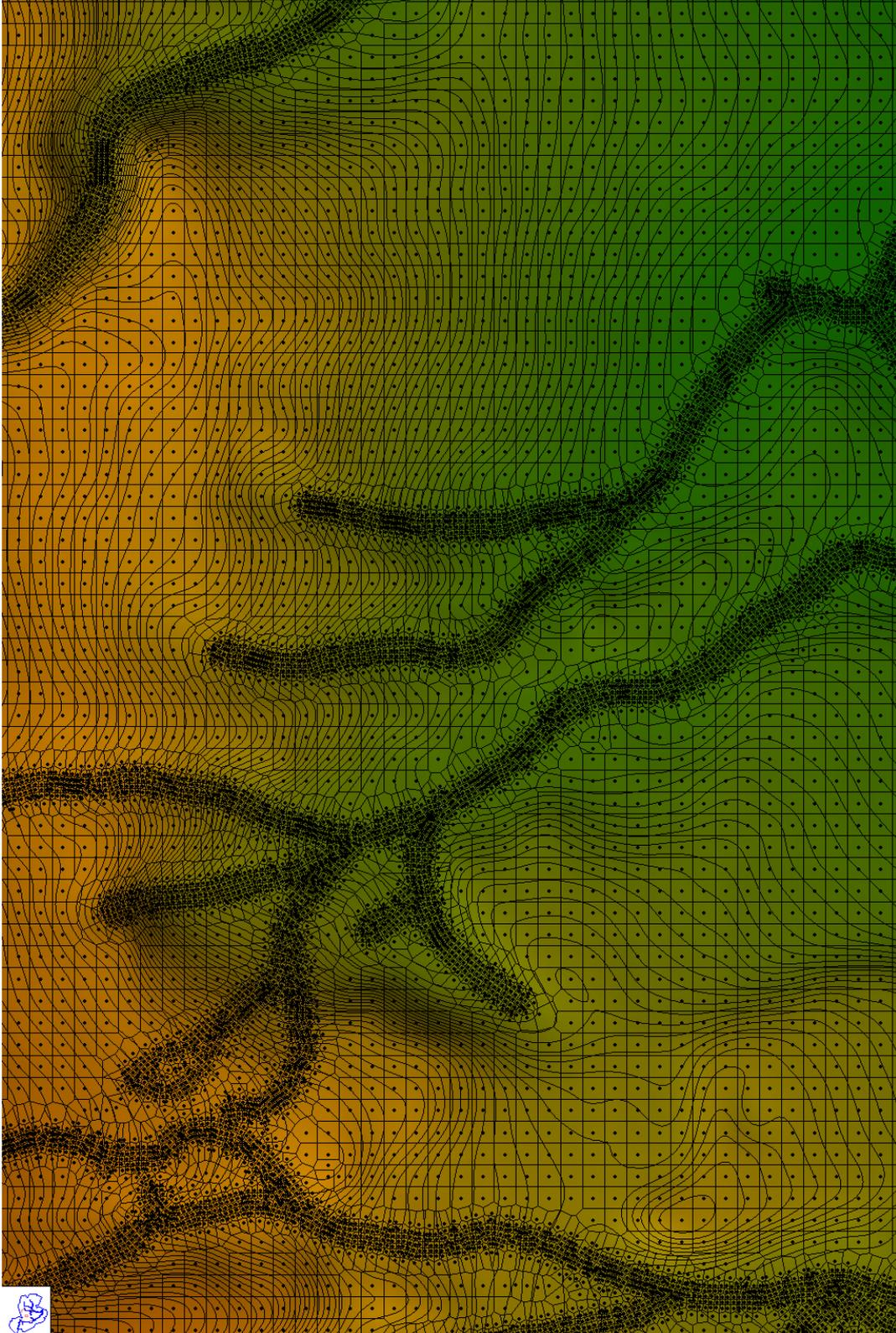


Figure 24 : Exemple de maillage pour la modélisation 2D du ruissellement. Les axes d'écoulement font l'objet d'un maillage plus fin

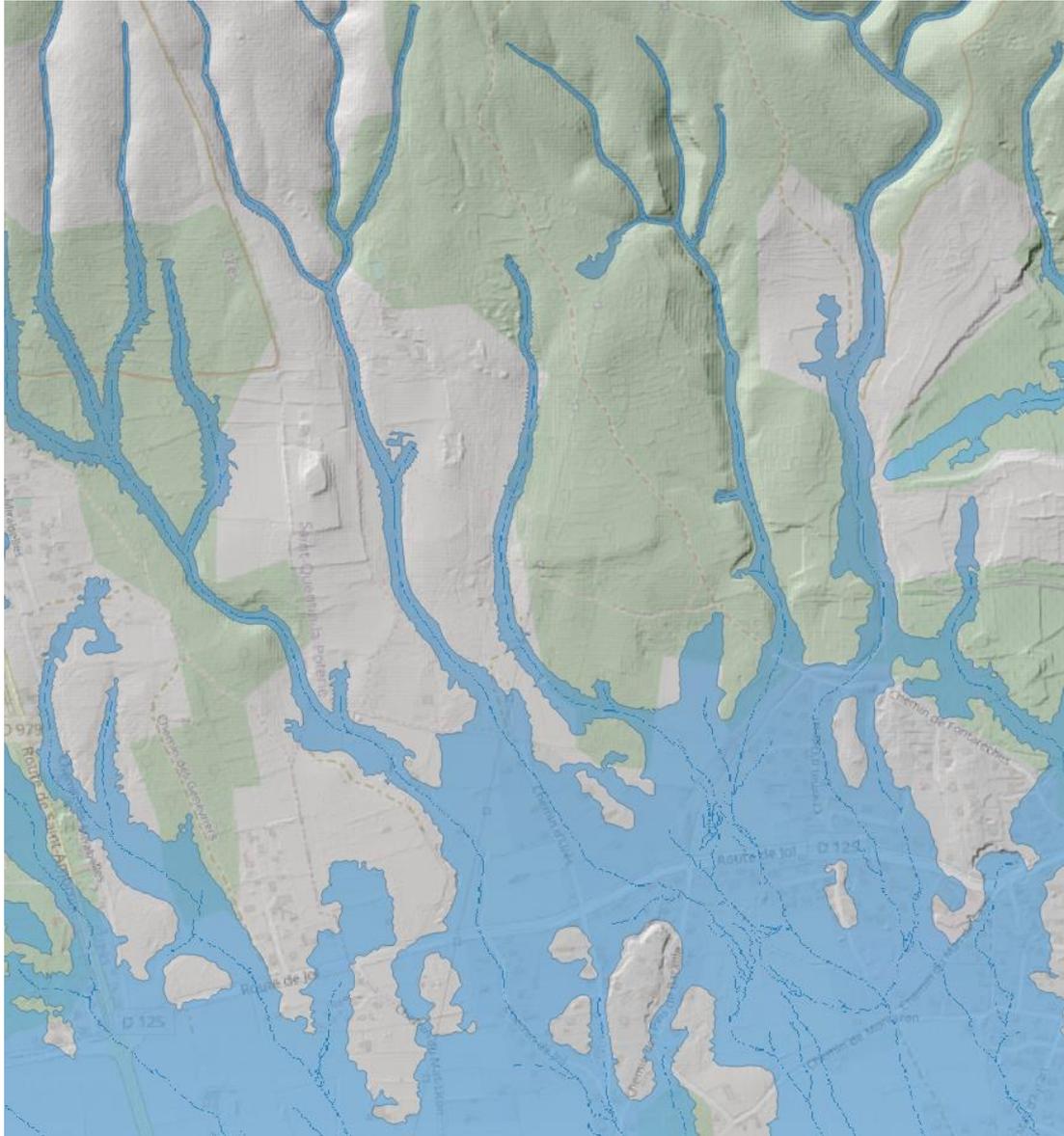


Figure 25 : Exemple de rendu cartographique du ruissellement

Cette méthode permet d'avoir une représentation physiquement réaliste des axes d'écoulement, contrairement aux approches purement qualitatives telles que EXZECO ou l'HGM. A noter que si les écoulements sont quantifiés, la précision n'est pas la même que celle attendue dans le cadre d'une étude de ruissellement détaillée réalisée à une échelle communale (pas de cartographie précise des hauteurs, des vitesses ou de l'aléa).

ANNEXE 1 – ENTRETIENS COMMUNAUX

PPRI Alzon-Seynes - Synthèse de la réunion						
Commune :		BELVEZET		Date visite :	14/01/2016	
Personnes rencontrées	Nom		Fonction			
	M. BONNEFILLE		Maire			
	M. CHABROL		Employé communal : Adjoint technique			
	Mme. GRANET		Adjointe			
1. Caractérisation du risque inondation						
Caractérisation de la problématique inondation selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Caractérisation de la problématique ruissellement selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Principaux épisodes mentionnés						
Date	Importance (mineure/majeure/de référence)	Relevés de crue et nombre		Dégâts recensés		
2002	la plus forte connue	oui	2	Berge de la rivière Les Seynes emportée (village) (2002)		
2014		non		3 à 4 maisons inondées (2002)		
				Dégâts voirie communale (2002 et 2014)		
2. Principaux enjeux concernés d'après la commune						
- 5-6 habitations, principalement sur les Seynes						
3. Liste des documents existants						
N°	Dénomination		Année de réalisation	Remarques		
1	Cartographie zones inondables		2016	fournie par la commune		
4. Outils de prévention et d'alerte						
PCS		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Service d'alerte (type PREDICT, APIC, ...)		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Station(s) hydrométrique(s)		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation :						
Nom	Cours d'eau	Code station	Remarques			
5. Systèmes de protection contre les crues (ouvrages classés uniquement)						
Endiguements		oui	non			
Caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	Couleur sur la carte	Remarques				
Bassin écrêteur		oui	non			
si oui, localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	N° sur la carte	Remarques				
6. Projets susceptibles d'être impacté par le PPRI						
Dénomination		Lieu		Remarques		
Ancienne église		Rue de l'ancienne église		Projet d'une salle polyvalente.		
Café l'Arbousier		route des Seynes		Projet d'un café de pays Actuellement classé en zone inondable. N'a jamais été inondé (ancienne école)		
7. Remarques générales						
Problème liés principalement à deux ouvrages hydrauliques sous-dimensionnés, Hauteurs d'eau inférieures généralement à 0.5 m, mais vitesses fortes Les deux projets précédents sont situés sur des zones a priori jamais inondées						

PPRI Alzon-Seynes - Synthèse de la réunion						
Commune :		FLAUX		Date visite :	14/01/2016	
Personnes rencontrées	Nom		Fonction			
	M. JUVIN		Adjoint au maire			
1. Caractérisation du risque inondation						
Caractérisation de la problématique inondation selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Caractérisation de la problématique ruissellement selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Principaux épisodes mentionnés						
Date	Importance (mineure/majeure/de référence)	Relevés de crue et nombre		Dégâts recensés		
2002	majeure	non		Ravinement, dégâts sur voirie		
2014	la plus forte connue	non				
2. Principaux enjeux concernés d'après la commune						
- pour le ruissellement, 2 ou 3 habitations						
- STEP						
3. Liste des documents existants						
N°	Dénomination		Année de réalisation	Remarques		
1	Etude SIEE			étude EU/EP - non récupérée		
2	Dossier GAXIEU pour subvention		2015			
4. Outils de prévention et d'alerte						
PCS		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Service d'alerte (type PREDICT, APIC, ...)		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Station(s) hydrométrique(s)		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation :						
Nom	Cours d'eau	Code station	Remarques			
5. Systèmes de protection contre les crues (ouvrages classés uniquement)						
Endiguements		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	Couleur sur la carte	Remarques				
Bassin écrêteur		oui	non			
si oui, localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	N° sur la carte	Remarques				
6. Projets susceptibles d'être impacté par le PPRI						
Dénomination		Lieu		Remarques		
7. Remarques générales						

PPRI Alzon-Seynes - Synthèse de la réunion						
Commune :		MONTAREN ET St-MEDIERS		Date visite :	12/01/2016	
Personnes rencontrées	Nom		Fonction			
	Serge GUIRAUD		Travaux			
	Steeve LARTAUD		Agent communal			
1. Caractérisation du risque inondation						
Caractérisation de la problématique inondation selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Caractérisation de la problématique ruissellement selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Principaux épisodes mentionnés						
Date	Importance (mineure/majeure/de référence)	Relevés de crue et nombre		Dégâts recensés		
2002	la plus forte connue	non		4/5 maisons touchées, STEP inondée, chemins ravinés, pont sur les Seynes sérieusement touché, réseaux mis à nu en bordure du Rieu		
2. Principaux enjeux concernés d'après la commune						
- 5 habitations, sur la partie amont du village, en bordure du Rieu						
- ancien lagunage. La nouvelle STEP est a priori hors zone inondable						
3. Liste des documents existants						
N°	Dénomination		Année de réalisation	Remarques		
1	Etude GAXIEU		2015	non récupérée		
2	Etude RCI		2000	non récupérée		
3	Cartographie des zones inondables		2016	fournie par la commune		
4	CR visite post-crue - SMAGE		2014	récupéré		
4. Outils de prévention et d'alerte						
PCS		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Service d'alerte (type PREDICT, APIC, ...)		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Station(s) hydrométrique(s)		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation :						
Nom	Cours d'eau	Code station	Remarques			
5. Systèmes de protection contre les crues (ouvrages classés principalement)						
Endiguements		oui	non			
Caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	Couleur sur la carte	Remarques				
Bassin écrêteur		oui	non			
si oui, localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	N° sur la carte	Remarques				
6. Projets susceptibles d'être impacté par le PPRI						
Dénomination		Lieu		Remarques		
7. Remarques générales						

PPRI Alzon-Seynes - Synthèse de la réunion						
Commune :		St-HIPPOLYTE-DE-MONTAIGU		Date visite :		20/01/2016
Personnes rencontrées	Nom			Fonction		
	Bernard BARBERI			Maire		
	Marie-Blanche VEZON			Adjointe		
	M. NOIRET			Adjoint		
1. Caractérisation du risque inondation						
Caractérisation de la problématique inondation selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Caractérisation de la problématique ruissellement selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Principaux épisodes mentionnés						
Date	Importance (mineure/majeure/de référence)	Relevés de crue et nombre		Dégâts recensés		
2002	majeure	non				
2014	la plus forte connue	non		6 maisons touchées, voitures emportées, 250 k€ HT de dégâts pour les réseaux et voiries		
2. Principaux enjeux concernés d'après la commune						
- 6 habitations, en bordure du Merlançon						
- STEP						
3. Liste des documents existants						
N°	Dénomination			Année de réalisation	Remarques	
1	Revue Municipale n°8			2014	récupérée	
2	PLU			2014	récupéré	
3	Cartographie EXZECCO			2013	cf. DDTM 30	
4. Outils de prévention et d'alerte						
PCS		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Service d'alerte (type PREDICT, APIC, ...)		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Station(s) hydrométrique(s)		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation :						
Nom	Cours d'eau	Code station	Remarques			
5. Systèmes de protection contre les crues (ouvrages classés uniquement)						
Endiguements		oui	non			
Ouvrages sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	Couleur sur la carte	Remarques				
Bassin écrêteur		oui	non			
Ouvrages sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	N° sur la carte	Remarques				
6. Projets susceptibles d'être impacté par le PPRI						
Dénomination		Lieu		Remarques		
7. Remarques générales						

PPRI Alzon-Seynes - Synthèse de la réunion					
Commune :	St-QUENTIN-LA-POTERIE		Date visite :	10/10/2017	
Personnes rencontrées	Nom		Fonction		
	Yvon BONZI		Maire		
	Régis TORREGROSA		DGS		
	Marie-Ange FONTAINE		Secrétaire		
1. Caractérisation du risque inondation					
Caractérisation de la problématique inondation selon la commune			Faible	Modérée	Forte
Caractérisation de la problématique ruissellement selon la commune			Faible	Modérée	Forte
Principaux épisodes mentionnés					
Date	Importance (mineure/majeure/de référence)	Relevés de crue et nombre		Dégâts recensés	
2002	la plus forte connue	non		2014 n'a concerné que l'Alzon, avec une zone inondable comparable à celle de 2002	
2014	majeure	non			
2. Principaux enjeux concernés d'après la commune					
<ul style="list-style-type: none"> - habitations le long de l'Alzon - habitations à proximité du Rieu 					
3. Liste des documents existants					
N°	Dénomination		Année de réalisation	Remarques	
1	Etude BRLi sur les zones inondables		2006	récupérée	
2	SD protection contre les inondations (BRLi)		2007	récupérée	
4. Outils de prévention et d'alerte					
PCS		oui	non	si oui, date de mise en place : 2015	
Service d'alerte (type PREDICT, APIC, ...)		oui	non	si oui, date de mise en place :	
Station(s) hydrométrique(s)		oui	non		
si oui, nom(s) et localisation :					
Nom	Cours d'eau	Code station	Remarques		
5. Systèmes de protection contre les crues (ouvrages classés principalement)					
Endiguements		oui	non		
si oui, nom(s) et localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :					
Nom	Couleur sur la carte	Remarques			
Bassin écrêteur		oui	non		
si oui, localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :					
Nom	N° sur la carte	Remarques			
6. Projets susceptibles d'être impacté par le PPRI					
Dénomination		Lieu		Remarques	
Projet de lotissement		Ouest de la commune			
7. Remarques générales					

PPRI Alzon-Seynes - Synthèse de la réunion						
Commune :		ST-SIFFRET		Date visite :		14/01/2016
Personnes rencontrées	Nom		Fonction			
	Dominique VINCENT		Maire			
	Raymond SERRET		Adjoint Urbanisme			
	Valérie MARI		Secrétaire Urbanisme			
1. Caractérisation du risque inondation						
Caractérisation de la problématique inondation selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Caractérisation de la problématique ruissellement selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Principaux épisodes mentionnés						
Date	Importance (mineure/majeure/de référence)	Relevés de crue et nombre		Dégâts recensés		
2002	majeure	non				
2014	la plus forte connue	non				
2. Principaux enjeux concernés d'après la commune						
- une dizaine d'habitations, en bordure du Merdançon						
- captage						
3. Liste des documents existants						
N°	Dénomination		Année de réalisation	Remarques		
1	Etude SIEE sur le Merlançon		2006	récupérée		
2	Etude ASE - PLU		en cours	non récupérée		
3	Etude SMAGE -délocalisation habitations		en cours	concernent les habitations les plus touchées		
2	Dossier GAXIEU pour subvention		2015			
4. Outils de prévention et d'alerte						
PCS		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Service d'alerte (type PREDICT, APIC, ...)		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Station(s) hydrométrique(s)		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation :						
Nom	Cours d'eau	Code station	Remarques			
5. Systèmes de protection contre les crues (ouvrages classés uniquement)						
Endiguements		oui	non			
sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	Couleur sur la carte	Remarques				
Bassin écrêteur		oui	non			
si oui, localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	N° sur la carte	Remarques				
6. Projets susceptibles d'être impacté par le PPRI						
Dénomination		Lieu		Remarques		
7. Remarques générales						

PPRI Alzon-Seynes - Synthèse de la réunion						
Commune :		ST-VICTOR-DES-OULES		Date visite : 09/06/2015		
Personnes rencontrées	Nom		Fonction			
	Mme. ALVARO		Maire			
1. Caractérisation du risque inondation						
Caractérisation de la problématique inondation selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Caractérisation de la problématique ruissellement selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Principaux épisodes mentionnés						
Date	Importance (mineure/majeure/de référence)	Relevés de crue et nombre		Dégâts recensés		
2002	majeure	non		Nombreux ruissellements, et problèmes de pluvial, vers la mairie et la croix sur la route du parc		
2014	majeure	non				
2. Principaux enjeux concernés d'après la commune						
- le Mas des Oules, touché par des problèmes liés au ruissellement						
3. Liste des documents existants						
N°	Dénomination		Année de réalisation	Remarques		
4. Outils de prévention et d'alerte						
PCS		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Service d'alerte (type PREDICT, APIC, ...)		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Station(s) hydrométrique(s)		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation :						
Nom	Cours d'eau	Code station	Remarques			
5. Systèmes de protection contre les crues (ouvrages classés uniquement)						
Endiguements		oui	non			
si oui, localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	Couleur sur la carte	Remarques				
Bassin écrêteur		oui	non			
si oui, localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	N° sur la carte	Remarques				
6. Projets susceptibles d'être impacté par le PPRI						
Dénomination		Lieu		Remarques		
7. Remarques générales						
Selon Mme. Le Maire, pas de problématique inondation sur la commune						

PPRI Alzon-Seynes - Synthèse de la réunion						
Commune :		UZES		Date visite :	12/01/2016	
Personnes rencontrées	Nom		Fonction			
	M. CHARMASSON		Service urbanisme			
1. Caractérisation du risque inondation						
Caractérisation de la problématique inondation selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Caractérisation de la problématique ruissellement selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Principaux épisodes mentionnés						
Date	Importance (mineure/majeure/de référence)	Relevés de crue et nombre		Dégâts recensés		
2002	majeure	non				
2014	la plus forte connue	non		1 à 1.5 M D'euros de dégâts (voiries, piscine notamment)		
2. Principaux enjeux concernés d'après la commune						
- 20 à 30 habitations, en bordure de l'Alzon principalement, Centre commercial de Pont des Charrettes						
- Usine Haribo (Alzon)						
- RUISSELLEMENT: Coteaux de la Lauze, Maxime Pascal, Grézac, Ruisseau du Redounet et de l'Hôpital						
3. Liste des documents existants						
N°	Dénomination		Année de réalisation	Remarques		
1	Etude SIEE - schéma pluvial		≈ 2000	non récupérée		
2	Cartographie zones à problème		2016	fournie par la commune		
4. Outils de prévention et d'alerte						
PCS		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Service d'alerte (type PREDICT, APIC, ...)		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Station(s) hydrométrique(s)		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation :						
Nom	Cours d'eau	Code station	Remarques			
5. Systèmes de protection contre les crues (ouvrages classés principalement)						
Endiguements		oui	non			
sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	Couleur sur la carte	Remarques				
Bassin écrêteur						
		oui	non			
si oui, localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	N° sur la carte	Remarques				
6. Projets susceptibles d'être impacté par le PPRI						
Dénomination		Lieu		Remarques		
7. Remarques générales						
Pas de connaissance précise des points noirs liés à la problématique inondation Pas de photos/vidéos sur le secteur						

PPRI Alzon-Seynes - Synthèse de la réunion						
Commune :		VALLABRIX		Date visite :	11/03/2016	
Personnes rencontrées	Nom		Fonction			
	M. RIEU		Maire			
1. Caractérisation du risque inondation						
Caractérisation de la problématique inondation selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Caractérisation de la problématique ruissellement selon la commune				Faible	Modérée	Forte
Principaux épisodes mentionnés						
Date	Importance (mineure/majeure/de référence)	Relevés de crue et nombre		Dégâts recensés		
2002	majeure	non		pas d'habitation touchée		
2014	la plus forte connue	non		200 K€ HT pour la voirie, pas d'habitation touchée		
1958 ?						
2. Principaux enjeux concernés d'après la commune						
<ul style="list-style-type: none"> - Mas de la Chataigneraie (eau dans la cours), - station de pompage (située sur la commune de St-Quentin-la-Poterie) - transport scolaire impacté 						
3. Liste des documents existants						
N°	Dénomination		Année de réalisation	Remarques		
1	Etude hydraulique STEP		2009/2010	non récupérée		
4. Outils de prévention et d'alerte						
PCS		oui	non	si oui, date de mise en place :		
Service d'alerte (type PREDICT, APIC, ...)		oui	non	si oui, date de mise en place : 2014		
Station(s) hydrométrique(s)		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation :						
Nom	Cours d'eau	Code station	Remarques			
5. Systèmes de protection contre les crues (ouvrages classés uniquement)						
Endiguements		oui	non			
si oui, nom(s) et localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	Couleur sur la carte	Remarques				
Bassin écreteur		oui	non			
si oui, localisation (les caractéristiques sont à renseigner dans la fiche ouvrage) :						
Nom	N° sur la carte	Remarques				
6. Projets susceptibles d'être impacté par le PPRI						
Dénomination		Lieu		Remarques		
7. Remarques générales						
Routes coupées en cas de crue => village isolé Mise en place téléalerte au niveau du village Pas de pb avec la STEP (étude hydraulique)						

ANNEXE 2 – MODELE HYDROLOGIQUE

ANNEXE 3 – METHODE DU SPC GD

SPC Grand Delta

Proposition d'une méthodologie de calcul des crues de référence pour les petits bassins versants (< 400 km²) (en complément de la méthode FBG)

La présente note expose une méthodologie de calcul des débits de référence, pouvant être appliquée aux petits bassins versants du département du Gard, et éventuellement confrontée aux résultats de la méthode FBG, généralement utilisée jusqu'alors dans le département.

Le principe consiste à appliquer la méthode du Gradex pour réaliser l'extrapolation depuis un débit de période de retour faible (inférieur à 10 ans) vers un débit centennal. Compte tenu des incertitudes, parfois importantes, sur différents paramètres liés à l'application de la méthode du Gradex, il est demandé que certaines règles de prudence soient appliquées dans le choix de ces différents paramètres, et ceci de façon à minimiser les risques de sous-estimation du débit centennal. Ces recommandations sont détaillées ci-après.

Une méthodologie très similaire a d'ores et déjà été employée dans le cadre du PPRI du moyen Vidourle. Dans ce cas, les débits obtenus par la méthode du Gradex se sont avérés légèrement inférieurs à ceux obtenus par la méthode FBG, et ont malgré tout été retenus après comparaison des résultats donnés par les deux méthodes.

En effet, on peut considérer que la méthodologie d'application du Gradex présentée ici, tout comme la méthode FBG, conduit, compte-tenu de ses hypothèses, à estimer la borne supérieure de l'intervalle de confiance dans lequel le débit centennal peut se situer. Nous considérons donc comme raisonnable de retenir, parmi les deux méthodes, celles qui donne le débit le plus faible.

Pour l'application de la méthode du Gradex, il est demandé de suivre les recommandations suivantes:

Recommandation n°1: Choix du point "pivot" de départ pour l'extrapolation par la méthode du Gradex

Le point "pivot" à partir duquel l'extrapolation par le Gradex est effectuée doit correspondre à une période de retour qui n'excède pas 10 ans.

Recommandation n°2: Evaluation du débit décennal (ou moins le cas échéant).

Il est, dès que possible, préférable d'utiliser une statistique déterminée à partir de mesures de débit sur une période suffisamment longue (environ 30 ans au minimum). Ce genre d'informations est malheureusement très rarement disponible dans le cas des petits bassins versants. A défaut, il est proposé d'employer deux méthodes distinctes selon la taille du bassin considéré.

- Pour un bassin de moins de 20 km², utilisation de la méthode rationnelle en considérant un coefficient d'écoulement de 0,3 minimum, sur un temps de concentration déterminé par la formule de Passini (jugée adaptée pour ce type d'événement pour lequel les écoulements se font encore majoritairement en subsurface, ce qui a tendance à augmenter le temps de concentration T_c par rapport à un phénomène de ruissellement direct):

$$T_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$$

où:

- T_c est le temps de concentration exprimé en heures
 - A est la surface du bassin versant en km^2
 - L est la longueur du plus long cheminement hydraulique en km
 - P est la pente moyenne sur le plus long cheminement m/m
- Pour un bassin de plus de 20 km^2 , utilisation de la formule Crupédix, avec un coefficient régional de 1,5 et une pluie journalière décennale déterminée à partir des statistiques pluviométriques disponibles pour des séries d'observations d'une durée de 30 ans minimum. Si des séries d'une durée inférieure sont exploitées, la pluie décennale sur 24 h retenue ne devra pas être inférieure à 150 mm.

Recommandation n°3: Evaluation de la durée caractéristique de crue D_r

La durée caractéristique de crue doit être évaluée, autant que possible, à partir d'un nombre significatif de crues mesurées (une dizaine au minimum). Ce genre de données étant rarement disponibles sur les petits bassins, il est particulièrement important de ne pas surestimer la durée sur laquelle le Gradex est appliqué. En attendant d'en savoir plus sur les durées caractéristiques de crue des bassins du Gard, il est proposé de se baser sur l'estimation du temps de concentration par la formule suivante:

$$T_c = 1,5 \cdot \frac{L^{0,75}}{P + 0,08}$$

où:

- T_c est le temps de concentration exprimé en minutes
- L est la longueur du plus long cheminement hydraulique en km
- P est la pente moyenne sur le plus long cheminement en m/m

Cette formule de temps de concentration, utilisée à l'heure actuelle par le SPCGD dans ses modèles pluie-débit, a prouvé qu'elle reproduit assez fidèlement la dynamique d'écoulement rapide de surface dans les bassins. Toutefois, une crue n'étant pas constituée uniquement d'écoulement de surface mais également pour une bonne partie d'écoulement "retardé" de subsurface, nous pensons raisonnable de considérer que la durée caractéristique de crue sera de l'ordre de deux fois ce temps de concentration. Il est donc proposé de retenir la durée caractéristique suivante:

$$D_r = 2 * T_c$$

Recommandation n°4: Evaluation du rapport débit de pointe/débit moyen sur la durée caractéristique de crue

Comme pour la durée caractéristique de crue, ce rapport doit être évalué, dès que possible, à partir d'un nombre significatif de crues mesurées (une dizaine au minimum). Ce genre de données étant rarement disponibles sur les petits bassins, il faut être attentif à ne pas sous estimer ce rapport. Ce dernier étant généralement réputé compris entre 1,3 et 2, nous proposons de retenir, à défaut d'informations plus précises, la valeur de 2.

Recommandation n°5: évaluation du Gradex ponctuel des pluies sur 24 heures

Le Gradex peut être évalué par un ajustement d'une distribution de Gumbel aux séries d'observations pluviométriques maximales annuelles disponibles, qui doivent être les plus longues possibles. L'idéal serait d'avoir des séries de pluie dépassant largement les cent ans... A défaut, nous demandons que,

lorsque des séries de moins de 60 ans sont utilisées, le gradex obtenu à partir de plusieurs postes soit comparé, et moyenné en cas de doute, et enfin que la valeur retenue ne soit jamais inférieure à celle obtenue au poste de Nîmes-Courbessac (plaine aval dans laquelle le gradex est réputé être le plus faible).

Lorsque des séries très longues sont disponibles (de l'ordre de cent ans ou plus), il est également possible d'évaluer le Gradex à partir de la différence pluie centennale – pluie décennale éventuellement estimées à partir d'un ajustement autre que de type "Gumbel".

Lorsque les gradex utilisés correspondant à des pluies journalières (et non 24 heures comme cela devrait être le cas), il est demandé de les majorer de 10%.

Recommandation n°6: prise en compte de l'abattement spatial des pluies

Compte tenu de la méconnaissance de cet abattement et de la complexité de son évaluation, et considérant que nous nous situons ici dans des bassins versants de petite taille pour lesquels l'effet d'abattement spatial reste limité, nous considérons que cet abattement spatial peut dans un premier temps être négligé. Pour les bassins approchant les 400 km², ceci constitue une hypothèse forte, et il sera probablement nécessaire, dès que la connaissance le permettra, d'évaluer l'effet de cet abattement.

Il est donc proposé, en attendant mieux, de retenir les valeurs de Gradex déterminées à partir des statistiques pluviométriques ponctuelles.

Recommandation n°7: passage du gradex des pluies sur 24 heures au gradex sur la durée caractéristique de crue D_r .

Il est proposé de retenir les exposants des lois de Montana déterminées par SIEE en 1994, et déjà utilisées dans la méthode FBG. Ces lois ne semblent pas remises en cause par les dernières statistiques pluviométriques dont nous disposons.

Les formules utilisées seront donc du type:

$$\text{pour } 6\text{h} < D_r < 24\text{h}, \quad \text{Gradex } D_r = \text{Gradex } 24\text{h} \cdot \left(\frac{D_r}{24}\right)^{1-b} \quad \text{avec } b=0,76$$

$$\text{pour } 0,5\text{h} < D_r < 6\text{h}, \quad \text{Gradex } D_r = \text{Gradex } 6\text{h} \cdot \left(\frac{D_r}{6}\right)^{1-b} \quad \text{avec } b=0,487$$

$$\text{pour } 0,1\text{h} < D_r < 0,5\text{h} \quad \text{Gradex } D_r = \text{Gradex } 0,5\text{h} \cdot \left(\frac{D_r}{0,5}\right)^{1-b} \quad \text{avec } b=0,366$$

avec D_r durée caractéristique de crue, exprimée en heures

O.Payrastrre

ANNEXE 4 – RESULTATS DE L'APPLICATION DES METHODES FBG ET SPC GD

N° point	Cours d'eau	Superficie drainée théorique (km²)	Longueur cheminement (m)	Pente moyenne (m/m)	C10	Tc Passini (h)	I10 (mm/h)	Tc FBG (h)	C100	I100 (mm/h)	Tc SPC (h)	Dr (h)	Q10 (m3/s)	QFBG (m3/s)	Gradex des pluies sur Dr (mm)	Gradex des débits sur Dr (m3/s)	Q100 SPC (m3/s)
1	Les Seynes	20.9	10.0	0.016	0.42	5.1	20	2.6	0.7	70	1.5	3	69	293	33	63	365
2	Les Seynes	35.1	11.6	0.015	0.42	6.6	17	3.1	0.7	65	1.7	3.4	105	432	35	99	571
3	Les Seynes	38.0	13.8	0.015	0.42	7.1	16	3.6	0.7	62	1.9	3.8	112	459	37	102	591
4	Ruisseau de Coucarière	8.2	6.1	0.023	0.42	2.6	33	1.5	0.7	85	0.9	1.8	32	136	25	32	181
5	Les Seynes	51.1	16.3	0.014	0.42	8.6	14	4.3	0.7	58	2.2	4.4	141	573	40	128	741
6	Vallat du Devois	1.9	3.0	0.008	0.42	2.2	38	0.8	0.7	108	0.6	1.2	8	39	20	9	50
7	Ruisseau de Montaren	8.6	6.1	0.028	0.42	2.4	35	1.4	0.7	88	0.9	1.8	35	146	25	33	192
8	Ruisseau du Mas de Vaugrand	2.0	3.2	0.035	0.42	1.1	63	0.7	0.7	113	0.5	1	14	43	19	10	62
9	Le Rieu	6.6	5.4	0.022	0.42	2.4	35	1.3	0.7	90	0.9	1.8	27	115	25	26	147
10	Combe des Corps	2.4	2.8	0.045	0.42	1	67	0.6	0.7	120	0.4	0.8	19	55	17	14	83
11	Ruisseau de la Font de Montau	2.6	3.0	0.031	0.42	1.2	59	0.7	0.7	113	0.5	1	18	57	19	13	81
12	Valat de Valorgues	14.7	5.3	0.031	0.42	2.6	33	1.2	0.7	93	0.8	1.6	57	264	24	60	340
13	Les Rosselles	27.2	8.4	0.017	0.42	5.1	20	2.2	0.7	74	1.3	2.6	85	358	30	88	499
14	Les Rosselles	8.9	7.0	0.025	0.42	2.7	32	1.7	0.7	82	1	2	33	140	26	33	187
15	Ruisseau de Jol	1.0	2.6	0.059	0.42	0.6	81	0.5	0.7	128	0.4	0.8	9	25	17	6	36
16	L'Alzon	8.3	5.4	0.021	0.42	2.6	33	1.3	0.7	90	0.9	1.8	32	144	25	32	183
17	L'Alzon	13.5	6.6	0.020	0.42	3.4	27	1.7	0.7	82	1	2	43	212	26	49	275
18	L'Alzon	17.4	7.8	0.018	0.42	4.1	24	2	0.7	77	1.2	2.4	48	258	29	58	322
19	Le Valadas	1.5	2.8	0.043	0.42	0.8	72	0.6	0.7	120	0.4	0.8	12	34	17	8	51
20	Ruisseau des Combes	1.2	2.2	0.051	0.42	0.7	76	0.4	0.7	139	0.3	0.6	11	33	14	8	49
21	L'Alzon	43.3	11.6	0.015	0.42	7.1	16	3.1	0.7	65	1.7	3.4	124	506	35	123	700

N° point	Cours d'eau	Superficie drainée théorique (km²)	Longueur cheminement (m)	Pente moyenne (m/m)	C10	Tc Passini (h)	I10 (mm/h)	Tc FBG (h)	C100	I100 (mm/h)	Tc SPC (h)	Dr (h)	Q10 (m3/s)	QFBG (m3/s)	Gradex des pluies sur Dr (mm)	Gradex des débits sur Dr (m3/s)	Q100 SPC (m3/s)
22	L'Alzon	72.9	13.3	0.013	0.42	9.3	13	3.6	0.7	62	1.9	3.8	188	748	37	196	1107
23	L'Alzon	76.1	16.7	0.011	0.42	11	12	4.6	0.7	56	2.3	4.6	194	773	40	186	1069
24	Le Redounet	2.3	3.5	0.020	0.42	1.5	50	0.9	0.7	103	0.6	1.2	14	46	20	11	65
25	Ruisseau de Font Froide	2.5	3.1	0.020	0.42	1.5	50	0.8	0.7	108	0.6	1.2	15	52	20	12	70
26	Les Seynes	68.4	21.3	0.012	0.42	11.4	11	5.8	0.7	47	2.7	5.4	178	713	44	155	905
27	Les Seynes	82.0	24.6	0.011	0.42	13.2	10	6.8	0.7	40	3	6	206	817	46	176	1034
28	Ruisseau de Font des Bouis	1.8	2.0	0.015	0.42	1.3	56	0.5	0.7	128	0.4	0.8	11	44	17	10	59
29	Les Seynes	84.7	25.4	0.011	0.42	13.6	10	7	0.7	39	3.1	6.2	212	838	47	177	1046
30	Les Seynes	91.5	27.2	0.010	0.42	14.5	9	7.5	0.7	37	3.3	6.6	225	887	47	183	1084
31	L'Alzon	79.9	18.5	0.011	0.42	11.8	11	5.1	0.7	53	2.5	5	202	802	42	187	1083
32	L'Alzon	174.3	28.7	0.010	0.42	18.8	8	8	0.7	35	3.5	7	377	1439	48	333	1943
33	Merlançon	4.6	4.0	0.026	0.42	1.8	44	0.9	0.7	103	0.7	1.4	23	91	22	20	117
34	Ruisseau du Creux des Pontets	4.2	3.2	0.024	0.42	1.7	46	0.8	0.7	108	0.6	1.2	22	88	20	20	115
35	Merlançon	12.0	5.2	0.020	0.42	3.1	29	1.3	0.7	90	0.9	1.8	41	209	25	46	258
36	Merlançon	15.1	6.5	0.017	0.42	3.8	25	1.7	0.7	82	1	2	44	238	26	55	304
37	L'Alzon	23.2	10.2	0.016	0.42	5.3	20	2.7	0.7	69	1.5	3	75	317	33	70	404
38	La Grand-Combe	1.8	2.1	0.013	0.42	1.4	53	0.6	0.7	120	0.5	1	11	41	19	9	53
39	La Grand-Combe	5.2	4.9	0.019	0.42	2.3	36	1.2	0.7	93	0.8	1.6	22	93	24	21	121
40	Combe de Vayer	6.6	4.5	0.014	0.42	2.8	32	1.2	0.7	93	0.8	1.6	24	117	24	27	150
41	Ruisseau de Montaren	6.2	4.0	0.038	0.42	1.6	48	0.8	0.7	108	0.6	1.2	34	128	20	29	170
42	Ruisseau de la Combe des Monteils	0.8	1.5	0.065	0.42	0.4	94	0.3	0.7	155	0.2	0.4	8	23	11	6	36

N° point	Cours d'eau	Superficie drainée théorique (km²)	Longueur cheminement (m)	Pente moyenne (m/m)	C10	Tc Passini (h)	I10 (mm/h)	Tc FBG (h)	C100	I100 (mm/h)	Tc SPC (h)	Dr (h)	Q10 (m3/s)	QFBG (m3/s)	Gradex des pluies sur Dr (mm)	Gradex des débits sur Dr (m3/s)	Q100 SPC (m3/s)
43	Ruisseau de Pradines	6.1	6.5	0.022	0.42	2.5	34	1.6	0.7	83	1	2	24	98	26	22	130
44	Ruisseau d'Aigues Vives	6.0	4.7	0.022	0.42	2.2	38	1.2	0.7	93	0.8	1.6	26	107	24	24	141
45	Le Lisson	8.9	6.5	0.027	0.42	2.5	34	1.5	0.7	85	0.9	1.8	35	146	25	34	196
46	Ruisseau de Bertezène	0.8	2.2	0.033	0.42	0.7	76	0.5	0.7	128	0.4	0.8	7	21	17	5	30
47	Valat de Valorgues	4.2	4.1	0.036	0.42	1.5	50	0.9	0.7	103	0.6	1.2	24	84	20	20	117
48	Le Rieu	8.7	7.2	0.019	0.42	3.1	29	1.8	0.7	80	1.1	2.2	30	135	28	31	173
49	Le Rieu	1.1	2.5	0.043	0.42	0.7	76	0.5	0.7	128	0.4	0.8	10	27	17	6	39
50	Ruisseau de la Meule	1.7	2.1	0.037	0.42	0.9	69	0.4	0.7	139	0.4	0.8	14	46	17	10	60
51	Ruisseau de la Grand-Plane	1.6	2.4	0.026	0.42	1	67	0.6	0.7	120	0.4	0.8	12	36	17	9	54
52	Ruisseau du Plan	1.2	2.5	0.036	0.42	0.8	72	0.5	0.7	128	0.4	0.8	10	31	17	7	44
53	L'Alzon	7.6	4.3	0.024	0.42	2.2	38	1	0.7	99	0.7	1.4	33	146	22	33	190
55	L'Alzon	6.3	3.6	0.023	0.42	2	40	0.9	0.7	103	0.6	1.2	29	125	20	30	168
56	Merlançon	1.3	1.9	0.031	0.42	0.8	72	0.4	0.7	139	0.4	0.8	11	34	17	7	45
57	Merlançon	1.1	1.6	0.026	0.42	0.8	72	0.4	0.7	139	0.3	0.6	9	30	14	7	44
58	Merlançon	3.8	3.4	0.030	0.42	1.5	50	0.8	0.7	108	0.6	1.2	22	79	20	18	106
59	Merlançon	3.2	2.7	0.029	0.42	1.3	56	0.6	0.7	120	0.5	1	21	74	19	16	98
60	L'Alzon	18.5	8.5	0.017	0.42	4.4	23	2.2	0.7	74	1.3	2.6	49	265	30	60	329
61	Ruisseau du Creux des Pontets	5.7	4.3	0.022	0.42	2.1	39	1.1	0.7	96	0.7	1.4	26	106	22	25	143
62	Merlançon	5.1	5.0	0.025	0.42	2	40	1.2	0.7	93	0.8	1.6	24	92	24	21	122
63	Les Seynes	58.4	19.4	0.012	0.42	10.1	12	5.2	0.7	52	2.5	5	157	634	42	137	802
64	Les Combes	1.2	1.9	0.015	0.42	1.2	59	0.5	0.7	128	0.4	0.8	8	30	17	7	41

N° point	Cours d'eau	Superficie drainée théorique (km ²)	Longueur cheminement (m)	Pente moyenne (m/m)	C10	Tc Passini (h)	I10 (mm/h)	Tc FBG (h)	C100	I100 (mm/h)	Tc SPC (h)	Dr (h)	Q10 (m ³ /s)	QFBG (m ³ /s)	Gradex des pluies sur Dr (mm)	Gradex des débits sur Dr (m ³ /s)	Q100 SPC (m ³ /s)
65	Combe du Péras	4.9	3.8	0.014	0.42	2.4	35	1	0.7	99	0.7	1.4	20	95	22	22	122
66	Les Seynes	5.0	5.1	0.018	0.42	2.4	35	1.3	0.7	90	0.9	1.8	21	88	25	19	112
67	Le Grand Vallat	7.2	5.7	0.019	0.42	2.7	32	1.4	0.7	88	0.9	1.8	27	122	25	28	158
68	Combe Escure	1.4	1.9	0.044	0.42	0.7	76	0.4	0.7	139	0.3	0.6	12	36	14	9	54
69	Valat des Pontils	1.4	2.5	0.031	0.42	0.9	69	0.6	0.7	120	0.4	0.8	11	33	17	8	50
70	Les Seynes	9.0	8.0	0.017	0.42	3.4	27	2	0.7	77	1.2	2.4	28	133	29	30	170

ANNEXE 5 – MODELES HYDRAULIQUES

ANNEXE 6 – CARTOGRAPHIE HGM
