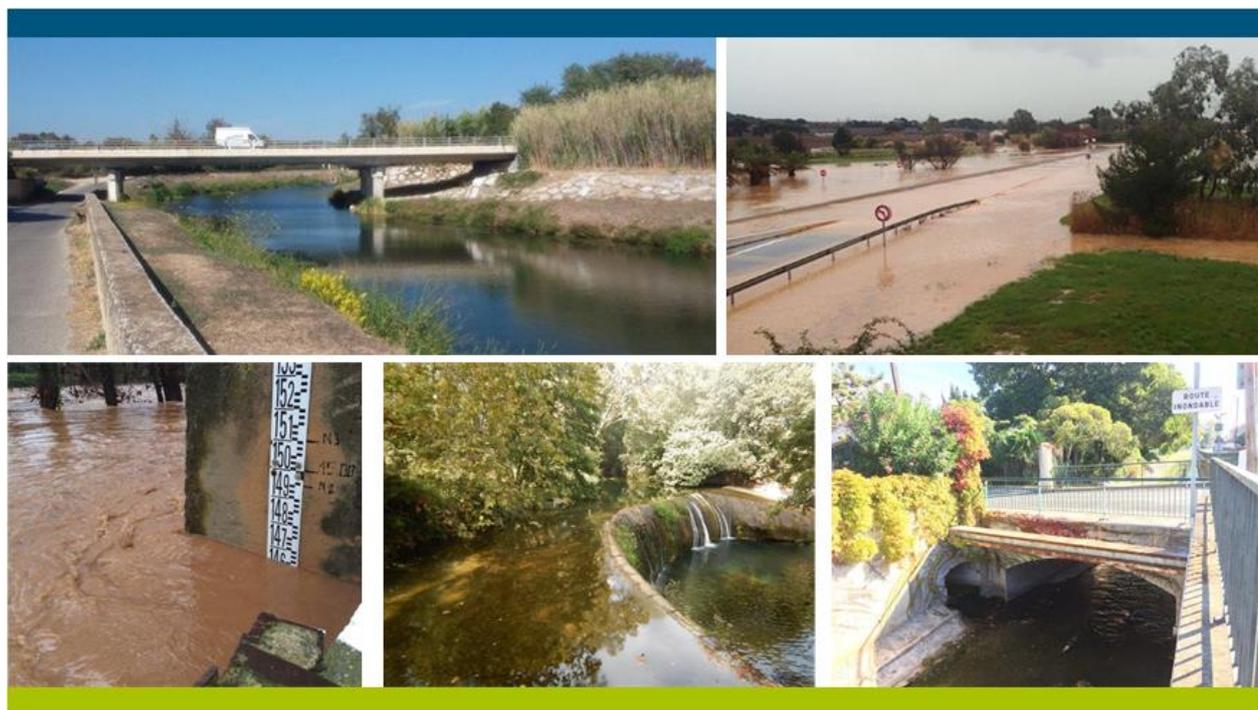


# Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique sur le bassin versant du fleuve Gapeau et du Roubaud en vue de la réalisation de Plans de Prévention des Risques Inondation et d'un programme d'aménagement et de restauration du bassin versant du Gapeau

Rapport de phase 1 – Analyse du fonctionnement du bassin versant

Version définitive



Etude réalisée avec le soutien : de l'Etat, de la Région PACA et de l'Agence de l'Eau RMC

# Informations qualité

## Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
N°1	10/11/2017	KL/FF – VD/SD – BN/GF – QS/AS	DC/LR
N°2	26/01/2018	KL/FF – VD/SD – BN/GF – QS/AS	DC/LR
Définitive	13/04/2018	KL/FF – VD/SD – BN/GF – QS/AS	DC/LR

## Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Vincent GERMANO	SMBVG	13/04/2018
Didier PALIFERRO	DDTM 83	13/04/2018

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Châu CHRETIEN-TON	SMBVG	13/04/2018
Yannick GRUFFAZ	DDTM 83	13/04/2018

# Table des matières

<b>Résumé non technique .....</b>	<b>1</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>2</b>
<b>1. Préambule.....</b>	<b>4</b>
1.1 Contexte de l'étude .....	4
1.2 Outils réglementaires et opérationnels.....	8
1.2.1 SDAGE 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée .....	10
1.2.2 SAGE du bassin versant du Gapeau .....	13
1.2.3 Contrat de Baie des îles d'Or 2016-2021 .....	14
1.2.4 Programme d'Actions de Prévention des Inondations.....	16
1.2.5 La Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation .....	17
1.2.5.1 Le Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) .....	17
1.2.5.2 La Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation du TRI (SLGRI).....	19
1.2.6 Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRI).....	20
1.3 Objectifs de l'étude et méthodologie .....	23
<b>2. Données d'entrée.....</b>	<b>25</b>
2.1 Données collectées.....	25
2.1.1 Etudes antérieures.....	25
2.1.2 Données SIG et topographiques .....	26
2.2 Rencontre des acteurs locaux.....	27
2.2.1 Objet des rencontres .....	27
2.2.2 Rencontres effectuées .....	27
2.3 Visites de terrain .....	29
<b>3. Présentation du bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....</b>	<b>30</b>
3.1 Réseau hydrographique et découpage des bassins versants .....	30
3.1.1 Présentation des bassins versants.....	30
3.1.1.1 Le Gapeau.....	32
3.1.1.2 Le Réal Martin .....	34
3.1.1.3 Le Réal Collobrier .....	36
3.1.1.4 Le Roubaud .....	38
3.1.2 Proposition de sous-découpage des bassins versants .....	39
3.2 Occupations des sols .....	42
3.3 Contexte géologique.....	45

3.4	Connaissances des zones inondables .....	47
<b>4.</b>	<b>Analyse des crues historiques récentes .....</b>	<b>55</b>
4.1	Episodes historiques et PHE.....	55
4.1.1	Synthèse des principales crues .....	55
4.1.1.1	Les arrêtés CATNAT .....	55
4.1.1.2	Stations hydrométriques .....	56
4.1.1.3	Historique des crues majeures .....	58
4.1.2	Plus Hautes Eaux.....	64
4.2	Episode du 17-18 janvier 1999.....	66
4.2.1	Description de l'épisode .....	66
4.2.2	Contexte pluviométrique.....	67
4.3	Episode du 19 janvier 2014.....	68
4.3.1	Contexte de l'épisode.....	68
4.3.2	Retour d'expérience .....	69
4.3.3	Domages de l'épisode.....	70
4.3.4	Contexte pluviométriques.....	71
<b>5.</b>	<b>Inondation par débordement de cours d'eau.....</b>	<b>73</b>
5.1	Témoignages recueillis.....	73
5.2	Approche hydrogéomorphologique des zones inondables .....	74
5.3	Analyse hydrologique et débits de référence (Gapeau et Roubaud) .....	79
5.3.1	Analyse de l'étude hydrologique du bassin versant du Gapeau (SCE et AQUA Conseils) .....	79
5.3.1.1	Présentation de l'étude .....	79
5.3.1.2	Hypothèses et méthodes mises en œuvre.....	79
5.3.1.3	Principaux résultats.....	82
5.3.2	Etudes hydrologiques réalisées sur le Roubaud .....	84
5.3.2.1	Présentation des études .....	84
5.3.2.2	Hypothèses et méthodes mises en œuvre.....	84
5.3.2.3	Principaux résultats.....	86
5.3.3	Scénario hydrologique de janvier 2014 .....	87
5.4	Influence du karst.....	92
5.4.1	Définition générale d'un aquifère karstique.....	92
5.4.2	Le rôle du karst pour le bassin versant du Gapeau .....	93
5.5	Ouvrages d'irrigation .....	97
5.5.1	Généralités .....	97
5.5.2	Focus sur le canal Jean Natte .....	99
5.5.2.1	Histoire du canal .....	99
5.5.2.2	Gestion du canal .....	99

	5.5.2.3	Fonctionnement du canal .....	99
5.6		Ouvrages et protections hydrauliques .....	103
	5.6.1	Rappel sur le « décret digues » du 12 mai 2015 .....	103
	5.6.2	Méthodologie.....	103
	5.6.3	Synthèse .....	107
5.7		Travaux réalisés / projets d'aménagements.....	109
	5.7.1	Synthèse des aménagements proposés .....	109
	5.7.2	Focus spécifiques.....	115
	5.7.2.1	Etude des ZEC du bassin versant du Gapeau .....	115
	5.7.2.2	Hyères - ZEC Plan du Pont .....	117
	5.7.2.3	Solliès-Pont - Ruisseau de Sainte Christine .....	119
	5.7.2.4	Cuers/Pierrefeu – Atelier Industriel de l'Aéronautique .....	122
	5.7.2.5	Carnoules – Schéma Directeur des Eaux Pluviales .....	129
5.8		Lien entre les bassins versants du Gapeau et de l'Eygoutier.....	132
	5.8.1	Evolution du lit du Gapeau .....	132
	5.8.2	Analyse de l'AZI .....	133
	5.8.3	Analyse topographique .....	134
	5.8.4	Analyse hydrogéomorphologique affinée (provisoire).....	134
5.9		Synthèse de l'approche hydraulique .....	136
	5.9.1	Carte d'aléa à dire d'expert.....	136
	5.9.2	Synthèse du fonctionnement hydraulique du bassin versant .....	142
	5.9.2.1	Synthèse hydrologique .....	142
	5.9.2.2	Synthèse des aménagements .....	144
	5.9.2.3	Synthèse sur les ouvrages hydrauliques.....	145
<b>6.</b>		<b>Inondation par ruissellement.....</b>	<b>147</b>
6.1		Témoignages recueillis.....	147
6.2		Pré-diagnostic du ruissellement .....	149
	6.2.1	Approche hydraulique du ruissellement .....	149
	6.2.1.1	Constitution d'une base de données des désordres historiques.....	149
	6.2.1.2	Caractérisation du fonctionnement hydraulique du territoire .....	151
	6.2.2	Approche hydrogéomorphologique du ruissellement.....	155
6.3		Synthèse de l'inondation par ruissellement.....	158
	6.3.1	Synthèses communales .....	158
	6.3.2	Rendu .....	158
<b>7.</b>		<b>Fonctionnement hydromorphologique.....</b>	<b>161</b>
7.1		La notion d'hydromorphologie.....	161

7.1.1	L'emboîtement d'échelles spatiales .....	161
7.1.2	La balance de Lane .....	162
7.1.3	L'emboîtement d'échelles temporelles.....	162
7.1.4	La dynamique amont-aval.....	163
7.2	Données .....	164
7.2.1	Témoignages recueillis .....	164
7.2.2	Etudes et données disponibles et exploitables pour le diagnostic hydromorphologique.....	165
7.2.2.1	Etude Lindenia : un inventaire exhaustif mené sur une grande partie des cours d'eau du bassin versant du Gapeau .....	165
7.2.2.2	La thèse de Romain Capanni : synthèse sur le fonctionnement hydromorphologique du Gapeau aval.....	166
7.2.2.3	Recensement de données géographiques .....	168
7.3	Pré-diagnostic hydromorphologique du bassin versant.....	172
7.3.1	Structure du fonctionnement hydromorphologique .....	172
7.3.1.1	Contexte orographique et géologique.....	173
7.3.1.2	La compétence des cours d'eau : estimations des débits liquides et calcul des valeurs de pentes .....	179
7.3.1.3	Synthèse des débits solides.....	188
7.3.1.4	Dynamiques morphologiques sur le temps long .....	191
7.3.2	Les pressions exercées sur le bassin versant .....	198
7.4	Synthèse du fonctionnement hydromorphologique .....	204
7.4.1	Bilan du fonctionnement global du bassin versant .....	204
7.4.2	Zonation du fonctionnement hydromorphologique .....	205
7.4.3	Détermination des zones à enjeu par rapport aux dynamiques hydromorphologiques.....	207
8.	<b>Synthèse des rencontres et visites de terrain .....</b>	<b>209</b>
8.1	Commune de Pierrefeu-du-Var .....	210
8.1.1	Secteur de l'hôpital.....	210
8.1.2	Hameau de la Tuilière .....	211
8.2	Commune de Cuers .....	212
8.2.1	Partie aval du Saint-Lazare .....	212
8.3	Commune d'Hyères.....	213
8.3.1	Vallon des Borrels .....	213
8.3.2	ZEC du Plan du Pont .....	215
8.3.3	Quartier de l'Oratoire.....	217
8.3.4	Le Parc Olbius Riquier .....	219
8.4	Commune de La Crau .....	220

8.4.1	Secteur de la Grillonne.....	220
8.4.2	Pont de la RD 29.....	221
8.5	Communes de Solliès-Ville et Solliès-Pont .....	223
8.5.1	Lieu-dit « Les Daix » .....	223
8.5.2	Le Pont Neuf.....	224
8.6	Commune de Carnoules .....	225
8.6.1	Quartier des Moulières .....	225
8.7	Commune de Collobrières .....	227
8.7.1	Amont du centre urbain .....	227
8.7.2	Aval du centre urbain .....	228
8.8	Commune de Signes .....	230
8.8.1	Secteur de la carrière .....	230
8.9	Commune de Solliès-Toucas.....	231
8.9.1	Centre urbain.....	231
<b>9.</b>	<b>Etablissement du besoin topographique complémentaire.....</b>	<b>234</b>
<b>10.</b>	<b>Méthodologie d'identification de l'aléa inondation en phase 2 .....</b>	<b>236</b>
10.1	Modélisation hydraulique débordements de cours d'eau .....	236
10.1.1	Cartographie des modèles hydrauliques proposés .....	236
10.1.2	Outils et premières hypothèses .....	238
10.2	Modélisation hydraulique du ruissellement .....	238
10.2.1	Pluie de référence considérée.....	238
10.2.2	Prise en compte de l'impact des réseaux d'évacuation des eaux pluviales.....	239
10.2.3	Construction du modèle bi-dimensionnel.....	239
10.2.3.1	Résolution du maillage de calcul .....	239
10.2.3.2	Façonnage du maillage de calcul.....	241
10.2.4	Contrôle de la pertinence du modèle et ajustement .....	241
10.2.5	Possibilités et limites .....	241
10.3	Approche hydrogéomorphologique de l'aléa inondation.....	242
10.3.1	Aléa inondation par débordement de cours d'eau .....	242
10.3.2	Aléa inondation par ruissellement .....	242
10.3.3	Interactions avec les approches hydrauliques.....	243
10.4	Approche hydromorphologique.....	246
10.4.1	Etude du transport solide .....	246
10.4.2	Etude des zones à enjeux .....	246
	<b>Conclusions .....</b>	<b>248</b>

<b>Table des sigles et abréviations .....</b>	<b>250</b>
---	------------

## Liste des annexes

Annexe 1 : Fiches de synthèse des études hydrologiques et hydrauliques

Annexe 2 : Questionnaire et compte-rendu des entretiens avec les acteurs locaux

Annexe 3 : Rendu cartographique des désordres liés au ruissellement pluvial

Annexe 4 : Cartographie des désordres sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud

## Liste des figures

Figure 1 - Articulation du PAPI avec le SAGE et la SLGRI.....	2
Figure 2 - Présentation du bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	4
Figure 3 - Répartition de l'occupation du territoire sur le bassin versant du Gapeau.....	5
Figure 4 - Unes du journal Var-Matin du 20 janvier 2014 .....	6
Figure 5 - Calendrier du SAGE du bassin versant du Gapeau (source : www.smbvg.fr).....	13
Figure 6 - Périmètre du Contrat de baie des Iles d'Or (CA Toulon Provence Méditerranée).....	15
Figure 7 - Chronologie de réalisation du dossier d'un PAPI d'intention.....	16
Figure 8 - Phasage de l'étude.....	24
Figure 9 - Répartition spatiale des principaux bassins versants.....	30
Figure 10 - Bassin versant du Gapeau.....	32
Figure 11 - Bassin versant du Réal Martin.....	34
Figure 12 - Bassin versant du Réal Collobrier .....	36
Figure 13 - Bassin versant du Roubaud .....	38
Figure 14 - Répartition de l'occupation du territoire sur le bassin versant du Gapeau.....	42
Figure 15 - Occupation du sol pour les bassins versants du Gapeau et du Roubaud .....	43
Figure 16 – Emprise de l'AZI et répartition des zones inondables par ruissellement ou par débordement (source : Atlas des Zones Inondables) .....	52
Figure 17 - Synthèse des débits des épisodes historiques pour la station du Gapeau à Sainte-Eulalie.....	59
Figure 18 - Synthèse des débits des épisodes historiques pour la station du Gapeau à Solliès-Pont.....	60
Figure 19 - Synthèse des débits des épisodes historiques pour la station du Réal Martin à Décapris .....	61
Figure 20 Hydrogrammes de crues majeures (source : Banque HYDRO) .....	62
Figure 21 – Synthèse des débits moyens mensuels pour les 3 stations hydrométriques (source : Banque Hydro) .....	63
Figure 22 - Schéma d'un macaron de repère de crue (source : Syndicat des Bassins Versants Saône, Vienne et Scie) .....	64
Figure 23 - Extrait de la carte des quantité de pluie du 17 janvier à 06h au 18 janvier 1999 à 06h (source: Météo France).....	67
Figure 24 Pluie de bassin et hydrogrammes de la crue de janvier 2014 (source : CEREMA, SPC-Med Est, Météo France) .....	68
Figure 25 - Comparaison cartographique du PPRI de Hyères et de la zone inondée de janvier 2014 (Retour d'expérience du CEREMA sur l'épisode de janvier 2014) .....	70
Figure 26- Extrait de la carte des quantité de pluie du 16 janvier à 06h au 20 janvier 2014 à 06h (source: Météo France).....	72
Figure 27 - Représentation schématique de l'étagement normal des unités hydrogéomorphologiques.....	75
Figure 28 - Photo-interprétation stéréoscopique.....	76
Figure 29 - Extrait de la cartographie hydrogéomorphologique affinée en cours d'élaboration	77
Figure 30 - Etat d'avancement au 09/01/2018 de la cartographie hydrogéomorphologique affinée en cours d'élaboration .....	78
Figure 31 - Structure topologique du modèle simplifié (en rose) et du modèle détaillé (en marron) du bassin versant du Gapeau (extrait de la page 81 du rapport) .....	80

Figure 32 - Extrait cartographique du découpage spatial pour les scénarios pluviométriques (extrait de la page 85 du rapport).....	83
Figure 33 - Sous bassins versants du Roubaud (source : étude IPSEAU, novembre 2000) .....	85
Figure 34 - Hyétogramme de l'épisode de janvier 2014 (source : lames d'eau Antilopes, SPC) 87	
Figure 35 - Représentation schématique d'un aquifère karstique (AERMC 1999 d'après Mangin 1975) .....	92
Figure 36 - Cartographie du bassin versant du Gapeau (en rouge) à Solliès-Pont (source : BRGM, décembre 2013) .....	93
Figure 37 - Carte géologique du bassin versant du Gapeau (en rouge) à Solliès-Pont (BRGM, décembre 2013) .....	94
Figure 38 - Indice ruissellement/infiltration comme indicateur de contribution du karst aux crues (BRGM, décembre 2013) .....	95
Figure 39 - Cartographie du zonage Ruissellement/Infiltration sur le bassin versant du Gapeau à Solliès-Pont (BRGM, décembre 2013) .....	96
Figure 40 – Tracés des canaux d'irrigation (carte d'État-major de 1850).....	97
Figure 41 - Chronologie de la gestion du canal de Jean Natte (source : <a href="http://www.histoire-eau-hyeres.fr">http://www.histoire-eau-hyeres.fr</a> ) .....	99
Figure 42 - Fonctionnement hydraulique du canal Jean Natte (source : Etat des lieux et diagnostic du SAGE du bassin versant du Gapeau) .....	101
Figure 43 - Répartition de la hauteur des digues et remblais sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	107
Figure 44 - Répartition par bassin versant des digues et remblais .....	107
Figure 45 - Carte de localisation des Zones d'Expansion des Crues sur le bassin versant du Gapeau (source : Rapport de missions 3 et 4, Etude des ZEC de SCE et AQUA Conseils, Mai 2016) .....	116
Figure 46 - Localisation des aménagements retenus sur la partie amont du Gapeau (extrait de l'étude hydraulique de 2001, CEDRAT) .....	117
Figure 47 - Vue aérienne de la ZEC du Plan du Pont (extrait de l'étude de cohérence hdydraulique de 2006, SCP) .....	119
Figure 48 - Synoptique global des aménagements proposés (extrait du dossier de mise à jour du schéma d'aménagement) .....	120
Figure 49 - Logo du ministère de la Défense.....	122
Figure 50 - Schéma de principe du barrage souple autobloquante Water-Gate (source : <a href="http://www.megasecur.com">www.megasecur.com</a> ) .....	127
Figure 51 - Synoptique des aménagements et actions envisagées sur la partie aval du Farembert (avant-projet de l'ONF) .....	129
Figure 52 - Stades successifs de l'évolution hydrographique du complexe Gapeau-Réal Martin (source : <a href="http://www.histoire-eau-hyeres.fr">http://www.histoire-eau-hyeres.fr</a> ).....	132
Figure 53 - Extrait de l'AZI sur le secteur de La Crau.....	133
Figure 54 - Profil en travers de la plaine alluviale du Gapeau et de la plaine de l'Eygoutier ....	134
Figure 55 - Extrait de la nouvelle cartographie HGM (provisoire) au niveau du secteur de débordement potentiel du Gapeau vers l'Eygoutier.....	135
Figure 56 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique.....	137
Figure 57 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique – zoom secteur Gapeau amont .....	138
Figure 58 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique – zoom secteur Gapeau aval .....	139

Figure 59 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique – zoom secteur Réals amont .....	140
Figure 60 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique – zoom secteur Réals aval.....	141
Figure 61 – Répartition de la hauteur des digues et remblais sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	146
Figure 62 - Différents modes de représentation des désordres (linéaire, surfacique et ponctuelle) sur la commune de Pierrefeu-du-Var .....	151
Figure 63 - Extrait du MNT RGE Alti 1m sur la commune de La Crau (sont notamment identifiables sur cet extrait : route en remblais, cuvette topographique, lit mineur de cours d'eau) .....	152
Figure 64 - Visualisation des résultats de l'analyse préliminaire du fonctionnement hydraulique du territoire avec en bleu et violet les axes de ruissellement, en rouge les zones de cuvettes et en marron les zones en remblai.....	155
Figure 65 - Extrait de la cartographie hydrogéomorphologique affinée (provisoire) : focus sur le ruissellement .....	157
Figure 66 : Les différentes échelles de l'étude d'un cours d'eau .....	161
Figure 67 : Balance de Lane.....	162
Figure 68 : Evolution théorique d'un système fluvial au fil du temps .....	162
Figure 69 : La dynamique amont-aval d'un cours d'eau .....	163
Figure 70 - Localisation des transects utilisés pour estimer l'évolution de la largeur de la bande active du Gapeau aval entre 1932 et 2003 (Capanni, 2011).....	167
Figure 71 - Nombre de jours/an avec des débits supérieurs au débit morphogène (Q1,5 ; Bravard et Petit, 2000) de 1961 à 2006 à la station de Sainte Eulalie (source : Banque Hydro, Capanni, 2011) .....	169
Figure 72 - Carte de localisation des sites de suivi (Capanni, 2011) .....	169
Figure 73 – Cartographie du découpage SYRAH du réseau hydrographique du bassin versant du Gapeau en Tronçons Géomorphologiques Homogènes (TGH) .....	170
Figure 74 - Cartographie des hauteurs de chutes des seuils et des barrages recensés dans le Référentiel des Obstacles aux Ecoulements (ROE) .....	172
Figure 75 - Cartographie de localisation des profils en travers réalisés sur le MNT et utilisés pour l'analyse hydromorphologique .....	174
Figure 76 - Cartographie du relief et du réseau hydrographique du bassin versant du Gapeau .....	175
Figure 77 - Profils en travers réalisés sur le Gapeau à partir du MNT.....	176
Figure 78 - Profils en travers réalisés sur le Réal Martin, le Réal Rimauresq et le Saint Pierre	177
Figure 79 - Profils en travers réalisés sur le Réal Collobrier .....	177
Figure 80 - Profils en travers réalisés sur les affluents du Réal Martin de la plaine de Cuers .	178
Figure 81 - Carte géologique du bassin versant simplifiée (Capanni, 2011) .....	178
Figure 82 - Cartographie du découpage en bassin versant du Gapeau en sous bassins.....	179
Figure 83 - Histogramme de l'évolution amont-aval de la superficie du bassin versant du Gapeau .....	180
Figure 84 - Histogramme de l'évolution amont-aval de la superficie du bassin versant du Réal Martin.....	181
Figure 85 - Profils en long du Gapeau, du Réal Martin et du Réal Collobrier .....	182
Figure 86 - Profils en long du Gapeau et de ses affluents .....	182
Figure 87 - Profil en long du Gapeau et tronçons de pente homogène.....	184
Figure 88 - Profils en long du Réal Martin et de ses affluents.....	185

Figure 89 - Profil en long du Réal Martin et tronçons de pente homogène .....	186
Figure 90 - Profils en long du Réal Collobrier et de ses affluents .....	187
Figure 91 - Profil en long du Réal Collobrier et tronçons de pente homogène .....	187
Figure 92 - Cartographie des éboulis récents recensés sur la carte géologique.....	189
Figure 93 - Carottage réalisé au niveau de l'aérodrome de Pierrefeu-du-Var.....	190
Figure 94 - Carottage réalisé à l'aval du Petit Réal .....	191
Figure 95 - Variations de la largeur de la bande active du Gapeau entre 1932 et 2003 (Capanni, 2011) .....	192
Figure 96 - Rétraction de la bande active du Gapeau entre 1978 et 1995 (Capanni, 2011) .....	192
Figure 97 - Rétractation de la bande active à hauteur du secteur 1 de Capanni : comparaison des photos aériennes du milieu du XXe s. (à droite) et de 2011 ( gauche) à hauteur de la confluence entre le Gapeau et le Réal Martin (source : IGN).....	193
Figure 98 - Rétractation de la bande active à hauteur du secteur 3 de Capanni : comparaison des photos aériennes du XXe s. (à droite) et de 2011 (à gauche) à hauteur du Golf Hôtel (source : IGN).....	193
Figure 99 - Comparaison des photos aériennes du milieu du XXe s. (à droite) et de 2011 (à gauche) à hauteur du PK 2 sur le Réal Collobrier (source : IGN).....	194
Figure 100 - Evolution du profil en long du Gapeau aval, 1954-1973-1996-2007 (Capanni, 2011) .....	195
Figure 101 - Carte de Cassini montrant les cours d'eau de la plaine de Cuers déjà encaissés au milieu du XVIIIe s. (source : IGN) .....	196
Figure 102 – Cartographie des atterrissements dans les années 1950-65 et en 2015 .....	197
Figure 103 – Carte de l'évolution du couvert forestier entre le milieu du XVIIIe s. et 2012 sur le bassin versant du Gapeau.....	198
Figure 104 - Cartographie de l'occupation du sol simplifiée (Corine Land Cover) en 2012 .....	199
Figure 105 - Cartographie des digues recensées dans l'étude Lindenia en 2015 .....	200
Figure 106 - Cartographie des protections de berges recensées dans l'étude Lindenia en 2015 .....	201
Figure 107 - Cartographie des érosions recensées par l'étude Lindenia en 2015 .....	201
Figure 108 - Cartographie des remblais recensés dans l'étude Lindenia en 2015.....	204
Figure 109 - Secteur de l'hôpital (extrait cartographique) .....	210
Figure 110 - Hameau de la Tuilière (extrait cartographique) .....	211
Figure 111 - Partie aval du Saint-Lazare (extrait cartographique).....	212
Figure 112 - Quartier des Borrels sur la commune d'Hyères (extrait cartographique).....	214
Figure 113 - ZEC du Plan du Pont (photo prise le 01/08/17) .....	215
Figure 114 - Seuil de la Clapière et quartier de l'Oratoire (extrait cartographique).....	217
Figure 115 - Le Roubaud à Hyères (extrait du SCAN 25) .....	219
Figure 116 - Secteur de la Grillonne (extrait cartographique) .....	220
Figure 117 - Pont de la RD 29 sur le Réal Martin (extrait cartographique) .....	222
Figure 118 - Secteur du lieu-dit "Les Daix" (extrait cartographique).....	223
Figure 119 - Hameau du Pont Neuf (extrait cartographique) .....	224
Figure 120 - Quartier des Moulières (extrait cartographique) .....	226
Figure 121 - Amont du village de Collobrière (extrait cartographique) .....	227
Figure 122 - Secteur aval du centre urbain de Collobrières (extrait cartographique).....	229
Figure 123 - Secteur de la carrière de Signes (extrait du SCAN 25) .....	230
Figure 124 - Centre urbain de Solliès-Toucas (extrait cartographique) .....	232
Figure 125 - Salle de sport au droit du lit mineur du Gapeau (photo prise le 02/08/17) .....	233

Figure 127 - Emprise du futur modèle hydraulique 2D des écoulements de surface et localisation des secteurs à enjeux (maillage fin).....	240
Figure 128 - Répartition spatiale des approches hydraulique et hydrogéomorphologique pour le ruissellement .....	243
Figure 129 - Schéma des interactions entre les approches hydraulique et hydrogéomorphologique pour la définition des aléas inondation par débordement de cours d'eau et ruissellement.....	245

## Liste des cartographies

Cartographie 1 - Périmètre de l'étude .....	7
Cartographie 2 - Périmètre des documents réglementaires.....	9
Cartographie 3 - Communes couvertes par un PPRI.....	21
Cartographie 4 - Grands ensembles hydrographiques du bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	31
Cartographie 5 - Sous ensembles hydrographiques du bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	41
Cartographie 6 - Occupation des sols sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud(source : Corine Land Cover 2012).....	44
Cartographie 7 - Contexte géologique du bassin versant du Gapeau et du Roubaud (source : BRGM).....	46
Cartographie 8 - Atlas des Zones Inondables (AZI) sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	48
Cartographie 9 – Evaluation Préliminaire des Risques d’Inondation (EPRI) sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	49
Cartographie 10 - Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) "Toulon-Hyères" .....	50
Cartographie 11 - Plans de Prévention des Risques Inondations (PPRI) sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud .....	51
Cartographie 12 - Synthèse des zones inondables existantes sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud .....	54
Cartographie 13 - Localisation des stations pluviométriques et hydrométriques sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud (source : Météo France et Banque Hydro).....	57
Cartographie 14 - Inventaire des PHE existantes sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	65
Cartographie 15 - Cumuls pluviométriques sur 4 jours de l'épisode de janvier 2014 (source : Météo France).....	89
Cartographie 16 - Scénario pluviométrique de la Londe-les-Maures centré sur la ville d'Hyères .....	90
Cartographie 17 - Scénario pluviométrique de la Londe-les-Maures centré sur la ville de La Crau .....	91
Cartographie 18 - Le canal Jean Natte (source : <a href="http://www.histoire-eau-hyeres.fr">www.histoire-eau-hyeres.fr</a> ).....	102
Cartographie 19 - Inventaire des ouvrages et protections hydrauliques sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud .....	108
Cartographie 20 - Synthèse des principaux aménagements proposés dans les études existantes sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	114
Cartographie 21 - Réseau hydrographique au droit de l'Atelier Industriel de l'Aéronautique Cuers-Pierrefeu.....	123
Cartographie 22 - Synthèse hydrologique des principales études menées sur la bassin versant du Gapeau et du Roubaud.....	143
Cartographie 23 - Implantation des levés topographiques existants et complémentaires sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud .....	235
Cartographie 24 - Découpage des modèles hydrauliques 1D/2D pour le diagnostic hydraulique de la phase 2.....	237

## Liste des photos

Photo 1 – Le fleuve Gapeau à Solliès-Toucas (photo prise le 02/08/17).....	33
Photo 2 - Le Réal Martin à Pierrefeu-du-Var (photo prise le 23/08/17).....	35
Photo 3 - Le Réal Collobrier à Collobrières (photo prise le 01/08/17).....	37
Photo 4 - Le Roubaud à Hyères (photo prise le 27/10/17).....	39
Photo 5 - Inondation du Gapeau du 18 janvier 1999 - Lotissement de l'Oratoire - Hyères (source : IRM).....	66
Photo 6 - RD98 inondée le 19 janvier 2014 (à l'intersection avec le pont de la RD12).....	69
Photo 7 - Hôpital de Pierrefeu-du-Var inondé le 19 janvier 2014 (source : Var Inondations Ecologisme).....	69
Photo 8 - Inondation dans le quartier des Borrels le 19 janvier 2014 (source : riverain).....	71
Photo 9 - Barrage de la Castille (photo prise le 06/09/17).....	100
Photo 10 - Martelière principale en amont du barrage de la Castille (photo prise le 06/09/17).....	100
Photo 11 - Martelière de vidange principale située 50 m en aval de la prise d'eau (photo prise le 06/09/17).....	101
Photo 12 – Ouvrage de protection en maçonnerie en rive droite du Latay sur la commune de Signes (photo prise le 10/10/17).....	106
Photo 13 – Ouvrage de protection en terre en rive gauche du Réal Collobrier sur la commune de Collobrières (photo prise le 11/10/17).....	106
Photo 14 – Ouvrage de protection en terre en rive droite du Réal Collobrier sur la commune de Pierrefeu-du-Var (photo prise le 11/10/17).....	106
Photo 15 - Ouvrage de protection en terre en rive droite du Gapeau sur la commune de La Crau (photo prise le 12/10/17).....	106
Photo 16 – Ouvrage de protection renforcé en béton en rive droite du Gapeau sur la commune d'Hyères (photo prise le 13/10/17).....	106
Photo 17 - Ouvrage de protection en terre en rive gauche du Meige Pan sur la commune de Cuers (photo prise le 16/10/17).....	106
Photo 18 - Confluence entre le Farembert et le Sautaret (photo prise le 23/08/17).....	122
Photo 19 - Bâtiment 519 et 526 inondés lors de la crue d'octobre 2012 (photo de l'AIA Cuers-Pierrefeu).....	124
Photo 20 - Poste électrique HT inondé lors de la crue d'octobre 2012 (photo de l'AIA Cuers-Pierrefeu).....	124
Photo 21 - Embâcles dans le Farembert sur sa partie amont canalisée après la crue d'octobre 2012 (photo de l'AIA Cuers-Pierrefeu).....	125
Photo 22 - Muret de protection du bâtiment 546 (photo prise le 23/08/17).....	126
Photo 23 - Mur de protection en rive droite du Farembert (photo prise le 23/08/17).....	127
Photo 24 - Dispositif Water-Gate : linéaire de 180 m en remorque (photo prise le 23/08/17)....	128
Photo 25 - Digue en rive gauche du vallon des Borrels (photo prise le 13/10/17).....	145
Photo 26 - Clôture emportée dans l'enceinte de l'hôpital de Pierrefeu (photo prise le 24/08/17).....	210
Photo 27 - Clôture et muret détruit par la crue de janvier 2014 (photo prise le 24/08/17).....	211
Photo 28 - Laisse de crue au hameau de la Tuilière (photo prise le 24/08/2017).....	212
Photo 29 - Phénomène d'érosion observé sur le Saint-Lazare (photo prise le 07/09/17).....	213
Photo 30 - Renforcement de berge sur le Saint-Lazare (photo prise 07/09/17).....	213

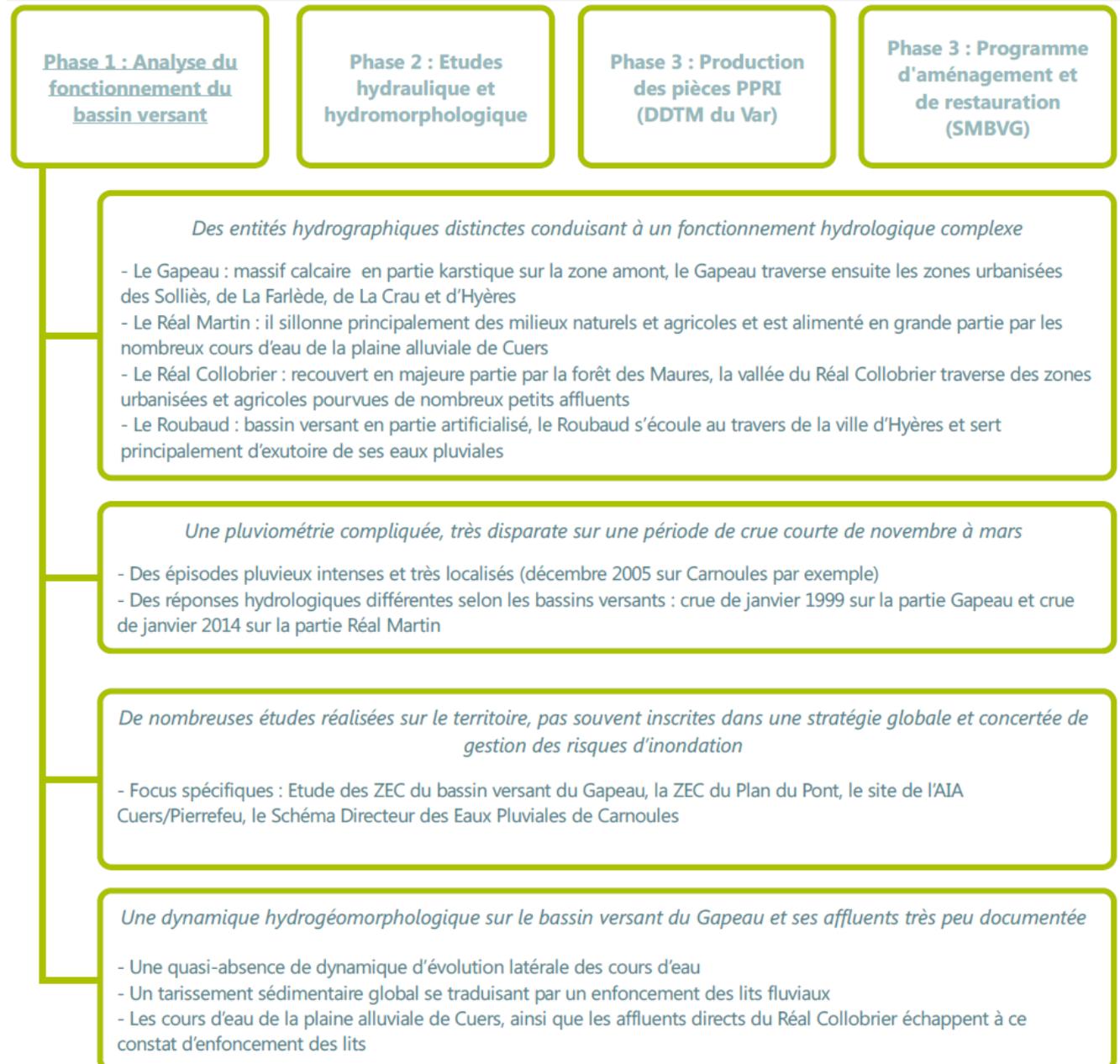
Photo 31 - Ouvrage hydraulique de franchissement au sein du quartier des Troisièmes Borrels (photo prise le 01/08/17) .....	214
Photo 32 - Renforcement des berges en rive droite, le long de la route des Borrels (photo prise le 01/08/17) .....	215
Photo 33 - Déversoir de la ZEC du Plan du Pont (photo prise le 01/08/17) .....	216
Photo 34 - Echelle limnimétrique du déversoir (photo prise le 01/08/17).....	216
Photo 35 - Système de surveillance du déversoir (photo prise le 01/08/17) .....	217
Photo 36 - Seuil de la Clapière (photo prise le 01/08/17).....	218
Photo 37 - Ouvrage de protection du quartier de l'Oratoire (photo prise le 01/08/17) .....	218
Photo 38 -Le Roubaud au droit du parc Olbuis Riquier .....	219
Photo 39 - Evacuation des eaux du parc Olbuis Riquier vers le Roubaud (photo prise le 27/10/17) .....	220
Photo 40 - Le Gapeau au niveau de la Grillonne (photo prise le 12/09/17) .....	221
Photo 41 - Le Gapeau au niveau de la station d'épuration (photo prise le 12/09/17) .....	221
Photo 42 - Ouvrages de décharges pour le franchissement de la RD 29 (photo prise le 12/09/17) .....	222
Photo 43 - Embâcles (troncs et branchages) au niveau du franchissement de la RD 29 (photo prise le 12/09/17).....	223
Photo 44 - Jardin en bordure du Gapeau le long de l'impasse des Daix (photo prise le 11/09/17) .....	224
Photo 45 - Ouvrage hydraulique du Pont Neuf (photo prise le 11/09/17) .....	225
Photo 46 - Repère de PHE pour les crues historiques de 1999 et 2000 (photo prise le 11/09/17) .....	225
Photo 47 - Franchissement du chemin de la fontaine de l'Île (photo prise le 19/10/17) .....	226
Photo 48 - Ruisseau de la Font de l'Île au droit du quartier des Moulières (photo prise le 19/10/17) .....	227
Photo 49 - Ouvrage hydraulique de franchissement du Réal Collobrier (photo prise le 01/08/17) .....	228
Photo 50 - Maison exposé aux inondations en rive droite (photo prise le 01/08/17) .....	228
Photo 51 - Déchetterie de Collobrières (photo prise le 01/08/17).....	229
Photo 52 - Lit mineur du Réal Collobrier au droit de la déchetterie (photo prise le 01/08/17) ..	230
Photo 53 - Carrière de Signes en bordure du Latay (photo prise le 02/08/17) .....	231
Photo 54 - Fond du lit mineur du Latay au droit de la carrière (photo prise le 01/08/17).....	231
Photo 55 - Le cours d'eau du Gapeau au droit de la mairie de Solliès-Toucas (photo prise le 02/08/17) .....	232

## Liste des tableaux

Tableau 1 – Objectifs fondamentaux du SDAGE 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée .....	12
Tableau 2 - Synthèse des enjeux prioritaires pour les 5 volets (Etat des lieux et diagnostic du SAGE du bassin versant du Gapeau, BRL Ingénierie, 2015) .....	14
Tableau 3 - Actions du Contrat de Baie des Iles d'Or concernant le SMBVG (source : <a href="http://ilesdor.contratdebaie.org/">http://ilesdor.contratdebaie.org/</a> ) .....	16
Tableau 4 - Les 7 axes du PAPI d'Intention .....	17
Tableau 5 -Liste des PPRI sur le bassin versant du Gapeau .....	22
Tableau 6 - Liste des études recueillies au démarrage de l'étude .....	26
Tableau 7 - Liste des données SIG et topographiques recueillies au démarrage de l'étude .....	26
Tableau 8 - Synthèse des entretiens et rencontres réalisés avec les acteurs locaux du bassin versant du Gapeau et du Roubaud .....	29
Tableau 9 - Liste des affluents du Gapeau .....	34
Tableau 10 - Liste des affluents du Réal Martin .....	36
Tableau 11 - Liste des affluents du Réal Collobrier .....	38
Tableau 12 - Liste des arrêtés de catastrophes naturelles (source : <a href="http://www.georisques.gouv.fr">www.georisques.gouv.fr</a> ) .....	56
Tableau 13 - Synthèse par communes des désordres liés au débordement de cours d'eau .....	74
Tableau 14 - Paramètres hydrologiques des sous bassins dans le modèle hydrologique simplifié (extrait de la page 82 du rapport) .....	81
Tableau 15 - Définition des scénarios pluviométriques pour une crue centennale du Gapeau aval (extrait de la page 86 du rapport) .....	81
Tableau 16 - Débits de référence sur le bassin versant du Gapeau par ajustement de Gumbel (extrait de la page 76 du rapport) .....	82
Tableau 17 - Débits maximaux pour les quatres scénarios pluviométriques de fortes crues ....	83
Tableau 18 - Synthèse des caractéristiques hydrologiques du bassin versant du Roubaud .....	86
Tableau 19 - Synthèse des débits retenus pour le bassin versant du Roubaud .....	86
Tableau 20 - Tableau de détermination des classes de l'indice Ruissellement/Infiltration (BRGM, décembre 2013) .....	95
Tableau 21 – Utilisation des canaux par les industries et les exploitations agricoles .....	98
Tableau 22 - Classe d'un système d'endiguement ou d'un aménagement hydraulique (source : décret n°2015-526 du 12 mai 2015) .....	103
Tableau 23 - Liste des couches utilisées .....	104
Tableau 24 - Synthèse des aménagements sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud .....	113
Tableau 25 - Description des travaux pour les actions retenus sur l'amont du Gapeau (étude hydraulique de 2001, CEDRAT) .....	118
Tableau 26 - Listes des actions proposées dans la mise à jour du schéma d'aménagement hydraulique du ruisseau de Sainte Christine .....	121
Tableau 27 - Débits de la Font de l'Isle en m <sup>3</sup> /s .....	130
Tableau 28 - Caractéristiques et préconisations par zonage d'assainissement pluvial .....	132
Tableau 29 - Synthèse par communes des désordres liés au ruissellement pluvial de surface .....	149
Tableau 30 - Synthèse des documents exploités pour la constitution de la base de données historiques des désordres .....	150
Tableau 31 - Méthodologie globale de génération des axes de ruissellement et des sous bassins versants à partir du MNT .....	153

Tableau 32 - Légende des cartographies de synthèses communales.....	160
Tableau 33 - Synthèse par communes des désordres liés à l'aspect hydromorphologique ....	165
Tableau 34 - Profils topographiques disponibles sur le Gapeau aval (Capanni, 2011) .....	166
Tableau 35 - Caractéristiques des sources sédimentaires (Capanni, 2011) .....	167
Tableau 36 - Synthèse des débits de référence Q10, Q30 et Q100 à Sainte Eulalie (SCP, 2006) .....	168
Tableau 37 - Débits de mise en mouvement des particules, par site, mesurés de manière empirique (Capanni, 2011).....	170
Tableau 38 - Ecoulements spécifiques du Gapeau et du Réal Martin .....	181
Tableau 39 - Tronçons de pente homogène sur le Latay .....	183
Tableau 40 - Tronçons de pente homogène sur les affluents du Gapeau .....	183
Tableau 41 - Tronçons de pente homogène du Réal Martin et de ses affluents .....	186
Tableau 42 - Tronçons de pente homogène du Réal Collobrier.....	188
Tableau 43 - Synthèse des influences géologiques par grand bassin versant (Capanni, 2011) .....	188
Tableau 44 - Simplification réalisés sur la base des données Corine Land Cover 2012 .....	199
Tableau 45 - Taux de protections des berges et d'endiguement et nombre de remblais par linéaire de sous bassin versant .....	203
Tableau 46 - Synthèse des approches en fonction du secteur et des éléments à évaluer .....	243

# Résumé non technique



# Introduction



Suite aux événements de janvier 2014, le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Gapeau (SMBVG) s'est engagé dans une démarche de Programme d'Actions et de Prévention des Inondations (PAPI) au stade d'intention. Officiellement entré en vigueur le 29 mai 2017, ce programme comporte 24 actions pour un montant prévisionnel de 2,8 M€ HT.

Dans un premier temps, le syndicat s'est engagé à finaliser son PAPI d'intention auprès de l'Etat et des partenaires techniques et financiers en 2019. Ce PAPI prévoit l'acquisition des connaissances manquantes permettant de définir les actions à mettre en œuvre à moyen terme pour protéger les personnes et les biens et développer la culture du risque. Les travaux et actions émanant du PAPI d'intention feront l'objet ensuite d'un dossier PAPI complet (à l'horizon 2020).

Le PAPI d'intention s'inscrit dans le cadre de la Directive Inondation et plus particulièrement de la Stratégie Locale de Gestion du Risque « Toulon-Hyères ». Il sera en accord avec le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE 2016-2021) décliné localement sous la forme d'un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du Gapeau.

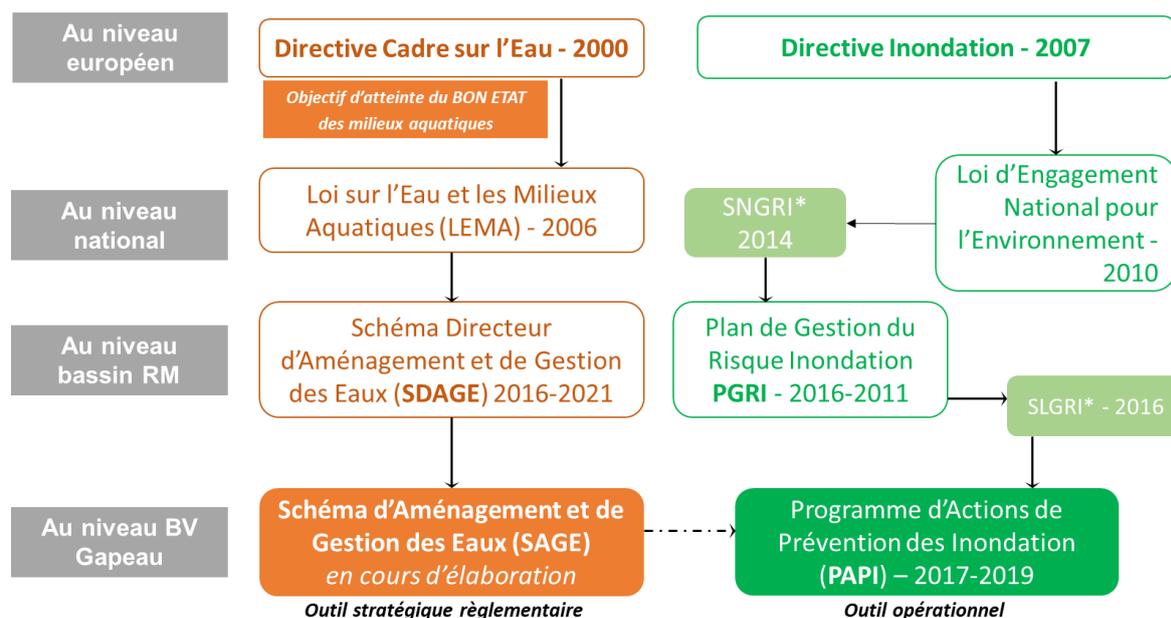


Figure 1 - Articulation du PAPI avec le SAGE et la SLGRI

L'étude hydraulique et hydrogéomorphologique du Gapeau et ses affluents, est une des actions centrales du PAPI d'intention.

Elle a pour objectif de caractériser le risque inondation, d'analyser le fonctionnement naturel des cours d'eau, et de proposer un schéma d'aménagements et de restauration répondant aux enjeux et problématiques rencontrés. Cette étude, menée en groupement de commande entre l'Etat (DDTM du Var) et le SMBVG, vise également à engager la révision des Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI) des communes de Belgentier, Solliès-Pont, Solliès-Ville, Solliès-Toucas, La Crau, La Farlède et Hyères, et l'élaboration du PPRI de Pierrefeu-du-Var.

Le groupement en charge de la réalisation de cette étude est composé de :

- EGIS EAU : mandataire ;
- SEPIA Conseils : cotraitant et en charge de l'aspect ruissellement pluvial ;
- GEOPEKA : sous-traitant et en charge de l'aspect hydromorphologique ;
- GEORIVES : sous-traitant et en charge de l'aspect hydrogéomorphologique ;
- OPSIA : sous-traitant et en charge des levés des niveaux de Plus Hautes Eaux (PHE).

Dans le cadre du travail de phase 1, plusieurs méthodologies ont été employées :

- Pour la thématique INONDATION : analyses historiques, hydrauliques et hydrogéomorphologiques. Cette thématique concerne deux types de phénomènes : les débordements de cours d'eau et les ruissellements ;
- Pour la thématique HYDROMORPHOLOGIE : analyse historique et hydromorphologique.

Pour rappel :

- L'**analyse historique** est basée sur le dépouillement des données existantes (études, archives, etc...) et des enquêtes auprès des acteurs locaux ;
- L'**analyse hydraulique** est basée sur une modélisation hydraulique bidimensionnelle via un logiciel afin de simuler les écoulements en crue (réalisée en phase 2) ; elle nécessite des **analyses pluviométriques** et **hydrologiques** préalables, qui déterminent le type d'évènement à modéliser ;
- L'**analyse hydrogéomorphologique** est une approche scientifique naturaliste (dérivée de la géomorphologie) qui permet, à partir des configurations terrain, de délimiter les zones inondables maximales probables et le fonctionnement des cours d'eau en crue ;
- L'**analyse hydromorphologique** (également dérivée de la géomorphologie) analyse plus spécifiquement le paramètre morphologique de l'hydrosystème afin de le restaurer, dans un objectif global d'atteinte du « bon état écologique » (DCE).

Le travail réalisé lors de la phase 1 de cette étude a notamment permis :

- La **récolte** et la **synthèse de la bibliographie** et des données disponibles sur le bassin versant ;
- La **rencontre des acteurs majeurs** du territoire afin de comprendre les problématiques rencontrées et appréhender leurs attentes vis-à-vis du futur PAPI ;
- La réalisation de premières **investigations de terrain** permettant de mieux comprendre le fonctionnement hydraulique et hydromorphologique, d'identifier **les dysfonctionnements** et ainsi mieux orienter les investigations pour la suite de l'étude ;
- Une pré-analyse de l'**aléa ruissellement** ;
- Une première identification des **zones inondables** du territoire via une approche hydrogéomorphologique ;
- Un pré-diagnostic du **fonctionnement hydromorphologique** (fonctionnement et dynamique des cours d'eau) ;
- L'établissement des **besoins topographiques complémentaires** nécessaires aux modélisations hydrauliques ultérieures.

Ce présent rapport expose le travail de la première phase de l'étude : « Analyse et fonctionnement du bassin versant » et apporte les premières conclusions d'un pré-diagnostic du bassin versant du Gapeau et du Roubaud.

# 1. Préambule

## 1.1 Contexte de l'étude

Le bassin versant du Gapeau représente une superficie d'environ 550 km<sup>2</sup> au niveau de l'exutoire à Hyères, sachant que le principal affluent le Réal Martin représente près de 280 km<sup>2</sup>.

Les principaux cours d'eau du bassin versant sont : le Gapeau (43 km), le Réal Martin (28 km) et le Réal Collobrier (20 km).

Pour les besoins du PPRI de la commune d'Hyères, le bassin versant du Roubaud, petit fleuve côtier traversant la commune d'Hyères et se jetant en mer Méditerranée, près de l'exutoire du fleuve Gapeau, est également intégré dans cette étude, sur le volet hydraulique uniquement. Ce bassin versant représente une superficie d'environ 20 km<sup>2</sup>.

Le périmètre de l'étude hydraulique pourra être modifié sur sa partie aval, en fonction des résultats des modélisations, notamment sur les secteurs des Vieux Salins d'Hyères (à l'est de l'embouchure) et de la Ritorte (à l'ouest de l'embouchure du Gapeau, entre le Roubaud et le Gapeau).

Le territoire global de ces deux bassins versants concerne environ 140 000 habitants répartis sur 15 communes : Belgentier, Carnoules, Collobrières, Cuers, Hyères, La Crau, La Farlède, Méounes-lès-Montrieux, Pierrefeu-du-Var, Pignans, Puget-Ville, Signes, Solliès-Pont, Solliès-Toucas et Solliès-Ville.



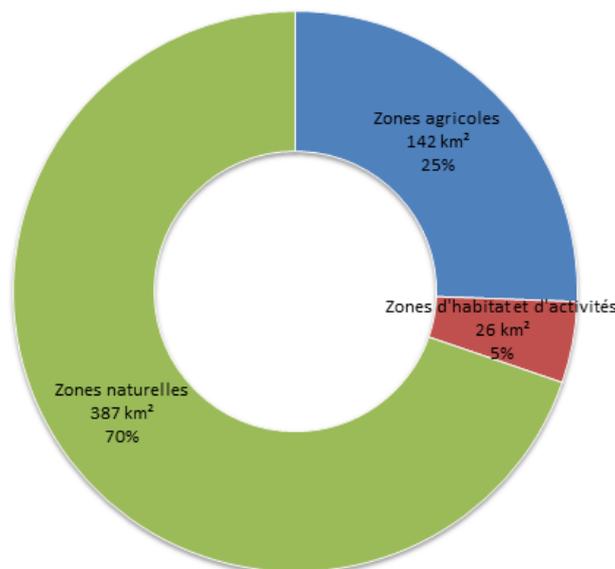
Figure 2 - Présentation du bassin versant du Gapeau et du Roubaud

Le Gapeau est représentatif des petits fleuves côtiers méditerranéens de par son hydrologie contrastée entre des périodes d'étiages marquées et des crues soudaines et violentes.

On peut découper le système hydrologique du bassin versant du Gapeau schématiquement en **3 sous-systèmes** :

- La partie **Gapeau amont** jusqu'à la Crau, principalement formée sur des horizons calcaires, dont l'occupation du sol est dominée par les espaces naturels de type forêt à l'exception des agglomérations essentiellement centrées en fond de vallée (Communauté de Communes de la Vallée du Gapeau),
- La partie **Réal Martin**, qui se développe sur des formations géologiques primaires cristallines plutôt imperméables, dont l'occupation du sol est partagée entre des espaces naturels boisés et des cultures principalement viticoles, sachant que la partie anthropique est concentrée sur la commune de Pierrefeu, la partie urbanisées de Collobrières étant située en tête de bassin versant.
- La partie **aval du bassin versant** en aval de la confluence avec le Real Martin essentiellement sur la commune de Hyères qui représente une grande partie des enjeux humains. Ce secteur est soumis tantot aux phénomènes de Haut Pays sur le plateau de Signes et tantot aux phénomènes de type Massif des Maures au travers du Réal Martin, Le quartier de l'Oratoire et le quartier des Borrels sont certainement les secteurs les plus exposés.

La surface de zones naturelles sur le bassin versant du Gapeau est très importante, représentant 70% de la superficie totale comme le montre le graphique suivante :



**Figure 3 - Répartition de l'occupation du territoire sur le bassin versant du Gapeau**

De nombreux évènements ont marqué le bassin versant du Gapeau sur ces 70 dernières années, notamment les crues du :

- 25 et 27 novembre 1948
- 26 novembre 1961
- 28 décembre 1972
- 4 février 1976
- 17 janvier 1978
- 29 septembre 1982
- 25 janvier 1996
- 17 et 18 janvier 1999
- 15 décembre 2008
- 9 novembre 2011
- 19 janvier 2014
- 25 novembre 2014

Le grand nombre de seuils ou barrages (près de 160 sur la totalité du bassin versant) témoigne de tout l'intérêt que l'homme a porté à ce territoire à dominante agricole. La fonction principale de ces ouvrages était l'irrigation ou les besoins en eau potable. Du fait de ces activités, on trouve des archives très anciennes relatant les dégâts des crues dévastatrices.

Des récits datant de 1651 font état de 44 victimes à Belgentier.

Les principales crues de ces 50 dernières années sont celles des 16 et 17 janvier 1999, et celle du 19 janvier 2014. L'Etat a lancé la réalisation de plusieurs PPR suite aux inondations de 1999.

Suite à une longue procédure portant sur la forme de ces PPR, ils ont été annulés en 2014.

Le Préfet a prescrit la reprise de 8 PPRI sur le territoire concerné par cette étude (les 7 PPRI annulés plus celui de la commune de Pierrefeu du Var).



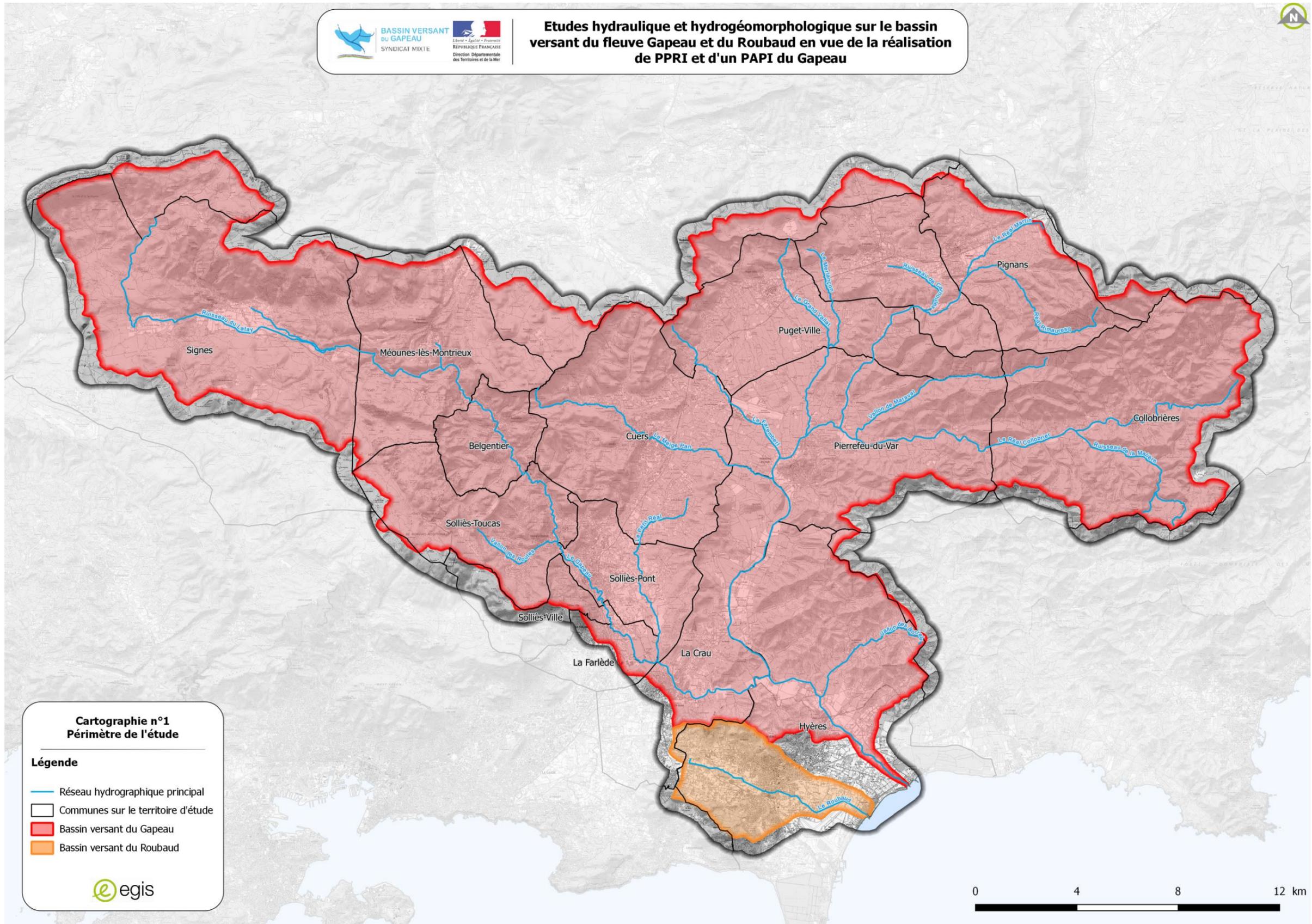
Figure 4 - Unes du journal Var-Matin du 20 janvier 2014

La cartographie en page suivante présente le périmètre global de la zone d'étude ainsi que le réseau hydrographique principal du territoire.


**BASSIN VERSANT DU GAPEAU**  
 SYNDICAT MIXTE


**REPUBLIQUE FRANÇAISE**  
 Direction Départementale des Territoires et de la Mer

**Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique sur le bassin versant du fleuve Gapeau et du Roubaud en vue de la réalisation de PPRI et d'un PAPI du Gapeau**



**Cartographie n°1**  
**Périmètre de l'étude**

**Légende**

-  Réseau hydrographique principal
-  Communes sur le territoire d'étude
-  Bassin versant du Gapeau
-  Bassin versant du Roubaud

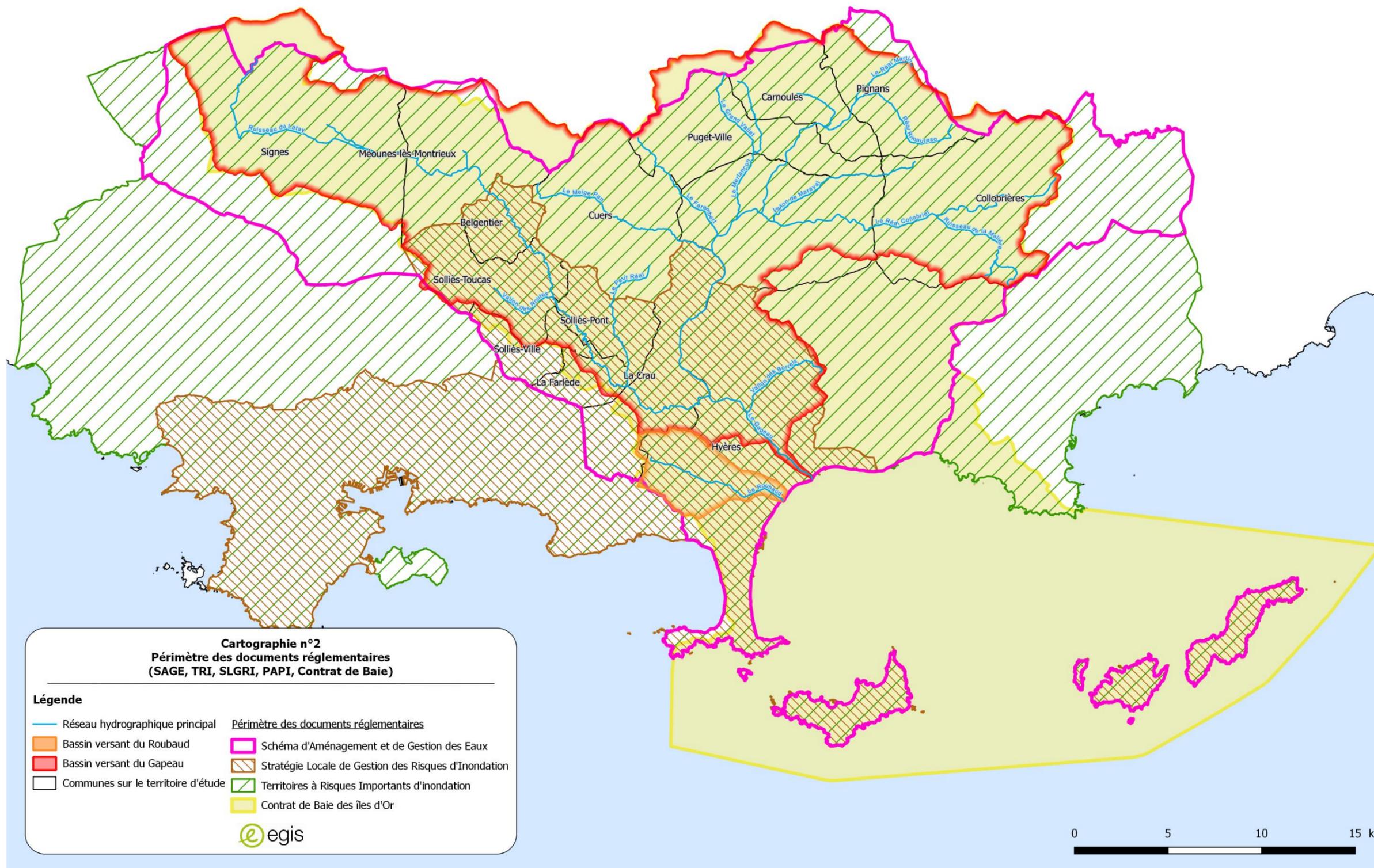
egis

Cartographie 1 - Périmètre de l'étude

## 1.2 Outils réglementaires et opérationnels

La cartographie en page suivante présente les périmètres des outils réglementaires et opérationnels suivant :

- Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du bassin versant du Gapeau ;
- La Stratégie Locale de Gestion des Risques Inondations (SLGRI) ;
- Les Territoires à Risques Importants d'inondation (TRI) « Toulon-Hyères » ;
- Le Contrat de Baie des Iles d'Or.



Cartographie 2 - Périmètre des documents réglementaires

### 1.2.1 SDAGE 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée

La Directive Cadre sur l'Eau établie le 23 octobre 2000 encourage à la mise en place d'un plan de gestion de l'eau afin d'atteindre les objectifs environnementaux fixés. Des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) sont alors établis, dès 2009, à l'échelle de 12 bassins (7 métropolitains dont le bassin Rhône-Méditerranée et 5 bassins d'Outre-Mer). Ils fixent des orientations qui permettent d'atteindre une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau sur une période de 6 ans.

En 2013, un état des lieux est réalisé sur le bassin hydrographique Rhône-Méditerranée. Il se compose :

- d'une analyse des caractéristiques du bassin ;
- d'une synthèse des impacts subis par les eaux de surface et souterraines ;
- d'une analyse économique des utilisations de l'eau ;
- d'un registre des zones protégées.

Le 20 novembre 2015, le comité du bassin Rhône-Méditerranée a adopté le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2016-2021 et a donné un avis favorable au programme de mesure qui l'accompagne. Ce document définit :

- 9 orientations visant le « bon état » de la ressource en eau,
- les objectifs de qualité et de quantité à atteindre pour chaque masse d'eau du bassin (cours d'eau, plan d'eau, nappe souterraine, estuaire, eaux côtières),
- les aménagements et les dispositions à mettre en œuvre pour limiter tout préjudice, protéger voire améliorer l'état des eaux et des milieux aquatiques.

Le SDAGE 2016-2021 reprend les 8 axes du SDAGE 2010-2015 auxquels s'ajoute désormais la prise en compte des effets du changement climatique dans une nouvelle orientation. Les 9 orientations fondamentales sont détaillées dans le tableau suivant (en vert, celles concernant particulièrement l'étude).

Orientations fondamentales	Dispositions
<b>OF0 : S'adapter aux effets du changement climatique</b>	Nouveaux aménagements et infrastructures : garder raison et se projeter sur le long terme
	Développer la prospective en appui à la mise en œuvre des stratégies d'adaptation
	Agir de façon solidaire et concertée
	Affiner la connaissance pour réduire les marges d'incertitude et proposer des mesures d'adaptation efficaces
<b>OF1 : Privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité</b>	Impliquer tous les acteurs concernés dans la mise en œuvre des principes qui sous-tendent une politique de prévention
	Développer les analyses prospectives dans les documents de planification
	Orienter fortement les financements publics dans le domaine de l'eau vers les politiques de prévention
	Inscrire le principe de prévention dans la conception des projets et les outils de planification locale
	Impliquer les acteurs institutionnels du domaine de l'eau dans le développement de filières économiques privilégiant le principe de prévention
	Systématiser la prise en compte de la prévention dans les études d'évaluation des politiques publiques
	Prendre en compte les objectifs du SDAGE dans les programmes des organismes de recherche
Impliquer tous les acteurs concernés dans la mise en œuvre des principes qui sous-tendent une politique de prévention	
<b>OF2 : Concrétiser la mise en œuvre du principe de non-dégradation des milieux aquatiques</b>	Mettre en œuvre de manière exemplaire la séquence « éviter, réduire, compenser »
	Evaluer et suivre les impacts des projets
	Contribuer à la mise en œuvre du principe de non-dégradation via les SAGE et contrats de milieu
<b>OF3 : Prendre en compte les enjeux économiques et sociaux des politiques de l'eau et assurer une gestion durable des services publics d'eau et d'assainissement</b>	Mobiliser les données pertinentes pour mener les analyses économiques
	Prendre en compte les enjeux socio-économiques liés à la mise en œuvre du SDAGE
	Développer les analyses et retours d'expériences sur les enjeux sociaux
	Développer les analyses économiques dans les programmes et les projets
	Ajuster le système tarifaire en fonction du niveau de récupération des coûts
	Développer l'évaluation des politiques de l'eau et des outils économiques incitatifs
Privilégier les financements efficaces, susceptibles d'engendrer des bénéfices et d'éviter certaines dispenses	
<b>OF4 : Renforcer la gestion de l'eau par bassin versant et assurer la cohérence entre aménagement du territoire et gestion de l'eau</b>	Intégrer les priorités du SDAGE dans les SAGE et contrats de milieu
	Intégrer les priorités du SDAGE dans les PAPI et SLGRI et améliorer leur cohérence avec les SAGE et contrats de milieux
	Promouvoir des périmètres de SAGE et contrats de milieu au plus proche du terrain
	Mettre en place un SAGE sur les territoires pour lesquels cela est nécessaire à l'atteinte du bon état des eaux
	Intégrer un volet littoral dans les SAGE et contrats de milieux côtiers
	Assurer la coordination au niveau supra bassin versant

	Assurer la gestion équilibrée des ressources en eau par une maîtrise d'ouvrage structurée à l'échelle des bassins versants
	Encourager la reconnaissance des syndicats de bassin versant comme EPAGE ou EPTB
<b>OF5 : Poursuivre les efforts de lutte contre les pollutions d'origine domestique et industrielle</b>	Poursuivre les efforts contre les pollutions d'origine domestique et industrielle
	Lutter contre l'eutrophisation des milieux aquatiques
	Lutter contre les pollutions par les substances dangereuses
	Lutter contre la pollution par les pesticides par des changements conséquents dans les pratiques actuelles
	Evaluer, prévenir et maîtriser les risques pour la santé humaine
<b>OF6 : Préserver et restaurer le fonctionnement des milieux aquatiques et des zones humides</b>	Agir sur la morphologie et le décloisonnement pour préserver et restaurer les milieux aquatiques
	Préserver, restaurer et gérer les zones humides
	Intégrer la gestion des espèces de la faune et de la flore dans les politiques de gestion de l'eau
<b>OF7 : Atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir</b>	Elaborer et mettre en œuvre les plans de gestion de la ressource en eau
	Démultiplier les économies d'eau
	Recourir à des ressources de substitution dans le cadre de projets de territoire
	Rendre compatibles les politiques d'aménagement du territoire et les usages avec la disponibilité de la ressource
	Mieux connaître et encadrer les forages à usage domestique
	S'assurer du retour à l'équilibre quantitatif en s'appuyant sur les principaux points de confluence du bassin et les points stratégiques de référence pour les eaux superficielles et souterraines
<b>OF8 : Augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques</b>	Préserver les champs d'expansion des crues
	Rechercher la mobilisation des nouvelles capacités d'expansion des crues
	Eviter les remblais en zones inondables
	Limiter la création de nouveaux ouvrages de protection aux secteurs à risque fort et présentant des enjeux importants
	Limiter le ruissellement à la source
	Favoriser la rétention dynamique des écoulements
	Restaurer les fonctionnalités naturelles des milieux qui permettent de réduire les crues et les submersions marines
	Préserver ou améliorer la gestion de l'équilibre sédimentaire
	Gérer la ripisylve en tenant compte des incidences sur l'écoulement des crues et la qualité des milieux
	Développer des stratégies de gestion des débits solides dans les zones exposées à des risques torrentiels
	Identifier les territoires présentant un risque important d'érosion
Traiter de l'érosion littorale dans les stratégies locales exposées à un risque important d'érosion	

Tableau 1 – Objectifs fondamentaux du SDAGE 2016-2021 du bassin Rhône-Méditerranée

## 1.2.2 SAGE du bassin versant du Gapeau

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) est un outil de gestion de l'eau pour atteindre le bon état physique, chimique et écologique des masses d'eau. Il identifie des objectifs à atteindre et fixe les règles permettant d'atteindre ces objectifs.

La volonté d'engager une démarche de SAGE sur le bassin versant du Gapeau est apparue pour la première fois en 1994, à l'initiative notamment des élus de la ville d'Hyères. La démarche s'est concrétisée par l'arrêté préfectoral du 16 février 1999 définissant le périmètre du SAGE, puis par celui du 23 mai 2003 mettant en place la Commission Locale de l'Eau (CLE). Une nouvelle dynamique s'est instaurée depuis 2013, avec la refonte de la CLE et la création d'un syndicat mixte : le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Gapeau (SMBVG). Ce syndicat mixte a été mise en place en tant que structure porteuse pour relancer le SAGE du bassin versant Gapeau.

Le SAGE recouvre une superficie de 833 km<sup>2</sup> et concerne la totalité du bassin versant du Gapeau. Au total il concerne 16 communes. Il est composé de 2 documents : un Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) de la ressource en eau et des milieux aquatiques et un règlement opposable aux tiers.

Le SAGE se décompose en deux grandes étapes : l'élaboration du SAGE par la CLE sur la période 2014-2017 (état des lieux, choix de la stratégie et rédaction des documents) et l'enquête publique sur la période 2017-2018.



Un diagnostic du SAGE du bassin versant du Gapeau a été réalisé par le bureau d'études BRL Ingénierie en 2015. Cet état des lieux et diagnostic du SAGE a été validé par la Commission Locale de l'Eau (CLE) le 24 janvier 2017. La stratégie a été validée quant à elle par la CLE du 06 juillet 2017.

Ce diagnostic présente les principaux enjeux identifiés pour chacun des 5 volets suivants :

- Le volet « **Quantité** » : des ressources essentielles au développement socio-économique mais vulnérables aux sécheresses ;
- Le volet « **Qualité** » : la maîtrise des pollutions agricoles, urbaines et industrielles : vers une amélioration des pratiques ;
- Le volet « **Milieux Aquatiques** » : la restauration et la préservation des milieux aquatiques, garants de l'équilibre fonctionnel du bassin versant ;
- Le volet « **Inondation** » : une cohérence à trouver entre gestion des inondations et gestion des milieux aquatiques ;
- Le volet « **Gouvernance** » : une coordination des nombreuses démarches liées à l'eau au niveau local.

Le tableau ci-après synthétise pour chacun des 5 volets, les enjeux identifiés comme prioritaire pour le SAGE. Ces enjeux sont jugés prioritaires en fonction du niveau de l'enjeu et de sa plus ou moins forte prise en compte par ailleurs et du pouvoir d'action du SAGE pour traiter cet enjeu.

Volet	Enjeux prioritaires
Quantité	Recherches de solutions (interconnexion, nouvelles ressources, économies d'eau) pour garantir la sécurisation des ressources pour l'eau potable, notamment à l'amont du bassin versant
	Amélioration des connaissances sur le fonctionnement et l'utilisation des ressources en eau
	Optimisation de la gestion des canaux gravitaires pour limiter l'impact local des prélèvements
Qualité	La gestion qualitative et quantitative des eaux pluviales
	L'amélioration des connaissances sur la qualité des ressources en eau et des milieux aquatiques
Milieux aquatiques	La restauration de la continuité écologique
	L'amélioration de l'hydromorphologie des cours d'eau
	La protection des zones humides
	La mise en valeur patrimoniale des ressources en eau
Inondations	La valorisation des ZEC et la restauration des restanques
Gouvernance	Coordination du SAGE avec démarches liées à la préservation de l'environnement et à l'aménagement
	Coordination du SAGE avec les démarches liées à la gestion du risque inondation
	Préparation de la réforme GEMAPI

Tableau 2 - Synthèse des enjeux prioritaires pour les 5 volets (Etat des lieux et diagnostic du SAGE du bassin versant du Gapeau, BRL Ingénierie, 2015)

### 1.2.3 Contrat de Baie des îles d'Or 2016-2021

La Communauté d'Agglomération Toulon Provence Méditerranée s'est engagée fin 2006 dans une démarche « Contrat de Baie » sur le territoire de la rade d'Hyères et ses bassins versants : **le Contrat de Baie des Iles d'Or**.

Ce contrat concerne 17 communes et intègre également les bassins versants du Gapeau, du Roubaud et du Maravenne (commune de La Londe-les-Maures). Après une large concertation, le dossier de candidature du Contrat de baie des Iles d'Or a reçu un avis favorable du comité d'agrément du bassin Rhône Méditerranée le 5 décembre 2012. De 2015 à 2016, un programme d'actions a été élaboré de manière concertée, et sera mis en œuvre sur la période 2016-2021, autour de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques sur ce territoire.



Figure 6 - Périmètre du Contrat de baie des Iles d'Or (CA Toulon Provence Méditerranée)

Le programme d'actions s'articule autour des 4 enjeux suivants, établis suite au diagnostic mené sur l'ensemble du territoire du contrat :

- **Enjeu A** : réduction des pollutions liées aux rejets anthropiques vers les milieux terrestres, littoraux, insulaires et marins ;
- **Enjeu B** : gestion durable des ressources et des milieux naturels ;
- **Enjeu C** : préservation et amélioration des fonctionnalités naturelles des milieux terrestres, littoraux, insulaires et marins en lien avec la gestion du risque ;
- **Enjeu D** : mise en œuvre d'une animation qui associe durablement les acteurs du territoire et les démarches existantes.

Le SMBVG est le maître d'ouvrage de 11 actions du programme sur la période 2016-2021. Ces actions sont répertoriées dans le tableau en page suivante.

Le Contrat de Baie des Iles d'Or a été signé par l'ensemble des partenaires le 03 juillet 2017.

Action	Type d'action	Description de l'action	Début envisagé	Etat
A.1.5	Suivi /contrôle	Campagne d'analyses de la qualité des eaux superficielles du Gapeau et de ses affluents (état initial avant la mise en œuvre du programme d'entretien)	01/09/2016	Réalisé
A.1.6	Suivi /contrôle	Mise en place d'un suivi de la qualité des eaux superficielles du Gapeau et de ses affluents (DCE compatible)	01/01/2017	En cours
B.1.1	Etude	Finalisation de l'étude d'Evaluation des Volumes Prélevables Globaux (EVPG) sur le bassin versant du Gapeau	01/01/2016	Réalisé
C.1.1	Suivi /contrôle	Mise en place d'un réseau de suivi des débits sur le Gapeau et ses affluents	01/07/2015	Réalisé
B.2.3	Etude	Elaboration d'un chapitre au sein du PAGD du SAGE Gapeau valant PGRE (Plan de Gestion quantitative de la Ressource en Eau)	01/04/2017	En cours
C.2.1	Etude	Préparation du PAPI complet sur le Gapeau et ses affluents	-	Non réalisé
C.2.4	Etude	Etude pour la définition d'une stratégie de réduction de l'aléa inondation et détermination des zones naturelles d'expansion des crues du bassin versant du Gapeau	01/04/2015	Réalisé
C.3.1	Etude	Etude SOCLE préalable à l'organisation et la mise en place de la future compétence GEMAPI sur le bassin versant du Gapeau	15/12/2016	En cours
C.3.10	Etude	Elaboration d'un programme de travaux de restauration, d'entretien et de mise en valeur du Gapeau et de ses affluents	01/04/2015	Réalisé
C.3.11	Travaux	Coordination et mise en œuvre d'un plan de reconquête des principaux cours d'eau du bassin versant et d'amélioration du fonctionnement morpho-écologique des cours d'eau	20/10/2016	En cours
C.3.15	Etude	Etude hydromorphologique globale sur le bassin versant du Gapeau	01/12/2016	En cours

Tableau 3 - Actions du Contrat de Baie des Iles d'Or concernant le SMBVG (source : <http://ilesdor.contratdebaie.org/>)

### 1.2.4 Programme d'Actions de Prévention des Inondations

Afin d'établir un programme de travaux de réduction de l'aléa inondation et de restauration morphologique des cours d'eau, à travers le travail de la CLE, le SMBVG a entamé une démarche de PAPI d'intention. Ce programme d'actions s'inscrit dans la Stratégie Locale de Gestion du Risque Inondation « Toulon-Hyères » et se présente le comme document opérationnel du volet inondation du SAGE Gapeau.



Figure 7 - Chronologie de réalisation du dossier d'un PAPI d'intention

Suite au dépôt de dossier en février 2016, le PAPI d'intention a été acté le 29 mai 2017 (date d'entrée en vigueur) après signature du préfet coordonnateur de bassin. Afin que des travaux puissent être lancés en 2020, le PAPI d'intention doit être abouti d'ici fin 2019.

Ce PAPI contribuera ainsi à :

- La prévention et la réduction de l'aléa inondations,
- une meilleure gestion des milieux aquatiques et de la ressource en eau.

par le biais de 24 actions, regroupées selon 7 axes, pour un montant de 2,81 millions d'euros.

<b>Axe 1</b>	Amélioration de la connaissance et de la conscience du risque
<b>Axe 2</b>	Surveillance, prévision des crues et des inondations
<b>Axe 3</b>	Alerte et gestion de crise
<b>Axe 4</b>	Prise en compte du risque inondation dans l'urbanisme
<b>Axe 5</b>	Actions de réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens
<b>Axe 6</b>	Ralentissement des écoulements
<b>Axe 7</b>	Gestion des ouvrages de protection hydraulique

Tableau 4 - Les 7 axes du PAPI d'Intention

## 1.2.5 La Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation

### 1.2.5.1 Le Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI)

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Inondation, le fleuve Gapeau a été inclus dans la cartographie des risques d'inondations du TRI (Territoire à Risque Important d'inondation) de « Toulon-Hyères », par arrêté préfectoral du 20 décembre 2013. En déclinaison de la Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation (SNGRI), le Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) Rhône-Méditerranée, arrêté le 7 décembre 2015 par le Préfet coordonnateur de bassin, fixe pour ce territoire les 5 objectifs suivants :

- **GRAND OBJECTIF 1 : Mieux prendre en compte le risque dans l'aménagement et maîtriser le coût des dommages liés à l'inondation**
  - Assurer la maîtrise de l'urbanisation en zone inondable en hiérarchisant les outils disponibles (R111-2, intégration des risques dans les documents d'urbanisme, PPRI) et en définissant les modalités d'application pour l'instruction des autorisations d'urbanisme.
  - Respecter les principes d'un aménagement du territoire intégrant les risques d'inondations par la conception d'aménagements résilients dans les grandes opérations de restructuration urbaine qui constituent une opportunité de réduire la vulnérabilité des territoires exposés (faire émerger des quartiers résilients).
  - Réduire la vulnérabilité des réseaux structurants et des activités, lourde de conséquences sur la vie socio-économique, en travaillant sur plusieurs axes : amélioration de la connaissance (diagnostic et priorisation), continuité du service (plans de continuité d'activités) et partage d'informations (aléas et vulnérabilité).

- **GRAND OBJECTIF 2 : Augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques**
  - Préserver les zones naturelles d'expansion des crues (au travers des PPRI, documents d'urbanisme, PAPI) en recherchant les moyens de gérer et de valoriser ces zones du fait du patrimoine naturel qu'elles représentent et/ou de leur intérêt agricole.
  - Gérer les ouvrages de protection contre les crues en confortant les structures et outils de gestion actuellement opérationnels, en complétant la connaissance (gestionnaire, niveau de protection, zone protégée) et en accompagnant la structuration des acteurs là où cela s'avère nécessaire.
  
- **GRAND OBJECTIF 3 : Améliorer la résilience des territoires exposés**
  - Agir sur la surveillance et l'alerte pour assurer une mise en œuvre concertée et cohérente des PCS communaux et du plan ORSEC de la Préfecture.
  - Mise à jour des cartes inondation dans le cadre de la mission référent départemental inondation.
  - Assurer l'articulation entre les gestionnaires d'ouvrages et le service de prévision des crues.
  - Intégrer les communes au dispositif APIC.
  - Encourager la mise en œuvre de dispositifs de surveillance gérés par les collectivités sur les cours d'eau non surveillés.
  - Se préparer à la crise et apprendre à mieux vivre avec les inondations : affiner la connaissance des impacts de l'inondation et informer populations et entreprises sur les conditions de vie en cas d'inondation, soutenir les communes les plus vulnérables dans leur préparation à la crise.
  - Développer la conscience du risque par la sensibilisation, le développement de la mémoire et l'information.
  - Réaliser un bilan de la réalisation des documents réglementaires de la responsabilité des collectivités.
  - Inciter à la mise en place de repères de crue.
  - Mettre à disposition des collectivités les données nécessaires et développer les outils visant à faciliter le respect des exigences réglementaires (mutualisation).
  - Optimiser la réception des messages officiels sur le risque par la population (développer une nouvelle méthodologie de communication active).
  - Mettre en place des actions sectorielles de sensibilisation des décideurs publics et privés.
  - Faciliter le retour à la normale en améliorant l'organisation de l'après-crue (connaissance des phénomènes de décrue, gouvernance après-crise, reprise des fonctionnalités urbaines, prise en charge des populations sinistrées et entreprises impactées).
  
- **GRAND OBJECTIF 4 : Organiser les acteurs et les compétences**
  - Faire émerger une gouvernance unique à l'échelle du TRI : rechercher une animation ou un pilotage commun au TRI pour l'élaboration et la mise en œuvre des 3 stratégies locales identifiées en cohérence avec l'intégration de la compétence GEMAPI.
  - Accompagner l'évolution des structures existantes gestionnaires d'ouvrages de protection vers la mise en place de la compétence GEMAPI nécessaire au respect des exigences réglementaires et au portage des projets de sécurisation et de modernisation.

- **GRAND OBJECTIF 5 : Développer la connaissance sur les phénomènes et les risques d'inondation**
  - Compléter ou produire les cartographies des surfaces inondées par les différents cours d'eau (Gapeau, Réal Martin, Réal Collobrier).
  - Réaliser un travail de recherche sur la connaissance des événements historiques.

### 1.2.5.2 La Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation du TRI (SLGRI)

Le TRI « Toulon-Hyères » donne lieu à l'élaboration d'une Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation (SLGRI). La Commission Départementale des Risques Naturels Majeurs (CDRNM) du 22 novembre 2016, a permis d'émettre un avis sur les priorités à retenir concernant la SLGRI du TRI « Toulon-Hyères » vis-à-vis des grands objectifs du PGRI. Les dispositions principales à mettre en œuvre en première partie du PGRI (sur la période 2017-2019) sont les suivantes, par arrêté préfectoral du 21 décembre 2016 :

- **GO1** : Mieux prendre en compte le risque dans l'aménagement et maîtriser le coût des dommages liés à l'inondation
  - *Disposition 1.1* : Améliorer la prise en compte des risques d'inondation dans les SCOT et PLU, en intégrant une vision par bassin versant.
  - *Disposition 1.2* : Travailler à une doctrine commune pour la prise en compte du ruissellement dans la planification et les pratiques (urbanisme, agriculture).
  - *Disposition 1.4* : Poursuivre le programme de PPRI défini sur le périmètre de la SLGRI en intégrant les retours d'expérience et les diagnostics de vulnérabilité à leur éventuelle révision. Avancer sur les PPR Littoraux ou préciser les règles en zones littorales, en lien avec la disposition D.1-6 du PGRI.
  
- **GO2** : Augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques
  - *Disposition 2.1* : Travailler plus en avant à l'identification et à la préservation des espaces stratégiques des milieux aquatiques, et en vue d'assurer un espace de bon fonctionnement aux cours d'eau.
  - *Disposition 2.2* : Promouvoir l'entretien cohérent et différencié des cours d'eau et des réseaux pluviaux pour éviter l'aggravation des risques en amont et en aval (prévention des embâcles).
  - *Disposition 2.3* : Communiquer et s'organiser à différents niveaux pour lutter de façon solidaire contre les remblais illégaux en lits mineurs et zone inondable.
  - *Disposition 2.4* : Développer dans les projets d'aménagement les actions de restauration physique, de valorisation et de mise en valeur des berges, des milieux aquatiques et des espaces littoraux naturels.
  - *Disposition 2.5* : Identification et diagnostic des ouvrages hydrauliques existant, et de leur devenir.
  
- **GO3** : Améliorer la résilience des territoires exposés
  - *Disposition 3.1* : Améliorer l'anticipation en temps réel des crues, et promouvoir les nouveaux outils d'observation et de suivi des événements météorologiques.
  - *Disposition 3.2* : Généraliser le retour d'expérience et en faire la diffusion au plus grand nombre.

- *Disposition 3.3* : Optimiser et rendre opérationnel le volet inondation des PCS (voire PICS), en réalisant notamment des exercices de crise inondation par sous bassins versants, et en améliorant les outils d'alerte (exemple : Schéma Local d'Alerte).
- **GO4** : Organiser les acteurs et les compétences
  - *Disposition 4.1* : Coordonner l'articulation de documents territoriaux (SLGRI, PAPI, Contrat e Rivière, Contrat de Baie, Contrat de Territoire, SAGE, SCOT, ...).
  - *Disposition 4.2* : Mettre en place un Schéma d'Organisation des Compétences Locales de l'Eau (SOCLE) et par-delà clarifier les compétences des différents acteurs dans un contexte institutionnel modifié (GEMAPI, loi NOTRe).
- **GO5** : Développer la connaissance sur les phénomènes et les risques d'inondation
  - *Disposition 5.1* : Identifier les actions d'amélioration de la connaissance sur le risque de ruissellement.
  - *Disposition 5.2* : Continuer de promouvoir les campagnes d'information préventive et de sensibilisation des populations.
  - *Disposition 5.3* : Identifier les sites stratégiques pour les repères de crues, et identifier les parkings ou sous-sols à risque.

### 1.2.6 Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRI)

Les principes portés par les Plans de Préventions du Risque Inondation (PPRI) sont :

- Interdire toute construction nouvelle dans les zones d'aléas les plus forts ;
- Déterminer les dispositions nécessaires à la réduction de la vulnérabilité dans les zones où les aléas sont les moins importants ;
- Contrôler l'extension urbaine dans les zones d'expansion des crues ;
- Eviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés.

La cartographie en page suivante présente les communes couvertes par un PPRI.



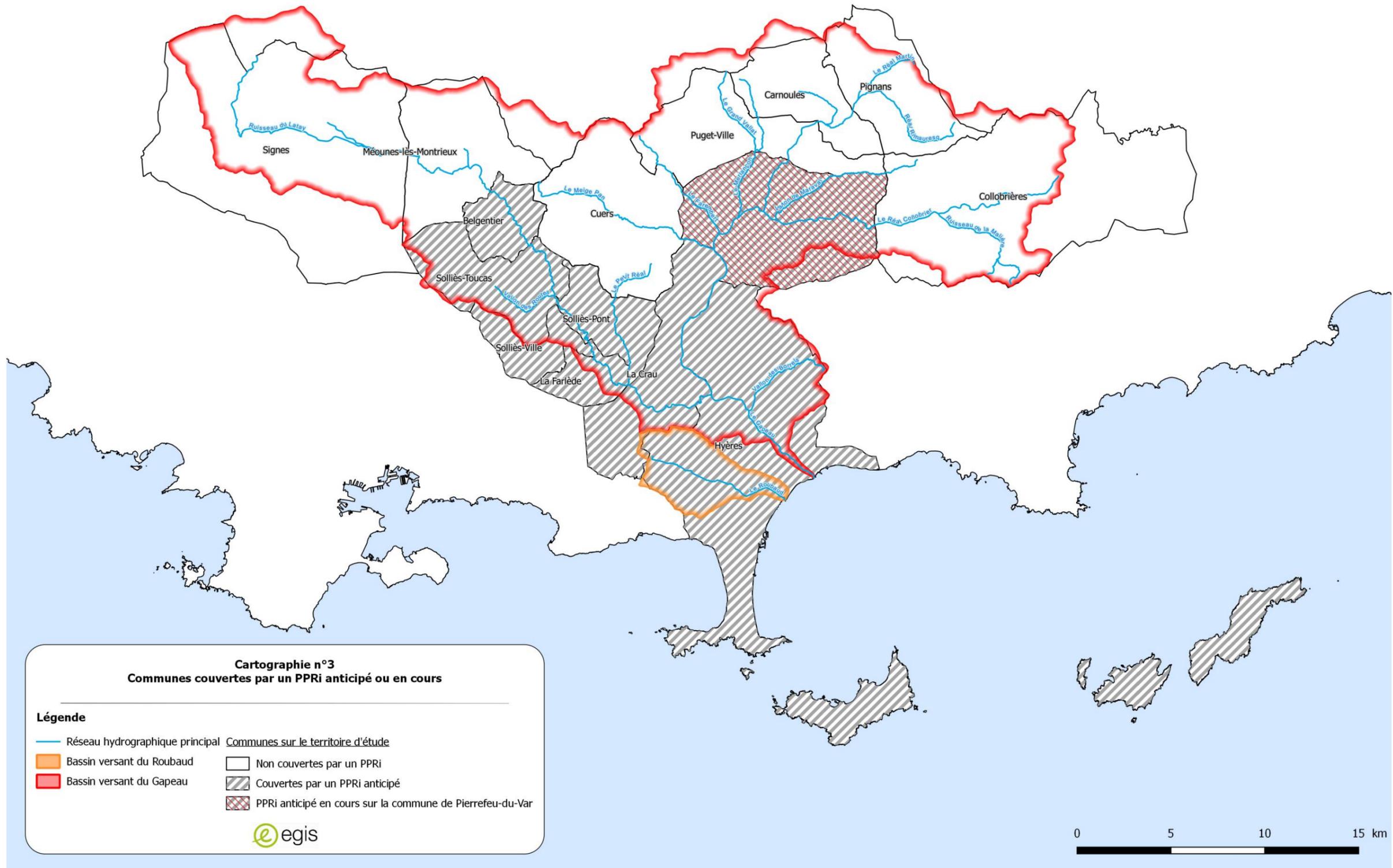
**BASSIN VERSANT  
DU GAPEAU**  
SYNDICAT MIXTE



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
Direction Départementale  
des Territoires et de la Mer

**Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique sur le bassin  
versant du fleuve Gapeau et du Roubaud en vue de la réalisation  
de PPRI et d'un PAPI du Gapeau**





Cartographie 3 - Communes couvertes par un PPRI

Le tableau ci-dessous liste les PPRI existants dans les communes du bassin versant du Gapeau :

Commune	PPRI	Date de prescription	Date d'annulation	Date de prescription de la révision
Belgentier	PPR Gapeau/Roubaud	11/02/1999	05/2014	26/11/2014
Carnoules	Non	-	-	-
Collobrières	Non	-	-	-
Cuers	Non	-	-	-
Hyères	PPR Gapeau/Roubaud	11/02/1999	05/2014	26/11/2014
La Crau	PPR Gapeau/Roubaud	11/02/1999	05/2014	26/11/2014
La Farlède	PPR Gapeau/Roubaud	11/02/1999	05/2014	26/11/2014
Méounes-lès-Montrieux	Non	-	-	-
Pierrefeu-du-Var	PPR Gapeau/Roubaud	-	-	26/11/2014
Pignans	Non	-	-	-
Puget-Ville	Non	-	-	-
Signes	Non	-	-	-
Solliès-Pont	PPR Gapeau/Roubaud	11/02/1999	05/2014	26/11/2014
Solliès-Toucas	PPR Gapeau/Roubaud	11/02/1999	05/2014	26/11/2014
Solliès-Ville	PPR Gapeau/Roubaud	11/02/1999	05/2014	26/11/2014

**Tableau 5 -Liste des PPRI sur le bassin versant du Gapeau**

Suite à une longue procédure portant sur la forme de ces PPR, ils ont été annulés en mai 2014. Le 26 novembre 2014, le préfet du Var a signé les arrêtés de prescription pour la révision des PPRI pour les 7 communes suivantes :

- Belgentier
- Hyères
- La Crau
- La Farlède
- Solliès-Pont
- Solliès-Toucas
- Solliès-Ville

Ainsi que pour l'élaboration du PPRI de Pierrefeu-du-Var.

Le 30 mai 2016, le préfet du Var a signé les arrêtés rendant immédiatement opposables certaines dispositions des projets de PPRI des 7 communes précédemment citées.

Enfin par arrêtés du 25 octobre 2017, le délai d'approbation des PPRI sur les 8 communes citées ci-dessus, a été prorogé jusqu'au 26 mai 2019.



Le territoire d'étude est couvert par de nombreux documents réglementaires et opérationnels. L'articulation se fait de la manière suivante :

- Le SDAGE et le PGRI constituent les documents cadre de gestion à l'échelle du district hydrographique. Ce sont des documents réglementaires. A savoir que le SDAGE propose des orientations fondamentales. Quant à lui, le PGRI propose des objectifs sur le volet inondation principalement.
- Le SAGE et la SLGRI constituent les documents de planification à l'échelle des bassins versants. Ce sont des documents réglementaires qui découlent du SDAGE et du PGRI.
- Le contrat de baie et le PAPI constituent eux des documents de programmation technique et financière à l'échelle de bassins versants. Ce sont des documents opérationnels qui doivent être compatibles avec les documents de planification et réglementaires.
- Enfin, les PPRI sont des documents opérationnels validés par les services de l'Etat. Ils sont mis à disposition des communes dans le cadre de la gestion de l'urbanisme et de l'aménagement des territoires/urbanisation en zone inondable.

### 1.3 Objectifs de l'étude et méthodologie

La présente étude est découpée en 2 parties (groupement de commande DDTM83 et SMBVG) :

- **Partie 1 (DDTM 83)** : réalisation des études hydraulique, hydrogéomorphologique et hydromorphologique sur la partie aval du bassin versant en vue de l'élaboration des PPRI sur 8 communes : Belgentier, La Crau, La Farlède, Hyères, Pierrefeu-du-Var, Solliès-Pont, Solliès-Toucas et Solliès-Ville.
- **Partie 2** : réalisation des études hydraulique, hydrogéomorphologique et hydromorphologique sur la partie amont du bassin versant en vue de l'élaboration d'un programme d'aménagement et de restauration sur l'ensemble du bassin versant.

La partie 1 se déroulera selon le phasage suivant :

- Phase 1 : Analyse du fonctionnement du bassin versant ;
- Phase 2 : Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique ;
- Phase 3 : Production des pièces PPRI ;
- Phase 4 : Tranches optionnelles.

La partie 2 se déroulera selon le phasage suivant :

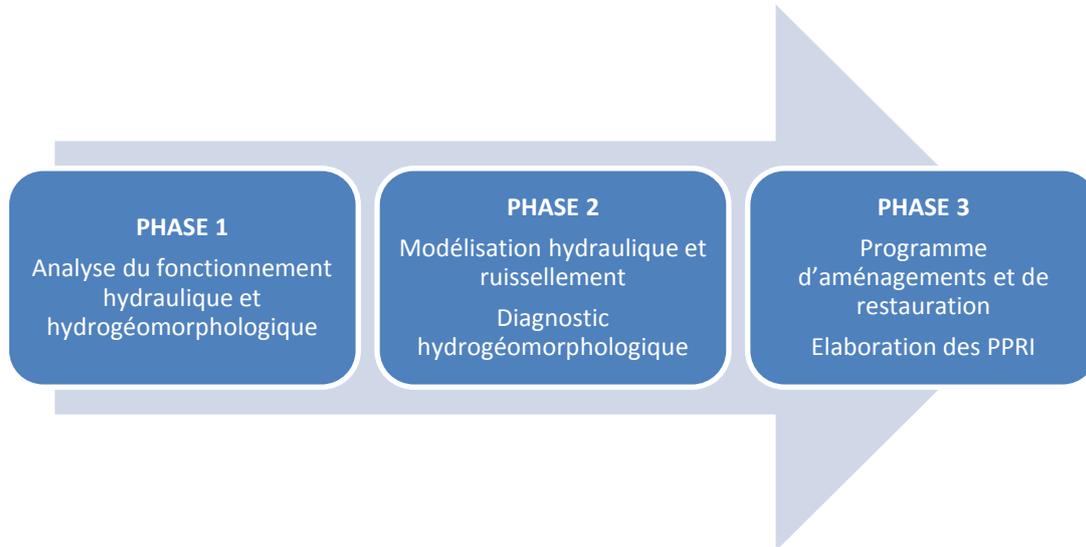
- Phase 1 : Analyse du fonctionnement du bassin versant ;
- Phase 2 : Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique ;
- Phase 3 : Programme d'aménagement et de restauration ;
- Phase 4 : Tranche optionnelle.

La phase 1, objet de ce rapport, est une phase de synthèse et de pré-diagnostic. Dans un premier temps, une synthèse globale, la plus exhaustive possible, est réalisée afin d'avoir une première vision du bassin versant du Gapeau et du Roubaud dans leur globalité.

Dans un second temps, une première expertise est menée sur les 3 axes de recherche : **hydromorphologie**, **inondations par débordement** et **inondations par ruissellement** (via les approches hydraulique et hydrogéomorphologique). Cette expertise est déterminée à partir de la

bibliographie existante, de rencontres avec les acteurs locaux et de visites de terrain. Elle vise à identifier les zones d'enjeux et les zones d'ombres pour lesquelles un approfondissement sera nécessaire lors de la phase suivante.

**L'issue de la phase 1 est de définir un diagnostic partagé avec une vision commune du territoire pour fixer les grands enjeux et les hypothèses de travail pour la suite de l'étude.**



**Figure 8 - Phasage de l'étude**

La présente étude s'inscrit dans le cadre du PAPI d'intention et plus précisément des actions :

- I-1 : Etude hydraulique globale du bassin versant ;
- I-2 : Etude hydromorphologique globale du bassin versant ;
- IV-1 : Etablissement des 8 PPRI définitifs.

## 2. Données d'entrée

### 2.1 Données collectées

Au démarrage de l'étude et durant toute la durée de la phase 1, de nombreuses données ont été recueillies auprès des différents acteurs (SMBVG, DDTM 83, communes, services de l'état, associations, ...).

#### 2.1.1 Etudes antérieures

De nombreuses études hydrologiques, hydrauliques et environnementales ont été fournies par le SMBVG au démarrage de l'étude. Le tableau ci-dessous détaille les études recueillies :

Nom de l'étude	Date de l'étude	Auteur de l'étude
Etude hydraulique du Gapeau à Hyères	1996	HGM
Etude hydrologique sur la commune de CUERS	1999	SAFEGE
Détermination des zones inondables du Gapeau	1999	SCP
Cartographie de l'aléa inondation par le Roubaud	Septembre 2000	IPSEAU
Etude hydraulique sur la commune d'Hyères-les-Palmiers	Mars 2001	CEDRAT Développement
Etude de l'aléa inondation du Gapeau dans la plaine d'Hyères-les-Palmiers	Juillet 2000	HGM Environnement
Diagnostic de la qualité des eaux superficielles du bassin versant du Gapeau	Septembre 2005	ASCONIT Consultants
Etude de cohérence hydraulique du bassin versant du Gapeau	2006	SCP ID
Etude des zones inondables du Réal Collobrier et ses affluents	Mars 2006	IPSEAU
Etude hydraulique - RD14 - Contournement Nord de Pierrefeu	Décembre 2008	EGIS EAU
Etude des conditions de migration anadrome de l'anguille sur les fleuves côtiers méditerranéens	Septembre 2010	MRM, FNP
Etude et gestion intégrée des transferts sédimentaires dans le système Gapeau/rade d'Hyères	2011	Université Aix-Marseille I
Inventaire des ouvrages de protection des berges du Gapeau	Octobre 2012	SCP
Retour d'expérience des intempéries sur le département du Var du 19 janvier 2014	Octobre 2014	CEREMA
Délimitation des zones inondables du Meige Pan, du vallon de Valcros et des ruisseaux Dupas Redon et de Saint-Lazare sur la commune de Cuers	Décembre 2014	ENVEO
Recensement, identification, cartographie et classement des digues de protection contre les inondations dans le département du Var	Février 2015	SAFEGE
Elaboration d'un programme de travaux de restauration, d'entretien et de mise en valeur du Gapeau et de ses affluents	Décembre 2015	LINDENIA
Etude pour la définition d'une stratégie de réduction de l'aléa inondation et détermination des zones naturelles d'expansion des crues du BV du Gapeau	Juillet 2015	SCE, AQUA Conseils

Le Gapeau à Hyères - Amélioration de la courbe de tarage de la station de Sainte Eulalie	Novembre 2015	CEREMA
Elaboration d'un programme de travaux de restauration, d'entretien et de mise en valeur du Gapeau et de ses affluents	Janvier 2016	LINDENIA
Etat des lieux et diagnostic du SAGE du bassin versant du Gapeau	Janvier 2017	BRL

**Tableau 6 - Liste des études recueillies au démarrage de l'étude**

L'ensemble de ces études font l'objet de fiches de synthèse présentées en **annexe 1** de ce rapport.

### 2.1.2 Données SIG et topographiques

De nombreuses données SIG et topographiques ont été recueillies auprès des différents organismes (SMBVG, DDTM 83, communes, services de l'état, ..). Ces données serviront tout au long de l'étude et sont présentées dans le tableau suivant :

Données	Description	Type	Date	Auteur
RGE ALTI (version 1m)	Le RGE ALTI décrit la forme et l'altitude normale de la surface du sol à grande échelle	Modèle Numérique de Terrain	2017	IGN
MNT OPSIA (1 m)	Modèle Numérique de Terrain réalisé dans le cadre de l'étude Lindenlia par OPSIA	Modèle Numérique de Terrain	2015	OPSIA
BD ORTHO du Var	La BD ORTHO est l'image géographique du territoire national, la France vue du ciel	Fond de plan	2014	IGN
SCAN 25 du Var	Le SCAN 25 est une série d'images cartographiques numériques géoréférencées utilisables pour localiser et positionner des informations, repérer des interventions et saisir des données métier	Fond de plan	2014	IGN
BD CARTHAGE du Var	La BD CARTHAGE est un système de repérage spatial des milieux aquatiques superficiels pour la France.	SIG		ONEMA
BD TOPO du Var	La BD TOPO est une description vectorielle 3D des éléments du territoire et de ses infrastructures.	SIG		IGN
Profils en travers	Levés des profils en travers des vallons et ruisseaux du bassin versant du Gapeau	Levés géométriques	2016	OPSIA
Profils en long	Levés des profils en long des vallons et ruisseaux du bassin versant du Gapeau	Levés géométriques	2016	OPSIA
Profils en long	Profils en long du haut de crête, du haut de berge et du fil d'eau sur le secteur "Plan du pont"	Levés géométriques	2016	OPSIA
Profils en long	Profils en long de la digue et du déversoir sur le secteur "Plan du pont"	Levés géométriques	2016	OPSIA
Ouvrages hydrauliques	Relevés topographiques d'ouvrages hydrauliques sur le bassin versant du Gapeau	Levés géométriques	2016	OPSIA
Zones inondables	Zonage réglementaire des PPRI approuvé au 30 mai 2016 sur le bassin versant du Gapeau	Zonage réglementaire	2016	Services de l'Etat
RPG du Var	Base de données géographiques servant de référence à l'instruction des aides de la politique agricole commune	SIG	2012	IGN
Programme d'entretien 2016-2021	Ensemble des données SIG issues de l'étude Lindenlia pour l'élaboration d'un programme de travaux de restauration, d'entretien et de mise en valeur du Gapeau et de ses affluents	SIG	2015	LINDENIA
Identification des ZEC	Etude pour la définition d'une stratégie de réduction de l'aléa inondation et détermination des zones naturelles d'expansion des crues du BV du Gapeau	SIG	2015	SCE & AQUA Conseils
SAGE	Base de données réalisées dans le cadre du diagnostic initial du SAGE Gapeau	SIG	2017	BRL
AZI de la région PACA	Emprise de l'Atlas des Zones Inondables (AZI) sur la région PACA	SIG		Services de l'Etat

**Tableau 7 - Liste des données SIG et topographiques recueillies au démarrage de l'étude**

## 2.2 Rencontre des acteurs locaux

### 2.2.1 Objet des rencontres

La phase 1 de l'étude a permis de réaliser un certain nombre de rencontres avec les acteurs locaux (responsables communaux, techniciens ou élus, membres de la commission locale de l'eau...).

Une trame de questionnaire a été mise en place après validation auprès du SMBVG et de la DDTM du Var. Ce questionnaire s'organise selon les thématiques suivantes :

- **Données générales** : description de l'organisme/structure rencontré avec les coordonnées de la ou les personnes référentes en termes de risque inondation ;
- **Connaissance du risque inondation** : les sources des inondations et l'identification des secteurs et/ou enjeux impactés en distinguant le débordement de cours d'eau et le ruissellement pluvial de surface, les épisodes d'inondations les plus marquantes ;
- **Aménagement et vulnérabilité du territoire face au risque inondation** : intégration du risque inondation dans les documents d'urbanisme (concerne les communes), et connaissance de la vulnérabilité face au risque inondation ainsi que les études et/ou projets menés pour réduire ce risque ;
- **Ouvrages de protection contre les inondations** : identification des ouvrages de protections ;
- **Aspect hydromorphologique** : identification des aléas morphologiques (érosion, dépôts de sédiment, embâcles, ...) ainsi que des enjeux exposés au changement morphologique ;
- **Mise en place de la compétence GEMAPI** : connaître les enjeux concernant le grand cycle de l'eau et identifier les attentes des acteurs locaux sur la GEMAPI.

### 2.2.2 Rencontres effectuées

Au total, 24 entretiens ont été réalisés sur la période septembre-décembre 2017. Le tableau ci-après synthétise les entretiens réalisés. Les questionnaires et compte-rendu de ces entretiens sont présentés en **annexe 2**.

***NB : Parmi les rencontres des communes, il n'a pas été possible de rencontrer la commune de Belgentier. Cette rencontre est reportée en phase 2.***

***Lors du démarrage de la phase 2, d'autres rencontres seront programmées avec différents acteurs (associations, représentants d'ASA, partenaires techniques divers...).***

Date de la rencontre	Structure rencontrées	Personne(s) référente(s)
Mer. 06/09/17 à 14h00	Fédération Hydraulique du Var	<b>Franck CHAUVET</b> - Directeur de la Fédération Hydraulique du Var
Mer. 06/09/17 à 17h00	Commune de La Crau	<b>Catherine DURAND</b> - Elue et déléguée au syndicat <b>François BOURRAT</b> - Référent technique sur les cours d'eau <b>Laurent SALACOU</b> - Police municipale, référent PCS <b>Rudy NICOLAU</b> - Directeur Syndicat de l'Eygoutier
Jeu. 07/09/17 à 09h00	Commune de Cuers	<b>Jérôme BINOT</b> - Service bureau d'études et référent technique du SAGE et du PAPI <b>Jean-François OLIVIER</b> - Directeur du bureau d'études <b>Jacques TENAILLON</b> - Elu et délégué au syndicat
Jeu. 07/09/17 à 16h30	Fédération pour la Pêche du Var	<b>Julien PREYNAT</b> - Chargé de mission <b>Olivier BONNEFOUS</b> - Chargé de mission

Ven. 08/09/17 à 09h00	Commune de Collobrières	<b>Nathalie LAPREE</b> - Directrice du service environnement et urbanisme <b>Michel ARMANDI</b> - Elu et délégué au syndicat
Ven. 08/09/17 à 15h30	Commune de Pierrefeu-du-Var	<b>Patrick MARTINELLI</b> - Maire de Pierrefeu-du-Var et président du SMBVG <b>Jean-Bernard KISTON</b> – 1er adjoint <b>Monique TOURNIAIRE</b> – Adjointe à l'urbanisme <b>Céline MORISSON</b> – Responsable du service urbanisme <b>Christophe POLI</b> – Directeur de cabinet du Maire <b>Eric MEYNARD</b> – Directeur général des services <b>Eric LOTTIEAU</b> – Directeur des services techniques
Lun. 11/09/17 à 10h00	Commune de Solliès-Ville	<b>Alain BADOUR</b> - 1er Adjoint délégué à la sécurité et à la police municipale
Lun. 11/09/17 à 14h00	Commune de Puget-Ville	<b>Paul PELLEGRINO</b> - Adjoint délégué à l'environnement, aux déchets, aux eaux pluviales, à l'agriculture, la forêt, le débroussaillage et les liens avec Cœur du Var <b>Didier FOSSE</b> - Adjoint délégué aux affaires sociales, à la jeunesse, à la petite enfance, aux affaires patriotiques et à la sécurité <b>Gilles BRUNO</b> – Directeur des services techniques <b>Maud CORTEZ-RETTEL</b> – Service urbanisme, affaires foncières
Mar. 12/09/17 à 14h00	Commune de Solliès-Pont	<b>Philippe LAURERI</b> - Adjoint délégué à la sécurité, aux risques majeurs, aux quartiers et à l'agriculture <b>Florent CHOLLET</b> - Responsable des Services Techniques
Mer. 13/09/17 à 15h00	Commune d'Hyères (Les Borrels)	<b>Elie DI RUSSO</b> - Elu, responsable du quartier des Borrels <b>Isabelle MONTFORT</b> – Adjointe, déléguée au syndicat <b>Cédric L'HENAFF</b> - Chef du service eau et référent technique sur la thématique inondation
Mer. 20/09/17 à 10h00	Commune de La Farlède	<b>Gérard PUVEREL</b> – Adjoint et vice-président du syndicat <b>Jean-Paul SABRAN</b> – Technicien assainissement pluvial <b>Grégory JACQUEL</b> – Directeur des services techniques <b>Lilian CARDONA</b> – Responsable service urbanisme
Mer. 20/09/17 à 14h00	Chambre de Commerce et d'Industrie du Var	<b>Marianne GARDE</b> - Chargée de mission <b>Patrick REYGADES</b> - Responsable de l'antenne d'Hyères
Jeu. 21/09/17 à 15h00	Agence Française pour la Biodiversité	<b>Michel NIVEAU</b> - Agent de contrôle
Mar. 26/09/17 à 09h00	Commune de Méounes-lès-Montrieux	<b>Gérard PASIAN</b> - Elu à la sécurité et l'environnement et référent inondation <b>Joël PERENON</b> – Elu
Mar. 26/09/17 à 14h0	Commune d'Hyères	<b>Isabelle MONFORT</b> - Elue et présidente de la commission inondation du SAGE
Mer. 27/09/17 à 10h30	Chambre d'Agriculture du Var	<b>Emilie BURON</b> - Animatrice sur le bassin versant du Gapeau <b>Thierry SAVIO</b> - Chef de service
Mer. 27/09/17 à 14h00	Service de Prévision des Crues Méditerranée	<b>Jean PANSU</b> - Directeur du SPC Méditerranée-Est <b>Laurent GOULET</b> – Chef prévisionniste SPC
Jeu. 28/09/17 à 15h00	Commune de Signes	<b>Jean Mathieu MICHEL</b> - Maire de Signes <b>Joseph FABRIS</b> – Adjoint et délégué au syndicat <b>Georges BRICOUT</b> – Adjoint à la sécurité

Mer. 11/10/17 à 09h00	Commune de Solliès-Toucas	<b>Stéphane ROA</b> - Directeur des Services Techniques <b>Jean-Christophe PASTOR</b> – Directeur général des services <b>Mme GOURRIN</b> – Service urbanisme <b>Jean-Pierre CALONGE</b> – 1er adjoint
Mer. 11/10/17 à 16h00	Commune de Pignans	<b>Didier MIELLE</b> - Elu et délégué au syndicat
Jeu. 12/10/17 à 14h00	Atelier Industriel Aéronautique de Cuers- Pierrefeu	<b>Philippe ROCHE</b> - Chef du bureau maîtrise des risques et chef du département moyens de soutien <b>Pierre BLAS</b> – Bureau maîtrise des risques
Jeu. 19/10/17 à 09h30	Commune de Carnoules	<b>Hubert SILVESTRO</b> - Directeur des Services Techniques <b>Claude ARIELLO</b> - Adjoint à l'environnement
Jeu. 16/11/17 à 09h00	Communauté de Communes de la Vallée du Gapeau	<b>Thomas ROBERT</b> – Directeur technique
Jeu. 23/11/17 à 10h00	IRSTEA	<b>Patrick ARNAUD</b> – Responsable du service hydrologie

**Tableau 8 - Synthèse des entretiens et rencontres réalisés avec les acteurs locaux du bassin versant du Gapeau et du Roubaud**

## 2.3 Visites de terrain

De nombreuses visites de terrain ont eu lieu au cours de la phase 1. Les secteurs spécifiques suivants ont fait l'objet d'investigation de terrain. Ces secteurs ont été identifiés au travers des différentes rencontres avec les acteurs.

- Pierrefeu-du-Var :
  - Secteur de l'hôpital
  - Hameau de la Tuilière
- Cuers :
  - Partie aval du Saint-Lazare
- Hyères :
  - Vallon des Borrels
  - ZEC du Plan du Pont
  - Quartier de l'Oratoire
  - Le parc Olbius Riquier
- La Crau :
  - Secteur de la Grillone
  - Pont de la RD 29
- Solliès-Ville et Solliès-Pont :
  - Lieu-dit « Les Daix »
  - Le Pont Neuf
- Carnoules :
  - Quartier des Moulières
- Collobrières :
  - Amont du centre urbain
  - Aval du centre urbain
- Signes :
  - Secteur de la carrière
- Solliès-Toucas :
  - Centre urbain

Une synthèse de ces visites de terrain est présentée au paragraphe 8 « **Synthèse des rencontres et visites de terrain** ».

## 3. Présentation du bassin versant du Gapeau et du Roubaud

### 3.1 Réseau hydrographique et découpage des bassins versants

#### 3.1.1 Présentation des bassins versants

L'étude porte sur 2 bassins versants distincts :

- Le Gapeau (550 km<sup>2</sup>, étude SMBVG et DDTM 83) ;
- Le Roubaud (21 km<sup>2</sup>, spécifique à l'étude DDTM 83).

Le bassin versant global du Gapeau peut être découpé en 3 grands ensembles hydrographiques : le Gapeau, le Réal Martin et le Réal Collobrier, comme l'illustre la cartographie de la page suivante.

Le graphique ci-après présente la répartition spatiale des 571 km<sup>2</sup> étudiés dans le cadre de cette étude.

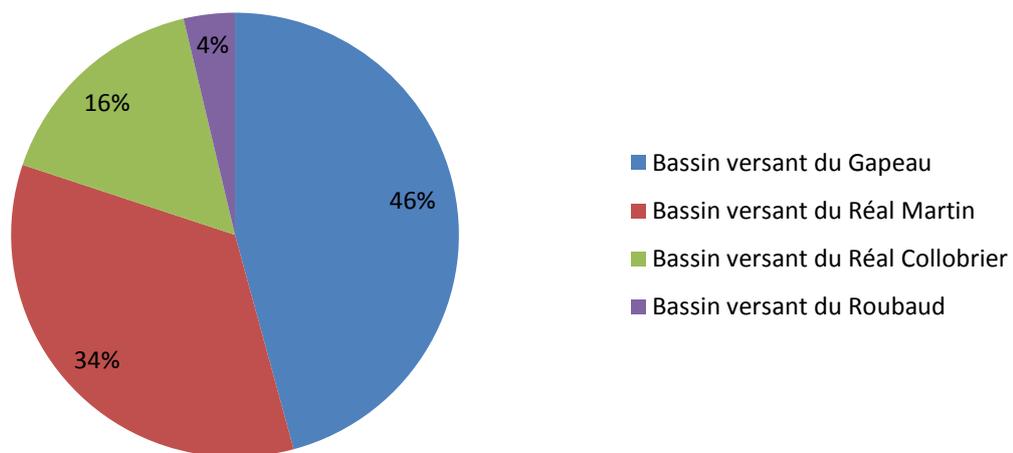


Figure 9 - Répartition spatiale des principaux bassins versants



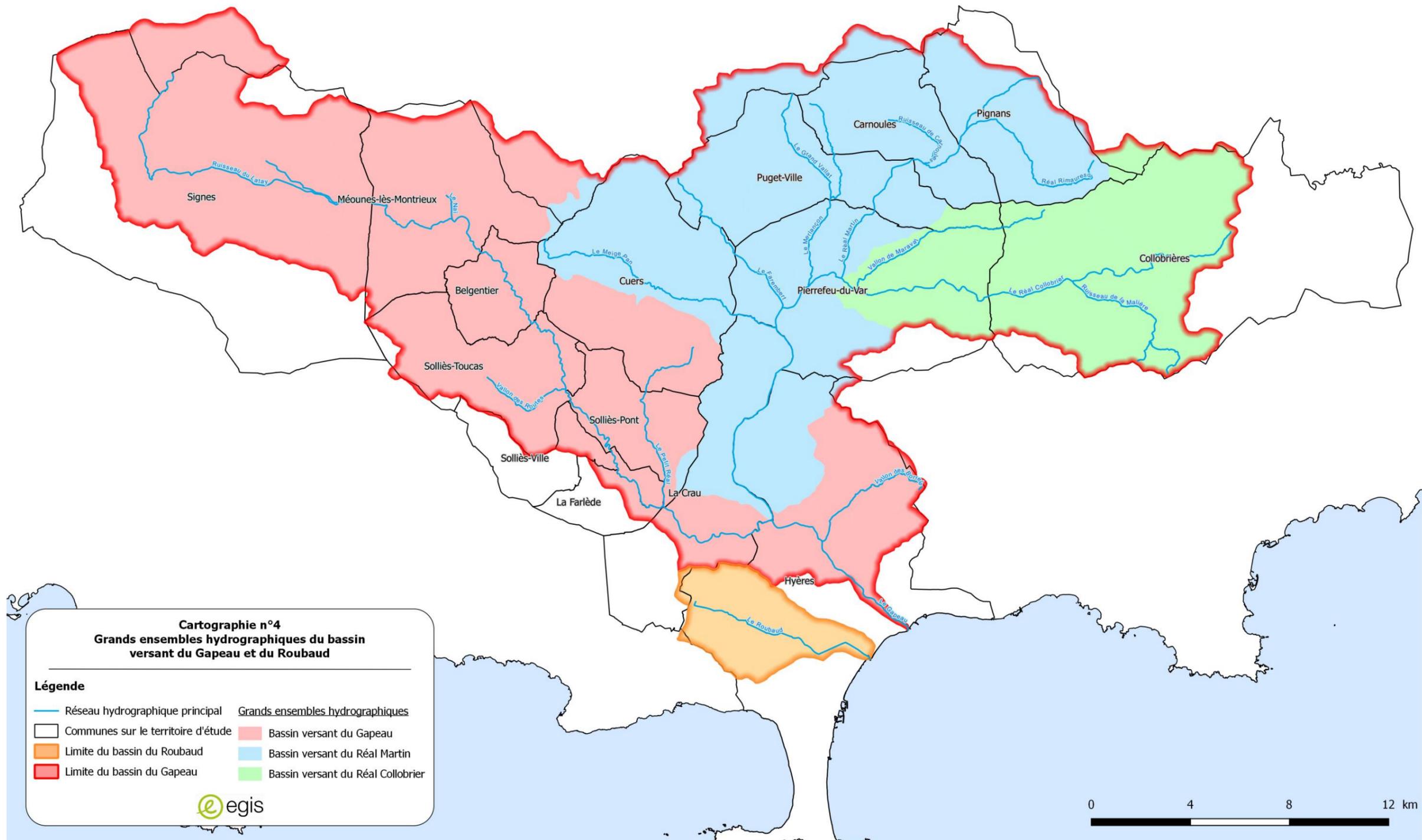
**BASSIN VERSANT  
du GAPEAU**  
SYNDICAT MIXTE



Liberté • Égalité • Fraternité  
REPUBLIQUE FRANÇAISE  
Direction Départementale  
des Territoires et de la Mer

**Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique sur le bassin  
versant du fleuve Gapeau et du Roubaud en vue de la réalisation  
de PPRI et d'un PAPI du Gapeau**





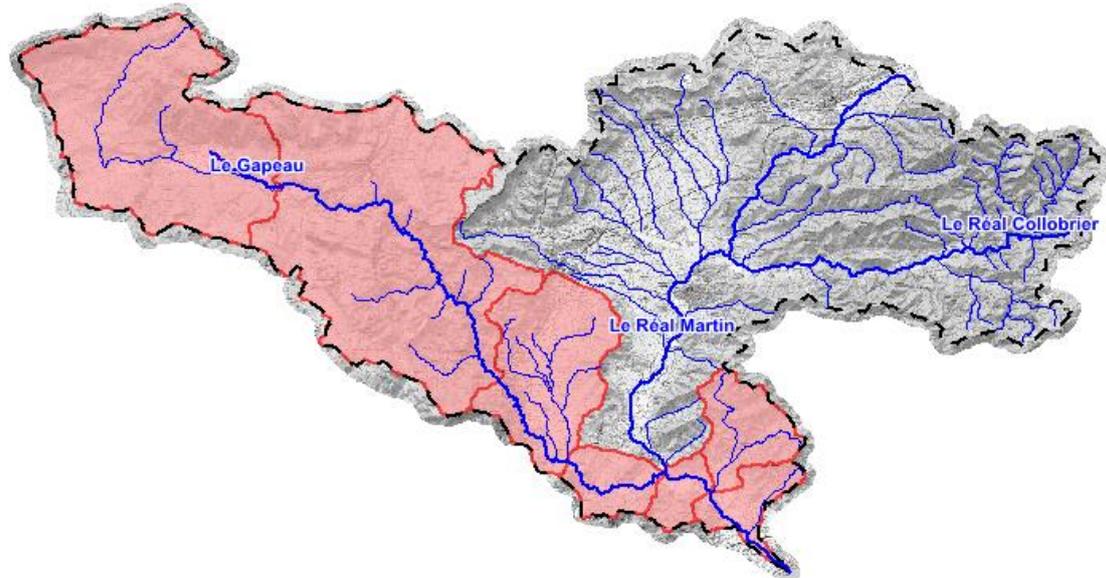
Cartographie 4 - Grands ensembles hydrographiques du bassin versant du Gapeau et du Roubaud

### 3.1.1.1 Le Gapeau

Le Gapeau (hors Réal Martin et Réal Collobrier) draine un bassin versant d'une superficie de 260 km<sup>2</sup>.

Ce bassin versant concerne les communes suivantes d'amont en aval :

- Signes
- Méounes-lès-Montrieux
- Belgentier
- Solliès-Toucas
- Cuers
- Solliès-Ville
- Solliès-Pont
- La Farlède
- La Crau
- Hyères



**Figure 10 - Bassin versant du Gapeau**

Avant de parcourir 43 km, ce cours d'eau prend sa source dans la plaine de Signes, au pied du massif de la Sainte-Baume (à 316 m d'altitude). Il est principalement alimenté par des sources sur sa partie amont et par des affluents dans sa partie aval. Au-delà de Solliès-Pont, il s'ouvre en suivant un axe nord-ouest/sud-est. Après avoir traversé 9 communes, il se jette dans la Mer Méditerranée à l'embouchure des Salins d'Hyères. Il constitue le principal apport naturel d'eau de la rade (avec un débit à l'année d'environ 8 l/s/km<sup>2</sup>).



Photo 1 – Le fleuve Gapeau à Solliès-Toucas (photo prise le 02/08/17)

Il suit un tracé relativement étroit jusqu'à Solliès-Pont, avec un lit et des berges stables. Son parcours est ponctué d'ouvrages, de ponts et de seuils. Sa pente, plus marquée à l'amont qu'à l'aval, est en moyenne de 7,5 ‰.

Sur sa partie amont (jusqu'à Solliès-Pont), la vitesse de montée des eaux en crue est de 7 m<sup>3</sup>/s par heure, 3 fois plus rapide sur sa partie aval (confluence avec le Réal Martin). Le ressuyage est quant à lui assez rapide sur l'ensemble du linéaire (entre 2 et 3,5 m<sup>3</sup>/s par heure) (données SCE-AQUA-Conseils, 2015).

Enfin, sur sa partie amont, les eaux ruissellent lentement, du fait de la présence importante de réseaux karstiques. Sur ses parties intermédiaires et aval, les eaux ruissellent beaucoup plus rapidement (sols cristallins, plaine permienne).

Hors Réal Martin, le fleuve Gapeau compte 18 affluents pour un linéaire de réseau hydrographique total de 80,6 km.

Cours d'eau	Longueur en km	Superficie en km <sup>2</sup>
Ruisseau du Latay	18.6	59.1
Le Raby	3.2	4.4
Le Naï	1.1	17.8
Ruisseau des Fougély	1.2	0.8
Vallon de la Foux	4.7	7.9
Ruisseau des Roubins	1.3	1.0
Ruisseau de Rénégon	1.5	1.5
Ruisseau de Valcros	2.9	5.5
Vallon des Routes	4.2	16.8
Ruisseau de la Jonquière	3.8	2.7
Ruisseau de Sainte-Christine	5.1	5.1
Ruisseau des Anduès	3.2	1.5
Vallon des Ruscats	3.2	2.2

Ruisseau des Partides	1.7	27.6
Le Petit Réal	8.5	
Baisse des Contes	5.6	6.7
Vallon des Borrels	6.2	15.4
Ruisseau de Sainte Eulalie	4.4	3.5

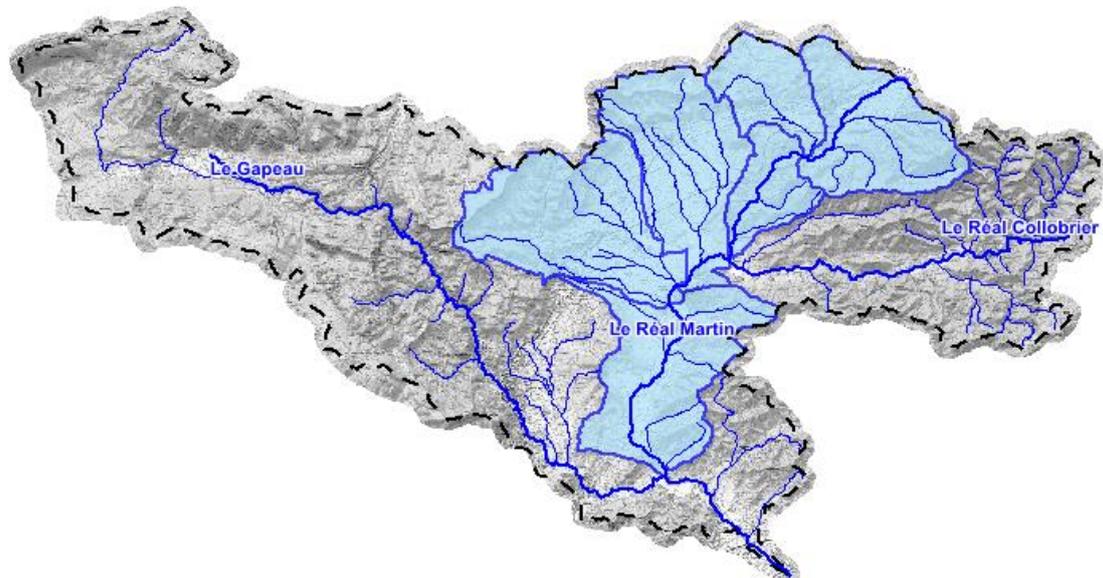
**Tableau 9 - Liste des affluents du Gapeau**

### 3.1.1.2 Le Réal Martin

Le Réal Martin (hors Réal Collobrier) draine un bassin versant d'une superficie de 195 km<sup>2</sup>.

Ce bassin versant concerne les communes suivantes d'amont en aval :

- Pignans
- Carnoules
- Puget-Ville
- Pierrefeu-du-Var
- Cuers
- La Crau
- Hyères


**Figure 11 - Bassin versant du Réal Martin**

Principal affluent du Gapeau, en rive gauche, ce cours d'eau prend sa source au nord-est de Pignans, dans le quartier des Plaines à l'altitude 215 m. Il s'étend sur près de 28 km sur lesquels il récupère le Réal Collobrier (affluent du Réal Martin) en amont de Pierrefeu-du-Var (à 14 km de sa source, à 68 m d'altitude). Ce cours d'eau sillonne des milieux naturels, agricoles et traverse 6 communes. Il rejoint le Gapeau au niveau de La Crau et d'Hyères, à 8 km de l'embouchure (à 14 m d'altitude). La largeur moyenne de son lit est de 7 m pour une pente de 8,6 ‰ (sa pente est 3 fois moins forte que celle du Réal Collobrier qui est de 0,22 ‰).



Photo 2 - Le Réal Martin à Pierrefeu-du-Var (photo prise le 23/08/17)

Les crues qu'il occasionne sont relativement rapides (vitesse de montée des eaux de 19,4 m<sup>3</sup>/s par heure à La Crau), soudaines et destructrices. Les crues (dont la fréquence a tendance à augmenter) ont des vitesses généralement élevées. Malgré la présence d'ouvrages fixant ses abords, les berges semblent propices à l'érosion notamment sur la moitié aval du cours d'eau. La plaine viticole endiguée n'est toutefois pas épargnée par les crues à cause d'un « drainage » intense : les digues limitent les débordements fréquents mais pas ceux de forte crue. Ainsi, la plaine constitue des zones d'expansion et d'accumulation. Le temps de propagation a tendance à augmenter entre La Crau et Hyères (2h30 en crue forte, avec une vitesse de propagation de 3 à 5 km/h).

Le cours d'eau du Réal Martin compte 25 affluents pour un linéaire de réseau hydrographique total de 128,2 km.

Cours d'eau	Longueur en km	Superficie en km <sup>2</sup>
Vallon de Notre-Dame des Anges	4.4	4.4
Réal Rimauresq	8.0	7.4
Val de Garnier	2.7	-
Vallon des Bîmes	3.3	-
La Font de l'Île	4.5	16.7
Ruisseau de Carnoules	3.6	
Vallon du Fédon	2.9	2.0
Vallon de Loubier	4.7	3.0
Le Grand Vallat	6.2	11.2
Le Rayolet	5.0	3.1
Le Canadel	8.6	7.7
Le Merlançon	9.0	29.2
La Houlette	7.5	7.1
Le Sautarel	4.8	5.5
Vallon de la Pouverine	4.0	3.1

Ruisseau des Plans de Loube	1.8	5.6
Ruisseau du Plan	1.0	
Ruisseau de Rémin	5.6	
Le Farembert	7.6	32.2
Le Meige Pan	12.2	21.2
Ruisseau de Traversier	4.7	6.3
Ruisseau des Cougourdes	6.3	4.5
Vallon des Châtaigniers	2.8	4.0
Vallon de Valbonne	4.1	3.4
Vallon du Viet	3.1	2.7

Tableau 10 - Liste des affluents du Réal Martin

### 3.1.1.3 Le Réal Collobrier

Le Réal Collobrier draine un bassin versant d'une superficie de 92 km<sup>2</sup>. Ce bassin versant concerne les communes suivantes d'amont en aval :

- Collobrières
- Pierrefeu-du-Var

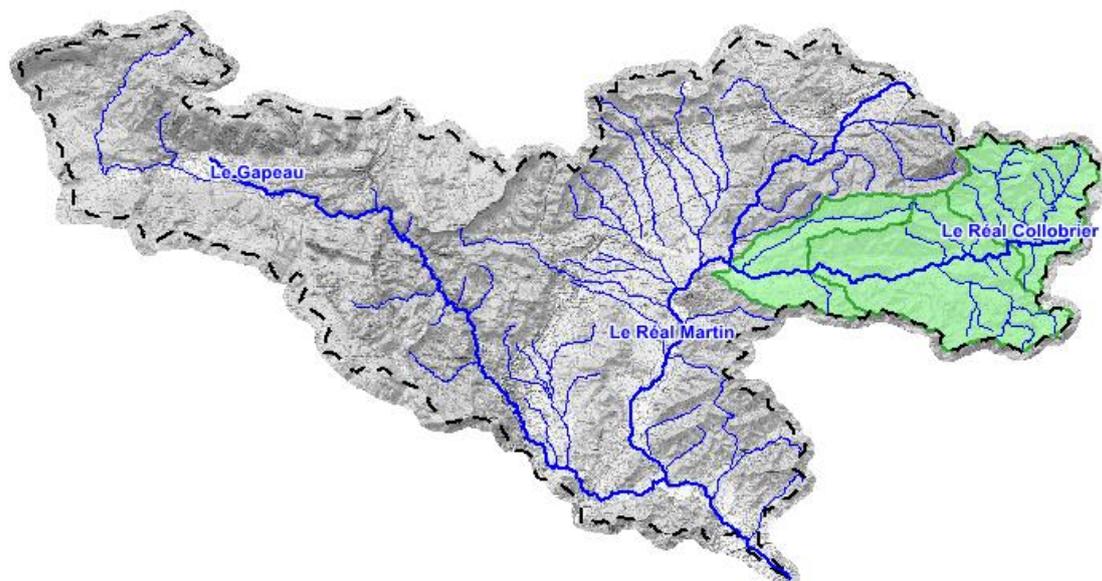


Figure 12 - Bassin versant du Réal Collobrier

Le bassin versant du Réal Collobrier suit globalement un axe est-ouest correspondant à l'axe de la vallée. La majeure partie du bassin versant est recouvert par la forêt domaniale des Maures (forêt de type méditerranéenne). Les zones urbanisées se situent en fond de vallée, et les zones de plaines sont composées de terres agricoles et de vignes.

L'encaissement et l'étroitesse du cours d'eau en fond de vallée explique le caractère rapide et le faible écrêtement des crues du Réal Collobrier.

La vitesse de montée des eaux du Réal Collobrier est comparable à celle du Gapeau amont (7 m<sup>3</sup>/s par heure) avec par contre un ressuyage relativement lent (-0,2 m<sup>3</sup>/s par heure) qui s'explique principalement par la capacité de « rétention » des vallées inondables et du caractère majoritairement naturel ou agricole.



Photo 3 - Le Réal Collobrier à Collobrières (photo prise le 01/08/17)

D'une longueur de 19,5 km, le cours d'eau du Réal Collobrier cumule 25 affluents pour un linéaire de réseau hydrographique total de 70,3 km.

Cours d'eau	Longueur en km	Superficie en km <sup>2</sup>
Vallon de l'Obavis	1.0	9.3
Vallon de Rouves Gavot	2.0	
Ruisseau des Condamines	1.5	
Ruisseau de Laurier	2.1	
Vallon de Valescure	6.7	
Ruisseau de la Haute Sauvette	1.0	8.5
Le Grand Vallat	1.2	
Ruisseau de Magnan	1.0	
Ruisseau de Roudeborme	1.1	
Ruisseau des Bourganières	7.5	
Vallon de Vaubarnier	2.2	-
Vallon des Vaudrèches	3.8	-
Vallon des Pourcieux	1.0	-
Vallon de Marin	1.1	-
Vallon de Pérache	1.0	-
Ruisseau des Vaubelons	1.4	-
Ruisseau des Vaucanes	3.8	4.1
Ruisseau des Bonnoux	3.1	-
Vallon du Desteu	3.0	-
Vallon de la Malière	1.1	-
Ravin de l'Avelan	1.4	3.1
Vallon de Valuçière	2.9	
Ruisseau de la Malière	7.7	12.9

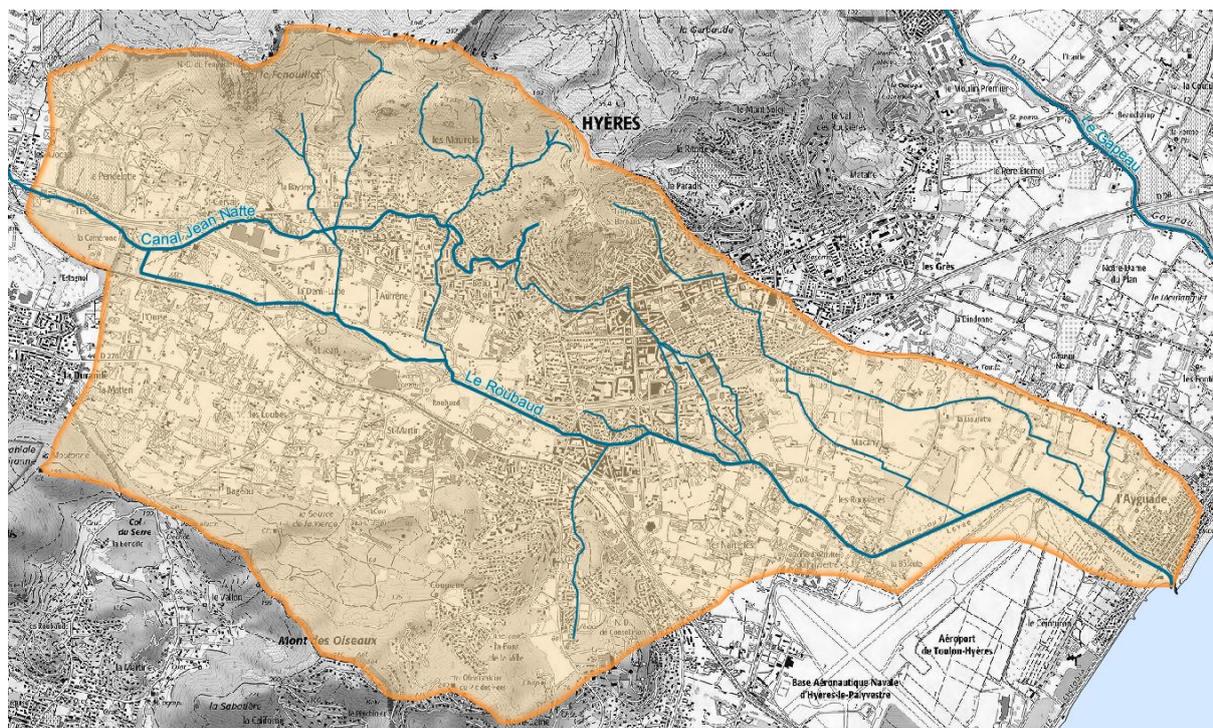
Ruisseau du Gaget	2.5	2.9
Vallon de Maraval	9.3	9.7

**Tableau 11 - Liste des affluents du Réal Collobrier**

### 3.1.1.4 Le Roubaud

Le Roubaud draine un bassin versant d'une superficie de 21 km<sup>2</sup>. Ce bassin versant concerne les communes suivantes d'amont en aval :

- La Crau
- Hyères


**Figure 13 - Bassin versant du Roubaud**

Long de 8 km, le Roubaud est un fleuve côtier qui prend sa source à 110 m d'altitude dans le massif des Maurettes au nord-ouest de la commune d'Hyères. Avec une pente moyenne de 1,3 %, il traverse des zones d'urbanisation plutôt diffuse en amont et traverse sur sa partie aval la ville d'Hyères. Il rejoint le quartier de l'Aygade au niveau de son embouchure.

Le Roubaud a fait l'objet de travaux de recalibrage au début des années 80. L'aménagement est quasiment terminé, ce qui a permis de réduire le risque inondation dû aux débordements sud Roubaud. Il reste quelques points sensibles comme le pont des Rougières ou encore le pont Olbuis Riquier (illustration en page suivante).



**Le territoire d'étude est partagé en 4 entités hydrographiques distinctes (Gapeau, Réal Martin, Réal Collobrier et Roubaud). On retrouve des paysages différents : des gorges sur l'amont du Gapeau, une plaine alluviale en partie agricole comprenant de nombreux affluents du Réal Martin, la forêt des Maures avec un chevelu hydrographique important en nombre rejoignant la vallée du Réal Collobrier et le Roubaud, un cours d'eau servant principalement d'exutoire des eaux pluviales de la ville d'Hyères.**



Photo 4 - Le Roubaud à Hyères (photo prise le 27/10/17)

### 3.1.2 Proposition de sous-découpage des bassins versants

La cartographie en page suivante présente le découpage en sous bassin versant issu du modèle hydrologique réalisé par SCE et AQUA Conseils en juin 2015.

Le sous-découpage proposé a été fait dans le cadre de l'« Etude pour la définition d'une stratégie de réduction de l'aléa inondation et détermination des zones naturelles d'expansion des crues du bassin versant du Gapeau » (SCE & AQUA Conseils, 2015). Il prend en compte les aspects suivants :

- Les bassins versants de tous les affluents importants ont été découpés, ce découpage se faisant en identifiant des sous bassins de superficies comparables ;
- Les zones dites « intermédiaires » représentant les écoulements diffus directement vers le Gapeau et le Réal Martin ont été prises en comptes ;
- Le découpage doit intégrer la possibilité d'avoir un point de calcul au niveau ou à proximité des « points de contrôles hydrologiques » (stations, sites à enjeux...).

Au final, le sous-découpage contient 99 sous bassins versants, les caractéristiques du découpage sont les suivantes :

- Nombres de sous bassins versants par grands ensembles : 40 pour le Gapeau, 18 pour le Réal Collobrier et 41 pour le Réal Martin ;
- Superficie moyenne des sous bassins versants : 5,6 km<sup>2</sup> ;
- Superficie maximale : 23,9 km<sup>2</sup> (sous bassin versant : Gapeau amont) et superficie minimale : 0,8 km<sup>2</sup> (sous bassin versant : Réal Martin La Portanière)

Dans le cadre du modèle hydrologique du Roubaud, des découpages en sous bassin versant existent issus de différentes sources :

- Le Schéma Directeur Pluvial de la ville d'Hyères, réalisé en 2008 par EGIS EAU ;
- Les travaux de Noémie CRETET (données à récupérer auprès des services techniques de la ville d'Hyères).

Ces données seront analysées dans le cadre de la phase 2 et complétées/modifiées au besoin afin de faire correspondre les entités hydrologiques avec le modèle hydraulique du Roubaud.

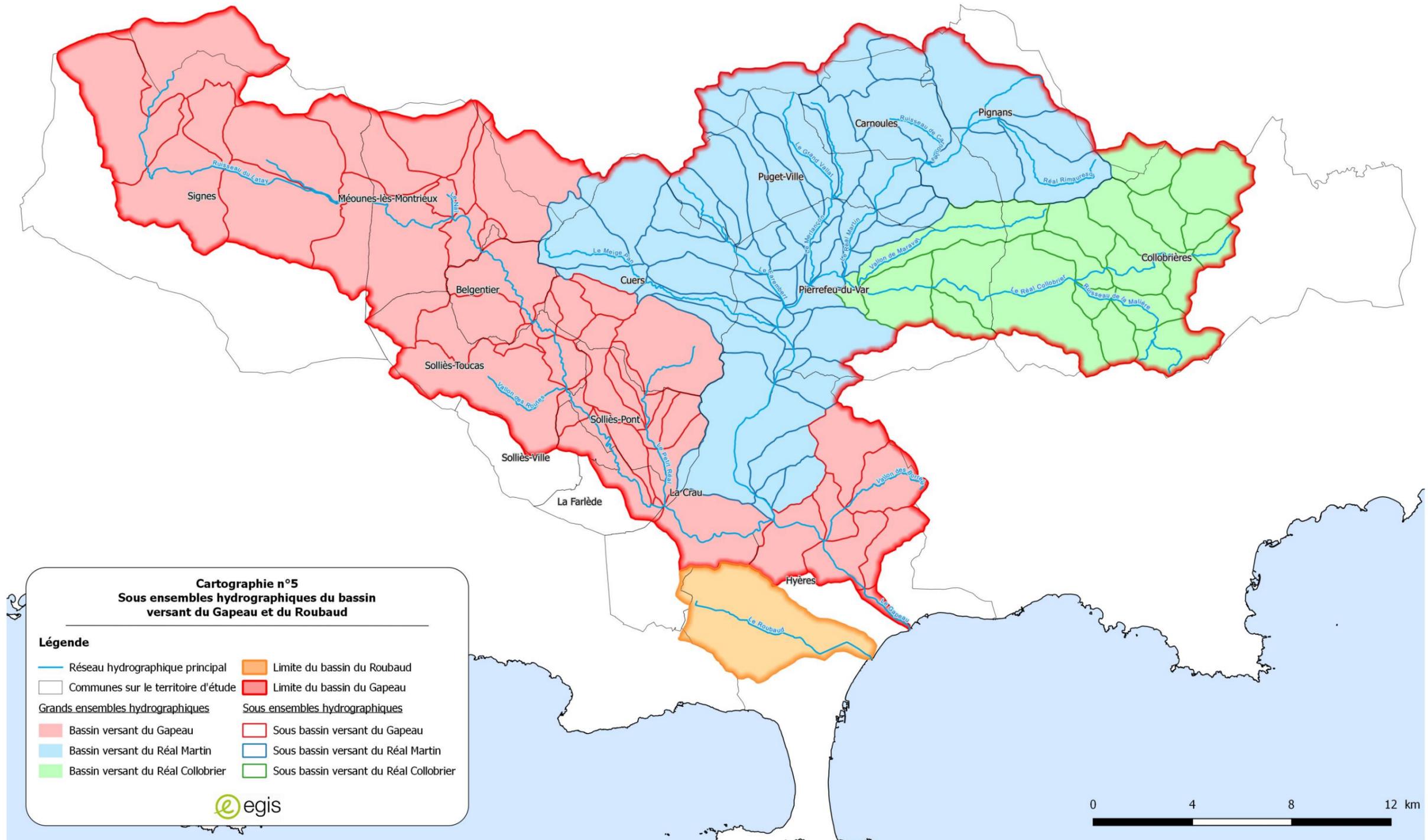


**Concernant le bassin versant du Gapeau, nous serons amenés à prévoir quelques modifications de sous découpage en phase 2 de modélisation hydraulique, ceci dans le but de faire correspondre les entrées hydrologiques avec les enjeux de modélisation 2D.**

**Concernant le bassin versant du Roubaud, un modèle hydrologique sous HEC-HMS sera construit lors de la phase 2 de l'étude. Une analyse hydrologique sera alors réalisée comprenant un découpage du bassin versant en sous bassin versant dans l'objectif d'une modélisation hydraulique du Roubaud.**



**Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique sur le bassin versant du fleuve Gapeau et du Roubaud en vue de la réalisation de PPRI et d'un PAPI du Gapeau**



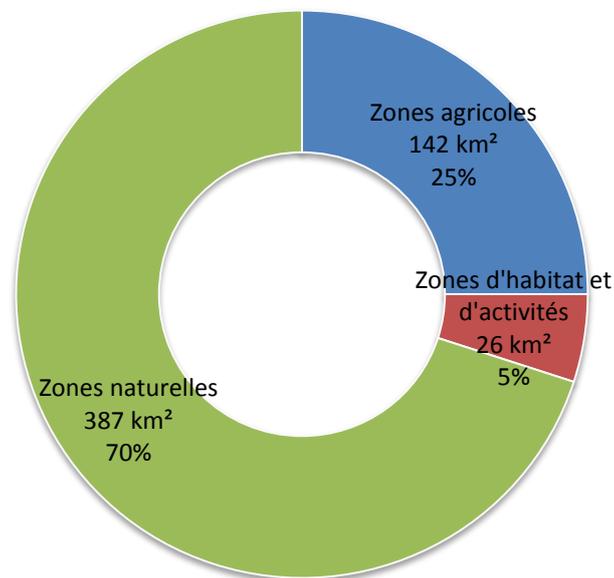
Cartographie 5 - Sous ensembles hydrographiques du bassin versant du Gapeau et du Roubaud

## 3.2 Occupations des sols

La surface de zones naturelles sur le bassin versant du Gapeau est très importante, représentant 70 % de la superficie totale comme le graphique ci-dessous.

L'analyse de l'occupation des sols a été réalisée à partir de la base de données du programme CORINE Land Cover de 2012. Cette base de données est hiérarchisée en 3 niveaux. Elle comprend 44 occupations de sol réparties en 5 grands types d'occupation du territoire :

- Territoires artificialisés ;
- Territoires agricoles ;
- Forêts et milieux semi-naturels ;
- Zones humides ;
- Surfaces en eau.

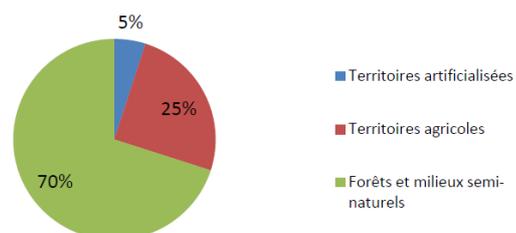


**Figure 14 - Répartition de l'occupation du territoire sur le bassin versant du Gapeau**

La cartographie en fin de paragraphe, présente l'occupation des sols du territoire du Gapeau et du Roubaud selon les 5 grands types définis précédemment. Les données en page suivante synthétisent par bassin versant l'occupation des sols.

Bassin versant du Gapeau		
Type d'occupation du sol	Surface en km <sup>2</sup>	Pourcentage
Territoires artificialisées	29	5%
Territoires agricoles	136	25%
Forêts et milieux semi-naturels	385	70%
<b>Surface du bassin versant</b>	550 km <sup>2</sup>	

Occupation du sol du bassin versant du Gapeau



Bassin versant du Roubaud		
Type d'occupation du sol	Surface en km <sup>2</sup>	Pourcentage
Territoires artificialisées	7	33%
Territoires agricoles	10	48%
Forêts et milieux semi-naturels	4	19%
<b>Surface du bassin versant</b>	21 km <sup>2</sup>	

Occupation du sol du bassin versant du Roubaud

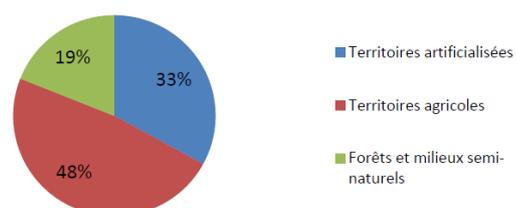


Figure 15 - Occupation du sol pour les bassins versants du Gapeau et du Roubaud

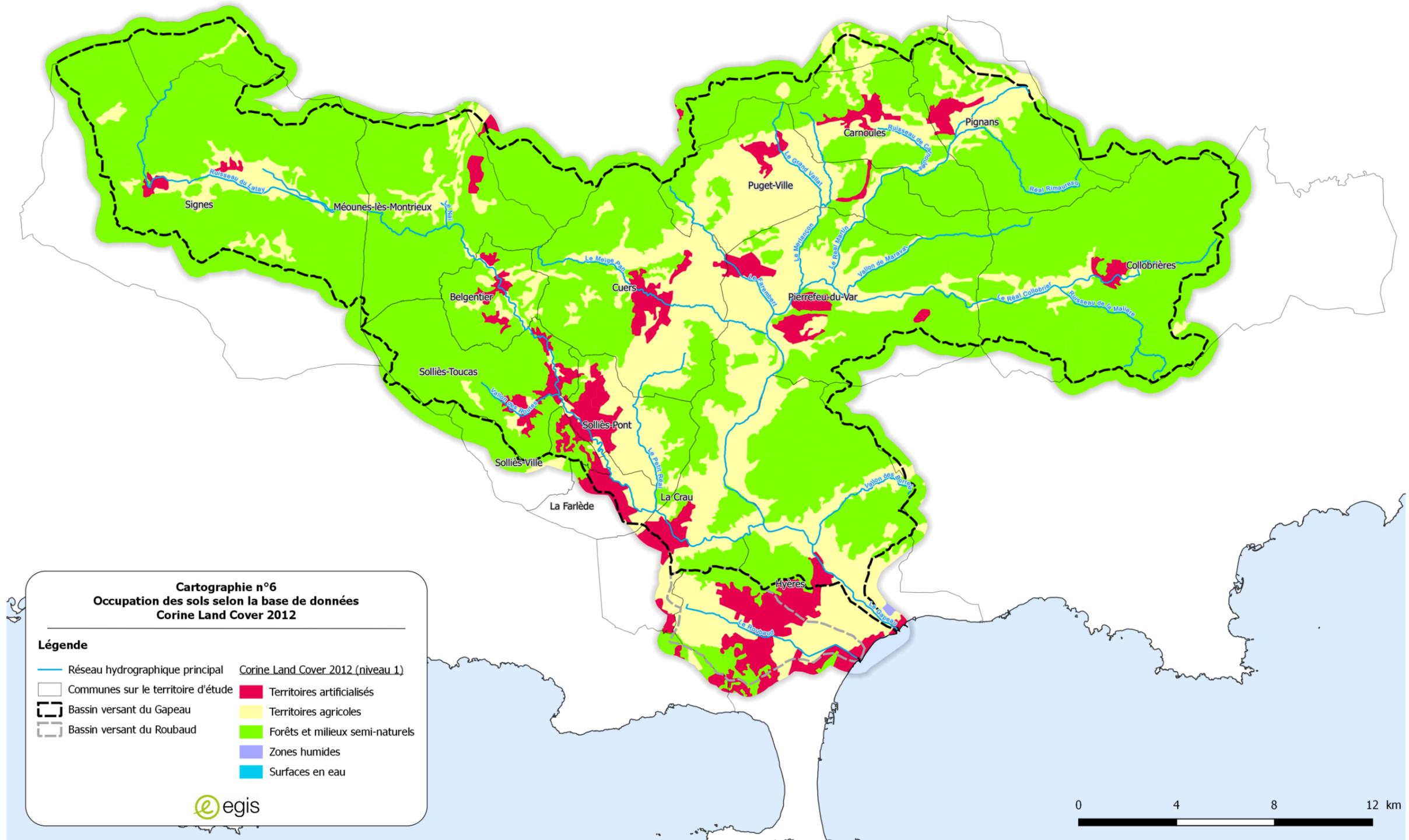


Sur l'ensemble du bassin versant du Gapeau, les forêts et milieux semi-naturels recouvrent quasiment 70 % du sol. Ces zones de forêts concernent notamment l'amont des bassins versant du Gapeau et du Réal Collobrier.

Les zones urbaines ne recouvrent que 5 % du territoire mais la plupart se situe en bordure de cours d'eau et donc exposée au risque d'inondation.

Le bassin versant du Roubaud est quant à lui assez artificialisé. Il faut rajouter que les espaces agricoles (48% du bassin) sont en général à dominante horticole et donc occupés par de nombreuses serres contribuant à l'imperméabilisation des sols.

*N.B. : à noter que des petits îlots urbains peuvent se retrouver englober dans un type d'occupation « Territoires agricoles » et inversement. Cela s'explique par le fait que la carte en page suivante présente les 5 grands types d'occupation du territoire selon la base de données CLC12. Pour la suite de l'étude, l'occupation des sols pourra être affinée sur les secteurs d'étude et les documents d'urbanisme (PLU) des communes seront pris en compte.*



**Cartographie 6 - Occupation des sols sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud (source : Corine Land Cover 2012)**

### 3.3 Contexte géologique

Les bassins versants du Gapeau et du Roubaud couvrent 3 grands ensembles géologiques identifiés :

- **La zone amont du bassin versant du Gapeau**

Cette zone est composée en majorité d'un massif calcaire fissuré, en partie karstique. Les formations karstiques se situent notamment sur les formations datant du Crétacé et du Jurassique. Ces formations sont propices à l'infiltration en grande masse des eaux de pluie.

- **La zone de la plaine alluviale**

Le centre du territoire composé par la vaste plaine de Cuers, plaine en majorité agricole, est intégré à la dépression Permienne, entre massif calcaire et massif cristallin. Un vaste aquifère est présent dans cette plaine dont les terrains sont essentiellement sableux d'aspect.

- **La zone du massif des Maures**

Cette zone recouvrant la majorité du bassin versant du Réal Collobrier est d'origine cristalline. Elle est composée principalement par des gneiss, des granites ou des micaschistes, et est densément boisée. Ces formations dites imperméables, présentent intrinsèquement de forts potentiels de ruissellements.



**Le contexte géologique du bassin versant du Gapeau et du Roubaud peut être résumé en 3 grands ensembles :**

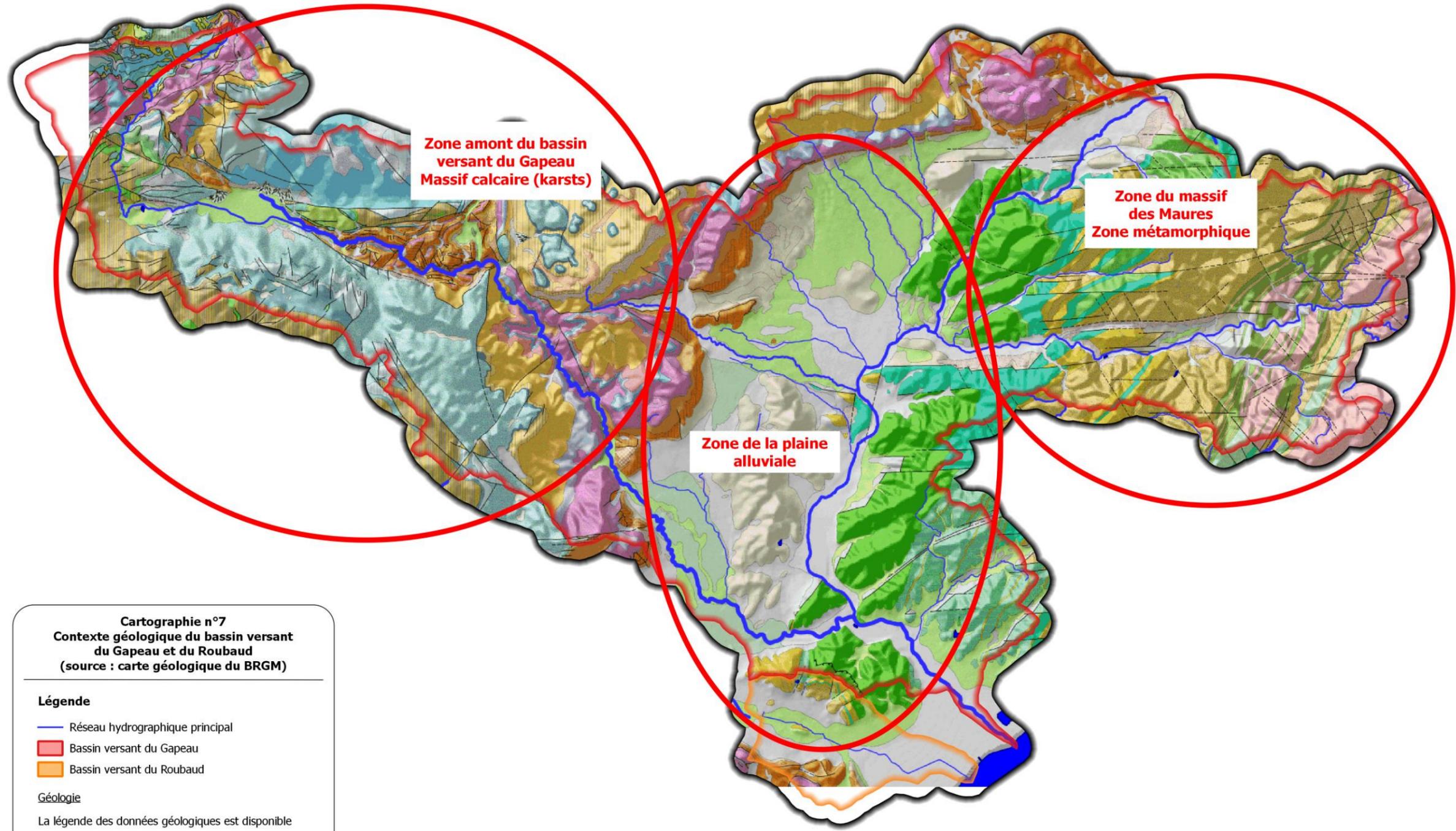
- un massif calcaire, en partie karstique, en tête de bassins versant du Gapeau ;
- une plaine alluviale avec des terrains à l'aspect sableux sur le centre du bassin ;
- un massif cristallin, densément boisé, sur le bassin versant du Réal Collobrier.

**Ces différences de caractéristiques géologiques sur le territoire conduisent à des fonctionnements hydrologique et hydromorphologique différents selon les secteurs ce qui complexifie les phénomènes de crue. Le massif cristallin du Réal Collobrier de par son caractère imperméable, est un gros contributeur de débits de crue.**



**BASSIN VERSANT DU GAPEAU**  
 SYNDICAT MIXTE

**Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique sur le bassin versant du fleuve Gapeau et du Roubaud en vue de la réalisation de PPRI et d'un PAPI du Gapeau**



**Cartographie n°7**  
**Contexte géologique du bassin versant du Gapeau et du Roubaud**  
 (source : carte géologique du BRGM)

**Légende**

-  Réseau hydrographique principal
-  Bassin versant du Gapeau
-  Bassin versant du Roubaud

**Géologie**

La légende des données géologiques est disponible sur le site internet du BRGM : <http://infoterre.brgm.fr/>



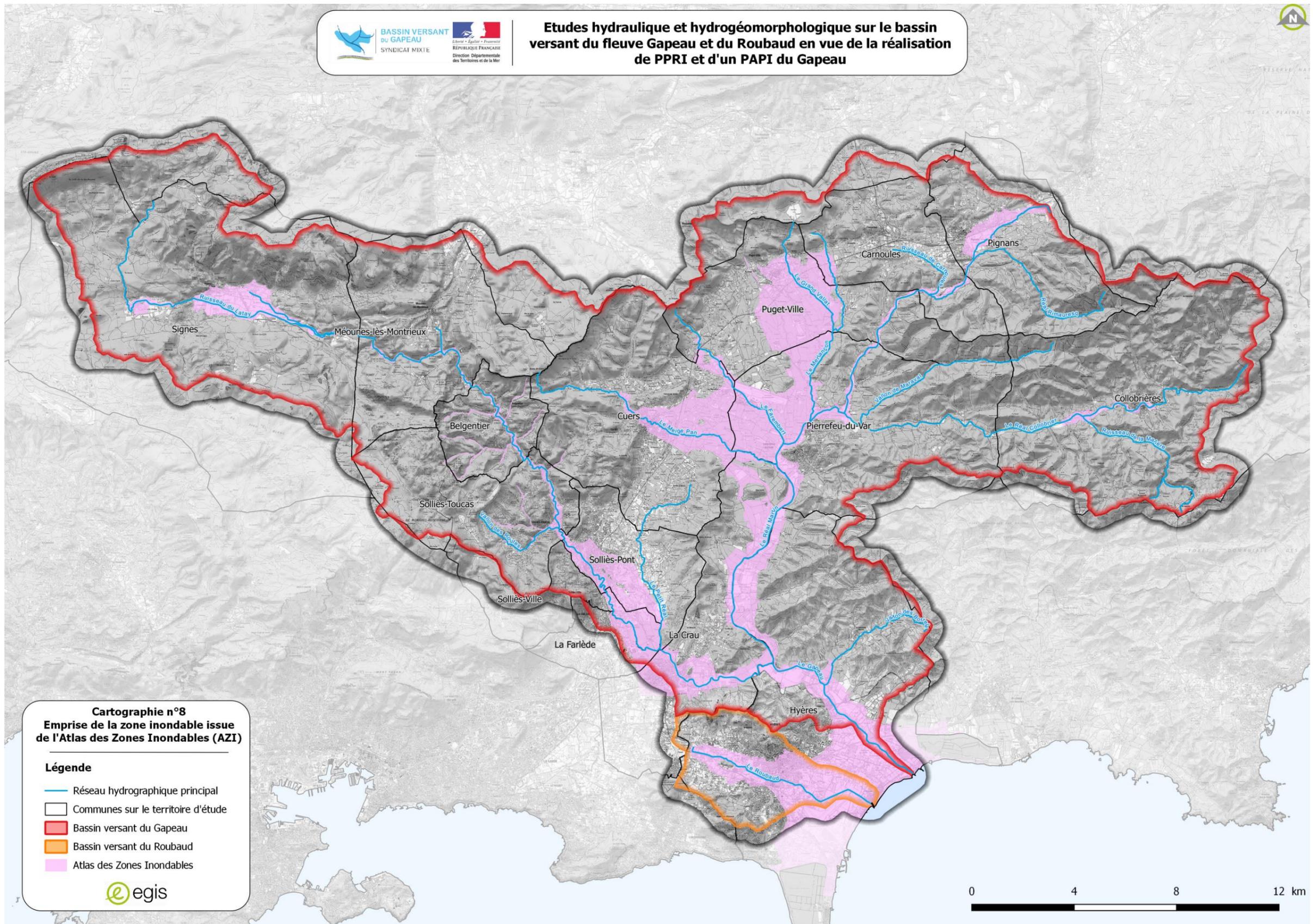


Cartographie 7 - Contexte géologique du bassin versant du Gapeau et du Roubaud (source : BRGM)

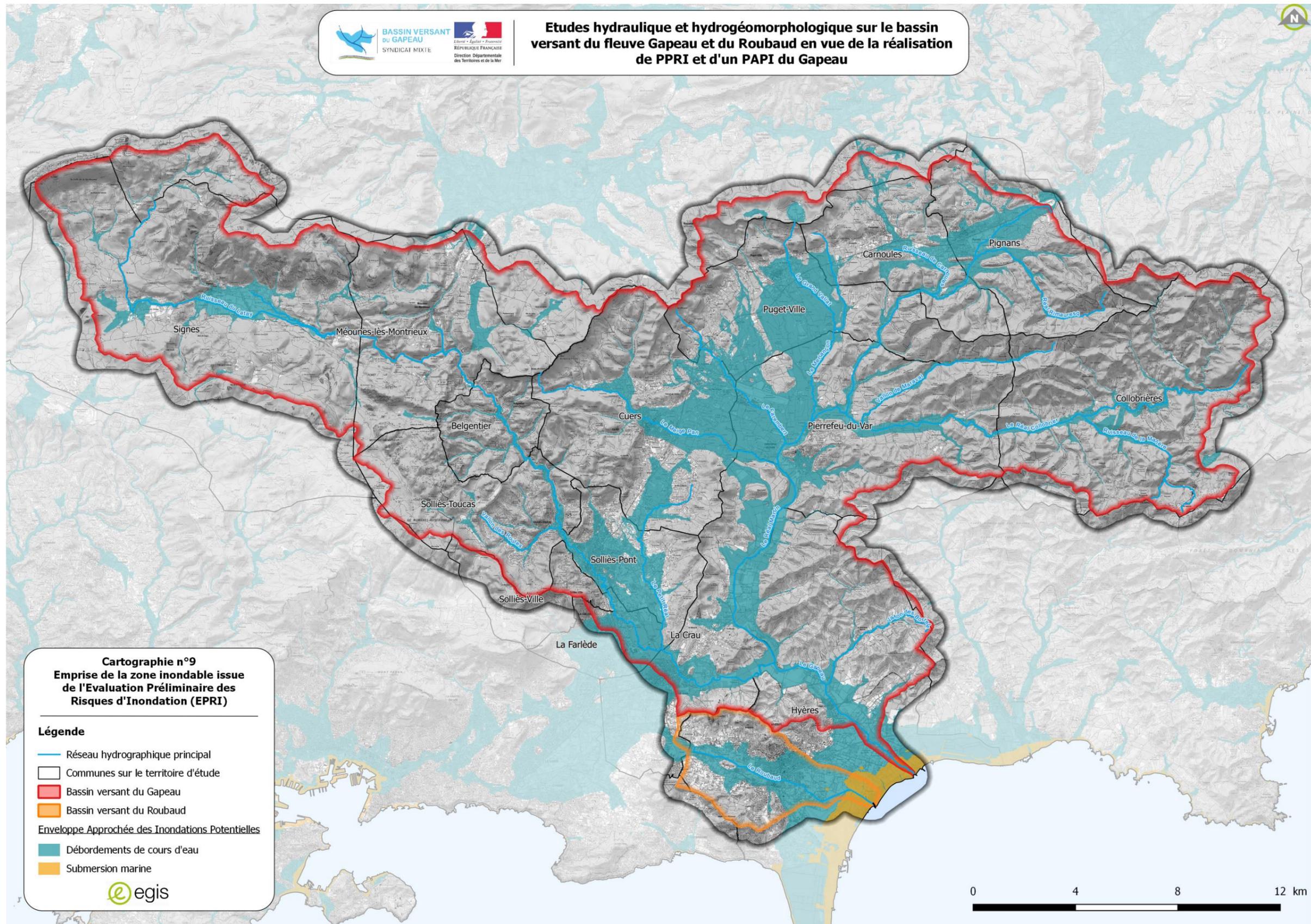
### 3.4 Connaissances des zones inondables

Un recensement des zones inondables cartographiées sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud a été réalisé. Il existe les données suivantes :

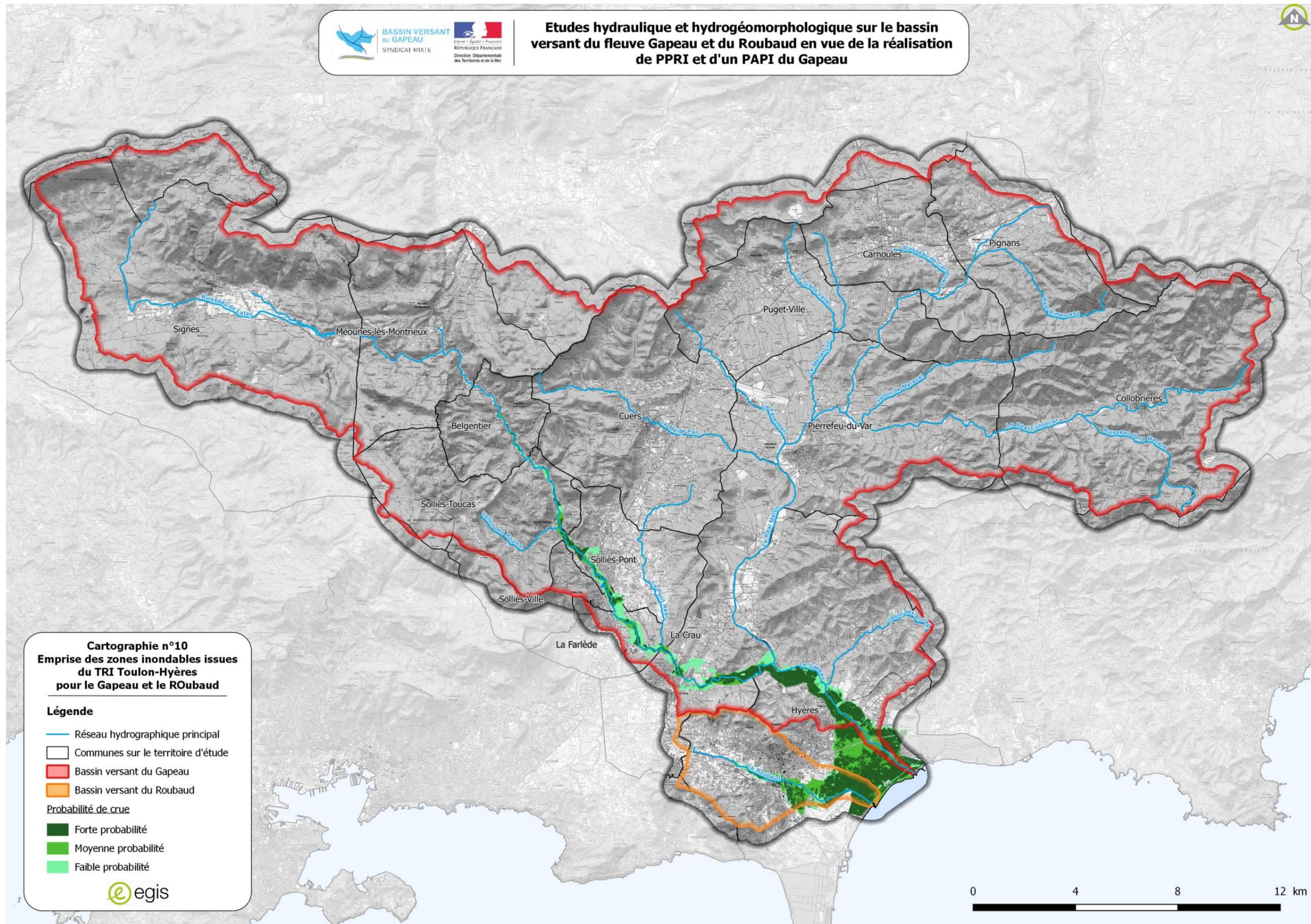
- **L'AZI (Atlas des Zones Inondables) de la région Provence Alpes Côte d'Azur**, est un document de connaissance des phénomènes d'inondations susceptible par débordement de cours d'eau (cf. cartographie 8 en suivant).
- **L'Evaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (EPRI) du bassin Rhône-Méditerranée**, est la première étape de la mise en œuvre de la Directive Inondation et fait l'état des lieux de l'exposition des enjeux aux risques d'inondation sur le bassin Rhône-Méditerranée. Cette donnée sert de base à la l'identification des Territoires à Risques Importants d'inondation (TRI) (cf. cartographie 9 en suivant).
- **Le TRI (Territoire à Risque Important d'inondation) de Toulon-Hyères**, arrêté par le préfet coordonnateur de bassin le 20 décembre 2013. Le TRI Toulon-Hyères intègre les débordements des cours d'eau suivant : le Gapeau, l'Eygoutier, le Las, la Reppe, le Roubaud et le ruisseau de Faveyrolles ; ainsi que les submersions marines (cf. cartographie 10 en suivant).
- **Les PPRi (Plans de Prévention des Risques Inondations)**, cartographient l'aléa inondation par débordement de cours d'eau pour la crue centennale ou la crue historique la plus forte si supérieure à la crue centennale (cf. cartographie 11 en suivant).



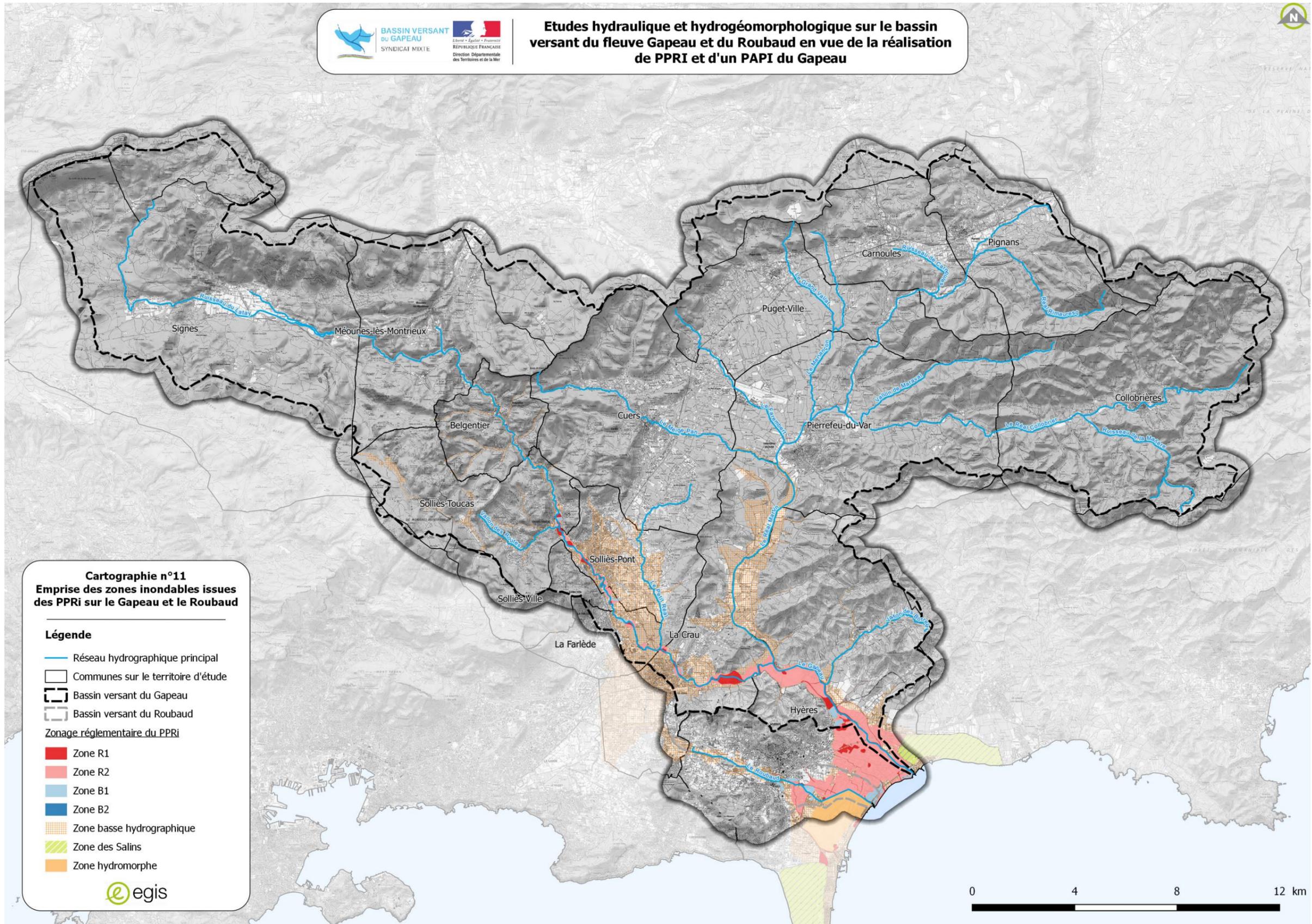
Cartographie 8 - Atlas des Zones Inondables (AZI) sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud



Cartographie 9 – Evaluation Préliminaire des Risques d’Inondation (EPRI) sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud



Cartographie 10 - Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) "Toulon-Hyères"

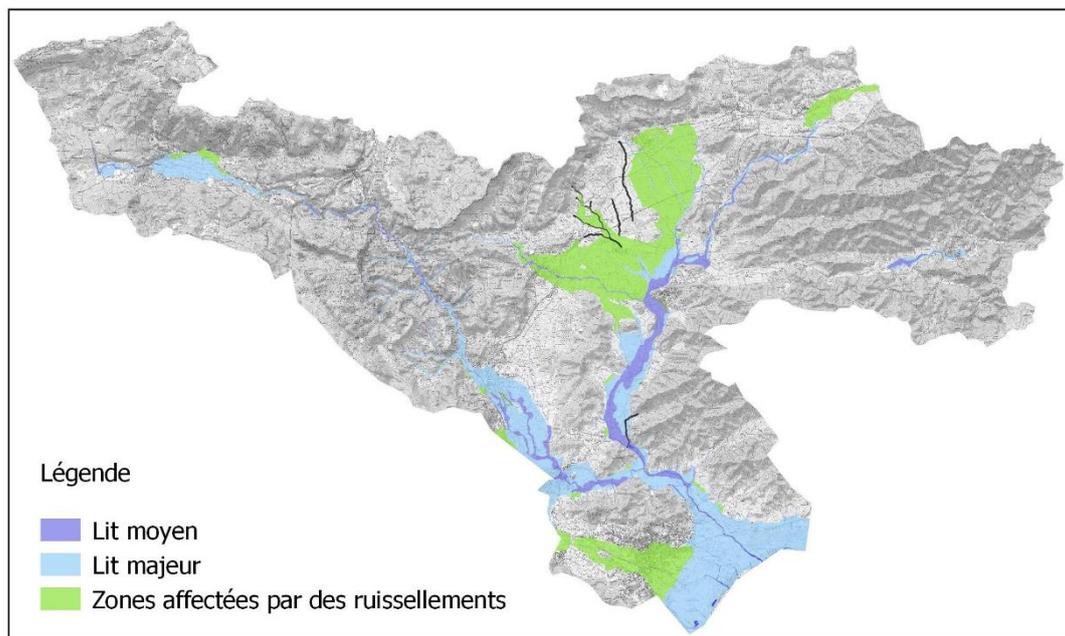


Cartographie 11 - Plans de Prévention des Risques Inondations (PPRI) sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud

L'atlas des zones inondables en vigueur a été établi par cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables. Il a été réalisé par Ipseau pour le compte de la DIREN PACA (actuelle DREAL) au cours des années 2003 à 2007 (en plusieurs lots) sur les principales vallées de la zone d'étude : le Gapeau depuis la dépression de Signes jusqu'à l'embouchure, le Roubaud, le Réal Martin depuis Pignans jusqu'à la confluence, le Réal Collobrier à Collobrières et plusieurs affluents drainant le piémont Cuers-Puget (Meige Pan, Rayolet, Canadel, Merlançon, Grand Vallat, Farembert, Cougourdes, Rémin).

Cette cartographie a été réalisée à l'échelle du 1/25 000° sur fond de plan SCAN 25. En sus des unités classiques constitutives des plaines alluviales fonctionnelles, elle distingue les zones inondables par ruissellement sur les piémonts, particulièrement étendues entre Cuers et Puget-Ville. La cartographie est accompagnée d'un rapport présentant par cours d'eau étudié une description sommaire du fonctionnement hydrogéomorphologique et une analyse des enjeux situés en zone inondable. Etant donné l'échelle et le fond de plan utilisés pour cette étude, elle constitue une première base de travail qui doit être affinée (échelle 1/2500 sur fond orthophotographique pour la nouvelle cartographie) et complétée (exhaustivité) dans le cadre de la présente étude.

Les zones inondables cartographiées révèlent un caractère très dilaté dans les zones en roches « tendres » du bassin versant (dépression permienne) ainsi que dans la plaine de Signes qui doit correspondre à un ancien poljé (plaine d'origine karstique en dépression). La dynamique d'inondation dans la plaine entre Cuers, Puget-Ville et Pierrefeu-du-Var correspond majoritairement à des phénomènes de ruissellement sur piémont avec des cours d'eau fortement incisés. La plaine de Pignans, la vallée du Roubaud avant son débouché sur la plaine littorale sont également dominées par les processus de ruissellement. Le Gapeau et le Roubaud débouchent sur une grande plaine littorale inondable coalescente avec celle du Maravanne-Pansard à l'Est.



**Figure 16 – Emprise de l'AZI et répartition des zones inondables par ruissellement ou par débordement (source : Atlas des Zones Inondables)**

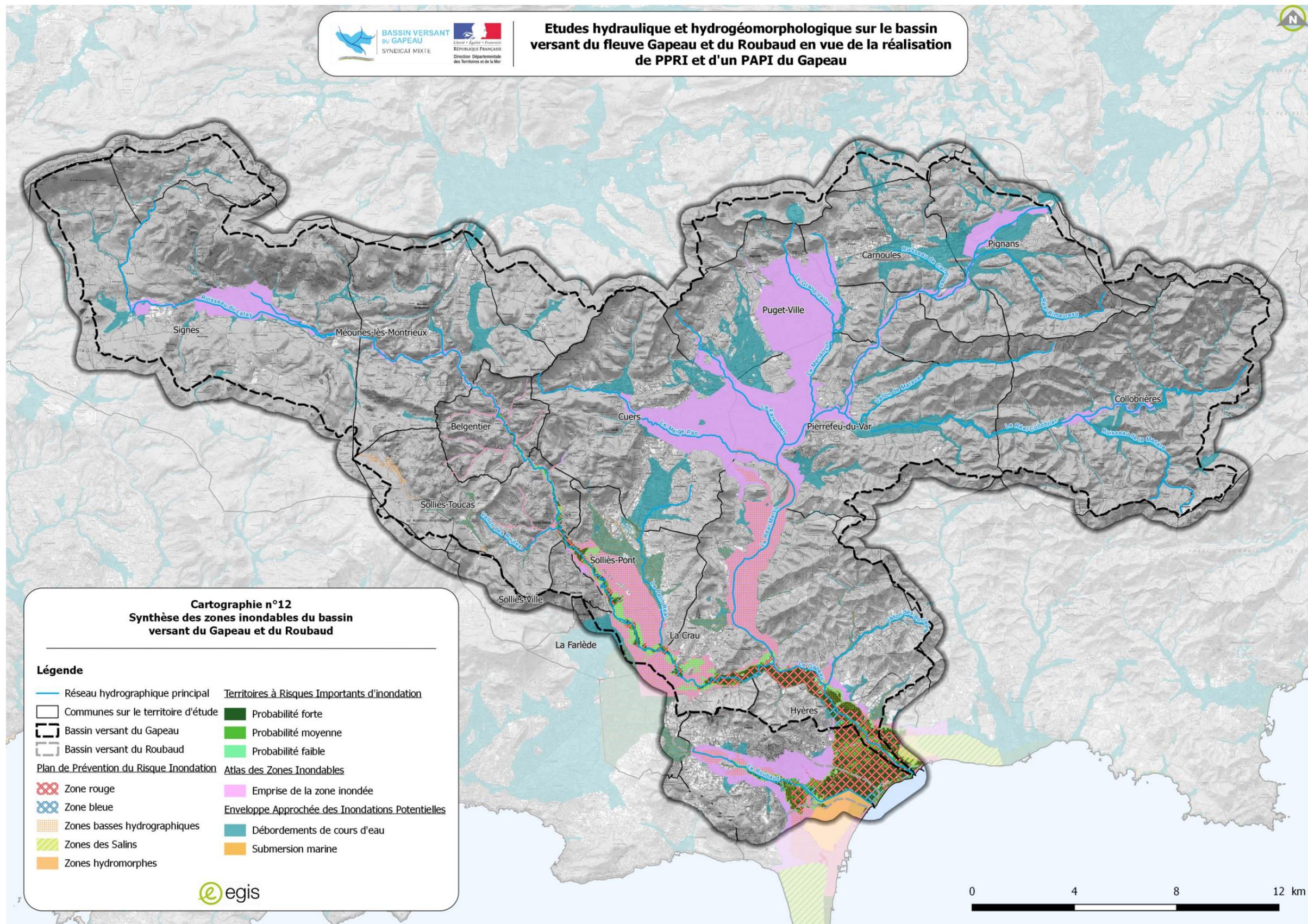
Ce travail a notamment permis d'identifier des secteurs clefs du fonctionnement en crue du bassin versant, notamment plusieurs divergences d'écoulement possibles :

- Débordement potentiel des eaux du Meige Pan vers la plaine drainée par le ruisseau de Saint Lazare ;
- Débordements potentiels du Gapeau vers le Cubertix et le ruisseau de la Jonquière puis le Petit-Réal ;
- Débordement potentiel vers l'Eygoutier.

La présente étude a notamment pour rôle de mieux apprécier la probabilité de ces débordements diffluent.



**Comme l'illustre la cartographie de synthèse ci-après, les bassins versants du Gapeau et du Roubaud sont concernés par de nombreuses zones inondables plus ou moins précises. Les zones inondables de l'AZI et de l'EAIP recouvrent la quasi-totalité des cours d'eau du territoire. Ces documents sont des documents de connaissance du risque inondation et ont pour rôle d'informer sur le risque potentiel d'inondation. Un des objectifs de la présente étude est de quantifier et qualifier plus précisément le risque inondation.**



Cartographie 12 - Synthèse des zones inondables existantes sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud

## 4. Analyse des crues historiques récentes

### 4.1 Episodes historiques et PHE

#### 4.1.1 Synthèse des principales crues

##### 4.1.1.1 Les arrêtés CATNAT

Le bassin versant du Gapeau a été marqué ces 70 dernières années, par de nombreux épisodes d'inondation. Par le biais du site internet [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr), il a été recensé les arrêtés de catastrophes naturelles (CATNAT) de type « Inondations et coulées de boue » pour les communes du bassin versant du Gapeau depuis 1982.

Le tableau suivant détaille les différents arrêtés de CATNAT pour chaque commune :

Arrêtés de catastrophes naturelles (Inondations et coulées de boue)		
Date de l'arrêté	Nombre de communes	Communes concernées
29/09 au 30/09/1982 <sup>1</sup>	13	Belgentier, Carnoules, Collobrières, Cuers, Hyères, La Crau, La Farlède, Pierrefeu-du-Var, Puget-Ville, Signes, Solliès-Pont, Solliès-Toucas, Solliès-Ville
13/10 au 15/10/1988	2	La Crau, Solliès-Toucas
26/09 au 27/09/1992	1	Puget-Ville
06/01 au 12/01/1994	1	Solliès-Toucas
17/01 au 18/01/1999	11	Belgentier, Cuers, Hyères, La Crau, La Farlède, Méounes-lès-Montrieux, Pierrefeu-du-Var, Puget-Ville, Solliès-Pont, Solliès-Toucas, Solliès-Ville
19/09 au 20/09/1999	2	Carnoules, Puget-Ville
17/11/2002	1	Hyères
17/05/2005	1	Hyères
02/12/2005	1	Carnoules
14/12 au 17/12/2008	2	Hyères, Pierrefeu-du-Var
18/09/2009	1	Hyères
15/06 au 16/06/2010	3	Hyères, Pierrefeu-du-Var, Pignans
04/11 au 10/11/2011	6	Carnoules, Collobrières, Hyères, Méounes-lès-Montrieux, Pierrefeu-du-Var, Pignans
21/10 au 22/10/2012	1	Puget-Ville
26/10/2012	4	Cuers, Puget-Ville, Solliès-Pont, Solliès-Ville
17/01 au 20/01/2014	7	Carnoules, Collobrières, Hyères, La Crau, Pierrefeu-du-Var, Pignans, Puget-Ville
19/09/2014	2	Hyères, La Crau

<sup>1</sup>Il existe sur cet évènement très peu de témoignages et de données ce qui ne permet pas de qualifier l'importance de cet épisode et de la crue générée.

11/10/2014	1	Hyères
25/11 au 28/11/2014	5	Cuers, Hyères, La Crau, Pierrefeu-du-Var, Puget-Ville
05/12 au 06/12/2014	2	Hyères, La Crau
10/06/2015	1	Hyères
03/10/2015	1	Méounes-lès-Montrieux

**Tableau 12 - Liste des arrêtés de catastrophes naturelles (source : [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr))**

On peut noter que depuis 1982 :

- 45% des arrêtés de CATNAT concernent uniquement 1 commune et 70% des arrêtés de CATNAT concernent uniquement 2 communes ou moins ;
- Hyères est impacté par 65% des arrêtés CATNAT, c'est 35% pour Puget-Ville, 30% pour Pierrefeu-du-Var et La Crau et 20% pour Carnoules.

Avant les années 2000, la crue la plus importante est l'épisode du 17 et 18 janvier 1999 (11 communes concernées par l'arrêté CATNAT).

Concernant les épisodes les plus récents, les crues les plus marquantes sont :

- l'épisode du 04 au 10 novembre 2011 (6 communes concernées par l'arrêté CATNAT) ;
- l'épisode du 17 au 20 janvier 2014 (7 communes concernées par l'arrêté CATNAT) ;
- l'épisode du 25 au 28 novembre 2014 (5 communes concernées par l'arrêté CATNAT).

#### 4.1.1.2 Stations hydrométriques

Les débits de crue des principaux épisodes historiques depuis la crue de janvier 1999 ont été extraits de la Banque Hydro pour les 3 stations hydrométriques présentes sur le Gapeau et le Réal Martin :

- Le Gapeau à Sainte-Eulalie : cette station située sur la commune d'Hyères draine un bassin versant de 517 km<sup>2</sup>. Elle est gérée par la DREAL de la région PACA ;
- Le Gapeau à Solliès-Pont : cette station est située en amont du franchissement de l'autoroute A57 et draine un bassin versant de 169 km<sup>2</sup>. Elle est gérée par la DREAL de la région PACA ;
- Le Réal Martin à Décapris : cette station située sur la commune de La Crau draine un bassin versant de 277 km<sup>2</sup>. Elle est gérée également par la DREAL de la région PACA.

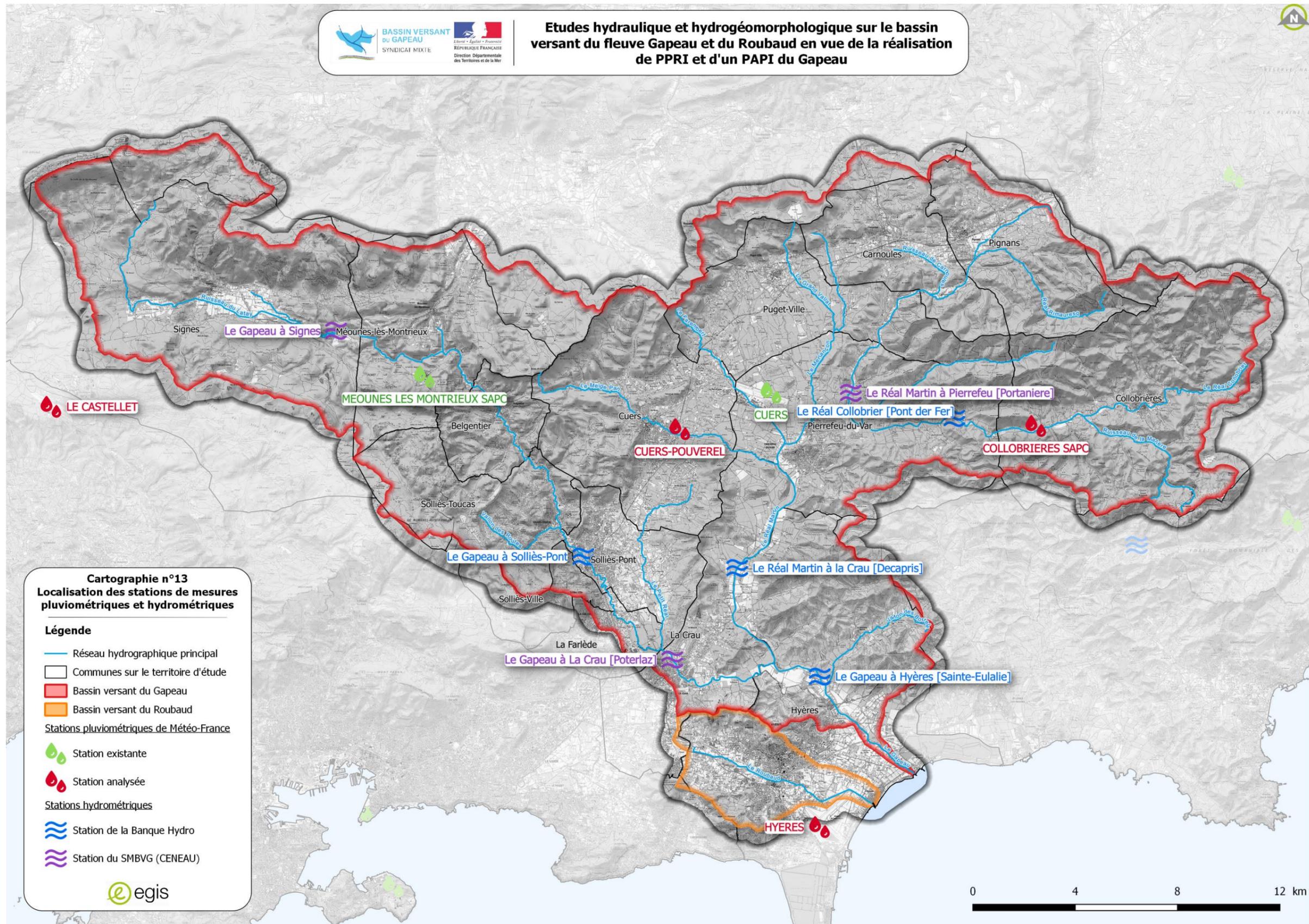
Depuis 2017, le Service de Prévision des Crues (SPC) Méd-Est a intégré dans son réseau de surveillance la station hydrométrique du Réal Collobrier située au Pont de Fer (commune de Pierrefeu-du-Var). Cette station fait partie d'un large réseau de mesure (14 stations) installé et exploité pendant près de 30 ans par l'IRSTEA dans le cadre de projets de recherches sur ce bassin versant.

Enfin, le SMBVG a installé en 2015, 3 stations de mesure des hauteurs d'eau :

- - Sur le Gapeau, à Signes ;
- - Sur le Gapeau, à La Crau ;
- - Sur le Réal Martin, à Pierrefeu-du-Var.

Ces stations sont désormais intégrées dans la Banque Hydro.

La cartographie suivante localise les différentes stations hydrométriques ainsi que les stations pluviométriques existantes sur le territoire de l'étude.



Cartographie 13 - Localisation des stations pluviométriques et hydrométriques sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud (source : Météo France et Banque Hydro)

#### 4.1.1.3 Historique des crues majeures

Les graphiques suivants présentent les débits calculés ou estimés pour 41 épisodes marquants de 1972 à 2016. Il est également indiqué les débits théoriques pour les 6 périodes de retour : 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans. Le débit théorique centennal est issu de l'étude hydrologique du bassin versant du Gapeau réalisée par SCE et AQUA Conseils en 2015.

Les 3 graphiques suivants synthétisent les débits mesurés ou estimés pour les 3 stations hydrométriques principales. Cette synthèse des épisodes de crue historique récents montre que :

- Le Gapeau a connu sa crue la plus importante en janvier 1999 sur sa partie amont. Alors qu'à l'inverse, la crue la plus marquante pour l'aval du Gapeau est celle de décembre 1972 et plus récemment celle de janvier 2014.
- Sur le Réal Martin, la crue la plus importante est celle de janvier 2014, expliquant l'importance de cette crue également sur l'aval du Gapeau à Hyères (près de 50% du débit). La crue de janvier 2014 semble être sur les 50 dernières années la crue la plus importante (plus de 280 m<sup>3</sup>/s estimé) alors que dans la chronique étudiée, le débit de 200 m<sup>3</sup>/s n'a jamais été dépassé.



**Cette brève analyse des débits aux stations hydrométriques met un point d'attention particulier sur le fonctionnement hydrologique du bassin versant du Gapeau. On s'aperçoit qu'il existe 2 entités distinctes : le bassin amont du Gapeau et le bassin du Réal Martin. Leur réaction hydrologique dépend fortement de l'épisode pluvieux et de sa répartition spatiale.**

### Le Gapeau à Sainte-Eulalie

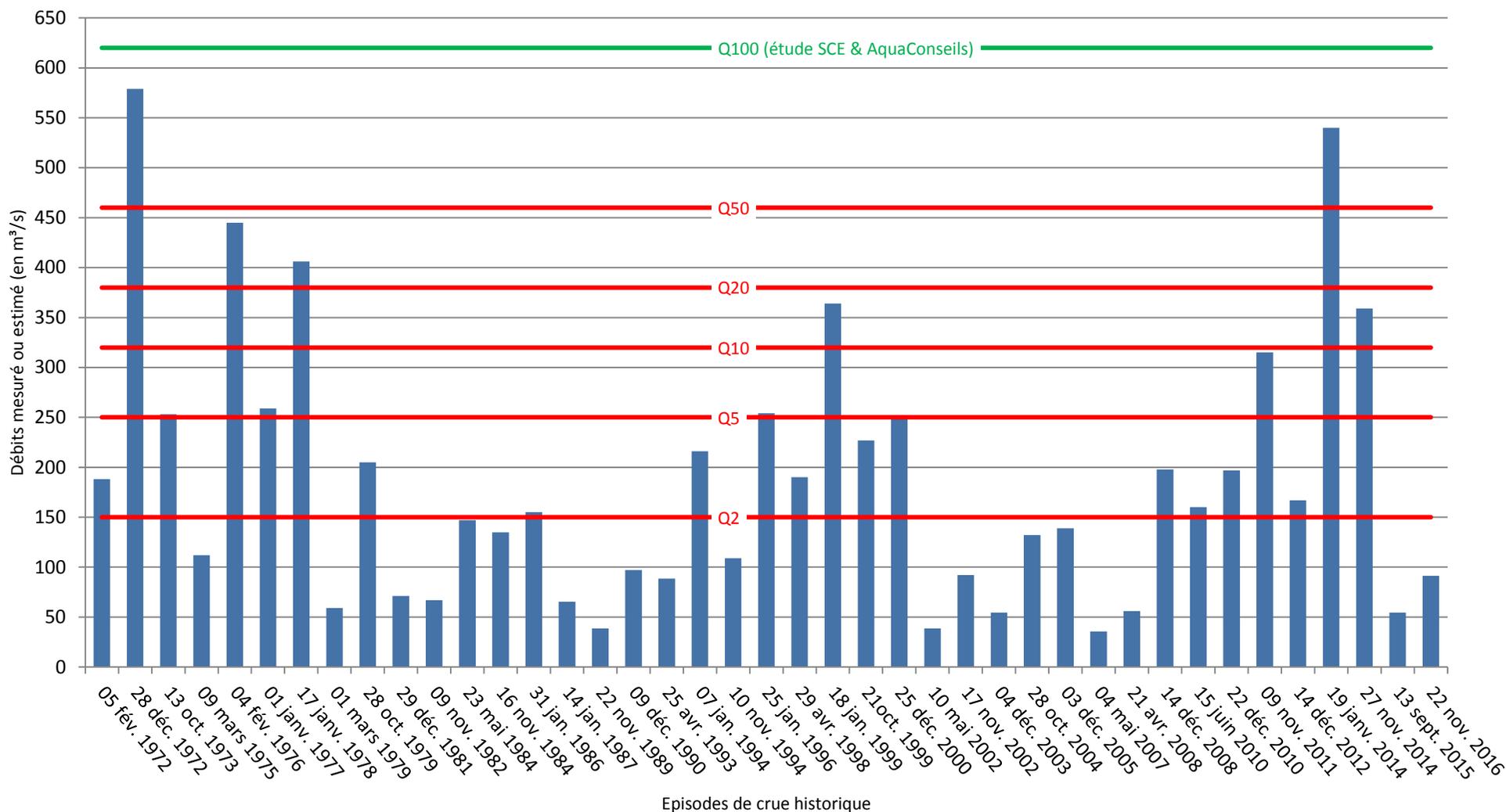


Figure 17 - Synthèse des débits des épisodes historiques pour la station du Gapeau à Sainte-Eulalie

## Le Gapeau à Solliès-Pont

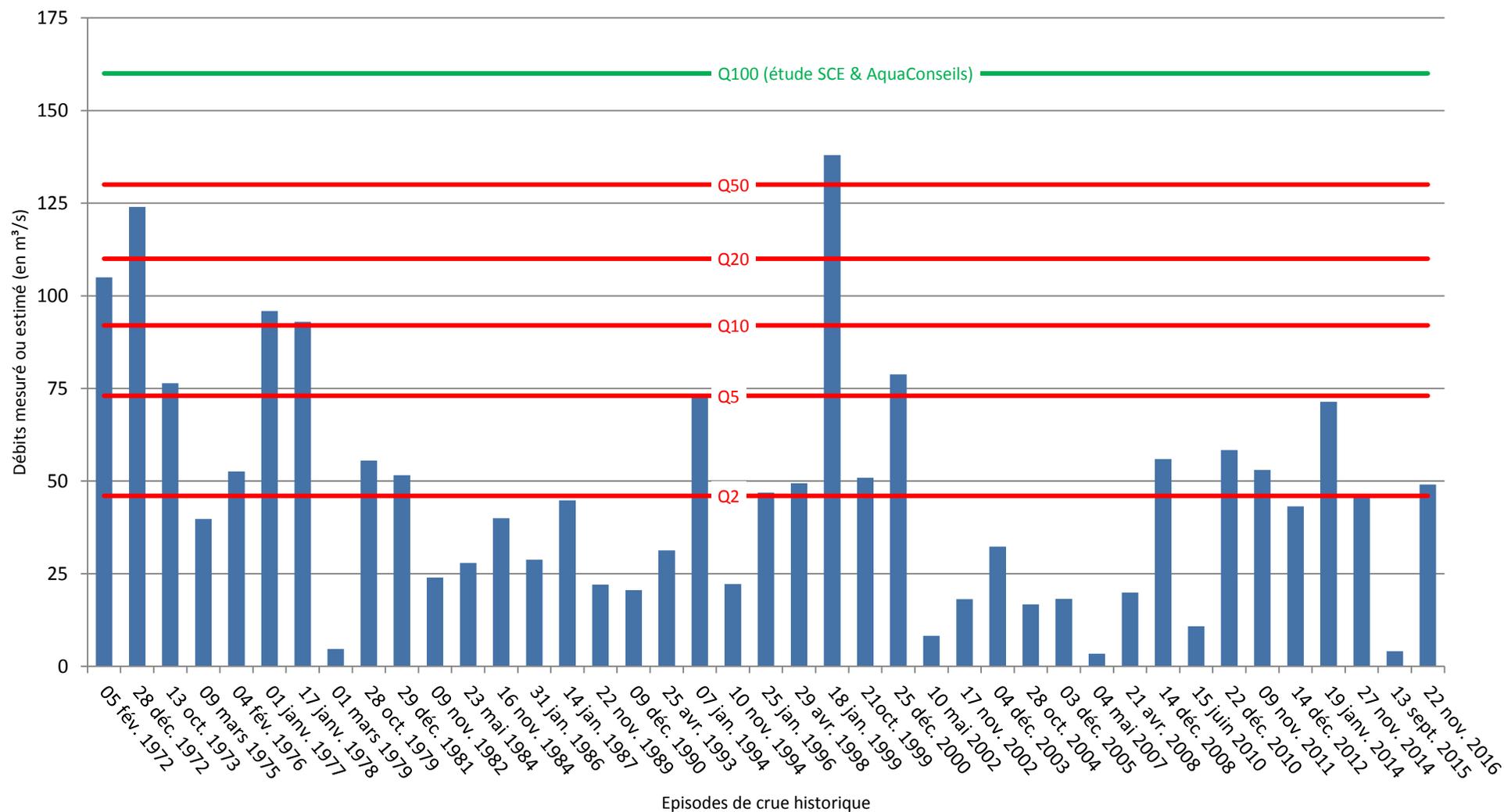


Figure 18 - Synthèse des débits des épisodes historiques pour la station du Gapeau à Solliès-Pont

### Le Réal Martin à Décapris

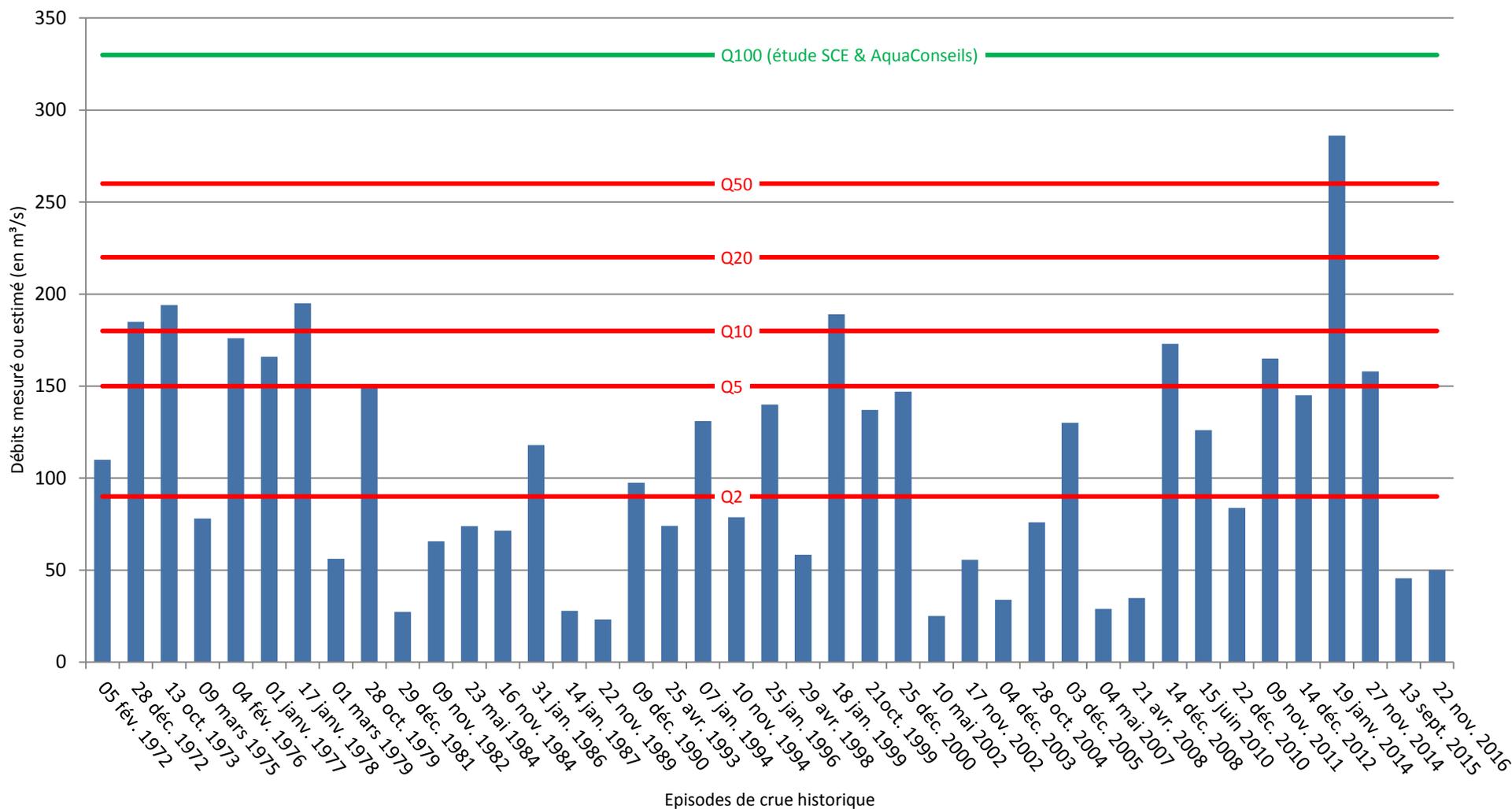


Figure 19 - Synthèse des débits des épisodes historiques pour la station du Réal Martin à Décapris

Les hydrogrammes de crue suivants montrent par leur forme caractéristique que les inondations du Gapeau proviennent généralement d'une succession d'évènements pluvieux intenses :

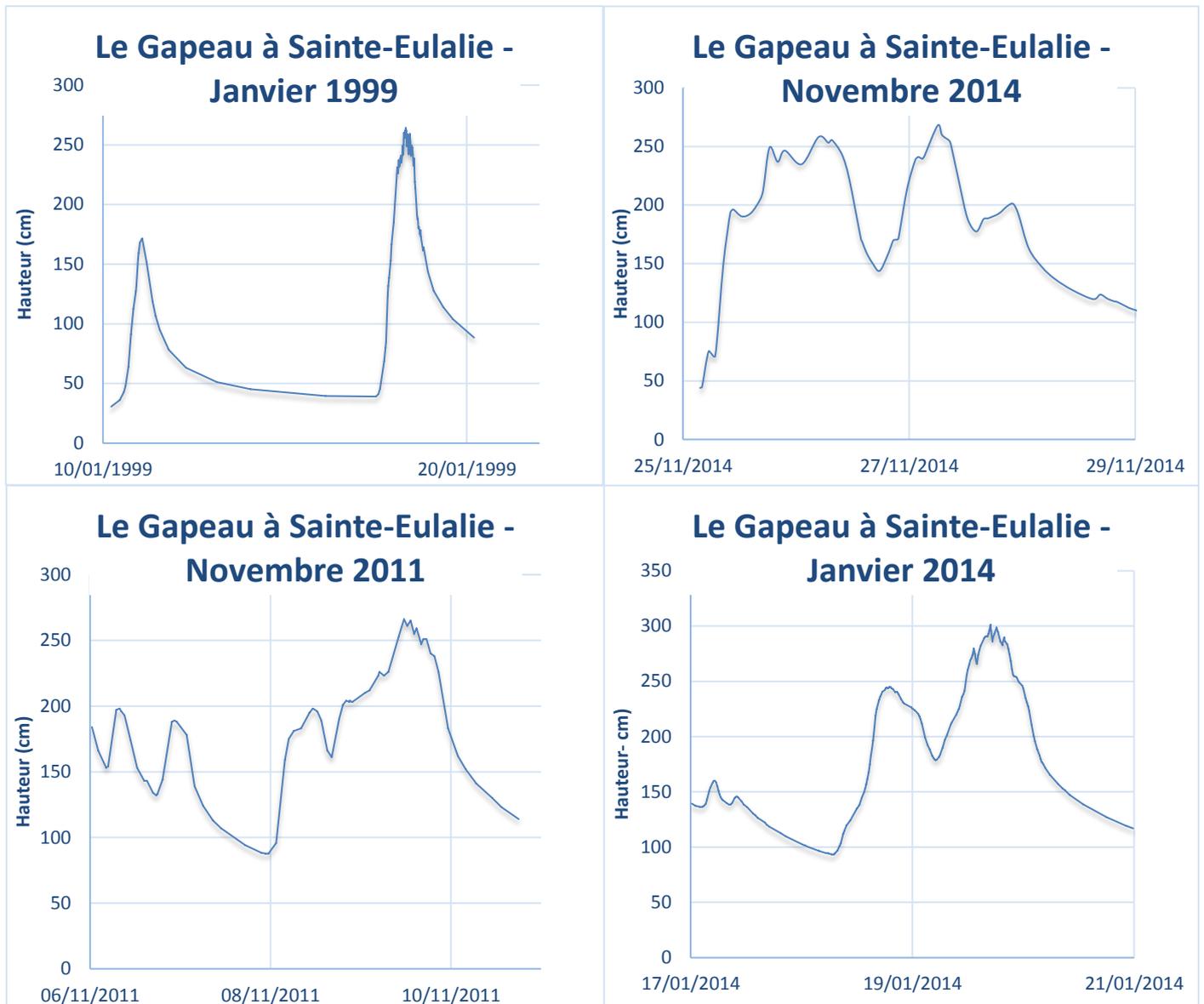


Figure 20 Hydrogrammes de crues majeures (source : Banque HYDRO)

Le graphique ci-dessous donne les débits moyens mensuels pour chacune des 3 stations avec les périodes d'observation suivantes :

- Données calculées sur 49 ans pour la station du Gapeau à Solliès-Pont avec un débit moyen annuel de 1,3 m<sup>3</sup>/s ;
- Données calculées sur 53 ans pour la station du Réal Martin à Décapris avec un débit moyen annuel de 2,2 m<sup>3</sup>/s ;
- Données calculées sur 57 ans pour la station du Gapeau à Sainte-Eulalie avec un débit moyen mensuel de 4,1 m<sup>3</sup>/s.

## Écoulements mensuels pour les 3 stations

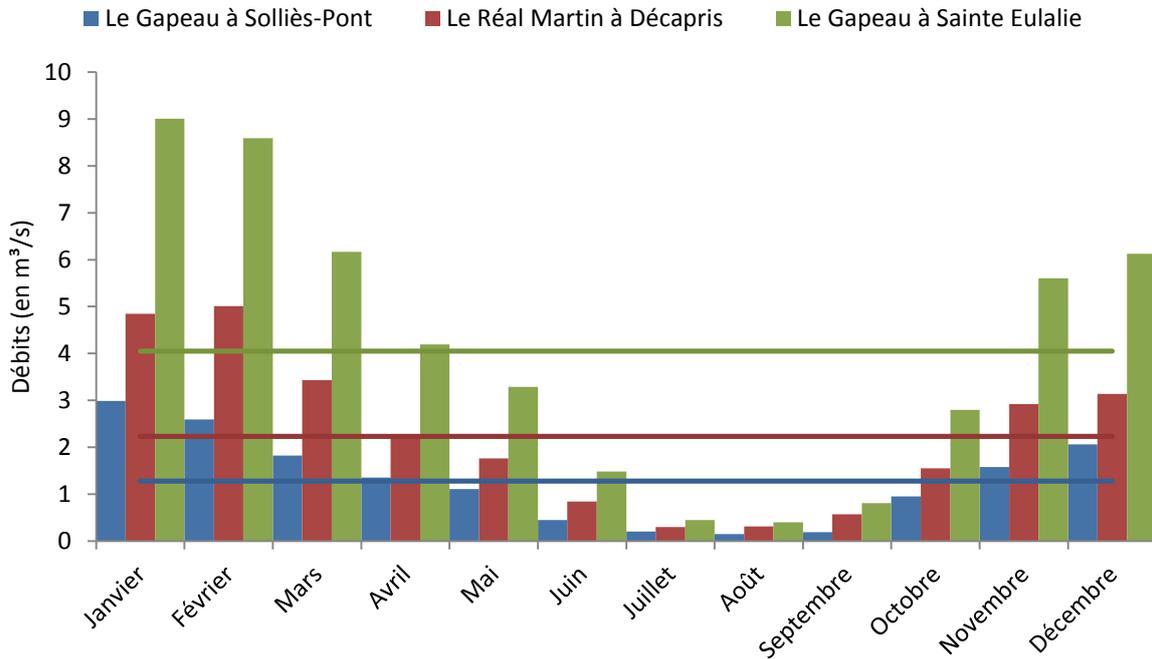


Figure 21 – Synthèse des débits moyens mensuels pour les 3 stations hydrométriques (source : Banque Hydro)



**Ce dernier graphique ainsi que l'analyse précédente des crues historiques montrent que sur le bassin versant du Gapeau, les épisodes de crues interviennent majoritairement sur la période de novembre à mars (période sur laquelle le débit moyen mensuel est plus élevé que le débit moyen annuel).**

### 4.1.2 Plus Hautes Eaux

Les données de PHE existantes sont issues :

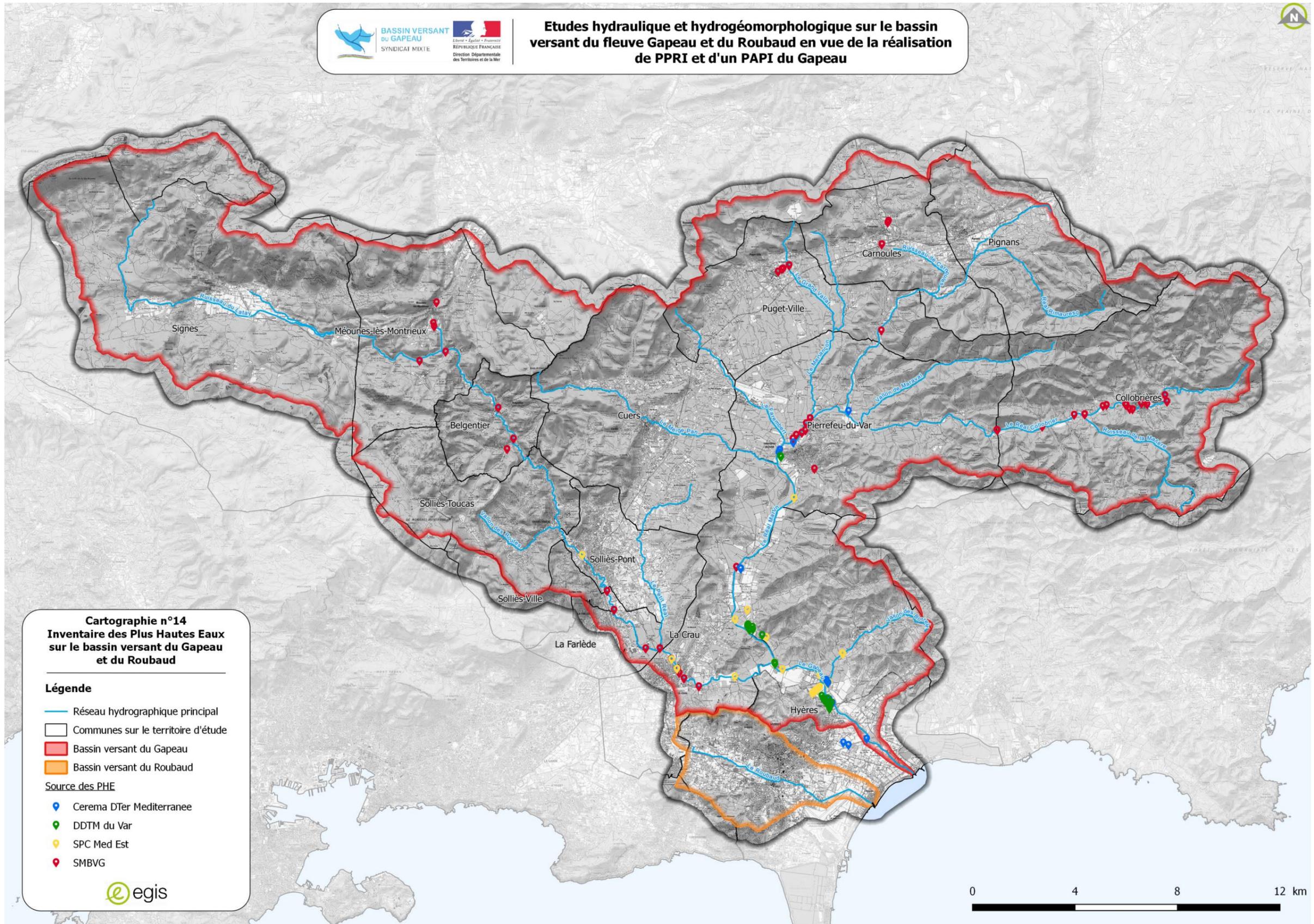
- Du retour d'expérience sur l'épisode de janvier 2014 réalisé par le CEREMA. Lors de ce retour d'expérience, au total, 399 fiches de PHE ont été produites. Seuls 51 relevés de PHE concernent le bassin versant du Gapeau et du Réal Martin ;
- D'un travail de repérage du SMBVG. Le syndicat a réalisé une campagne de repérage afin d'établir une base de données de PHE pour différents épisodes de crue au cours de l'été 2017. Des fiches PHE ont été créées mais elles n'ont pas été nivelées par un géomètre ;
- Des données existantes auprès de la DDTM du Var, du CEREMA et du SPC Méditerranée.

La cartographie ci-après présente la localisation des PHE existantes (source : CEREMA, DDTM 83, SPC Méd. et SMBVG) sur le territoire du Gapeau.

Suites aux investigations de terrain qui ont eu lieu et continuerons tout au long de la phase 2, il sera proposé de réaliser des relevés de PHE complémentaires dans le cadre de cette étude. Dans le cadre du programme d'action, il sera proposé l'installation de repères de crue visuels qui pourront être localisé sur des sites publics. La figure suivante présente le schéma d'un macaron pour ces repères de crue.



Figure 22 - Schéma d'un macaron de repère de crue (source : Syndicat des Bassins Versants Saône, Vienne et Scie)



Cartographie 14 - Inventaire des PHE existantes sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud

## 4.2 Episode du 17-18 janvier 1999

### 4.2.1 Description de l'épisode

Après 48 heures d'averses incessantes et suite à des précipitations intenses les 17 et 18 janvier 1999, des crues torrentielles et des inondations rapides ont eu lieu sur le bassin versant du Gapeau. Les communes les plus touchées étaient Hyères, Solliès-Toucas, Solliès-Pont, Solliès-Ville, Belgentier, Méounes, La Farlède et Pierrefeu-du-Var.

Cet événement est le plus marquant de ces 50 dernières années sur le Gapeau, en amont de la confluence avec le Réal Martin. Le débit maximal de cette crue enregistré pour le Gapeau a été de 140 m<sup>3</sup>/s à Solliès-Pont (période de retour supérieure à 50 ans) et 450 m<sup>3</sup>/s à Hyères (période de retour de 50 ans). Ces inondations, partiellement dues à des embâcles et mises en charge de ponts, ont impacté plusieurs centaines de familles.

A Solliès-Pont, la passerelle du centre-ville est tombée dans le Gapeau et le pont de la salle des fêtes, construit en 1975, a été submergé par plus d'un mètre d'eau. L'eau est même montée à proximité des écoles. De nombreux quartiers : Enclos, Pont Neuf, Sarraire se sont trouvés inondés et isolés.



**Photo 5 - Inondation du Gapeau du 18 janvier 1999 - Lotissement de l'Oratoire - Hyères (source : IRM)**

Suite à cette crue de janvier 1999, un comité s'est constitué en février « Le Comité des Riverains du Gapeau » (CIC Gapeau) regroupant 150 adhérents sinistrés. Cette association réclamait alors :

- La mise en place d'un système d'alerte de crue afin d'informer rapidement les riverains de la montée des eaux ;
- La mise en place d'exercices de simulation ;
- L'entretien des canaux d'évacuation des eaux pluviales ainsi que des rivières ;
- Le respect du PPR afin de ne pas aggraver les risques existants.

Le comité a dû se transformer en fédération départementale, rebaptisée en janvier 2009 : « Var Inondations Ecologisme » (VIE).

### 4.2.2 Contexte pluviométrique

D'après les données Météo France extraites du site des pluies extrêmes (<http://pluiesextremes.meteo.fr/>), les cumuls pluviométriques observés sur la durée de l'évènement de janvier 1999 (24 heures) sont les suivants :

- 200 mm à Roquebrussanne ;
- 199 mm à Méounes ;
- 169 mm à Cuers ;
- 126 mm à Collobrières.

La figure en page suivante présente un extrait de la cartographie réalisé par Météo France suite à cet épisode.

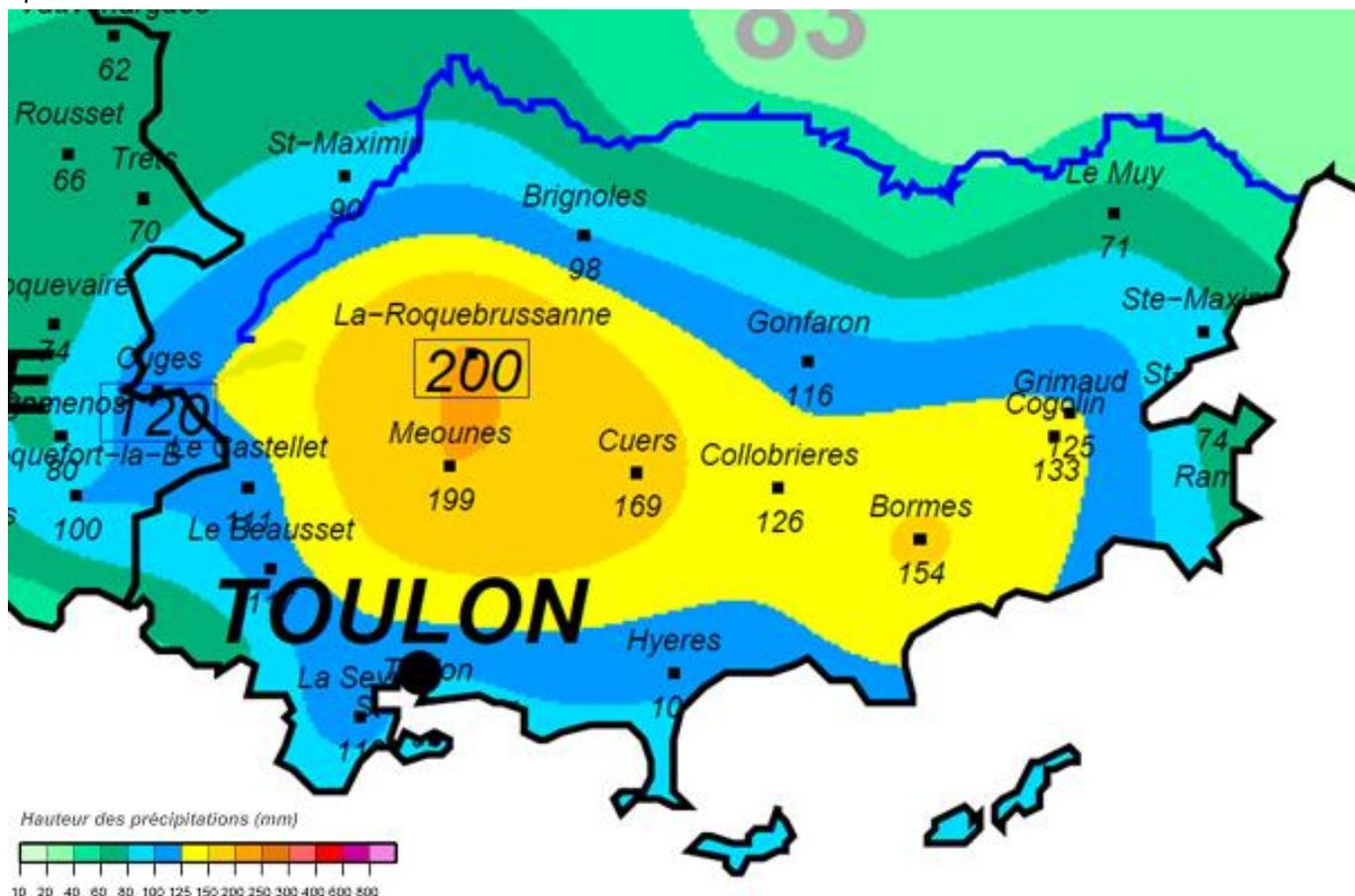


Figure 23 - Extrait de la carte des quantité de pluie du 17 janvier à 06h au 18 janvier 1999 à 06h (source: Météo France)



Cet épisode de janvier 1999 est l'évènement de référence pour la partie amont du Gapeau. Suite à cet épisode et le suivant de décembre 2000, un vaste programme d'entretien du Gapeau a été mené par la Communauté de Communes de la Vallée du Gapeau (CCVG).

## 4.3 Episode du 19 janvier 2014

La crue du 19 janvier 2014 est la crue la plus marquante des 50 dernières années sur l'aval du Gapeau, le Réal Martin et le Réal Collobrier.

### 4.3.1 Contexte de l'épisode

Le département du Var a été touché du 16 au 19 janvier 2014 par un épisode pluvieux intense entraînant des cumuls de pluie importants pendant 4 jours mais pas exceptionnels (200 à 250 mm sur la région de La Londe-les-Maures).

Cet épisode orageux intense est intervenu dans un contexte de saturation des sols. Cette saturation a généré un ruissellement total des précipitations du 18 au 20 janvier, lequel a entraîné une crue éclair des ruisseaux (vallon des Borrels, l'Apié) ainsi qu'une crue du Réal Martin, principal affluent du Gapeau.

Les hydrogrammes de crue correspondant aux précipitations sur le bassin illustrent parfaitement la rapidité de réaction de ces bassins lors de l'épisode orageux.

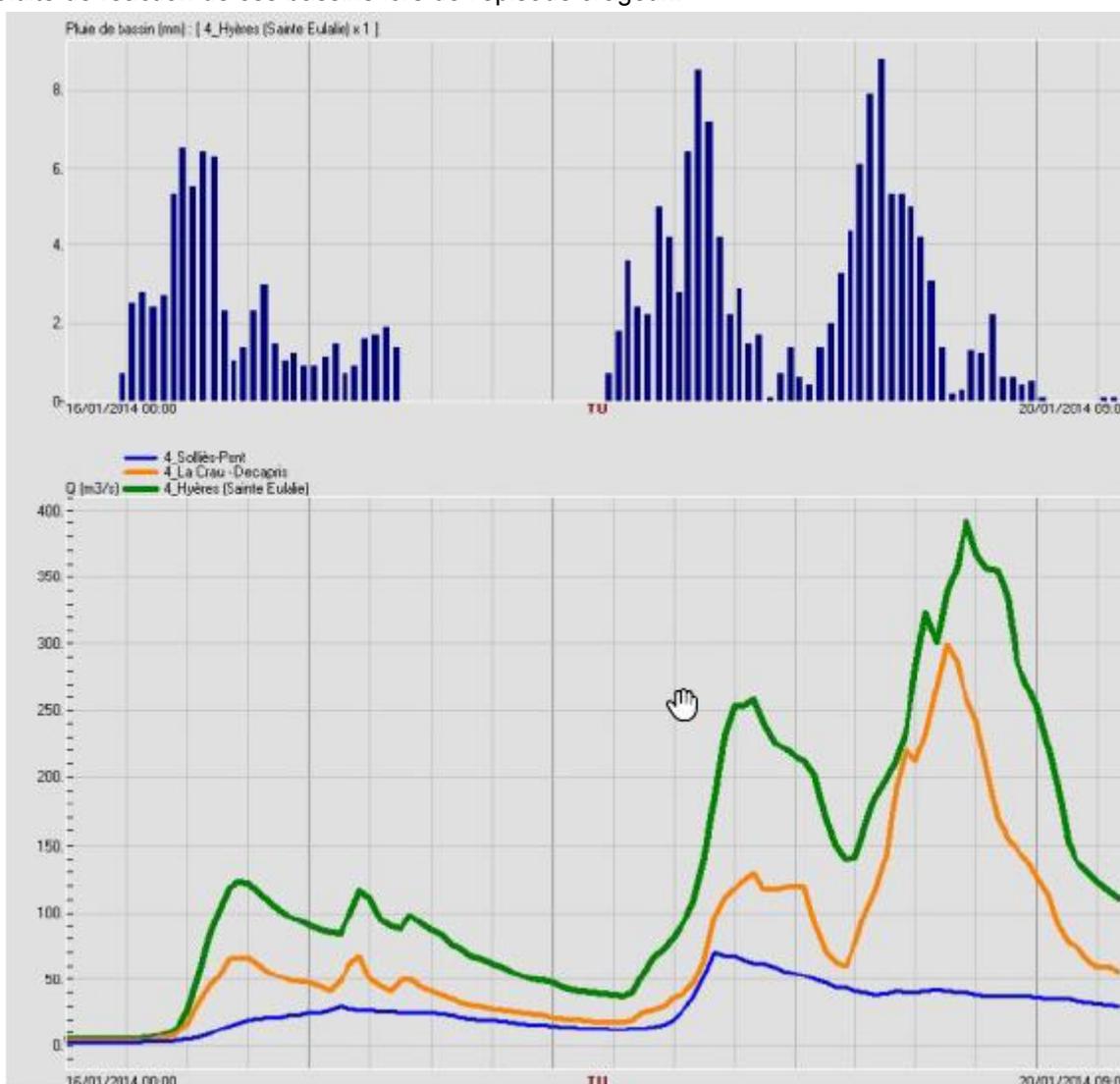


Figure 24 Pluie de bassin et hydrogrammes de la crue de janvier 2014 (source : CEREMA, SPC-Med Est, Météo France)

### 4.3.2 Retour d'expérience

Suite à cet épisode, la DREAL PACA et la DDTM 83 appuyés par le CEREMA (Direction Territoriale Méditerranée) ont établi un retour d'expérience abordant les 3 thématiques suivantes :

- Volet 1 : Caractérisation hydraulique de l'événement ;
- Volet 2 : Conséquences et examen des dommages ;
- Volet 3 : Gestion de crise.



**Photo 6 - RD98 inondée le 19 janvier 2014 (à l'intersection avec le pont de la RD12)**



**PHOTO V.I.E DE L'EAU/APVP  
CENTRE HOSPITALIER RIVE DROITE à Pierrefeu-du-**

**Photo 7 - Hôpital de Pierrefeu-du-Var inondé le 19 janvier 2014 (source : Var Inondations Ecologisme)**

Les résultats du volet 1 « Caractérisation hydraulique de l'événement » ont permis de caractériser précisément les phénomènes en jeu (nature, intensité, période de retour, ...) et de les comparer à la connaissance d'alors issue d'études ou d'événements passés.

Pour le bassin versant du Gapeau, l'événement de janvier 2014 se rapproche ou dépasse les débits estimés pour l'événement de référence des PPRI. Les emprises des PPRI pour une crue historique ou

de référence centennale ont montré leurs limites pour cette crue importante de janvier 2014. Elles ne coïncident pas avec la réalité d'une inondation liée à une crue exceptionnelle.

Pour Hyères, une comparaison entre le PPRI (étude HGM Environnement de 2001) et la zone inondée de la crue de janvier 2014 montre que le PPRI de Hyères a été largement débordé sur la rive gauche du Gapeau, à l'aval du Réal Martin. Ce PPRI ne prend en compte que le Gapeau alors que ce sont les nombreux apports des affluents qui ont généré cette zone inondée en janvier 2014.

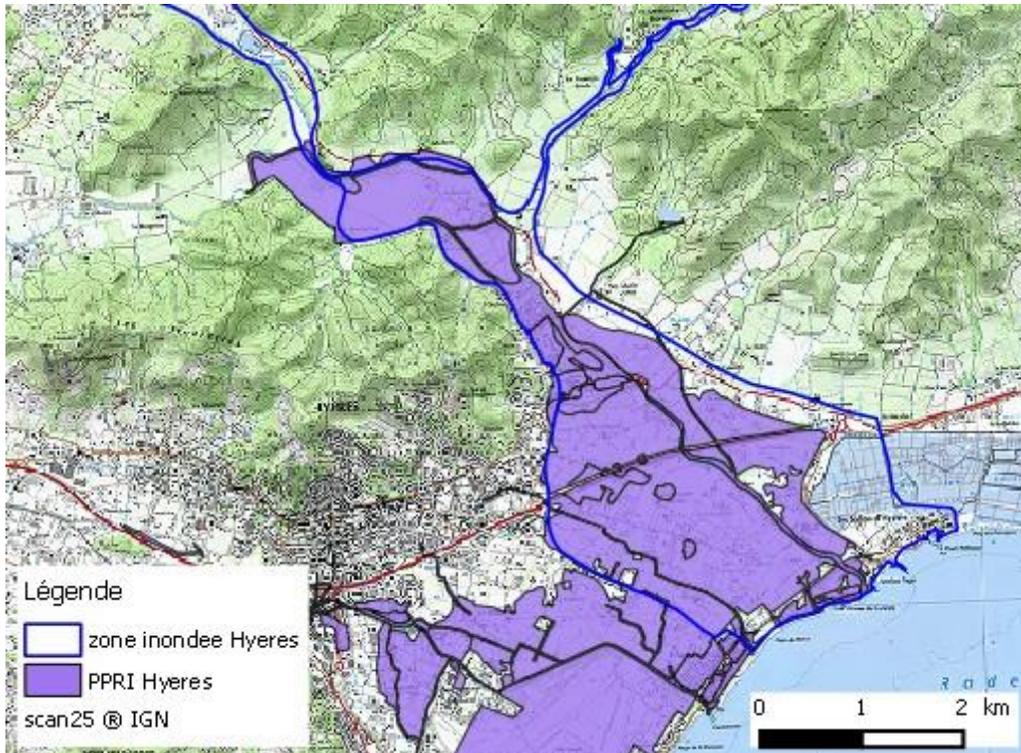


Figure 25 - Comparaison cartographique du PPRI de Hyères et de la zone inondée de janvier 2014 (Retour d'expérience du CEREMA sur l'épisode de janvier 2014)

### 4.3.3 Dommages de l'épisode

Le bilan général dressé par le CEREMA donne les chiffres suivants :

- **2 morts** et un suicide semblant lié à l'évènement (1 mort à Pierrefeu-du-Var et 2 morts à La Londe-les-Maures) ;
- **1 400 interventions** effectuées entre le 18 et le 20 janvier ;
- **1 000 personnes** évacuées et 750 personnes relogées ;
- **233 personnes** évacuées par hélitreuillages ;
- **1800 logements** inondés (dont 800 à Hyères) ;
- **600 véhicules** endommagés (dont 200 à Hyères).

Parmi le recensement des secteurs les plus touchés, le bassin versant du Gapeau est concerné par :

- Le quartier de l'Oratoire à Hyères ;
- Les Borrels à Hyères : le quartier est resté isolé jusqu'à l'après-midi du 21 janvier 2014.



**Photo 8 - Inondation dans le quartier des Borrels le 19 janvier 2014 (source : riverain)**

#### 4.3.4 Contexte pluviométriques

D'après les données Météo France extraites du site des pluies extrêmes (<http://pluiesextremes.meteo.fr/>), les cumuls pluviométriques observés du 16 janvier au 20 janvier 2014 (4 jours) sont les suivants :

- 182 mm à Roquebrussanne ;
- 220 mm à Méounes ;
- 167 mm à Cuers ;
- 250 mm à Collobrières ;
- 254 mm à Bormes.

La figure en page suivante présente un extrait de la cartographie réalisé par Météo France suite à cet épisode.

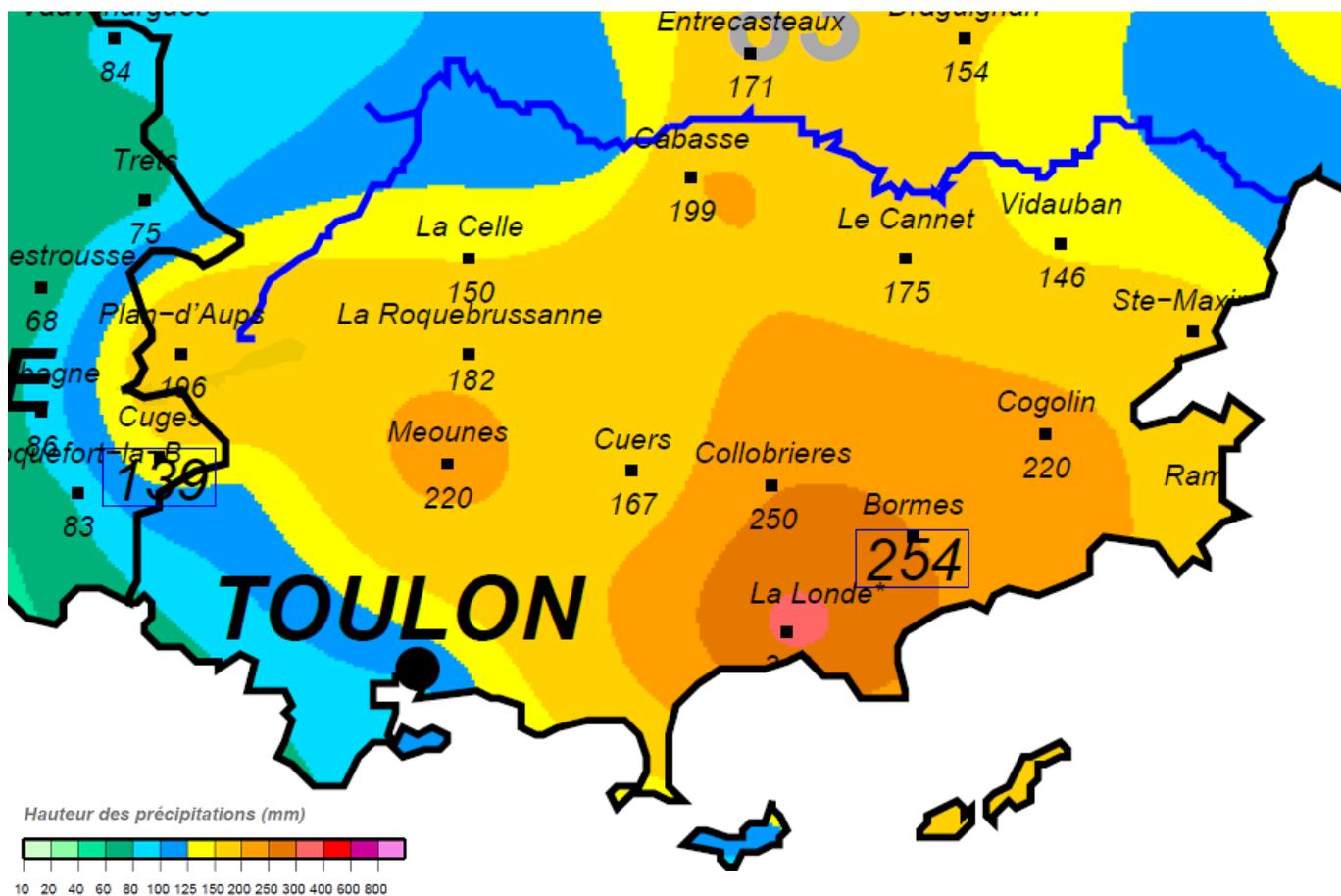


Figure 26- Extrait de la carte des quantités de pluie du 16 janvier à 06h au 20 janvier 2014 à 06h (source: Météo France)



Cette épisode de janvier 2014 est celui ayant entraîné la crue la plus marquante de ces dernières années sur le bassin versant du Gapeau, et particulièrement sur le Réal Martin. Les inondations suite à cet épisode ont dépassés les emprises PPRi sur les communes aval du territoire ce qui a incité le Préfet du Var à relancer une nouvelle procédure de prescription en vue d'élaborer de nouveau les PPRi des 7 communes avales ainsi que l'élaboration d'un PPRi sur la commune de Pierrefeu-du-Var.

## 5. Inondation par débordement de cours d'eau

### 5.1 Témoignages recueillis

La campagne d'entretiens réalisée dans le cadre de cette phase 1 a permis de recueillir un certain nombre de témoignages concernant les désordres liés aux débordements de cours d'eau sur la globalité du bassin versant du Gapeau.

Le tableau suivant présente ces principaux désordres par commune ainsi que les crues les plus marquantes.

Commune	Désordres liés au débordement de cours d'eau		
	Cours d'eau	Crue(s) ou épisode(s) marquant(s)	Secteur impacté
Carnoules	Font de l'Île	<b>Décembre 2005</b>	Quartier des Moulières
	Ruisseau de Carnoules		Confluence avec le Réal Martin
Collobrières	Réal Collobrier	<b>Janvier 2014</b> Novembre 2011 Décembre 2012	Les Moulins en amont du village
			Les caves dans le centre urbain
			Confluence avec la Malière
			5 bâtis situés sur les berges
Cuers	Saint-Lazare	<b>Janvier 2014</b> Juin 2010	En amont de l'A57, au niveau de l'ouvrage de la voie ferrée
	Ruisseau des Plans de Loube		En aval de l'A57 en rive gauche au niveau de la pépinière SMAGUE
	Ruisseau de Rémin		Zone entre l'A57 et la voie ferrée
	Meige Pan		Ouvrage de franchissement de l'A57
Hyères	Vallon des Borrels	<b>Janvier 2014</b> <b>Novembre 2014</b> Décembre 2005 2002/2003	Quartier des 3 <sup>ème</sup> Borrels
	Le Gapeau		En aval de La Clapière Le lycée Golfe hôtel Les cabanes du Gapeau
La Crau	Réal Martin	<b>Janvier 2014</b>	Au pont de la route de Pierrefeu, en rive gauche
La Farlède		Sans objet	
Méounes-lès-Montrieux		Sans objet	
Pierrefeu-du-Var	Réal Collobrier	<b>Janvier 2014</b> Novembre 2014 Octobre 2012 Octobre 2013	Secteur de la Camargue, dans les vignobles
	Farembert		Hameau de la Tuilière
	Réal Martin		La voirie
	Merlançon		Secteur de la Gravière Secteur de l'hôpital et du stade L'Aumérade au niveau de la route de Puget-Ville

<i>Pignans</i>	Réal Martin	<b>Janvier 2014</b>	Confluence du Saint-Pierre et du Rimauret
<i>Puget-Ville</i>	Réal Martin	<b>Janvier 2014</b>	Ponts emportés au niveau des Jacarels et du Rolland
	Vallon du Bron		Route coupée au niveau du hameau de la Tuilière
<i>Signes</i>	Raby	Crue de 1586	Place de l'église inondée
<i>Solliès-Pont</i>	Gapeau	<b>Janvier 1999</b> Novembre 2012	Au niveau des Sénéés, en rive gauche
	Petit Réal		Pont de la salle des fêtes
	Sainte Christine		Sur le chemin des Renaudes
<i>Solliès-Toucas</i>	Gapeau	<b>Janvier 1999</b> Décembre 2000, Janvier 2014	88 bâtis touchés tout le long du Gapeau
	Vallon de Valaury		Secteur de la Font du Thon
<i>Solliès-Ville</i>	Gapeau	1982/1990	Au niveau du Pont Neuf

Tableau 13 - Synthèse par communes des désordres liés au débordement de cours d'eau

## 5.2 Approche hydrogéomorphologique des zones inondables

L'approche hydrogéomorphologique des zones inondables permet de disposer d'une vision claire de l'organisation des plaines alluviales et d'identifier les fonctionnements particuliers en matière d'inondations requérant une attention pointue dans le cadre de l'approche hydraulique. C'est un pilier pour l'analyse du fonctionnement de l'hydrosystème. L'AZI actuel ne couvrant pas la totalité du bassin versant, et ayant été effectué à une échelle et sur un support incompatibles avec les objectifs de la présente étude, une nouvelle cartographie est réalisée, à l'échelle du 1/2000°, sur fond de plan orthophotographie, exhaustive sur l'ensemble du bassin versant. Elle a été mise en œuvre dès le démarrage de l'étude et sera finalisée à l'issue de la phase 2. Compte-tenu de la taille du bassin versant, des besoins des différents partenaires du groupement, et d'une logique d'enjeux, le travail est réalisé en deux temps :

- La couverture exhaustive des zones à enjeux agricoles ou urbains (soit près de 200 km<sup>2</sup>, partiellement couvertes par l'AZI DREAL) ; à ce stade, celle-ci est pratiquement terminée.
- Puis l'extension au reste des bassins : près de 400 km<sup>2</sup> de zones quasi exclusivement naturelles.

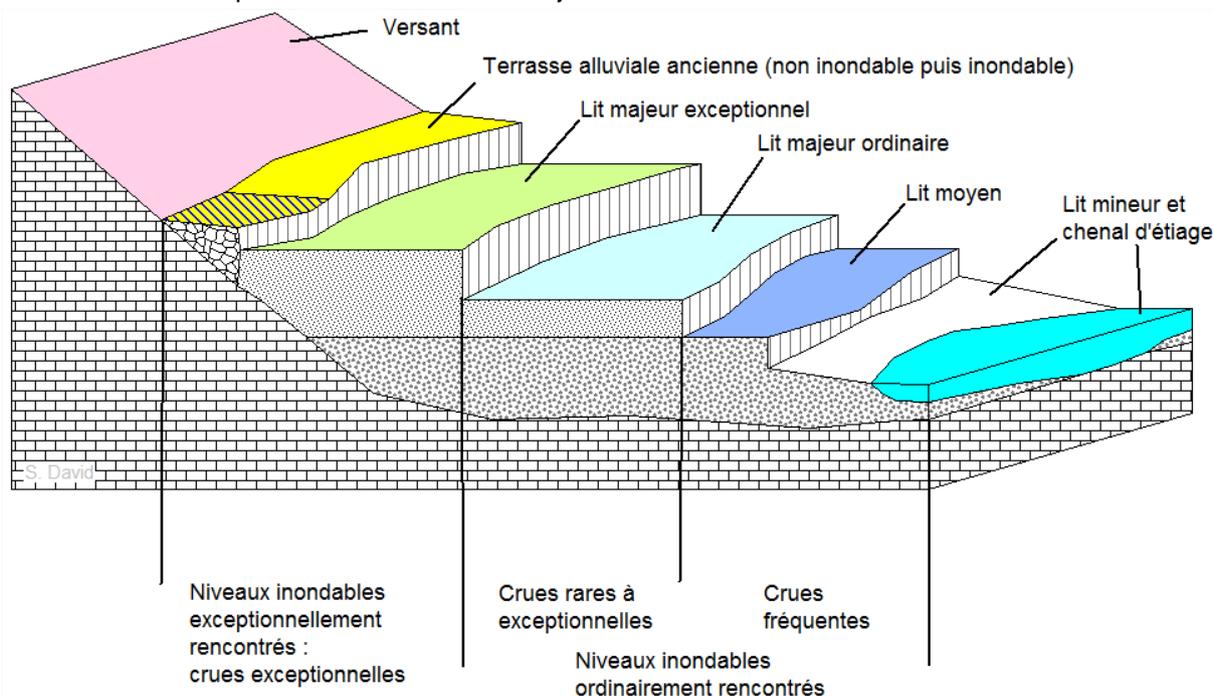
L'approche hydrogéomorphologique est basée sur l'observation naturaliste des champs d'inondation résultant du fonctionnement des cours d'eau. Elle consiste à délimiter les unités géomorphologiques significatives du fonctionnement hydrologique du système alluvial, soit :

- Le lit mineur, localisé entre les berges, comprenant le lit d'étiage. Il contient naturellement les écoulements ordinaires voire les crues très fréquentes.
- Le lit moyen résultant du débordement des crues relativement fréquentes, schématiquement annuelles à décennales en principe (mais pouvant être portées en réalité, pour l'état actuel, à vicennale, trentennale..., voire moins fréquentes encore lorsque des aménagements hydrauliques conséquents, tels que des recalibrages, ou encore que des incisions récentes et entretiens ont modifié les écoulements naturels). En termes hydrodynamique, cet espace correspond généralement à la zone de mobilité historique du cours d'eau ; c'est-à-dire à l'espace de divagation du lit mineur. Le risque érosif dû aux écoulements en crue y est élevé.
- Le lit majeur submersible par des crues rares à exceptionnelles (décennale à centennale et au-delà). Toutefois en l'absence de lit moyen marqué dans la topographie, le lit majeur peut également accueillir des écoulements de crues fréquentes.

- Dans certains cas, il est possible de distinguer un lit majeur exceptionnel qui comme son nom l'indique, n'est normalement inondé par débordement du cours d'eau principal que lors de crues exceptionnelles. De façon plus rare, sur certains cours d'eau où la terrasse würmienne tend à plonger progressivement sous la plaine alluviale moderne suite à une remontée du niveau de base, des lambeaux de terrasse peuvent être inondés par débordement.

L'ensemble de ces unités hydrogéomorphologiques forme « la plaine alluviale fonctionnelle », façonnée au fil des temps récents par les cours d'eau. Ces unités physiques sont généralement séparées les unes des autres par des talus qui délimitent l'enveloppe de différents champs d'inondation : un talus net constitue une limite précise, à quelques mètres près, tandis qu'un talus peu net (profil convexo-concave) indique souvent une zone de raccord progressif (entre le lit majeur et l'encaissant par exemple) et donc une moindre précision de l'information que peut apporter l'analyse hydrogéomorphologique.

Les unités hydrogéomorphologiques sont normalement étagées, de sorte que les plus fréquemment inondables sont plus basses que les moins fréquemment inondables. Des exceptions à cette règle existent toutefois sur les cônes de déjection et lits en toit, formes convexes de plaines alluviales où le lit mineur se trouve perché au-dessus du lit majeur.



**Figure 27 - Représentation schématique de l'étagement normal des unités hydrogéomorphologiques**

Au sein des lits moyens et majeurs, des axes secondaires d'écoulement en crue sont également distingués. Ces informations apportent une dimension hydrodynamique importante à une bonne appréciation du risque inondation car à proximité de ces axes, les vitesses sont généralement plus rapides et les hauteurs d'eau plus importantes que dans le reste de la plaine alluviale (hors lit mineur). Une certaine imprécision peut également apparaître lorsque la plaine alluviale présente un relief très doux, ce qui rend plus difficile la délimitation du lit majeur au contact des reliefs encaissants, ou la délimitation entre les différents lits. Dans ce cas, l'identification des unités hydrogéomorphologiques peut s'appuyer sur des critères autres que la topographie tels que la sédimentologie, voire des éléments de l'occupation du sol, celle-ci étant souvent en lien direct avec l'inondabilité (implantation du bâti, organisation du parcellaire, disposition des réseaux de drainage...).

L'écoulement naturel des crues peut être fortement perturbé par les aménagements anthropiques tels que les digues, les remblais et terrassements divers, les recalibrages ... C'est pourquoi la cartographie s'attache, dans la mesure où ils sont perceptibles sur les couples stéréoscopiques, à répertorier les aménagements significatifs. Toutefois, il n'est normalement pas tenu compte de l'incidence de ces aménagements. L'objectif de la cartographie hydrogéomorphologique est autant que possible de retranscrire les enveloppes naturelles des crues. Un remblai d'infrastructure barrant une vallée va par exemple avoir tendance à augmenter les niveaux d'eau en amont (sur-inondation) alors qu'un lit mineur recalibré tendra à diminuer les débordements.

La mise en œuvre de l'approche passe par plusieurs étapes :

- Une phase de photo-interprétation stéréoscopique qui permet une interprétation des formes constitutives du fonctionnement fluvial et de comprendre comment elles se sont mises en place, de retrouver les zones qui sont encore inondables, au sein de formes dites fossiles. Un stéréoscope est utilisé sur des couples de photographies stéréoscopiques afin d'obtenir la vision du relief.



**Figure 28 - Photo-interprétation stéréoscopique**

- Les cartographies minutes ainsi réalisées sont ensuite validées sur le terrain. Il s'agit in situ de retrouver les unités hydrogéomorphologiques, les éléments d'hydrodynamique et les structures topographiques visualisées lors de l'interprétation stéréoscopiques afin de les valider, ou de lever les incertitudes exprimées alors. La visite de terrain permet également de cartographier des éléments qui n'auraient pas été vu sur les photographies. L'analyse géomorphologique de terrain consiste aussi à identifier la nature des sédiments afin de déterminer leur origine (alluviale ou non) et donc le caractère inondable ou non des secteurs concernés.

Les cartes ci-après présentent un extrait illustrant ce travail, ainsi que son état d'avancement à ce jour.

La cartographie hydrogéomorphologique ainsi réalisée servira également de base de travail pour la qualification hydrogéomorphologique des aléas débordements en dehors des zones modélisées et en complément de celles-ci.

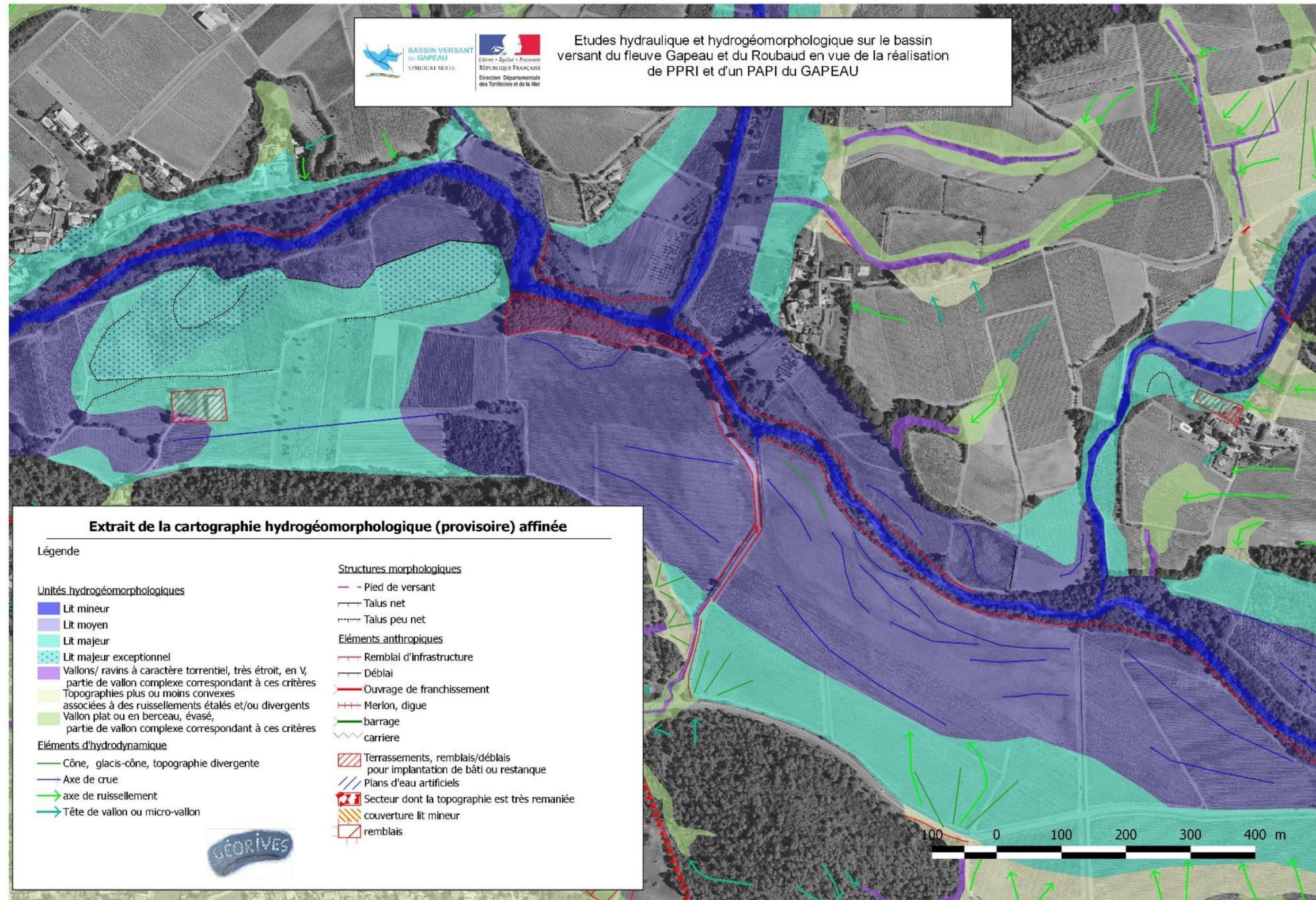


Figure 29 - Extrait de la cartographie hydrogéomorphologique affinée en cours d'élaboration



 Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique sur le bassin versant du fleuve Gapeau et du Roubaud en vue de la réalisation de PPRI et d'un PAPI du GAPEAU

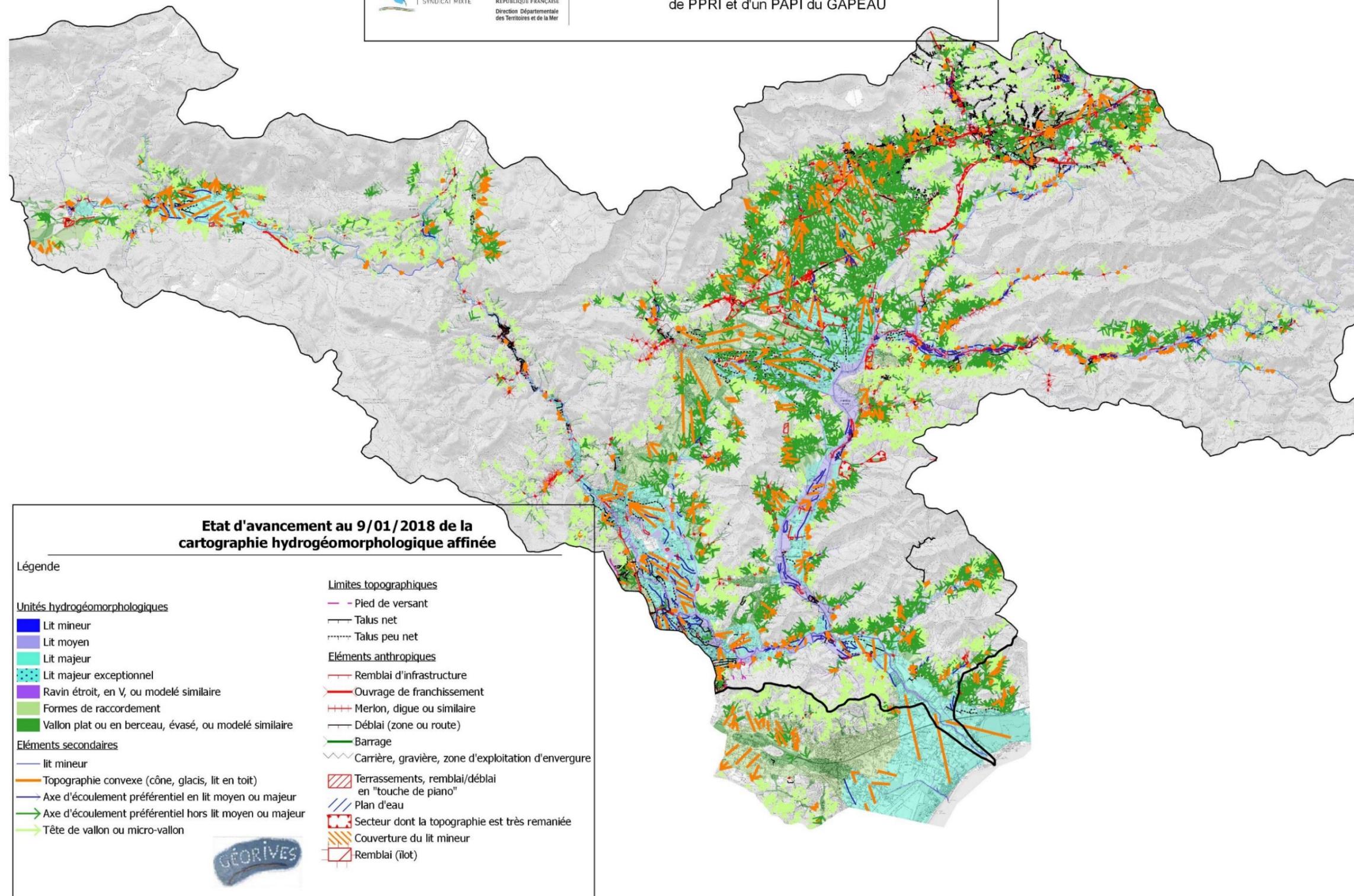


Figure 30 - Etat d'avancement au 09/01/2018 de la cartographie hydrogéomorphologique affinée en cours d'élaboration

## 5.3 Analyse hydrologique et débits de référence (Gapeau et Roubaud)

### 5.3.1 Analyse de l'étude hydrologique du bassin versant du Gapeau (SCE et AQUA Conseils)

#### 5.3.1.1 Présentation de l'étude

Cette étude réalisée en 2015 pour le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Gapeau s'inscrit dans une démarche d'amélioration de l'expansion des crues pour réduire l'aléa inondation.

La mission 2 de l'étude concerne l'analyse hydrologique du bassin versant. Elle a été réalisée par modélisation hydrologique et a permis de calculer les débits et hydrogrammes sur le bassin versant pour différents scénarios de pluie.

#### 5.3.1.2 Hypothèses et méthodes mises en œuvre

L'étude analyse dans un premier temps le contexte hydrographique, géologique, hydrogéologique et l'occupation du sol du bassin versant.

La synthèse des données hydrométriques est ensuite réalisée avec la localisation des stations hydrométriques.

L'inventaire des stations pluviométrique est de 7 stations pluviométriques et 2 stations pluviographiques utilisées dans l'étude et des données de lames d'eau horaires issues de la couverture radar.

Une analyse pluviométrique détaillée a été réalisée, ce qui a permis de calculer les pluies de références journalières et pour des durées de 1 à 24h, les GRADEX de pluies, la répartition spatiale et les pluies historiques.

Les données exploitées dans l'étude sont : les lames d'eau horaires avec un découpage du bassin versant en 6 régions, les statistiques du référentiel hydrologique du bassin versant de l'Argens, les ajustements statistiques aux 5 postes pluviométriques Météo France, les ajustements statistiques aux 5 postes pluviographiques Météo France, les pluies SHYREG.

Des ajustements statistiques sur les 6 postes de pluie journalière ont été réalisés et comparés aux résultats du référentiel hydrologique et de Météo France. De même des ajustements statistiques ont été réalisés sur les pluies 1h à 24h.

L'analyse hydrologique est ensuite basée sur une modélisation hydrologique.

Une trentaine de crues historiques ont été analysées avec les données d'hydrogrammes aux stations hydrométriques (il est indiqué néanmoins dans l'étude un risque de sous-estimation des courbes de tarage de Solliès-Pont sur le Gapeau, de La Crau sur le Réal Martin et d'Hyères sur le Gapeau).

Le modèle hydrologique est construit avec le logiciel HEC HMS.

Dans un premier temps il est indiqué dans le rapport que les pluies de projet sont définies au pas de temps 1h sur 6 régions homogènes.

Les valeurs statistiques des débits instantanés ont été récupérées de la Banque Hydro entre 5 et 50 ans aux stations de Solliès-Pont et Hyères sur le Gapeau, de La Crau et Puget-Ville sur le Réal Martin et de Collobrières et Pierrefeu-du-Var sur le Réal Collobrier.

Des traitements statistiques ont été faits sur les volumes de crue aux 2 stations du Gapeau et pour la station du Réal Martin et du Réal Collobrier.

2 modèles hydrologiques ont été construits, un avec un découpage de 16 sous bassins versants et un autre plus détaillé avec 99 sous bassins versants comme le montre la figure suivante.

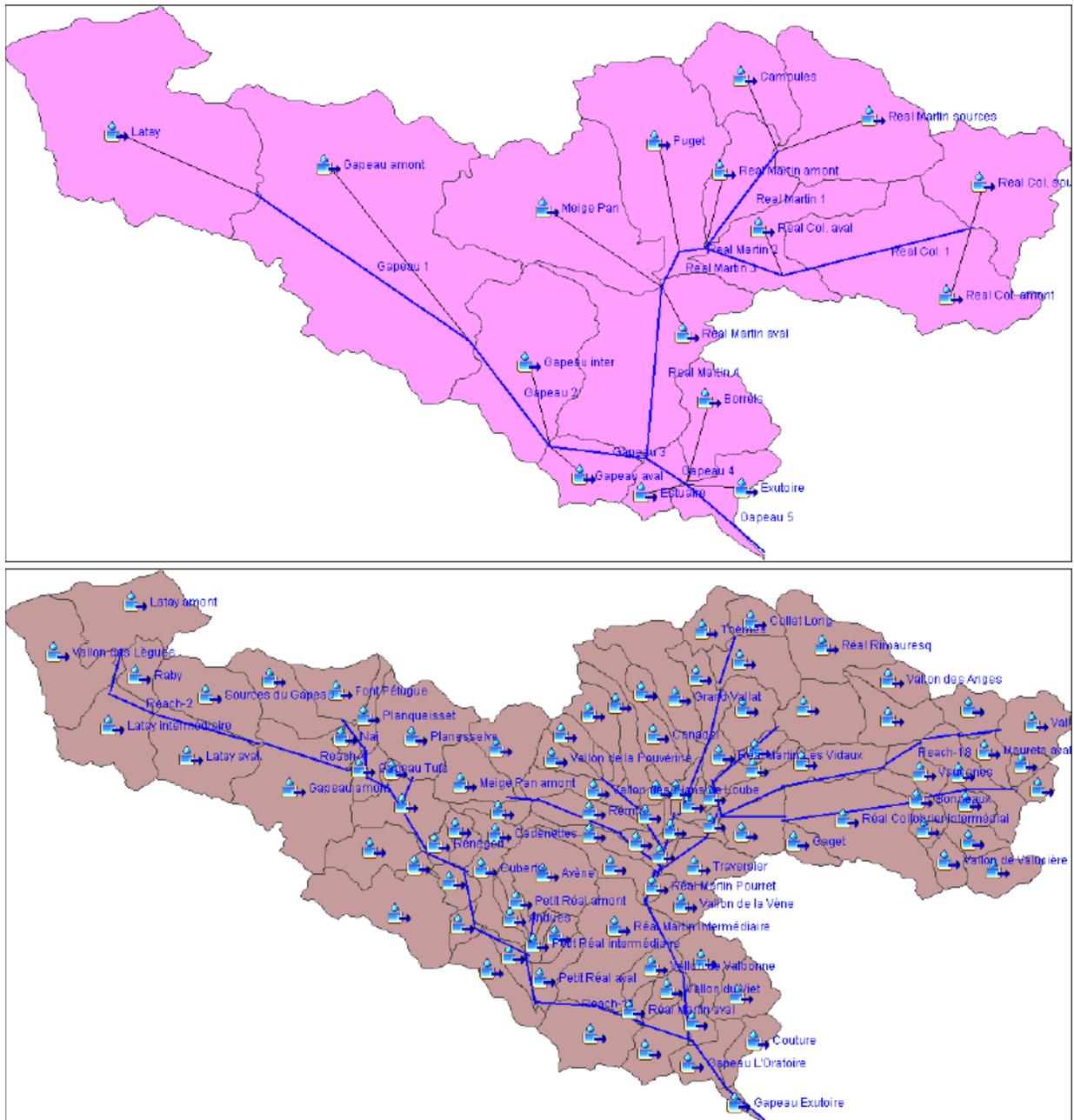


Figure 31 - Structure topologique du modèle simplifié (en rose) et du modèle détaillé (en marron) du bassin versant du Gapeau (extrait de la page 81 du rapport)

La méthode utilisée est la méthode SCS avec un seuil de pluie efficace entre 25 et 40 et un Curve Number entre 45 et 60 de ces coefficients. Le tableau suivant extrait du rapport présente ces valeurs des coefficients pour le modèle simplifié.

Sous-bassin	Superficie (km <sup>2</sup> )	Seuil de pluie efficace (mm)	Curve Number	Lag time (mn)
Real Col. amont	44.53	30	60	360
Real Col. sources	27.43	30	60	300
Real Col. aval	20.23	30	50	240
Real Martin sources	33.98	35	55	420
Carnoules	16.65	35	60	400
Real Martin amont	14.48	35	50	260
Puget	39.67	38	45	400
Meige Pan	64.61	40	40	300
Real Martin aval	25.47	40	35	120
Gapeau amont	107.60	35	50	350
Latay	75.45	40	45	500
Gapeau inter	36.54	35	40	160
Gapeau aval	25.47	30	55	120
Borreles	15.34	25	65	200
Exutoire	9.68	28	48	20
Estuaire	6.30	25	45	25

**Tableau 14 - Paramètres hydrologiques des sous bassins dans le modèle hydrologique simplifié (extrait de la page 82 du rapport)**

Il n'y a pas de description des tronçons hydrauliques qui permettent la propagation et la déformation des hydrogrammes de crues.

Il est indiqué que le calage est réalisé sur les crues de 2014 et validé sur les autres crues, mais les résultats ne figurent pas dans le rapport (la comparaison des débits calculés/observés n'est pas donnée).

4 scénarios de pluie de projet de durée 2 jours sont proposés pour une crue centennale avec un découpage en 4 régions. Pour le scénario 1 la pluie homogène sur le bassin versant, les scénarios 2, 3 et 4 comporte une répartition spatiale de la pluie. Le tableau ci-dessous présente les scénarios pluviométriques retenus dans l'étude :

Scénario	Gapeau amont	Réal Martin amont	Réal Martin aval	Gapeau aval
1	Pluie homogène de 335 mm sur 55 h			
2	320 mm en 55 h	290 mm en 55 h		122 mm en 55 h
3	160 mm en 55 h	400 mm en 55 h	150 mm en 55 h	200 mm en 55 h
4	160 mm en 55 h	120 mm en 55 h	430 mm en 55 h	200 mm en 55 h

**Tableau 15 - Définition des scénarios pluviométriques pour une crue centennale du Gapeau aval (extrait de la page 86 du rapport)**

### 5.3.1.3 Principaux résultats

La première partie du rapport concernant l'analyse du bassin versant et des données pluviométriques et hydrométriques est bien détaillée.

D'après la première analyse du bassin versant, les 3 cours d'eau Gapeau, Réal Martin et Réal Collobrier ont des fonctionnements hydrologiques différents, le Gapeau avec une partie amont karstique, le Réal Martin avec des crues violentes, et le Réal Collobrier avec des crues moins productives.

Il est indiqué dans le rapport que la partie amont du bassin versant karstique est susceptible de modifier l'hydrologie en aval. Les échanges entre nappe et rivières peuvent avoir une incidence en période de crue.

Les parties amont des bassins versants sont occupées par des zones forestières, les cultures, essentiellement des vignes sont concentrées sur les plaines et l'urbanisation est relativement restreinte et concentrée sur la partie aval du bassin versant.

Le bassin versant est bien couvert par les stations hydrométriques avec 3 stations sur le Gapeau, 1 sur le Réal Collobrier, 1 récente sur le Réal Martin, des réserves sont cependant notées sur les courbes de tarage des stations (risque de sous-estimation des débits).

Les résultats des statistiques aux postes de pluies journalières pour 10 ans sont compris entre 120 et 155 mm et pour 100 ans entre 170 et 250 mm.

Le temps de réponses pour les crues historiques analysées sont indiqués de l'ordre de 10 h pour le Gapeau et 7h pour le Réal Martin. Les temps de concentration entre 16 à 20 h pour le Gapeau et 12h pour le Réal Martin, sont supérieurs aux valeurs précédentes.

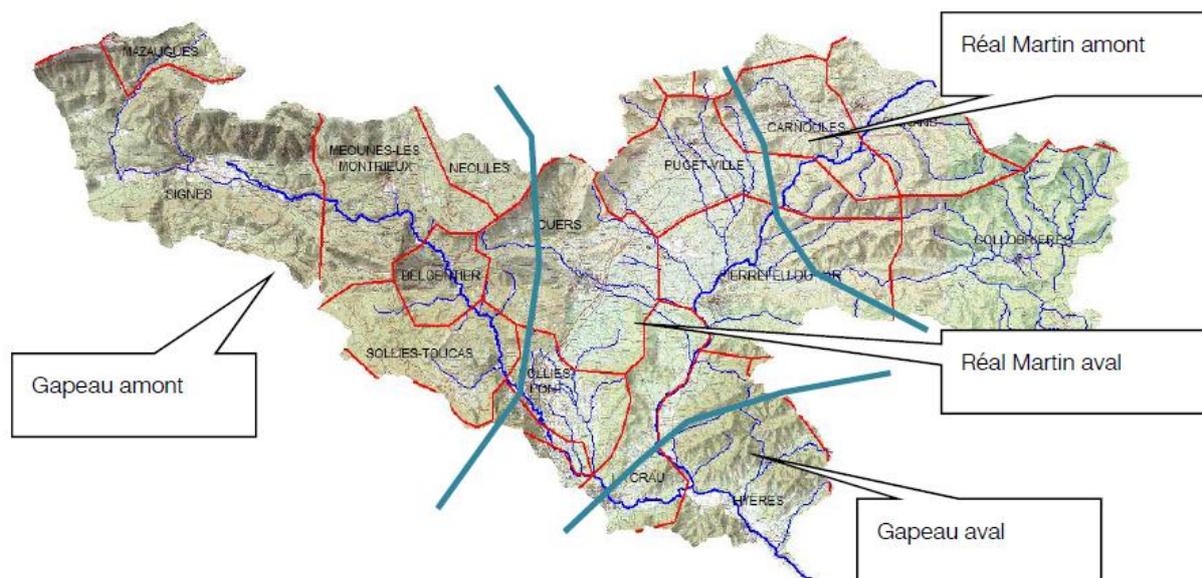
Les débits statistiques aux stations hydrométriques sont donnés jusqu' à la période de retour 100 ans (la source de la valeur calculée pour 100 ans n'est pas indiquée), comme le présente le tableau suivant.

Station	Surface (km <sup>2</sup> )	Période de retour					
		2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Gapeau à Solliès-Pont	169	47	74	92	109	132	160
Réal Martin à La Crau	277	91	147	184	220	266	330
Réal Collobrier à Pierrefeu	70.6	33	57	72	87	106	150
Gapeau à Hyères	517	152	248	311	372	450	620

**Tableau 16 - Débits de référence sur le bassin versant du Gapeau par ajustement de Gumbel (extrait de la page 76 du rapport)**

Pour pouvoir réexploiter ces données en phase 2 de l'étude, nous prévoyons une rencontre avec AQUA Conseils pour échanger sur la manière dont le calage et le choix de certains paramètres ont été effectués.

L'extrait cartographique de la figure en page suivante présente la répartition spatiale pour chacun des 4 scénarios pluviométriques.



**Figure 32 - Extrait cartographique du découpage spatial pour les scénarios pluviométriques (extrait de la page 85 du rapport)**

Les résultats des débits calculés pour les 4 scénarios de crue centennale de retour donnent des résultats très différents. Ces résultats sont présentés dans le tableau suivant extrait du rapport.

Scénario	1	2	3	4
Gapeau à Solliès-Pont	150 m <sup>3</sup> /s	138 m <sup>3</sup> /s	55 m <sup>3</sup> /s	55 m <sup>3</sup> /s
Réal Martin à la confluence avec le Réal Collobrier	115 m <sup>3</sup> /s	112 m <sup>3</sup> /s	145 m <sup>3</sup> /s	25 m <sup>3</sup> /s
Réal Collobrier	218 m <sup>3</sup> /s	208 m <sup>3</sup> /s	275 m <sup>3</sup> /s	45 m <sup>3</sup> /s
Réal Martin à la Decapris	440 m <sup>3</sup> /s	425 m <sup>3</sup> /s	480 m <sup>3</sup> /s	172 m <sup>3</sup> /s
Réal Martin à la confluence avec le Gapeau	610 m <sup>3</sup> /s	590 m <sup>3</sup> /s	540 m <sup>3</sup> /s	412 m <sup>3</sup> /s
Gapeau à la confluence avec le Réal Martin	480 m <sup>3</sup> /s	360 m <sup>3</sup> /s	170 m <sup>3</sup> /s	170 m <sup>3</sup> /s
Gapeau à Sainte-Eulalie	1 090 m <sup>3</sup> /s	940 m <sup>3</sup> /s	710 m <sup>3</sup> /s	580 m <sup>3</sup> /s
Gapeau à l'exutoire	1 150 m <sup>3</sup> /s	955 m <sup>3</sup> /s	740 m <sup>3</sup> /s	615 m <sup>3</sup> /s

**Tableau 17 - Débits maximaux pour les quatres scénarios pluviométriques de fortes crues**

Le scénario 1 avec une pluie homogène, ainsi que le scénario 2, sont écartés par la suite sans justification très précise.

Les ordres de grandeur retenus pour les crues 100 ans sont donnés entre 450 à 500 m<sup>3</sup>/s pour le Réal Martin à la confluence et entre 600 à 650 m<sup>3</sup>/s pour le Gapeau à Hyères.

***NB : Il convient de rappeler que dans le cadre du PPR en vigueur sur la commune d'Hyères, les débits retenus pour une période de retour 100 ans sont de 200 m<sup>3</sup>/s pour le Gapeau à Solliès-Pont et 490 m<sup>3</sup>/s pour le Gapeau à la confluence avec le Réal Martin.***

## 5.3.2 Etudes hydrologiques réalisées sur le Roubaud

### 5.3.2.1 Présentation des études

Le Roubaud a fait l'objet de très peu d'études hydrologiques et hydrauliques. On recense toutefois les deux études suivantes :

- Cartographie de l'aléa inondation par le Roubaud, IPSEAU, septembre 2000 ;
- Etude hydraulique sur la commune d'Hyères Les Palmiers, CEDRAT, novembre 2000.

#### Etude IPSEAU de septembre 2000

L'étude menée par le bureau d'études IPSEAU avait pour but d'établir une cartographie de l'aléa inondation par le Roubaud suite à la demande de la Direction Départementale de l'Equipement de Toulon.

Cette étude a défini les champs d'inondation par le Roubaud entre le quartier de La Demi-Lune à l'Ouest d'Hyères et l'exutoire au niveau du port de l'Aiguade.

L'étude se décompose en 3 phases suivantes :

- Une **analyse hydrologique** pour estimer les débits caractéristiques de crue, ainsi que la formation des écoulements ;
- Une **approche géomorphologique** afin d'identifier les différentes unités hydrographiques du bassin versant ;
- Et une **étude hydraulique** ayant pour objectif de modéliser la propagation des écoulements sur le secteur retenu afin d'établir un zonage de l'aléa inondation.

#### Etude CEDRAT de novembre 2000

L'étude menée par le bureau d'études CEDRAT a été commandé par la ville d'Hyères qui a souhaité disposer d'un document d'ensemble sur le territoire communal suites à l'épisode de janvier 1999.

Cette étude a pour principal objectif de caractériser les bassins versants, la capacité des cours d'eau et fossés principaux dont le Roubaud ; et d'identifier les secteurs où le ruissellement doit être maîtrisé en quantité et en qualité.

L'étude se décompose en 3 phases suivantes :

- **Caractérisation de l'état initial** : permettant la délimitation des bassins versants, de l'hydrologie des cours d'eau et un diagnostic hydraulique ;
- **Scénarios d'aménagement des cours d'eau** : visant à assurer une protection du territoire communal pour une crue trentennale ;
- **Aménagements hydrauliques de protection contre les inondations** : permettant la définition des ouvrages nécessaires au stade d'avant-projet.

### 5.3.2.2 Hypothèses et méthodes mises en œuvre

#### Etude IPSEAU de septembre 2000

Le bassin versant du Roubaud a été découpé en 7 sous bassins versants allant d'une superficie de 1,1 à 4,9 km<sup>2</sup>. La figure ci-dessous présente le découpage en sous bassin versant réalisé pour l'étude :

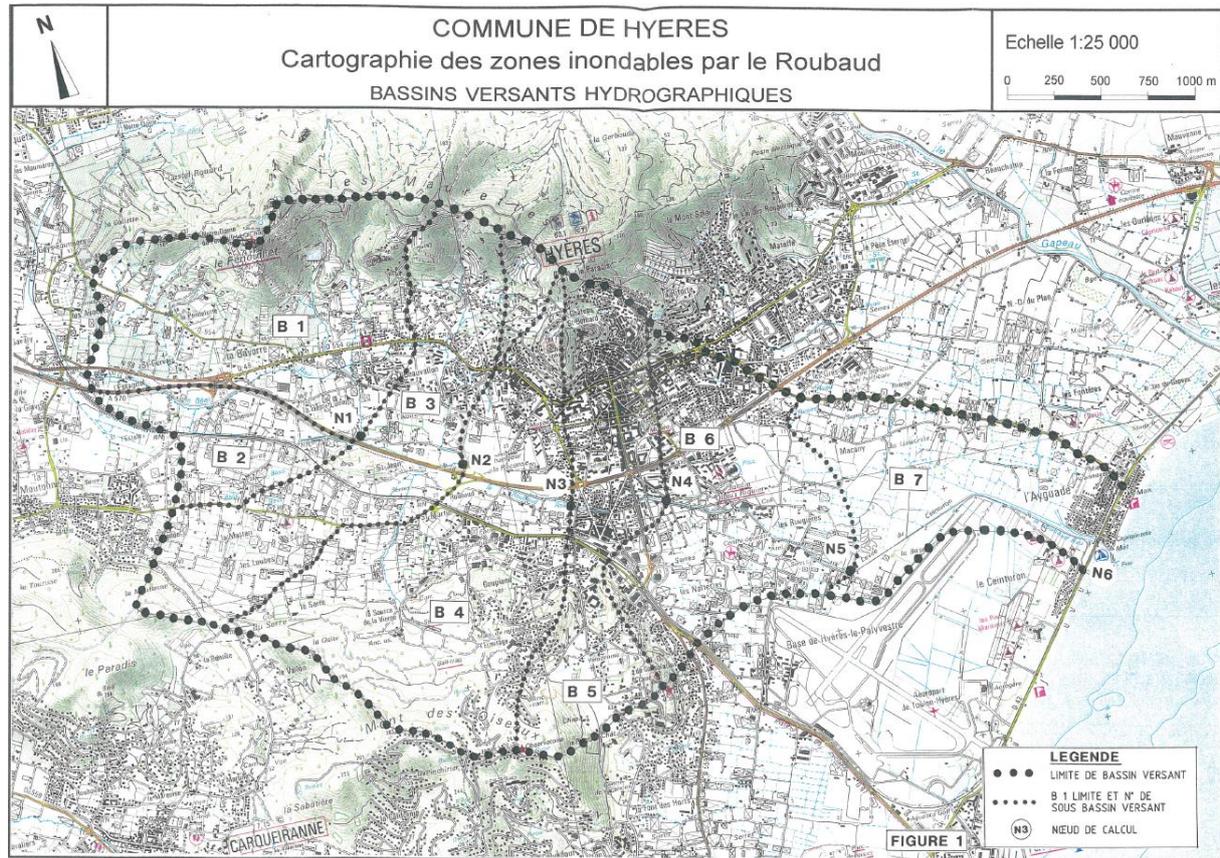


Figure 33 - Sous bassins versants du Roubaud (source : étude IPSEAU, novembre 2000)

Pour chaque sous bassins versants et également à chaque nœud de calcul (noté avec un indice N sur la figure précédente), il a été défini les caractéristiques suivantes : superficie, pente, longueur, coefficient de ruissellement et un temps de concentration.

Pour définir les intensités et hauteurs des pluies de projet (décennal et centennal), il a été utilisé les coefficients de Montana recalé sur la base de données de Météo France pour la période de 1971-1995 obtenus à la station de Toulon-la-Mitre.

Les méthodes employées pour la détermination des débits de pointe de projet sont les suivantes :

- **Estimation du débit de pointe décennale** : le bassin versant est en majorité constitué de sols de faible perméabilité, il a été retenu un débit de pointe décennale compris entre les méthodes SOGREAH perméable et semi-perméable, proche de CRUPEDIX ;
- **Estimation du débit de pointe centennale** : la période d'observation des données pluviométriques et débitométriques n'est pas suffisante pour une estimation précise du débit de pointe centennale, il a été retenu la méthode du GRADEX.

### Etude CEDRAT de novembre 2000

Le bassin versant du Roubaud a été découpé en sous bassin versant. Pour chaque sous bassin versant, il a été défini les caractéristiques suivantes : la surface, le périmètre, la longueur, la pente et le coefficient de ruissellement.

Pour le Roubaud, l'analyse hydrologique a été conduite de la manière suivante : une analyse de la pluviométrie exceptionnelle a été effectuée, suivi de la caractérisation du bassin versant, et à partir de ces données, la détermination des débits de crues historiques et exceptionnelles à partir de différentes méthodes.

Pour la détermination des débits de crue à différentes périodes de retour, il a été utilisé les méthodes suivantes :

- Les méthodes basées sur l'analyse statistique (Crupédix, Lama, Sogreah), elles permettent de calculer le débit de pointe décennale ;
- Les méthodes déterministes (rationnelle, SCS), elles permettent de calculer le débit pour différentes périodes de retour ;
- Les méthodes hydrométéorologiques (Gradex), la méthode du Gradex permet d'obtenir à partir du débit de pointe décennale, le débit de pointe pour d'autres périodes de retour ;
- Les méthodes de transposition des données d'un bassin versant à un autre (formule de Myers), elles permettent de calculer le débit de pointe pour différentes périodes de retour.

Pour l'évaluation du débit décennal et centennale, chaque méthode a été appliquée et une analyse des différentes méthodes par l'intermédiaire de 2 tests a permis de retenir un débit de pointe pour chaque sous bassin versant.

### 5.3.2.3 Principaux résultats

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques détaillées du bassin versant du Roubaud telles que présentées dans les rapports des deux études (IPSEAU et CEDRAT).

Bassin versant du Roubaud	Etude IPSEAU de septembre 2000	Etude CEDRAT de novembre 2000
Superficie <i>en km<sup>2</sup></i>	21,3	19,9
Longueur <i>en m</i>	8 180	9 300
Pente moyenne <i>en %</i>	1,3	3,4
Coefficient de ruissellement <i>pour 10 ans</i>	0,25	0,39

**Tableau 18 - Synthèse des caractéristiques hydrologiques du bassin versant du Roubaud**

Le tableau suivant précise les débits de pointe retenus pour le bassin versant du Roubaud pour chacune des deux études (IPSEAU et CEDRAT) :

Bassin versant du Roubaud	Etude IPSEAU de septembre 2000	Etude CEDRAT de novembre 2000
Débit de pointe décennale	18 - 27 m <sup>3</sup> /s	42 m <sup>3</sup> /s
Débit de pointe trentennale	Non calculé	77 m <sup>3</sup> /s
Débit de pointe centennale	82 m <sup>3</sup> /s	108 m <sup>3</sup> /s

**Tableau 19 - Synthèse des débits retenus pour le bassin versant du Roubaud**

### 5.3.3 Scénario hydrologique de janvier 2014

Le hyétogramme présenté ci-après représente la pluviométrie observée sur la région de Collobrières d'après les lames d'eau Antilopes issue du SPC.

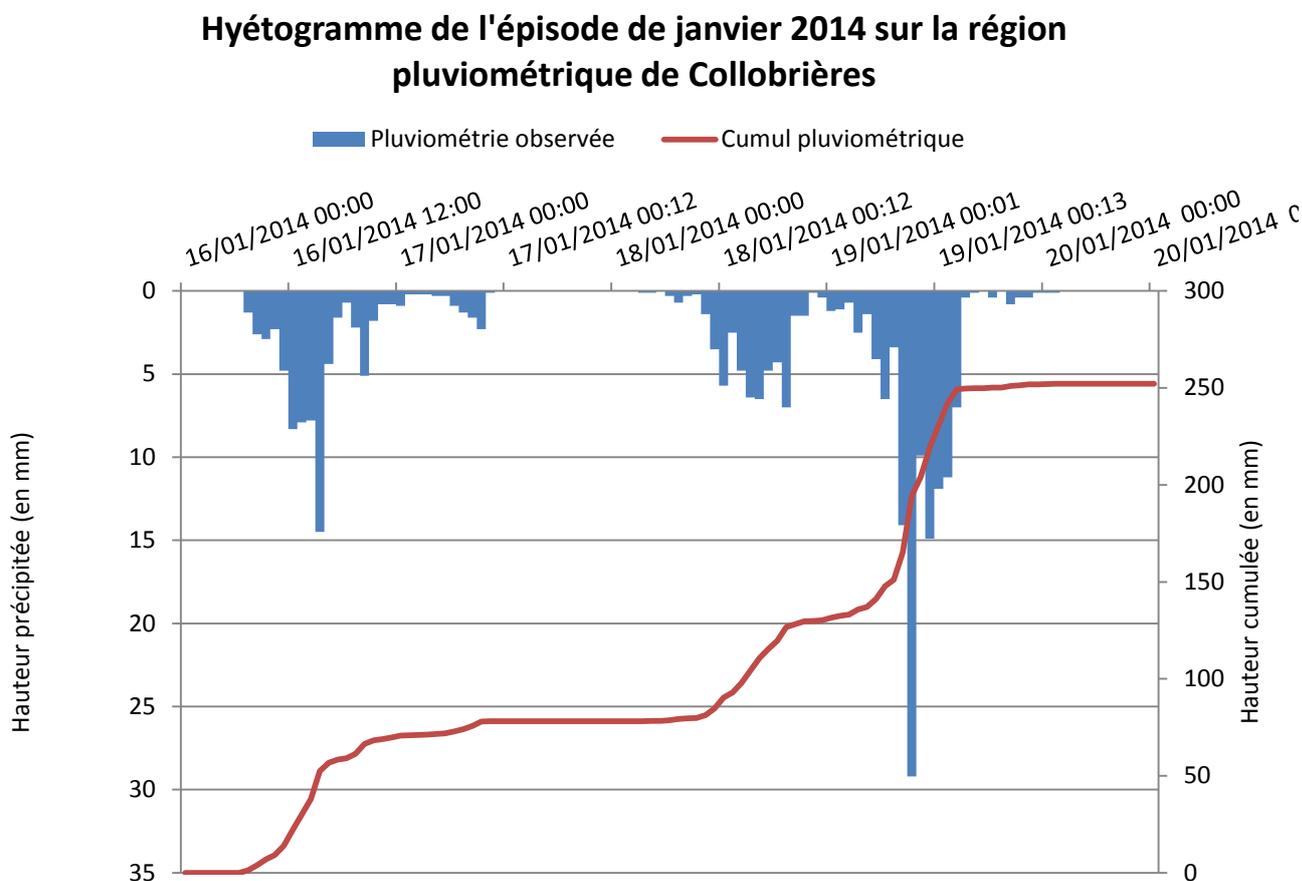


Figure 34 - Hyétogramme de l'épisode de janvier 2014 (source : lames d'eau Antilopes, SPC)

L'analyse de la carte des cumuls pluviométriques (cf. cartographie en page suivante) montre que l'épisode marquant de janvier 2014 qui s'est déroulé sur 4 jours était en partie centré sur la commune de La Londe-les-Maures. D'après les données de Météo France, les cumuls ont atteint quasiment 300 mm en 4 jours sur la commune de La Londe-les-Maures.

Le système orageux stationnaire est entré de la Méditerranée et s'est organisé selon un axe sud/nord allant de La Londe –les-Maures à Entrecastaux.

A noter qu'il existe sur la commune de La Londe-les-Maures un pluviomètre géré par le CIRAME. Ce pluviomètre aurait enregistré un cumul en 6 h de 190 mm au moment d'intensité maximale de l'épisode. Ce cumul de 190 mm en 6 h correspondrait à un période de retour très supérieure à 100 ans.

Lors de la rencontre avec le Service de Prévision des Crues (SPC), une discussion a été menée sur cet évènement de janvier 2014 et la forte possibilité de le voir se reproduire sur le bassin versant du Gapeau.

En effet, il n'est pas exclu qu'un évènement comme celui de janvier 2014 puisse se reproduire dans le Var. Au vu de la situation de la partie aval du bassin versant du Gapeau, semblable géographiquement au bassin de La Londe-les-Maures, il peut être envisagé un même épisode

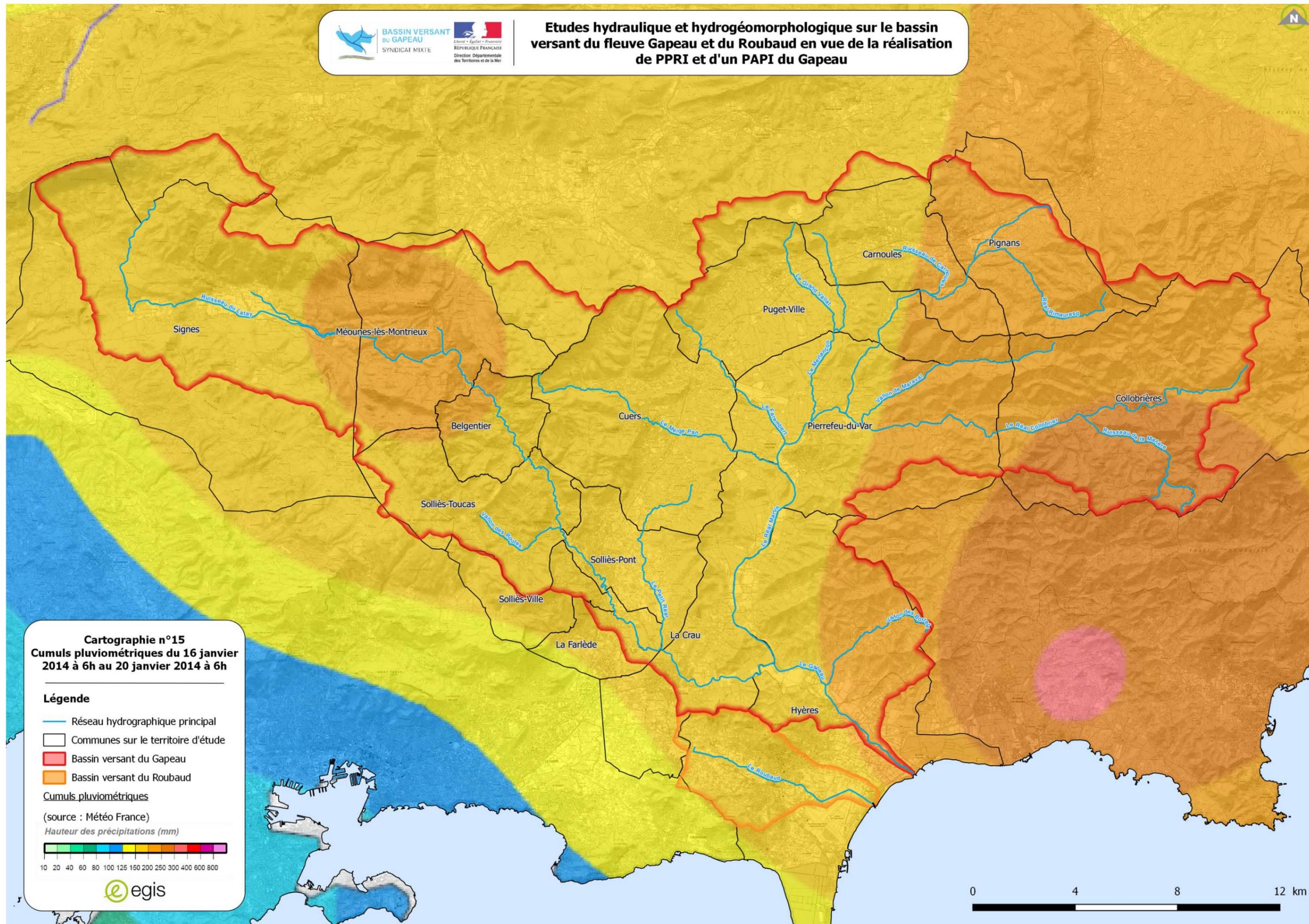
orageux qui viendrait stationner au-dessus de la ville d'Hyères voire même une remontée de la cellule orageuse dans les terres sur la ville de La Crau.

Dans le cadre de la phase 2, il sera proposé de simuler des scénarios identiques à l'épisode de janvier 2014, à savoir par exemple :

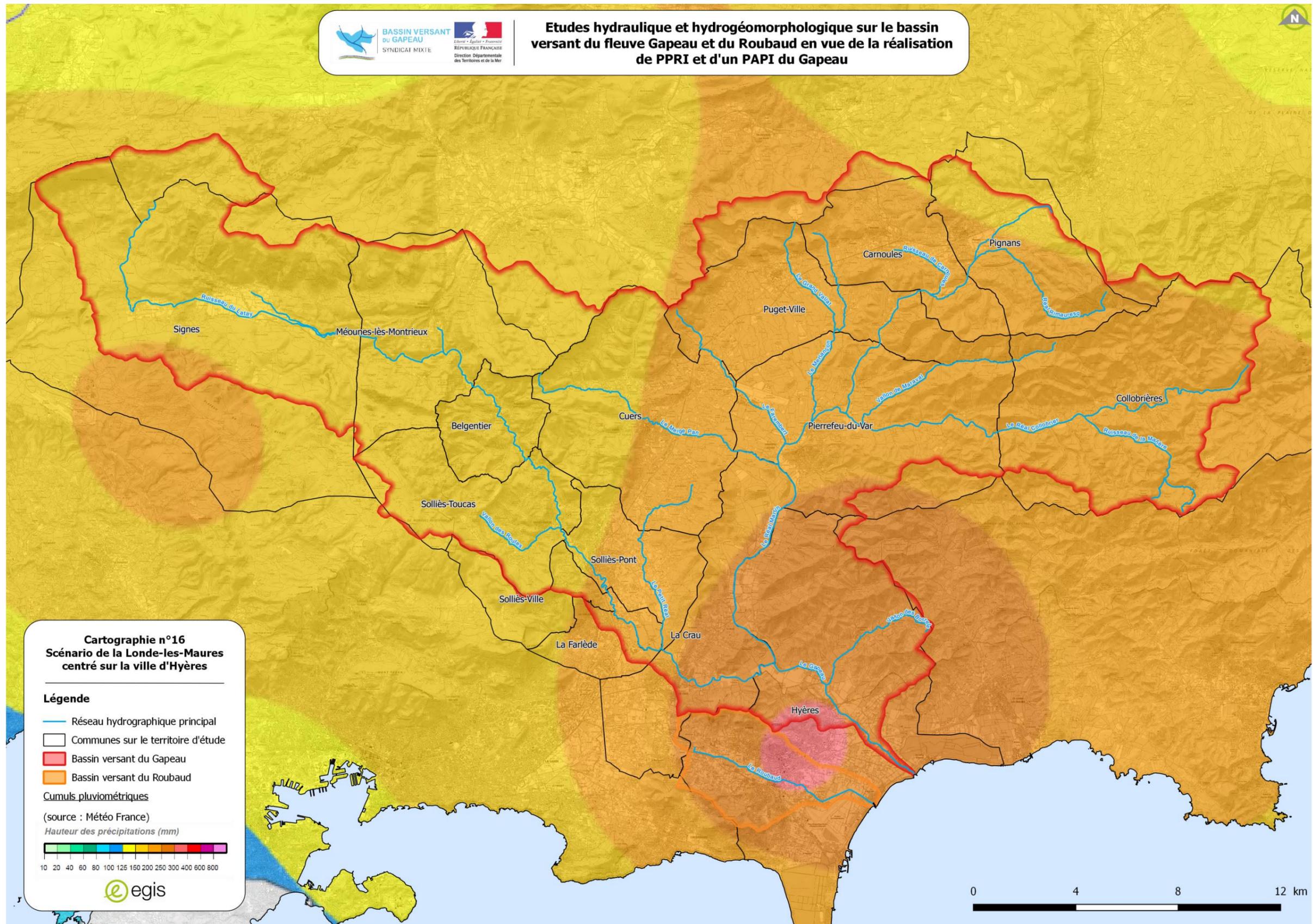
- Scénario 1 : la cellule orageuse intense centrée sur la ville d'Hyères ;
- Scénario 2 : la cellule orageuse intense centrée sur la ville de La Crau.

Les cartographies en pages suivantes présentent des cumuls pluviométriques fictifs sur 4 jours, calqués sur l'épisode de janvier 2014, pour illustrer les 2 scénarios proposés.

Un travail similaire sera mené sur l'épisode de juin 2010 qui avait affecté la région de Draguignan.



Cartographie 15 - Cumuls pluviométriques sur 4 jours de l'épisode de janvier 2014 (source : Météo France)

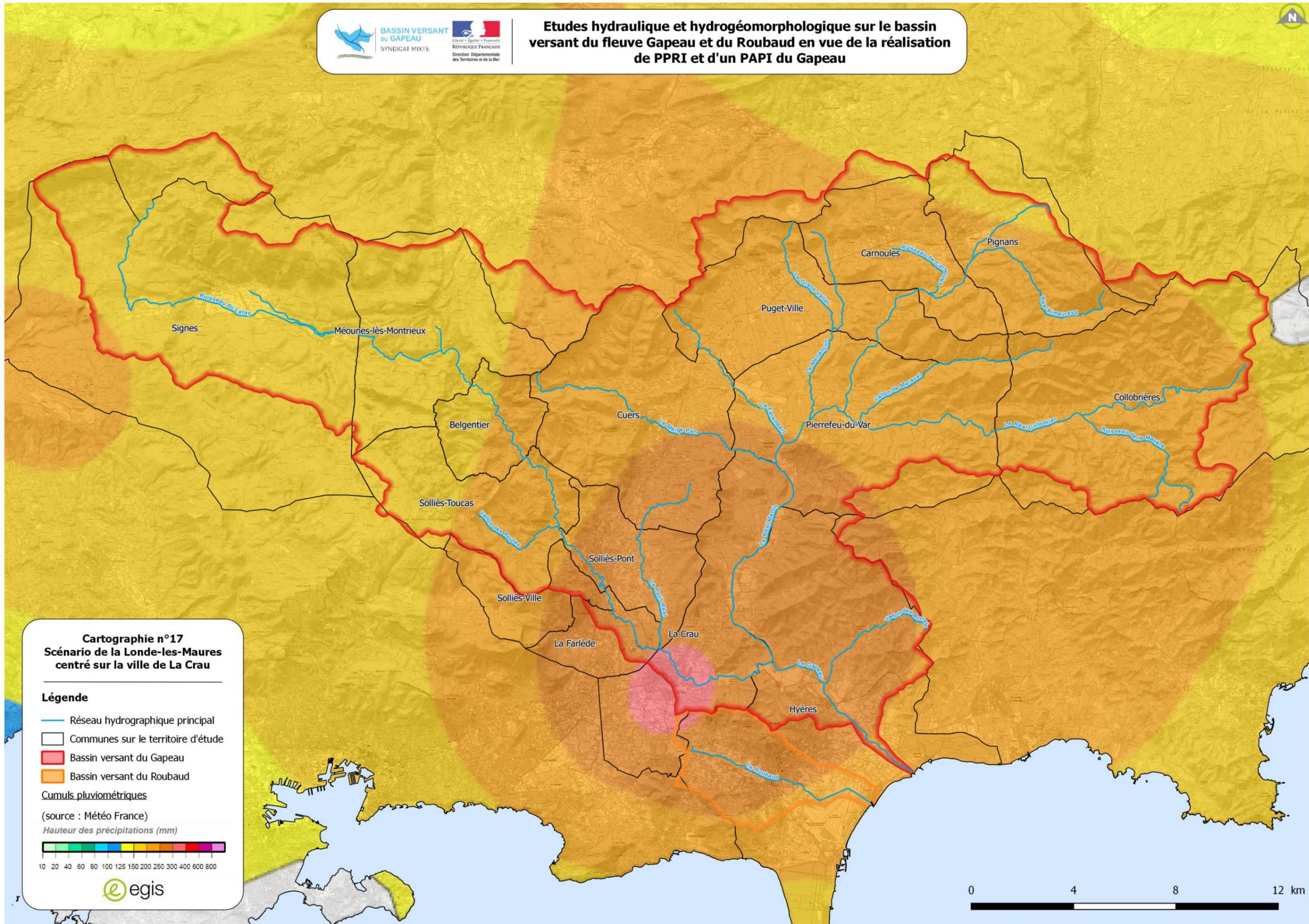


Cartographie 16 - Scénario pluviométrique de la Londe-les-Maures centré sur la ville d'Hyères

**BASSIN VERSANT DU GAPEAU**  
SYNDICAT MIXTE

**REPUBLIQUE FRANÇAISE**  
Direction Départementale des Territoires et de la Mer

**Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique sur le bassin versant du fleuve Gapeau et du Roubaud en vue de la réalisation de PPRI et d'un PAPI du Gapeau**



Cartographie 17 - Scénario pluviométrique de la Londe-les-Maures centré sur la ville de La Crau

## 5.4 Influence du karst

### 5.4.1 Définition générale d'un aquifère karstique

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a publié en mars 2012 un guide méthodologique sur : « *Les outils de l'hydrologie karstique pour la caractérisation de la structure et du fonctionnement des systèmes karstiques et l'évaluation de leur ressource* ».

Ce guide méthodologique a pour but d'apporter des outils opérationnels qui permettront :

- De caractériser le type de système karstique ;
- D'apprécier le degré de karstification ;
- D'évaluer les ressources et réserves du système ;
- De préciser la délimitation du bassin d'alimentation de l'exutoire ou du captage.

Dans une approche hydrogéologique, le karst est un aquifère bien particulier, composé des 3 parties suivantes comme l'illustre la figure ci-dessous :

- La **zone épikarstique** représente la partie la plus proche de la surface. Cette partie est une zone de stockage temporaire des eaux de pluie ou de ruissellement avant transfert vers la zone noyée ;
- La **zone d'infiltration** constitue la partie non saturée de l'aquifère. C'est une zone de transfert où se mêle écoulements lents et écoulements rapides au niveau des conduites verticales ;
- La **zone noyée** se développe particulièrement à l'aval. Cette zone est organisée autour d'un axe de drainage ou d'un réseau de conduits karstique.

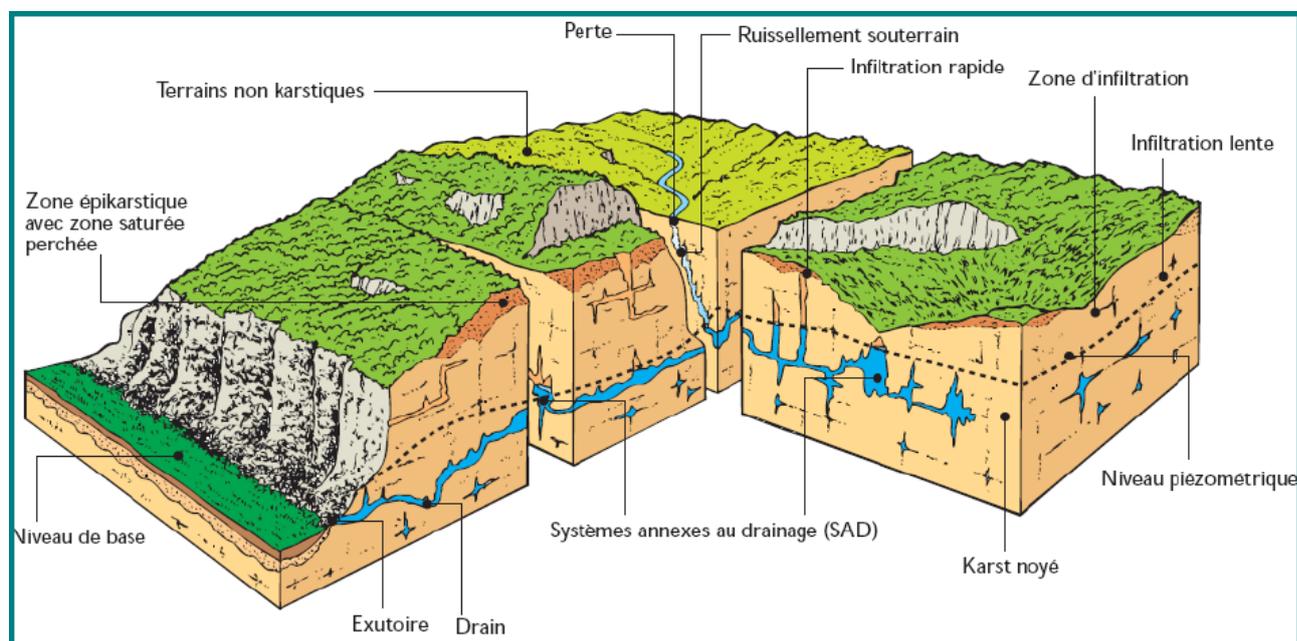


Figure 35 - Représentation schématique d'un aquifère karstique (AERMC 1999 d'après Mangin 1975)

La spécificité du karst provient du processus de karstification qui entraîne un paysage de surface caractéristique (lapiaz, dolines, ...) associés à un paysage souterrain constitué de grottes et gouffres. La dimension de ces vides peut aller de l'ordre de la fissure micrométrique à des conduites de quelques dizaines de mètres de section. C'est ce paysage souterrain très variable et discontinu qui peut entraîner des vitesses d'écoulement de l'ordre de quelques centimètres par heure à plusieurs centaines de mètres par heure.

Le guide méthodologique du BRGM propose une démarche en 3 phases pour l'étude des aquifères karstiques :

- Phase 1 : IDENTIFICATION ;
- Phase 2 : CARACTERISATION ;
- Phase 3 : DEMONSTRATION – EXPLOITATION – DEFINITION DE LA VULNERABILITE.

#### 5.4.2 Le rôle du karst pour le bassin versant du Gapeau

De nombreuses observations et témoignages lors des crues les plus marquantes du Gapeau montrent que le karst joue un rôle important dans le fonctionnement hydrologique du bassin versant lors des crues. Le BRGM a lancé en décembre 2013 une étude pour le compte du SCHAPI : « *Identification du rôle potentiel du karst dans les crues sur le territoire du SPC Méditerranée-Est* ». Cette étude sera restituée en février 2018.

L'analyse géologique du bassin versant du Gapeau met en avant la présence de formations carbonatées potentiellement karstiques sur sa partie amont, de sa source dans la plaine de Signes à Solliès-Pont. Les figures suivantes présentent le bassin versant amont du Gapeau et la carte géologique sur ce même bassin versant.

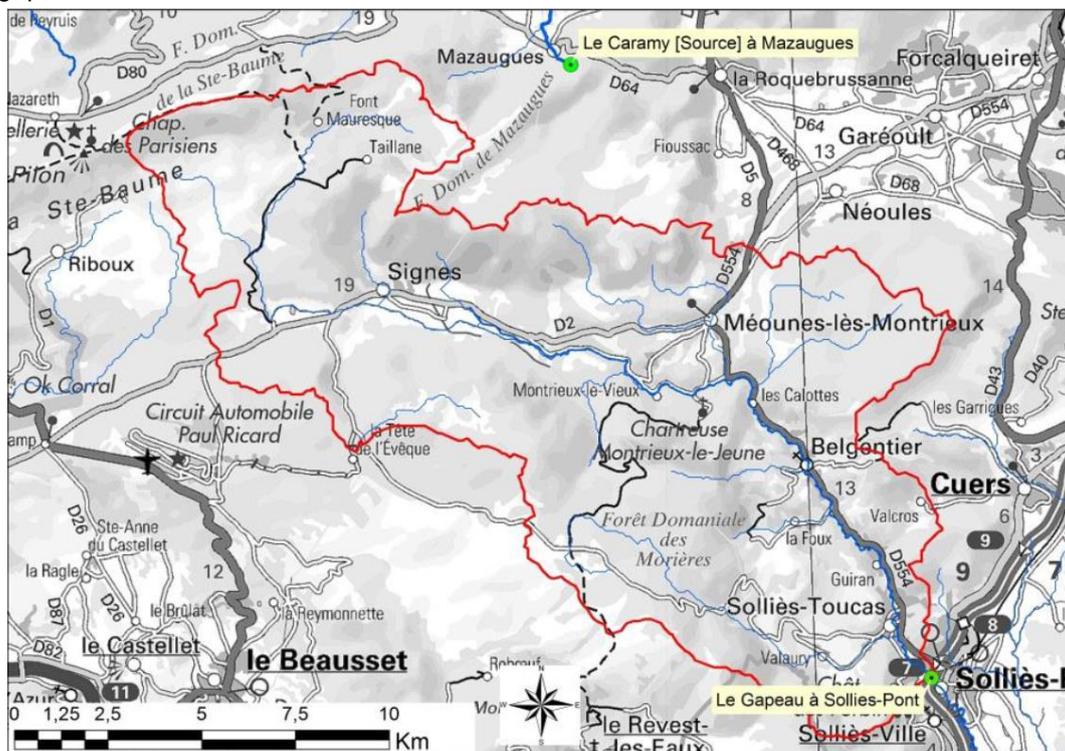


Figure 36 - Cartographie du bassin versant du Gapeau (en rouge) à Solliès-Pont (source : BRGM, décembre 2013)

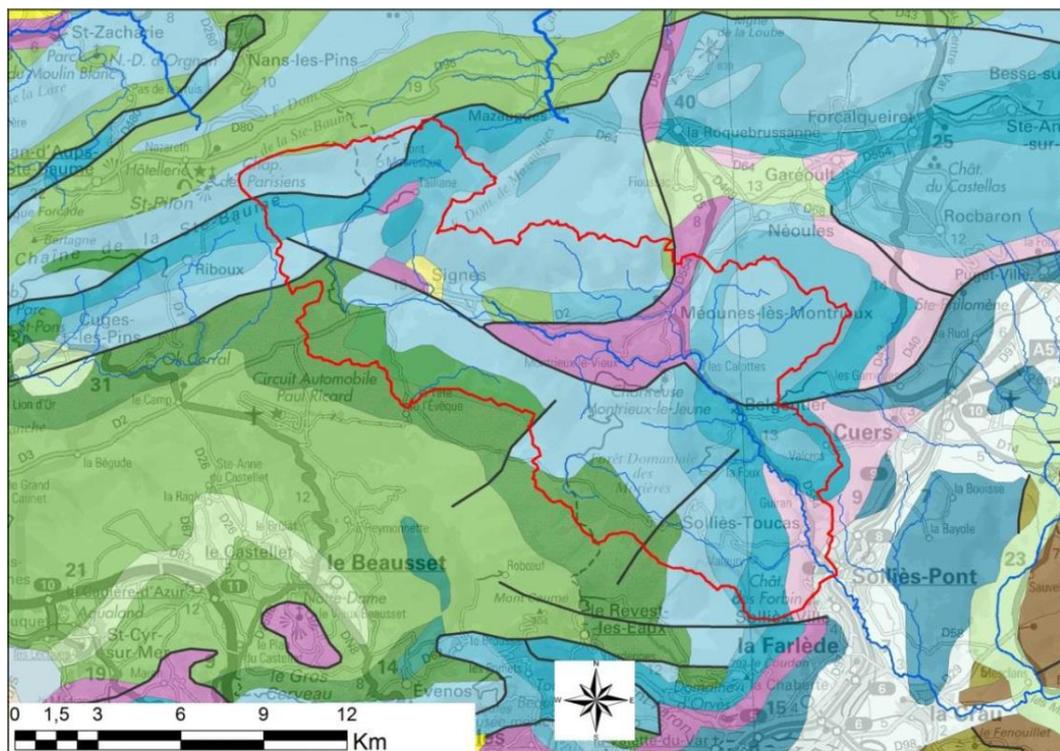


Figure 37 - Carte géologique du bassin versant du Gapeau (en rouge) à Solliès-Pont (BRGM, décembre 2013)

Sur la carte géologique de la figure précédente, on peut identifier les formations géologiques suivantes :

- En violet : les formations Triasiques ;
- En vert : les formations du Crétacé ;
- En bleu : les formations Jurassiques ;
- En jaune : les formations Tertiaires.

Les formations karstiques se situent sur les formations du Jurassique et du Crétacé.

Dans l'étude du BRGM, une approche combinée de 3 indices (SOL, PENTE et KARST) a été réalisé dans l'objectif de définir par combinaison des 3 indices, un indicateur sur le potentiel d'influence du karst aux crues. La figure en page suivante présente la construction de l'indicateur de contribution du karst aux crues grâce aux 3 indices :

- **L'indice SOL** : il caractérise le potentiel d'infiltration diffuse, c'est-à-dire le partage ruissellement/infiltration à la surface du sol. La classe de l'indice SOL s'étend de 1 (ruissellement dominant) à 4 (infiltration diffuse dominante).
- **L'indice PENTE** : il permet de tenir compte du contrôle de la topographie dans le partage ruissellement/infiltration. La classe de l'indice PENTE s'étend de 1 (ruissellement favorisé) à 4 (ruissellement non favorisé).
- **L'indice KARST** : il dépend de 3 critères : la lithologie (potentiel de karstification), la dépression (cuvettes topographiques identifiées comme dépressions karstiques) et la cavité (densité de cavité par unité lithologique). La classe de l'indice KARST s'étend de 1 (pas d'infiltration localisée) à 5 (forte infiltration localisée).

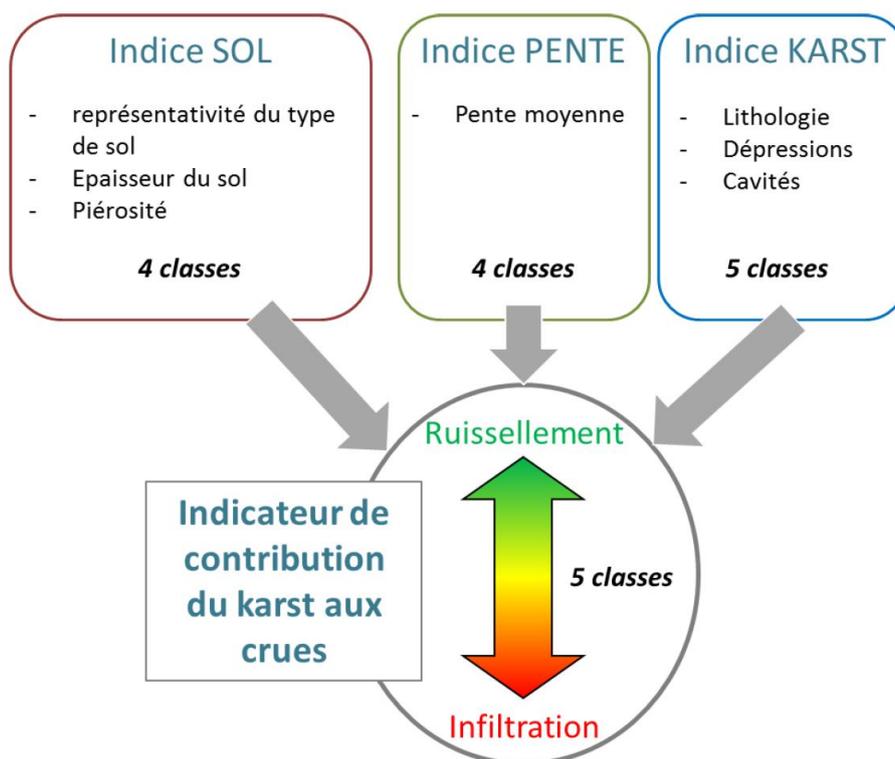


Figure 38 - Indice ruissellement/infiltration comme indicateur de contribution du karst aux crues (BRGM, décembre 2013)

La combinaison des 3 indices (SOL, PENTE et KARST), permet de définir un indice de ruissellement/infiltration comportant les 5 classes présentées dans le tableau suivant.

Combinaison des indices SOL + PENTE + KARST	Classes indicateur Ruissellement / Infiltration	Influence du karst aux crues
3 & 4	1	nulle
5 & 6	2	
7 & 8	3	
9 & 10	4	
11, 12 & 13	5	Forte

Tableau 20 - Tableau de détermination des classes de l'indice Ruissellement/Infiltration (BRGM, décembre 2013)

Dans le cadre de l'étude du BRGM, l'indicateur de contribution du karst aux crues a été calculé pour le bassin versant du Gapeau à Solliès-Pont. La cartographie en page suivante présente le résultat du zonage ruissellement/infiltration sur ce bassin versant.

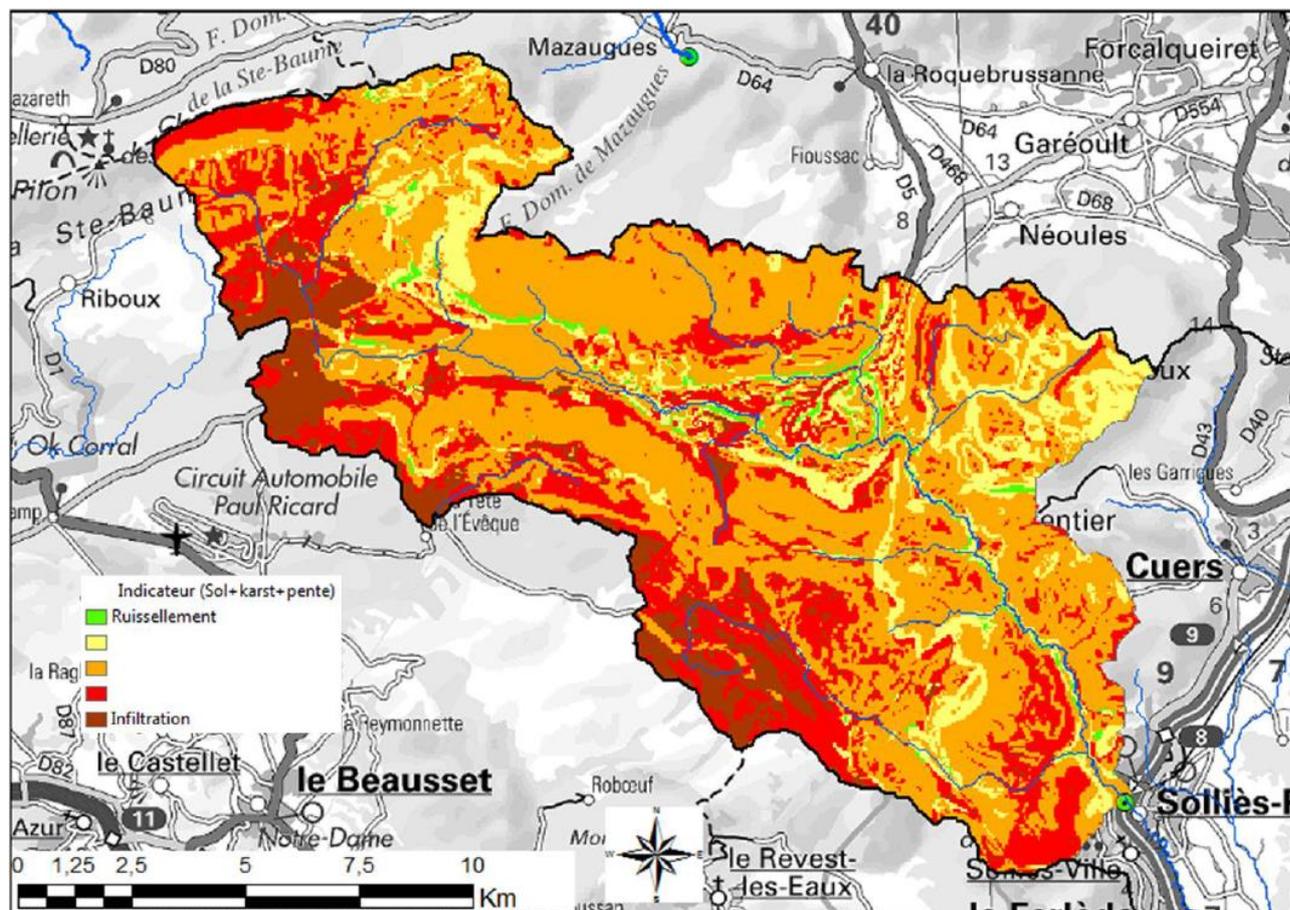


Figure 39 - Cartographie du zonage Ruissellement/Infiltration sur le bassin versant du Gapeau à Solliès-Pont (BRGM, décembre 2013)

Cette cartographie de zonage montre que :

- La contribution du karst sur les crues est faible dans les fonds de vallée et sur la zone d'affleurement des formations Triasiques ;
- Sur les massifs de la bordure ouest et nord-ouest, le karst joue un rôle important avec une forte infiltration des eaux.



L'indice cartographique ruissellement/infiltration établi dans le cadre de l'étude du BRGM de décembre 2013 a permis de mettre en évidence sur le bassin versant du Gapeau à Solliès-Pont les zones karstiques susceptibles d'influencer les crues. Comme introduit précédemment, l'aquifère karstique est une notion difficile à définir. Même si une méthodologie complète existe dans le guide publié par le BRGM, il faut rester vigilant vis-à-vis du rôle du karst qui peut prendre un caractère aléatoire. De nombreux cas de résurgences karstiques sont connus et peuvent être à l'origine de modifications de la dynamique des crues.

## 5.5 Ouvrages d'irrigation

### 5.5.1 Généralités

Au Moyen-Age les seigneurs avaient la jouissance de l'eau. Ce n'est qu'entre le XVIème et le XVIIème siècle que les habitants du Gapeau ont pu acheter leurs droits à utiliser l'eau. Des syndicats d'arrosant se sont peu à peu formés pour gérer la paie des droits sur l'eau, essentiellement utilisée par un réseau important de canaux.

La distribution de l'eau s'est peu à peu échelonnée selon 4 étapes :

- L'eau était, dans un 1<sup>er</sup> temps, emmagasinée par des retenues en terre. Ces créations fragiles ont rapidement montré leurs limites en étant emportées par les crues ; c'est pourquoi par la suite, elles ont été construites avec des pieux et des fagots de bois puis, au XIXème siècle par de la maçonnerie.
- Dans un 2<sup>ème</sup> temps, l'eau était déviée de la retenue du Gapeau et acheminée vers l'entrée des canaux (appelée « prise d'eau »), en amont des villages. L'objectif était d'arroser un maximum de terres.
- La 3<sup>ème</sup> étape consistait à distribuer l'eau par des canaux d'irrigation étroits et peu profonds. Ces canaux pouvaient être creusés, enterrés ou aériens.
- Enfin, la 4<sup>ème</sup> étape correspondait au « drain » : les eaux excédentaires étaient rejetées à la fin du canal.

De nombreux canaux d'irrigations ponctuent le Gapeau et le Roubaud afin d'alimenter les centres urbains en eau mais également d'arroser les terres agricoles. La majorité des agricultures irriguées au XIXème se situait dans la basse vallée. A Solliès Pont près d'un quart des terres étaient irriguées par les eaux riches et fertiles du Gapeau.

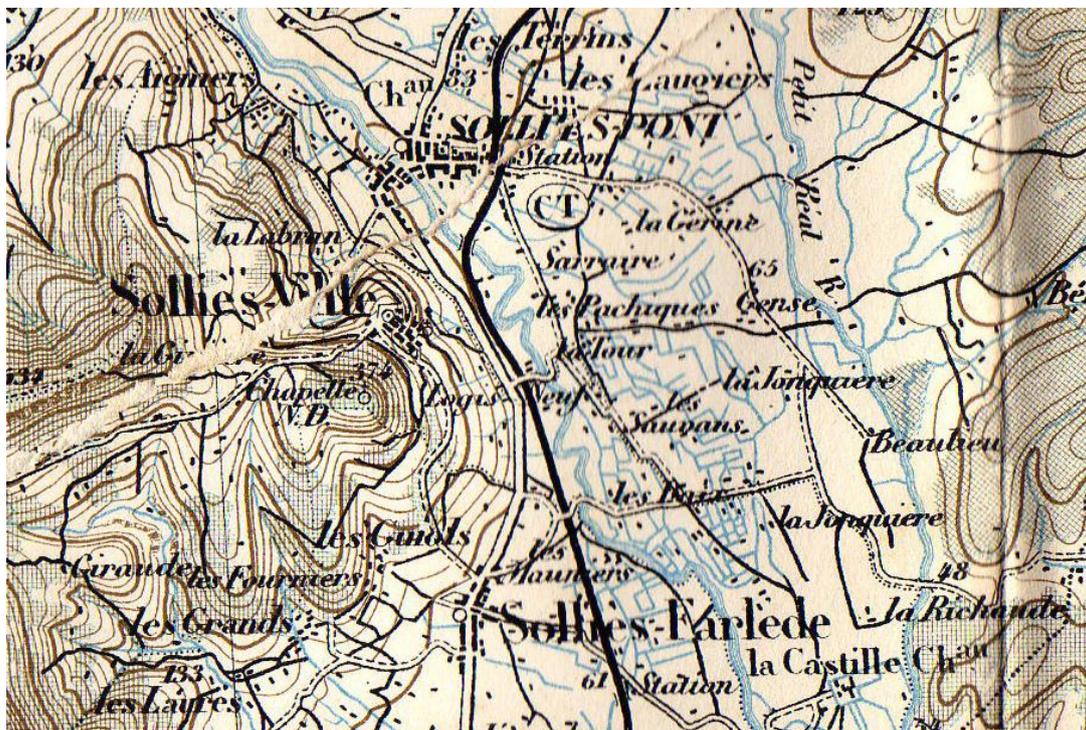


Figure 40 – Tracés des canaux d'irrigation (carte d'État-major de 1850)

D'ailleurs de nombreuses industries ont pendant longtemps utilisé l'eau de ces canaux pour sa force motrice ou comme élément de fabrication.

Cours d'eau	Communes	Nom du barrage	Ha irriguées	Activités
<b>Carnoule</b>	Carnoule	Bariquet, Champeronne	264	Moulin à farine et à huile
<b>Gapeau</b>	Belgentier	Gavodan, Belgentier, Moulin, Bastide, Papettia	43	Moulins à farine, à huile, tannerie, papeterie
	Hyères	Quartier notre Dame de la Crau, quartier Rochette, quartier Richaud, Mr Beauregard, Castille	1 281	Maraîchage, parc d'orangers, moulins
	Méounes	Monrieu, Trinité	60	Papeterie, usines
	Signes	Ecluses	3	Moulin à farine, fouloir, barrage, cotonnerie
	Solliès Pont	Ferrage, Monsieur Gence, Presbytère, St Victor	323	Moulin à farine, à huile, tannerie
	Solliès Toucas	Tourette et des Cenesses, Frères Moulin	70	Moulin à plâtre, à farine, à huile
	Solliès Ville, la Farlède	Ecluses	327	-
<b>Réal de Cuers</b>	Cuers	Moulin neuf, Arenne, De la Tours, 5 sans noms	65	Moulin à plâtre, à farine, à huile
<b>Réal Martin</b>	Carnoules	Du Réal	264	Papeterie, scierie, usines
	Hyères	Serre menu, Mooupas, Chamberonne	-	Scierie
	Pierrefeu	Ecluses	-	-
	Pignans	Ecluses	109	3 moulins à farine, papeterie, scierie
	Puget	Roland, Manuel, Jacquarel	-	-

**Tableau 21 – Utilisation des canaux par les industries et les exploitations agricoles**

Ce n'est que dans les années 60 que la création du Canal de Provence est venue bouleverser l'utilisation des canaux.

Sur le bassin versant du Gapeau, près de 27 Associations Syndicale Autorisée (ASA) ont été recensées. Elles gèrent et régulent les prises d'eau destinées à l'irrigation. Il semble indispensable de surveiller la quantité d'eau prélevée en fonction des ressources disponibles et des besoins notamment en période d'étiage où la surexploitation de la ressource entraîne la mise en péril de la biodiversité au sein des cours d'eau.



**Les bassins versants du Gapeau et du Roubaud comportent de nombreux ouvrages d'irrigations. La problématique vis-à-vis de ces ouvrages est leur impact potentiel sur la dynamique des crues. En première approche, de nombreux ouvrages sont très anciens et ne sont plus en activité, pour les ouvrages encore en fonctionnement, leur impact potentiel sur les crues du Gapeau est jugé infime au regard des différents témoignages recueillis.**

## 5.5.2 Focus sur le canal Jean Natte

### 5.5.2.1 Histoire du canal

Le canal Jean Natte, ou béal de Jean Natte, ou encore béal d'Hyères est un canal d'une longueur de 8,5 km qui se situe sur les communes de La Crau et d'Hyères. C'est le canal le plus important du bassin versant du Gapeau. Sa prise d'eau, située à la confluence entre le Gapeau et le Petit Réal à la Castille, détourne une partie des eaux du Gapeau jusqu'au Roubaud, au lieu-dit « la Camérone ».

Sa construction débute au milieu du XV<sup>ième</sup> sous la responsabilité de l'ingénieur Jean Natte. L'objectif est de détourner une partie des eaux du Gapeau afin d'alimenter les moulins et de satisfaire les différents besoins en eau de la population d'Hyères.

La mise en eau du canal s'est faite par segments au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Il aura fallu 20 ans de travaux pour que l'eau arrive jusqu'à la ville d'Hyères.

Aujourd'hui, le canal Jean Natte permet l'arrosage des cultures et jardins alentour des plaines de La Crau et d'Hyères. Depuis 2014, il sert également à la réalimentation de la nappe phréatique au travers du projet Aqua Renova développé par la ville d'Hyères et SUEZ.

### 5.5.2.2 Gestion du canal

Comme le montre la figure suivante, la gestion du canal de Jean Natte a évolué au fil du temps.



Figure 41 - Chronologie de la gestion du canal de Jean Natte (source : <http://www.histoire-eau-hyeres.fr>)

Le 26 août 1826, à la demande la création d'un syndicat, le sous-préfet de Toulon prend un arrêté qui autorise les propriétaires arrosants à se former en **Association Syndicale d'Arrosage (ASA)** et à nommer des syndics pour dresser un procès-verbal de reconnaissance de toutes les prises et de désigner un garde (bélière) qui veillera à la distribution et au partage équitable des eaux.

Aujourd'hui, il existe une ASL : « ASILAC Jean Natte ». Elle est présidée par M. Franck CHAUVET et a pour but de régler la desserte des eaux du canal, la défense des droits d'eaux et la solidarité entre arrosants.

A savoir que les droits ont été définis dans un accord entre arrosants et propriétaires en 1648. Il est toujours en vigueur actuellement :

« *La communauté d'Hyères et ses citoyens pourront avoir et recevoir à perpétué la faculté et le droit de recevoir de l'eau du béal pour boire, arroser et autres besoins, sans que les propriétaires des moulins puissent les empêcher et cela tant en dessous qu'en dehors de la ville d'Hyères et tant en dessus qu'en dessous des dits moulins* ».

### 5.5.2.3 Fonctionnement du canal

Le canal Jean Natte détourne les eaux du Gapeau au niveau de la prise de la Castille, au droit de la confluence entre le Gapeau et le Petit Réal. A ce niveau se situe le barrage de la Castille, une vanne principale de type martelière est localisée en rive droite en amont du barrage.



**Photo 9 - Barrage de la Castille (photo prise le 06/09/17)**



**Photo 10 - Martelière principale en amont du barrage de la Castille (photo prise le 06/09/17)**

Le long du canal, 6 martelières principales ont été recensées. Elles ont pour fonction de vider le canal lors des nettoyages, de « décharger » celui-ci lors des épisodes orageux et d'alimenter le Roubaud tout au long de l'année.

Les 6 martelières localisées sur la cartographie générale du canal Jean Natte sont les suivantes :

- La martelière de vidange principal ;
- La martelière de la Cameronne ;
- La martelière du Réal de la Bayorre ;
- La martelière du Réal Baye ;
- La martelière de la rue Eugénie ;
- La martelière des Arquets



Photo 11 - Martelière de vidange principale située 50 m en aval de la prise d'eau (photo prise le 06/09/17)

Le fonctionnement hydraulique de la prise de la Castille est présenté dans l'encart de la figure suivante, issu du rapport « Etat des lieux et diagnostic du SAGE du bassin versant du Gapeau » de janvier 2017.

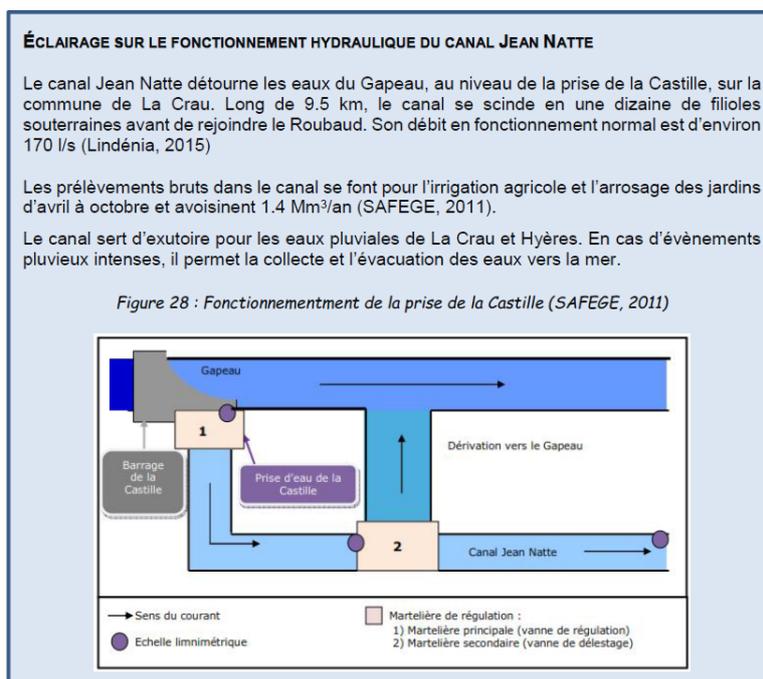
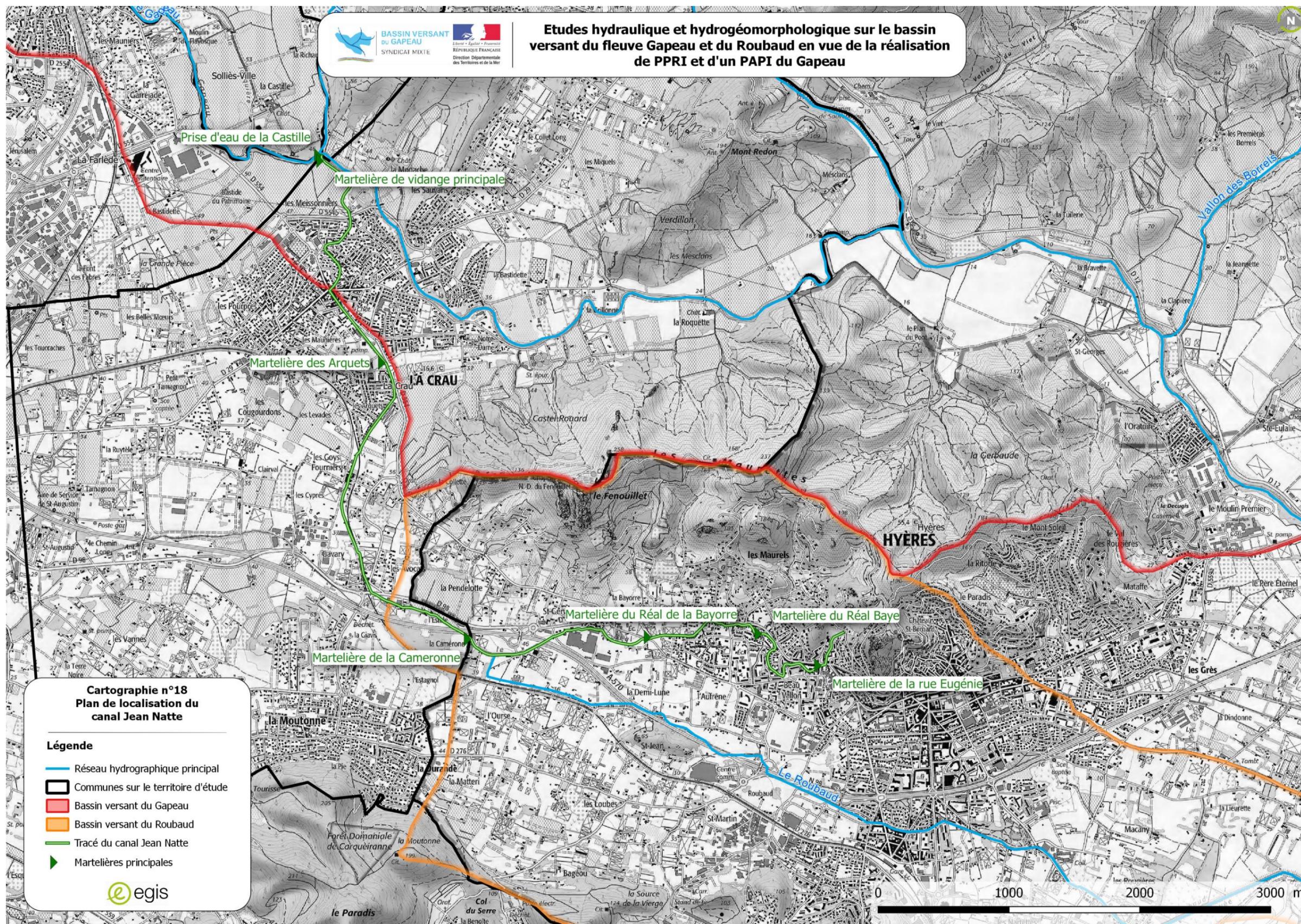


Figure 42 - Fonctionnement hydraulique du canal Jean Natte (source : Etat des lieux et diagnostic du SAGE du bassin versant du Gapeau)



**Afin de vérifier la contribution du canal Jean Natte aux crues du Roubaud, une analyse de la capacité hydraulique de celui-ci sera réalisée en phase 2 à partir des levés topographiques fournis.**



Cartographie 18 - Le canal Jean Natte (source : [www.histoire-eau-hyeres.fr](http://www.histoire-eau-hyeres.fr))

## 5.6 Ouvrages et protections hydrauliques

L'ensemble des ouvrages de types « digues » ont été recensés sur le territoire du bassin versant du Gapeau et du Roubaud, ainsi que les ouvrages hydrauliques (ponts, seuils...). Ce recensement sert également à l'étude du Schéma d'Organisation des Compétences Locales de l'Eau (SOCLE), portée par le SMBVG en parallèle de la présente étude.

### 5.6.1 Rappel sur le « décret digues » du 12 mai 2015

Le décret n°2015-526 du 12 mai 2015 énumère les règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.

Ce décret modifie considérablement la réglementation issue du décret de 2007.

Le tableau ci-dessous, issu du décret du 12 mai 2015, donne la classe d'un système d'endiguement ou d'un aménagement hydraulique en fonction de la population protégée.

CLASSE	POPULATION PROTÉGÉE par le système d'endiguement ou par l'aménagement hydraulique
A	Population > 30 000 personnes
B	3 000 personnes < population ≤ 30 000 personnes
C	30 personnes ≤ population ≤ 3 000 personnes

Tableau 22 - Classe d'un système d'endiguement ou d'un aménagement hydraulique (source : décret n°2015-526 du 12 mai 2015)

Il est par ailleurs indiqué dans l'article 7 du décret « digue » les éléments suivant :

« N'est toutefois pas classée la digue dont la hauteur, mesurée verticalement entre le sommet de l'ouvrage et le terrain naturel du côté de la zone protégée à l'aplomb de ce sommet, est inférieure à 1,5 mètre, à moins que la commune ou l'établissement public de coopération intercommunale à fiscalité propre compétent pour la prévention des inondations le demande. »

### 5.6.2 Méthodologie

Egis Eau a à sa disposition plusieurs bases de données plus ou moins détaillées sur ces ouvrages :

Couches		Nbr d'éléments	Informations fournies dans la table
<b>Opsia (2016)</b>	Ouvrages	124	
<b>Lindénia (2015)</b>	Digues	50 linéaires	le cours d'eau concerné, la rive, le type de digue (structure), la longueur approximative.
	Ouvrages	493	le cours d'eau concerné, la rive, le type de digue (structure), l'état, les dimensions, des commentaires.
	Seuils	158	le cours d'eau concerné, la rive, le type de digue (structure), l'état, les dimensions, des commentaires.
<b>Safège (2014)</b>	Digues	208 linéaires	le cours d'eau concerné, le tronçon de digue et son nom, le gestionnaire (dans le cas où ce dernier est connu), le type de digue, des observations, la hauteur

			approximative, la longueur les enjeux protégés, la classification selon l'ancien décret digue, l'état de fonctionnement, la localisation géographique, communale et cadastrale, la rive, la structure.
<b>SCP</b>	Ouvrages de berge		le type d'ouvrage

**Tableau 23 - Liste des couches utilisées**

Suite à un traitement cartographique, Egis a sélectionné les digues et a pris parti de conserver les remblais qui semblent nombreux sur le territoire étudié. Ainsi une couche synthétisant les digues et remblais des différentes sources a été créée. Elle comprend 195 entités avec leurs renseignements.

Certains ouvrages ont été redécoupés en fonction des profils topographiques réalisés par Opsia afin de préciser au mieux les hauteurs de digue. Ces données étant approximatives, parfois incomplètes ou différentes en fonction des sources, Egis Eau a organisé une campagne de terrain afin de vérifier, valider ou modifier les données voire en créer. Le terrain a été réalisé sur 7 journées mi-octobre.

Pour ce faire, différents matériels ont été pris sur le terrain :

- Des cartes IGN sur l'emprise du bassin versant, ainsi qu'une carte A0 réalisée en interne comprenant l'ensemble des digues et remblais recensés, les différents cours d'eau.
- La tablette équipée d'un logiciel SIG et des couches nécessaires à l'étude a été utilisée. Ainsi, il a été possible de dessiner et de prendre note des observations faites directement sur le terrain. La géolocalisation a été un outil précieux dans cette démarche de vérification des informations. De plus, elle a permis de géolocaliser les photographies prises.
- Un mètre a été un outil indispensable pour mesurer les hauteurs et largeur des digues.
- Un appareil topographique avait été prévu pour cette campagne. Malheureusement la présence quasi systématique de végétation abondante n'a pas permis son utilisation.

La réalisation du terrain a été une étape indispensable suite à laquelle plusieurs constats peuvent être établis :

- Les hauteurs fournies dans les tables étant souvent approximatives, elles ont généralement pu être précisées. Cependant, pour quelques digues difficiles d'accès, leur hauteur n'a pu être qu'estimée.
- La présence de végétation parfois abondante a été un frein à cette campagne de terrain car elle a rendu la visibilité des digues parfois difficile.
- Les données ont été complétées notamment concernant la structure des digues et leur hauteur.
- La longueur des digues a également été révisée puisque la variation de leur hauteur a nécessité qu'elle soit séquencée en tronçons plus petits que ceux initialement vectorisés.
- 40 linéaires de digues n'ont pas pu être vérifiés compte tenu de leur localisation. En effet, beaucoup d'ouvrages se trouvaient sur des parcelles privées, fermées, ou inaccessibles.
- Une dizaine de digue recensée avec des hauteurs variées n'ont pas été observées sur le terrain. Elles semblent être inexistantes.
- 118 digues ont été modifiées : ses données, son emprise, sa hauteur ... Certains linéaires découpés avant le terrain ont finalement été rattachés à un seul et même tronçon.
- Enfin 135 nouveaux tronçons de digues ont été vectorisés. Ils correspondent soit à des digues non-identifiées initialement (dans ce cas ces dernières ont été dessinées et renseignées), soit à

des digues recensées qui ont dû être découpées ou redessinées afin de correspondre à la réalité.

Au retour du terrain, les données créées ou modifiées sur la tablette ont pu être récupérées puis traitées selon un classement par hauteur. La cartographie présentée en fin de ce paragraphe a pu être réalisée.

Certaines digues ou remblais sont des ouvrages de fortune, probablement réalisés par le propriétaire du terrain pour tenter de protéger sa parcelle. Des merlons de terre non compactés, sans structure ont régulièrement pu être observés. Les photographies suivantes, issues des investigations de terrain, illustrent les différentes digues et remblais rencontrés.



Photo 12 – Ouvrage de protection en maçonnerie en rive droite du Latay sur la commune de Signes (photo prise le 10/10/17)



Photo 14 – Ouvrage de protection en terre en rive droite du Réal Collobrier sur la commune de Pierrefeu-du-Var (photo prise le 11/10/17)



Photo 16 – Ouvrage de protection renforcé en béton en rive droite du Gapeau sur la commune d'Hyères (photo prise le 13/10/17)



Photo 13 – Ouvrage de protection en terre en rive gauche du Réal Collobrier sur la commune de Collobrières (photo prise le 11/10/17)

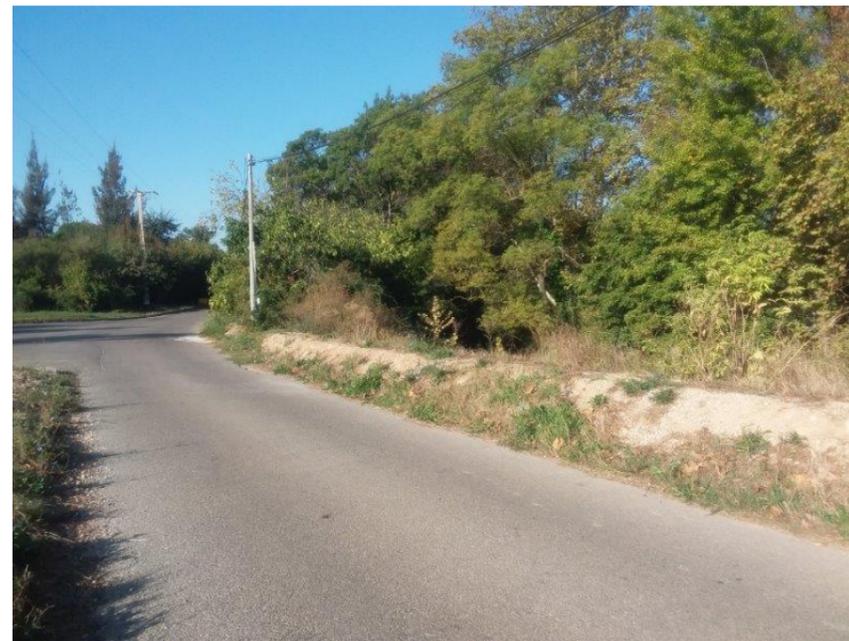


Photo 15 - Ouvrage de protection en terre en rive droite du Gapeau sur la commune de La Crau (photo prise le 12/10/17)



Photo 17 - Ouvrage de protection en terre en rive gauche du Meige Pan sur la commune de Cuers (photo prise le 16/10/17)

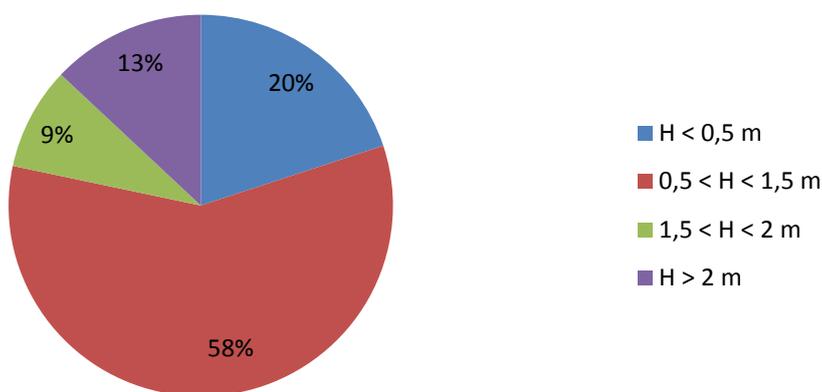
### 5.6.3 Synthèse

Au total, plus de 46,5 km de digue et remblais ont été identifiés sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud. Parmi ce linéaire total, on dénombre :

- 1,25 km de digues et remblais recensés dans les études antérieures mais non identifiés lors des investigations de terrain ;
- 0,85 km de digues et remblais dont la hauteur d'ouvrage n'a pu être établie.

Ces linéaires non identifiés représentent moins de 5% du linéaire totale.

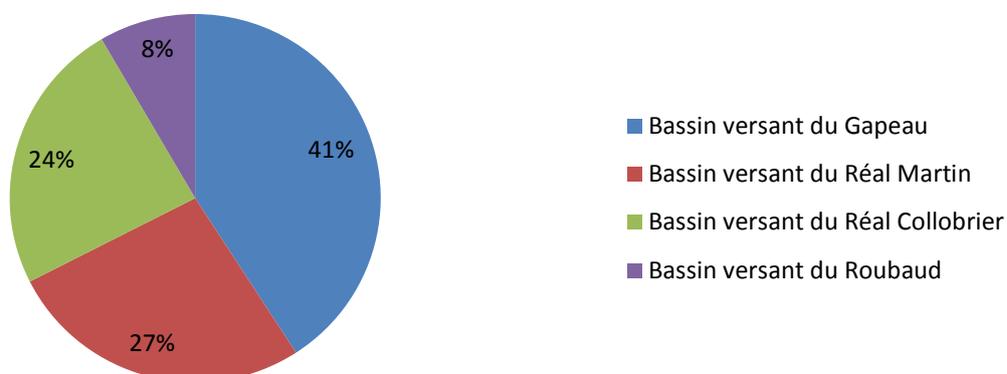
Sur le linéaire restant, soit 44,4 km de digue et remblais, la répartition en termes de hauteur d'ouvrage est représentée dans le graphique de la figure en page suivante.



**Figure 43 - Répartition de la hauteur des digues et remblais sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud**

En terme de répartition spatiale par bassin versant, le graphique de la figure suivante montre que :

- Quasiment 50% des digues et remblais se trouvent sur le bassin versant du Gapeau ;
- Les bassins versant du Réal Martin et du Réal Collobrier possède le même linéaire de digue et remblais.

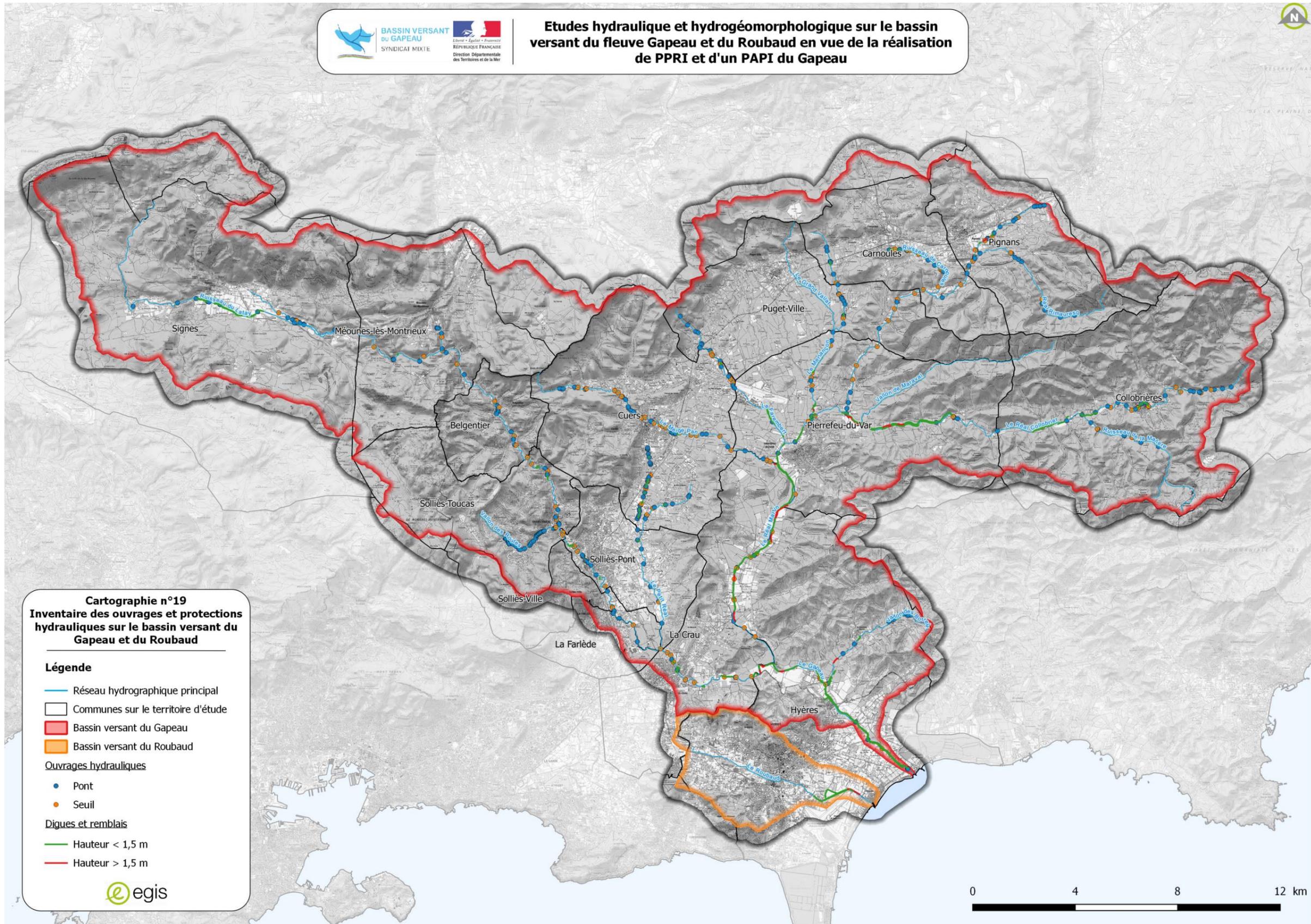


**Figure 44 - Répartition par bassin versant des digues et remblais**

**BASSIN VERSANT DU GAPEAU**  
SYNDICAT MIXTE

LE DÉPARTEMENT DU VAR  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
Direction Départementale des Territoires et de la Mer

**Etudes hydraulique et hydrogéomorphologique sur le bassin versant du fleuve Gapeau et du Roubaud en vue de la réalisation de PPRI et d'un PAPI du Gapeau**



Cartographie 19 - Inventaire des ouvrages et protections hydrauliques sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud

## 5.7 Travaux réalisés / projets d'aménagements

### 5.7.1 Synthèse des aménagements proposés

Suite au recueil de données et à l'analyse bibliographique, une synthèse des différents aménagements proposés dans les études antérieures a été réalisée.

Le tableau ci-après présente les différents aménagements issus d'études antérieures.

Etude	Propositions d'aménagements
<p><b>Schéma d'aménagement, ruisseau Sainte Christine et de Sainte Maïsse</b></p> <p><i>Daragon Conseil</i></p> <p>1996</p>	Scénario 1 Sainte Christine : recalibrage des ruisseaux
	Scénario 2 : dérivation des effluents en amont de l'A57 et recalibrage des ruisseaux à l'aval
	Scénario 3 : dérivation des effluents en amont de l'A57, mise en place de bassin de rétention et recalibrage de certains tronçons de ruisseau si nécessaire
	Scénario 1 Sainte Maïsse : recalibrage des ruisseaux
	Scénario 2 Sainte Maïsse : création de zones de rétention
<p><b>Le Gapeau, étude hydraulique, gestion des crues, rapport technique</b></p> <p><i>HGM Environnement</i></p> <p>1996</p>	Aménagement du chenal de crue entre le déversoir du Plan du Pont et le chenal actuelle (la Bravette) : nettoyage, calibrage, reprofilage, débroussaillage, rectification d'axe, protection par enrochements, optimisation angle confluence, aménagement d'une chute, aménagements du confluent
	Aménagement du Gapeau : création d'un chenal : fixer le cours d'eau, augmenter sa capacité, accroître le coefficient de rugosité
<p><b>Aménagement des ruisseaux Sainte Maïsse et Sainte Christine, dossier d'autorisation</b></p> <p><i>Daragon Conseil</i></p> <p>1997</p>	Sainte Maïsse et des Andues : zone de rétention, recalibrage, reprise de 2 ouvrages de traversée
	Sainte Christine : 2 zones de rétention, dérivation du ruisseau vers le Gapeau, reprise d'ouvrages existants, détournement d'un ruisseau, recalibrage du ruisseau
<p><b>Rapport au conseil départemental d'hygiène sur l'aménagement des ruisseaux de Sainte Maïsse, des Andues et de Sainte Christine</b></p> <p><i>Ingénieur des travaux ruraux</i></p> <p>1998</p>	Recalibrage de ruisseaux
	Création de bassins de rétention (x4) : diminuer le débit de pointe et réduire l'importance des recalibrages nécessaires
	Aménagement du réseau pluvial : dalots béton, conduites circulaires, 3 ouvrages de surverse : détournement le réseau pluvial vers ces bassins
	Détournement du ruisseau Sainte Christine

<p><b>Cartographie de l'aléa inondation par le Roubaud</b></p> <p><i>IPSEAU</i></p> <p>2000</p>	<p>Redimensionnement du Roubaud en 5 points de dysfonctionnement (pont du chemin Saint Martin, pont de l'avenue Paul Bourget, pont du chemin du Roubaud, Parc Olbius Riquier, pont de l'avenue Ambroise Thomas)</p>
<p><b>Etude hydraulique sur la commune d'Hyères les Palmiers, phase 2 : scénarios d'aménagement des cours d'eau</b></p> <p><i>CEDRAT</i></p> <p>2001</p>	<p>Recalibrage de la zone humide en aval de la Sauvette</p> <p>Casiers d'inondation du Gapeau : confection des digues, déversoirs enrochés, ouverture des fossés, engazonnement</p> <p>Création de bassin de rétention sur le Gapeau et le Réal Martin d'un volume total de 3 000 000 m<sup>3</sup> : rétention totale amont Gapeau (dans le cadre du SAGE)</p> <p>Création de bassins de rétention, d'un volume total de 2 300 000 m<sup>3</sup> : rétention amont Gapeau</p> <p>Actions retenues par la collectivité : création d'une digue au niveau de la route de la Bravette pour retenir les eaux arrivant du déversoir du plan du Pont.</p> <p>Création d'un bassin de rétention 800 000m<sup>3</sup></p> <p>Elargissement de 3 m du lit du Gapeau sur une longueur de 3500m, élévation localisée des berges, recalibrage du pont de l'ancienne RN98 : augmenter la capacité du Gapeau pour permettre le transit</p> <p>Actions retenues par la collectivité : création d'une digue de 250 m à l'amont du lotissement de l'Oratoire (avec un enrochement important, et digue au niveau du Collège Marcel Rivière en terre compactée) : protéger les habitations</p> <p>Actions retenues par la collectivité : renforcement de la digue jusqu'à un niveau de 7.6m NGF, soit un rehaussement max de 1m sur une longueur de 400m : protection des zones scolaire et militaire (secteur du Moulin Premier)</p> <p>Création d'une prise d'eau dans le Gapeau puis d'un chenal à ciel ouvert, Gapeau amont (étanchéification éventuelle en cas de risque d'assèchement de la nappe alluviale) : diminuer le débit du Gapeau</p> <p>Création d'un gros chenal à ciel ouvert de décharge puis aménagement de l'exutoire à la mer du Gapeau, partie aval : diminuer le débit du Gapeau</p> <p>Recalibrage du Saint Lazare en petit chenal de décharge à ciel ouvert du Gapeau (chenaux enherbés, cours d'eau avec protection de berge, ponts) : diminuer le débit du Gapeau</p> <p>Recalibrage de la Ritorte en petit chenal de décharge à ciel ouvert du Gapeau suivant le cours de la Ritorte et/ou le canal Decugis (chenaux enherbés, cours d'eau avec protection de berge, ponts) : diminuer le débit du Gapeau</p>

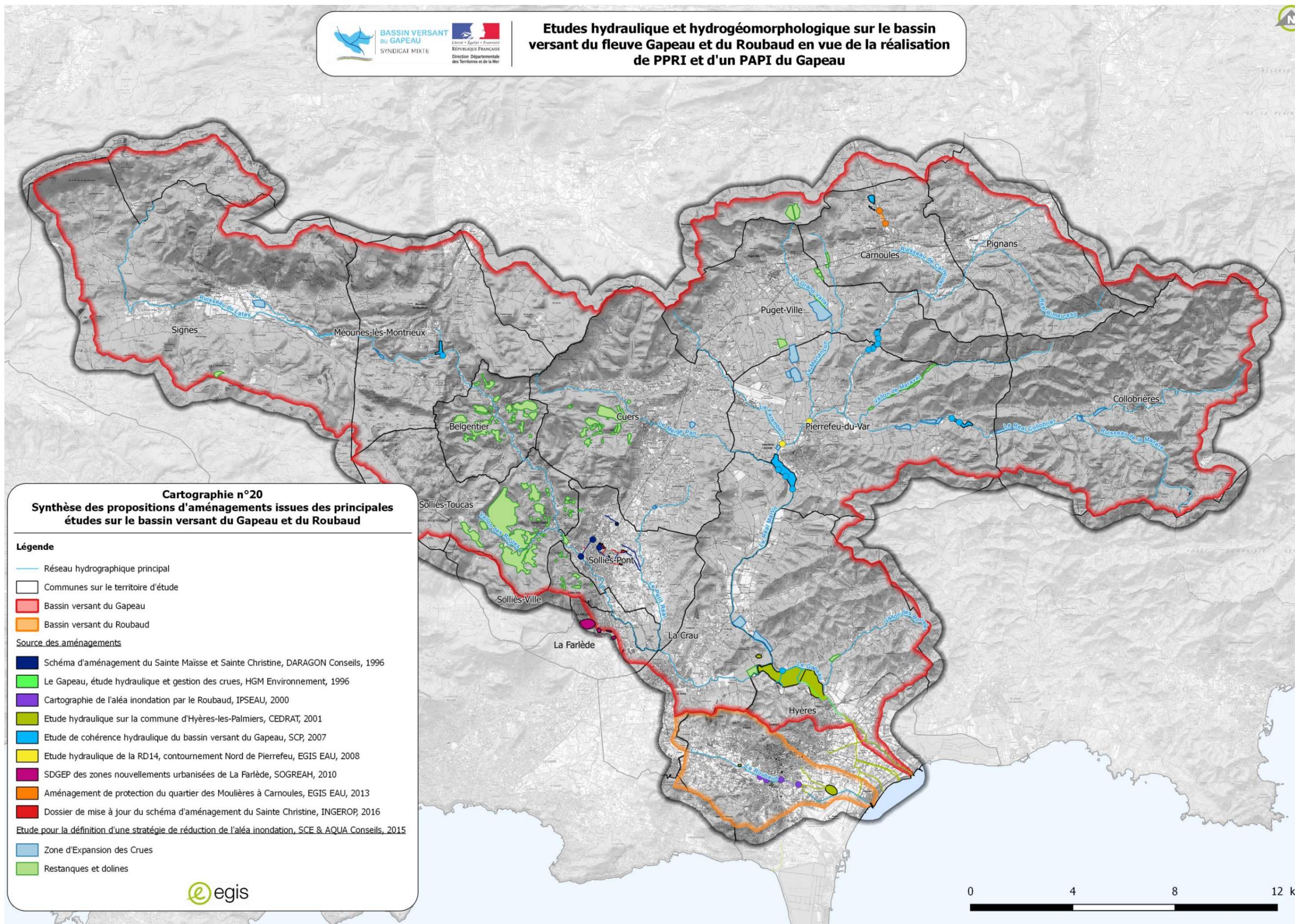
<p><b>Etude de cohérence hydraulique du bassin versant du Gapeau, phase 2 : propositions d'aménagement</b></p> <p><i>SCP Ingénierie et Développement</i></p> <p>2007</p>	<p>Aménagements de stockage (x10) : protéger contre les crues de façon homogène sur l'ensemble du bassin versant du Gapeau, retenir l'excès d'eau, assure un volume de stockage suffisante, préserver l'écoulement Q10</p>
<p><b>RD14 Contournement Nord de Pierrefeu</b></p> <p><i>EGIS EAU</i></p> <p>2008</p>	<p>Franchissement du Réal Martin : permettre l'écoulement</p> <p>Franchissement du Réal Martin et du Merlançon : permettre l'écoulement</p> <p>2 ouvrages de décharge de part et d'autre de l'ouvrage, ouvrage de rétablissement du bassin versant, 2 ouvrages de décharge</p> <p>Plateforme routière entre la RD14 côté Cuers et la RD12 et dans les secteurs de la zone inondable : enrochements</p>
<p><b>Zonage pluvial, schéma directeur des eaux pluviales des zones nouvellement urbanisées, La Farlède</b></p> <p><i>SOGREAH</i></p> <p>2010</p>	<p>Secteur nord centre-ville : bassin de rétention sur le linéaire du réseau et Reprise complète du réseau de collecte, avec 3 buses (D1000, D1200, D1500) : Réseau de collecte insuffisante au regard du débit Q10 par les bassins versants collectés, limiter l'apport et éviter une reprise de ce réseau</p> <p>Secteur centre du centre-ville : buses D600, ouvrage de 1200mm sur 580m, D1000 sur 110m : les déviations de secteur entraînent des débordements localisés : augmenter les capacités des secteurs limitantes</p> <p>Secteur sud centre-ville : canalisation 1200 mm sur 250m : limiter les débordements, assurer la continuité de l'écoulement</p>
<p><b>Aménagement de protection du quartier des Moulières à Carnoules</b></p> <p><i>EGIS EAU</i></p> <p>2013</p>	<p>Bassin dégraveur sur le ruisseau de Thèmes : favoriser le dépôt des matériaux grossiers, réduire la fréquence et maintenir la capacité des ouvrages aval</p> <p>Déversoir latéral (environ 50cm) en RG du ruisseau de Thèmes : favoriser le dépôt des matériaux grossiers, réduire la fréquence et maintenir la capacité des ouvrages aval</p> <p>Elargissement du chenal de crue du ruisseau de Carnoules : recouper la prise d'eau d'alimentation du canal des arrosants des Platanes</p> <p>Suppression du seuil du pont de la Font de l'Ile : nécessite la reprise du pont du chemin de la Font de l'Ile et de l'alimentation du canal d'arrosant existant sous ce pont : offrir plus de pente au cours d'eau, favoriser sa capacité d'écoulement</p> <p>Recalibrage du ruisseau de la Font de l'Ile (de l'aval de la RD13 au pont du chemin de la Font de l'Ile) : permettre le passage minimal de 25m<sup>3</sup>/s</p> <p>Mise en place de fossés : drainer les eaux</p> <p>Création d'une protection de berge en aval du chemin de la Font de l'Ile (en enrochements liaisonnés) : éviter l'érosion par les apports complémentaires d'eau et la vitesse acquises par le recalibrage</p>

<p><b>Etude pour la définition d'une stratégie de réduction de l'aléa inondation et détermination des zones naturelles d'expansion des crues du BV du Gapeau, rapport des missions 3 et 4 : identification, caractérisation et cartographie des zones d'expansion des crues, définition d'actions de préservation, de reconquête et de renforcement de la capacité d'écrêtement des ZEC</b></p> <p>SCE Aménagement &amp; Environnement et AQUA Conseils</p> <p>2016</p>	Hyères : création de digues de mise en charge, aménagement du déversoir, aménagement du bief d'écoulement en aval
	Pierrefeu du Var : mise en charge par surélévation des chemins existants, création de merlon et modification des conditions de déversement du Réal martin en rive gauche. Possibilité d'excavation limitée à 50cm, aménagement d'ouvrages de drainage pour retour des eaux vers le Réal Martin, protection rapprochée des habitations (merlons de ceinture)
	Pierrefeu du Var : mise en charge par surélévation des chemins existants, création de merlon et modification des conditions de déversement du Réal martin en rive gauche. Possibilité d'excavation limitée à 50cm, aménagement d'ouvrages de drainage pour retour des eaux vers le Réal Martin, protection rapprochée des habitations (merlons de ceinture)
	Signes : merlons au sein de la ZEC, rehaussement de chemins, protection des maisons
	Pierrefeu du Var : merlon de 0.7m pour protéger la route
	Pierrefeu du Var : merlons au sein de la ZEC en s'appuyant sur les chemins, rehaussement de chemins
	Collobrières : merlon s'appuyant sur les chemins existants, analyser l'opportunité de l'animer
	Cuers : création de merlons s'appuyant sur le réseau viaire existant (ruisseau de Rémin)
	Signes (ruisseau de Latay) : merlon s'appuyant sur les chemins existants, abattre le merlon en pierre en amont pour favoriser le débordement
	Pierrefeu du Var : favoriser le débordement au sein de la ZEC pour ralentir l'évacuation des eaux pluviales aujourd'hui drainées par le ruisseau de Remin, création de merlons pour mise en charge
	Pierrefeu du Var : mise en charge par surélévation des chemins existants, création de merlon et modification des conditions de déversement du Réal martin en rive gauche. Possibilité d'excavation limitée à 50cm, aménagement d'ouvrages de drainage pour retour des eaux vers le Réal Martin, protection rapprochée des habitations (merlons de ceinture)
	Pierrefeu du Var : merlon en rive gauche permettant d'accroître le volume débordé
	Cuers : favoriser le débordement au sein des ZEC pour ralentir l'évacuation des eaux pluviales aujourd'hui drainées par le fossé du ruisseau des Plan de Loube, création de merlons pour mise en charge
	Pierrefeu du Var : merlons au sein des Zec en s'appuyant sur les chemins, rehaussement de chemins
	Pierrefeu du Var : merlon de séparation avec une autre ZEC
	Pierrefeu du Var : merlon de séparation avec une autre ZEC
	Pierrefeu du Var : merlon de protection de maisons
Pierrefeu du Var : merlon de 0.7m pour protéger la route	
Pierrefeu du Var : merlon de 0.7m pour protéger la route	
Collobrières : augmentation du volume stocké par surélévation du chemin	

	Collobrières : augmentation du volume stocké par création d'un merlon de mise en charge
	Collobrières : augmentation du volume stocké en créant un merlon en amont du chemin existant
	La Crau : merlon de séparation s'appuyant sur le réseau viaire existant, analyser l'opportunité de favoriser le déversement sur la rive droite en créant une ouverture dans le merlon existant
	Solliès Pont (ruisseau des Anduès) : augmentation du volume stocké en créant un merlon de ceinture
	Cuers (ruisseau le petit Réal) : création d'un merlon de mise en charge
	Signes (ruisseau de Latay) : merlon s'appuyant sur les chemins existants, favoriser le débordement en amont
	Solliès Pont (ruisseau de Sainte Christine) : augmentation du volume stocké en créant un merlon de mise en charge en aval
	Solliès Pont (ruisseau de Sainte Christine) : mise en charge par la création d'un merlon en amont de la route et des habitations
	Collobrières : augmentation du volume stocké en créant un merlon de mise en charge
	Pierrefeu du Var : mise en charge par la création d'un merlon en amont de la route
<p align="center"><b>Mise à jour du schéma d'aménagement du ruisseau Sainte Christine</b></p> <p align="center"><i>INGEROP</i></p> <p align="center">2016</p>	Doublement du caniveau longeant l'A57
	Modification du déversoir vers l'ouvrage sous l'A57
	Dérivation du réseau d'irrigation vers le Gapeau
	Aménagement de 2 bassins d'écrêtement en amont et en aval de la voie ferrée
	Recalibrage de l'ouvrage sous la RD58
	Recalibrage de l'ouvrage sous le chemin de la Diligence
	Recalibrage ou délestage du ruisseau
	Aménagement d'un bassin d'écrêtement en aval des zones bâties
	Recalibrage du réseau sous le chemin des Laugiers
Doublement du réseau sur l'avenue de Beaulieu et l'aménagement d'un bassin d'écrêtement en aval des zones bâties	
<p align="center"><b>Dossier de mise à jour du ruisseau Sainte Christine (Solliès Pont)</b></p> <p align="center"><i>INGEROP</i></p> <p align="center">2016</p>	Recalibrage du réseau ou ruisseau : remplacer les ouvrages limitant avec des ouvrages plus grands : améliorer l'évacuation des eaux et limiter les débordements, réduire les débits de pointe
	Création de zones d'écrêtement des débits (digue ou bassin de rétention) : favoriser le stockage temporaire des ruissellements pour obtenir un débit compatible avec la capacité du réseau existant, mesure compensatoire d'un recalibrage

**Tableau 24 - Synthèse des aménagements sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud**

La cartographie en page suivante inventorie et localise les principaux aménagements sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.



**Cartographie n°20**  
**Synthèse des propositions d'aménagements issues des principales études sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud**

**Légende**

- Réseau hydrographique principal
- Communes sur le territoire d'étude
- Bassin versant du Gapeau
- Bassin versant du Roubaud

**Source des aménagements**

- Schéma d'aménagement du Sainte Maïsse et Sainte Christine, DARAGON Conseils, 1996
- Le Gapeau, étude hydraulique et gestion des crues, HGM Environnement, 1996
- Cartographie de l'aléa inondation par le Roubaud, IPSEAU, 2000
- Etude hydraulique sur la commune d'Hyères-les-Palmiers, CEDRAT, 2001
- Etude de cohérence hydraulique du bassin versant du Gapeau, SCP, 2007
- Etude hydraulique de la RD14, contournement Nord de Pierrefeu, EGIS EAU, 2008
- SDGEP des zones nouvelles urbanisées de La Farlède, SOGREAH, 2010
- Aménagement de protection du quartier des Moulières à Carnoules, EGIS EAU, 2013
- Dossier de mise à jour du schéma d'aménagement du Sainte Christine, INGEROP, 2016
- Etude pour la définition d'une stratégie de réduction de l'aléa inondation, SCE & AQUA Conseils, 2015
- Zone d'Expansion des Crues
- Restanques et dolines



Cartographie 20 - Synthèse des principaux aménagements proposés dans les études existantes sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud

## 5.7.2 Focus spécifiques

L'ensemble des points suivants et propositions d'aménagements pourront être étudiés dans le cadre de la phase 3 de la présente étude.

### 5.7.2.1 Etude des ZEC du bassin versant du Gapeau

La synthèse de cette étude réalisée en 2015 par les bureaux d'études SCE et AQUA Conseils est présentée au paragraphe « **5.3 Analyse hydrologique et débits de référence (Gapeau et Roubaud)** » de ce rapport, ainsi que les principaux résultats de l'analyse hydrologique.

Cette étude a abouti à l'identification, la caractérisation et la cartographie des Zones d'Expansion des Crues (ZEC). La notion de ZEC est donnée comme telle dans le rapport de missions 3 et 4 :

« Les Zec, Zones d'Expansion des Crues, sont des espaces naturels ou peu aménagés dans lesquels les eaux de débordement et de ruissellement peuvent se répandre et s'accumuler temporairement lors d'un épisode d'inondation. »

L'analyse du rapport de missions 3 et 4 démontre les éléments suivants :

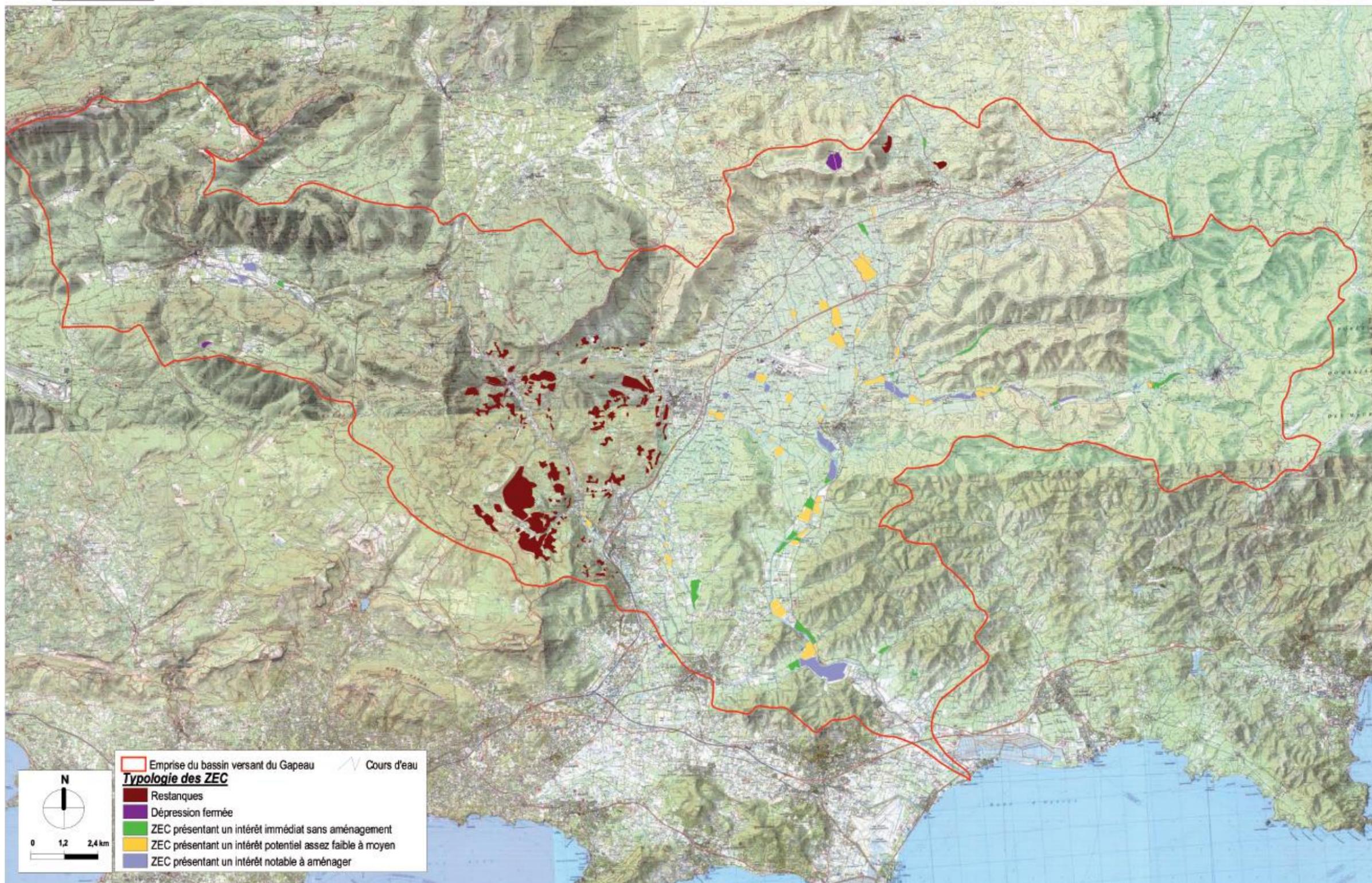
- **185 ZEC de types « restanques »**, parmi lesquels 119 restanques participent à ralentir la propagation des ruissellements et 66 mériteraient en première analyse d'être restaurées ;
- **64 ZEC de type « rétention/casier » retenues**, parmi lesquels 34 sont apparues efficaces en l'état (elles sont à préserver) et 30 présentent un intérêt significatif sous réserve d'un aménagement préalable ;
- **3 ZEC de type « dépressions fermées »** (type dolines) permettant de mobiliser un volume significatif ;
- **54 ZEC à préserver**, mais qui après analyse ont conduit à ne pas proposer d'aménagements particuliers ;
- **116 ZEC intéressantes**, mais qui n'ont pas pu être visitées.

La figure ci-après, extraite du rapport de missions 3 et 4 de l'étude, présente la localisation des différentes ZEC étudiées sur le bassin versant du Gapeau avec un classement selon leur typologie.

Cette étude a permis d'identifier un certain nombre de ZEC sur l'ensemble du bassin versant. Comme indiqué dans le rapport de missions 3 et 4, la mise en place d'action d'optimisation de ces ZEC devra être justifiée par des analyses complémentaires. A l'issue du diagnostic hydraulique de phase 2 de la présente étude, il pourra être envisagé d'étudier du point de vue hydraulique certaines ZEC jugées intéressantes en fonction des zones à enjeux.

# Synthèse des ZEC étudiées sur le bassin versant du Gapeau (zoom figurant en annexe 9)

Figure 26



Etude pour la définition d'une stratégie de réduction de l'âge inondation et détermination des zones naturelles d'expansion des crues du bassin versant du Gapeau

Figure 45 - Carte de localisation des Zones d'Expansion des Crues sur le bassin versant du Gapeau (source : Rapport de missions 3 et 4, Etude des ZEC de SCE et AQUA Conseils, Mai 2016)

### 5.7.2.2 Hyères - ZEC Plan du Pont

#### Etude hydraulique sur la commune d'Hyères-Lès-Palmiers

En 2001, la ville d'Hyères-lès-Palmiers a commandité une étude hydraulique suite aux importantes inondations de 1999 et 2000. Cette étude réalisée par le bureau d'études CEDRAT se déroule en 3 phases (diagnostic, propositions d'aménagements et programme de travaux) et consiste à caractériser les bassins versants, la capacité des cours d'eau et fossé principaux afin de définir des travaux et ouvrages à réaliser, et identifier les secteurs où le ruissellement devra être maîtrisé.

Dans le cadre de la phase 2, parmi les différents scénarios d'aménagement proposés, les actions retenues sur le secteur du Plan du Pont vis-à-vis des débordements du Gapeau sont les suivantes :

- Renforcement de la digue au niveau du collège Marcel Rivière (action Z6) ;
- Création d'une digue à l'amont du lotissement de l'Oratoire (action Z7) ;
- Création d'une vaste zone de rétention pour le Gapeau (action Z8).

La zone de rétention pour le Gapeau est prévue dans la plaine du Plan du Pont. Il vise à écrêter une crue trentennale du Gapeau, pour une superficie de 40 à 60 ha. Les aménagements ponctuels en amont de l'Oratoire et au niveau du collège permettent d'éliminer les débordements majeurs lors d'une crue trentennale.

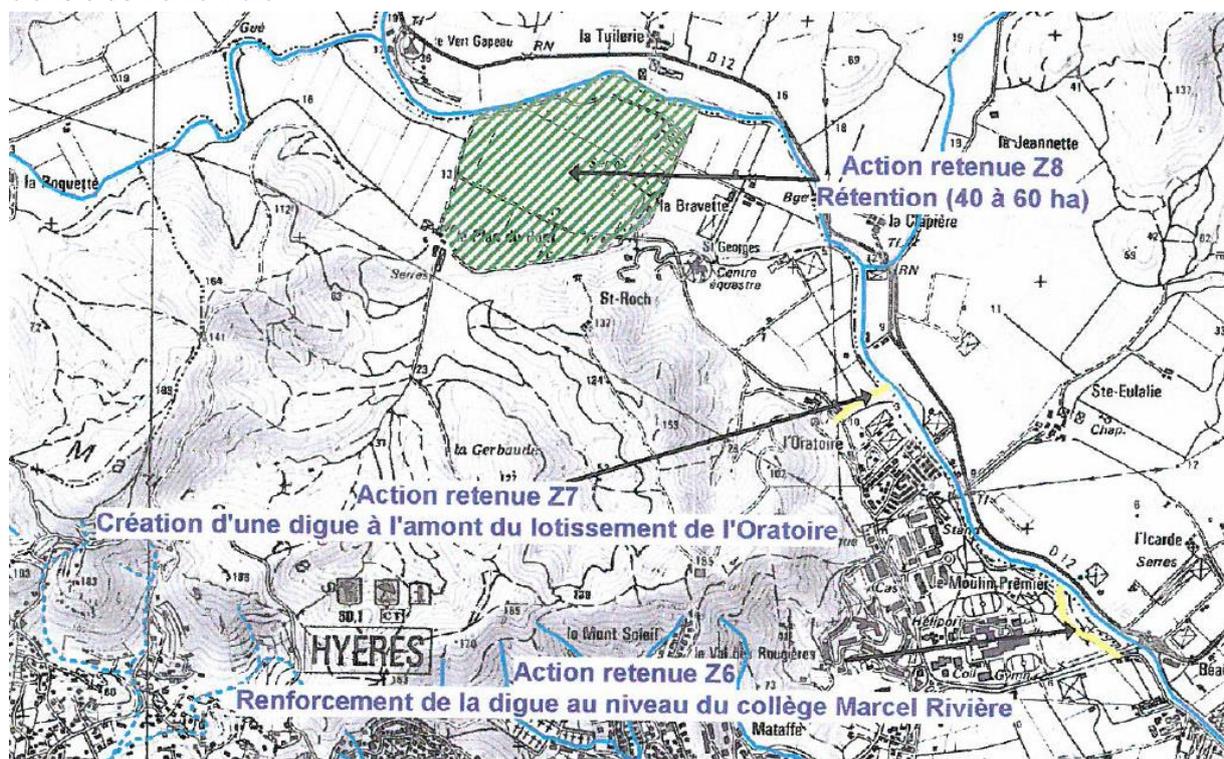


Figure 46 - Localisation des aménagements retenus sur la partie amont du Gapeau (extrait de l'étude hydraulique de 2001, CEDRAT)

Dans le cadre du programme de travaux de la phase 3, les 3 actions (Z5, Z6 et Z8) sont détaillées dans le tableau suivant.

Objectif	Localisation	Description de l'aménagement
<b>Renforcement de la digue au niveau du collège Marcel Rivière</b>		
Protection des zones scolaires et militaires pour une crue centennale du Gapeau	Rive droite du Gapeau, en amont immédiat du pont de l'ancienne RN 98	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rehaussement de la digue (surélévation maximale de 1,40 m sur une longueur de 400 m)</li> <li>Implantation quelques mètres en retrait par rapport à la rive droite du Gapeau</li> </ul>
<b>Création d'une digue à l'amont du lotissement de l'Oratoire</b>		
Protection des habitations du lotissement de l'Oratoire pour une crue centennale du Gapeau	Amont du lotissement de l'Oratoire	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nettoyage et rectification du chenal de crue du Gapeau à l'amont de l'Oratoire</li> <li>Construction d'une digue depuis la route longeant la colline jusqu'à la confluence avec le Gapeau</li> <li>Recalibrage du Gapeau au droit du lotissement de l'Oratoire</li> <li>Recalibrage du chenal de crue du Gapeau au droit du lotissement de l'Oratoire</li> </ul>
<b>Création d'une vaste zone de rétention pour le Gapeau</b>		
Ecrêtement d'une crue trentennale	Plaine du Plan du Pont, à l'amont de la route de la Bravette	<ul style="list-style-type: none"> <li>Superficie : 60 ha lors d'une crue trentennale</li> <li>Volume maximal lors d'une crue : 1 400 000 m<sup>3</sup></li> <li>Déversoir d'entrée : déversoir actuel inchangé</li> <li>Déversoir de sécurité : L = 115 m et Z = 15 m</li> <li>Cote des digues : Z = 16 m</li> </ul>

**Tableau 25 - Description des travaux pour les actions retenus sur l'amont du Gapeau (étude hydraulique de 2001, CEDRAT)**

### Etude de cohérence hydraulique du bassin versant du Gapeau

En 2006, le SMBVG a missionné le bureau d'étude SCP pour réaliser une étude de cohérence hydraulique du bassin versant du Gapeau. A la suite de cette étude, le SMBVG sera en mesure de disposer des éléments permettant la réalisation d'aménagements capables d'offrir une protection trentennale aux secteurs les plus exposés.

Plusieurs sites ont été proposés pour être aménagés dans le but de remplir le rôle de stockage temporaire. Parmi ces sites, le site du Plan du Pont est le site le plus important identifié sur le Gapeau visant l'écrêtement des crues

L'aménagement a pour objectif d'écrêter la crue trentennale du Gapeau en amont de l'agglomération d'Hyères, voir plus avec la possibilité d'aménagements complémentaires.

Le site est situé à l'aval de la confluence entre le Réal Martin et le Gapeau, en rive droite La figure en page suivante présente une vue aérienne du site d'expansion des crues ainsi que l'emprise maximale disponible (en bleue).

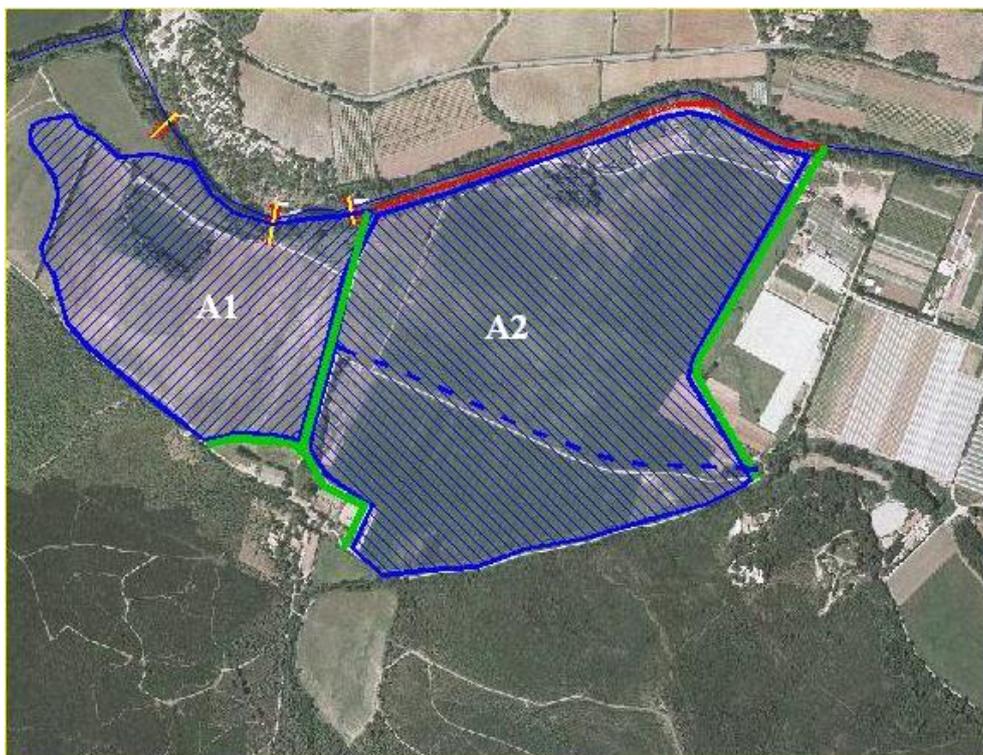


Figure 47 - Vue aérienne de la ZEC du Plan du Pont (extrait de l'étude de cohérence hydraulique de 2006, SCP)

La solution technique proposée est un aménagement de la globalité de la zone A1 (soit 20 ha environ) et une partie de la zone A2 (soit 20 ha environ). Le volume total retenu dans le cadre de l'étude est évalué à 253 000 m<sup>3</sup>. Cet aménagement comprend des digues de hauteurs maximales comprises entre 1,5 et 2 m.

Parmi les nombreux avantages du site du Plan du Pont, il a la particularité d'être facilement modulable et possède une grande évolutivité. La zone A2 (cf. figure précédente) ouvre la possibilité d'aménagements futurs.

### Action 6.3 du PAPI d'intention

Dans le cadre du programme prévisionnel d'actions du PAPI d'intention du bassin versant du Gapeau, la ZEC du Plan du Pont est concernée par une des actions de l'axe 6 : « *Ralentissement des écoulements* ». L'action 6.3 dont l'intitulé est : « *Etude de l'aménagement de la ZEC du Plan du Pont* » prévoit d'augmenter le niveau de protection des zones à enjeux situées à l'aval en aménageant la zone d'expansion de crue déjà existante.

### 5.7.2.3 Solliès-Pont - Ruisseau de Sainte Christine

#### Historique des études

En 1996, le ruisseau de Sainte Christine a fait l'objet d'un schéma d'aménagement basé sur une étude hydraulique réalisée en novembre 1996 par le bureau d'études Daragon Conseil.

Cette étude de 1996 fait suite aux inondations importantes connues sur la commune de Solliès-Pont dues aux débordements des ruisseaux de Sainte Christine et de Sainte Maïsse le 25 janvier 1996. Elle se base également sur le diagnostic mené en 1993 sur le réseau pluvial de la commune qui a permis de constater des insuffisances hydrauliques sur ces deux ruisseaux.

Ce schéma d'aménagement proposé suite à l'étude hydraulique de 1996, a pour principal objectif :

- La réduction de la vulnérabilité face au risque inondation des zones déjà urbanisées pour une fréquence de pluie donnée (ruisseau de Sainte Christine) ;
- La proposition de scénarios d'aménagements en vue de l'urbanisation future pour une fréquence de pluie donnée (ruisseau de Sainte Maïsse).

Cette étude hydraulique a donné lieu, le 14 septembre 1998, à un dossier d'autorisation au titre de la loi sur l'Eau.

Les orientations actuelles de la commune, en terme d'urbanisme, se dirige vers l'urbanisation du secteur des Laugiers Sud, sur lequel la commune envisage la réalisation de logements sociaux. Au regard du schéma d'aménagement de 1996, les ouvrages prévus empêchent toute urbanisation de ce secteur des Laugiers Sud.

C'est pourquoi la commune de Solliès-Pont a mandaté le bureau d'études INGEROP pour actualiser le diagnostic et le schéma d'aménagement du bassin versant du ruisseau de Sainte Christine. Cette mise à jour du schéma d'aménagement a été réalisée en Septembre 2016 et a fait l'objet d'un dossier d'autorisation au titre de la loi sur l'Eau.

### Aménagements proposés dans la mise à jour de 2016

A la suite de l'actualisation du diagnostic du bassin versant du ruisseau de Sainte Christine, un certains nombres d'aménagements ont été identifiés et proposés par le bureau d'études INGEROP. Ces aménagements hydrauliques sur le Sainte Christine ont pour objectif de permettre la traversée sans débordement des zones urbanisées de Solliès-Pont depuis le quartier des Bancaous en amont de l'A57, pour les pluies d'occurrence inférieure ou égale à 30 ans, et pour l'urbanisation considérées à l'horizon PLU.

Les travaux proposés sont de deux types : des recalibrages de réseau ou ruisseau et la création de zones d'écrêtement des débits. L'extrait cartographique en page suivante présente une vue d'ensemble des aménagements proposés.

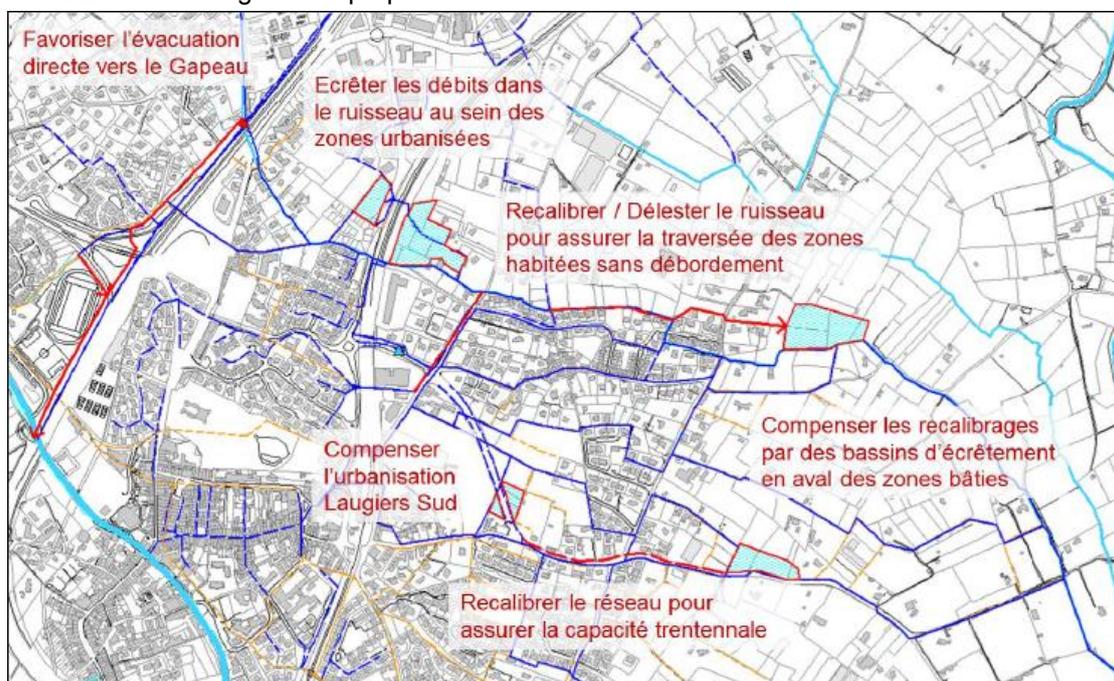


Figure 48 - Synoptique global des aménagements proposés (extrait du dossier de mise à jour du schéma d'aménagement)

Le programme d'aménagement se structure en 4 actions. Ces 4 actions sont détaillées dans le tableau en page suivante.

Les aménagements proposés sont dans l'ensemble dimensionnés pour réduire et/ou supprimer les risques d'un épisode de période de retour 30 ans. Ils permettent notamment :

- La réduction des désordres dans les zones urbaines ;
- La réduction des débits de pointe du ruisseau aux droits de ces zones urbaines ;
- La réduction ou le maintien des débits de pointe et des débordements en sortie de zone urbaine.

<p><b>Action 1</b> <i>Recalibrage du caniveau longeant l'A57</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rehausse du déversoir de l'ouvrage cadre sous l'A57</li> <li>• Doublement du caniveau existant longeant l'A57</li> </ul>	Réduction voir suppression des débordements vers le quartier des Bancaous pour une occurrence trentennale
<p><b>Action 2</b> <i>Ecrêtement du ruisseau de Sainte Christine au droit de la voie ferrée</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Création d'un bassin de 1 200 m<sup>3</sup> en amont de la voie ferrée</li> <li>• Création d'un bassin de 14 500 m<sup>3</sup> en aval de la voie ferrée</li> </ul>	Réduction et contrôle des débordements du ruisseau de Sainte-Christine en optimisant la zone tampon en amont de la RD 58
<p><b>Action 3</b> <i>Recalibrage du réseau pluvial des chemins des Laugiers et des Andues</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recalibrage du réseau pluvial des chemins des Laugiers et des Andues</li> </ul>	Suppression des débordements sur les chemins des Laugiers et des Andues pour une occurrence trentennale
<p><b>Action 4</b> <i>Recalibrage et écrêtement du ruisseau Sainte Christine en aval du chemin de la Diligence</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recalibrage du ruisseau Sainte Christine sur un tronçon de 260 m avec élargissement vers la rive gauche</li> <li>• Création d'un canal de dérivation des eaux du ruisseau Sainte Christine vers un bassin</li> <li>• Création d'un bassin d'écrêtement endigué de 16 500 m<sup>3</sup> (pour la crue centennale)</li> </ul>	Réduction des débordements du ruisseau Sainte Christine en aval et dans les zones urbanisées en amont du bassin
<p><b>Action 5</b> <i>Gestion des eaux pluviales aux abords du site des Laugiers Sud</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recalibrage du réseau sous l'avenue de Beaulieu avec intégration du débit de fuite du système de rétention de la future ZAC des Laugiers Sud</li> <li>• Bassin de rétention de la ZAC des Laugiers Sud de 5 000 m<sup>3</sup></li> </ul>	Suppression des débordements sur l'avenue de Beaulieu pour l'occurrence décennale et trentennale

**Tableau 26 - Listes des actions proposées dans la mise à jour du schéma d'aménagement hydraulique du ruisseau de Sainte Christine**

### 5.7.2.4 Cuers/Pierrefeu – Atelier Industriel de l’Aéronautique



Figure 49 - Logo du ministère de la Défense

Sur les communes de Cuers et Pierrefeu-du-Var se trouve un des 5 Ateliers Industriels de l’Aéronautique ou AIA. Cette structure, sous la tutelle du ministère de la Défense française, s’occupe de la maintenance des aéronefs de l’armée.

Le site de Cuers-Pierrefeu intervient sur 6 aéronefs différents et s’occupe également de certains équipements liés aux missiles, aux sous-marins et aux frégates anti-aériennes. Il intervient aussi sur deux activités de niche : la conception, la fabrication et la réparation de structures composites, et de systèmes aéronautiques. Le site est classé ICPE soumise à autorisation.

#### Contexte hydrographique du site

Le site de l’AIA Cuers-Pierrefeu se situe dans la plaine agricole de Cuers/Pierrefeu, sur le bassin versant du Farembert, affluent rive droite du Réal Martin.

Il est traversé par les cours d’eau suivant :

- Le Farembert ;
- Le Sautaret ;
- La Houlette.

Le Farembert est canalisé sur sa partie amont, jusqu’à la confluence avec le Sautaret. Le Sautaret arrive sur le site par le nord et est busé pour passer sous la piste de l’aérodrome.

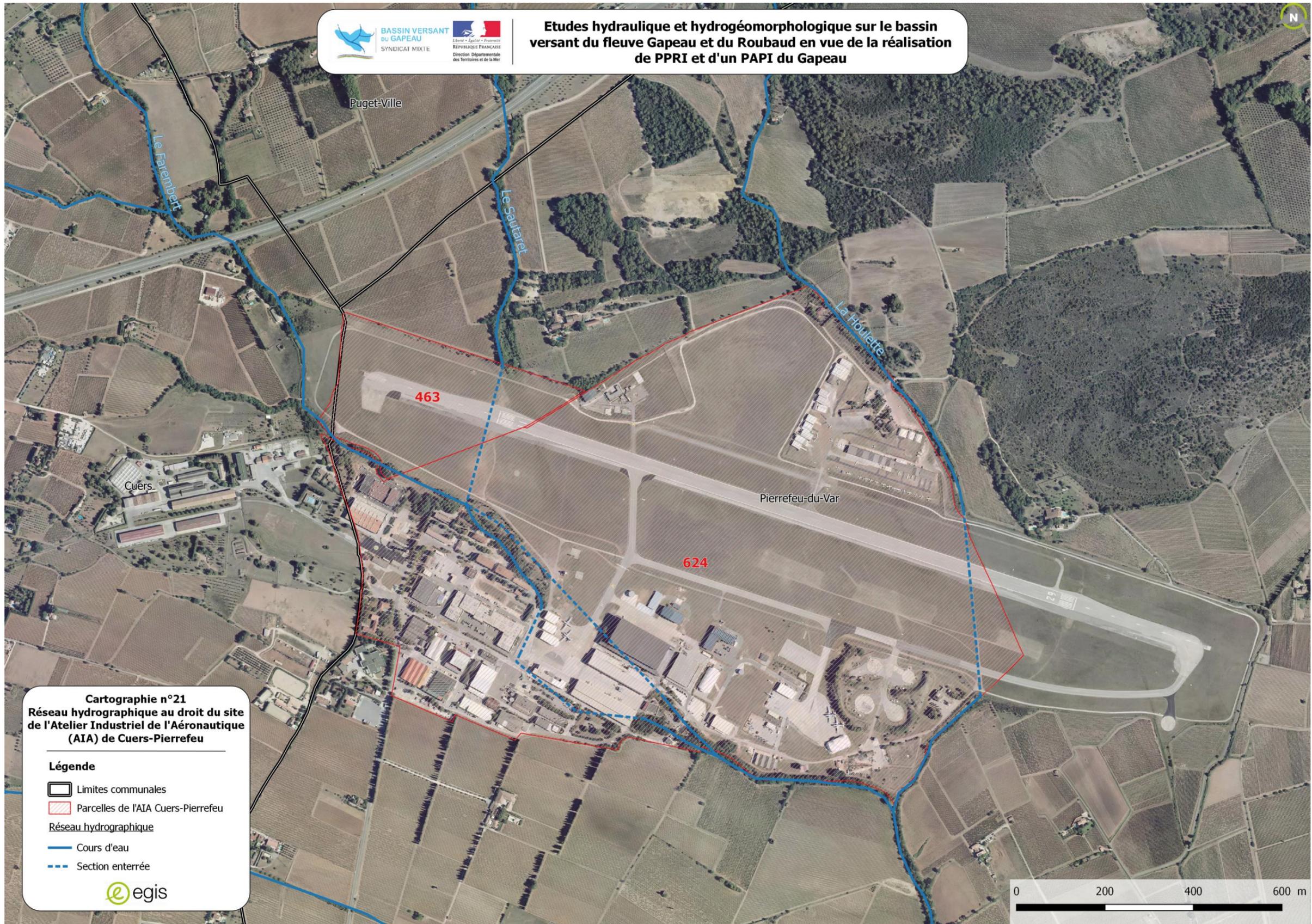
Au niveau de la confluence, il continue dans un chenal principal busé qui traverse la quasi-totalité du site. Il existe à cette confluence un ouvrage de répartition avec un déversoir latéral qui permet de dévier une partie des eaux de crue vers un chenal secondaire. Ce chenal secondaire est à ciel ouvert dans sa partie amont puis devient busé en aval.

Les deux chenaux se rejoignent en aval immédiat de la STEP. Le Farembert continue de s’écouler en limite du site. A la limite la plus au sud, il est rejoint par la Houlette. La Houlette arrive sur le site par le nord-est. Elle longe le site à ciel ouvert avant sa partie busée pour traverser la piste de l’aérodrome.



Photo 18 - Confluence entre le Farembert et le Sautaret (photo prise le 23/08/17)

La cartographie ci-après présente une cartographie du réseau hydrographique au droit du site de l’AIA Cuers-Pierrefeu.



Cartographie 21 - Réseau hydrographique au droit de l'Atelier Industriel de l'Aéronautique Cuers-Pierrefeu

### Connaissance du risque inondation

D'après les témoignages recueillis et la bibliographie existante, le site de l'AIA Cuers-Pierrefeu a été touché à plusieurs reprises par des inondations suites à des orages violents sur le bassin versant du Farembert (2005, 2011, 2012, 2013, 2014). Les épisodes les plus marquantes sont :

- La crue du **26 octobre 2012** ;
- La crue du **2 décembre 2005**.



**Photo 19 - Bâtiment 519 et 526 inondés lors de la crue d'octobre 2012 (photo de l'AIA Cuers-Pierrefeu)**



**Photo 20 - Poste électrique HT inondé lors de la crue d'octobre 2012 (photo de l'AIA Cuers-Pierrefeu)**

Le rapport d'incident de la crue de décembre 2005 fait état de 10 bâtiments touchés par les inondations ainsi que des dégâts sur les voiries du site. Lors de cet épisode, le PUI (Plan d'Urgence Interne) a été déclenché. Les inondations ont entraîné peu de dégâts matériels mais la plupart des bâtiments ont été salis par la boue.

L'épisode d'octobre 2012 est le plus marquant pour le site de l'AIA Cuers-Pierrefeu, plus d'une dizaine de bâtiments du site ont été touchés. Il a été observé une vague de boue en amont du site qui s'est engouffrée dans les hangars. Les débordements du Farembert en amont du site s'expliquent par un problème de curage et d'entretien du cours d'eau. La création d'embâcles a entraîné ces débordements. Les dégâts matériels ainsi que l'ensemble de la main d'œuvre nécessaire au nettoyage se chiffrent à environ 500 000 €.



Photo 21 - Embâcles dans le Farembert sur sa partie amont canalisée après la crue d'octobre 2012 (photo de l'AIA Cuers-Pierrefeu)

### Aménagements et mesures de réduction du risque inondation

Suite à ces phénomènes récurrents d'inondation du site de l'AIA Cuers-Pierrefeu, des études hydrologiques et hydrauliques ont été menées afin de proposer des mesures et/ou aménagements pour réduire ce risque inondation :

- *Etude hydrogéologique et hydrologique*, ERG Environnement, mars 2007 ;
- *Etude des dispositifs de protection contre les inondations et de la vulnérabilité des bâtiments*, PEREZ Cécile, Aix Marseille Université, juillet 2014 ;
- *Avant-projet sur le cours d'eau du Farembert*, ONF, juin 2016.

### Etude hydrogéologique et hydrologique

En 2007, le bureau d'études ERG Environnement a été missionnée par la Délégation Générale de l'Armement (DGA) pour réaliser :

- Une étude hydrogéologique qui a aboutie sur la proposition d'emplacements de piézomètres pour un suivi piézométrique du site ;
- Une étude hydrologique du réseau pluvial qui a abouti sur la proposition de séparateurs d'hydrocarbures afin de faire face à une éventuelle pollution accidentelle.

### **Etude des dispositifs de protection contre les inondations et de la vulnérabilité des bâtiments**

En 2014, Cécile PEREZ, étudiante à l'Université Aix Marseille a effectué un stage en tant que chargée d'étude du risque inondation sur le site de l'AIA de Cuers-Pierrefeu. Dans son rapport en date de juillet 2014, elle établit un diagnostic du fonctionnement hydrologique et hydraulique ainsi qu'une analyse de l'épisode d'octobre 2012.

A partir de ce diagnostic, Cécile PEREZ a proposé différents aménagements et dispositifs de protection contre les inondations, notamment :

- Un **muret étanche équipé de portes étanches** afin de mettre hors d'eau le parc à ingrédients et à déchets toxiques (bâtiment 546) ;
- Un **mur** en rive droite du Farembert sur sa partie amont canalisée ;
- Un dispositif de protection contre les inondations : **Water-Gate** (barrages souples autobloquants).

Suite à cette étude, les travaux de mise hors d'eau du bâtiment 546 ont été réalisés avec la construction d'un muret de plus de 50 cm et l'installation de portes étanches, comme l'illustre la photo suivante.



**Photo 22 - Muret de protection du bâtiment 546 (photo prise le 23/08/17)**

Sur l'amont du Farembert, un mur le long de la rive droite de la partie canalisée a été réalisé afin de protéger les bâtiments 290 et 289. La photo suivante illustre cet ouvrage de protection.



Photo 23 - Mur de protection en rive droite du Farembert (photo prise le 23/08/17)

Enfin, suite à l'étude de vulnérabilité des bâtiments de Cécile PEREZ, un investissement a été réalisé dans l'achat de dispositifs mobiles de protection contre les inondations : Water-Gate.

Le Water-Gate est une protection contre les inondations d'urgence souple, qui se remplit, se déploie et se stabilise automatiquement avec le poids de l'eau.

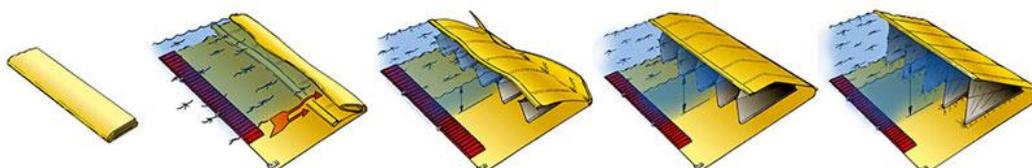


Figure 50 - Schéma de principe du barrage souple autobloquante Water-Gate (source : [www.megasecur.com](http://www.megasecur.com))

Le site de l'AIA s'est équipé d'un linéaire de 400 m, décomposé en 2 parties de 180 m équipées sur une remorque (comme le montre la photo suivante) et 4 parties de 20 m.



Photo 24 - Dispositif Water-Gate : linéaire de 180 m en remorque (photo prise le 23/08/17)

### **Avant-projet sur le cours d'eau du Farembert**

En 2016, une étude d'avant-projet sur le cours d'eau du Farembert au droit du site de l'AIA Cuers-Plerrefeu a été confiée au bureau d'études de l'Office National des Forêts. L'objectif de cette mission d'avant-projet est d'établir un diagnostic visuel des désordres, puis proposer des aménagements pour réduire ces désordres avec un chiffrage de ces aménagements.

Le premier constat réalisé dans l'étude est l'identification de nombreux points de contrôle hydraulique limitant la capacité des chenaux. Il est alors préconisé en premier lieu :

- D'arasers les atterrissements et couper la végétation en lit mineur observables sur le chenal principal et sur sa partie aval ;
- De démanteler les ouvrages et la canalisation présente sur le chenal secondaire (sur sa partie à ciel ouvert) et de supprimer les atterrissements.

Les actions à envisager pour réduire les désordres sur le Farembert sont les suivantes, par ordre de priorité :

- Priorité 1 : protection des berges et aménagement du lit mineur en sortie du tunnel principal ;
- Priorité 1 : élimination de la végétation et des atterrissements en lit mineur en amont et aval du pont ;
- Priorité 1 : dévoiement de la canalisation d'eaux usées au droit du pont ;
- Priorité 2 : reprise soignée du nez de l'ouvrage de rejet des eaux pluviales en amont immédiat du pont ;
- Prospective : démantèlement et reconstruction du pont.

L'extrait cartographique suivant présente un plan schématisé des aménagements proposés sur la partie aval du Farembert.

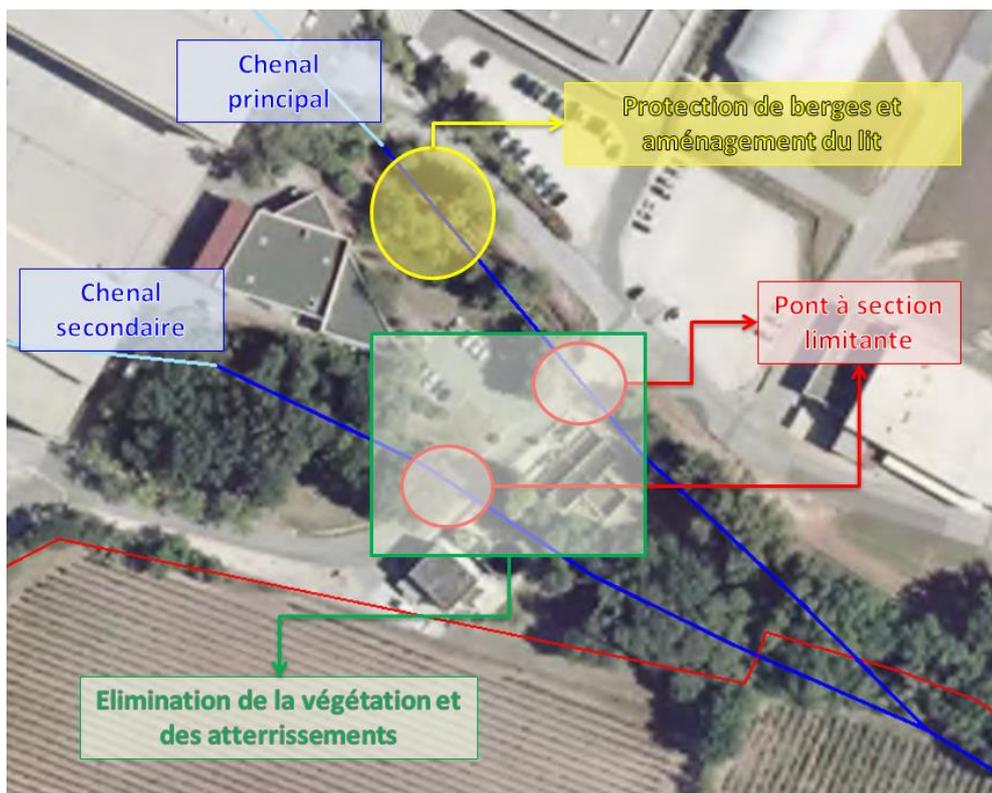


Figure 51 - Synoptique des aménagements et actions envisagées sur la partie aval du Farembert (avant-projet de l'ONF)

### 5.7.2.5 Carnoules – Schéma Directeur des Eaux Pluviales

#### Contexte de l'étude

La commune de Carnoules souhaitant se développer, la volonté locale a été de modifier les zones Na du POS, notamment du quartier du Plan (bassin versant du Pont Rail), celle de Moulières et de St Jean sur le ruisseau du Font de l'Isle ainsi que celle des Maisons Neuves sur le ruisseau des Pierres Blanches.

Cependant plusieurs de ces secteurs sont propices aux ruissellements urbains lors des fortes pluies. En octobre 2004, un adolescent est décédé sous le Pont Rail à cause des problèmes d'évacuation des eaux pluviales. En décembre 2005, l'épisode orageux a provoqué le débordement du ruisseau du Font de l'Isle sur la partie Est du village, avec des hauteurs d'eau de plus de 1 m dans le lotissement du Mas San Giorgio.

La réalisation d'un Schéma Directeur des Eaux Pluviales a été nécessaire pour être un document de référence en matière de ruissellement pluvial sur l'ensemble de la partie urbanisée du territoire.

#### Etude hydrologique

Les données pluviométriques utilisées ont été les courbes d'Intensité Durée Fréquence du poste pluviographique de Toulon la Mitre. Ces données, représentative de la pluviométrie de Carnoules, de par sa proximité, ont permis de disposer de données d'observations courtes (pour des précipitations très intenses, de faibles durées générant des débits maximums sur des petits bassins versants).

Période de retour	10 ans	100 ans
Débit au lotissement « Les Moulières »	17	38.5
Débit à la RN97	18	41

 Tableau 27 - Débits de la Font de l'Isle en m<sup>3</sup>/s

La combinaison des paramètres pluie (durée intense de 15 mn pour l'étude de la zone urbaine et de 30 mn pour l'étude de la Font de l'Isle), débits et bassin versant a permis de générer des hydrogrammes et déterminer les débits spécifiques centennaux suivants :

- $13.7 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  sur les bassins versants urbains de faible superficie ( $1.6 \text{ km}^2$ ),
- $3.7 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  pour la Font de l'Isle (superficie de  $11 \text{ km}^2$ ).

La simulation de la pluie réelle de décembre 2005 a donné un débit de  $21.5 \text{ m}^3/\text{s}$  sur le lotissement du Mas San Giorgio, soit un épisode de période de retour de 17 ans.

### Diagnostic hydraulique de la zone urbaine

Ce fonctionnement du réseau pluvial communal est relativement mauvais. Ces résultats s'expliquent par la présence d'un important réseau d'irrigation (aux débits faibles). Ce réseau accueille sans problème les eaux de pluies lors des petits orages fréquents. Des dysfonctionnements apparaissent lors de précipitations plus conséquentes à cause de leur insuffisance notamment sur les parties amont du Vallon des Pierres Blanches (capacité globalement inférieure à 2 ans).

A l'aval des Maisons Neuves, la capacité du réseau s'améliore nettement et devient supérieure à la décennale. Seule la prise d'eau située à l'aval peut causer des dysfonctionnements si le seuil n'est pas baissé à temps lors d'épisodes pluvieux importants.

### Modélisation des zones inondables de la Font de l'Isle

Afin de déterminer les zones inondables de la Font de l'Isle, des simulations effectuées en régime permanent, et selon l'analyse de l'état et la rugosité des berges. On peut observer que la zone inondable de la crue centennale de la Font de l'Isle varie les secteurs :

- En amont (entre la RD 13 et le lotissement des Moulières), le champ d'expansion des crues est important et la zone impactée possède une largeur comprise entre 100 et 200 mètres. Les hauteurs d'eau y sont inférieures à 1 m, excepté à l'amont immédiat des remblais routiers de RD 13 et de route à la sortie du lotissement qui viennent modifier les écoulements. Les vitesses sont globalement supérieures à 1 m/s, même en lit majeur.
- A l'aval du lotissement du Mas San Giorgio, la Font de l'Isle devient plus encaissée et contient l'intégralité d'une crue centennale. Les hauteurs et vitesses y sont très importantes.

L'aléa hydraulique a ensuite été obtenu par croisement des hauteurs et des vitesses conformément à la méthodologie PPR appliquée dans le département du Var.

### Propositions d'aménagement

L'objectif des aménagements (capacité minimum vingtennale) est de réduire la fréquence des inondations sur les zones de dysfonctionnements hydrauliques identifiées tel que l'amont du vallon des Pierres Blanches avec le franchissement de l'emprise SNCF. Pour cela, 2 propositions ont été soumises :

- le redimensionnement du tracé actuel ;
- la déviation des eaux vers le lieu-dit du Pavillon pour traverser l'emprise SNCF entre le Pavillon et les Maisons Neuves.

Le reste des aménagements concerne des interventions indépendantes pour permettre un meilleur fonctionnement des réseaux sur différents secteurs.

### Zonage d'assainissement pluvial

5 zones ont été définies sur la commune de Carnoules :

Zone	Urbanisation	Risque inondation pluviale	Prescriptions
Zone 1 (NC et ND du P.O.S.)	très faiblement urbanisée (inconstructibles), majoritairement naturelle ou agricole, aux enjeux faibles	très faible mais marquée par la présence d'axes d'écoulement préférentiels des eaux de ruissellement ou de crue de petits ruisseaux	Seules les constructions nécessaires aux exploitations agricoles ou des installations publiques sont autorisées. Si imperméabilisation (supérieure à 500 m <sup>2</sup> ) : mise en place d'un dispositif de rétention sur l'unité foncière (citerne de compensation) avec éventuellement infiltration des eaux pluviales et traitement en fonction du risque de pollution.
Zone 2 (NB et Nba du P.O.S.)	essentiellement résidentielle	sans dysfonctionnement pluvial	Pour toute nouvelle construction : veiller à ne pas obstruer les axes d'écoulements naturels marqués sur le terrain (thalwegs, fossés...) Compenser toute imperméabilisation : mise en place d'un volume de stockage de 300 m <sup>3</sup> /ha imperméabilisé et limiter le débit de fuite au débit décennal actuel.
Zone 3	actuellement non urbanisée mais à vocation à le devenir	avéré et se rejettent dans des réseaux présentant des dysfonctionnements à l'aval.	Veiller à ne pas obstruer les axes d'écoulement actuels, ni aggraver la situation déjà fragile à l'aval. Respecter une bande inconstructible de 2 m de part et d'autre de chaque axe d'écoulement identifié. Si imperméabilisation : mise en place d'un bassin de rétention des eaux pluviales d'un volume de 600 m <sup>3</sup> /ha imperméabilisé et limitation du débit de fuite au débit décennal actuel.
Zone 4	actuellement non urbanisée mais à vocation à le devenir	très faible et se rejettent dans des réseaux au fonctionnement correct. Seul le secteur des Moulières est soumis à un risque d'inondation fluvial important par la Font de l'Isle.	Veiller à ne pas obstruer les axes d'écoulement actuels et à prendre en compte les zones inondables du font de l'Isle (notamment pour le secteur des Moulières). Veiller à être en conformité avec le PPRI Si imperméabilisation : respect bande de 2 m de part et d'autre de chaque axe d'écoulement identifié et mise en place d'un bassin de rétention des eaux pluviales d'un volume de 300 m <sup>3</sup> /ha imperméabilisé et limitation du débit de fuite au débit décennal actuel.
Zone 5	zone urbaine (habitat ou activité)	variable suivant les secteurs, mais demeure globalement important	Veiller à ne pas obstruer les axes d'écoulement actuels, ni aggraver la situation déjà fragile à l'aval. Respecter une bande inconstructible de 2

		<p>m de part et d'autre de chaque axe d'écoulement identifié.</p> <p>Si imperméabilisation : mise en place d'un bassin de rétention des eaux pluviales d'un volume de 600 m<sup>3</sup>/ha imperméabilisé et limitation du débit de fuite au débit décennal actuel.</p>
--	--	---

Tableau 28 - Caractéristiques et préconisations par zonage d'assainissement pluvial

## 5.8 Lien entre les bassins versants du Gapeau et de l'Eygoutier

### 5.8.1 Evolution du lit du Gapeau

D'après la bibliographie existante et les témoignages recueillis, le lit du Gapeau a subi de nombreuses évolutions. La figure ci-après illustre les stades successifs de l'évolution du Gapeau et du Roubaud à travers les âges.

A l'origine, le Gapeau s'écoulait vers la mer par la dépression de Saint-Jean (stade 1). Aujourd'hui, celui-ci intercepte le Réal Martin pour rejoindre la rade d'Hyères (stade 3b). La dépression de Saint-Jean est maintenant occupée par le bassin de l'Eygoutier, déconnecté du bassin du Gapeau.

Cette histoire du Gapeau, géologiquement récente (il y a 1 million d'années), alimente une problématique importante d'une potentielle surverse en crue du Gapeau vers le bassin de l'Eygoutier.



Figure 52 - Stades successifs de l'évolution hydrographique du complexe Gapeau-Réal Martin (source : <http://www.histoire-eau-hyeres.fr>)

### 5.8.2 Analyse de l'AZI

L'atlas des zones inondables de 2005 identifie au niveau de la commune de la Crau un « risque probable de débordement du Gapeau vers la plaine du ruisseau de l'Eygoutier » pour les crues les plus fortes.

Un extrait de l'AZI sur ce secteur est présenté ci-après :

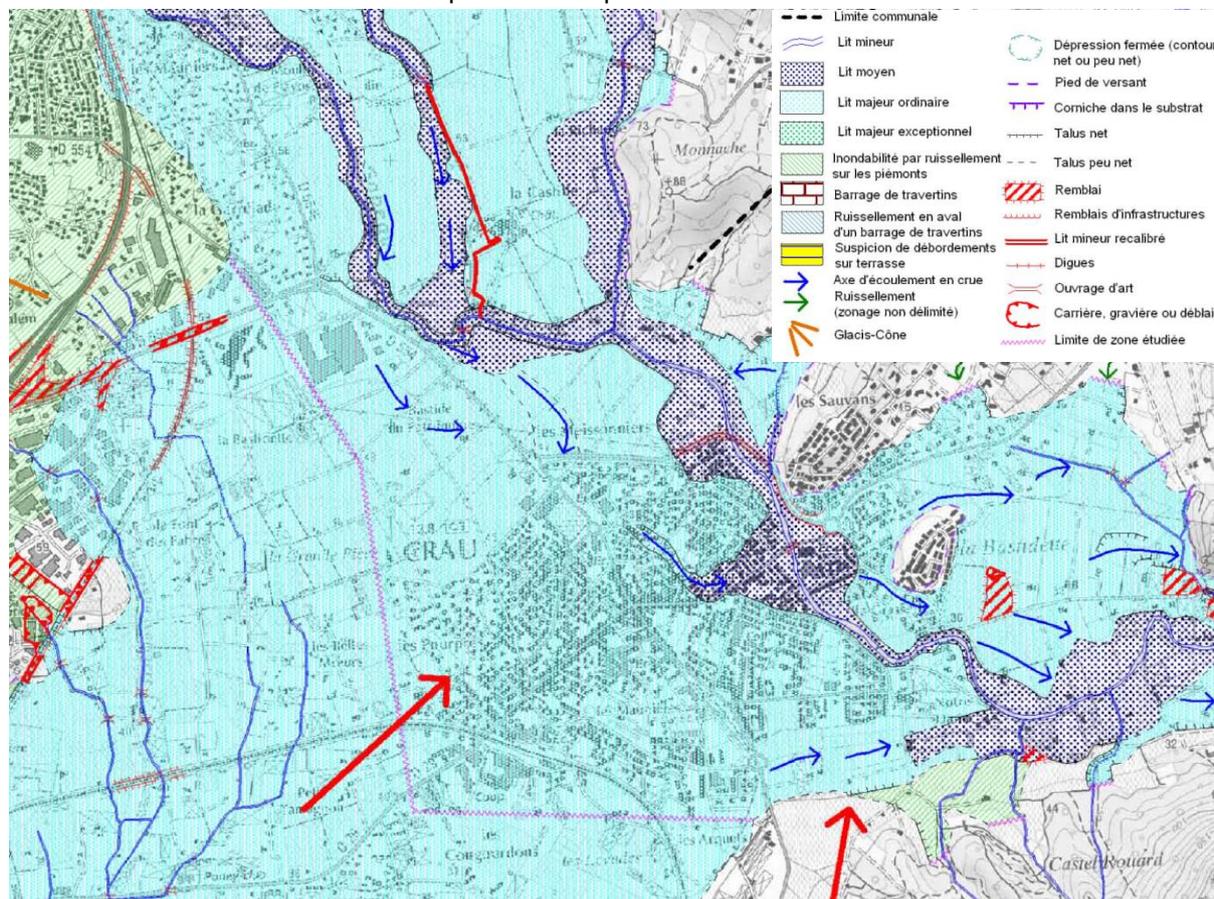


Figure 53 - Extrait de l'AZI sur le secteur de La Crau

Les analyses géologiques et géomorphologiques de la basse vallée du Gapeau disponibles dans la bibliographie scientifique ont permis d'établir les différents tracés du fleuve : dans un premier temps, le Gapeau se serait écoulé vers la plaine de La Garde et la vallée du Roubaud, avant d'effectuer une défluviation vers l'Est au niveau de la Crau pour contourner le massif des Maurettes par le nord.

Si des hypothèses de défluviation existent dans le secteur, laissant entendre qu'un cours du Gapeau a pu emprunter la vallée de l'Eygoutier d'après un livre de L. Lutaud (1924) – Etude tectonique et morphologique de la Provence cristalline, un commentaire de R. Blanchard (1926) dans la Revue de Géographie Alpine appelle à la plus grande prudence à ce sujet : « M. Lutaud me permettra cependant de m'étonner un peu du nombre de captures qu'il imagine au cours de son exposé. Il me semble qu'une capture doit toujours être expliquée, surtout lorsque le détournement s'effectue à travers des roches plus dures que celles où coule le cours d'eau capturé. Or je n'ai pas vu que l'auteur ait cherché à expliquer l'étrange capture de l'Aille et de l'Argens ... ni les curieuses percées à travers les phyllades opérées à plusieurs reprises par le Gapeau et le Réal Martin. L'hypothèse d'épigénies me semblerait devoir au moins être mentionnée : or elle ne l'est nulle part, à ma connaissance. »

Les données actuellement disponibles et bornées aux évolutions géomorphologiques récentes à l'échelle des dernières glaciations laissent plutôt présager de la préexistence d'une vaste plaine

dépressionnaire, entre la Crau et le Pont de la Clue à la Garde, traversée par le Gapeau au Nord, selon un tracé sensiblement similaire au tracé actuel, qui aurait formé un vaste cône de déjection mordant sur la plaine de l'Eygoutier. Les dépôts les plus grossiers du Gapeau (galets) semblent d'ailleurs majoritairement situés à proximité du cours actuel du Gapeau, (le toponyme « la Crau » évoque ainsi bien les caractéristiques d'un terroir pierreux) et se raréfier à mesure que l'on s'en éloigne vers la Garde au profit de dépôts plus fins (limons, argiles, marnes). Si la plus grande prudence reste donc de mise concernant les hypothèses d'anciens lits du Gapeau, il n'en reste pas moins certain que le Gapeau a formé dans ce secteur un cône déversant vers la plaine de La Garde.

### 5.8.3 Analyse topographique

Le profil en travers suivant permet de bien visualiser la position dominante de la plaine alluviale actuelle du Gapeau par rapport à la plaine de l'Eygoutier. Son incision et le dégagement d'une plaine d'inondation spécifique adaptée au cours d'eau semble être fortement limitée par les conditions géologiques locales, à savoir la présence d'entablement de poudingues (alluvions à galets liés par un ciment) très résistants visibles localement sur la berge rive droite du Gapeau.

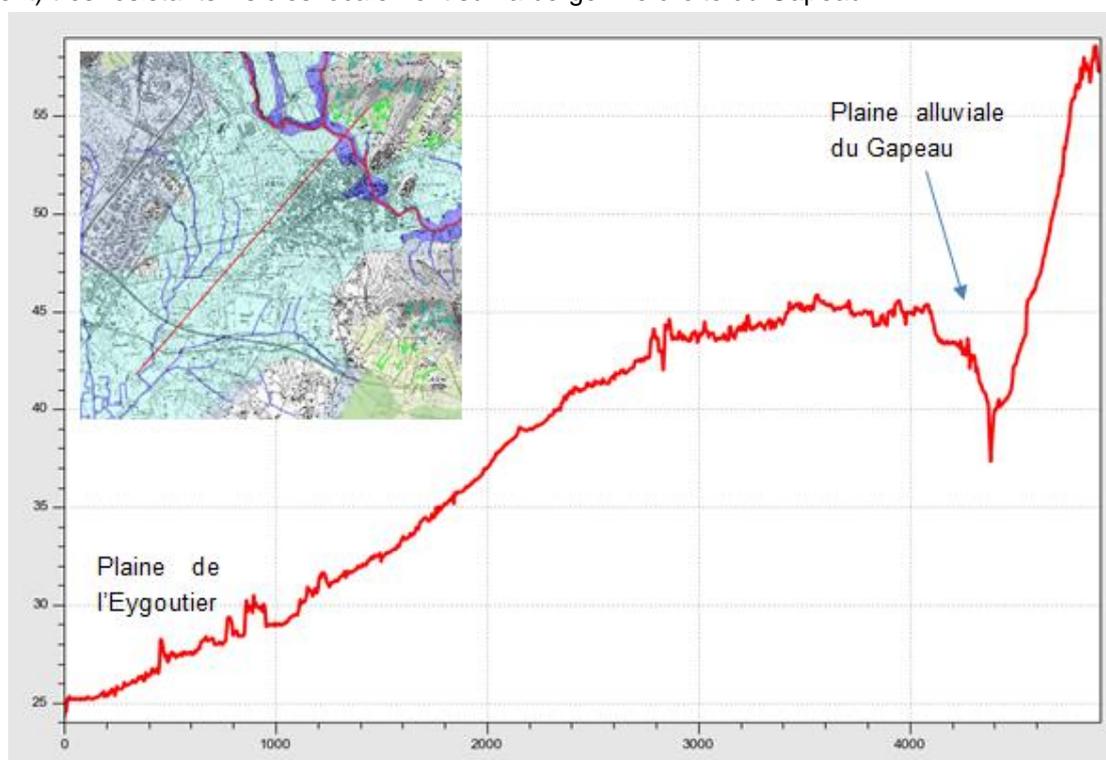


Figure 54 - Profil en travers de la plaine alluviale du Gapeau et de la plaine de l'Eygoutier

### 5.8.4 Analyse hydrogéomorphologique affinée (provisoire)

L'analyse hydrogéomorphologique affinée, qui est en cours à ce jour, permet de confirmer l'hypothèse de surverse émise dans l'AZI. Plusieurs points clefs sont identifiés, situés sur la carte suivante.

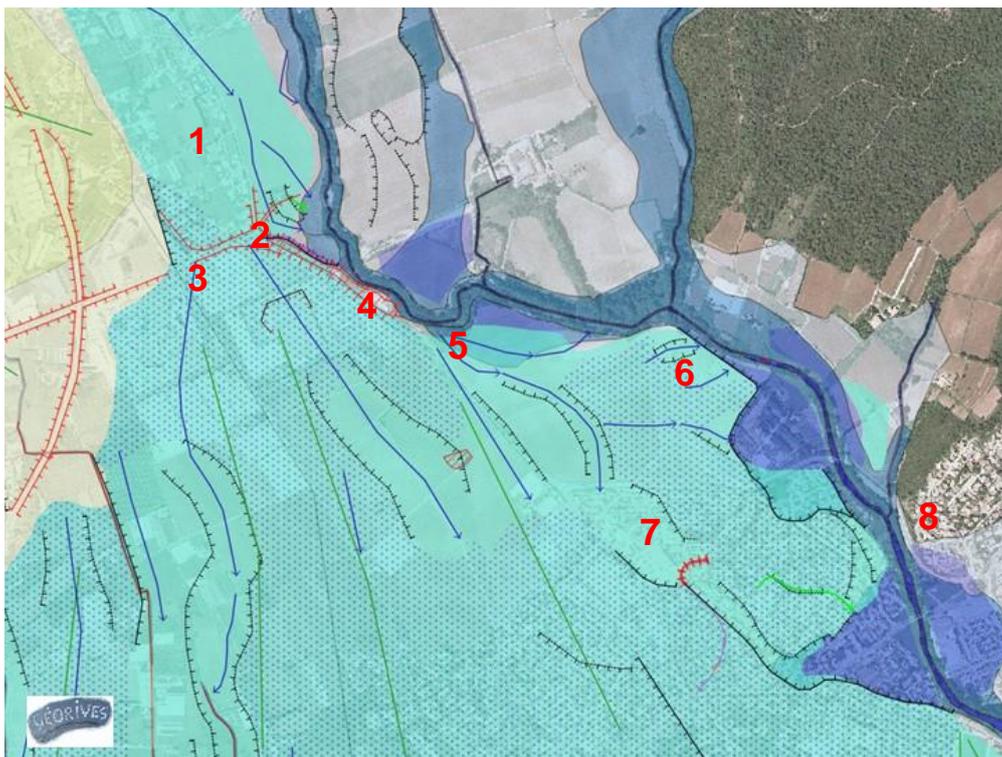


Figure 55 - Extrait de la nouvelle cartographie HGM (provisoire) au niveau du secteur de débordement potentiel du Gapeau vers l'Eygoutier

En amont du secteur **1**, le lit majeur du Gapeau s'étend essentiellement en rive droite, l'interfluve bombé le séparant de la Jonquière étant situé légèrement plus haut (au niveau du moulin de Flayosque - non visible sur l'extrait). Les eaux s'écoulant dans ce lit majeur vont de manière privilégiée retourner au Gapeau au point **2**, mais en conditions naturelles une partie peut se diriger vers le sud où plusieurs axes de crue sont très bien marqués (**3**). Aujourd'hui, un remblai d'infrastructure semble limiter cette possibilité de divergence. L'étude hydraulique devra s'attacher à déterminer son impact réel. Ce secteur constitue l'apex du cône de déjection formé par le Gapeau vers le sud. Aux points **4** et **5** d'autres secteurs de surverse vers le sud s'identifient très bien, associés à des bras de décharge (= axe de crue très marqué) parfaitement visibles dans la topographie pour le point 5. Au point 4, un remblai et des protections semblent lutter contre ce phénomène (hypothèse à vérifier ultérieurement). Les eaux débordant à ce point peuvent retourner directement au lit mineur du Gapeau par l'un des axes identifiés (points **6**, **7**), ou s'étaler vers le sud. Cette configuration très particulière s'explique par une conjonction de facteurs : la confluence du Gapeau avec la Jonquière et le Petit Réal, lequel était (et est peut-être toujours) susceptible de drainer les eaux de débordement RD du Meige Pan, juste en amont d'un verrou particulièrement résistant (**8**), dans un contexte lithologique très peu favorable à l'incision (entablements de poudingues évoqués précédemment).



**L'analyse topographique réalisée à partir des données LIDAR et l'analyse hydrogéomorphologique affinée en cours confirment l'analyse de l'AZI. Cependant, au vu de la topographie, le niveau d'occurrence d'une crue débordante vers l'Eygoutier reste à déterminer. Cela sera étudié au cours de la phase 2 par le biais de la modélisation hydraulique. L'omniprésence des divers aménagements anthropiques (protection, remblais linéaires ou surfaciques, et terrassement en vue de l'urbanisation) peut ainsi fortement affecter le comportement naturel décrit ci-avant. De même les évolutions géomorphologiques récentes (tendance à l'incision, (cf. chapitre hydromorphologie) contribuent à raréfier les occurrences auxquelles ces phénomènes peuvent survenir.**

## 5.9 Synthèse de l'approche hydraulique

### 5.9.1 Carte d'aléa à dire d'expert

A l'issue de cette première phase de l'étude, l'analyse des cartographies des zones inondables disponibles (cf. paragraphe 3.4 *Connaissances des zones inondables*) montre des secteurs non cartographiés.

Afin de compléter ces données lacunaires, il a ainsi été réalisé une première version de la carte hydrogéomorphologique des zones inondables du territoire qui est présentée en page suivante.

Comme détaillé dans le chapitre 6.2 *Approche hydrogéomorphologique des zones inondables*, cette approche est une approche naturaliste. Elle vient compléter et détailler les zones inondables déjà connues sur le territoire comme celle de l'AZI.

Cette carte d'aléa à dire d'expert est importante pour la suite de l'étude, elle servira notamment :

- A définir l'emprise de la modélisation hydraulique bidimensionnelle des cours d'eau de la phase 2 ;
- A analyser de façon croisée les résultats de la modélisation hydraulique 2D du ruissellement en secteur urbain. Ce partage d'informations permettra de définir avec exactitude l'aléa ruissellement aux interfaces zones urbaines/zones rurales.
- A définir les zones où une caractérisation des enjeux présents en zones inondables sera nécessaire pour la réalisation de l'Analyse Multi-Critères (AMC) et de l'Analyse Coût-Bénéfices (ACB) prévues dans le cadre de l'étude.

La modélisation hydraulique pour la définition de l'aléa par débordements de cours d'eau, qui sera réalisée en phase 2, permettra de compléter cette première approche et d'évaluer avec précision les zones inondées.

En effet, l'approche hydraulique tient compte des ouvrages anthropiques (présence de remblais ferroviaire ou autoroutier par exemple) qui peuvent jouer un rôle prépondérant dans la dynamique des crues, à l'inverse de l'approche hydrogéomorphologique qui est une approche naturaliste.

Cependant, ces deux approches sont complémentaires car les résultats du modèle hydraulique vont également permettre d'apporter à l'approche hydrogéomorphologique des connaissances sur le fonctionnement de certains secteurs complexes tels que les secteurs urbains. En retour, le terrain réalisé pour l'approche hydrogéomorphologique, qui sera fait en phase 2, permettra d'apporter d'avantages de connaissances sur les éléments pouvant influencer les champs d'inondation. Ces éléments pourront être intégrés dans la modélisation hydraulique dans un but d'une amélioration continue du modèle.

Les pages suivantes présentent les cartographies de l'aléa inondation réalisées par approche hydrogéomorphologique à différentes échelles : ensemble du bassin versant et zooms pour différents secteurs.

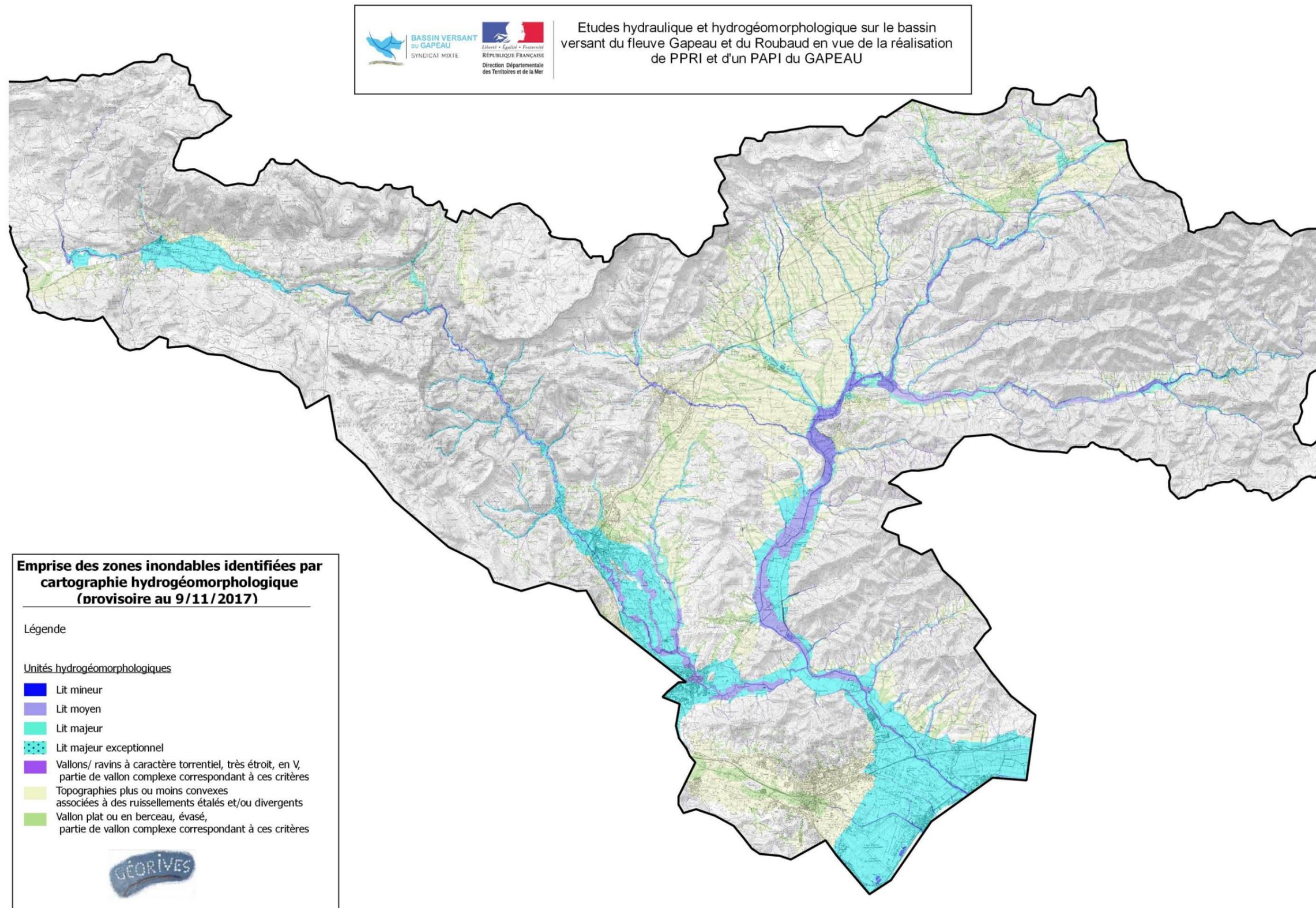


Figure 56 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique

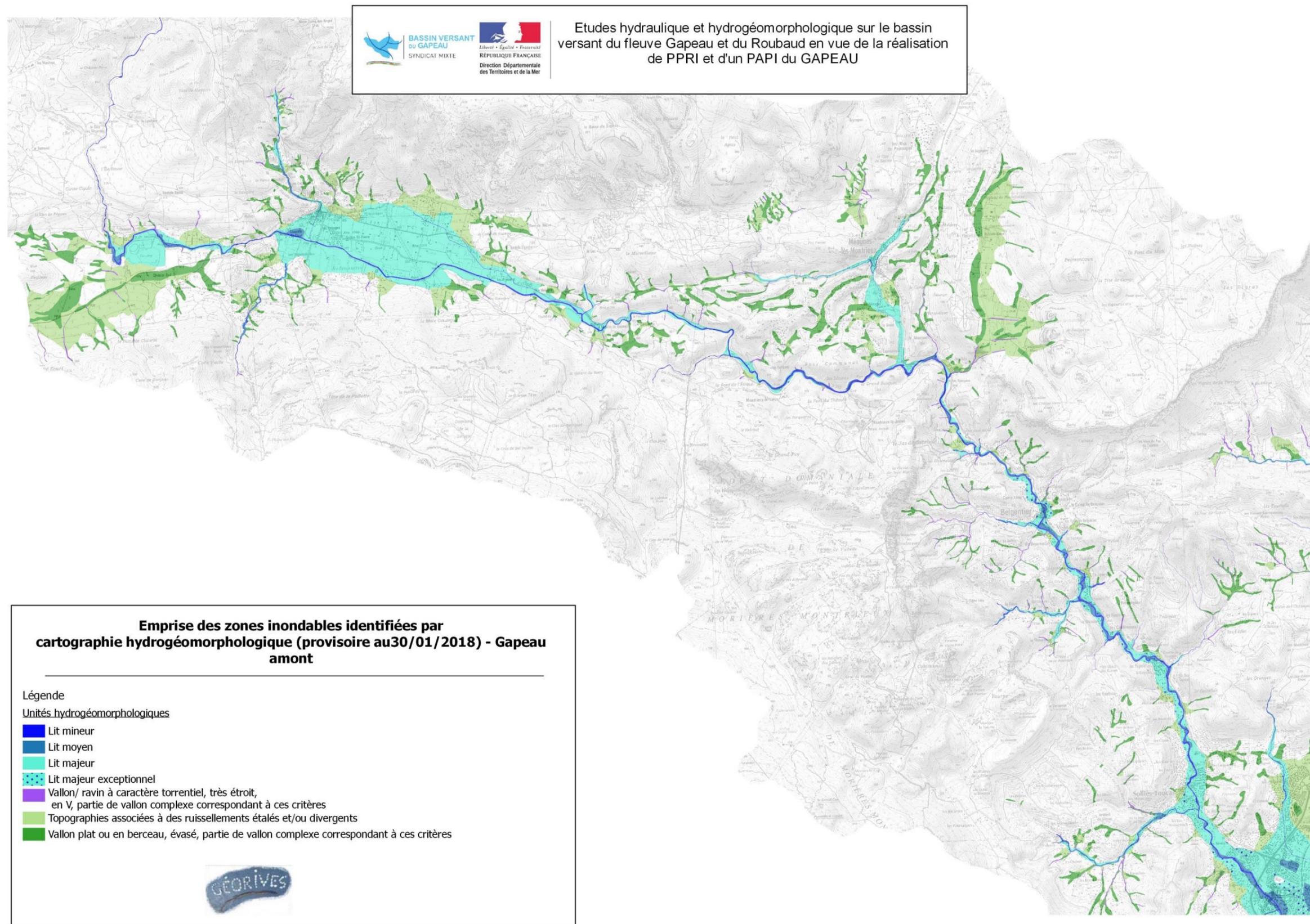


Figure 57 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique – zoom secteur Gapeau amont

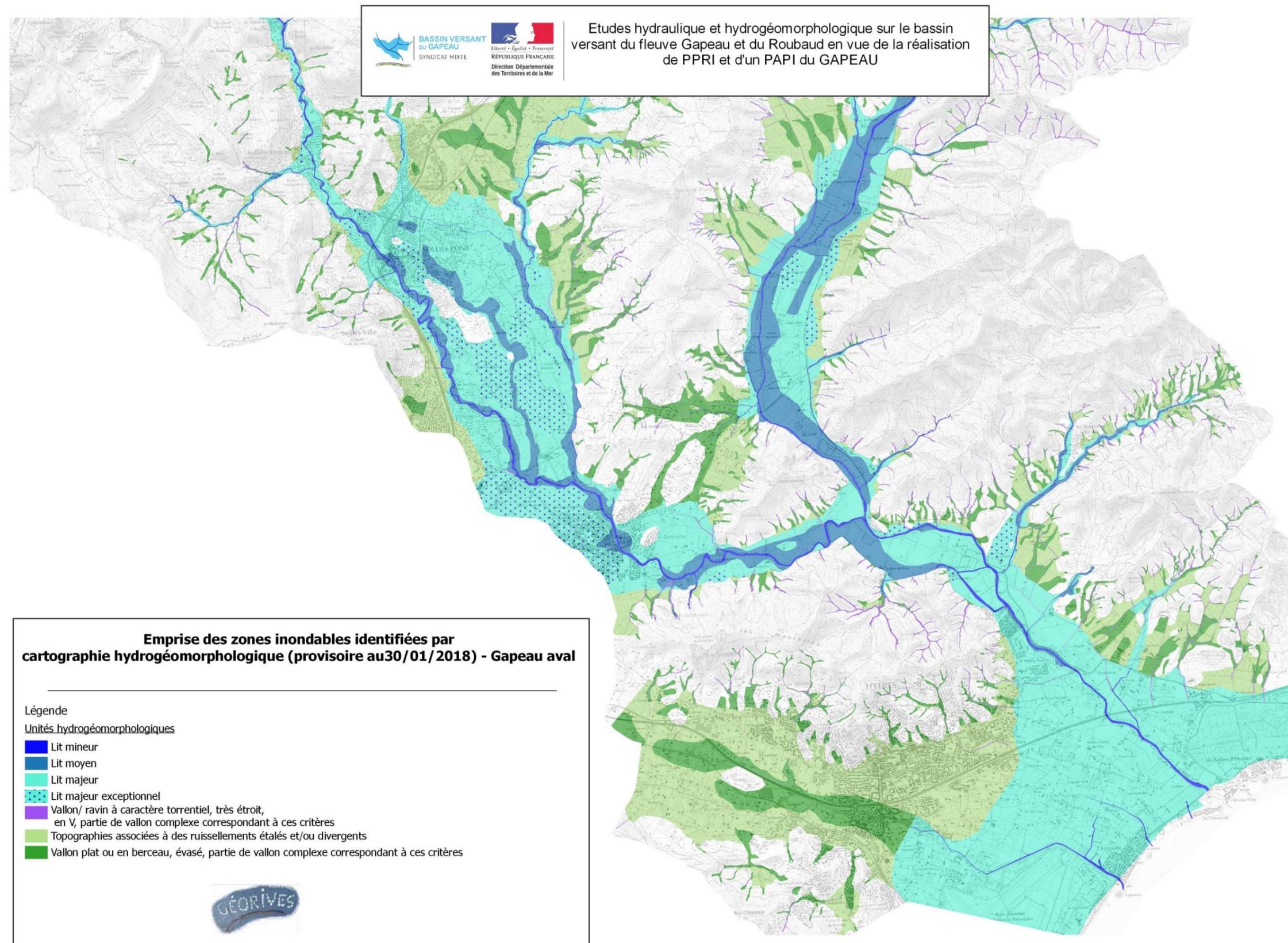


Figure 58 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique – zoom secteur Gapeau aval

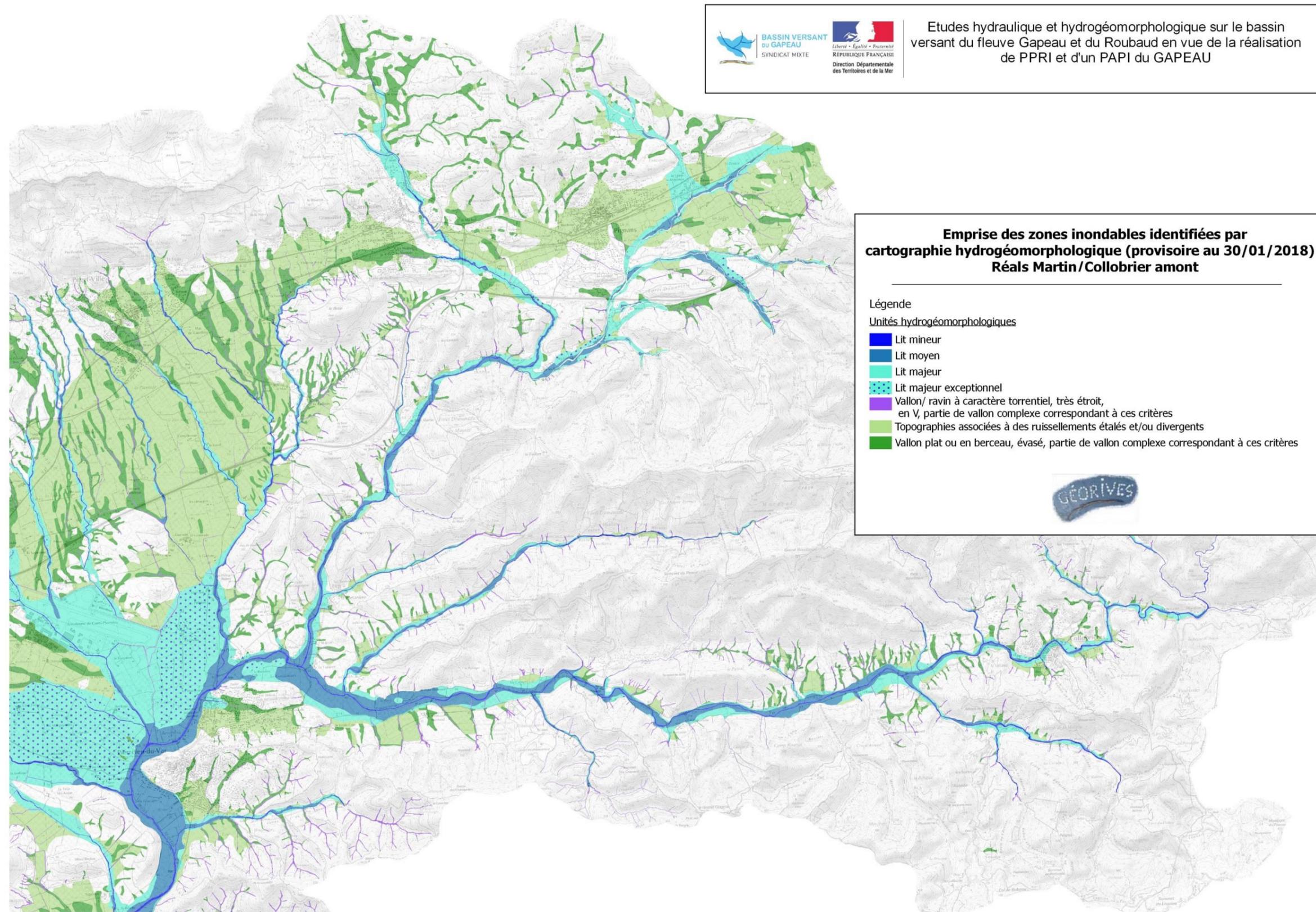


Figure 59 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique – zoom secteur Réals amont

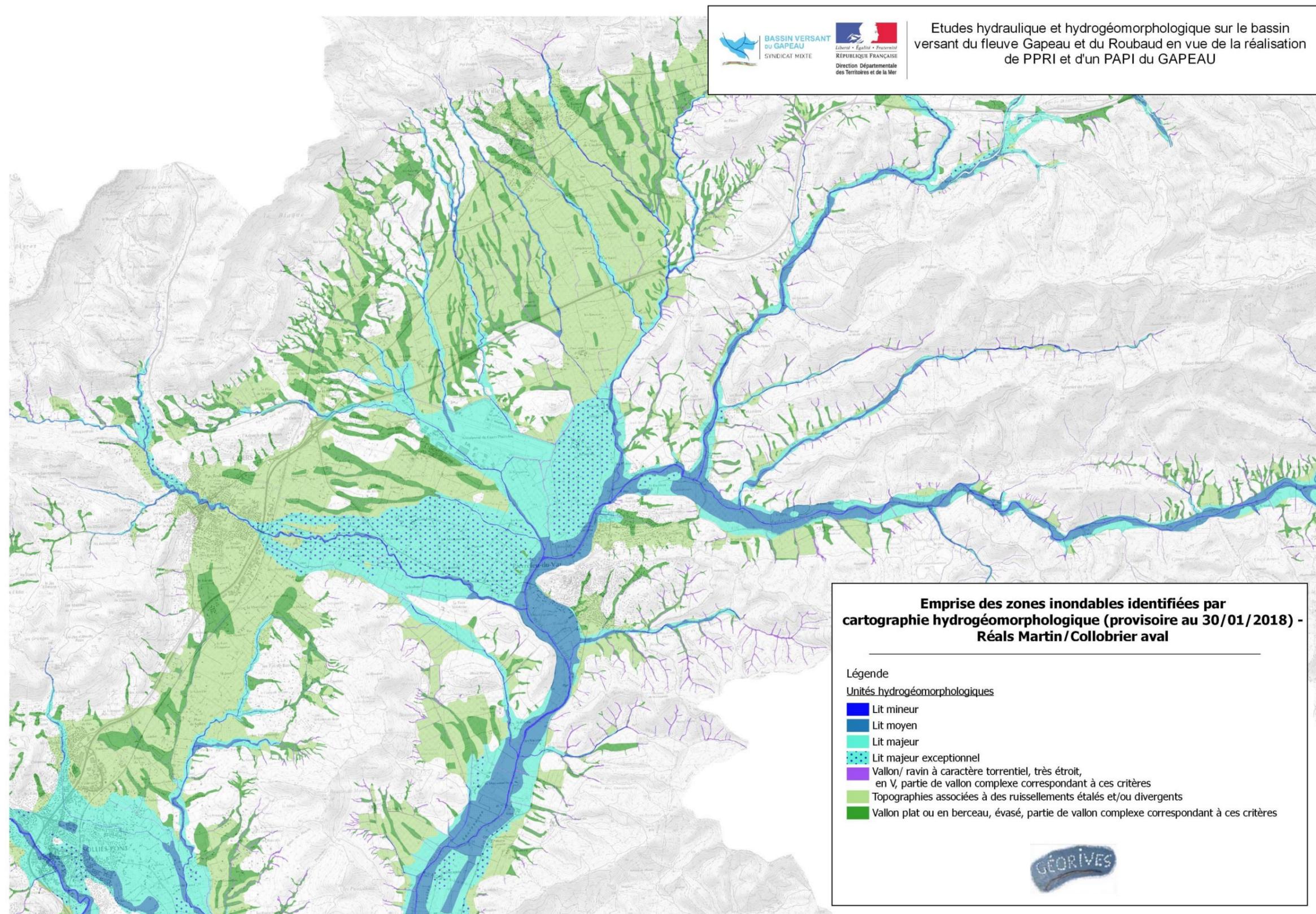


Figure 60 - Cartographie des zones inondables identifiées par l'approche hydrogéomorphologique – zoom secteur Réals aval

## 5.9.2 Synthèse du fonctionnement hydraulique du bassin versant

### 5.9.2.1 Synthèse hydrologique

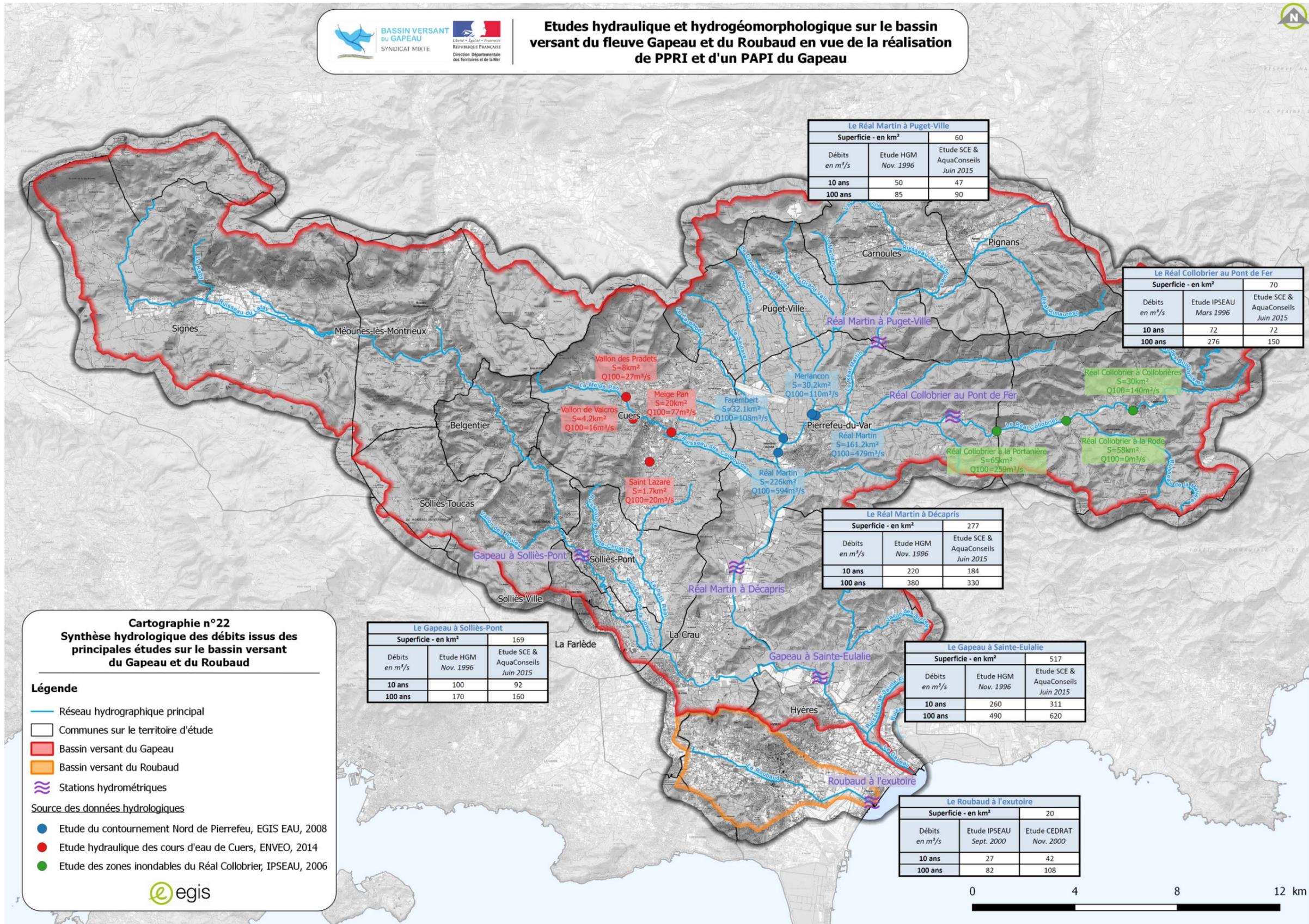
Suite au recueil de données et à l'analyse bibliographique, une synthèse des différents débits extraits des études antérieures a été réalisée.

La cartographie en page suivante présente les débits pour les périodes de retour 10 ans ou 100 ans pour les études principales sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.

L'analyse hydrologique réalisée par SCE et AQUA Conseils en juin 2015 avait pour objectif d'établir un référentiel hydrologique pour le bassin versant du Gapeau. L'hydrologie retenue se base sur la proposition de 4 scénarios prenant en compte pour les mêmes épisodes pluvieux des distributions spatiales différentes.



**Lors de la phase 2, il serait intéressant de profiter de la réactualisation des courbes de tarage des stations hydrométriques du bassin versant pour ré-estimer a posteriori les débits des crues historiques. Une analyse statistique de ces débits recalculés permettrait de comparer et d'analyser de façon critique les résultats de l'étude hydrologique déjà réalisée.**



Cartographie 22 - Synthèse hydrologique des principales études menées sur la bassin versant du Gapeau et du Roubaud

### 5.9.2.2 Synthèse des aménagements

Depuis les épisodes les plus marquants de 1999 et 2000, de nombreuses études ont été réalisées sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud. Ces études menées ponctuellement n'ont parfois pas abouti. Il est important de noter qu'il manque une logique de vision à une échelle plus large pour la plupart de ces études et aménagements.

L'analyse précédente des différents aménagements proposés et/ou réalisés montre que dans la plupart des cas une protection contre une crue trentennale est retenue. Le plus souvent, les aménagements visent à un écrêtement des crues en amont des zones à enjeu.

A noter, que les travaux sont souvent lourds à financer. Pour illustrer cela, le chiffrage pour l'aménagement de la ZEC du Plan du Pont est estimé à plus 500 000 € (hors études spécifiques et acquisition foncière) dans l'étude SCP de 2007. Compte tenu des premiers échanges avec les communes et partenaires publics, la tendance n'est pas à proposer dans le cadre du futur PAPI complet un programme de travaux lourd financièrement.

Suite aux différentes rencontres avec les acteurs du territoire et l'analyse bibliographique, très peu d'études préconisent des mesures de réduction de la vulnérabilité face au risque d'inondation.

Quelques exemples sont à citer, notamment :

- Sur le site de l'AIA Cuers-Pierrefeu, suite à une analyse de désordres hydrauliques de la zone, le personnel responsable de la sécurité du site a investi dans des barrages mobiles de protection contre les inondations types Water-Gate.

Ce dispositif de protection contre les inondations est un dispositif peu coûteux, tant à l'achat qu'à la mise en place ou à l'entretien. Ce type de mesure peut être adapté pour la protection de zone à enjeu sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.



**Suite au diagnostic hydraulique qui sera réalisé en phase 2, l'objectif de la phase 3 sera de proposer un programme de travaux avec une approche globale sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud.**

**Il sera nécessaire d'avoir une vision globale et concertée avec l'ensemble des acteurs du territoire afin d'établir des mesures et/ou aménagements pour la réduction de la vulnérabilité face au risque d'inondation.**

**Ces propositions de travaux seront jugées d'un point de vue efficacité hydraulique mais aussi vis-à-vis d'une approche hydrogéomorphologique dans le cadre de la restauration hydromorphologique.**

**Enfin, il sera plus que nécessaire de porter une attention particulière au budget des travaux et mesures afin de proposer un programme cohérent d'un point de vue financier pour aboutir à PAPI complet réalisable.**

### 5.9.2.3 Synthèse sur les ouvrages hydrauliques

#### Les ouvrages d'irrigation

La présence de nombreux ouvrages d'irrigation sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud amène à s'interroger sur leur éventuelle influence vis-à-vis des épisodes de crue.

#### Les ouvrages de protection

Le territoire d'étude est parsemé de plusieurs digues et remblais sauvages. Un important travail de terrain a été réalisé afin de compléter les différentes sources disponibles au démarrage de l'étude (données de LINDENIA, SAFEGER, OPSIA, et SCP).

Cette analyse complétée de la visite de terrain a permis de mettre en évidence les détails suivant :

- Pour quasiment l'ensemble des digues et remblais, le gestionnaire n'est pas connu ou est inexistant ;
- L'état global des ouvrages est mauvais voir très mauvais pour certains ouvrages, comme l'illustre la photo de la figure suivante.



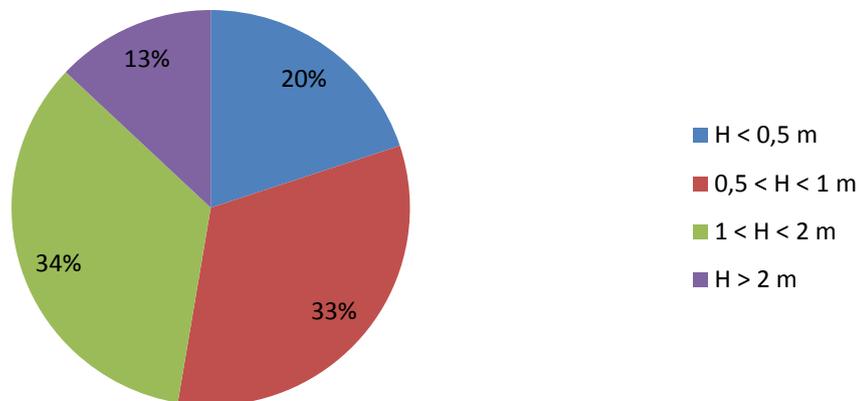
**Photo 25 - Digue en rive gauche du vallon des Borrels (photo prise le 13/10/17)**

Le manque d'information voire l'inexistence de gestionnaire explique en partie le mauvais entretien des ouvrages. Ce manque d'entretien se fait ressentir par la présence d'une végétation abondante et désorganisée en crête de digue ainsi que par la présence quasi récurrente de discontinuité.

Certaines digues ou remblais sont des ouvrages de fortune, probablement réalisés par le propriétaire du terrain pour tenter de protéger sa parcelle. Des merlons de terrain non compactés, sans structure, ont régulièrement pu être observés.

Dans le passé, lors d'épisodes de crue, des brèches dans certaines digues ont déjà eu lieu. Vu l'état actuel de certaines digues, ce phénomène de brèche a de fortes chances de se reproduire lors de futurs épisodes de crue.

Sur l'ensemble du linéaire de digues, plus de la moitié des digues et remblais sont inférieures à 1 m (cf. figure ci-après).



**Figure 61 – Répartition de la hauteur des digues et remblais sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud**

Les ouvrages présents sur le bassin versant du Gapeau sont globalement efficaces pour les petites crues. Contrairement aux bassins versants voisins tel que l'Argens où les rivières sont endiguées et protégées pour des crues moins fréquentes, dans le bassin versant du Gapeau il n'existe pas de système d'endiguement important. La plaine est donc laissée en proie aux grosses crues.



**Dans l'ensemble, les ouvrages de protections (digues et remblais) présents sur le bassin versant du Gapeau ne sont pas entretenus faute d'existence de gestionnaire.**

**A ce stade, l'efficacité de ces ouvrages ne peut être réellement vérifiée. Le diagnostic hydraulique qui sera mené en phase grâce à la modélisation hydraulique 2D, permettra d'établir le degré de protection de ces ouvrages.**

**A noter, que dans le cadre du transfert de compétence de la GEMAPI, une étude est en cours sur la Stratégie d'Organisation des Compétences Locales de l'Eau (étude SOCLE menée par SEPIA Conseils). Cette étude apportera des compléments sur ces ouvrages de protection et notamment sur la définition de gestionnaires.**

## 6. Inondation par ruissellement

Le ruissellement correspond à l'écoulement superficiel des eaux de pluie sur toute surface qui ne s'infiltrent pas dans le sol, généralement suite à de fortes précipitations. Le ruissellement diffus se produit sur toute surface, dans des proportions variables, plus importantes en milieu imperméabilisé ou lorsque le sol est à nu (zones de production). Progressivement il s'organise, se structure, souvent géré par des dispositifs dédiés (fossés, engouffrements, réseaux, ouvrages stockage, espaces verts dédiés...) pour se concentrer et acquérir une puissance érosive qui va croissant (ce sont les zones de transfert). Le ruissellement concentré présente plusieurs stades successifs, avant de former de véritables cours d'eau structurés (zones d'accumulation). On parlera du « petit chevelu » de cours d'eau, fossés, écoulements sur voiries, écoulements en réseaux enterrés, espaces de rétention, de vallons secs...regroupés sous le vocable « eaux pluviales », qui s'opposent aux organismes fluviaux plus importants qui font l'objet de stratégies de gestion des milieux et du risque inondation par débordements de cours d'eau à travers les PPRI notamment.

La distinction entre les notions de ruissellement et de débordement est particulièrement problématique car il s'agit de classer en seulement deux catégories des phénomènes naturels qui s'inscrivent dans un continuum. Au-delà des cas d'école facilement compréhensibles par tous (ruissellement dans un petit vallon en berceau drainant 2 ha versus plaine alluviale fonctionnelle dûment structurée d'un organisme majeur drainant des centaines de km<sup>2</sup>), toute une succession de formes et de processus associés existent, qu'il est souvent très difficile de catégoriser, d'autant que le critère superficiel drainée ne peut absolument pas suffire à lui seul. Toute limite posée entre ruissellement et débordement possède donc forcément une part d'arbitraire.

Dans la présente étude, ces phénomènes de ruissellement sont abordés via deux méthodologies complémentaires : hydraulique et hydrogéomorphologique.

- L'approche hydraulique sera réservée aux zones à enjeux urbains actuels et programmés, sur les 8 communes où sont prescrits les PPRI.
- L'approche hydrogéomorphologique couvrira tout le reste du bassin versant : communes hors PPRI, et secteurs non couverts par l'hydraulique sur les 8 communes à PPRI.

### 6.1 Témoignages recueillis

La campagne d'entretiens réalisée dans le cadre de cette phase 1 a permis de recueillir un certain nombre de témoignages concernant les désordres liés au ruissellement pluvial de surface sur la globalité du bassin versant du Gapeau.

Le tableau en page suivante présente ces principaux désordres par commune ainsi que les épisodes les plus marquants.

Commune	Désordres liés au ruissellement pluvial de surface	
	Crue ou épisode marquant	Secteur impacté
Carnoules	<b>Décembre 2005</b> Octobre 1999	Le pont rail
		Secteur du Grenouillet
		Hameau du Bron
Collobrières	<b>Janvier 2014</b> Novembre 2011 Décembre 2012	Vallon de la Pérache (au niveau du cimetière)
		Lotissement Les Mourats
		Secteur des Moulins
		Les Clos
Cuers	<b>Janvier 2014</b> Juin 2010	Quartier du Saint-Lazare
		Les Garrigues
		La Pouverine
Hyères	<b>Novembre 2014</b>	Quartier des Salins
		Quartier de la Gare (Roubaud)
		Quartier des Loubes
		Quartier de la Bayorre
		Plaine Saint-Lazare
		Quartier de l'Aiguade
		Centre-ville
		Quartier Est
Plaine du Ceinturon		
La Crau	<b>Janvier 2014</b> Fin 2013	Dans le centre urbain sur l'avenue de Limans
		Hameau des Moutonnes
		La Bastidette
		Le Collet Long
La Farlède	<b>Sans objet</b>	Plusieurs secteurs localisés en centre urbain
		Le long du remblai routier
Méounes-lès-Montrieux	Sans objet	
Pierrefeu-du-Var	<b>Janvier 2014</b> Octobre 2012, Octobre 2013	Le secteur de la Gravière
		Le secteur de Joselette, au bas des Plantiers
Pignans	Sans objet	
Puget-Ville	<b>Janvier 2014</b> Juin 2010 Octobre 2012	Le chemin de Gravaillon et route de Rocbaron
		Nombreux désordres dans la plaine en aval de l'A57
		Le Rayolet
		Le lotissement de Deauville
Signes	<b>Janvier 2014</b>	Ruissellement des coteaux vers le centre urbain
Solliès-Pont	<b>Novembre 2012</b> Juin 2010	Vallon des Ruscats et vallon des Pousselons
		Les Gancaous
		Le Sainte Christine
		Le chemin des Andues
		Passage sous la voie SNCF, chemin des Laugiers
Solliès-	<b>Novembre 2011</b>	En amont de la route de la Corniche, depuis le massif du

Toucas	Janvier 1999 Décembre 2000	Piés Redons
		Secteur des Claux : ruissellement sur la route de la Corniche
		Secteur des Rouvières : ruissellement sur le chemin des Hubacs
Solliès-Ville	-	Au niveau du pont des Daix
		Les commerces du Logis Neuf
		Coupure de la RD97

Tableau 29 - Synthèse par communes des désordres liés au ruissellement pluvial de surface

## 6.2 Pré-diagnostic du ruissellement

### 6.2.1 Approche hydraulique du ruissellement

Les phénomènes de ruissellement en milieu urbain sont complexes dans la mesure :

- Où les causes d'inondations sont multiples et parfois concomitantes : débordement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales, débordement des fossés et petits cours d'eau urbains, ruissellement urbain généré directement au niveau des surfaces imperméabilisées (dont les voiries), ruissellements agricoles et/ou naturels depuis les versants amont qui pénètrent dans l'aire urbaine ;
- Où la dynamique de propagation des écoulements est fortement influencée par la micro-topographie urbaine : effet d'obstacle des bâtiments, influence des haies/murets en bordure de parcelles qui ont tendance à concentrer les écoulements dans les rues, présence de remblais d'infrastructures créant des zones d'accumulation artificielles. L'anthropisation du territoire au sein des aires urbaines modifie en effet le tracé des axes d'écoulements naturels.

C'est bien cette complexité de la représentation du ruissellement en milieu urbain qui a conduit à proposer la mise en place d'une modélisation bi-dimensionnelle des écoulements au sein des 8 communes PPRI, et qui sera conduite pendant la phase 2 de l'étude.

En préalable à cette modélisation, il est essentiel de recenser et de synthétiser les connaissances historiques concernant les zones ayant connu des désordres liés aux ruissellements pluviaux sur le territoire.

La création d'une base de données géolocalisée de ces désordres historiques permettra en effet :

- D'avoir une première vision des principales zones à risque où porter une attention particulière lors de l'élaboration du modèle hydraulique en phase 2 ;
- De disposer d'éléments de comparaison pour valider les résultats du modèle hydraulique ;
- D'avoir une première compréhension du fonctionnement et de la dynamique des écoulements sur le territoire.

En complément de cette recherche historique, la valorisation des données topographiques disponibles sur le territoire permet également d'identifier les principaux axes de ruissellements et zones d'accumulation potentiels, et donc de mieux appréhender le fonctionnement hydraulique du territoire.

#### 6.2.1.1 Constitution d'une base de données des désordres historiques

##### Méthodologie

La base de données des désordres historiques est issue de l'exploitation :

- Des témoignages directs collectés auprès des communes lors des entretiens : il s'agit le plus souvent de la localisation de zones de désordres ou d'axes de ruissellement historiques (cf. 7.1) ;
- Des données du SDIS tirées de leur base de données interventions : cette base de données localise des adresses au niveau desquelles est intervenu le SDIS pour des opérations de reconnaissances, épuisement/assèchement de locaux ou sauvetage lors des forts épisodes pluvieux récents : novembre 2011, octobre 2012, janvier 2014, septembre 2014, octobre 2014, novembre 2014, décembre 2014 et juin 2015 ;
- des Schéma d'Assainissement Pluviaux des communes lorsqu'ils existent ;
- des études hydrauliques diverses fournies par les communes.

Cette base de données sera alimentée au fur et à mesure des rencontres avec les représentants des communes et de la collecte des documents, y compris en phase 2.

Commune	Source des données exploitées
Hyères	Témoignages directs collectés auprès de la commune Base de données intervention du SDIS
La Crau	Témoignages directs collectés auprès de la commune Base de données intervention du SDIS
La Farlède	Base de données intervention du SDIS Etude hydraulique de zones d'urbanisation : Bassin Versant Corporandy ACRI/HG 2016 Zonage pluvial – SOGREAH 2010 : (aucune information sur les désordres identifiée) Etude hydraulique de zones d'urbanisation : La Farlède ACRI/HGM 2015 (aucune information sur les désordres identifiée)
Pierrefeu-du-Var	Base de données intervention du SDIS Témoignages directs collectés auprès de la commune Rapport Burgeap septembre 2006 étude hydro le logis SDEP : Phase I - Etat des lieux
Solliès-Pont	Base de données intervention du SDIS Témoignages directs collectés auprès de la commune
Solliès-Toucas	Base de données intervention du SDIS Témoignages directs collectés auprès de la commune
Solliès-Ville	Témoignages directs collectés auprès de la commune

**Tableau 30 - Synthèse des documents exploités pour la constitution de la base de données historiques des désordres**

L'ensemble de ces désordres a été compilé dans une base de données unique permettant de renseigner des informations sur la fréquence et les conséquences des désordres lorsque ces dernières sont disponibles.

Au sein de la base, on retrouve trois modes de représentation des désordres : ponctuel (par exemple un enjeu particulier touché), surfacique (quartier touché) ou linéaire (axe de ruissellement historique ou voirie inondée) en fonction du type d'enjeux touchés et de la nature de l'aléa.

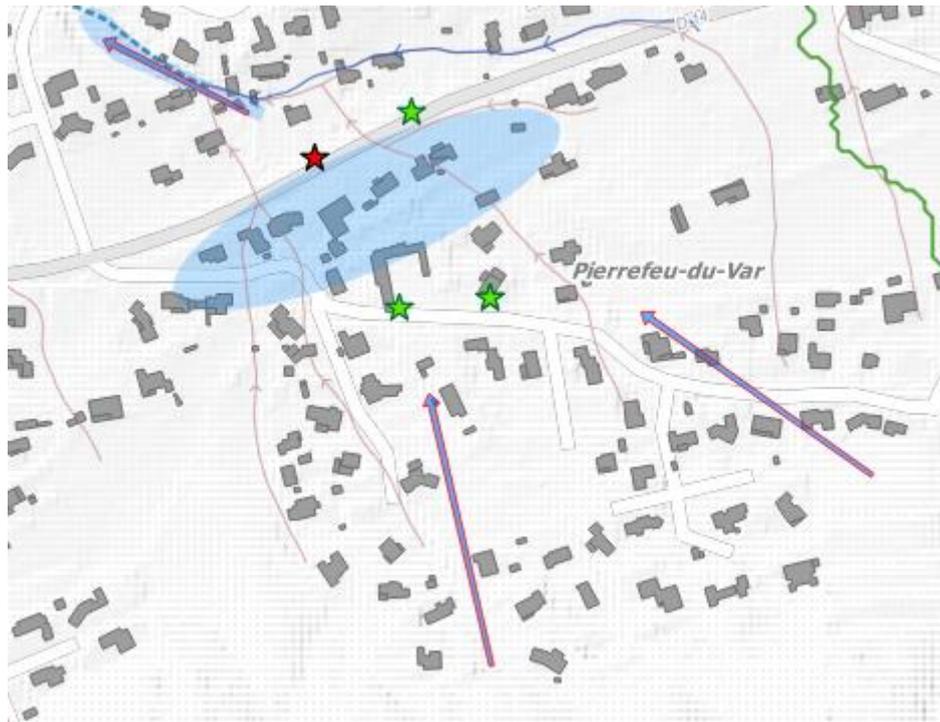


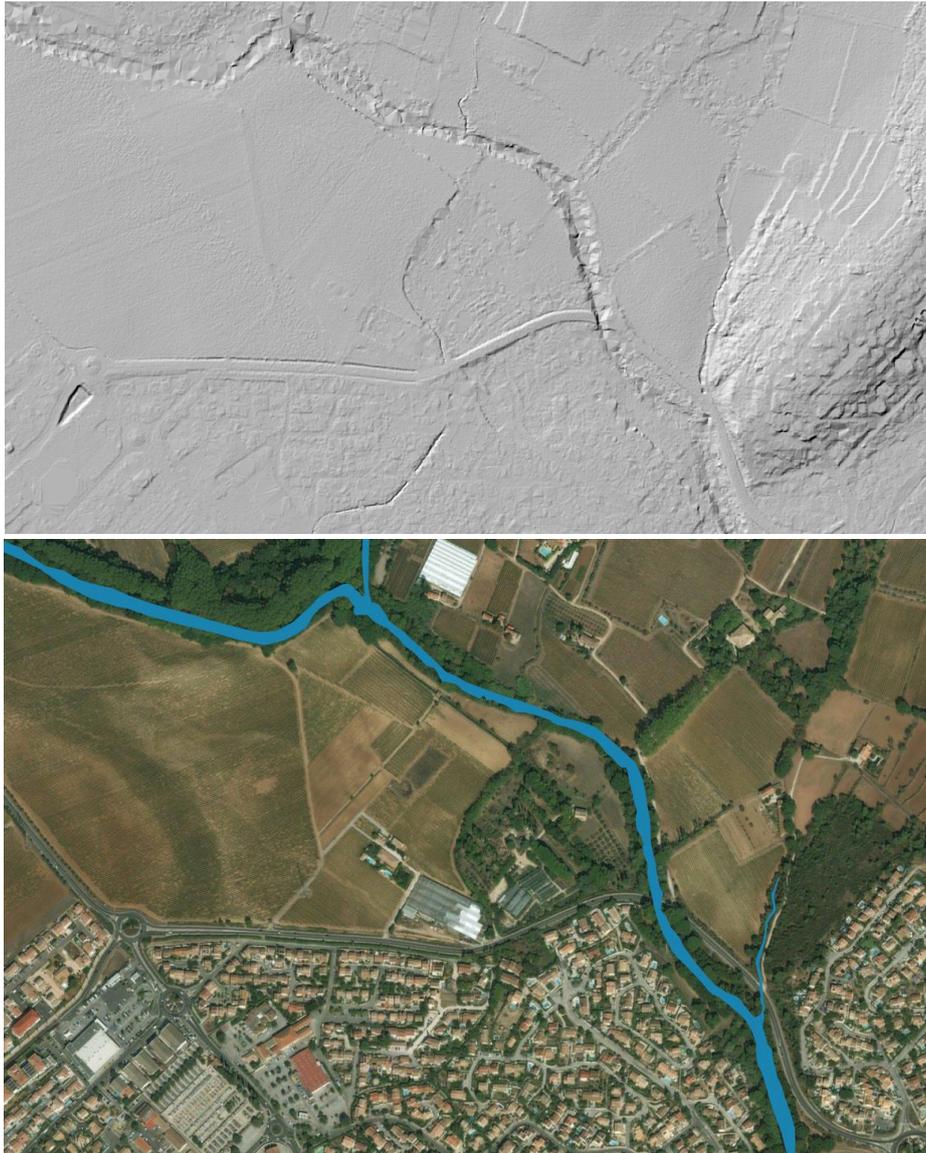
Figure 62 - Différents modes de représentation des désordres (linéaire, surfacique et ponctuelle) sur la commune de Pierrefeu-du-Var

### 6.2.1.2 Caractérisation du fonctionnement hydraulique du territoire

#### Méthodologie

Les données topographiques fines disponibles sur le bassin versant, issues du RGE ALTI 1 m fourni par l'IGN, ont été exploitées afin de caractériser le fonctionnement hydraulique du territoire. La résolution planimétrique de ces données topographiques est de 1 point tous les mètres et sa précision altimétrique de l'ordre de 20 cm.

La précision du RGE ALTI 1m permet de représenter fidèlement la présence de remblais d'infrastructures routières ou ferroviaires, les éléments de topographie urbaine, les zones de cuvettes en point bas, la délimitation des cours d'eau (voir figure ci-après).

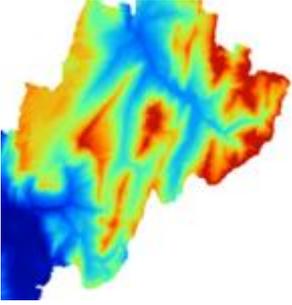
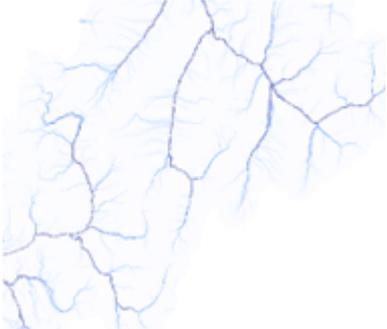
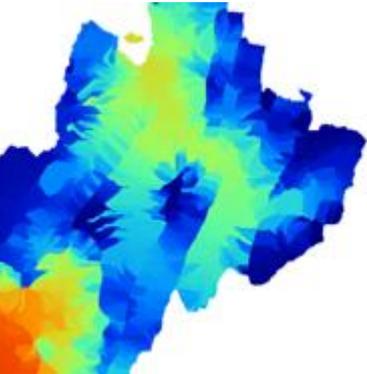


**Figure 63 - Extrait du MNT RGE Alti 1m sur la commune de La Crau (sont notamment identifiables sur cet extrait : route en remblais, cuvette topographique, lit mineur de cours d'eau)**

Ces données topographiques fines ont permis de réaliser une première analyse du fonctionnement hydraulique du territoire et notamment d'identifier, uniquement sur la base des formes du terrain naturel :

- Les axes de ruissellement, soit le tracé du cheminement des eaux à plus ou moins forte vitesse ;
- Les sous-bassins versant correspondant à ces axes de ruissellement ;
- Les zones de cuvettes en point bas où les eaux s'accumuleront naturellement ;
- Les courbes de niveau du terrain ;
- Les zones en remblais qui constituent des obstacles à l'écoulement naturel des eaux et qui peuvent donc générer des zones d'accumulation artificielles.

La génération de l'ensemble de ces éléments de compréhension de territoire se base sur différentes étapes de traitement du modèle numérique de terrain (MNT), au moyen de logiciels SIG spécialisés, dont un exemple est fourni ci-après :

	<p>La première étape consiste à combler l'ensemble des points bas du MNT pour ne pas fausser le calcul des axes de ruissellement</p>
	<p>La seconde étape du traitement permet de créer une grille dite de « Flow accumulation » qui indique pour chaque cellule du MNT sa surface contributive</p>
	<p>La troisième étape se base sur le résultat des deux étapes précédentes pour identifier les axes d'écoulement en définissant des critères de surfaces de bassins versant drainés et de longueur minimale de ces axes</p>
	<p>La dernière étape enfin consiste à tracer les sous-bassins versant à partir de ces axes</p>

**Tableau 31 - Méthodologie globale de génération des axes de ruissellement et des sous bassins versants à partir du MNT**

A noter que cette méthodologie a été réalisée de manière homogène sur l'ensemble des 8 communes PPRI et leurs bassins versants d'apport en zone urbanisée et non urbanisée.

Il convient de garder à l'esprit un certain nombre de limites concernant les résultats produits lors de cette analyse :

- Le tracé des axes de ruissellement s'appuie uniquement sur les formes du terrain naturel nu (les bâtiments, murets, haies et éléments de végétation ayant été filtrés du MNT) : l'effet d'obstacle du bâti et des murs/haies situés en limite de parcelles notamment dans les secteurs fortement urbanisés n'est donc pas pris en compte. Il n'en reste pas moins que ces axes fournissent une bonne indication de l'orientation générale des écoulements en milieu urbain et permettent notamment de mettre en évidence l'ancien tracé de cours d'eau aujourd'hui canalisés ;
- Les différents trémies et/ou passage sous les remblais routiers ou SNCF ne sont pas intégrées dans le MNT : les axes de ruissellement sont donc déviés au niveau de ces passages alors qu'en réalité l'eau pourrait s'écouler via ces derniers ;
- Le tracé des axes de ruissellement se base uniquement sur un critère de taille de surface de bassin versant drainé et n'intègre donc pas l'influence de la nature du sous-sol sur le potentiel d'infiltration, de l'occupation du sol, et notamment de son taux d'imperméabilisation, sur la capacité de ce dernier à ruisseler et enfin de la pente : **il s'agit donc d'une identification des axes potentiels d'écoulement des eaux sans préjuger sur la fréquence d'activation de ces axes ou encore l'ordre de grandeur des paramètres hydrauliques (hauteurs de submersion et vitesses) qui pourraient y être observées<sup>2</sup>.**

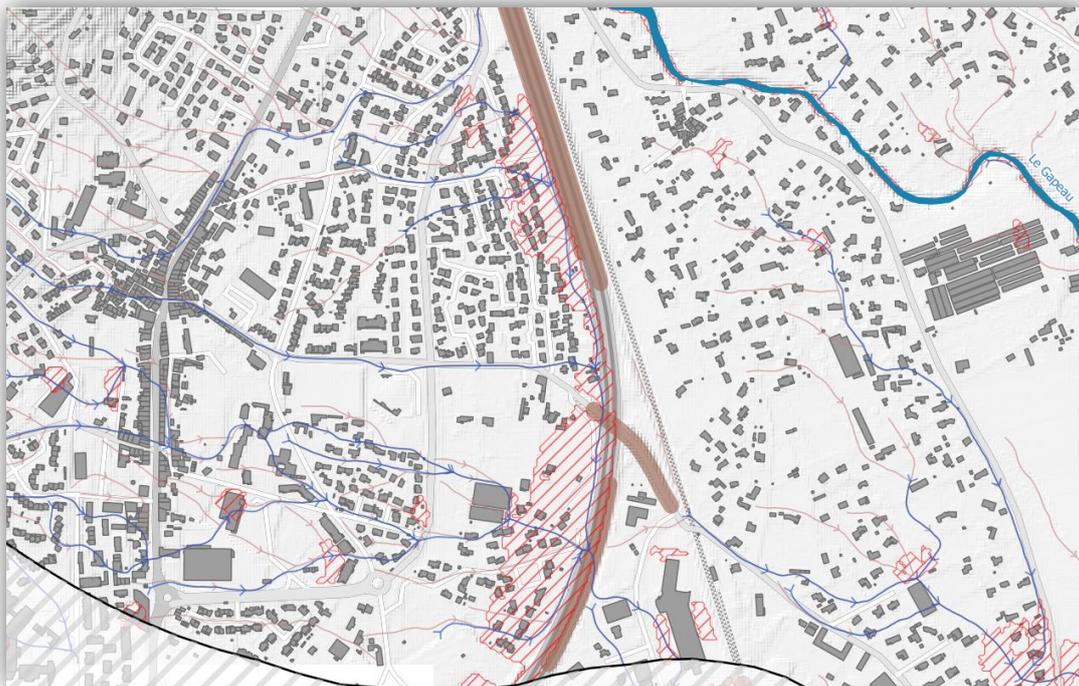


**Ainsi, il est absolument nécessaire de confronter ces analyses à la réalité du territoire et aux observations et interprétations réalisées in-situ lors des visites de terrain et tirées du retour d'expérience des différents acteurs locaux.**

Cette première analyse du fonctionnement hydraulique du territoire n'en reste pas moins essentielle pour :

- Orienter en partie les visites de terrain au cours desquelles devront être repérés les ouvrages de traversée des remblais, les zones de désordres potentiels (lorsqu'un axe de ruissellement coupe une route par exemple), les zones d'écoulement en secteur urbanisé où l'influence du bâti et des éléments de topographie urbaine (haies, murets) modifiera le tracé des axes basé uniquement sur le MNT ;
- Comprendre la dynamique des écoulements, appréhender les bassins versants d'apports, les zones de cuvettes. Cette pré-identification des zones de désordres est essentielle pour la construction du modèle hydraulique bidimensionnel puisqu'elle permet de définir les secteurs où un maillage de calcul très fin devra être mis en place au vu des risques potentiels d'écoulement et/ou d'accumulation.

<sup>2</sup> C'est là la plus-value de la modélisation hydraulique 2D des écoulements qui sera mise en place dans un second temps, qui intègre des modèles hydrologiques et hydrauliques prenant en compte l'ensemble de ces paramètres, intègre les effets de la topographie à partir du MNT et permet d'accéder en tout point aux hauteurs de submersion et aux vitesses d'écoulement



**Figure 64 - Visualisation des résultats de l'analyse préliminaire du fonctionnement hydraulique du territoire avec en bleu et violet les axes de ruissellement, en rouge les zones de cuvettes et en marron les zones en remblai**

### 6.2.2 Approche hydrogéomorphologique du ruissellement

La méthode hydrogéomorphologique explicitée dans le chapitre consacré aux inondations par débordement de cours d'eau fournit également des éléments sur la problématique des ruissellements. Elle a été principalement mise au point pour la cartographie des zones inondables des organismes fluviaux. Or l'écoulement fluvial est généralement la somme d'écoulements pluviaux. De fait la méthode peut être adaptée à l'étude du risque dit « pluvial » du moment qu'il laisse une trace géomorphologique. Par exemple, les petits vallons secs qui participent pourtant au réseau hydrographique sont souvent qualifiés de risque pluvial alors qu'ils sont morphologiquement des modelés fluviaux élémentaires. Il en est de même pour certaines zones de piémont ou des glacis topographiques (= plaines en pentes douces) où les zones inondables sont moins bien circonscrites que dans les vallées ordinaires. L'écoulement des crues prend alors un aspect plus aréolaire que concentré d'où un aspect très dilaté des zones inondables. Le caractère violent des précipitations est à l'origine de lames d'eau ruisselées importantes et souvent érosives.

Les considérations précédentes rappellent la problématique de la distinction entre ruissellement et débordement précédemment évoquée. Dans notre approche, nous indiquons volontairement des raccords francs entre ruissellement et débordement. La distinction entre ruissellement et débordement se base avant tout sur une analyse géomorphologique :

- La configuration géomorphologique : y a-t-il présence ou non d'un lit mineur naturel bien constitué, etc., est-on en présence d'une plaine bien structurée ;
- Les dynamiques dominantes : dans le cas du ruissellement, on est schématiquement en présence de dynamiques à tendances convergentes, tandis que dans le cas débordement, les dynamiques dominantes sont plutôt de type divergent (débordement du lit mineur vers les marges de la plaine alluviale) ;

- D'autres critères secondaires peuvent ensuite intervenir comme la taille du bassin versant drainé, etc.

Le travail de cartographie mené depuis le début de l'étude nous amène à considérer que sur le bassin versant, en général, les fonds de vallons commencent à se structurer à partir d'une superficie drainée comprise entre 1 et 3 km<sup>2</sup>.

Dans le détail, en sus des différents lits des cours d'eau, sont cartographiés plusieurs types de formes spécifiques aux phénomènes de ruissellement :

- Les ravins en V, étroits et incisés ;
- Les vallons en berceau, à fond plus ou moins plat ;
- Les axes de ruissellement, les rigoles d'érosion hydriques ;
- En amont, les têtes de vallon ou micro-vallon très peu marqués sont aussi indiquées.

D'autres formes comme les cônes ou glacis-cône (de structure moins marquée) peuvent aussi bien être selon les cas affectés par des débordements et des ruissellements.

Le bassin versant présente de Cuers à Pignans un vaste piémont composé de multiples cônes coalescents, parfois étagés les uns par rapport aux autres, au sein duquel les principaux cours d'eau présentent un encaissement important. Si les possibilités de débordement depuis ces cours d'eau semblent très minimales, ce qui sera vérifié par les modélisations en phase 2, il n'en reste pas moins que ces surfaces sont soumises aux phénomènes de ruissellement. Elles sont parcourues par de nombreux axes de ruissellement, plus ou moins marqués (légères gouttières où peuvent se concentrer les eaux).

Pour rappel, ce travail est réalisé sur la totalité du bassin versant, d'où une couverture du risque inondation qui sera exhaustive.

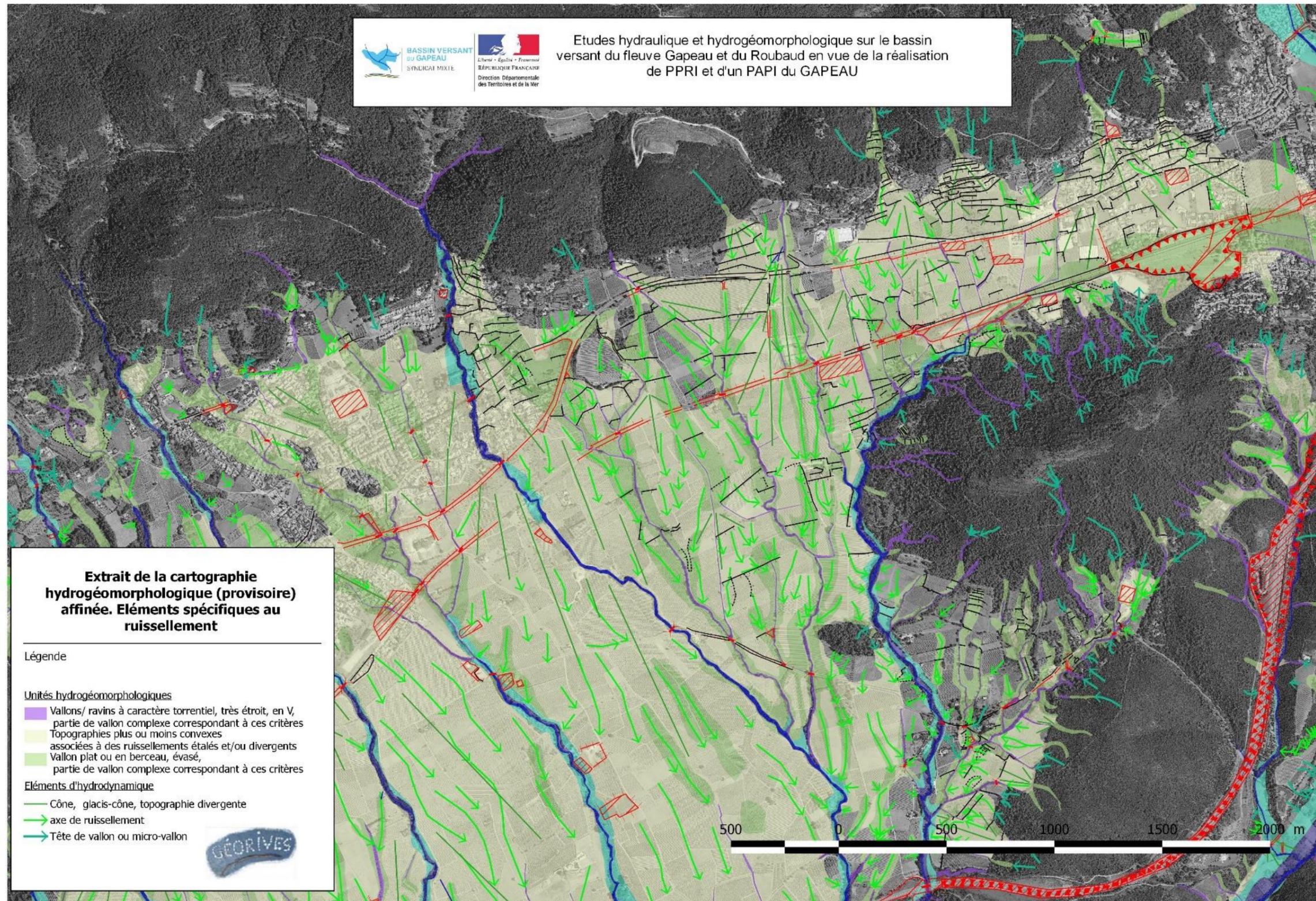


Figure 65 - Extrait de la cartographie hydrogéomorphologique affinée (provisoire) : focus sur le ruissellement

## 6.3 Synthèse de l'inondation par ruissellement

### 6.3.1 Synthèses communales

L'analyse des désordres historiques et du fonctionnement hydrographique du territoire mettent en évidence des secteurs particulièrement exposés au risque de ruissellement pluvial. On distingue notamment les secteurs suivants :

- Hyères : le quartier de « l'Oratoire » se situe dans une cuvette topographique alimentée par un axe d'écoulement. La profondeur maximale de la dépression topographique y est de 80 cm environ. Plusieurs interventions du SDIS ont été menées dans ce secteur entre 2011 et 2015 ;
- La Crau : plusieurs désordres sont identifiés le long de la « Route de Pierrefeu » qui se situe en pied de versant à l'aval de nombreux axes d'écoulements. Au centre-ville, plusieurs interventions du SDIS se situent le long de l'axe d'écoulement urbain qui longe l'impasse du Palmyre ;
- La Farlède : plusieurs désordres sont recensés dans le Centre bourg dans des zones de cuvette topographique et le long d'axes d'écoulement urbains, notamment à l'amont du remblai de l'autoroute A57 ;
- Pierrefeu-du-Var : plusieurs désordres sont signalés dans les quartiers situés au sud de la commune le long de l'avenue des anciens combattants d'Afrique du Nord. Ce secteur se situe à l'aval de nombreux axes de ruissellement urbains ;
- Solliès-Pont : le quartier « Les Bancaous » se situe en partie dans une cuvette topographique en pied de versant, à l'aval d'un réseau important d'axes d'écoulements. Plusieurs interventions du SDIS y sont localisés et des désordres ont été signalés par la commune ;
- Solliès-Toucas : les quartiers situés en amont du centre urbain (Les Baumes, les Claux, les Costes) en pied de versant du massif du Piés Redons sont identifiés comme sensibles au risque de ruissellement pluvial par la commune. La commune identifie également le secteur des Rouvières qui se situe en pied de massif à l'aval d'un réseau très dense d'axes d'écoulement ruraux ;
- Solliès-Ville : une cuvette topographique de 25 cm de profondeur environ se situe au centre du secteur identifié par la commune comme sensible au risque de ruissellement pluvial. Il s'agit du quartier « logis neuf » aménagé en pied de versant, à l'aval d'axes d'écoulements urbains et ruraux.

### 6.3.2 Rendu

Le travail réalisé pendant la phase 1 est restitué au travers des cartographies communales au format A0, sur l'emprise du bassin versant du Gapeau, qui superposent l'ensemble des informations historiques sur les désordres et les informations sur le fonctionnement hydraulique issues du traitement du MNT.

Le tableau ci-après présente la légende et donc les différents éléments représentés sur les cartographies. Les cartographies sont présentées en **annexe 3** de ce rapport.

Information	Symbole(s)	Remarques
Valorisation du MNT		
<b>Cuvettes topographiques</b>	  	<p>Seules les cuvettes (ou dépressions topographiques) d'une surface supérieure 500 m<sup>2</sup> et d'une profondeur supérieure à 15 cm sont affichées. Ces seuils d'affichage reposent sur des critères physiques : ils correspondent à la surface moyenne d'une parcelle en secteur urbanisé et à la hauteur d'une marche ou d'un trottoir.</p> <p>Les cuvettes sont distinguées en 3 classes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les cuvettes qui croisent des informations historiques de désordres (en rouge) ;</li> <li>• Les cuvettes qui croisent un axe de ruissellement et qui ont donc un fonctionnement dynamique avec potentiellement des vitesses d'écoulement importantes (en orange);</li> <li>• Les autres cuvettes qui s'auto-inondent (en bleu).</li> </ul>
<b>Axes de ruissellement topographiques</b>	 	<p>Les axes de ruissellement sont représentés selon 2 niveaux de précision en fonction de la surface minimale du bassin versant en amont qui les alimentent (au moins 1 ha en violet ou au moins 5 ha en bleu).</p> <p>Cette discrétisation permet d'appréhender différentes échelles du réseau des axes de ruissellement en complément du réseau hydrographique pérenne et des cours d'eau secondaires identifiés par l'approche hydro-géomorphologique.</p>
<b>Sous-bassins versants</b>		<p>Les sous-bassins versants ont été tracés à partir des axes de ruissellement. Ils permettent de facilement identifier la répartition des surfaces d'apport.</p>
<b>Remblais</b>		<p>Remblais d'infrastructures, souvent des routes, susceptibles de bloquer ou contraindre les écoulements. Seuls les remblais présentant une dénivelée supérieure à 50 cm sont représentés.</p>
Valorisation des informations historiques		

<p><b>Interventions du SDIS</b></p>	  	<p>Les interventions du SDIS entre 2011 et 2015 ont été différenciées en fonction de leur nature :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sauvetage aquatique en eau intérieure ;</li> <li>• Epuisement ou assèchement de local ;</li> <li>• Reconnaissance.</li> </ul> <p>La base de données adresse fournie par le SDIS a été relocalisée par géocodage et vérifié/corrigé manuellement. Seules les interventions dont la localisation est fiable apparaissent sur la carte.</p>
<p><b>Désordres issus des rencontres avec les communes et tirés de l'analyse des études fournies</b></p>	   	<p>Les désordres issus des enquêtes auprès des communes et de l'exploitation des études hydrauliques sont représentés de manière :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ponctuelle : pour les désordres localisés (enjeu particulier touché et/ou aléa localisé).</li> <li>• Linéaire : pour les désordres le long d'un enjeu linéaire (souvent une route) ou pour représenter un axe de ruissellement historique.</li> <li>• Surfacique : pour les désordres généralisés d'un secteur (inondation de plusieurs parcelles).</li> </ul>
<p>Zones d'urbanisation futures</p>		
<p><b>Zones d'urbanisation futures</b></p>	 	<p>Les zones d'urbanisation futures sont issues de l'exploitation des PLU (zones à urbaniser AU) et des enquêtes auprès des communes.</p> <p>Elles seront prises en compte lors de la modélisation afin d'identifier les zones à modéliser finement pour bien représenter le risque sur ces zones de développement urbain potentiel.</p>

Tableau 32 - Légende des cartographies de synthèses communales

# 7. Fonctionnement hydromorphologique

## 7.1 La notion d'hydromorphologie

L'hydromorphologie est la science qui étudie les processus physiques régissant le fonctionnement des cours d'eau, c'est-à-dire la dynamique fluviale, et les formes qui en résultent, soit la morphologie fluviale. Pour cela, l'étude se fait à différentes échelles.

### 7.1.1 L'emboîtement d'échelles spatiales

L'échelle régionale (Figure 66) permet d'appréhender le contexte climatique, géologique et orographique du bassin versant d'étude. Il s'agit là d'une échelle qui renseigne sur le contexte du travail. On peut ainsi caractériser le type de vallées de l'étude, hiérarchiser le réseau hydrographique.

L'échelle du linéaire du cours d'eau est celle qui va servir à identifier les tronçons de fonctionnement homogène théorique à travers l'étude de la forme et de la dynamique du lit. Les tronçons peuvent être divisés en segments en fonction de la forme et de la dynamique du lit, qui eux-mêmes sont constitués d'une succession de séquences, correspondant à l'échelle des faciès d'écoulement.

L'échelle inférieure, contrairement aux précédentes, ne varie pas uniquement d'amont en aval, mais aussi latéralement. C'est celle à partir de laquelle on peut étudier l'hétérogénéité des vitesses d'écoulements, des hauteurs d'eau ou encore de la granulométrie.

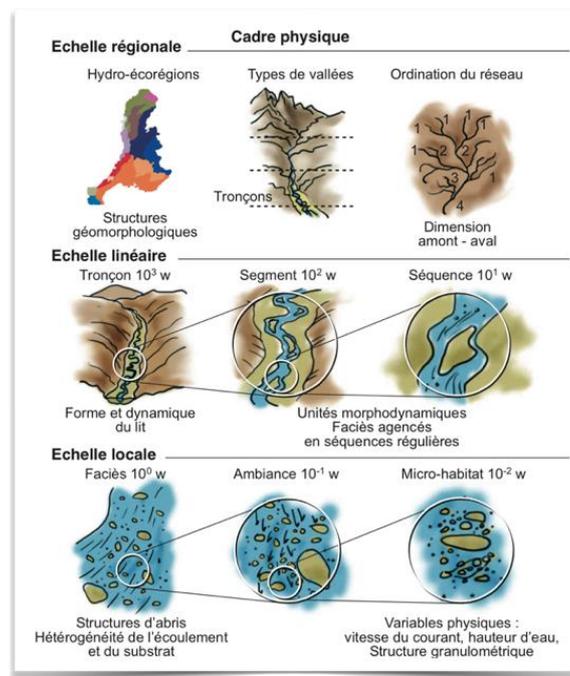


Figure 66 : Les différentes échelles de l'étude d'un cours d'eau

### 7.1.2 La balance de Lane

Le principe de la balance de Lane est couramment utilisé en hydromorphologie pour illustrer, de manière simplifiée, le principe d'équilibre dynamique d'un cours d'eau entre sa charge alluviale, sa granulométrie et le débit, qui couplé à la pente fournit l'énergie capable de l'évacuer (Figure 67). Ainsi, si le débit augmente, la flèche de la balance s'oriente vers l'érosion et au contraire, si le débit diminue, la flèche s'oriente vers le dépôt des sédiments. De plus, ce graphique montre que si la pente est forte, elle donne plus de force au débit liquide pour éroder le lit de la rivière et inversement. On peut aussi voir qu'il faut des débits importants et/ou une pente forte pour évacuer une granulométrie grossière.

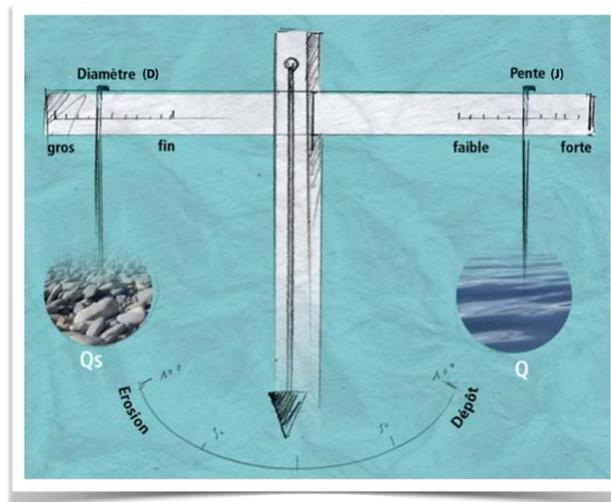


Figure 67 : Balance de Lane

### 7.1.3 L'emboîtement d'échelles temporelles

La dynamique d'un cours d'eau ne varie pas uniquement dans l'espace, mais aussi dans le temps. En effet, comme vu ci-dessus, les débits élevés comme les crues de forte récurrence changent les conditions d'écoulement et permettent aux cours d'eau de modifier ponctuellement (quelques jours, mois, années) dans le temps et dans l'espace la forme de leur lit et donc les paramètres tels que sa largeur, les vitesses d'écoulements dans sa section en travers, les hauteurs d'eau ou encore la granulométrie. Naturellement, les cours d'eau ont par la suite tendance à revenir vers une morphologie similaire à celle connue avant la crue. C'est ce que l'on appelle l'équilibre dynamique des cours d'eau. Cependant, il peut arriver suite à un événement hydrologique important, par exemple une crue millénaire qui modifie considérablement la morphologie du cours d'eau, qu'un nouvel équilibre dynamique se mette en place (Figure 68).

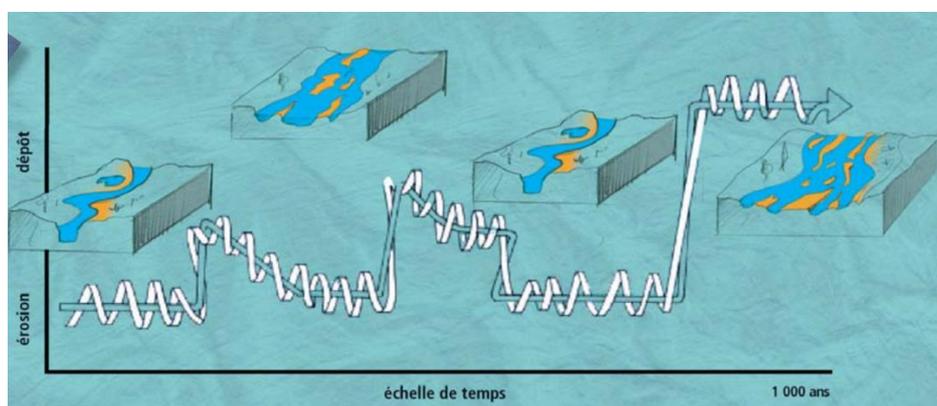


Figure 68 : Evolution théorique d'un système fluvial au fil du temps

### 7.1.4 La dynamique amont-aval

La dynamique amont-aval d'un cours d'eau est souvent vue comme une succession de 3 zones (Figure 69). L'amont correspond à la zone de production de sédiments dans laquelle il y a des érosions de versant et le stockage de sédiments dans le lit mineur qui peut engendrer l'exhaussement du lit. La partie médiane du cours d'eau correspond à la zone de transfert des sédiments dans laquelle des bancs peuvent se former, se déplacer et être érodés. La zone aval, quant à elle, correspond à celle du dépôt et du stockage des sédiments. Les berges formées peuvent être érodées et ainsi recharger en sédiments le cours d'eau. Une partie des sédiments fins se déposent dans le lit majeur lors des périodes de crue, tandis qu'une autre est transportée en aval, jusqu'à la mer.

Lors d'une étude hydromorphologique, on cherche à identifier les variables qui vont contrôler l'évolution de la morphologie des cours d'eau. Ces variables de contrôle regroupent à la fois les débits, la pente, la granulométrie et le transport solide. Elles évoluent au fil du temps, mais aussi d'amont en aval, de manière croissante pour les débits, mais décroissante pour les autres variables. Cette évolution des variables d'amont en aval se traduit par une morphologie caractéristique du lit. Ainsi, dans la zone amont, l'abondance des sédiments grossiers et la pente forte engendrent un style fluvial en tresse. En zone de transfert, le style fluvial caractéristique est celui à méandres. En zone de dépôt, le lit est plus rectiligne et présente plus facilement un armurage. On parle d'armurage lorsque la couche supérieure de sédiments du lit mineur est composée de sédiments plus grossiers que la couche inférieure et que le cours d'eau ne parvient à briser et à mobiliser cette couche que lors des crues annuelles-biennuelles.

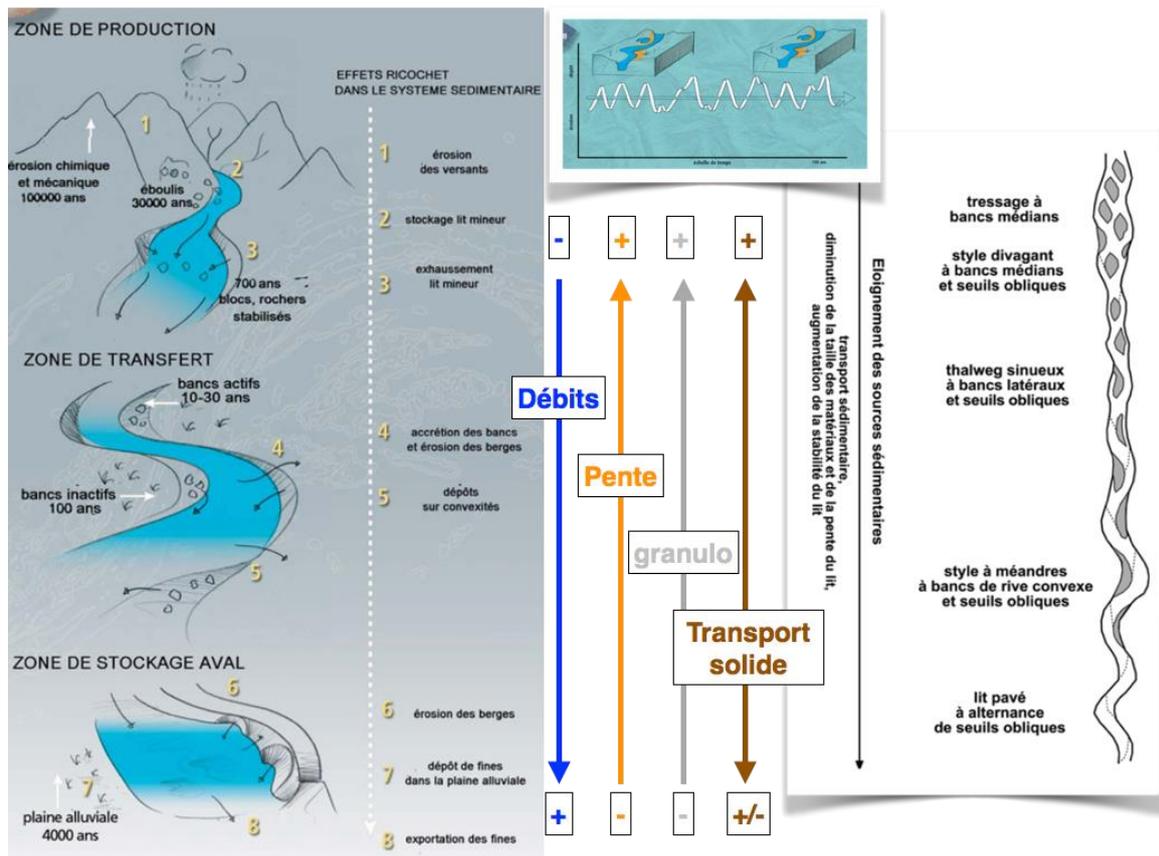


Figure 69 : La dynamique amont-aval d'un cours d'eau

## 7.2 Données

### 7.2.1 Témoignages recueillis

La campagne d'entretiens réalisée dans le cadre de cette phase 1 a permis de recueillir un certain nombre de témoignages concernant les désordres liés à l'aspect hydromorphologique sur la globalité du bassin versant du Gapeau.

Le tableau suivant présente ces principaux désordres par commune.

Commune	Désordres liés à l'aspect hydromorphologique		
	Cours d'eau	Type de désordres	Secteur impacté
Carnoules	Font de l'Ile	Erosion des berges	Chemin Les Prés Ferriers
	Ravins en amont de la Font de l'Ile	Fort transit sédimentaire	
Collobrières	Réal Collobrier	Erosion des berges	1 riverain en bord de cours d'eau
Cuers	Saint Lazare	Dépôt récurrent de sédiments	Les ouvrages en amont de l'A57
		Forte érosion des berges	Le long de la route communale en aval de l'A57
	Valcros	Dépôt récurrent de sédiments	Dans l'ouvrage au niveau du cimetière
	Meige Pan	Erosion des berges	Le méandrage dans le centre urbain
Hyères	Gapeau	Déficit sédimentaire	Rade d'Hyères
		Atterrissements	A l'aval de l'Oratoire et au 1 <sup>er</sup> pont des Borrels
		Erosion des berges	Au niveau de la Clapière
		Erosion des berges	En amont de la route départementale
La Crau	Gapeau	Erosion des berges	Au niveau de la station d'épuration, en rive gauche
		Erosion des berges	Le long du chemin du Moulin Premier
		Embâcles	Pont de la salle des fêtes
La Farlède	Sans objet		
Méounes-lès-Montrieux	Sans objet		
Pierrefeu-du-Var	Réal Martin	Erosion des berges	Le secteur des Platanes
		Ensablement	Pont de l'hôpital
	Farembert	Dépôt récurrent de sédiments	La Sablière
Pignans	Sans objet		
Puget-Ville	Grand Vallat	Erosion des berges	Le long de la route de Pierrefeu, en rive gauche
	Ruisseau du brin	Erosion des berges	Le long de la D413
	Cours d'eau temporaires	Erosion des berges	Dans la plaine
Signes	Sans objet		
Solliès-Pont	Cubertix	Forte érosion des berges	
	Petit Réal	Forte érosion des berges	
	Gapeau	Forte érosion des berges	

Solliès-Toucas	Gapeau	Embâcles	Au niveau du pont EDF
		Erosion des berges	Impasse des Fumades, place des Accacias
		Erosion des berges	Dans le centre urbain, le long de l'avenue du Gapeau
Solliès-Ville	Gapeau	Embâcles	
		Afouillements et érosions	Au niveau du pont des Daix

Tableau 33 - Synthèse par communes des désordres liés à l'aspect hydromorphologique

## 7.2.2 Etudes et données disponibles et exploitables pour le diagnostic hydromorphologique

Si plusieurs études ont été faites sur le bassin versant du Gapeau, aucune d'entre elles ne porte sur le fonctionnement hydromorphologique à l'échelle du bassin versant. Les principales études, celles transmises par le maître d'ouvrage, portent sur l'hydrologie, les dynamiques hydrauliques et le risque d'inondation. Cependant, pour ce qui concerne l'hydromorphologie fluviale, deux études ressortent de l'ensemble : "Elaboration d'un programme de travaux de restauration, d'entretien et de mise en valeur du Gapeau et de ses affluents", Lindenia, 2016 et la thèse sur "Etude des gestions intégrées des transferts sédimentaires dans le système Gapeau / Rade d'Hyères", Capanni, 2011. En ce qui concerne les données à proprement parler, nous nous sommes intéressés à deux types de sources : les données extraites des bases de données nationales (ROE (Référentiel des Obstacles à l'Écoulement), BD SYRAH (Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau)...) et celles spécifiques au bassin versant du Gapeau.

### 7.2.2.1 Etude Lindenia : un inventaire exhaustif mené sur une grande partie des cours d'eau du bassin versant du Gapeau

Cette étude se compose de deux mémoires, le premier étant le diagnostic ayant servi de base à l'élaboration du second qui propose un programme d'actions. Le diagnostic proposé par LINDENIA repose sur un état des lieux établi à l'aide d'un inventaire de terrain et d'une analyse de l'état écologique du bassin versant. A partir de ces éléments est dressé un bilan de l'état de la végétation rivulaire, de l'état des berges et du lit, des pollutions, des usages et de la biodiversité. Bien que n'étant pas spécifiquement orientée sur la problématique hydromorphologique, cette étude apporte de nombreux éléments de connaissance.

Le périmètre d'étude de ce travail porte sur l'ensemble du bassin versant mais l'inventaire de terrain concerne les cours d'eau suivants :

- Le Gapeau
- Le Réal Martin
- Le Réal Collobrier
- Le Ruisseau de Carnoules
- Le Merlançon
- Le Farembert
- Le Meige Pan
- Le Vallon des Borrels
- Le Ruisseau de Naï
- Le Vallon des Routes
- Le Petit Réal
- Le Saint-Lazare
- Le Réal Rimauresq
- Le Ruisseau de la Malière

L'intérêt de cette étude est son état des lieux de terrain récent (2015) et très minutieux, qui est aujourd'hui directement exploitable dans la mesure où les couches d'informations géographiques sont disponibles.

Si les données n'ont pas été spécifiquement relevées pour une analyse des dynamiques hydromorphologiques, l'exhaustivité de mesures sur le linéaire parcouru est une donnée précieuse.

Nous devons cependant avoir une lecture critique de ces données dans le mesure où nous ne disposons pas de la grille d'analyse ni du protocole de terrain mis en place à l'époque.

La partie "bilan" offre une vision globale de la répartition des phénomènes décrits, mais l'interprétation des causes explicatives n'est pas toujours présente.

### 7.2.2.2 La thèse de Romain Capanni : synthèse sur le fonctionnement hydromorphologique du Gapeau aval

Cette étude est un travail universitaire présentant une grande qualité d'information sur le fonctionnement hydromorphologique du Gapeau aval. En effet, l'objectif de ce travail de recherche est de comprendre les relations hydro-sédimentaires du bassin versant avec le système littoral de la rade d'Hyères. Pour cela, les analyses et les interprétations sur les dynamiques morphologiques et hydro-sédimentaires portent uniquement sur la partie terminale du Gapeau, pris en tant qu'exutoire comme un synthétiseur du fonctionnement de l'ensemble du bassin versant. Ainsi le linéaire étudié dans ce travail est le Gapeau de sa confluence avec le Réal Matin à son embouchure maritime.

Pour estimer la dynamique fluviale du Bas Gapeau, Romain Capanni a étudié les 5 paramètres suivants :

- l'évolution verticale du lit ;
- l'évolution en plan de sa bande active ;
- les raisons de la variation des flux sédimentaires ;
- l'estimation du transport solide ;
- l'estimation de la capacité de transport solide.

#### L'évolution verticale du lit

Pour synthétiser l'évolution verticale du lit du Gapeau sur plusieurs décennies, R. Capanni a utilisé les profils en travers relevés par de précédentes études (SCP, 1973 et HGM, 1996), ainsi que des levés réalisés à l'aide d'un DGPS dans le cadre sa thèse en 2007. Il s'est également appuyé sur le profil en long levé par les Grandes Forces Hydrauliques en 1954. Le tableau ci-dessous présente les campagnes de levés topographiques utilisées.

types	Sources	année	secteur	Nbr de points de mesure	Espacement moyen des points de mesure (m)	Nature de la mesure
Profil en long	IGN	1954	De la source du Gapeau à la mer	133	315	Ligne d'eau
Profils en travers	SCP	1973	de la confluence à la mer	110	73	Fond du lit
Profils en travers	HGM	1996	de la confluence à la mer	33	242	Fond du lit
Profil en long	cette étude	2007	de la confluence à la mer	74	108	Fond du lit

**Tableau 34 - Profils topographiques disponibles sur le Gapeau aval (Capanni, 2011)**

Le détail des biais et des imprécisions produites par sa méthode de travail sont détaillées dans son travail. Ils sont essentiellement liés aux protocoles des levées topographiques (ligne d'eau / talweg, inter-distance des points).

#### L'évolution en plan de la bande active

L'étude de l'évolution en plan de la bande active du Gapeau a été menée via une analyse diachronique de documents cartographiques et de photographies aériennes, dont la liste est présentée dans le tableau ci-dessous.

Nature	Date	Echelle	Fournisseur	Type
Cadastre Napoléonien	1828	1/5000	Archives départementales du Var	Couleur
Carte d'Etat Major	1850	1/40000	IGN	Couleur
Carte topographique	1932	1/20000	IGN	Couleur
Mission aérienne	1944	1/25000	CNRS	Noir et blanc
Carte topographique	1978	1/25000	IGN	Couleur
Mission aérienne	2003	1/25000	IGN	Couleur

Tableau 35 - Caractéristiques des sources sédimentaires (Capanni, 2011)

Le cadastre napoléonien de 1828 et la carte d'Etat-major de 1850 n'ont été utilisés qu'à titre qualitatif du fait de leur manque de précision et de la difficulté de les caler par rapport aux données plus récentes. Les cartes et les photos aériennes des années suivantes ont été géoréférencées dans un SIG. La couche de référence était l'orthophotographie IGN de 2003. L'analyse de l'évolution de la bande active a été établie sur 315 profils de mesure, espacés de 30 m. La largeur de la bande active a par la suite été mesurée pour chaque année sur l'ensemble des transects cartographiés ci-dessous.

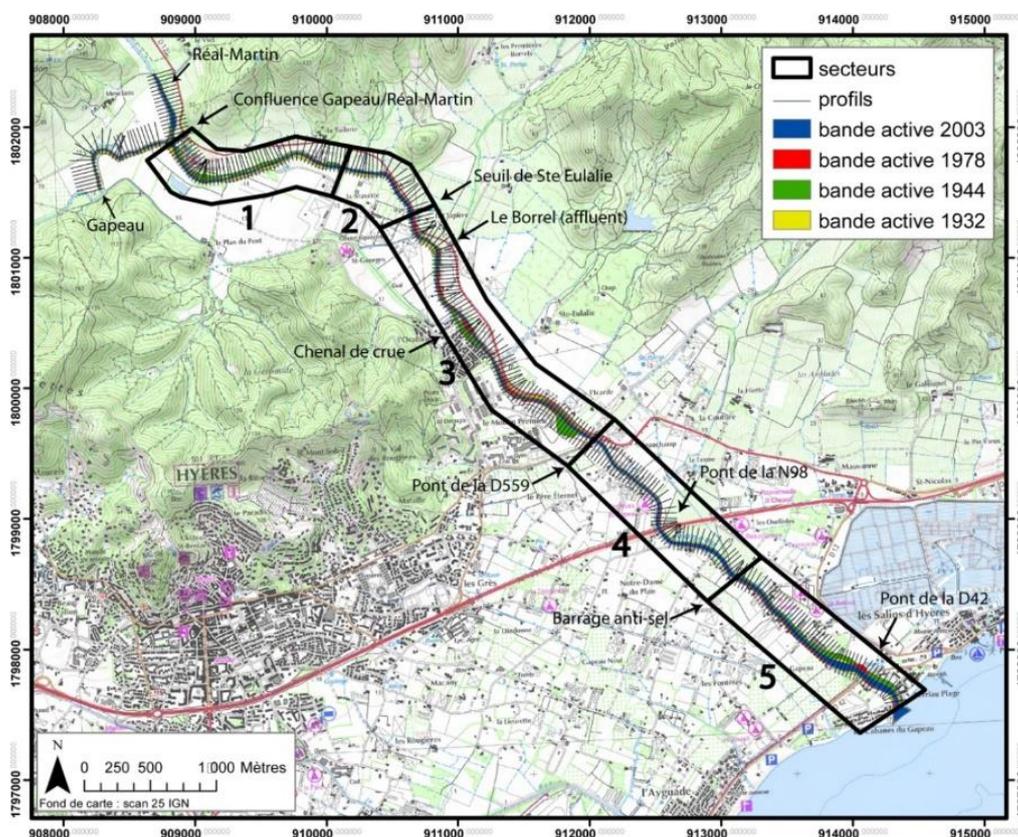


Figure 70 - Localisation des transects utilisés pour estimer l'évolution de la largeur de la bande active du Gapeau aval entre 1932 et 2003 (Capanni, 2011)

### Les raisons de la variation des flux sédimentaires

Pour déterminer les raisons de la variation des flux sédimentaires, Romain Capanni a étudié l'évolution de changement d'occupation du sol et les changements hydrologiques. En s'appuyant sur la littérature scientifique, il émet l'hypothèse que c'est l'accroissement du couvert forestier qui joue un rôle dans la réduction des apports sédimentaires au Gapeau, ce qui explique la relative stabilité de la bande active sur la période étudiée.

### L'estimation du transport solide

Dans son travail de thèse, Romain Capanni s'est également intéressé à estimer le transport solide du Gapeau. Ce dernier a été appréhendé par la distinction de deux grandes fractions granulométriques, à

savoir les galets d'une part et les sables et graviers d'autre part. Cette différenciation trouve son explication par le fait que leur étude demande la mise en place d'approches méthodologiques différentes.

La première méthode consiste en un suivi post-crue pour évaluer le transport des sédiments les plus grossiers. Pour cela, il a réalisé un suivi géométrique de la section en travers afin de mesurer les érosions et les dépôts de sédiments, et il a évalué des distances moyennes de transport. Deux méthodes ont alors été déployées : l'utilisation de particules peintes d'une part et la mise en place de traceurs sédimentaires (particules équipées de transpondeurs RFID passifs) dans un second temps. 60 particules ont ainsi été équipées pour chacun des 4 sites d'injection et des chaînes d'érosion ont été installées.

La seconde méthode vise à piéger des éléments fins avant que le seuil de mise en mouvement des éléments grossiers ne soit atteint. Pour cela, il a utilisé un piège Helley-Smith. Le dispositif est composé d'une boîte métallique carrée (90 × 90 mm), par laquelle se fait l'entrée des sédiments, qui s'évase vers l'arrière. Les sédiments piégés sont ensuite retenus dans un filet à maille de 63 µm. Cette maille correspond à la limite inférieure des sables, ce qui signifie que les limons et les argiles ne sont pas prélevés et que les sables et les particules plus grossières le sont.

Ces mesures ont été complétées par un suivi bathymétrique en amont du seuil de Sainte-Eulalie dont le remous hydraulique entraîne des dépôts sédimentaires.

### L'estimation de la capacité de transport solide

La capacité de transport d'un cours d'eau détermine la masse maximum de sédiment par volume d'eau que celui-ci peut faire transiter vers l'aval dans un tronçon homogène en équilibre dynamique à un débit donné. Son estimation a été faite par Romain Capanni à partir de 3 équations différentes, celles de Meyer Peter Müller (MPM), Einstein et Schoklitsch.

### 7.2.2.3 Recensement de données géographiques

#### Données hydrologiques : débits de références et débits morphogènes

De nombreuses études hydrauliques ont été réalisées sur le bassin versant du Gapeau afin d'évaluer l'aléa inondation. Ces dernières reposent sur des analyses hydrologiques (pluviométrie, temps de transferts, débits résultants, etc...), généralement pour des épisodes peu fréquents. L'étude SCP de 2006 synthétise les débits de références pour des épisodes peu fréquents à rares retenus par les études précédentes.

Sainte Eulalie	Q10 (m3/s)	Q30 (m3/s)	Q100 (m3/s)
Etude SCP-'99	270	-	600
Etude SCP-'74	300	-	500 (extrapolé)
Etude CEDRAT-2000	320	420	-
Etude HGM-'96	260	-	420 (extrapolé)
Etude HGM-'99	-	400	-
Etude SOGREAH-'70	300	-	600

Tableau 36 - Synthèse des débits de référence Q10, Q30 et Q100 à Sainte Eulalie (SCP, 2006)

Pour ce qui concerne l'hydromorphologie fluviale, les débits plus fréquents sont aussi très importants. En effet, il est usuellement considéré que la morphologie d'un cours d'eau est liée à des épisodes fréquents (crue morphogène). D'un point de vue théorique, la valeur de Q1,5 ou Q2 est prise comme référence pour la crue morphogène (en l'absence de modification anthropique de la section en travers).

Ainsi, Romain Capanni a calculé que le débit morphogène du Gapeau aval était de 51 m<sup>3</sup>/s en utilisant la loi de Gumbel. Il a ensuite recensé le nombre de jours/an avec des débits supérieurs au débit morphogène (Q1,5, Bravard et Petit, 2000) de 1961 à 2006 à partir des données de la Banque Hydro. Il en ressort que les débits morphogènes ont une occurrence cyclique avec des épisodes de forte activité hydrologique entre 1970 et 1980 et entre 1990 et 2000. Au début des années 2000, d'autres débits morphogènes ont été recensés. Le Gapeau connaît donc toujours des débits morphogènes.

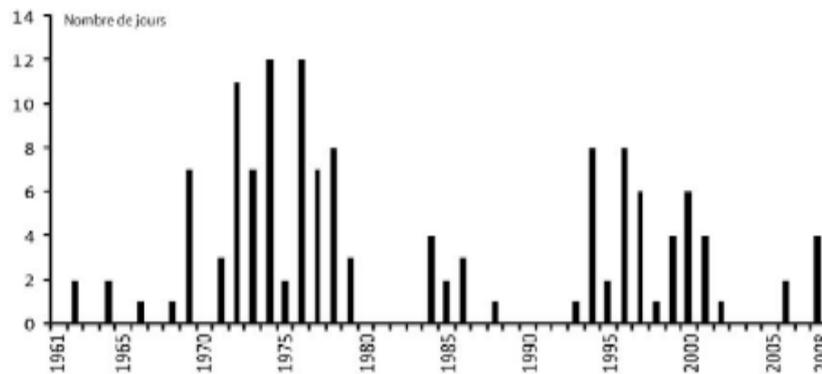


Figure 71 - Nombre de jours/an avec des débits supérieurs au débit morphogène (Q1,5 ; Bravard et Petit, 2000) de 1961 à 2006 à la station de Sainte Eulalie (source : Banque Hydro, Capanni, 2011)

Afin de vérifier ces mesures théoriques, Romain Capanni a fait des mesures expérimentales en équipant des galets de PIT tags. Le suivi de ces particules après des épisodes de crues a permis d'évaluer des seuils de débits de mise en mouvement et donc des débits morphogènes empiriques pour le Gapeau aval et le Réal Martin aval. La carte ci-dessous localise les 4 sites qui ont été équipés et qui ont fait l'objet de suivis et le tableau synthétise les débits de mise en mouvement.

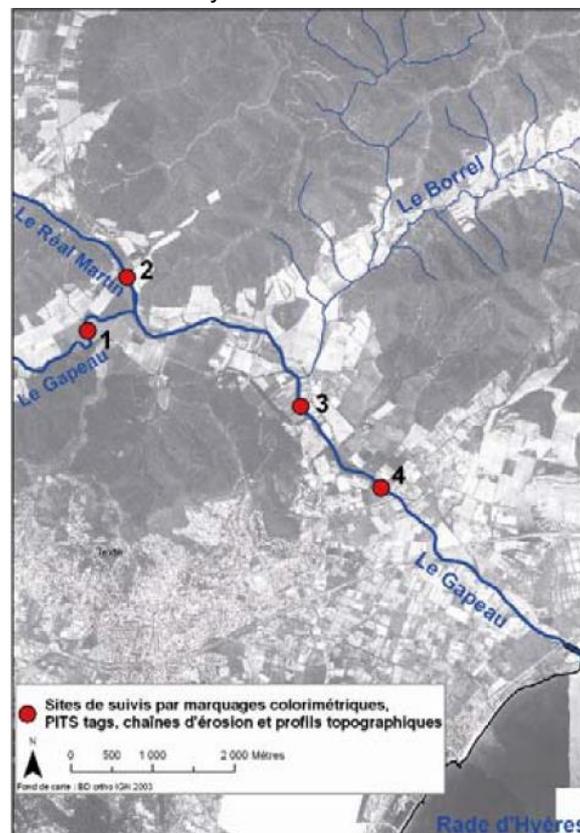


Figure 72 - Carte de localisation des sites de suivi (Capanni, 2011)

Site	1	2	3	4
Débit de mise en mouvement (m3/s)	22	45	42	42

Tableau 37 - Débits de mise en mouvement des particules, par site, mesurés de manière empirique (Capanni, 2011)

**Données SYRAH**

La base de données SYRAH recense les altérations physiques des cours d'eau qui sont susceptibles d'impacter leur qualité biologique et d'entraver l'atteinte de leur bon état, fixé par la DCE. Un travail préliminaire à la définition du risque d'altération physique a consisté à définir, sur l'ensemble du territoire métropolitain, des Tronçons Géomorphologiques Homogènes (TGH). La sectorisation des TGH repose sur 7 variables :

- La pente du lit ;
- La surface du bassin versant ;
- La largeur du fond de vallée ;
- Le débit spécifique (pour Q0,99) ;
- La pente de la vallée ;
- La largeur plein bord ;
- Le rapport d'encaissement.

Les variables critiques qui permettent d'identifier les TGH sur le bassin versant du Gapeau sont principalement la pente du lit, la largeur du fond de vallée, la largeur plein bord, le rapport d'encaissement et le débit spécifique. Notons que cette sectorisation ne s'appuie pas sur la géologie du bassin versant. Sur le bassin versant du Gapeau, 35 TGH sont définis.

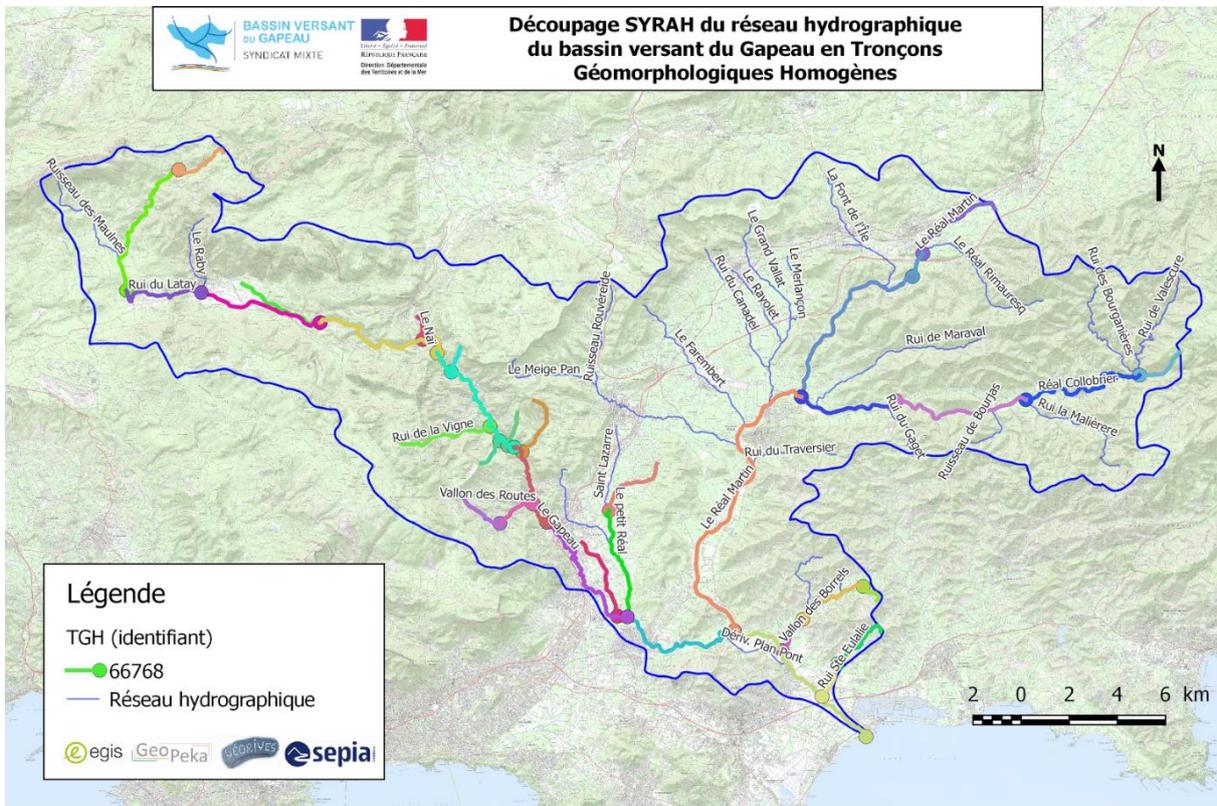


Figure 73 – Cartographie du découpage SYRAH du réseau hydrographique du bassin versant du Gapeau en Tronçons Géomorphologiques Homogènes (TGH)

Cette sectorisation des cours d'eau en Tronçons Géomorphologiques Homogènes n'a pas été réalisée sur plusieurs cours d'eau, notamment les affluents de rive droite du Réal Martin tels que le Farembert, le Meige Pan, le Ruisseau du Canadel, le Rayolet et le Grand Vallat.

### Données de l'étude Lindenia

Cette étude que nous avons déjà décrite ci-dessus, est accompagnée de plusieurs couches utilisables d'un Système d'Informations Géographiques (couches SIG). Les données qui nous intéresseront plus particulièrement dans le cadre de notre étude seront :

- le relevé des secteurs érodés ;
- le relevé des atterrissements ;
- le relevé des protections de berges ;
- les relevés des digues et merlons ;
- les relevés recensant les ouvrages (seuils, barrages, ponts, buses, gués...) ;
- les relevés des embâcles ;
- les relevés des remblais ;
- les relevés concernant la ripisylve.

### Ouvrages longitudinaux

Le recensement et la cartographie de ce type d'ouvrage se base sur les données collectées dans le cadre de l'étude LINDENIA. Outre ces données, nous les compléterons si nécessaire avec le recensement des digues réalisé en 2015 pour la DDTM par le bureau d'étude SAFEGE (Recensement, identification, cartographie et classement des digues de protection contre les inondations dans le département du Var, SAFEGE, 2015), avec l'inventaire des ouvrages de protection des berges du Gapeau (SCP, 2012) et avec le recensement en cours mené par EGIS dans le cadre de l'étude SOCLE.

### Ouvrages contraignant la continuité sédimentaire (ouvrages transversaux)

Le Référentiel des Obstacles aux Ecoulements (ROE) est une base de données gérée par l'Agence Française de la Biodiversité (AFB) qui recense les ouvrages de types seuil, barrage et radier de pont qui sont présents sur le réseau hydrographique. Dans cette base de données plus ou moins exhaustive, sont compilées diverses informations dont : le type d'ouvrage, son nom, ses coordonnées, la présence ou l'absence de passe à poissons, son usage, sa hauteur de chute...

Ces ouvrages sont nombreux sur le bassin versant du Gapeau. Le ROE en dénombre 93. Un tiers d'entre eux se trouve sur le Gapeau en amont de Solliès-Pont. Le Réal Martin compte également de nombreux seuils sur son linéaire puisque 10 ouvrages sont répertoriés entre Pierrefeu et la confluence avec le Gapeau et 17 en amont de Pierrefeu. Sur le bassin versant du Réal Collobrier, 11 ouvrages sont répertoriés, mais tous se localisent sur ses affluents. Globalement, les affluents du Gapeau et du Réal Martin (hormis le Réal Collobrier) ont très peu d'ouvrages recensés dans le ROE.

Cette base de données sera notre point de départ pour notre analyse de la continuité sédimentaire. Cependant elle n'est pas exhaustive. Elle sera alors complétée par l'étude Lindenia qui référence les barrages et les seuils, et dont la couche SIG est disponible.

Nous nous appuierons également sur les recensements locaux d'ouvrages réalisés pour l'étude hydraulique SCP de 2012. Les profils des Grandes Forces Hydrauliques nous permettront d'appréhender l'ancienneté de ces ouvrages.

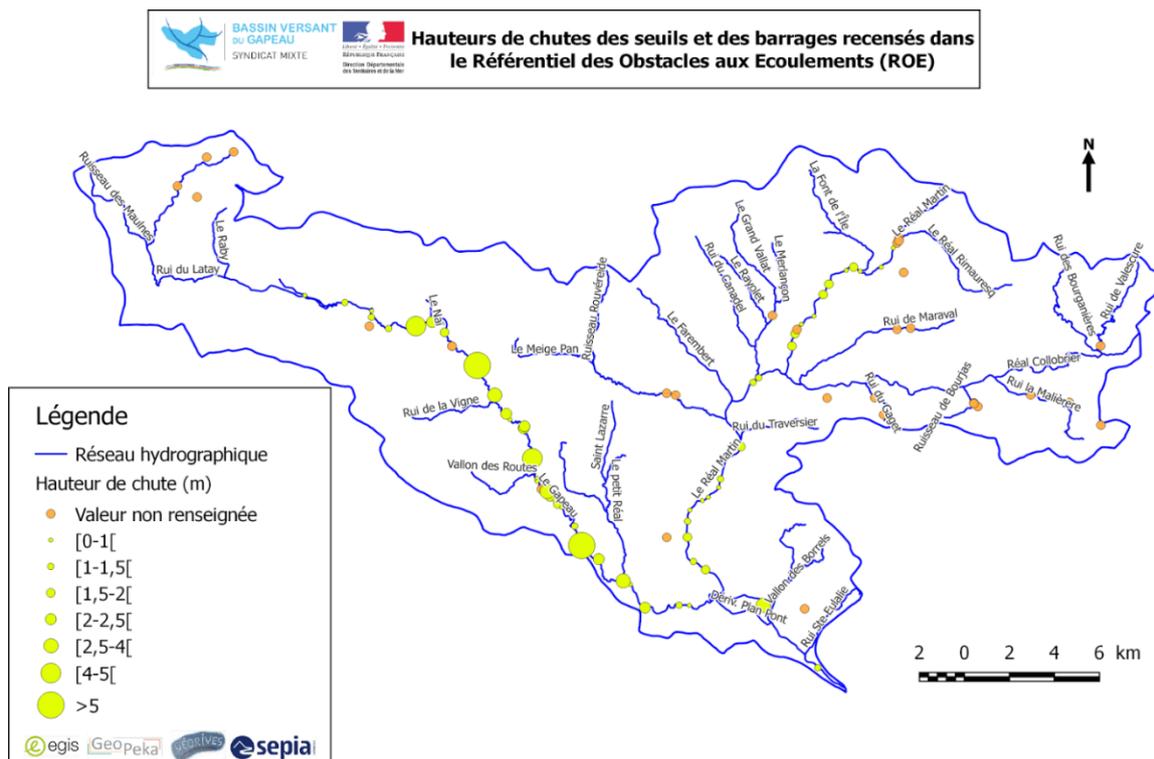


Figure 74 - Cartographie des hauteurs de chutes des seuils et des barrages recensés dans le Référentiel des Obstacles aux Ecoulements (ROE)

### Données topographiques

Concernant les données topographiques, nous utiliserons les deux LIDAR qui ont été faits en 2014 après la crue de janvier et en 2016. Ils nous permettront notamment de dresser les profils en long des différents cours d'eau. Nous exploiterons également le profil dressé par les Grandes Forces Hydrauliques en 1954.

### Occupation du sol

Afin de caractériser l'occupation du sol du bassin versant du Gapeau et son évolution nous utiliserons les données Corine Land Cover, ainsi que la base de données sur les forêts de Cassini (Valauri et al. 2012).

## 7.3 Pré-diagnostic hydromorphologique du bassin versant

### 7.3.1 Structure du fonctionnement hydromorphologique

Les formes d'un cours d'eau sont la conséquence de processus qui les façonnent et ces processus sont eux-mêmes conditionnés à la fois par ces formes par des effets de rétroactions, mais aussi d'autres variables extérieures qui évoluent selon des échelles spatio-temporelles beaucoup plus larges. Ces variables extérieures sont donc à court-terme, à l'échelle de la gestion des cours d'eau (10/20 ans), des éléments invariants de contexte qui agissent comme la structure du fonctionnement hydromorphologique.

La balance de Lane est un schéma explicatif simplifié du fonctionnement morphologique des cours d'eau. Les dynamiques sont résumées par une situation d'érosion ou de dépôt, elles-mêmes déterminées par les poids respectifs de deux flux : les flux liquides d'une part et les flux solides de l'autre. Ce schéma présuppose donc que les dynamiques hydromorphologiques sont la résultante de la combinaison de ces deux flux. Cette vision n'est que partiellement vraie puisque le "contenant" (forme et nature de l'encaissant) de ces flux joue aussi un rôle important. Ainsi les éléments qui

déterminent ces flux et leur contenant sont les structures du fonctionnement hydromorphologique, également nommées “variables de contrôle”. Leur étude permet donc de contextualiser et mettre en perspective le fonctionnement hydro-sédimentaire des cours d’eau.

### **7.3.1.1 Contexte orographique et géologique**

La figure en page suivante présente la cartographie de localisation des profils en travers réalisés à partir du MNT et utilisés pour l’analyse des paragraphes suivants.

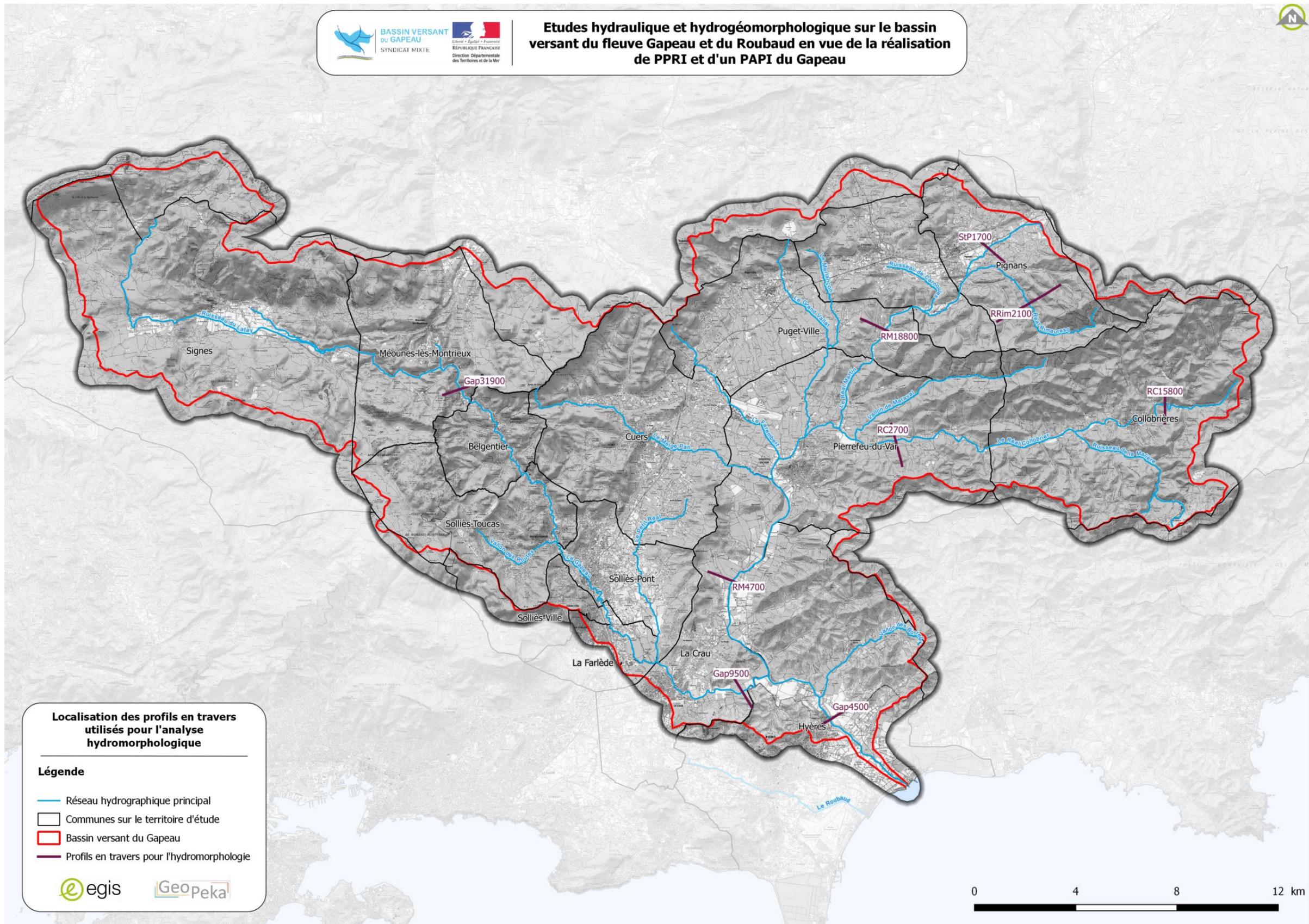


Figure 75 - Cartographie de localisation des profils en travers réalisés sur le MNT et utilisés pour l'analyse hydromorphologique



Ce relief détermine des formes de fond de vallée diversifiées, étudiées sous SIG à partir du Modèle Numérique de Terrain. Les transects réalisés sont nommés par le toponyme le plus proche tiré soit de la carte IGN, soit du ROE, et des premières lettres du cours d'eau ou de ses initiales. Le nombre qui suit fait référence au Pkm (Point kilométrique en mètres) où le profil a été tracé.

Sur le Gapeau amont, le relief est encaissé (hormis le Latay qui traverse la petite plaine de Signes). Cet encaissement est visible sur le transect Gap31900 qui se trouve à Méounes-lès-Montrieux à hauteur du lieu-dit « Gavaudan ». Dans sa partie aval, il rejoint la plaine à Solliès-Pont, puis il contourne la montagne des Maurettes avant sa confluence avec le Réal Martin. Le transect Gap9500 montre la petite plaine traversée par le Gapeau en aval du château « la Roquette » à La Crau. Il s'écoule ensuite dans la plaine terminale, encadrée par les Maurettes à l'ouest et le Chapeau de Gendarme à l'est. Cette plaine terminale est caractérisée par le transect Gap4500 qui a été fait en amont direct de la base militaire à Hyères au niveau du chemin du Moulin Premier.

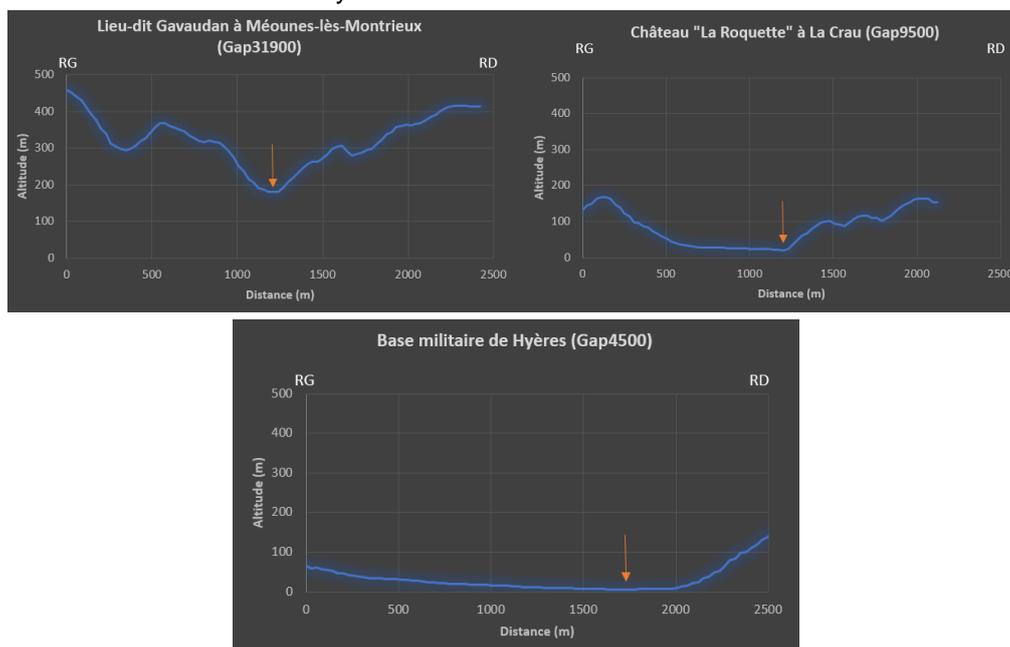


Figure 77 - Profils en travers réalisés sur le Gapeau à partir du MNT

Le Réal Martin prend naissance au niveau de la confluence entre le Saint-Pierre et le Réal Rimauresq. Le relief du Réal Rimauresq à Pignans est encaissé à l'ouest du lieu-dit « La Castagne » (RRim2100), tandis que le Saint Pierre se situe en plaine comme le montre le transect StP1700 réalisé en aval de la Zone Artisanale de la Lauve Migranon. Le Réal Martin s'écoule dans un espace partiellement confiné en amont de Pierrefeu-du-Var. Le transect RM18800 réalisé en amont du seuil de la Reque de la Lionne à Puget-Ville traduit cette situation. Il s'appuie tantôt sur le flanc de la vallée de rive droite, tantôt sur celui de rive gauche. Plus à l'aval, il rejoint la plaine (RM4700).

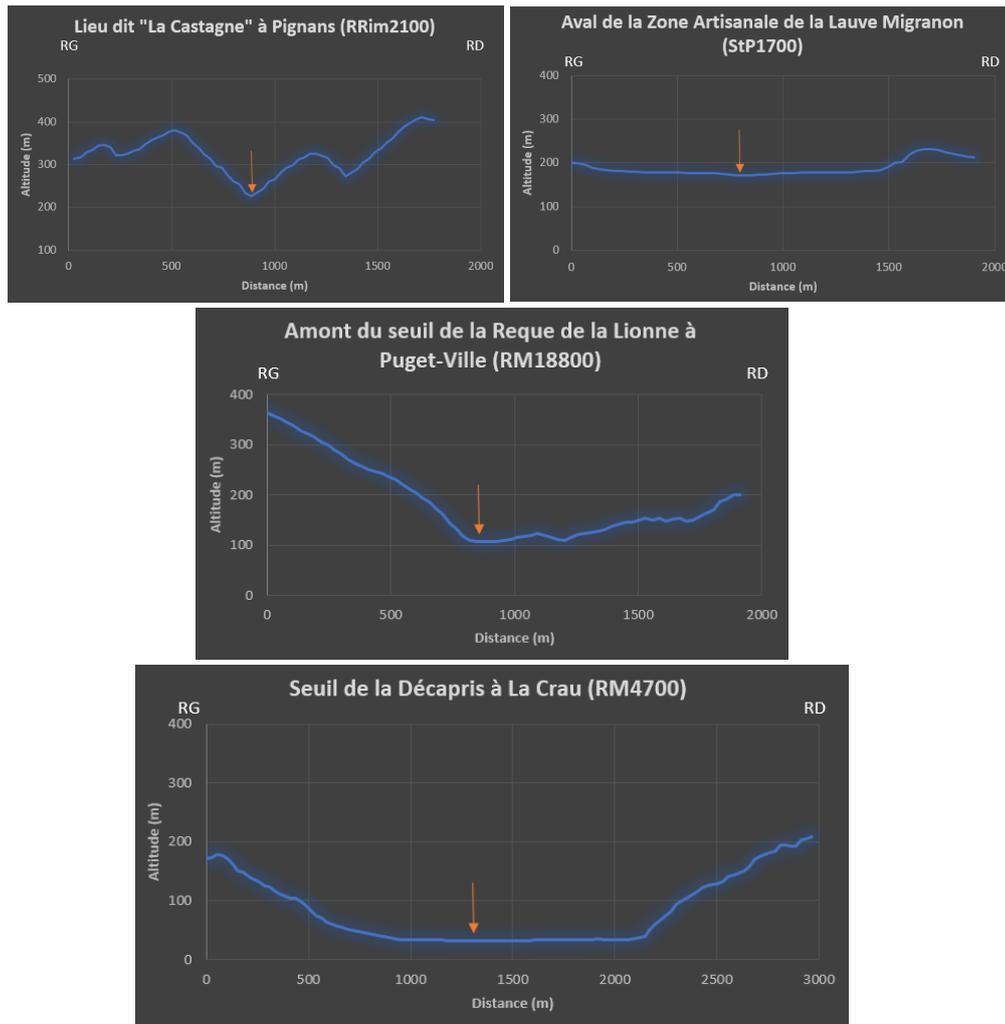


Figure 78 - Profils en travers réalisés sur le Réal Martin, le Réal Rimauresq et le Saint Pierre

La longueur du Réal Collobrier et la superficie de son bassin versant nous ont amené à caractériser la morphologie de son fond de vallée. Le cours d'eau est encaissé dans sa partie amont, comme l'indique le transect RC15800, tandis que dans sa partie aval, il s'écoule dans une plaine (RC2700) dans laquelle les contraintes exercées par le fond de vallée sont beaucoup moins fortes.

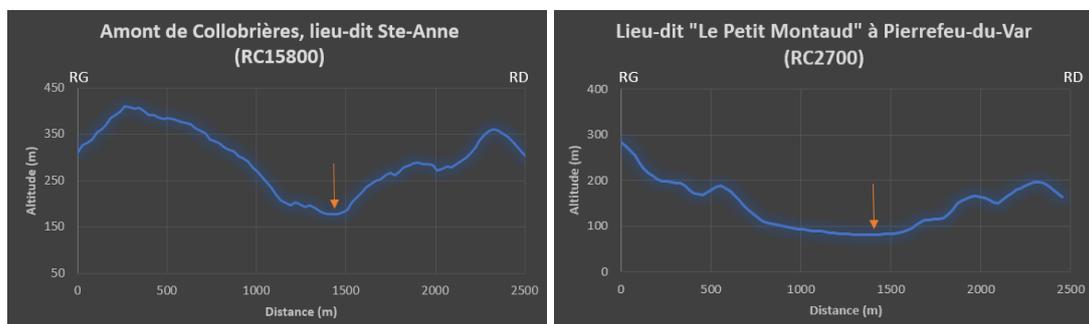


Figure 79 - Profils en travers réalisés sur le Réal Collobrier

Enfin, le transect ci-dessous qui va du lieu-dit "Pontevèse" à "la Tuilerie", à Puget-Ville (*Canadel2600-Rayolet1700-Grand Vallat800-Merlançon5300*) a été réalisé pour montrer la proximité des affluents de plaine de rive droite du Réal Martin ainsi que leur encaissement dans la plaine.

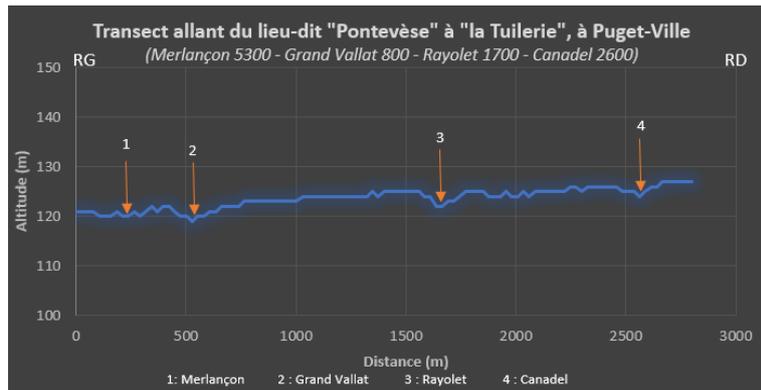


Figure 80 - Profils en travers réalisés sur les affluents du Réal Martin de la plaine de Cuers

### 3 ensembles géologiques : les Maures, la Ste Baume et les Morières, et la dépression permienne

Ces reliefs trouvent leur origine dans une géologie contrastée. A l'Est, le massif des Maures est métamorphique. Il date de l'ère Primaire (540-250 millions d'années). A l'ouest, ceux de la Ste Baume et des Morières sont des reliefs calcaires datant du Jurassique (200-145 millions d'années). La partie centrale et aval du bassin versant correspond à une dépression permienne. Elle est datée du Permien supérieur (258-250 millions d'années). Elle s'est remplie de matériaux détritiques en 3 phases :

- 1 : l'érosion du massif des Maures et l'export des matériaux détritiques jusqu'à la dépression permienne.
- 2 : le remplissage par des sédiments issus des deux massifs (Maures et Ste Baume).
- 3 : les glaciations du Riss (-325 000 à -130 000 ans), puis celle du Würm (-125 000 à -11 500) ont érodé les deux massifs remplissant ainsi la dépression permienne de sédiments hétérométriques qui apparaissent en Fx et Fy sur la carte géologique.

Au cours de l'Holocène (10 000 dernières années), la dépression permienne s'est ensuite remplie d'alluvions (Fz).

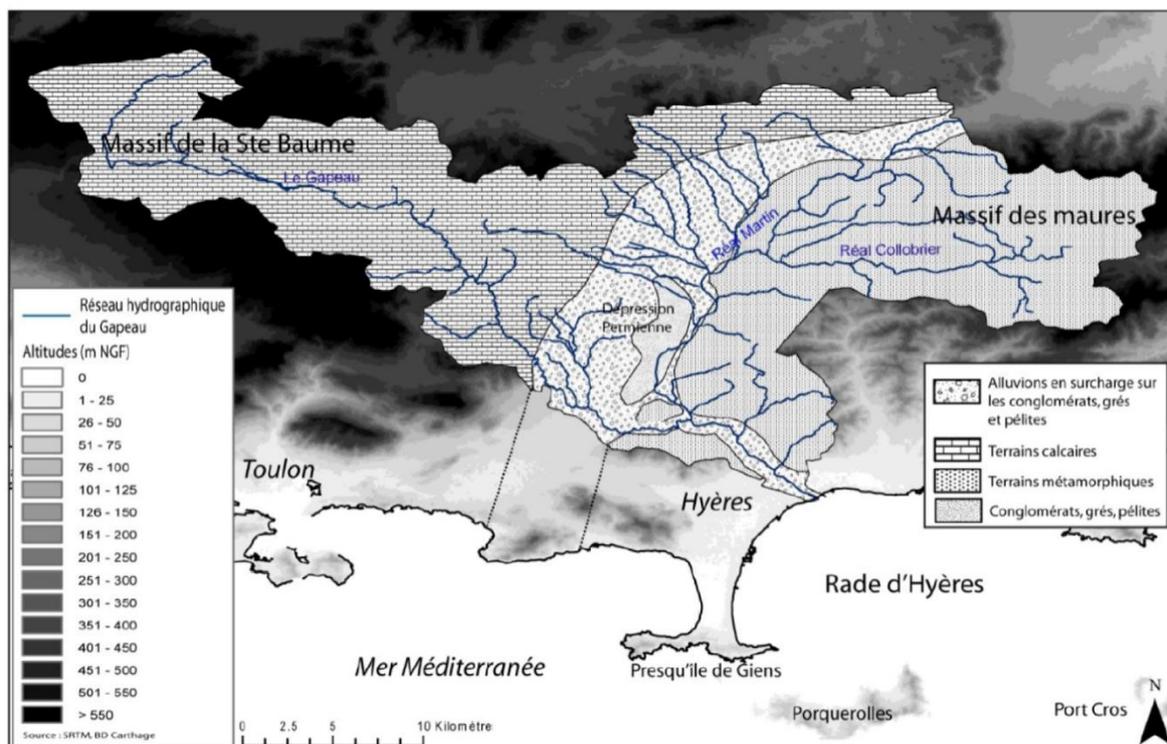


Figure 81 - Carte géologique du bassin versant simplifiée (Capanni, 2011)

Cette organisation géologique, à savoir ce contact entre la Provence calcaire et la Provence cristalline, matérialisée par la dépression périphérique des Maures, joue un rôle déterminant dans l'organisation du réseau hydrographique où l'axe d'écoulement principal suit cette dépression. De plus, l'opposition calcaire/cristallin conditionne en bonne partie les flux hydriques et solides. Les conséquences de ces différences géologiques sont présentées ci-dessous.

### 7.3.1.2 La compétence des cours d'eau : estimations des débits liquides et calcul des valeurs de pentes

Les débits liquides sont le principal moteur des dynamiques morphologiques. En effet **la force mécanique des eaux est le principal agent du transport solide**. La force d'un cours d'eau, nommée également « compétence », dépend de deux facteurs clés : la quantité d'eau et sa puissance. Ces deux paramètres seront respectivement appréciés au travers de deux variables indirectes : les superficies cumulées des aires de drainage et la pente des cours d'eau.

#### Superficies cumulées des aires de drainage

Afin de s'affranchir des lacunes de données liées au nombre limité de stations hydrologiques, nous avons considéré d'amont en aval l'évolution des superficies cumulées de bassin versant. Pour cela nous avons réalisé un découpage en sous bassins versants à partir de la carte topographique IGN au 1/25000°. Nous avons ainsi utilisé le réseau hydrographique, les lignes de crête, le réseau hydrographique secondaire composé des fossés et également, de manière ponctuelle, les grands axes routiers. En revanche, ce découpage ne tient pas compte de la géologie et des écoulements de subsurface.

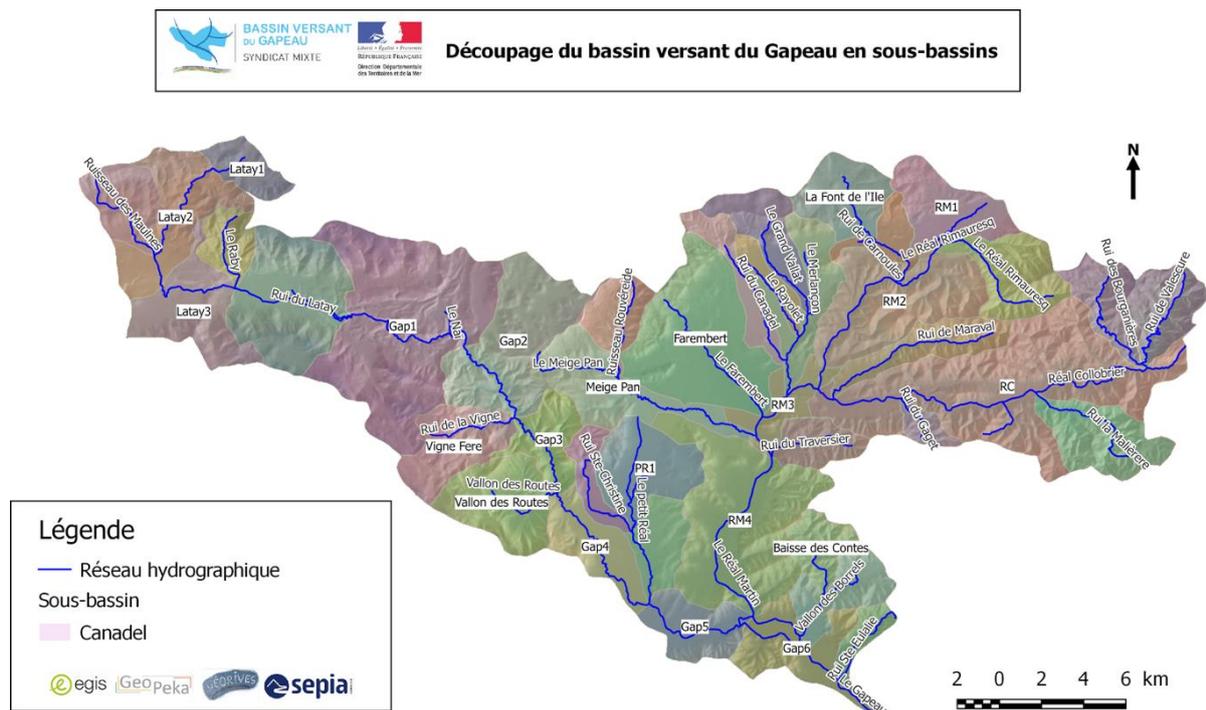


Figure 82 - Cartographie du découpage en bassin versant du Gapeau en sous bassins

Les histogrammes de l'évolution amont-aval de la superficie des bassins versants du Gapeau et du Réal Martin ont été réalisés en cumulant d'amont en aval la superficie des sous-bassins versants respectivement du Gapeau et du Réal Martin.

L'histogramme de l'évolution amont-aval de la superficie du bassin versant du Gapeau montre une structure majeure, à savoir qu'il y a une nette rupture au Pk 7,8 qui correspond à la confluence avec le Réal Martin et donc à l'ajout de son bassin versant. Cette confluence double alors la superficie du bassin du Gapeau. D'autres ruptures secondaires sont remarquables :

- (1) entre le sous bassin L4 (Latay4) et le Gap1 (Gapeau1),
- (2) ainsi qu'entre Gap1 et Gap2,
- (3) et entre Gap4 et SteC-PR1-PR2 (Ruisseau Sainte-Christine, Petit Réal1 et Petit Réal2).

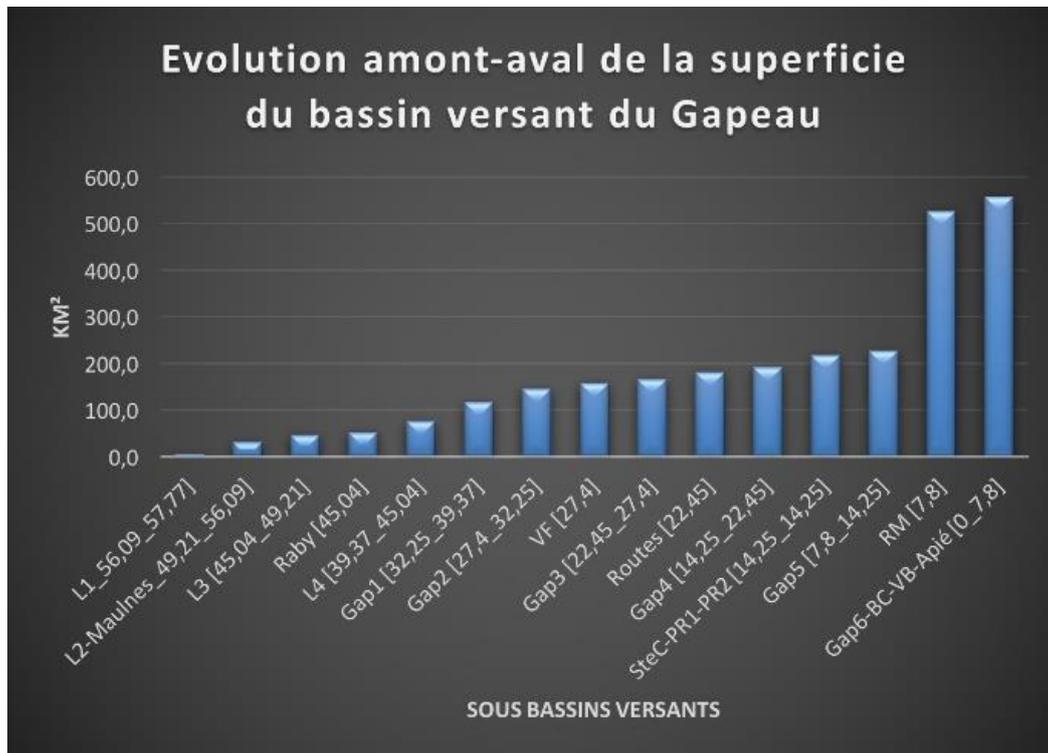


Figure 83 - Histogramme de l'évolution amont-aval de la superficie du bassin versant du Gapeau

La rupture secondaire (1) montre qu'il y a une augmentation assez importante de la taille du bassin versant lorsqu'on intègre le sous-bassin du Gapeau amont (Gap1) à celui du Latay. Ces surfaces de sous-bassins cumulées donnent une idée relative des apports en fonction du point du réseau hydrographique considéré.

La rupture secondaire (2) survient par intégration du sous-bassin Gap2 aux sous-bassins cumulés amont. Cela s'explique par le fait qu'en à peine 5 km de linéaire, le bassin versant s'agrandit de manière notable.

La rupture secondaire (3) s'explique par l'ajout du sous-bassin qui est constitué du Petit Réal et du ruisseau Sainte Christine. Le linéaire de ces cours d'eau et donc la taille de leurs bassins versants engendrent un apport significatif de surface à celui du Gapeau.

L'histogramme de l'évolution amont-aval de la superficie du bassin versant du Réal Martin montre une rupture majeure au Pk 14,1, qui se matérialise par la confluence avec le Réal Collobrier, principal affluent du Réal Martin. Suite à cette confluence, la superficie cumulée de bassin versant progresse de manière continue et rapide jusqu'au Pk 10 en raison des "apports" du groupe d'affluents de rive droite : le Merlançon, le Farembert et le Meige Pan.

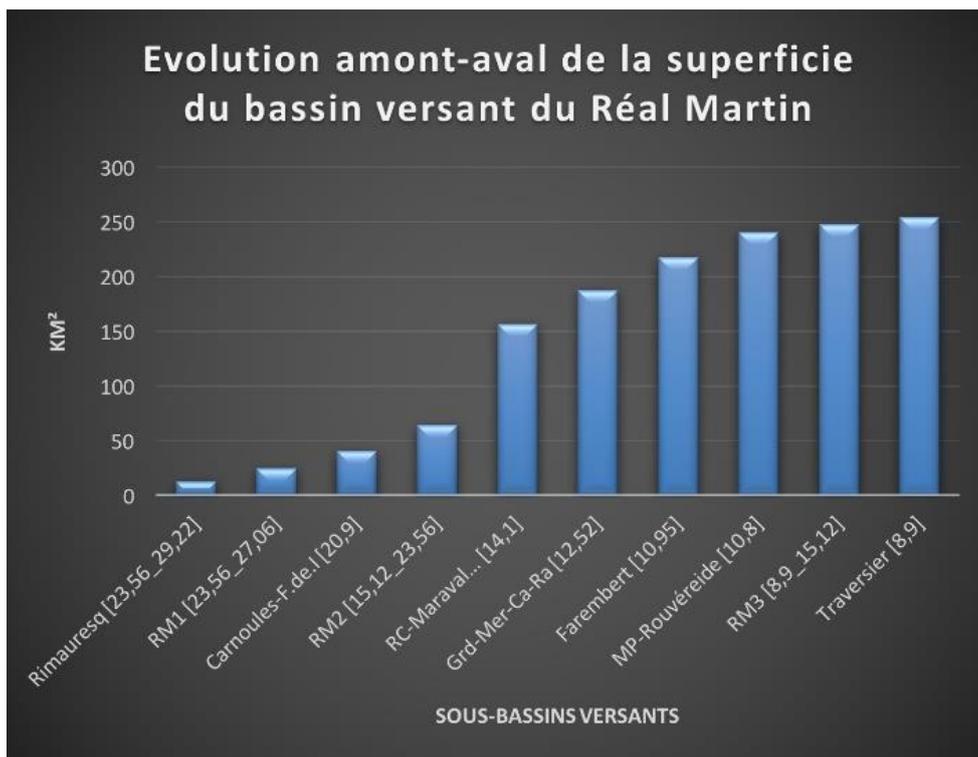


Figure 84 - Histogramme de l'évolution amont-aval de la superficie du bassin versant du Réal Martin

L'influence de la géologie sur les écoulements est importante sur le bassin versant du Gapeau dans son ensemble. En effet, à surface égale, le Réal Martin qui a une géologie globalement plus imperméable produit plus que le Gapeau qui est soumis à l'effet tampon du karst. Les débits spécifiques ci-dessous, tirés de l'étude SCP de 2006 (Etude de cohérence hydraulique du Gapeau), montrent ce phénomène à travers des écoulements spécifiques plus faibles pour le Gapeau que pour le Réal Martin.

Bassin versant	Q10 (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	Q30 (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	Q100 (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
Le Gapeau à Solliès-Pont	0.53	0.72	1.18
Le Réal-Martin à Décapris	0.61	0.81	1.37

Tableau 38 - Ecoulements spécifiques du Gapeau et du Réal Martin

### De nombreux cours d'eau à forte pente

Les profils en long des cours d'eau ont été levés sous SIG à partir du LIDAR de 2016. La figure ci-dessous présente les profils en long du Gapeau, prolongé par celui du Latay, du Réal Martin, prolongé par celui du Réal Rimauresq et du Réal Collobrier.

On peut constater que le Réal Martin et le Réal Collobrier ont des profils concaves. Celui du Réal Collobrier est plus marqué et son segment amont est particulièrement raide et court. Le Gapeau présente un profil moins concave. Son prolongement par le profil du Latay est caractérisé par une succession de marches.

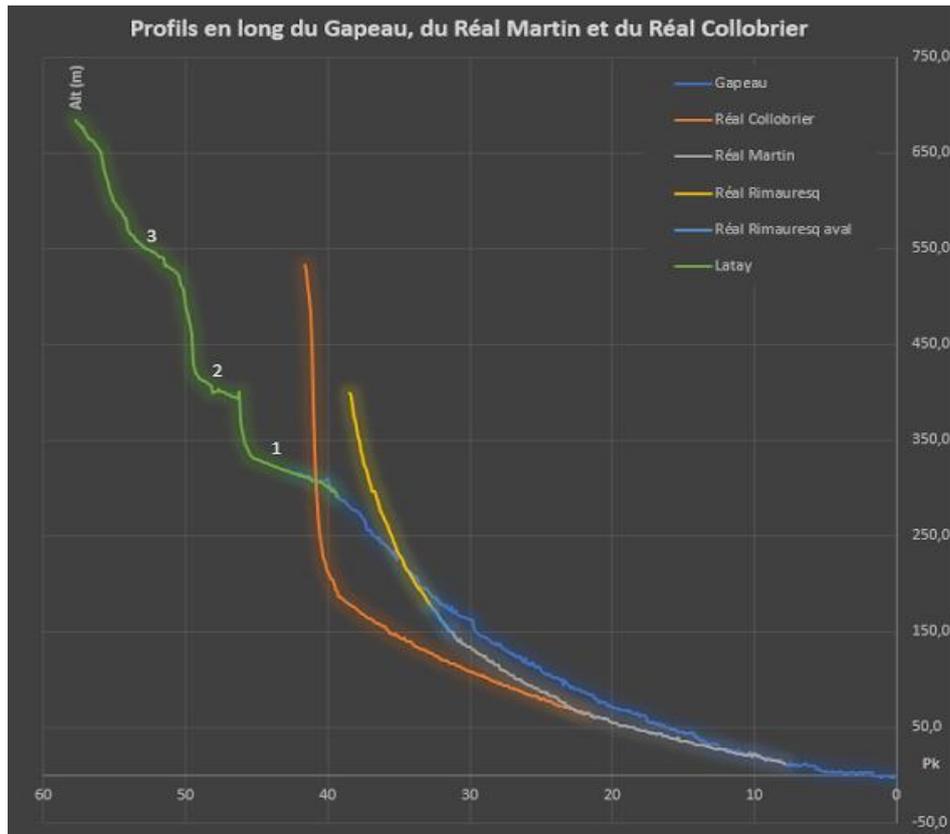


Figure 85 - Profils en long du Gapeau, du Réal Martin et du Réal Collobrier

**Le Gapeau et ses affluents : des profils en long témoins d'un relief accidenté**

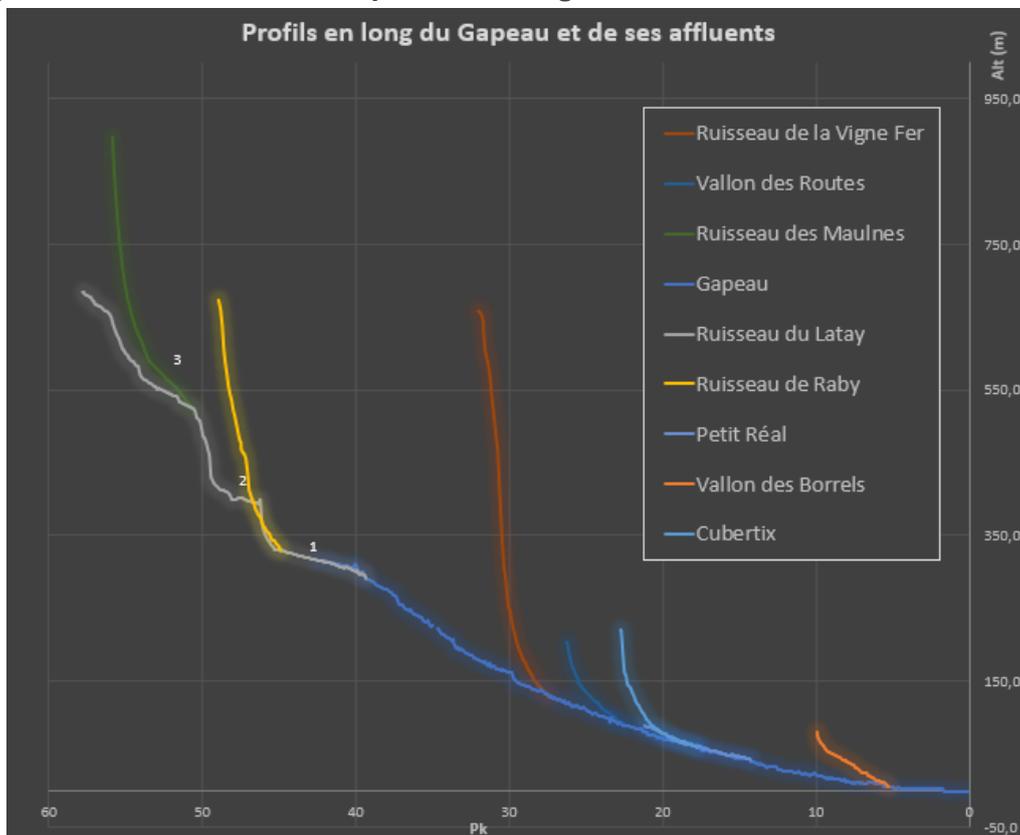


Figure 86 - Profils en long du Gapeau et de ses affluents

Les profils en long des affluents du Gapeau ont des pentes fortes et sont assez courts. Le Latay et le ruisseau des Maulnes constituent la tête de bassin du Gapeau. Le premier de ces deux cours d'eau présente un profil en escaliers à 3 marches (numérotées d'aval en amont sur le graphique 1 – 2 – 3), alternant des pentes très raides, caractérisées par des gorges, et des pentes plus douces terminées par des verrous. Les valeurs des pentes sont synthétisées dans le tableau ci-dessous, ainsi que les unités morphologiques auxquelles elles appartiennent

Cours d'eau	Pk cum.	Pente (%)	Unité morphologique
Latay av	39,37 - 45,47	0,7	Plaine de Signes
Latay	45,47 - 46,27	8,3	Gorges
Latay	46,27 - 49,27	0,7	Plaine de Chibron
Latay	49,27 - 50,57	8	Gorges
Latay	50,57 - 53,87	1,2	Vallée du Château Roux au Pont du Diable
Latay am	53,87 - 57,77	3	Tête de bassin

**Tableau 39 - Tronçons de pente homogène sur le Latay**

*Les Pk cumulés ou Pk cum. font références aux Points kilométriques depuis l'embouchure du Gapeau.*

Les profils des ruisseaux du Raby, de la Vigne Fer et des Maulnes sont similaires. Leurs segments amont présentent des pentes moyennes respectives de 12 %, 12,5 % et de 18 % et leur segment aval présente une pente de 3,5 %, 2,3 % et 3,5 %. Les profils des ruisseaux du Vallon des Routes et du Petit Réal-Cubertix ont quant à eux un segment aval plus long et avec une pente plus douce caractérisant des profils de type concave (Vallon des Routes amont : 12 % ; aval : 2,4 % ; Cubertix : 6,4 % ; Petit-Réal : 0,7 %). Le Vallon des Borrels a un type de profil singulier puisqu'il ne présente ni un profil concave, ni un profil raide. Son profil est plutôt de type linéaire avec une pente de 4,1 % sur un court tronçon amont et une pente du long tronçon aval de 1,2 %.

Cours d'eau	Pk cum. Tronçon av.	Pente (%)	Pk cum. Tronçon am.	Pente (%)
Raby	44,93 - 46,43	3,5	46,43 - 48,93	12
Vigne Fer	27,44 - 29,54	3,5	29,54 - 32	18,3
Maulnes	50,63 - 53,53	2,3	53,53 - 55,86	12,5
Vallon des Routes	22,44 - 25,84	2,4	25,84 - 26,26	10,5
Petit Réal-Cubertix	14,25 - 17,78	0,5	17,78 - 22,68	6,4
Vallon des Borrels	5,3 - 9,4	1,2	9,4 - 9,98	4,1

**Tableau 40 - Tronçons de pente homogène sur les affluents du Gapeau**

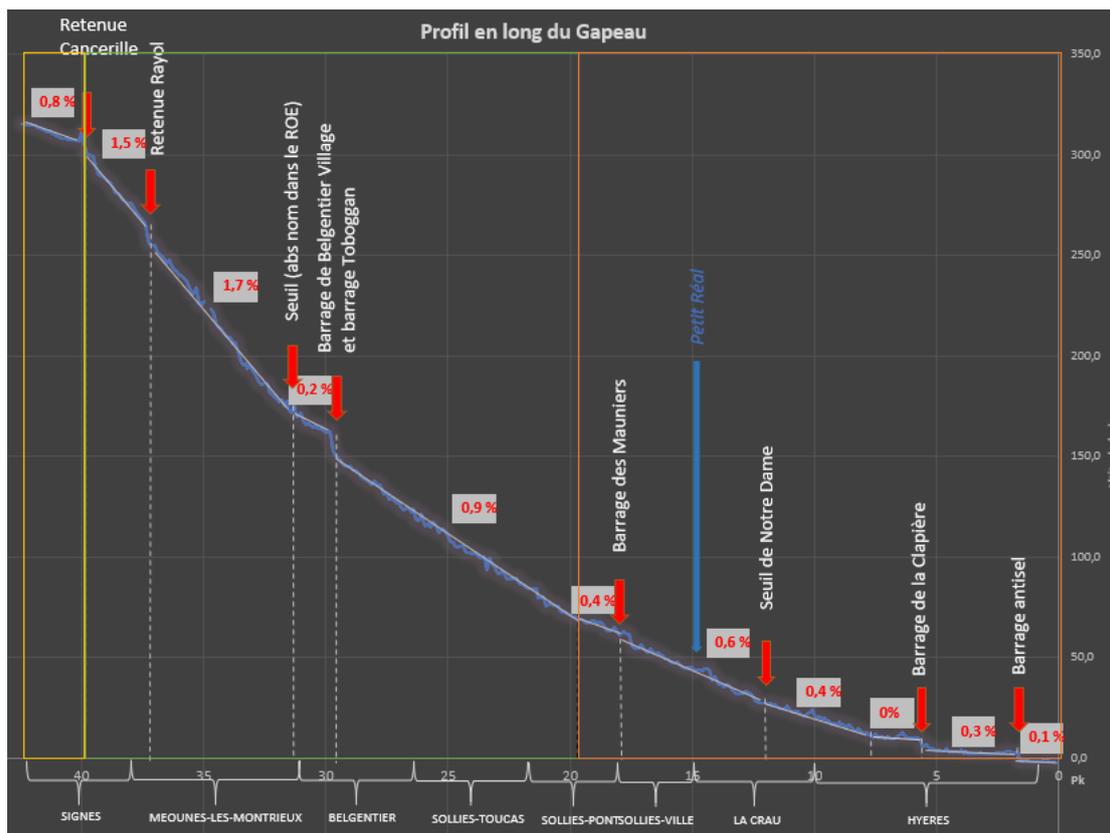


Figure 87 - Profil en long du Gapeau et tronçons de pente homogène

Une analyse plus détaillée du profil du Gapeau montre une organisation en trois secteurs :

- Le Gapeau aval (cadre orange), du Pk 0 au Pk 19,6, est composé de 6 sous-tronçons qui ont des pentes moyennes faibles comprises entre 0 et 0,6 %.
- Le Gapeau médian (cadre vert), du Pk 19,6 au Pk 38,8, qui correspond au Gapeau qui s'écoule dans les gorges du massif de la Sainte-Baume, est composé de 4 sous-tronçons dont la pente est globalement forte (>1%).
- Le Gapeau amont (cadre jaune), du Pk 38,8 au Pk 42,4, n'est composé que d'un seul « sous-tronçon ». Sa pente est de 0,8 %. Le Gapeau amont s'écoule dans la plaine de Signes jusqu'au début des gorges.

Pour l'ensemble de ces trois secteurs, les ruptures de pente les plus notables sont liées à des aménagements (seuils). Pour le Gapeau aval le profil en long est calé significativement, d'aval en amont, par le barrage anti-sel et le seuil de la Clapière (à Hyères) et le barrage des Mauniers (à Solliès-Ville). Pour le Gapeau moyen, le barrage de Belgentier a aussi un très fort impact sur le profil, réduisant la pente de ce dernier à 0,2 % sur près d'1,8 km.

### Le Réal Martin et ses affluents : des affluents plus longs aux profils moins raides

La figure ci-dessous présente les profils en long du Réal Martin et de ses affluents. Le profil en long du Réal Martin, prolongé par celui du Réal Rimauresq est de type concave. On peut voir que la transition entre l'amont du Réal Martin et l'aval du Réal Rimauresq est caractérisée par une petite rupture de pente, provoquée par la plaine de Pignans.

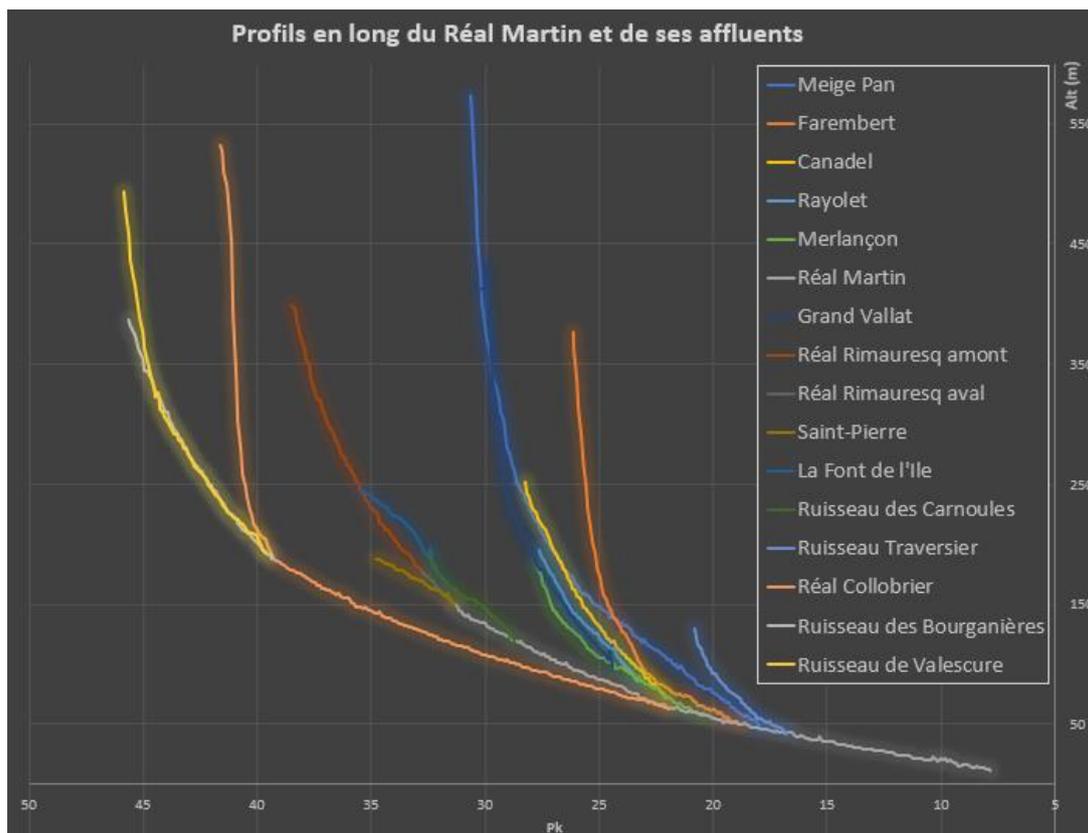


Figure 88 - Profils en long du Réal Martin et de ses affluents

On remarque également que le nombre d'affluents est plus important que pour le Gapeau et qu'ils confluent presque tous avec le Réal Martin dans un secteur assez restreint long de 4 km seulement (Pk cumulés 10 au Pk cumulés 14,1). Le Réal Collobrier est l'affluent le plus long du Réal Martin et présente la pente aval la plus douce (0,9 %). En rive droite, le Grand Vallat, le Canadel, le Rayolet, le Merlançon et le Farembert ont des profils assez semblables. Ils traversent les dépôts permien. Le Ruisseau du Traversier en rive gauche présente le même type de profil que les cours d'eau précédents. Les pentes des tronçons des cours d'eau sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Cours d'eau	Pk cum. Tronçon av.	Pk tronçon av.	Pente (%)	Pk cum. Tronçon méd.	Pk tronçon méd.	Pente (%)	Pk cum. Tronçon am.	Pk tronçon am.	Pente (%)
Grand Vallat	24,62 - 26,32	0 - 1,7	2,3	26,32 - 28,92	1,7 - 3,3	3,5	28,92 - 30,12	3,3 - 4,5	20,2
Canadel	22,07 - 25,97	0 - 3,9	2,2	-	-	-	25,97 - 28,27	3,9 - 6,2	4,1
Rayolet	23,32 - 25,72	0 - 2,4	2	-	-	-	25,72 - 27,62	2,4 - 4,3	3,1
Merlançon	20,37 - 25,17	0 - 4,8	1	-	-	-	25,17 - 27,77	4,8 - 7,4	2,9
Farembert	18,79 - 22,89	0 - 4,1	1	-	-	-	22,89 - 26,13	4,1 - 7,34	8,6
Traversier	16,74 - 20,04	0 - 3,3	1,5	-	-	-	20,04 - 20,83	3,3 - 4,09	4,6

Meige Pan	17,92 - 25,32	0 – 7,4	1,4	25,32 - 28,52	7,4 – 10,6	3	28,52 - 30,61	10,6 – 12,69	15,5
RM-RRim	7,84 - 31,4	0 – 23,56	0,6	-	-	-	31,36- 41,32	23,56 – 33,48	3,4

Tableau 41 - Tronçons de pente homogène du Réal Martin et de ses affluents

Le Meige Pan qui est l’affluent de rive droite le plus aval présente un profil nettement moins concave. Son profil montre d’ailleurs une convexité à sa base. Celle-ci peut révéler que ce cours d’eau s’écoulerait sur son ancien cône de déjection laissé lors d’une des dernières glaciations. Le Meige Pan serait alors en train de l’inciser.

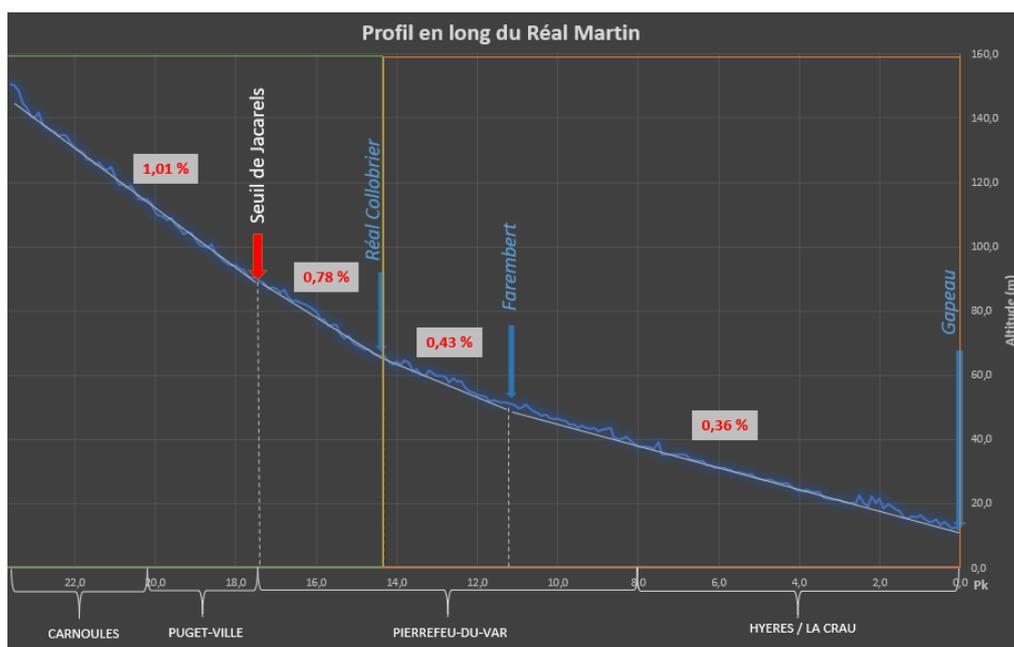


Figure 89 - Profil en long du Réal Martin et tronçons de pente homogène

Si l’on considère uniquement le profil en long du Réal Martin, celui-ci peut être divisé en 2 tronçons de pente homogène. Le Réal Martin aval, du Pk 0 au Pk 14,6, est composé de 2 sous-tronçons qui ont des pentes moyennes de 0,36 % et de 0,43 %. Le Réal Martin amont, du Pk 14,6 au Pk 23,6, est composé de 2 sous-tronçons qui ont des pentes moyennes de 0,78 % et de 1,01 %. La rupture de pente la plus importante se trouve à hauteur de la confluence avec le Réal Collobrier, puisqu’à l’aval de la confluence, la pente est divisée par 2.

**Le Réal Collobrier : la plus faible pente du segment aval des affluents du Réal Martin**

Le graphique ci-dessous présente les profils en long du Réal Collobrier et de ses affluents. Globalement, on constate que les pentes des affluents sont relativement homogènes et que la pente du Réal Collobrier dans sa plaine est moins forte.

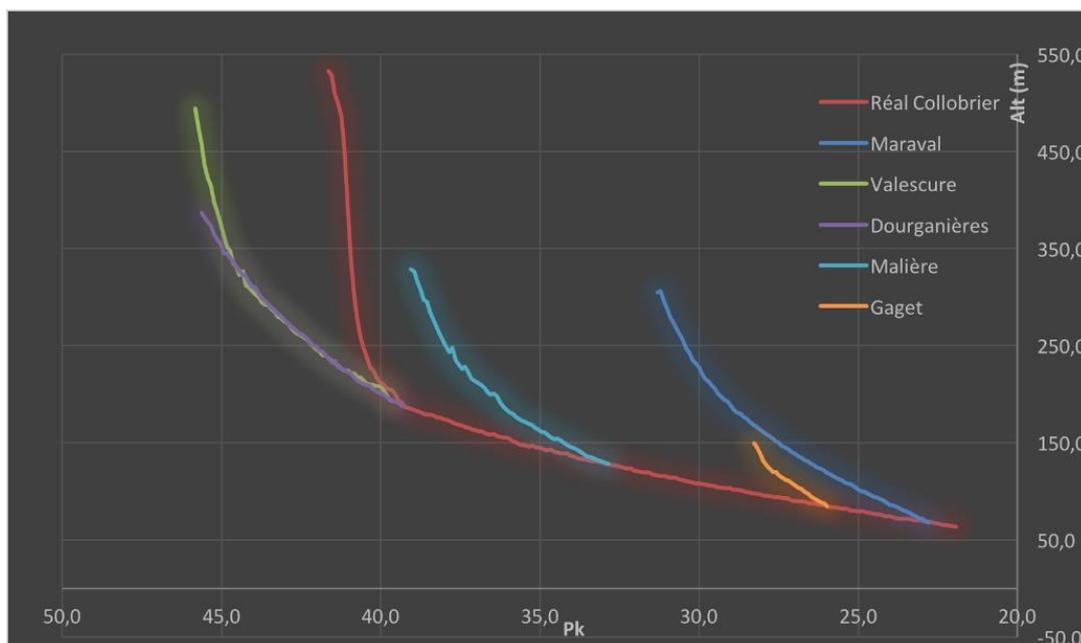


Figure 90 - Profils en long du Réal Collobrier et de ses affluents

Le profil en long du Réal Collobrier, prolongé par le ruisseau des Bourganières, peut donc se diviser en 2 tronçons de pente relativement homogène. Le Réal Collobrier aval, du Pk 0 au Pk 18, correspond à un tronçon de pente relativement faible de 0,9 %. Les têtes de bassin correspondant au talweg drainant le massif des Maures présentent naturellement de fortes pentes allant de 2,5 % à 4,6 % par exemple pour le ruisseau des Bourganières.

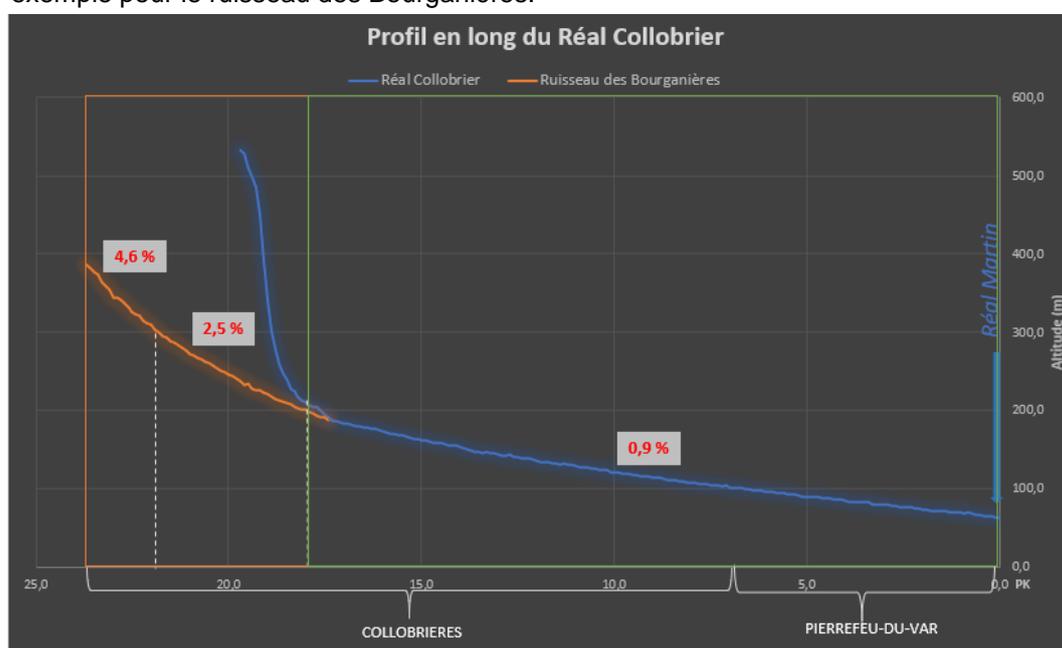


Figure 91 - Profil en long du Réal Collobrier et tronçons de pente homogène

Le tableau ci-après indique l'évolution amont-aval de la pente du Réal Collobrier. La pente du tronçon aval de 8 km est de 0,6 %. Celle du tronçon médian est de 0,9 % sur 9 km et son tronçon amont a une pente de 3,2 % sur 5 km.

Cours d'eau	Pk cum. Tronçon av.	Pk tronçon av.	Pente (%)	Pk cum. Tronçon méd.	Pk tronçon méd.	Pente (%)	Pk cum. Tronçon am.	Pk Tronçon am.	Pente (%)
RC-Bourgnières	21,9 - 30	0 - 8,1	0,6	30 - 39,33	8,1 - 18,23	0,9	39,33 - 44,63	18,23 - 23,53	3,2

Tableau 42 - Tronçons de pente homogène du Réal Collobrier

### 7.3.1.3 Synthèse des débits solides

La terminologie "débits solides" recouvre l'ensemble des éléments sédimentaires transportés par les cours d'eau. Elles couvrent des particules sédimentaires de différentes tailles : des argiles et limons qui se meuvent en suspension, portés par les flots à des éléments plus grossiers, sables, graviers et galets qui eux sont déplacés par saltation, roulage et charriage.

La nature et la quantité de ces apports est très liée au contexte géologique. Dans le cas du Gapeau les différentes parties du réseau hydrographique sont diversement influencées par la géologie du bassin versant. Romain Capanni tente une synthèse de ces influences, résumée dans le tableau suivant (les unités sont des km<sup>2</sup>).

Bassin	Phyllades (Maures)	Alluvions (dépression Permienne)	Calcaire (Ste Baume)	total
<b>Bassin supérieur du Gapeau</b>	-	-	204	204
<b>Plaine de Cuers :</b>				
- drainée par le Gapeau		37	10	47
- drainée par le Réal Martin	28	44	78	150
<b>Réal Collobrier</b>	73	10	-	83
<b>Sud de Pierrefeu</b>	80	-	-	80
<b>total</b>	181	91	292	564

Tableau 43 - Synthèse des influences géologiques par grand bassin versant (Capanni, 2011)

La quantité de sédiments présente dans un cours d'eau dépend d'une part fortement des débits liquides mais également de leur disponibilité potentielle. On distingue usuellement deux sources de sédiments :

- les sources directes ou apport primaire qui correspondent aux sédiments qui proviennent directement de l'érosion de versant. Le matériel est donc injecté dans le système fluvial sans que ceux-ci n'aient jamais été transportés par le cours d'eau précédemment ;
- les sources secondaires qui correspondent aux éléments qui ont déjà été déplacés par le cours d'eau lui-même ou par des dynamiques de type fluvio-glaciaire et qui ont été dans un second temps redéposés. Ils sont alors réinjectés dans le système fluvial via des érosions de berges.

#### Les éboulis récents comme source d'apports primaires potentiels

Nous avons cherché à identifier les apports sédimentaires primaires potentiels. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur la carte géologique et sur le recensement des éboulis récents que nous avons cartographiés ci-dessous. Ainsi nous constatons que les principales sources sédimentaires sont liées aux secteurs de forts reliefs et à leurs piémonts. Trois zones se distinguent nettement :

- la tête du bassin versant du Gapeau ;
- le piémont du massif de la Sainte-Baume et du massif des Morières (ligne sud-est / nord-ouest) ;
- les piémonts du massif des Maures de la vallée du Réal Collobrier.



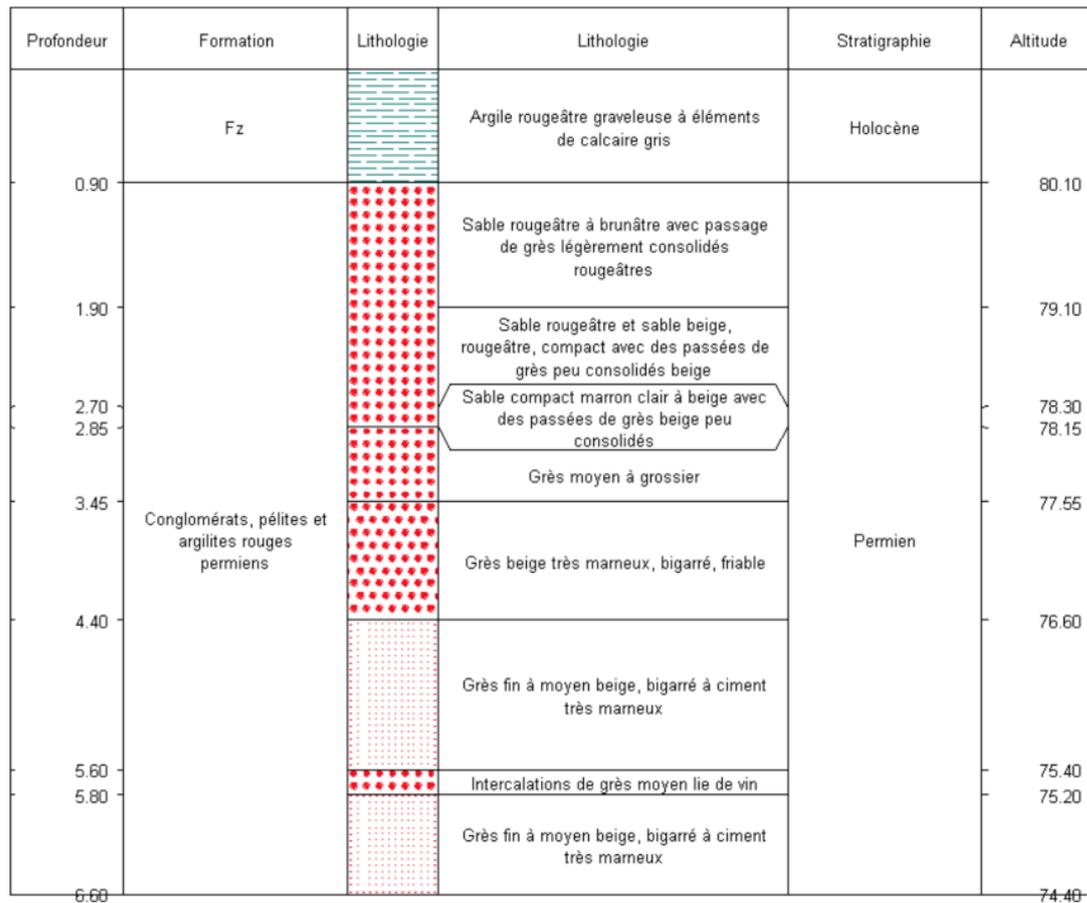


Figure 93 - Carottage réalisé au niveau de l'aérodrome de Pierrefeu-du-Var

Plus au sud (à hauteur du Petit Real), un autre sondage nous montre une stratigraphie plus simple composée de deux couches. La couche supérieure, de 15 m d'épaisseur, est composée d'éboulis würmiens. Elle présente une granulométrie hétérogène mais globalement assez fine. La couche sous-jacente se compose d'argiles permiennes. Ces remplissages sont donc nettement moins cohésifs et produisent une charge de fond plus grossière que les éléments du remplissage du sous bassin versant du Réal Martin. Le Gapeau, lorsqu'il sort des gorges, et le Petit Réal s'écoulent dans ces dépôts qui correspondent au cône de déjection würmien du Gapeau. La profondeur de cette couche assure à ces cours d'eau un matériel sédimentaire abondant dans ce secteur et assez grossier. En théorie, celui-ci est mobilisable par le Gapeau et le Petit Réal tant que leur compétence est suffisante et qu'aucun pavage n'est mis en place par export des sédiments les plus fins.

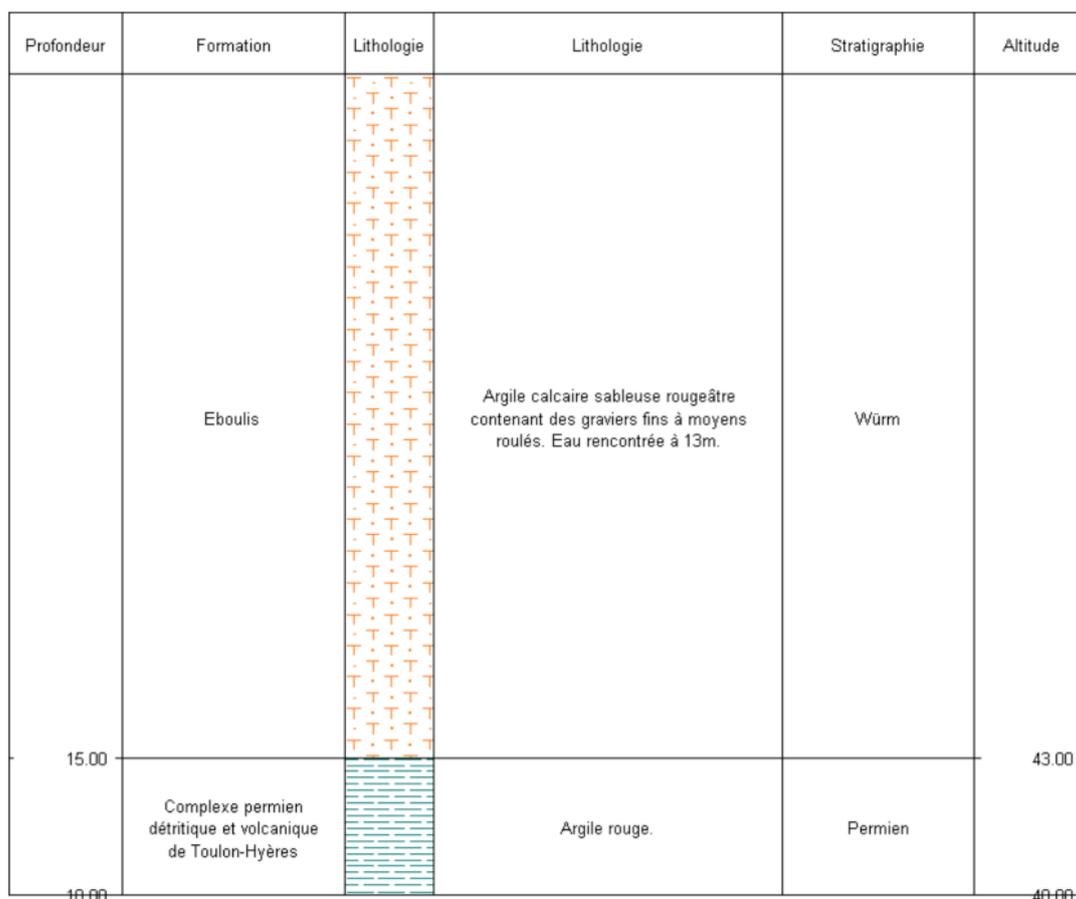


Figure 94 - Carottage réalisé à l'aval du Petit Réal

### 7.3.1.4 Dynamiques morphologiques sur le temps long

#### Un tracé en plan stable

Afin d'avoir un aperçu de la mobilité latérale des différents cours d'eau du bassin versant sur les cinquante dernières années, nous avons parcouru leur linéaire sur l'interface "remonter le temps" de l'IGN en comparant les photos aériennes de 1950-65 et de 2011. Le géoréférencement des photos anciennes étant compliqué (qualité de la photo, résolution) et la lecture du linéaire des cours d'eau n'étant pas toujours explicite, dû au recouvrement par la ripisylve, la marge d'erreur est estimée à moins de 3 m lorsqu'il n'y a pas de ripisylve et à une dizaine de mètres lorsqu'il y en a.

**Il ressort de cette analyse une grande stabilité dans leur tracé au cours de la seconde moitié du XXe s. et donc une mobilité latérale très faible sur le Gapeau et ses affluents.**

#### Une largeur de bande active globalement stable depuis le milieu du XXe s. et en rétraction localement

Lors de l'étape précédente, nous avons aussi relevé l'évolution de la largeur de la bande active. Il ressort de cette analyse une grande stabilité. Néanmoins, deux sites de rétraction locale de la bande active peuvent être relevés sur cette période.

Le premier, et le plus aval, a été étudié par Romain Capanni entre 1954 et 2007. Il correspond au Gapeau de sa confluence avec le Réal Martin à l'embouchure. Il montre qu'il y a eu une rétraction de la bande active entre 1932 et 2003. Cette rétraction est particulièrement forte dans le secteur 1, au niveau de la confluence avec le Réal Martin, comme la montre la figure ci-dessous. Elle se manifeste également sur les secteurs 3 et 4.

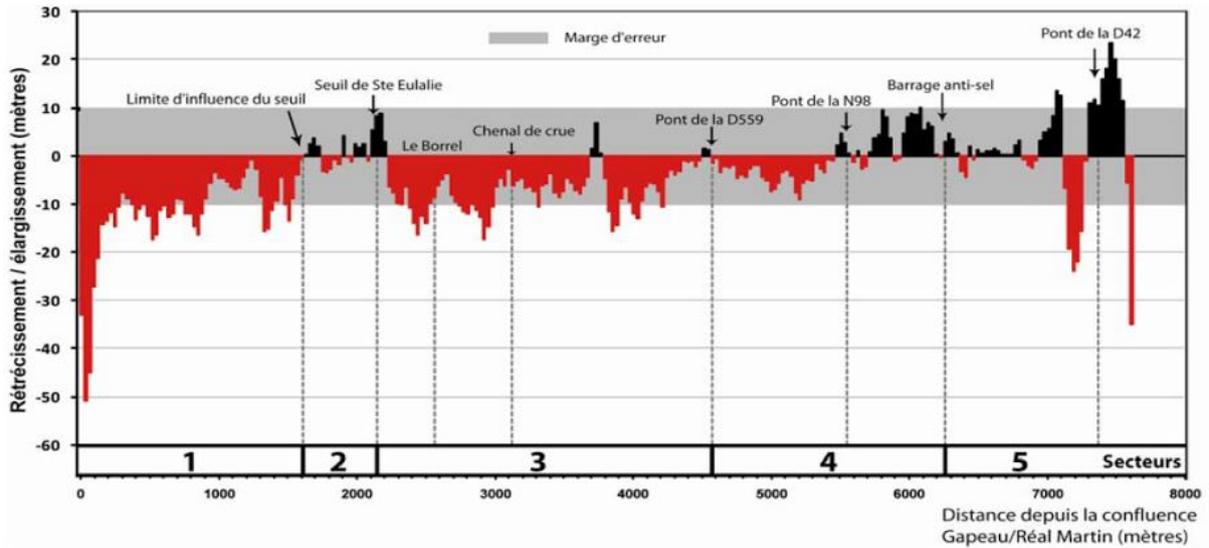


Figure 95 - Variations de la largeur de la bande active du Gapeau entre 1932 et 2003 (Capanni, 2011)

Le graphe en boîte ci-dessous présente les valeurs de largeur de bande active du Gapeau aval étudié par Romain Capanni en fonction des différentes dates. Il montre qu'elle est relativement stable entre 1932 et 1978 vue la proximité des médianes. En revanche, entre 1978 et 1995, la rétraction est assez marquée.

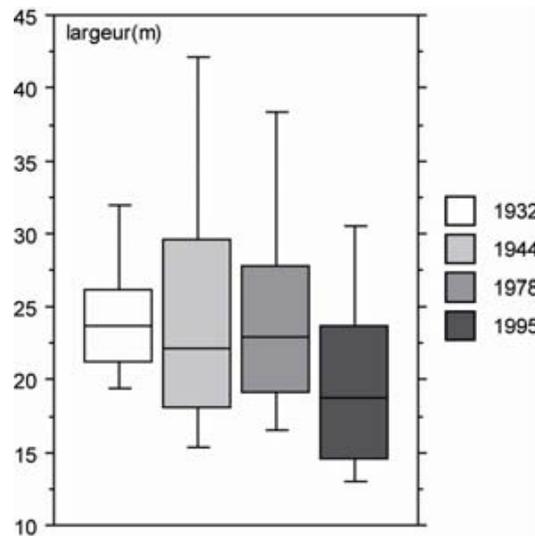


Figure 96 - Rétraction de la bande active du Gapeau entre 1978 et 1995 (Capanni, 2011)

Cette rétraction est d'ailleurs visible sur les photos comparatives entre 2011 et 1950-65 (ci-dessous). Ces photos montrent la rétraction de la bande active à hauteur de la confluence entre le Réal Martin et le Gapeau, et au niveau de la base militaire d'Hyères au niveau du chemin du Moulin Premier. Globalement, au cours du XXe s., le Gapeau s'est rétréci de 5 m et incisé d'un mètre.



**Figure 97 - Rétraction de la bande active à hauteur du secteur 1 de Capanni : comparaison des photos aériennes du milieu du XXe s. (à droite) et de 2011 (à gauche) à hauteur de la confluence entre le Gapeau et le Réal Martin (source : IGN)**



**Figure 98 - Rétraction de la bande active à hauteur du secteur 3 de Capanni : comparaison des photos aériennes du XXe s. (à droite) et de 2011 (à gauche) à hauteur du Golf Hôtel (source : IGN)**

Le travail de thèse de Romain Capanni montre aussi que la bande active au niveau de l'embouchure du Gapeau est stable depuis les travaux réalisés dans les années 1970, alors qu'elle avait tendance à se déplacer de quelques dizaines de mètres auparavant. Les différents travaux de recalibrage réalisés à l'époque ont fixé le chenal tant sur le plan horizontal que vertical.

Il a aussi évalué l'évolution de la bande active du Gapeau et du Réal Martin en amont de la confluence. Il ressort de son étude une plus grande stabilité de la bande active sur le Gapeau que sur le Réal Martin. En effet, le Réal Martin connaît un élargissement de sa bande active entre 1944 et 1978, tandis que le Gapeau reste stable. La dynamique sédimentaire entre 1932 et 2003 semble alors plus importante sur le Réal Martin.

Romain Capanni émet l'hypothèse que la rétraction de la bande active et l'incision du Gapeau depuis les années 1970 vient d'une réduction des apports sédimentaires. Il ajoute que cette dynamique semble être en grande partie due aux extractions sédimentaires dans le lit du Gapeau. Il souligne

finalement la complexité de ce système fluvial qui est aménagé depuis longtemps pour l'irrigation et dont la bande active est globalement stable et pense que les ajustements de la bande active sont la résultante de facteurs multiples (tarissement sédimentaire, travaux, aménagements des berges, extractions en lit mineur, occupation du sol...).

Le deuxième secteur de rétraction de la bande active sur le bassin versant, visible par photo-interprétation, se trouve sur le Réal Collobrier à hauteur de son Pk 2, soit juste en amont de sa confluence avec le Réal Martin. On distingue très clairement la présence de plusieurs atterrissements dans les années 1950-65, tandis qu'ils sont absents en 2011 et que la bande active est moins large.



**Figure 99 - Comparaison des photos aériennes du milieu du XXe s. (à droite) et de 2011 (à gauche) à hauteur du PK 2 sur le Réal Collobrier (source : IGN)**

Le Réal Collobrier semble donc être un cours d'eau dont la bande active évolue sous forme de pulsations, s'élargissant après de fortes crues et au contraire se rétractant en l'absence de crues fortes. Il semblerait cependant que cette dynamique ait été ralentie voire interrompue du fait des pressions sur le bassin versant.

### Une dynamique verticale contrainte

Romain Capanni a montré qu'il y avait eu une incision sur le Gapeau aval entre 1954 et 2007. En effet, il a relevé entre 1954 et 1973 que le plancher alluvial était plutôt stable. Deux incisions ont été notées, l'une en aval du seuil de Sainte Eulalie (max -1,6 m), l'autre en amont du barrage anti-sel (max -1,3m). Entre 1973 et 1996, une incision significative a été notée sur les secteurs 1 à 3. Une importante érosion a également été mise en évidence à la confluence entre le Gapeau et le Réal Martin (max -2,5 m) qui se poursuit jusqu'au seuil de Sainte Eulalie. Les secteurs 4 et 5 ont été qualifiés de stables ou en légère accrétion. Entre 1996 et 2007, le profil en long était relativement stable, marqué ponctuellement d'une incision locale entre la confluence du Borrel et le chenal de crue.

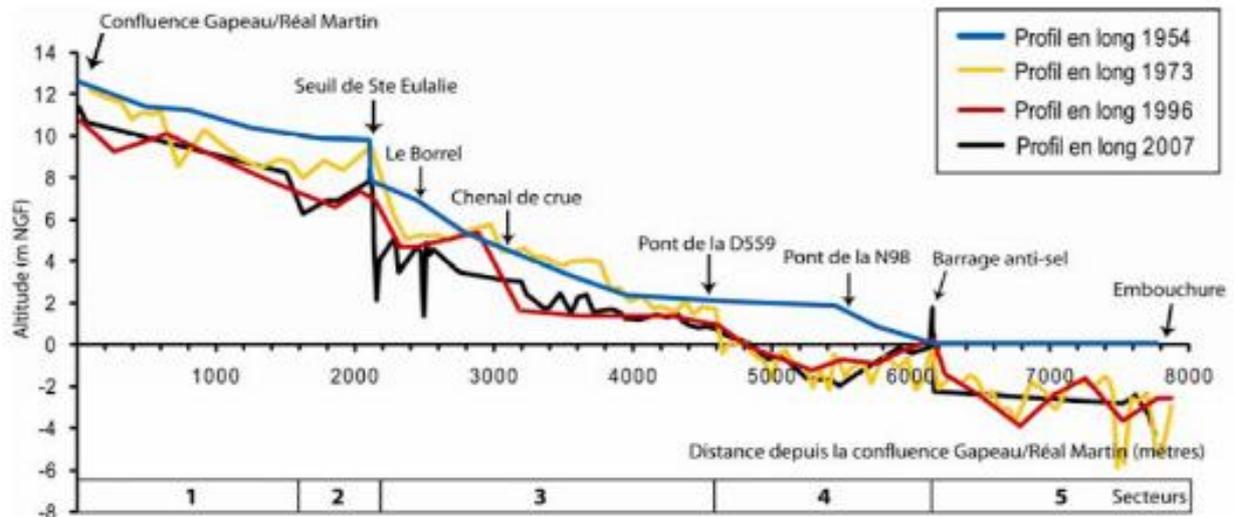


Figure 100 - Evolution du profil en long du Gapeau aval, 1954-1973-1996-2007 (Capanni, 2011)

**Le Gapeau aval, entre 1954 et 2007 est donc caractérisé par une tendance à l'incision, évaluée à 1 m environ. Celle-ci se manifeste surtout entre 1973 et 1996 et sur l'amont du secteur d'étude.**

Cependant, ce constat d'incision relativement récente du lit du cours d'eau n'est pas représentatif de tous les cours d'eau. En effet, la mobilité verticale sur l'ensemble du Gapeau, est contrôlée par les nombreux seuils répartis sur les deux tiers avaux de son linéaire. Le profil des Grandes Forces Hydrauliques, réalisé en 1954, permet de dénombrer un total de 34 seuils et le ROE en recense 41 sur le Gapeau. La plupart des seuils du ROE étaient d'ailleurs déjà construits en 1954. Cela signifie que la mobilité verticale du Gapeau est a priori contrôlée depuis longtemps.

De plus, la carte de Cassini (milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, figure suivante) apporte aussi des éléments intéressants sur l'ancienneté de l'incision des cours d'eau. Dans la plaine de Cuers, le Meige Pan, le Farembert et le Merlançon, sont représentés comme étant encaissés entre deux talus. Les talus sont représentés par les traits marron foncé épais. Cela signifie que l'encaissement que l'on observe aujourd'hui n'est pas récent, mais qu'il a au moins 300 ans. De plus, nous avons pu observer la présence de nombreux affleurements sur le terrain pour ces cours d'eau. Cela signifie que leur mobilité verticale et donc leur pente sont réglées dans leur partie avale, puisqu'ils s'écoulent à même le substratum. En revanche, nos observations de terrain nous ont permis de constater des incisions sur le Saint Lazare, affluent du Petit Réal. Les cours d'eau qui s'écoulent dans la dépression permienne présentent donc des degrés d'incision et d'encaissement différents. Enfin, nos observations de terrain révèlent que les cours d'eau qui se trouvent dans le massif des Maures ne sont pas particulièrement incisés, probablement du fait qu'ils aient des volumes sédimentaires mobilisables conséquents.

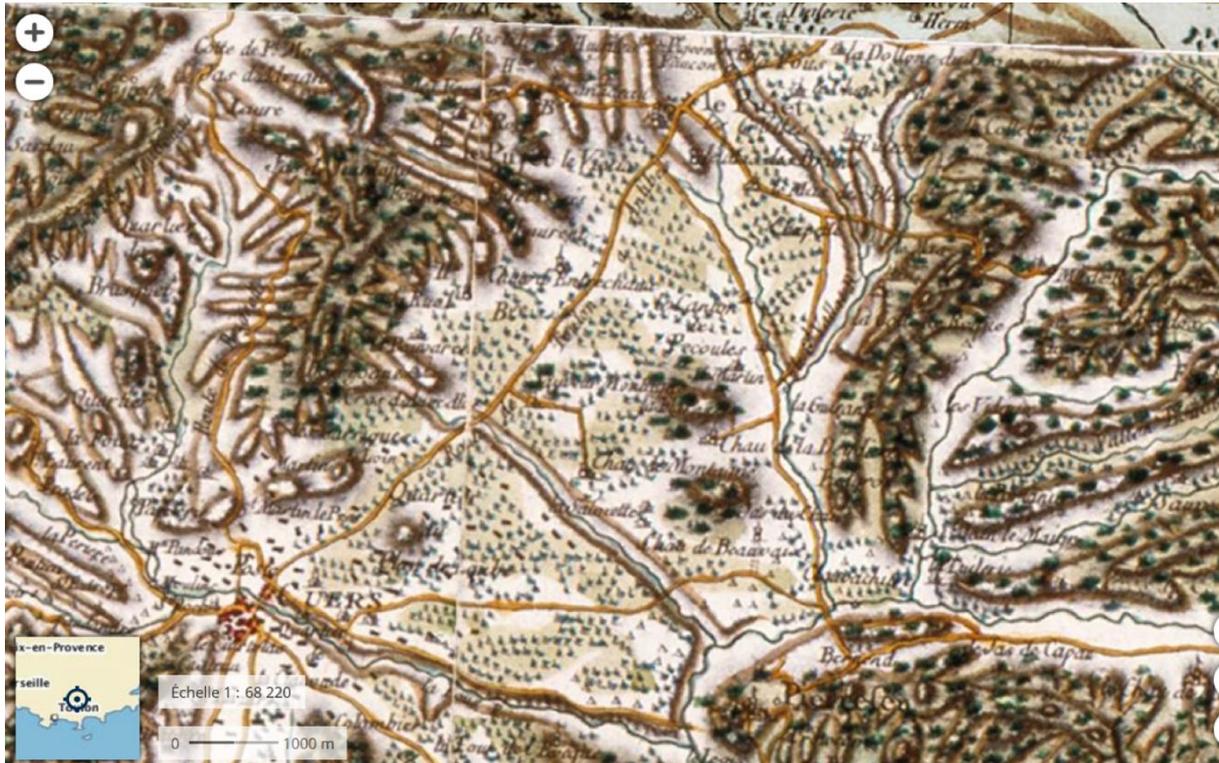


Figure 101 - Carte de Cassini montrant les cours d'eau de la plaine de Cuers déjà encaissés au milieu du XVIIIe s. (source : IGN)



**En conclusion, la tendance de la mobilité verticale sur le Gapeau aval est plutôt à l'incision depuis le milieu du XXe s. Concernant, le Gapeau amont, étant donné le nombre de seuils recensés, la mobilité verticale est probablement assez limitée. Les affluents de rive droite du Réal Martin qui s'écoulent dans la plaine de Cuers, quant à eux, sont encaissés depuis longtemps et s'écoulent pour la plupart sur le substratum (cf. première coupe stratigraphique). Enfin, les cours d'eau du massif des Maures ne sont pas particulièrement incisés.**

### Dynamique longitudinale

Nous avons cartographié les atterrissements visibles dans les années 1950. Le croisement de cette donnée aux atterrissements recensés dans l'étude Lindenia en 2015 nous permet de voir si les atterrissements se sont déplacés et si les zones de dépôt sédimentaire ont changé. Notons que la méthode de photo-interprétation ne permet pas d'identifier les petits atterrissements et ceux qui se trouvent sous un couvert végétal. Notons également, comme dit précédemment, que l'étude Lindenia ne portait pas sur tous les cours d'eau du bassin versant. Pour rappel, les cours d'eau étudiés étaient les suivants : le Gapeau, le Réal Martin, le Réal Collobrier, le Ruisseau des Carnoules, le Merlançon, le Farembert, le Meige Pan, le Vallon des Borrels, le Ruisseau de Naï, le Vallon des Routes, le Petit Réal, le Saint Lazarre, le Réal Rimauresq et le Ruisseau de la Malière. Il faut donc avoir une lecture critique de cette carte et des zones où il n'y a pas d'atterrissements.

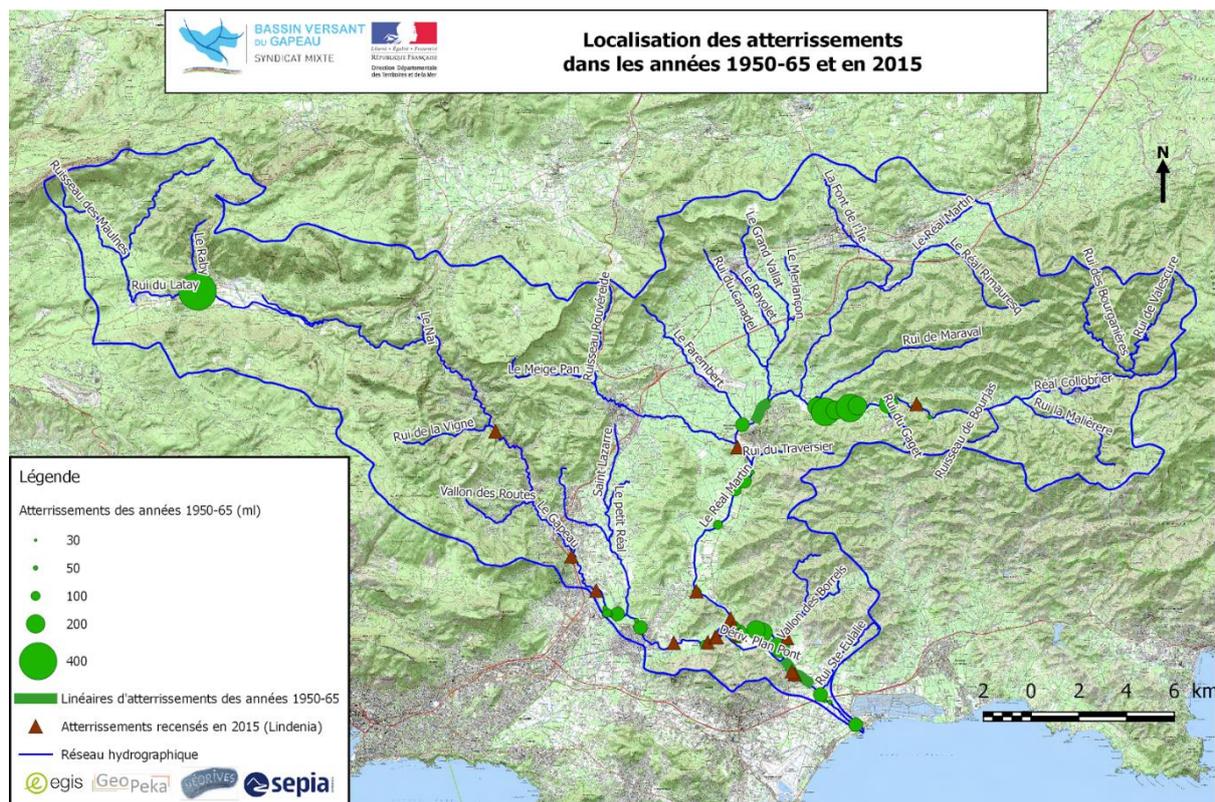


Figure 102 – Cartographie des atterrissements dans les années 1950-65 et en 2015

Il ressort de cette cartographie qu'il n'y a pas d'atterrissements notables en 2015 sur le Gapeau en amont des méandres, sur le Petit Réal et dans le vallon des Borrels. Il n'y en a pas non plus sur l'amont du Réal Martin et sur les affluents de celui-ci, à savoir sur le Meige Pan, le Farembert, le Merlançon et sur le ruisseau des Carnoules, le Réal Rimauresq et l'amont du Réal Collobrier. Les seuls sites de dépôt préférentiel se trouvent globalement dans les méandres du Gapeau, et à proximité de la confluence entre le Gapeau et le Réal Collobrier. Des atterrissements conséquents sont en effet observables à Hyères à hauteur du Golf Hôtel et en amont de la confluence avec le Réal Martin à la fois sur le Gapeau et le Réal Martin. De manière plus anecdotique, un atterrissement a été recensé sur le Gapeau à l'aval de la confluence avec le ruisseau de la Vigne Fer, et un autre à l'aval de la confluence entre le Meige Pan et le Réal Martin. Un dernier atterrissement a été relevé sur le Réal Collobrier. La zone de dépôt préférentiel qui se trouve à proximité de la confluence entre le Gapeau et le Réal Martin s'explique en partie par la rupture de pente et la présence des seuils de la Clapière et du barrage anti-sel. Les longueurs des atterrissements n'ont pas été relevées dans l'étude Lindenia, hormis pour les deux qui se trouvent à hauteur de la base militaire au niveau du chemin du Moulin Premier et qui mesurent chacun 100 m de long. Ces atterrissements ont subi une scarification durant l'automne 2016. Ils ont été réalisés par le SMBVG dans le but de favoriser leur mobilisation. On ne peut pas encore conclure quant à leur mobilité. **La tendance actuelle qui se dégage est que les atterrissements sont relativement absents de nos jours.**

En revanche, au cours de la période 1950-65, la situation était légèrement différente. Nous avons relevé des atterrissements sur le Gapeau de la confluence avec le Petit Réal jusqu'à l'embouchure. Les bancs sont relativement nombreux et relativement grands (plusieurs dizaines de mètres à 200 m de long). Dans l'amont de la plaine de Signes, nous avons également relevés des atterrissements, qui se font grâce à la rupture de pente entre les petites gorges amont et la plaine de Signes. Une autre zone de dépôt préférentiel se trouve sur le secteur aval du Réal Collobrier, juste avant sa confluence avec le Réal Martin. Cette zone de dépôt préférentiel vient de la rupture de pente entre le lit du Réal Collobrier et sa plaine à l'aval. Ces importants dépôts sédimentaires expliquent d'ailleurs la mobilité

latérale du cours d'eau qui a dû éroder ses berges pour éviter les atterrissements. D'autres atterrissements se trouvaient à l'époque sur le Réal Collobrier à hauteur de Pierrefeu-du-Var.

Cette analyse diachronique de la localisation et de l'abondance des atterrissements entre le milieu du XXe s. et aujourd'hui permet d'avancer que la mobilité sédimentaire longitudinale a, a priori, diminuée entre ces deux périodes. Ces observations convergent avec les conclusions de Romain Capanni sur la diminution du transit sédimentaire.

Il s'est d'ailleurs aussi intéressé à l'étude des changements hydrologiques du bassin versant depuis le milieu du XXe s. pour expliquer cette diminution du transport longitudinal. Pour cela, il a collecté les données hydrologiques de la station de Sainte Eulalie depuis sa mise en fonction en 1961. Il a ensuite dénombré le nombre de jours/an avec des débits supérieurs au débit morphogène, considéré comme débit de plein bord. Il a ainsi mis en évidence que le Gapeau connaît toujours des débits morphogènes (cf. partie sur le recensement des données géographiques), mais que ce sont **les aménagements hydrauliques qui contrôlent les variations morphologiques du Gapeau.**

### 7.3.2 Les pressions exercées sur le bassin versant

Il n'y a pas de hiérarchie dans l'ordre de présentation des pressions qui s'exercent sur le bassin versant.

Les pressions viennent premièrement de l'occupation du sol, qui révèle que l'emprise du couvert forestier a augmenté depuis le milieu du XXe s. A titre indicatif, le couvert forestier a augmenté de 15 % entre 1973 et 2006 (Capanni, 2011) et sur un temps plus long, les données Corine Land Cover (CLC) de 2012 et la Carte de Cassini permettent d'estimer que les surfaces forestières ont été multipliées par 2 sur cette période (voir figure ci-dessous).

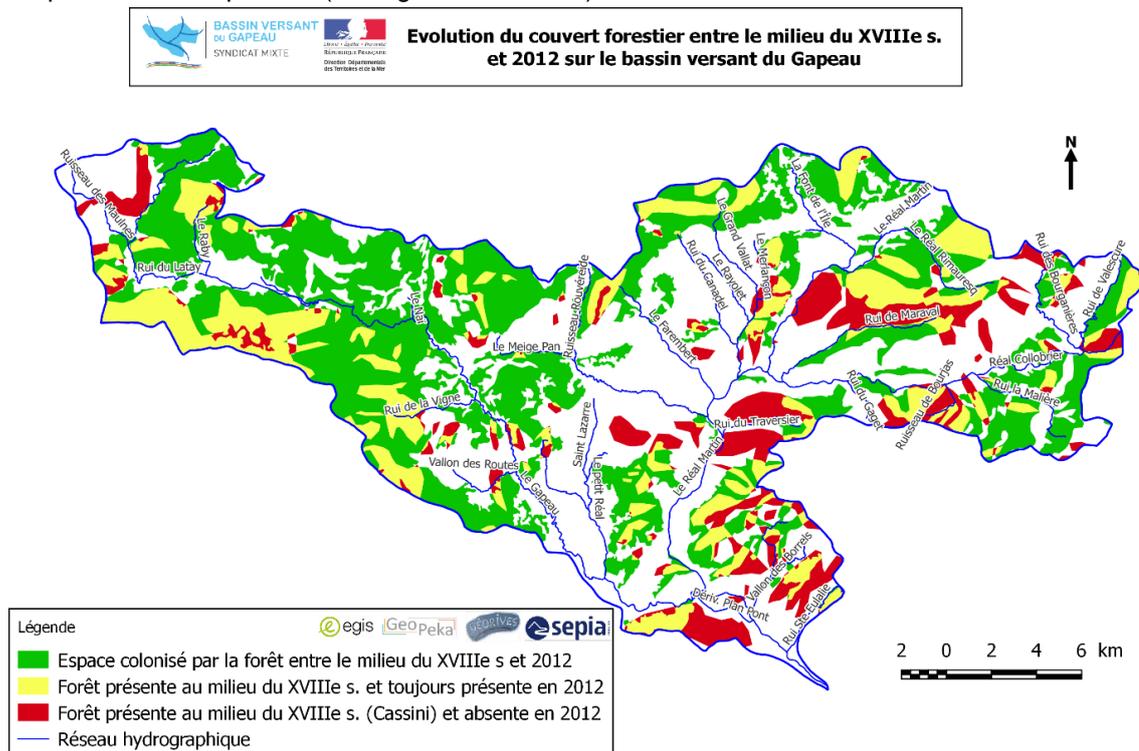


Figure 103 – Carte de l'évolution du couvert forestier entre le milieu du XVIIIe s. et 2012 sur le bassin versant du Gapeau

De même, le parcours des photos aériennes sur le portail « remonter le temps » de l'IGN montre clairement que les espaces artificialisés se sont étalés depuis le milieu du XXe s. Les données CLC montrent aussi qu'entre 1990 et 2012, les espaces artificialisés sont passés de 1939 ha à 2758 ha, ce qui représente une augmentation de +70 %. Or, l'augmentation de ces deux paramètres favorise la protection des sols contre l'érosion. De plus, l'occupation du sol se caractérise aussi par la forte présence historique de l'agriculture et de la viticulture. La carte ci-dessous montre l'occupation du sol du bassin versant en 2012. Il ressort de celle-ci la forte emprise des forêts, ainsi que la présence importante de l'agriculture, principalement dans la dépression permienne et dans les plaines et fonds de vallées de l'ensemble du bassin versant.

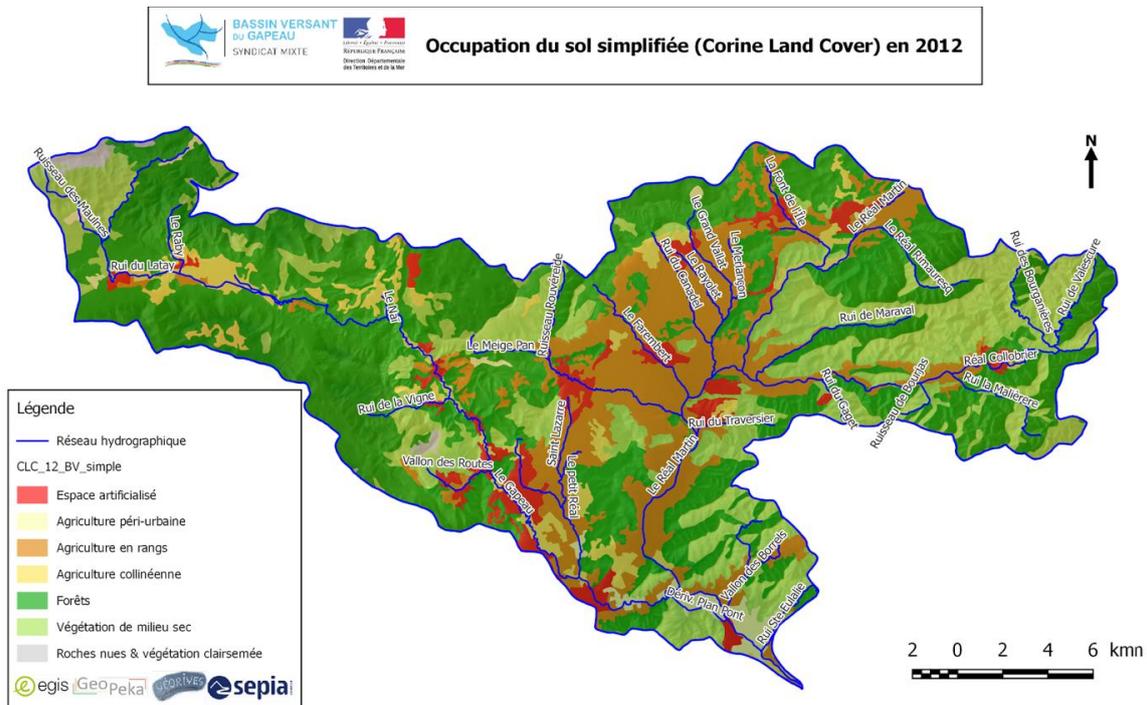


Figure 104 - Cartographie de l'occupation du sol simplifiée (Corine Land Cover) en 2012

Type de paysage	Classes de CLC fusionnées
Espace artificialisé	Tissu urb. disc. ; ZI, ZC ou installations pub. ; Réseaux routier et ferroviaire et esp. associés ; Aéroports ; Extraction matériaux ; Décharges
Ag. péri-urbaine	Terres arables hors périm. d'irrigation ; Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage ag.
Ag. en rangs	Vignobles ; Vergers et petits fruits ; Oliveraies
Ag. collinéenne	Systèmes culturaux et parcellaires complexes ; Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
Forêts	Forêts de feuillus ; Forêts de conifères ; Forêts mélangées
Végé. de milieu sec	Végétation sclérophylle ; Pelouses et pâturages naturels ; Forêt et végé. arbustive en mutation
Roche à nue & végé. clairsemée	Roche à nue et végétation clairsemée

Tableau 44 - Simplification réalisés sur la base des données Corine Land Cover 2012



**Protections de berges recensées dans l'étude Lindenia en 2015**

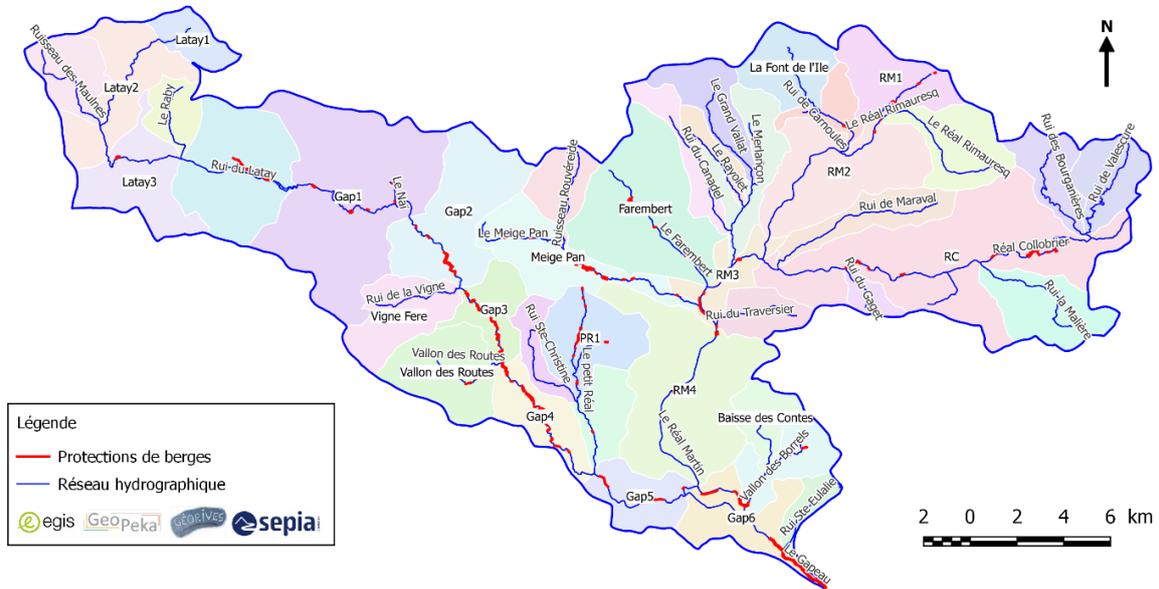


Figure 106 - Cartographie des protections de berges recensées dans l'étude Lindenia en 2015

Ces discontinuités favorisent la diminution de la dynamique fluviale. Toutefois, des érosions latérales locales ont été recensées dans l'étude Lindenia en 2015, principalement sur le Meige Pan et les affluents de rive droite du Réal Martin situés dans la dépression permienne.

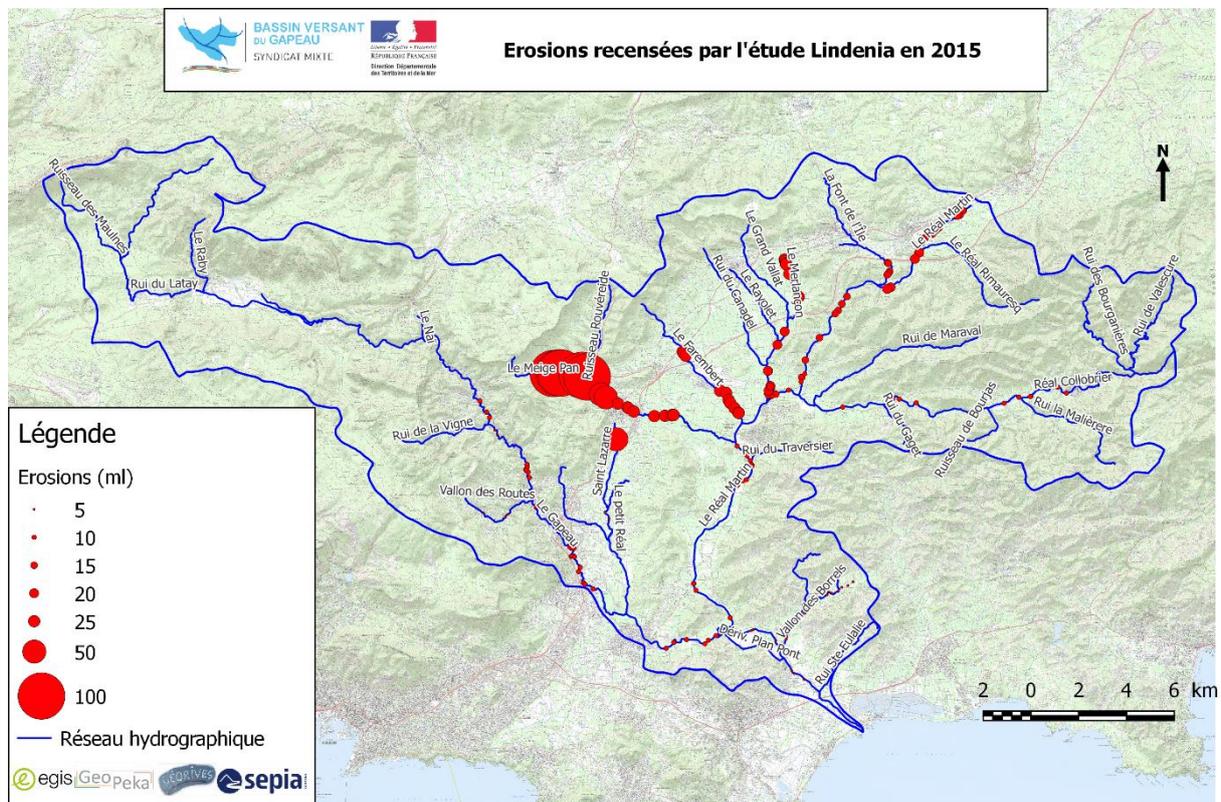


Figure 107 - Cartographie des érosions recensées par l'étude Lindenia en 2015

Afin d'estimer la pression qu'engendrent les digues, les protections de berge et les remblais, nous sommes appuyés sur les données de l'étude Lindenia. Nous avons calculé des taux de protection de berge et d'endiguement par linéaire de cours d'eau et par sous bassin versant. Il ressort que le Gapeau est particulièrement soumis à la pression des digues et des protections de berges. En effet, le taux de protection des berges est assez élevé avec un maximum de 53,56 % de berges protégées pour le Gapeau du sous bassin GAP 6 qui correspond au Gapeau après la confluence avec le Réal Martin. Le taux d'endiguement (46,95 %) est aussi conséquent sur ce tronçon. Le taux de protection de berge est notable pour le Réal Martin au niveau de son sous bassin RM3 à hauteur de Pierrefeu-du-Var (10,06 %) et pour le Vallon des Routes (9,26 %). Le taux d'endiguement est notable sur le Réal Martin au niveau de son sous bassin 4 (RM4), entre Pierrefeu-du-Var et la confluence avec le Gapeau (15,61 %), ainsi que sur le Réal Collobrier (10,29 %) et sur le Saint-Lazarre (9,27 %).

Sous BV	L LIN (m)	L berges (m)	Protections de berge (m)	Taux de protection des berges	Digues (m)	Taux d'endiguement	Remblais (nb)
<b>Carnoules</b>	3 754,42	7 508,84	171,66	2,29	134,77	1,79	3
<b>Farembert</b>	7 333,95	14 667,90	484,16	3,30	753,14	5,13	-
<b>Gap1 Gapeau</b>	7 108,95	14 217,90	409,89	2,88	-	-	2
<b>Gap1 Nai</b>	1 062,29	2 124,58	158,7	7,47	-	-	-
<b>Gap2</b>	4 809,42	9 618,84	2175,67	22,62	-	-	-
<b>Gap3</b>	4 986,82	9 973,64	3132,34	31,41	68,59	0,69	-
<b>Gap4</b>	8 178,85	16 357,70	3073,2	18,79	246,75	1,51	2
<b>Gap5</b>	6 409,16	12 818,32	1519,19	11,85	246,58	1,92	6
<b>Gap6 Gapeau</b>	7 789,58	15 579,16	8343,55	53,56	7314,62	46,95	3
<b>Latay3</b>	4 158,27	8 316,54	257,57	3,10	-	-	-
<b>Latay4 Gapeau</b>	3 059,83	6 119,66	1434,82	23,45	-	-	-
<b>Latay4 Latay</b>	5 666,84	11 333,68	-	-	64,28	0,57	1
<b>Meige Pan</b>	12 685,12	25 370,24	2107,19	8,31	203,51	0,80	39
<b>Merlançon</b>	7 379,57	14 759,14	244,82	1,66	678,82	4,60	8
<b>PR1 Petit Réal</b>	3 450,26	6 900,52	62,99	0,91	185,82	2,69	-

<b>PR1 St Lazarre</b>	3 821,59	7 643,18	472,92	6,19	708,18	9,27	-
<b>PR2</b>	3 498,93	6 997,86	45,83	0,65	-	-	-
<b>RC</b>	19 599,56	39 199,12	2378,15	6,07	4035,3 2	10,29	19
<b>RM1</b>	3 333,98	6 667,96	206,33	3,09	343,78	5,16	2
<b>RM2</b>	8 433,78	16 867,56	45,58	0,27	-	-	2
<b>RM3</b>	6 219,27	12 438,54	1251,39	10,06	873,42	7,02	6
<b>RM4</b>	8 893,64	17 787,28	423,25	2,38	2776,6 2	15,61	14
<b>RRim</b>	5 663,38	11 326,76	-	-	-	-	2
<b>Vallon des Borrels</b>	4 674,63	9 349,26	524,39	5,61	576,38	6,16	6
<b>Vallon des Routes</b>	3 795,20	7 590,40	702,93	9,26	-	-	1

**Tableau 45 - Taux de protections des berges et d'endiguement et nombre de remblais par linéaire de sous bassin versant**

Troisièmement, les pressions viennent des pratiques des riverains et des agriculteurs qui réalisent des merlons, des curages, des protections de berge et des remblaiements de manière sauvage, dans le but de se protéger des inondations (avec une efficacité très limitée), de protéger un terrain ou de gagner des micro-parcelles de terres sur le cours d'eau. La carte ci-dessous localise les remblais recensés par l'étude Lindenia (2015). Elle pourra être complétée par les données de SOCLE (EGIS) au cours de la phase 2. Ces usages engendrent ponctuellement des déséquilibres qui peuvent potentiellement durer dans le temps. Leur impact sur la dynamique fluviale est difficile à évaluer.

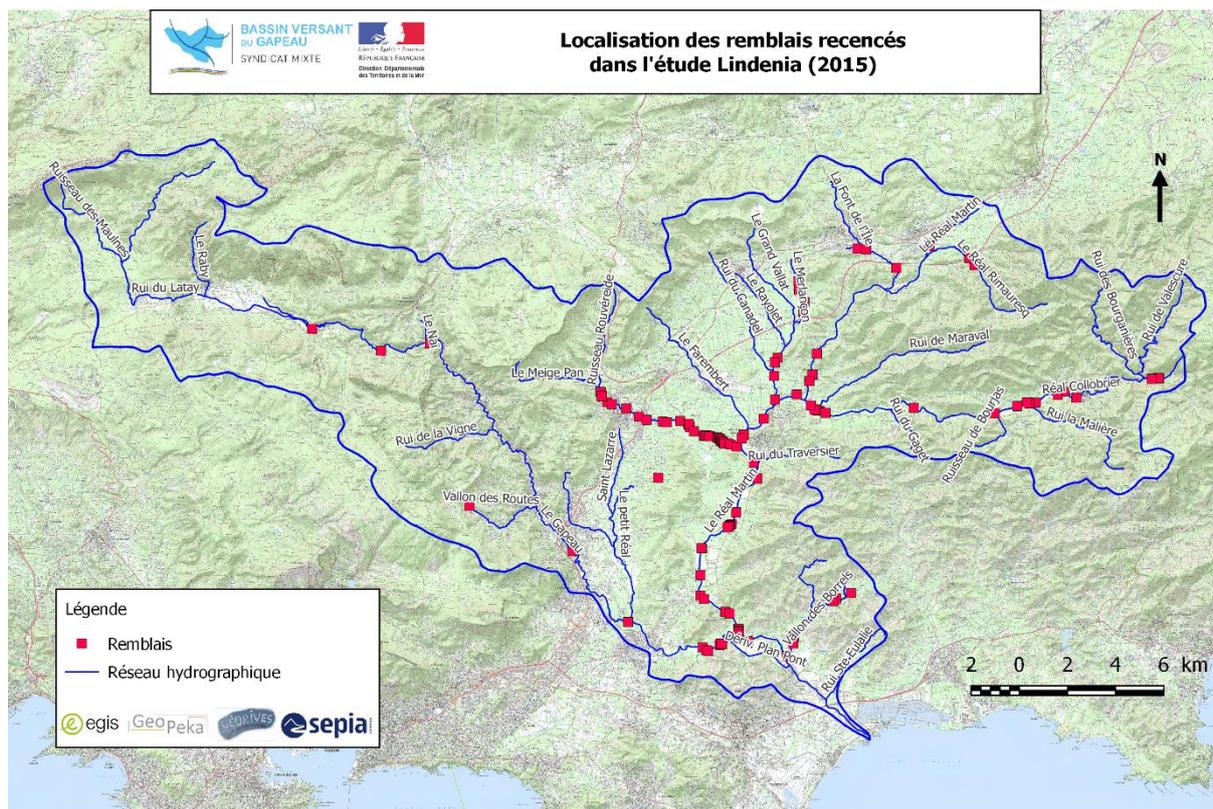


Figure 108 - Cartographie des remblais recensés dans l'étude Lindenia en 2015

Quatrièmement, l'extraction historique de matériaux directement dans le lit des rivières a probablement impacté la dynamique des cours d'eau en diminuant la charge en transit et en modifiant localement leur morphologie. D'après la thèse de Capanni, dans les années 1960, l'aéroport de Toulon aurait d'ailleurs été construit sur des remblais constitués de sédiments venant du Gapeau. La lecture de la thèse de Capanni renseigne sur les volumes considérables de sédiments qui ont été extraits et sur l'impact de ces extractions :

*“Selon les riverains, de nombreux camions se seraient relayés durant plusieurs semaines exportant les sédiments du Gapeau en direction du chantier du nouvel aéroport. Impossibles à quantifier, il semble néanmoins que ces extractions furent assez importantes pour entraîner un grave déficit sédimentaire dans la partie aval du cours du Gapeau. Les riverains notent en effet un très net enfoncement du lit, provoquant une déstabilisation des berges, qui pour être maintenues ont fait l'objet de nombreux aménagements, dont la plupart totalement anarchiques” (p.77-78).*

## 7.4 Synthèse du fonctionnement hydromorphologique

### 7.4.1 Bilan du fonctionnement global du bassin versant

Nos premières analyses mettent en avant une activité hydro-sédimentaire active mais réduite à l'échelle du bassin versant.

D'une part, par une analyse diachronique du tracé en plan sur l'ensemble du bassin versant nous avons constaté la quasi absence des dynamiques latérales. Les lits du Gapeau mais également de ces affluents sont très peu mobiles. Ces constats s'expliquent en partie, sur certains secteurs, par des pressions latérales fortes qui se concentrent dans les zones fortement anthropisées. C'est le cas sur le Gapeau sur les communes de Solliès-Pont, Solliès-Ville, La Fardèle, La Crau, ainsi qu'au niveau de son tronçon terminal. Pour ce qui est du Réal Martin les protections de berges se concentrent surtout au droit de la commune de Pierrefeu-du-Var. Toutefois ces pressions n'expliquent pas à elles-seules

la faiblesse des dynamiques latérales. Ainsi comme le montre R. Capanni sur la partie aval du Gapeau la bande active présente une tendance à la rétraction, ce qui est souvent considéré comme une manifestation du ralentissement de l'activité morpho-sédimentaire. Ce phénomène se lit également dans la réduction du nombre de bancs visibles sur les photographies aériennes entre le milieu du XXe s. et aujourd'hui.

Ce processus, communément appelé tarissement sédimentaire, s'explique par une combinaison de facteurs : artificialisation de berge, diminution des apports, effet des multiples discontinuités générées par les ouvrages transversaux. Si nous pouvons facilement quantifier la première de ces causes (par le taux de protection par exemple), cela est plus délicat pour la seconde. Toutefois, comme le couvert forestier est un facteur important de la limitation des apports solides, l'analyse de l'occupation du sol réalisée par R. Capanni est révélatrice : entre 1973 et 2006 les surfaces forestières ont augmenté de 15 %. Sur un pas de temps plus long cette variation est de +50,5 % sur le bassin versant (analyse diachronique entre les surfaces boisées de la carte de Cassini et de Corine Land Cover).

Un des effets possibles de ce tarissement sédimentaire est une tendance à l'enfoncement des lits fluviaux. Compte tenu des données topographiques disponibles sur l'ensemble du bassin versant une étude quantitative de ce phénomène est difficile. Les travaux de R. Capanni sur le Gapeau aval montre effectivement une incision depuis la moitié du XXe s, qui a été surtout effective entre les années 1970 et 1990. Aujourd'hui cette évolution semble se ralentir. Nos prospections de terrain nous ont permis de constater que certains lits des cours d'eau s'inscrivant dans la dépression permienne sont très incisés. L'encaissement de ces lits semble ancien comme en témoigne leur représentation cartographique sur la carte de Cassini. Il est d'ailleurs possible que l'incision des cours d'eau remonte à la dernière glaciation. Le niveau de la mer, plus bas qu'aujourd'hui, aurait alors entraîné une érosion régressive. De plus, le Petit Réal et l'aval du Gapeau, ont connu un recalibrage et une rectification au XVe s. dans le but de construire le canal de Jean Natte. Il est possible que ces travaux aient engendré une incision du lit de ces deux cours d'eau. Sur les cours d'eau incisés de la dépression permienne, il est possible de noter de nombreux affleurements rocheux, qui contraignent la poursuite de l'enfoncement des lits. De plus, la grande majorité des seuils et barrages recensés aujourd'hui étaient déjà présents en 1954 sur le profil en long dressé par les Grandes Forces Hydrauliques, créant autant de points durs vis-à-vis des évolutions verticales. Face à un phénomène d'encaissement par incision, les lits fluviaux s'auto-ajustent via une tendance à l'élargissement. Ce n'est pas le cas ici pour deux raisons. En ce qui concerne les affluents de rive droite du Réal Martin, la composition du remplissage permien n'est pas favorable à des érosions latérales. En effet, les sables rougeâtres provenant essentiellement du massif des Maures, sont fortement compressés, légèrement grésifiés, et offrent aux courants des berges très cohésives. Plus à l'aval, le Petit Réal et le Gapeau, quant à eux, s'écoulent dans des débris issus de l'érosion du massif de la Sainte Baume, plus favorables aux érosions latérales, mais les berges de ces linéaires sont aussi beaucoup plus protégées donc moins mobiles.

Certains cours d'eau, en revanche, échappent à ce constat d'enfoncement des lits fluviaux, qui, nous le rappelons, est surtout historique plus qu'actuel : les petits affluents (Ruisseaux Saint Lazare, Cubertix, Canadel, Rayolet...) de rive droite du Réal Martin et du Petit Réal, ainsi que les affluents descendant directement du massif des Maures à savoir le Réal Collobrier et le Rimauresq. L'absence d'incision sur les premiers est probablement due à l'importance relative des débits liquides. Pour les seconds, la raison tient probablement plus à des apports sédimentaires amont plus conséquents.

#### 7.4.2 Zonation du fonctionnement hydromorphologique

Au final et pour conclure sur ce premier bilan du fonctionnement hydromorphologique du bassin versant du Gapeau nous proposons la zonation suivante :

Pour le Gapeau :

- Le Gapeau amont (-> amont de Solliès-Pont) : le lit de la rivière est contraint par les reliefs. Le Gapeau s'écoule dans une vallée encaissée où les contrôles structuraux (verticaux et latéraux) sont omniprésents. L'énergie de la rivière est importante, en lien avec des pentes assez fortes (de 1 à 2 %), et permet de déplacer une charge de fond assez grossière mais présente en modeste quantité du fait de têtes de bassin qui produisent très probablement moins de sédiments que par le passé. Nous plaçons les affluents du Gapeau (Vigne Fer, Raby, Vallon des Routes, ...) dans cet ensemble car leurs caractéristiques sont globalement équivalentes à celles du Gapeau, les différences étant liées à la taille de ces sous-systèmes.
- Le Gapeau médian (-> confluence avec le Réal Martin), très anthropisé par la forte urbanisation du secteur des communes de Solliès-Pont/Ville et de la Crau. Le lit s'enfoncé dans le remplissage permien, qui peut localement fournir des apports secondaires (sables, petits galets). Une charge de fond est toujours présente mais la diminution des pentes et la présence de nombreux seuils importants conditionnent les transferts qu'il s'agira dans un second temps de préciser.
- Le Gapeau aval (-> embouchure) : là encore le linéaire est très anthropisé, tant dans sa dimension verticale (seuil de St Eulalie) que latéral (enrochement continue à partir du Pk 3,4). Ce tronçon a connu une sorte d'incision et de recalibrage important suite à de très importants prélèvements liés à la construction de l'aéroport de Hyères-Toulon. La réduction de la pente (0,2 %) et l'effet de seuil doit opérer un tri granulométrique sur la composition de la charge de fond qui s'affine jusqu'à l'embouchure. Les remous solides des seuils sont des zones de dépôts préférentiels dont le fonctionnement restera à préciser. Ce tronçon ne possède qu'un affluent, le vallon des Borrels que nous classerons plutôt comme certains affluents du Réal Martin (cf. ci-dessous).

Pour le Réal Martin :

- Le Réal Martin amont (-> confluence avec le Réal Collobrier) : ce secteur commence au niveau de la confluence du ruisseau Saint Pierre et du Rimauresq. Jusqu'à sa confluence avec le Réal Collobrier, le Réal Martin s'écoule dans une vallée étroite imposant d'importants contrôles structuraux (latéraux et verticaux). La pente est assez importante (0,4 %) pour pouvoir faire transiter une charge de fond qui provient essentiellement du Rimauresq.
- Le Réal Martin aval (-> confluence avec le Gapeau) : à partir de sa confluence avec le Réal Collobrier la pente du Réal Martin diminue. Théoriquement la perte de compétence liée à la rupture de pente pourrait être compensée par l'arrivée nombreux affluents, faiblement chargé, en rive droite sur l'amont de ce secteur (4 affluents sur 3,6 km, du Pk 8,9 au Pk 12,5. Ces éléments seront à préciser par une étude plus poussée des capacités de transport. Comme pour le Gapeau médian et aval, ce tronçon est verticalement contrôlé par plusieurs seuils qui doivent jouer un rôle sur la continuité sédimentaire.

Pour les autres affluents du Gapeau, il est possible de les regrouper en deux grands ensembles :

- Les cours d'eau s'écoulant principalement dans la dépression permienne. Il s'agit des cours d'eau qui prennent leur source dans les Maures ou dans le massif des Morières, parfois simplement à leur piedmont. Ils sont tous (sauf les plus petits d'entre eux) fortement encaissés dans les alluvions de la dépression permienne. La taille de leur bassin de réception conditionne

l'importance de leur propre apport dans les sédiments composant la plaine. Ainsi il est possible de distinguer :

- Les cours d'eau du piedmont du massif des Maurettes (au sud le Petit Réal, au nord le Meige Pan). Le premier draine globalement des apports issus du bassin du Gapeau. Le second quant à lui, possède un bassin de réception dans la Sainte-Baume amont suffisamment important pour que la nature du remplissage permien en soit modifiée. Ces éléments impliquent des apports primaires et secondaires différents, une granulométrie plus grossière, et donc une charge de fond plus importante que les autres affluents drainant la plaine plus au nord. En revanche, ces deux cours d'eau se distinguent l'un de l'autre par leur énergie : la pente du Petit Réal est de 0,5 % alors que celle du Meige Pan est de l'ordre de 1 % ;
  - Les cours d'eau localisés plus au nord (Farembert, Grand Vallat, Merlançon) qui s'inscrivent dans des remplissages liés à l'érosion du massif des Maures. Ici les apports secondaires sont beaucoup plus fins (sables grossiers à très grossiers, petits graviers). La charge de fond est donc peu présente, probablement très rapidement exportée vers l'aval. La géométrie des sections en travers sont plus marquées par les processus d'incision qui vont jusqu'à exhumer un substrat gréseux assez friable. Cette évolution s'explique probablement par une pente globale plus importante (entre 1 et 2 %).
- L'autre catégorie d'affluents correspond à ceux qui drainent une partie du massif des Maures. Ces cours d'eau possèdent une charge de fond issue des produits de l'érosion du massif. En revanche, il est possible d'établir une distinction entre le cours d'eau drainant le versant nord du bassin versant, le Rimauresq, et le Réal Collobrier.
    - Le premier est un cours d'eau de taille modeste qui de par sa pente très importante a une forte activité hydro-sédimentaire. Son arrivée au niveau de la plaine est une zone de contact où il se délivre d'une partie de sa charge de fond. Le fonctionnement précis de cette zone de piedmont reste à approfondir.
    - Le second est un système de taille importante à l'échelle du bassin (16,9 % de la surface totale du bassin versant). La vallée du Réal Collobrier s'est constituée à la faveur d'un jeu de failles orientées Est-Ouest. Globalement sa pente assez forte (0,9%) lui permet un transport efficace de ses sédiments jusqu'à sa confluence. Cependant elle diminue progressivement induisant des zones de dépôts sur sa partie aval, comme en témoigne l'importance des atterrissements dans cette zone au milieu du XIXe s. Cependant ce bassin versant est probablement également concerné par la problématique du tarissement sédimentaire. Une caractérisation plus fine du transport solide sera ici nécessaire.
    - Enfin le vallon des Borrels est un affluent atypique dont le fonctionnement est un mix entre celui des affluents de rive droite du Réal Martin et des petits affluents du versant des Maures.

### 7.4.3 Détermination des zones à enjeu par rapport aux dynamiques hydromorphologiques

Notre première analyse, qui devra être complétée à la fois par des prospections de terrain plus poussées et une étude du transport solide (capacité de transport, évaluation des (dis)continuités sédimentaires) mais aussi par un recensement des enjeux socio-économiques, hydrauliques et écologiques, nous permet d'identifier des zones pour lesquelles il sera nécessaire d'approfondir nos recherches. Parmi elles nous pouvons d'ores et déjà citer, d'aval en amont :

- De comprendre le fonctionnement du Gapeau au niveau de son embouchure. Il s'agit de valider la présence d'un bouchon sableux et éventuellement, en fonction des données disponibles, de comprendre sa dynamique en lien avec les différents épisodes de crue ou de tempête maritime ;

- D'évaluer les impacts cumulés des actions anthropiques sur le Gapeau aval et le potentiel de restauration physique sur ce tronçon ;
- De saisir le rôle des aménagements transversaux dans le transfert de la charge grossière au niveau du Gapeau médian et du Réal Martin aval ;
- De distinguer les affluents et tronçons d'affluents qui sont fortement incisés de ceux qui ne le sont pas encore mais qui risquent de l'être dans les années à venir ;
- De comprendre les dynamiques de transfert de la charge de fond des cours d'eau drainant le massif des Maures et de localiser les potentielles zones de dépôts où des interactions exhaussements/inondations seraient problématiques ;
- De localiser les secteurs où les dynamiques morphologiques sont sources de qualités physiques des milieux afin de mettre en place des actions de préservation.

## 8. Synthèse des rencontres et visites de terrain

L'ensemble du bassin versant du Gapeau et du Roubaud a fait l'objet de visites de terrain. Les différents entretiens réalisés au cours de la phase 1 ont permis d'identifier et de localiser les secteurs à enjeux, notamment :

- La localisation des désordres liés au débordement de cours d'eau ;
- La localisation des désordres liés au ruissellement pluvial ;
- La localisation des désordres liés à l'aléa géomorphologique ;
- Les zones d'enjeux forts (zones résidentielles, bâtiments stratégiques, zones d'activités, ...) ;
- Les ouvrages hydrauliques de protection contre les inondations.

L'**annexe 4** présente la cartographie des désordres liés aux 3 thématiques (débordement, ruissellement et hydrogéomorphologique) suite aux rencontres et aux visites de terrain.

Les paragraphes suivants présentent des secteurs spécifiques pour chaque commune du territoire ayant fait l'objet de visites et d'investigations afin de mieux comprendre les dysfonctionnements observés et de recueillir des témoignages sur les épisodes de crue passés.

Ces visites de terrain se sont étalées tout au long de la phase 1 et se poursuivront lors de la phase 2 dans l'objectif de couvrir l'ensemble des secteurs à enjeux. Ces visites de terrain, en phase 2, auront pour objectif :

- D'identifier des repères de crues et de PHE via le recueillement de témoignages ;
- De confronter les résultats de la modélisation hydraulique à venir et de vérifier les emprises des zones inondées calculées ;
- De compléter et affiner l'analyse hydrogéomorphologique (débordement et ruissellement) sur certains secteurs spécifiques ;
- De mieux comprendre le fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau.

***NB : L'ensemble des éléments photographiques et des informations de terrain acquis dans le cadre de cette étude feront l'objet d'un rendu géolocalisé au sien d'un SIG global.***

## 8.1 Commune de Pierrefeu-du-Var

### 8.1.1 Secteur de l'hôpital

L'hôpital de Pierrefeu-du-Var est situé en rive gauche du Réal Martin, au nord de Pierrefeu. Lors de l'épisode de janvier 2014, le Réal Martin a débordé en rive gauche inondant la crèche de l'hôpital et le bâtiment « Le Provence », proche du cours d'eau (entouré en rouge sur l'extrait cartographique suivant).

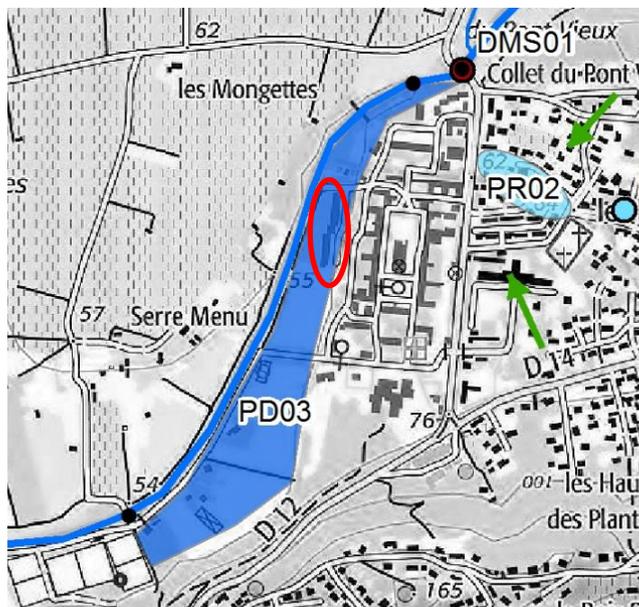


Figure 109 - Secteur de l'hôpital (extrait cartographique)

Lors de la visite de terrain réalisée le 24 août 2017, l'ensemble de parc de l'hôpital impacté par la crue de janvier 2014 a pu être visité, accompagné par le directeur des services techniques du site. Comme en témoignent les photos suivantes, des dégâts importants ont été observés (clôtures emportées, murs affaiblis voir détruits, routes goudronnées soulevées). Le bâtiment « Le Provence » a été évacué avant l'épisode et reste aujourd'hui encore dans l'état inoccupé.



Photo 26 - Clôture emportée dans l'enceinte de l'hôpital de Pierrefeu (photo prise le 24/08/17)



Photo 27 - Clôture et muret détruit par la crue de janvier 2014 (photo prise le 24/08/17)

### 8.1.2 Hameau de la Tuilière

Le hameau de la Tuilière a été impacté par la crue de janvier 2014. Les débordements du Réal Collobrier en amont de la confluence avec le Réal Martin a inondé les premières maisons du hameau.



Figure 110 - Hameau de la Tuilière (extrait cartographique)

Lors de la visite de terrain sur Pierrefeu du 24 août 2017, les traces de la crue de janvier 2014 étaient encore visibles sur la maison la plus proche du cours d'eau, comme l'illustre la photo suivante.



Photo 28 - Laisse de crue au hameau de la Tuilière (photo prise le 24/08/2017)

## 8.2 Commune de Cuers

### 8.2.1 Partie aval du Saint-Lazare

Le ruisseau Saint-Lazare sur la commune de Cuers en aval de la voie ferrée présente d'importants désordres hydromorphologiques. De nombreuses érosions de berges ont été remarquées le long de la route communale longeant le cours d'eau.

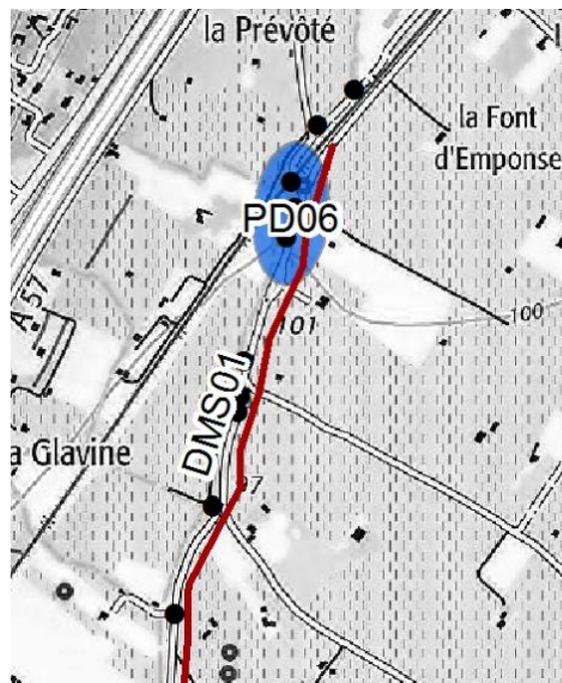


Figure 111 - Partie aval du Saint-Lazare (extrait cartographique)

Lors de la rencontre avec les services techniques de la ville de Cuers du 7 septembre 2017, le linéaire impacté par ce problème d'érosion a été parcouru. Les photos suivantes montrent les désordres observés et les mesures ponctuelles prises par la ville pour y remédier.



Photo 29 - Phénomène d'érosion observé sur le Saint-Lazare (photo prise le 07/09/17)



Photo 30 - Renforcement de berge sur le Saint-Lazare (photo prise 07/09/17)

## 8.3 Commune d'Hyères

### 8.3.1 Vallon des Borrels

Le quartier des Borrels sur la commune d'Hyères, porte son nom du vallon qui le traverse. Ce vallon est sujet à des débordements fréquents lors d'épisodes orageux plus ou moins intenses.

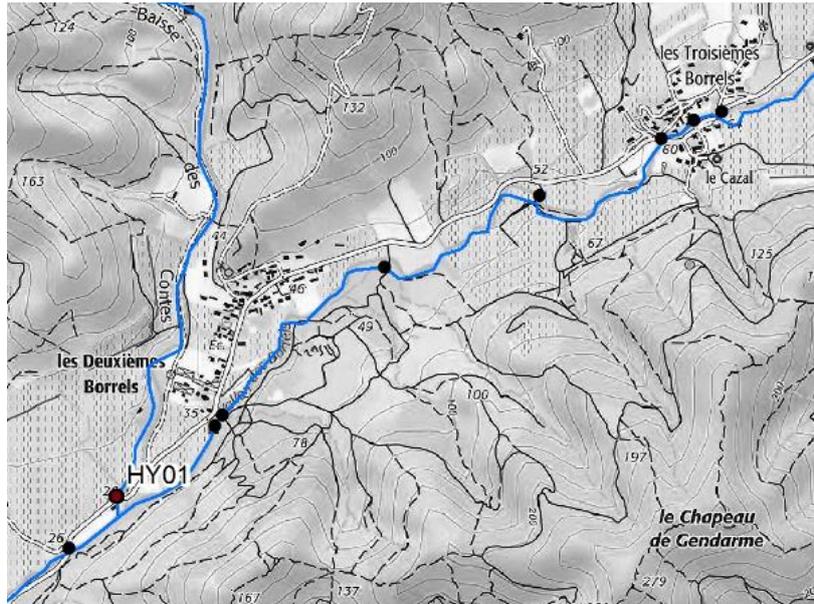


Figure 112 - Quartier des Borrels sur la commune d'Hyères (extrait cartographique)

Lors d'une visite de terrain, réalisée le 1<sup>er</sup> août 2017, en plus des zones sujettes à des débordements identifiés, il a aussi été mis en avant des dysfonctionnements hydromorphologiques, comme l'illustrent les photos suivantes.



Photo 31 - Ouvrage hydraulique de franchissement au sein du quartier des Troisièmes Borrels (photo prise le 01/08/17)



Photo 32 - Renforcement des berges en rive droite, le long de la route des Borrels (photo prise le 01/08/17)

### 8.3.2 ZEC du Plan du Pont

La Zone d'Expansion de Crue (ZEC) du Plan du Pont est située en rive gauche du Gapeau. Ce site a pour fonction l'écrêtement des crues du Gapeau visant à protéger la ville d'Hyères des inondations, notamment le quartier de l'Oratoire (cf. paragraphe suivant).

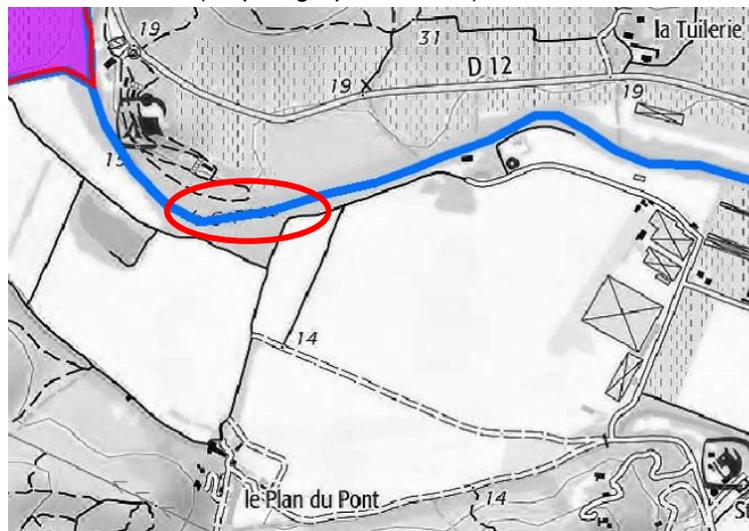


Figure 113 - ZEC du Plan du Pont (photo prise le 01/08/17)

Le déversoir (entouré en rouge sur la figure précédente) a fait l'objet d'une visite de terrain le 1<sup>er</sup> août 2017. Ce déversoir est équipé d'une échelle limnimétrique et d'un système de surveillance par caméra (propriété commune entre le SPC Méd-Est et la Ville d'Hyères) comme le montre les photos suivantes.



Photo 33 - Déversoir de la ZEC du Plan du Pont (photo prise le 01/08/17)



Photo 34 - Echelle limnimétrique du déversoir (photo prise le 01/08/17)



Photo 35 - Système de surveillance du déversoir (photo prise le 01/08/17)

### 8.3.3 Quartier de l'Oratoire

Un autre secteur visité sur la commune d'Hyères est le quartier de l'Oratoire ainsi que le seuil de la Clapière en amont. Le quartier de l'Oratoire est situé en rive droite du Gapeau.

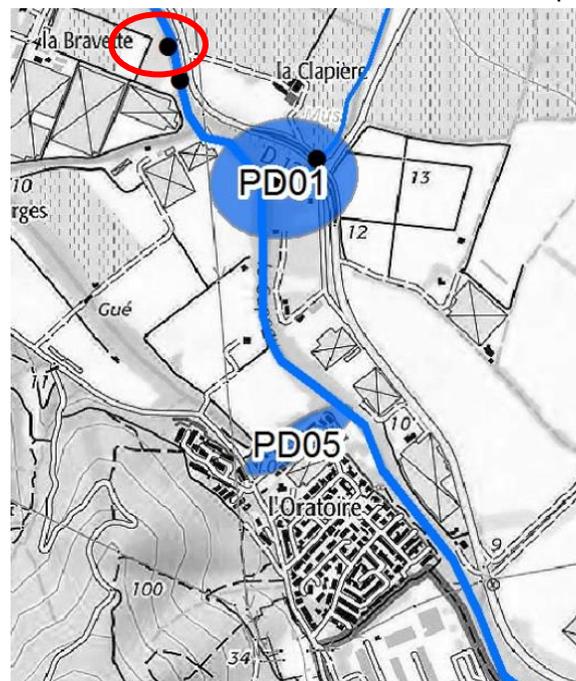


Figure 114 - Seuil de la Clapière et quartier de l'Oratoire (extrait cartographique)

Le seuil de la Clapière est situé sur le Gapeau, en amont de la confluence avec le vallon des Borrels (localisé en rouge sur la figure précédente). Ce seuil est présenté sur la photo suivante.

Ce seuil fait l'objet de nombreux débats entre les différents acteurs du bassin versant du Gapeau (fédération de la pêche, ville d'Hyères, SMBVG).

Le devenir de ce seuil et son possible réaménagement sera étudié dans la phase 2 et 3 de l'étude, à la fois dans un souci d'impact hydraulique, mais également d'impact sur le fonctionnement hydromorphologique du cours d'eau et de la continuité écologique.



**Photo 36 - Seuil de la Clapière (photo prise le 01/08/17)**

Suite à de nombreuses études qui ont suivies les épisodes historiques de crue de 1999 et 2000, des aménagements de protection ont été réalisés pour protéger le quartier de l'Oratoire des crues du Gapeau. Un système d'endiguement a été mis en place tout le long du quartier de l'Oratoire, comme l'illustre la photo suivante.



**Photo 37 - Ouvrage de protection du quartier de l'Oratoire (photo prise le 01/08/17)**

### 8.3.4 Le Parc Olbius Riquier

Des investigations de terrain ont été menés sur le Roubaud, notamment sur sa partie aval canalisée et au niveau du parc Olbius Riquier (localisé en rouge sur la figure ci-après).

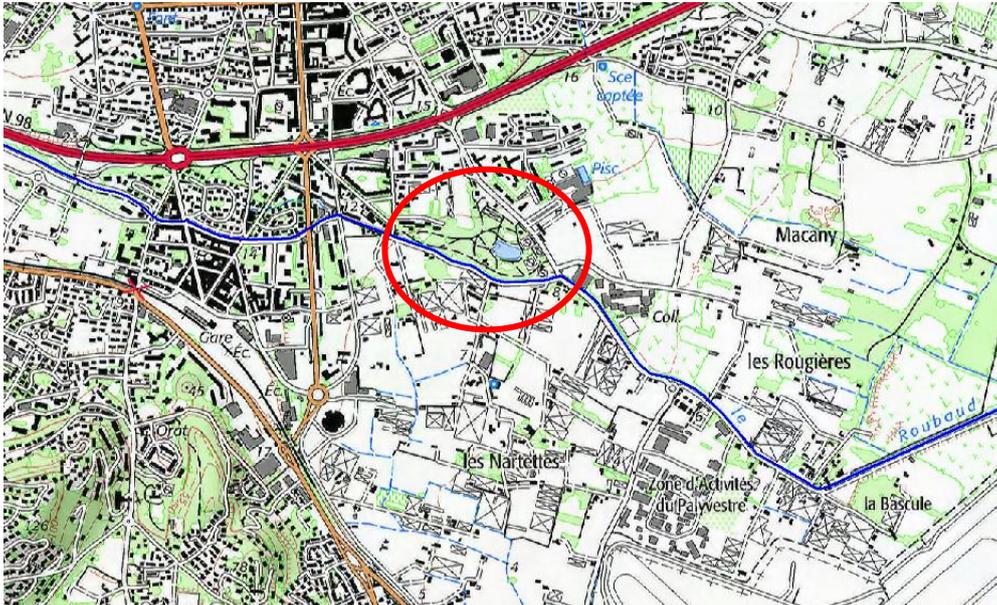


Figure 115 - Le Roubaud à Hyères (extrait du SCAN 25)

Des débordements peuvent être observés sur la route longeant le Roubaud au droit du parc, comme l'illustre les photos suivantes. Le parc Olbius Riquier récupère les eaux du canal Jean Natte avant d'être renvoyées vers le Roubaud.



Photo 38 -Le Roubaud au droit du parc Olbius Riquier



Photo 39 - Evacuation des eaux du parc Olbuis Riquier vers le Roubaud (photo prise le 27/10/17)

## 8.4 Commune de La Crau

### 8.4.1 Secteur de la Grillonne

Sur la commune de La Crau, de nombreux désordres hydromorphologiques ont été observés sur le Gapeau, en aval du centre urbain, au niveau de la station d'épuration et du secteur de la Grillonne.



Figure 116 - Secteur de la Grillonne (extrait cartographique)

Les photos suivantes illustrent ces désordres hydromorphologiques. On peut voir des érosions de berges ainsi que l'existence de sédiments dans le lit mineur. La présence de sédiment traduit un transit sédimentaire important dans le Gapeau à ce niveau.



Photo 40 - Le Gapeau au niveau de la Grillonne (photo prise le 12/09/17)

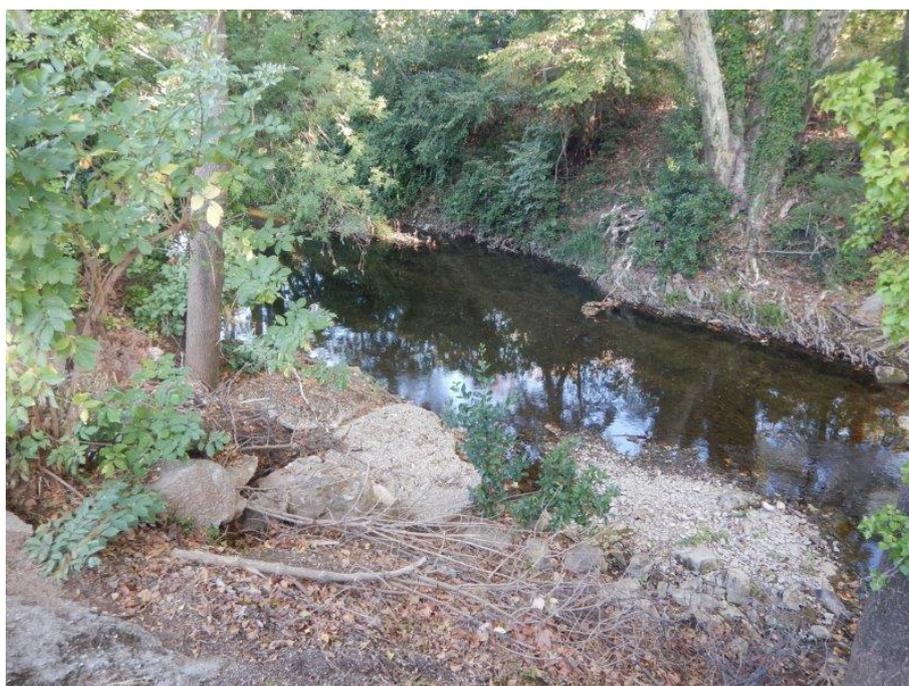


Photo 41 - Le Gapeau au niveau de la station d'épuration (photo prise le 12/09/17)

#### 8.4.2 Pont de la RD 29

Des débordements du Réal Martin ont été observés sur la commune de La Crau au niveau du franchissement de la RD 29. Cet ouvrage est composé de 2 arches en lit mineur et de plusieurs arches de décharges de part et d'autre du lit mineur.

## ie de la réaliastion au

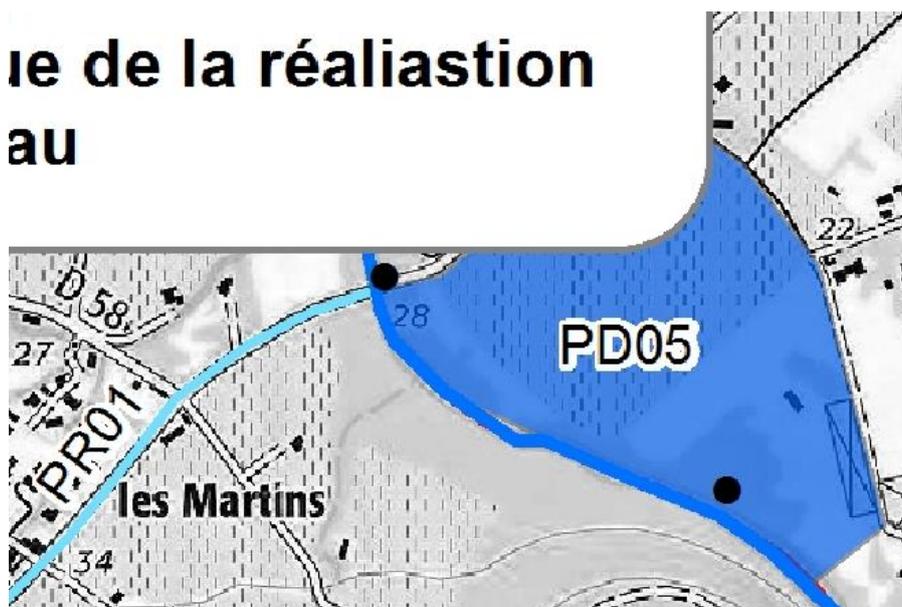


Figure 117 - Pont de la RD 29 sur le Réal Martin (extrait cartographique)

Lors d'une visite de terrain le 12 septembre 2017, l'investigation de cette ouvrage a permis de mieux comprendre le fonctionnement hydraulique au niveau de ce point hydraulique particulier. De plus, il a été observé de nombreux troncs et branchages en amont des piles de l'ouvrage comme le montre la photo suivante.



Photo 42 - Ouvrages de décharges pour le franchissement de la RD 29 (photo prise le 12/09/17)



Photo 43 - Embâcles (troncs et branchages) au niveau du franchissement de la RD 29 (photo prise le 12/09/17)

## 8.5 Communes de Solliès-Ville et Solliès-Pont

### 8.5.1 Lieu-dit « Les Daix »

Au niveau du lieu-dit «Les Daix », quelques maisons sont exposées au risque d'inondation du Gapeau. Le long de l'impasse des Daix, d'après les quelques témoignages recueillis, les jardins en bordure du Gapeau ont été inondés lors des crues historiques.



Figure 118 - Secteur du lieu-dit "Les Daix" (extrait cartographique)

La photo suivante illustre le jardin d'un riverain en rive gauche du Gapeau, (impasse des Daix) dont le jardin était entièrement inondé lors des gros épisodes de crue du Gapeau.



Photo 44 - Jardin en bordure du Gapeau le long de l'impasse des Daix (photo prise le 11/09/17)

### 8.5.2 Le Pont Neuf

Au niveau du hameau du Pont Neuf, l'investigation de terrain menée le 11 septembre 2017 a permis de recueillir de nombreux témoignages sur les possibles débordements du Gapeau.

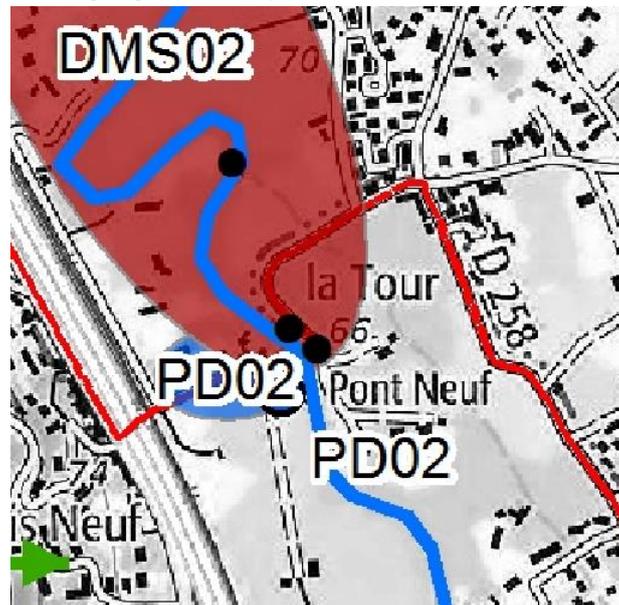


Figure 119 - Hameau du Pont Neuf (extrait cartographique)

Lors des épisodes de crue historique de 1999 et 2000 du Gapeau, les débordements ont inondé les premières maisons du Hameau avec des hauteurs observées de plus de 1 m. Les témoignages recueillis ont permis d'établir des premiers repères de PHE comme l'illustre la photo suivante.

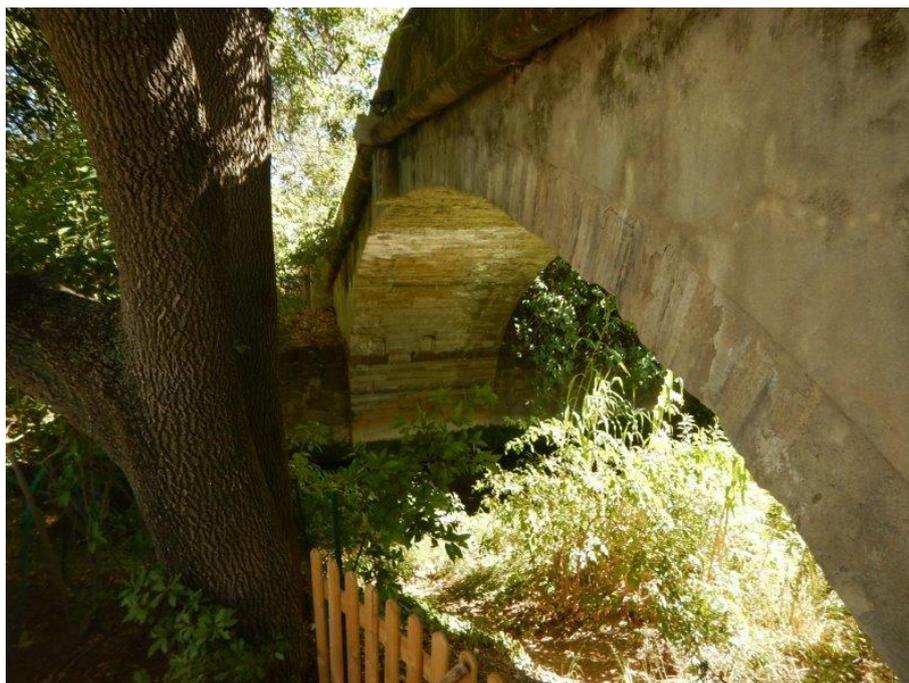


Photo 45 - Ouvrage hydraulique du Pont Neuf (photo prise le 11/09/17)



Photo 46 - Repère de PHE pour les crues historiques de 1999 et 2000 (photo prise le 11/09/17)

## 8.6 Commune de Carnoules

### 8.6.1 Quartier des Moulières

Sur la commune de Carnoules, le quartier des Moulières est particulièrement vulnérable au risque inondation. Lors de l'épisode de décembre 2005, le ruisseau de la Font de l'Île, longeant le quartier, a débordé et a inondé l'ensemble du quartier.

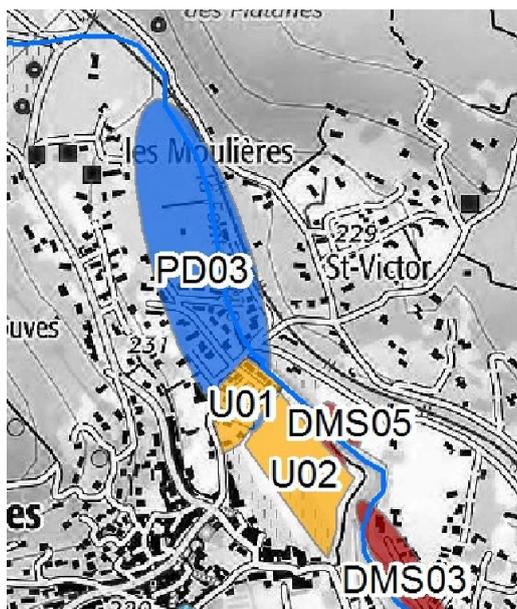


Figure 120 - Quartier des Moulrières (extrait cartographique)

Suite au schéma directeur réalisé sur la commune, de nombreux aménagements et travaux ont été réalisés dont le recalibrage du ruisseau et des franchissements au niveau du quartier des Moulrières. Les photos suivantes montrent le ruisseau de la Font de l'Île en état actuel suite à ces aménagements et travaux.



Photo 47 - Franchissement du chemin de la fontaine de l'Île (photo prise le 19/10/17)



Photo 48 - Ruisseau de la Font de l'île au droit du quartier des Moulières (photo prise le 19/10/17)

## 8.7 Commune de Collobrières

### 8.7.1 Amont du centre urbain

Sur la commune de Collobrières, en amont du centre urbain, une zone de dysfonctionnement hydraulique a été identifiée au niveau du pont localisé en rouge sur la figure suivante.

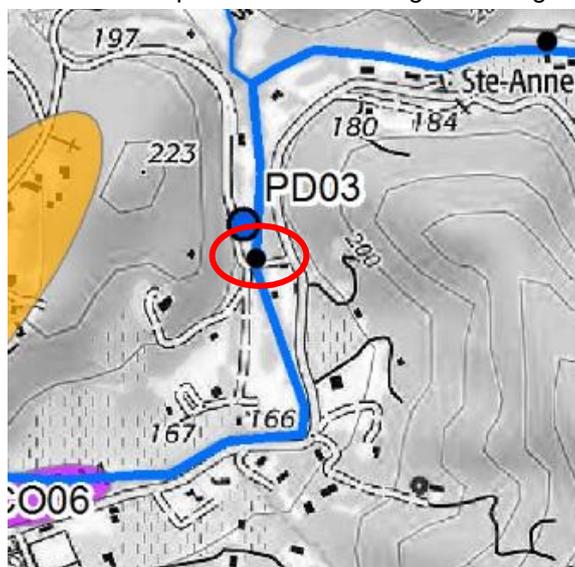


Figure 121 - Amont du village de Collobrière (extrait cartographique)

Dans ce secteur, une maison est située en rive droite en amont de l'ouvrage de franchissement. Cette maison a été touchée à plusieurs reprises par les inondations du Réal Collobrier.



Photo 49 - Ouvrage hydraulique de franchissement du Réal Collobrier (photo prise le 01/08/17)



Photo 50 - Maison exposé aux inondations en rive droite (photo prise le 01/08/17)

### 8.7.2 Aval du centre urbain

Un deuxième secteur exposé au risque d'inondation a fait l'objet d'une visite de terrain : l'aval direct du centre urbain au niveau de la déchetterie et du centre technique municipal.

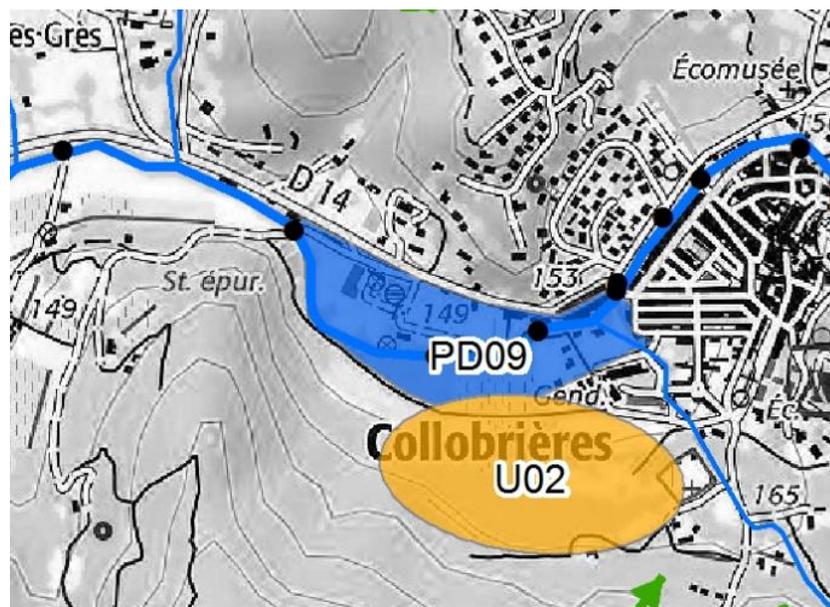


Figure 122 - Secteur aval du centre urbain de Collobrières (extrait cartographique)

La présence de la déchetterie en bordure du Réal Collobrier, en rive droite, peut entraîner un risque potentiel en cas de crue du Réal Collobrier, de voir des matériaux et déchets emportés par les eaux dans le cours d'eau.



Photo 51 - Déchetterie de Collobrières (photo prise le 01/08/17)



Photo 52 - Lit mineur du Réal Collobrier au droit de la déchetterie (photo prise le 01/08/17)

## 8.8 Commune de Signes

### 8.8.1 Secteur de la carrière

Sur la commune de Signes, il existe une carrière en amont du Gapeau, sur le bassin versant du ruisseau du Latay, dans la plaine de Chibron.

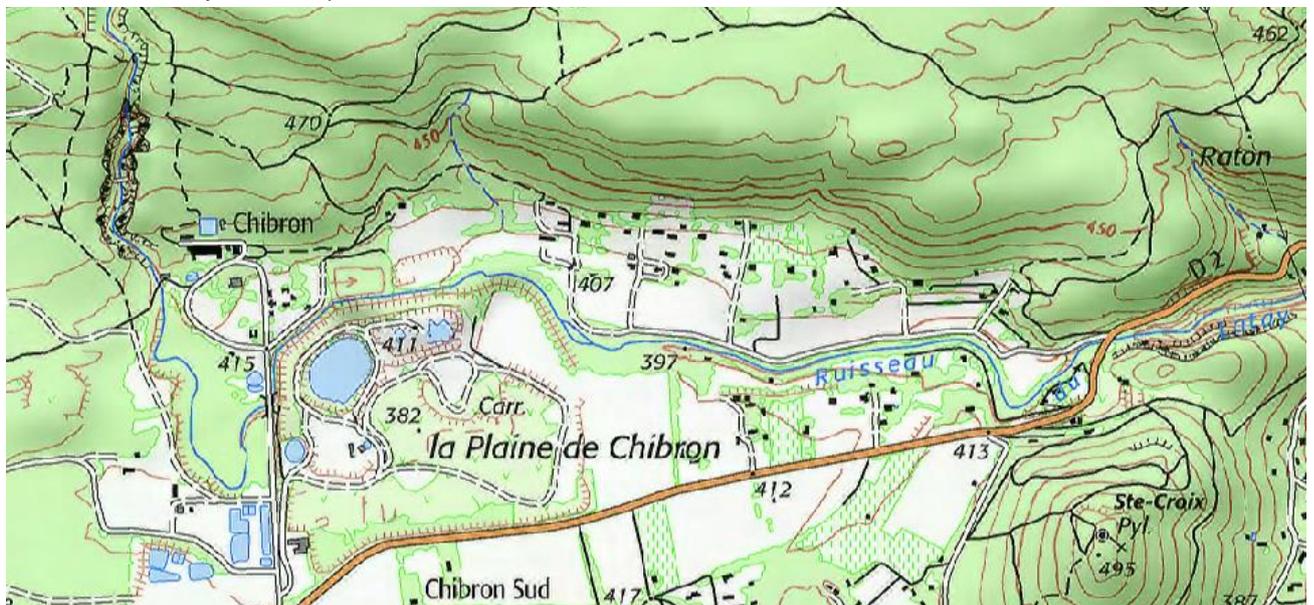


Figure 123 - Secteur de la carrière de Signes (extrait du SCAN 25)

Une visite de terrain menée sur ce secteur a permis de mettre en évidence la présence dans le lit mineur du Latay de nombreuses particules solides indiquant l'existence d'une dynamique de transport solide importante. Ce phénomène s'ajoute aux activités de la carrière présente en bordure de cours d'eau.



Photo 53 - Carrière de Signes en bordure du Latay (photo prise le 02/08/17)



Photo 54 - Fond du lit mineur du Latay au droit de la carrière (photo prise le 01/08/17)

## 8.9 Commune de Solliès-Toucas

### 8.9.1 Centre urbain

La traversée du Gapeau dans le centre urbain de Solliès-Toucas a fait l'objet de reconnaissance le 2 aout 2017.



Figure 124 - Centre urbain de Solliès-Toucas (extrait cartographique)

Dans ce secteur, le lit mineur du Gapeau est relativement large et les berges sont constituées des murs de propriétés comme le montre les photos suivantes.



Photo 55 - Le cours d'eau du Gapeau au droit de la mairie de Solliès-Toucas (photo prise le 02/08/17)



Figure 125 - Salle de sport au droit du lit mineur du Gapeau (photo prise le 02/08/17)

## 9. Etablissement du besoin topographique complémentaire

Afin de réaliser la modélisation hydraulique et définir les aménagements sur le territoire d'étude, des besoins topographiques complémentaires ont été établis. Ces besoins ont été définis en fonction des levés existants exploitables (bonne qualité, récents), et des zones à modéliser.

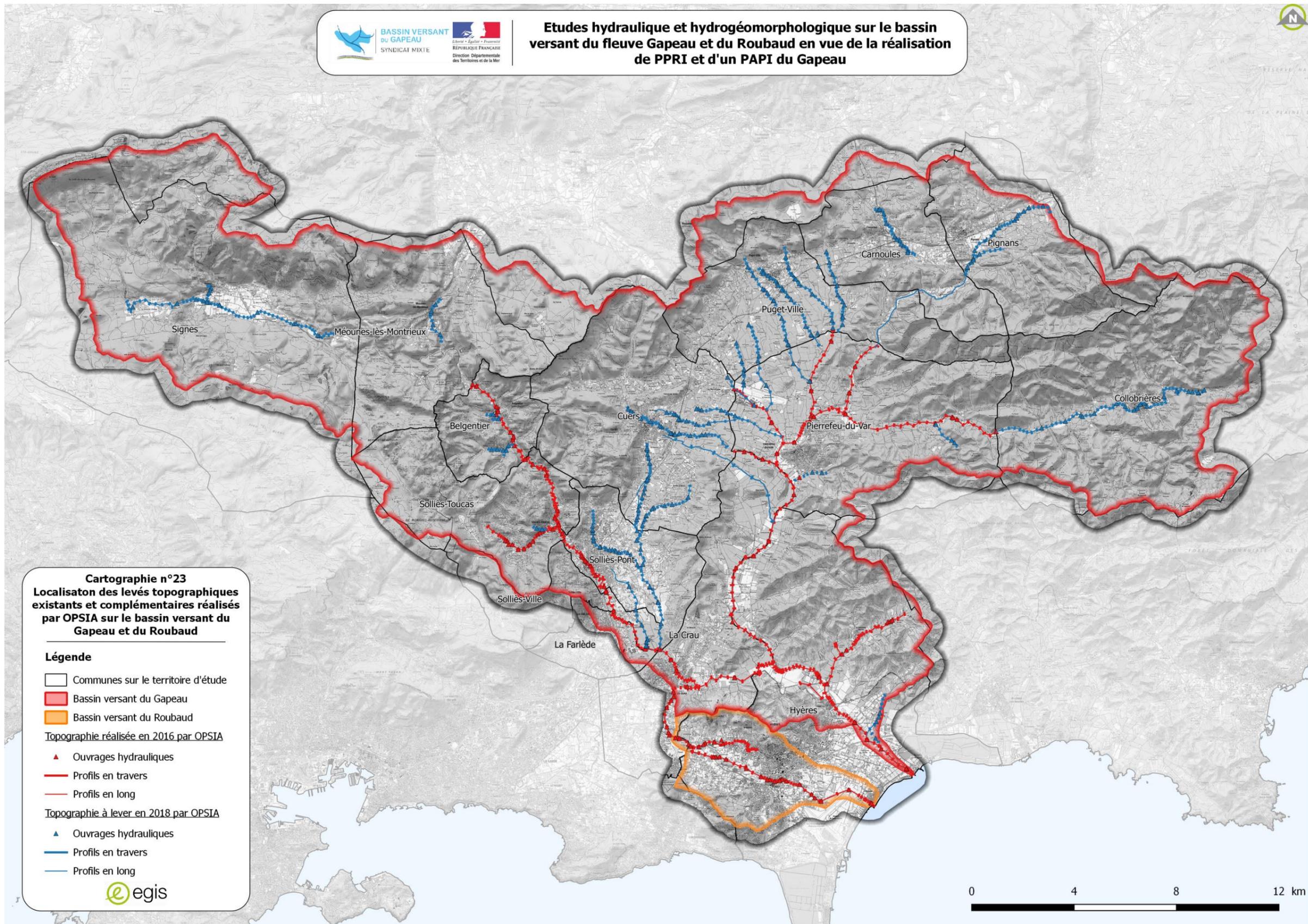
Ces linéaires de modélisation correspondent à des zones à enjeux qui ont été déterminés lors des visites de terrain ainsi que lors des rencontres avec les acteurs locaux.

Ces levés topographiques complémentaires comprennent :

- Des levés topographiques de profils en travers ;
- Des levés topographiques d'ouvrages hydrauliques ;
- Des levés topographiques de profils en long ;
- Des levés planimétriques et altimétriques par semis de points.

Le marché correspondant a été attribué au cabinet OPSIA en décembre 2017. Les travaux de topographie seront réalisés courant 2018.

La cartographie en page suivante localise l'implantation des levés topographiques existants (réalisés en 2016 par le cabinet OPSIA pour le compte de la DDTM du Var) et des levés topographiques complémentaires pour la réalisation de la phase 2 de la présente étude.



Cartographie 23 - Implantation des levés topographiques existants et complémentaires sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud

# 10. Méthodologie d'identification de l'aléa inondation en phase 2

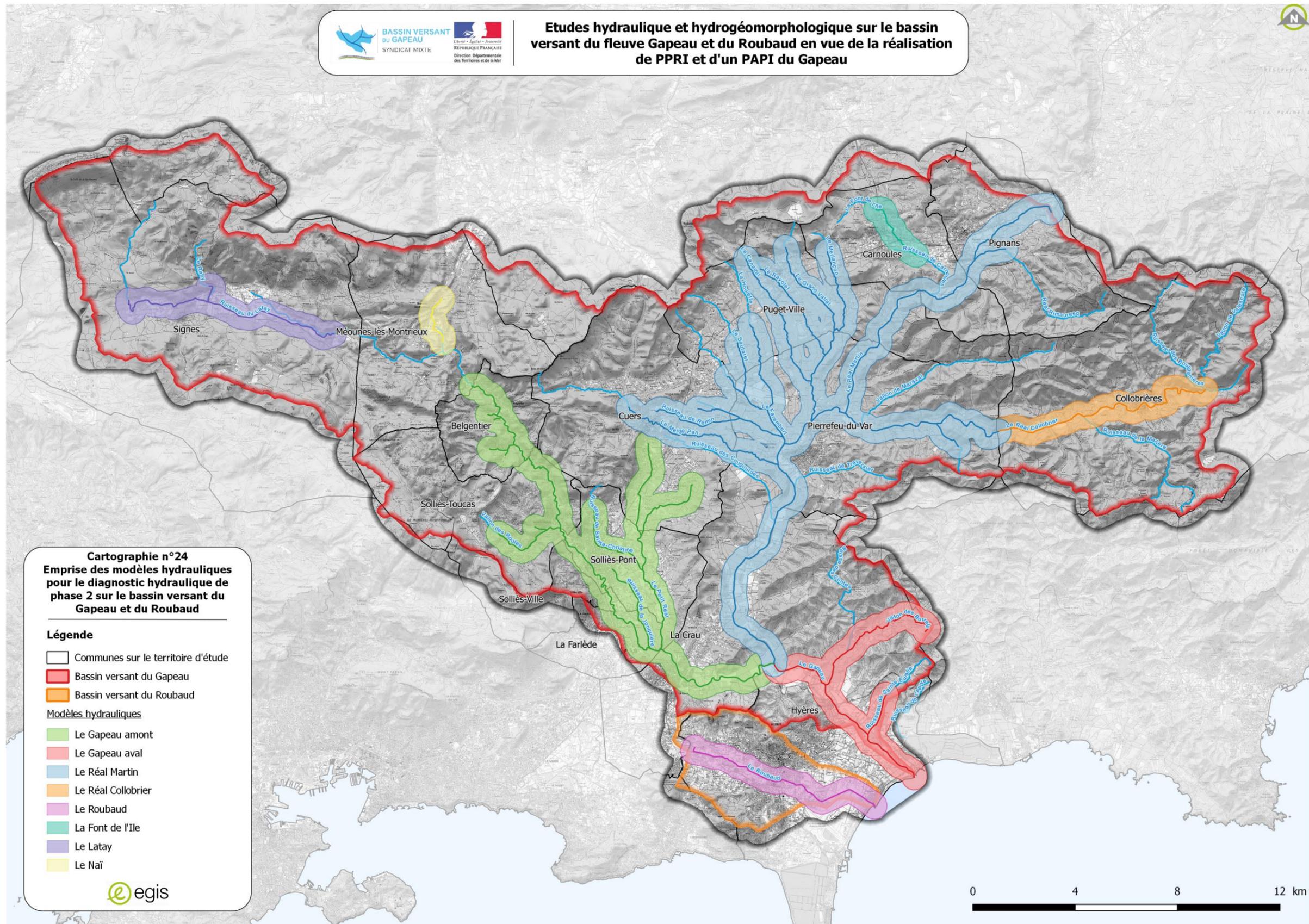
## 10.1 Modélisation hydraulique débordements de cours d'eau

### 10.1.1 Cartographie des modèles hydrauliques proposés

Suite au travail d'analyse hydrologique et en prenant en compte les levés topographiques complémentaires qui sont en cours de réalisation, un découpage de l'ensemble du linéaire à modéliser est proposé comme suit :

- Une modélisation hydraulique du Latay (linéaire de 10 km) ;
- Une modélisation hydraulique du Naï (linéaire de 2 km) ;
- Une modélisation hydraulique du Gapeau et de ses principaux affluents de Belgentier à la confluence avec le Réal Martin (linéaire total de 50 km) ;
- Une modélisation du ruisseau de la Font de l'Ile (linéaire de 2,5 km) ;
- Une modélisation du Réal Collobrier de Collobrières au domaine de la Portanière (linéaire de 10 km) ;
- Une modélisation hydraulique du Réal Martin et de ses principaux affluents de Carnoules à la confluence avec le Gapeau (linéaire total de 85 km) ;
- Une modélisation hydraulique sur Hyères du Gapeau de la confluence avec le Réal Martin à son exutoire en mer (linéaire de 15 km) ;
- Une modélisation hydraulique du Roubaud à Hyères (linéaire de 8 km).

La cartographie en page suivante présente les différents modèles hydrauliques envisagés. Ce découpage est une première proposition. Ce découpage pourra être amené à évoluer en fonction notamment de l'avancée des levés topographiques et des volontés du SMBVG et de la DDTM 83.



Cartographie 24 - Découpage des modèles hydrauliques 1D/2D pour le diagnostic hydraulique de la phase 2

### 10.1.2 Outils et premières hypothèses

Dans le cadre de la phase 2, un diagnostic hydraulique détaillé des principaux cours d'eau du bassin versant du Gapeau et du Roubaud sera mené par le biais d'une **modélisation hydraulique bidimensionnelle** avec l'aide des outils de modélisation hydraulique InfoWorks RS et ICM.

Le périmètre de modélisation (détaillé dans le paragraphe précédent) intègre les zones à enjeux identifiés au cours de la phase 1 et également les stations hydrométriques.

Les conditions limites des différents modèles sont les suivantes :

- Les hydrogrammes en amont issus du modèle hydrologique réalisé sous HEC-HMS dans l'étude de SCE & AQUA Conseil de juin 2015. Au vu des premières conclusions sur l'analyse de cette étude hydrologique, une première étape consistera à contrôler puis valider en accord avec le SMBVG et les services de l'Etat les débits à prendre en compte pour différents scénarios et pour les crues de projet de période de retour 5, 10, 20, 30, 50, 100 ans et exceptionnel.
- En aval, la condition limite sera de deux types : une cote marine pour les exutoires en mer ou une condition de sortie libre pour les modèles amont. La cote marine prise en compte devra être

Pour le bassin versant du Roubaud, une analyse hydrologique sera réalisée en phase 2. L'outil pour la modélisation hydrologique sera HEC-HMS. Un découpage en sous bassin versant sera proposé et après validation de pluies historiques et de projet, les débits de points de projet pourront être calculés pour chaque sous bassin versant.

Suite au modèle hydrologique, un modèle hydraulique avec les outils de modélisation InfoWorks RS et ICM sera construit afin de définir un zonage de l'aléa inondation sur l'ensemble du Roubaud pour les différentes périodes de retour.

## 10.2 Modélisation hydraulique du ruissellement

Une modélisation hydraulique bi-dimensionnelle des écoulements de surface sera mise en place lors de la phase 2 au niveau des 8 communes PPR (sur l'emprise du bassin versant du Gapeau). La méthodologie globale de mise en place de ce modèle est présentée ci-dessous.

A noter que la validation de certaines hypothèses de calcul fera l'objet d'une réunion de travail spécifique en début de phase 2 et s'appuiera également sur les premiers résultats du modèle déployé sur le secteur pilote de la Farlède.

### 10.2.1 Pluie de référence considérée

Par expérience, il est préférable dans la mesure du possible de retenir comme pluie de référence une pluie réelle exceptionnelle vécue sur le territoire, ou à défaut, une pluie réelle mise à l'échelle centennale (si on vise à caractériser les écoulements correspondant à un événement pluvieux de période de retour centennale), choix plus facile à justifier ensuite auprès des différents acteurs, les communes notamment.

Se posera également la question de la distribution spatiale de cette pluie de référence. Plusieurs options sont envisageables à ce stade : appliquer une seule pluie de manière homogène sur tout le territoire (approche sécuritaire) ou alors appliquer un coefficient d'abattement spatial.

Dans tous les cas, un premier travail consistera à collecter les données pluviométriques disponibles pour les pluies historiques « candidates » pour être retenues comme pluie de référence (pluviomètres Météo-France au pas de temps 6min, données d'autres stations pluviométriques locales qui peuvent

avoir des pas de temps d'acquisition différents et les statistiques de pluies Météo-France afin d'associer à cette pluie une période de retour sur différentes durées).

Il convient de garder à l'esprit que la modélisation proposée n'a pas vocation à reproduire de manière réaliste les débordements le long de certains grands cours d'eau du territoire dont le régime hydrologique, la dynamique de crues et la superficie des bassins d'apports ne sont pas compatibles avec la pluie simulée. Ces débordements sont traités par ailleurs dans le cadre de la modélisation hydraulique des débordements de cours d'eau.

### 10.2.2 Prise en compte de l'impact des réseaux d'évacuation des eaux pluviales

La modélisation proposée ne prévoit pas d'intégrer les réseaux d'évacuation des eaux pluviales (séparatif et unitaire) dans la mesure où l'objectif est bien de caractériser les écoulements exceptionnels, résultant d'une pluie de période de retour largement supérieure à la période de retour de dimensionnement de ces réseaux.

Ces derniers n'en représentent pas moins une certaine capacité de drainage qui va permettre d'absorber de fortes pluies jusqu'à saturation.

Une méthodologie permettant une prise en compte simplifiée de l'impact de réseaux d'évacuation des eaux pluviales, au travers d'un abattement de la pluie de référence, sera donc mise en place.

### 10.2.3 Construction du modèle bi-dimensionnel

#### 10.2.3.1 Résolution du maillage de calcul

A ce stade, il convient de rappeler :

- Que l'ensemble du bassin versant alimentant les 8 communes PPR devra être pris en compte dans la modélisation afin de bien représenter l'intégralité des apports se propageant vers les secteurs urbanisés en enjeu en aval ;
- Que la précision du maillage de calcul bi-dimensionnel pourra être ajusté en fonction de l'occupation des sols et des enjeux en présence. Ainsi :
  - Sur les zones dites à enjeux (zones actuellement urbanisées, zones à urbaniser au futur PLUi, zones de frange en périphérie des zones urbaines et zones de hameaux) une résolution de maille très fine (largeur d'une voirie) permettant de représenter très précisément l'emprise des zones inondables et donc de cartographier les hauteurs de submersion, vitesses d'écoulement et l'aléa sera retenue ;
  - Sur les zones sans enjeux, naturelles et/ou agricoles, une résolution plus grossière sera retenue mais qui permettra néanmoins de bien représenter les apports hydrologiques vers l'aval et les zones à enjeux

La cartographie page suivante présente l'emprise totale du bassin versant qui sera modélisé en phase 2 et identifie également les secteurs urbanisés ou de développement potentiel au niveau desquels un maillage de calcul fin devra être mis en place.

***N.B. : Le Roubaud sur la commune d'Hyères n'est pas représenté sur la cartographie. La modélisation hydraulique du ruissellement sur la ville d'Hyères est réalisée par EGIS en phase 2.***

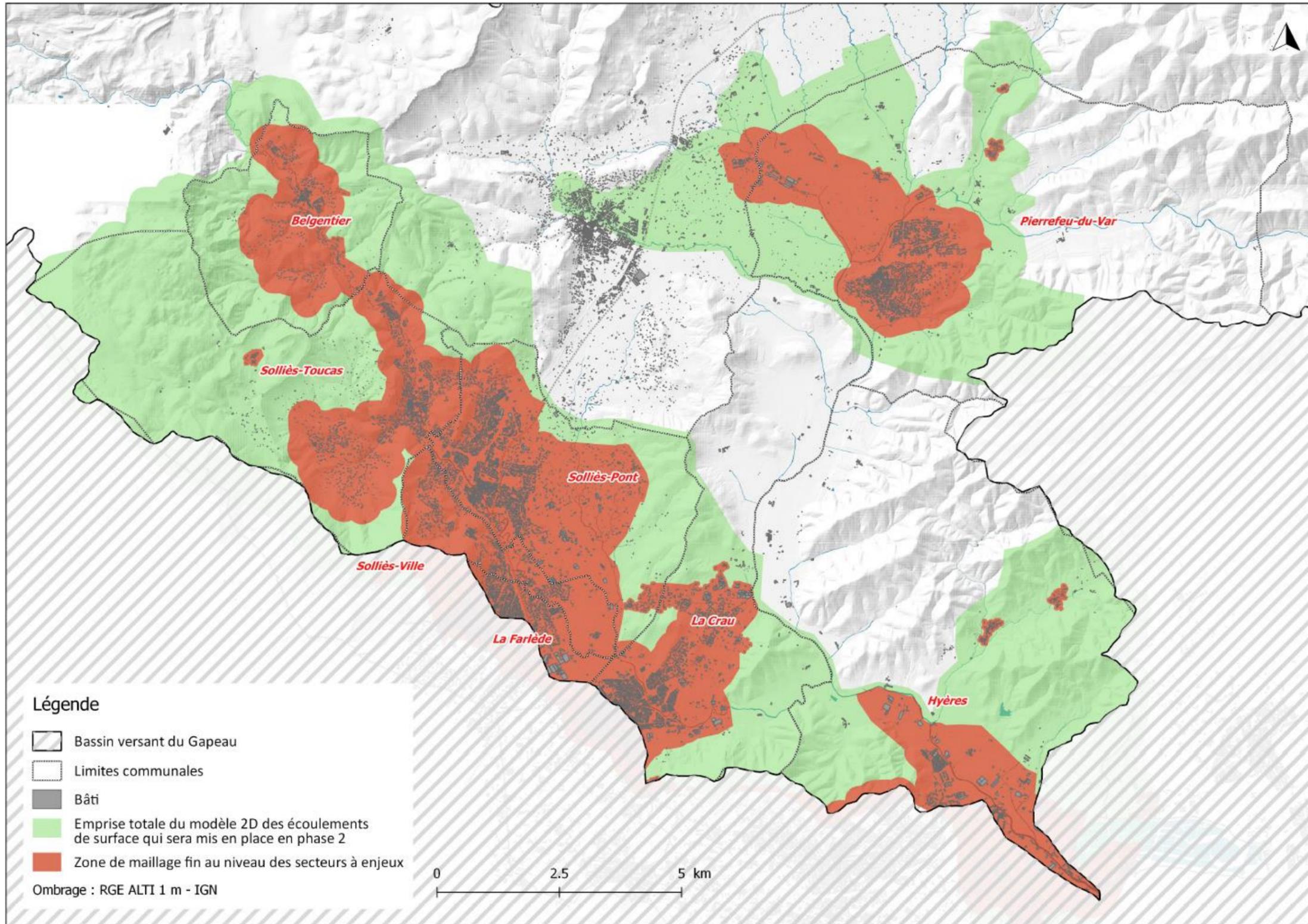


Figure 126 - Emprise du futur modèle hydraulique 2D des écoulements de surface et localisation des secteurs à enjeux (maillage fin)

### 10.2.3.2 Façonnage du maillage de calcul

Le maillage de calcul bi-dimensionnel prend en compte les éléments suivants :

- L'effet d'obstacle des bâtiments
- La dynamique d'écoulement le long des voiries ce qui permettra de bien représenter les écoulements dans les rues et les interfaces avec les parcelles adjacentes qui en milieu urbain présentent souvent un muret ou une haie faisant obstacle aux écoulements (cet effet de blocage partiel est pris en compte dans le modèle) ;
- L'occupation des sols et la géologie du sous-sol pour définir des coefficients de rugosité et d'infiltration des sols standards (qui seront calés lors de la phase de validation du modèle) ;
- Les ouvrages de traversée sous remblais pour assurer la continuité hydraulique des écoulements (cours d'eau, trémie, passage vélo ou piétons).

### 10.2.4 Contrôle de la pertinence du modèle et ajustement

L'objectif de cette étape sera de s'assurer que le modèle représente de manière réaliste les principaux écoulements générés dans les conditions exceptionnelles considérées : pluies exceptionnelles, capacités du réseau hydrographique et des ouvrages de gestion des eaux pluviales largement dépassées.

Nous n'utilisons volontairement pas le terme de « calage », qui sous-entendrait que nous avons pu ajuster les paramètres du modèle de manière à ce qu'il représente fidèlement la réalité, à partir de la comparaison de ses résultats avec les mesures de plusieurs événements pluvieux. Or, le calage au sens strict des modèles pluviaux est rarement possible, faute de mesures d'événements suffisamment importants. Il l'est d'autant moins dans les conditions exceptionnelles considérées ici.

Néanmoins, au travers des forts événements pluvieux récents, recensés lors de la phase d'enquête auprès des communes, nous disposons d'un certain nombre d'observations précieuses (écoulements superficiels et désordres) permettant de contrôler la pertinence des résultats de la modélisation.

La validation du modèle bi-dimensionnel repose sur deux étapes successives :

- Une validation de la réponse hydrologique du modèle soit de sa capacité à reproduire les bons débits d'apports par rapport aux mesures de débits connues si existantes ;
- Une validation du comportement hydraulique du modèle soit de sa capacité à bien reproduire les écoulements, les emprises historiquement inondées, les points de désordres identifiés, les enjeux touchés et les hauteurs d'eau constatées si disponibles.

### 10.2.5 Possibilités et limites

La modélisation bi-dimensionnelle des écoulements exceptionnels mise en place permettra :

- d'évaluer en tout point du territoire l'impact de la survenue d'une pluie exceptionnelle (qui dépasse très largement la capacité des réseaux) ;
- de délimiter les principales zones à risques pour les personnes et les biens : axes d'écoulement et principales zones d'accumulation avec une estimation de l'ordre de grandeur des hauteurs de submersion et des vitesses d'écoulement potentielles ;
- d'estimer les débits d'apport produit par le ruissellement le long de certains axes stratégiques ;
- de comprendre la dynamique d'inondation à l'échelle d'un pâté de maison/quartier : prise en compte de la topographie urbaine générale, de l'effet d'obstacle des bâtiments et des axes de drainage préférentiel sur voirie;

- de fournir des informations utiles à la gestion de crise : identification des axes de circulations coupés notamment ;
- d'évaluer les enjeux à risques exposés aux phénomènes de ruissellement.

En revanche, ce modèle ne permettra pas :

- de représenter les débordements le long des grands cours d'eau du territoire traités par ailleurs par les modèles hydrauliques débordements de cours d'eau ;
- de simuler le fonctionnement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales ;
- de représenter avec exactitude les inondations (emprises, hauteurs d'eau, ...) à l'échelle de chaque bâtiment/parcelle considérés individuellement.

## 10.3 Approche hydrogéomorphologique de l'aléa inondation

### 10.3.1 Aléa inondation par débordement de cours d'eau

Une cartographie de l'aléa inondation débordement par approche hydrogéomorphologique sera réalisée exhaustivement sur tous les cours d'eau non modélisés. Il s'agit d'une détermination qualitative et ponctuellement semi-quantitative de l'aléa pour la crue de référence centennale (ou supérieure). Des calculs simplifiés seront réalisés en différents points jugés représentatifs du fonctionnement en crue pour les différents types de configuration se présentant. Ces calculs associés aux données des modèles hydrauliques réalisés par ailleurs permettent « d'étalonner » la qualification des aléas sur la base de la grille d'aléa en vigueur, et en termes d'emprises. La carte des aléas est ensuite produite par extrapolation à partir de ces points, visant à apprécier intensité et occurrence des événements, croisées à des analyses plus strictement géomorphologiques et qualitatives (appréciations des aléas correspondant aux unités ou parties d'unités hydrogéomorphologiques, configurations particulières telles qu'amont de verrou, intérieur de sinuosité ainsi qu'aux abords des talus, berges, remblais, risque d'érosion ...). Pour ce travail, de fortes interactions seront nécessaires entre les approches hydraulique et hydrogéomorphologique afin d'assurer un soin particulier aux raccordements entre les aléas hydrauliques et les aléas hydrogéomorphologiques, afin qu'aucun hiatus n'apparaisse et ne puisse perturber l'appropriation des cartes par un plus grand public. Une concertation en amont sur le volet hydrologie est également prévue. Les cartes d'aléas pour la crue de référence issues des modélisations hydrauliques seront également examinées, afin d'y intégrer si nécessaire la dimension géodynamique et de définir la « zone basse hydrographique ».

### 10.3.2 Aléa inondation par ruissellement

En dehors des zones modélisées par EGIS et Sepia Conseil, une qualification hydrogéomorphologique des aléas ruissellement sur les vallons dûment formés (zones de transfert et d'accumulation) sera réalisée pour établir des cartes d'aléa ruissellement spécifiques (zones de transfert et d'accumulation). La méthode employée est la même que pour l'aléa débordement (aléa qualitatif et semi-quantitatif étalonné sur des calculs hydrauliques simples ponctuels pour la crue de référence). A la différence des zones de débordement, les aléas s'étendront sur la totalité des emprises définies par l'approche hydrogéomorphologique préalable. Une réflexion est en cours avec la DDTM afin de discuter de l'opportunité ou non de prendre en compte une grille d'aléas différente (ajustée afin de prendre en considérations les spécificités des dynamiques de ruissellement : hauteurs d'eau souvent faibles associées à des vitesses plus soutenues) de celle en vigueur actuellement (et plutôt conçue pour les phénomènes de débordements des grands cours d'eau) puis de valider la grille à appliquer. Les cartes d'aléas issues des modélisations hydrauliques seront également examinées,

afin d'y intégrer si nécessaire la dimension géodynamique et de définir éventuellement une « zone d'aléa résiduel ».

En dehors des zones modélisées, une analyse sera aussi effectuée sur les zones de production du ruissellement en croisant les pentes moyennes par grand ensemble homogène avec l'occupation du sol (données CLC affinées, ou autre) pour aboutir à une carte d'aléa production du ruissellement.

### 10.3.3 Interactions avec les approches hydrauliques

Dans le cadre de la définition de l'aléa inondation soit par débordement de cours d'eau soit par ruissellement, la répartition entre les 3 types d'approches se fait selon les secteurs et enjeux concernés, suivant le tableau ci-dessous :

	Secteur PPR		Secteur hors PPR	
	Secteurs naturels et agricoles	Secteurs urbains	Secteurs naturels et agricoles	Secteurs urbains à enjeux identifiés
<b>Cours d'eau principaux</b>	Modélisation hydraulique 1D/2D	Modélisation hydraulique 1D/2D	Modélisation hydraulique 1D/2D	Modélisation hydraulique 1D/2D
<b>Ensemble du réseau hydrographique secondaire</b>	Hydro-géomorphologique	Modélisation du ruissellement (maille fine)	Hydro-géomorphologique	Modélisation du ruissellement (maille fine)
<b>Ruissellement de versant</b>	Hydro-géomorphologique	Modélisation du ruissellement (maille fine)	Hydro-géomorphologique	Modélisation du ruissellement (maille fine)

Tableau 46 - Synthèse des approches en fonction du secteur et des éléments à évaluer

La figure suivante présente la répartition spatiale sur le territoire du Gapeau et du Roubaud des approches hydraulique et hydrogéomorphologique pour la définition de l'aléa inondation par ruissellement.

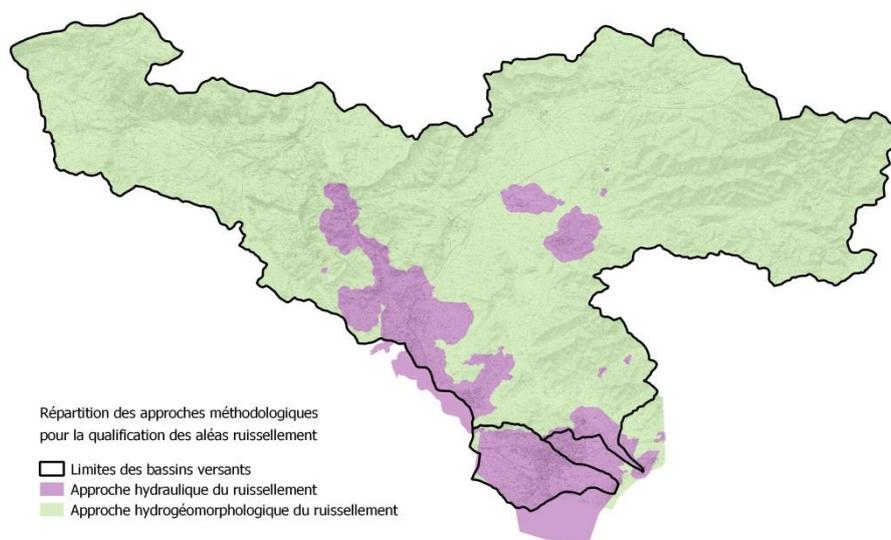


Figure 127 - Répartition spatiale des approches hydraulique et hydrogéomorphologique pour le ruissellement

Afin de mieux comprendre et d'appréhender les différentes interactions entre les approches hydrauliques et l'approche hydrogéomorphologique, la figure en page suivante illustre par le biais d'un schéma ces interactions et la méthode employée.

Ce schéma détaille les éléments suivants :

A l'issue de la phase 1, l'analyse hydrogéomorphologique réalisée par GEORIVES, a permis d'aboutir à une première cartographie informative hydrogéomorphologique (cf. 6.9.1 *Carte d'aléa à dire d'expert*). Cette cartographie a été réalisée sur l'ensemble du territoire du bassin versant du Gapeau et du Roubaud ;

1. Dans le cadre de la définition de l'aléa inondation par débordements de cours d'eau, à partir de cette carte informative hydrogéomorphologique, EGIS va définir les emprises des secteurs et linéaires pour la modélisation hydraulique 1D/2D prévu en phase 2 (**point numéroté 1 sur le schéma**). Cette modélisation va aboutir à la définition de l'aléa inondation par débordements de cours d'eau (cartes hauteurs et vitesses) ;
2. A partir de ces résultats hydrauliques et d'investigations de terrain complémentaires, GEORIVES précisera l'aléa sur certains secteurs spécifiques de sa première carte informative. Ces modifications vont permettre d'aboutir à une carte hydrogéomorphologique de l'aléa débordements de cours d'eau (**point numéroté 2**). Ce retour d'expérience du terrain sera aussi bénéfique à EGIS afin de faire évoluer le modèle hydraulique si cela s'avère nécessaire ;
3. Dans le cadre de la définition de l'aléa inondation par ruissellement, une cartographie a été réalisée afin de répartir spatialement les deux approches (hydraulique et hydrogéomorphologique) en fonction des secteurs urbains et identifiés à enjeux (**point numéroté 3**) ;
4. Suite à l'étape n°3, SEPIA entreprendra une modélisation hydraulique 2D des secteurs précités (**point numéroté 4**). Cette modélisation va aboutir à la définition précise de l'aléa inondation par ruissellement (cartes hauteurs et vitesses) ;
5. Sur les autres secteurs (agricoles et naturels, non identifiés comme secteurs à enjeux), GEORIVES produira une première carte hydrogéomorphologique de l'aléa ruissellement, directement liée à leur travail préliminaire de phase 1 (**point numéroté 5**). Tout comme pour la définition de l'aléa débordement de cours d'eau, GEORIVES effectuera des investigations de terrain afin de vérifier, de corriger si besoin et d'affiner certains secteurs.
6. Enfin, un travail de collaboration sera mené entre GEORIVES et SEPIA sur la définition de l'aléa inondation par ruissellement (**point numéroté 6**). Notamment, l'approche hydraulique pourra permettre d'affiner certains secteurs en périphérie des centres urbains (contrôle de débit). A l'inverse, l'approche hydrogéomorphologique servira par exemple à détailler et contrôler les résultats pour des vallons en milieu urbain.

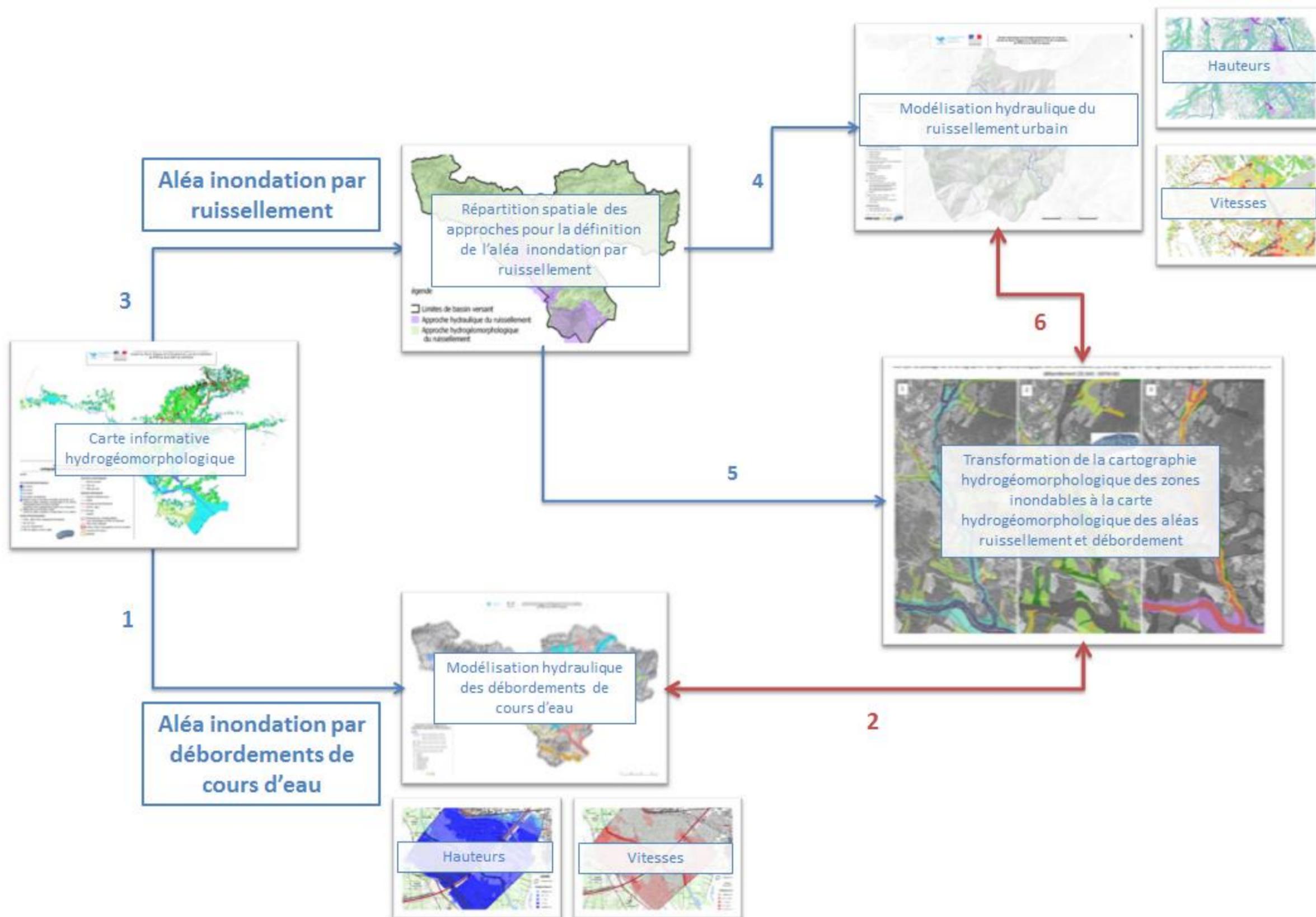


Figure 128 - Schéma des interactions entre les approches hydraulique et hydrogéomorphologique pour la définition des aléas inondation par débordement de cours d'eau et ruissellement

## 10.4 Approche hydromorphologique

La phase 2 sera orientée sur l'étude du transport solide et des secteurs à enjeux définis en phase 1 et que l'on complètera suite au bilan de la phase 1 et des échanges avec le SMBVG.

### 10.4.1 Etude du transport solide

L'étude du transport solide, c'est-à-dire la capacité et la compétence des cours d'eau à mobiliser leurs sédiments, passera par la collecte auprès d'EGIS des géométries de plein bord en différents points et des débits de débordement associés. Par la suite nous réaliserons une campagne de terrain dans le but de réaliser des granulométries au droit de ces géométries. Le couplage de ces données nous permettra alors de déterminer des capacités de charriage.

Lors de la campagne de terrain, nous nous attacherons également à estimer le degré de continuité de certains seuils en réalisant d'autres mesures granulométriques, en amont et en aval des seuils, et en évaluant leur remplissage d'un point de vue qualitatif et quantitatif. Nous serons alors en mesure d'estimer le rôle de ces seuils dans le dysfonctionnement éventuel de la dynamique sédimentaire. Nous n'avons pas encore réalisé de liste de seuils à prospector à ce jour. Néanmoins, il nous paraît intéressant d'étudier entre autres les seuils suivants qui se trouvent sur le Gapeau : le barrage de la Clapière à Hyères, le barrage des Mauniers à Solliès-Ville, le barrage du Mastre à Solliès-Toucas, le barrage Toboggan à Belgentier, la prise d'eau de la papeterie à Méounes et la succession de seuils à Solliès dans son ensemble. Nous étudierons aussi certains seuils sur le Réal Martin, mais aucune priorisation n'a été faite à ce jour. Nous échangerons sur ce point avec le SMBVG.

### 10.4.2 Etude des zones à enjeux

Concernant l'étude des zones à enjeux, nous les étudierons selon la typologie suivante :

- Les zones en exhaussement qui connaissent un risque d'inondation

Pour cela nous mèneront des analyses diachroniques post-cruve – pré-cruve pour les crues de références à base de photo-interprétation. Nous chercherons alors à déterminer le degré de mobilité des atterrissements de ces secteurs. A ce jour, nous envisageons de travailler sur le Gapeau aval, dans le secteur de la base militaire à Hyères au niveau du chemin du Moulin Premier et au niveau de son embouchure, et sur le Réal Collobrier, en amont de sa confluence avec le Réal Martin.

- Les zones en incision

Nous souhaitons distinguer les secteurs fortement incisés de ceux qui ne le sont pas encore mais qui risquent de l'être dans les prochaines années. Sur ce point, notre postulat de départ est que l'incision actuelle de certains cours d'eau vient de la périurbanisation, c'est-à-dire de l'imperméabilisation croissante des sols et du développement des réseaux de drainage artificiels (ex : le Saint-Lazarre). Celles-ci seront étudiées pour les sous bassins qui ont connus un étalement urbain important ces dernières décennies.

- Les zones qui présentent un potentiel de restauration intéressant

Nous couplerons dans notre approche la géohistoire et les études hydromorphologiques réalisées sur des bassins versants qui se trouvent à proximité afin de déterminer un état de référence pour les différents secteurs.

La détermination de ces sites se fera à la vue des conclusions tirées du rapport de phase 1 et en concertation avec le SMBVG. Un travail commun sera également mené avec GEORIVES, les photo-interprétations issues de l'analyse hydrogéomorphologique permettront de préciser/compléter les secteurs en incision ou en exhaussement.

La définition des zones à enjeux permettra par la suite de définir à une échelle appropriée : les Espaces de Bon Fonctionnement Optimal (EBFO) et les Espaces de Bon Fonctionnement Nécessaire (EBFN) en suivant la méthodologie du SDAGE et de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse. Une évaluation de la continuité écologique sera également menée ainsi que des précisions sur l'impact des ouvrages sur le littoral et notamment le milieu marin de la rade d'Hyères.

# Conclusions

Le bassin versant du Gapeau est un bassin hydrographique côtier soumis à des épisodes méditerranéens intenses. L'analyse des crues historiques montre que ces épisodes ont été fréquents durant ces dernières années. L'analyse effectuée lors de cette phase 1 montre que la venue d'un épisode comme celui de janvier 2014 qui a fortement touché La Londe-les-Maures a de fortes probabilités de se reproduire sur le bassin versant du Gapeau. C'est un scénario qui devra être discuté au cours de la phase 2 dans le cadre de la modélisation hydraulique.

Faiblement urbanisé dans son ensemble (excepté le bassin versant du Roubaud), le territoire du Gapeau possède un paysage disparate : le bassin versant amont du Gapeau reposant sur un massif karstique, le bassin versant du Réal Collobrier densément boisé et propice au ruissellement de surface, et une large plaine alluviale au centre regroupant essentiellement des activités de viticulture et un aéroport.

Le bassin versant du Roubaud possède un fonctionnement hydraulique à part au sein du territoire. Il permettait historiquement de desservir les besoins en eaux pour la population de la ville d'Hyères et d'alimenter différents moulins. Alimenté par le canal Jean Natte, il est de nos jours en majeure partie canalisé et fonctionne comme le collecteur d'une partie des eaux pluviales des communes de La Crau et d'Hyères.

Au vu de la superficie importante du bassin versant, la définition d'un scénario hydrologique s'avère complexe. En effet, les rencontres avec les communes du territoire montrent que les épisodes pluvieux les plus marquants sont différents suivant la localisation des communes. On observe sur le nord du territoire, des épisodes orageux très localisés qui viennent impacter localement certains secteurs (l'épisode de décembre 2005 sur Carnoules par exemple, n'a été cité pour aucune autre commune).

Une commune fait exception à cela : la commune d'Hyères. Elle est localisée à l'exutoire du bassin versant global du Gapeau et est quasiment à chaque épisode de crue du Gapeau ou du Réal Martin exposée au risque d'inondation.

Concernant les débits de crues de référence, un important travail a été précédemment réalisé par le SMBVG. Toutefois, étant donné l'importance de l'estimation de ces débits, un travail complémentaire sera réalisé en phase 2 afin d'actualiser les courbes de tarage des stations hydrométriques. Ce travail permettra de réactualiser, si nécessaire, les débits de référence mais également de fiabiliser le réseau hydrométrique.

Un constat important est également que de nombreuses études ont été réalisées ces dernières années. Toutefois, dans la majorité des cas, ces études et les aménagements qui en découlent ne s'inscrivent pas dans une stratégie globale et concertée de gestion des risques d'inondation à l'échelle du bassin versant. C'est un des principaux objectifs opérationnels des futures phases de l'étude.

Par ailleurs, au vu de l'urbanisation grandissante du bassin versant, la gestion des risques de ruissellement et la préservation des zones inondables sont des enjeux forts pour le territoire. Face à cette urgence et suite à la crue de janvier 2014, l'Etat s'est engagé dans la réalisation des PPRI des 8 communes situées sur la partie aval du bassin versant.

Dans le cadre de la réalisation des PPRI, le travail débuté en phase 1 et poursuivi en phase 2 a permis de compléter le recensement des niveaux de PHE et d'identifier les secteurs les plus vulnérables face au risque inondation.

Une première modélisation hydraulique des cours d'eau principaux de Pierrefeu-du-Var est en cours. Celle-ci permettra de définir la cartographie de l'aléa inondation sur la commune et sera notamment pris en compte dans le futur PLU en cours de révision.

Vis-à-vis de la dynamique hydromorphologique, aucune étude globale du bassin versant n'avait été menée jusqu'alors. Cette première phase d'étude a permis de réaliser un pré-diagnostic du fonctionnement hydromorphologique du Gapeau et de ses affluents. Les premières conclusions semblent montrer une quasi absence de dynamique d'évolution latérale des cours d'eau.

On note globalement un tarissement sédimentaire qui s'explique par une combinaison de facteurs : artificialisation de berge, diminution des apports, effet des multiples discontinuités générées par les ouvrages transversaux et qui se traduit par un enfoncement des lits fluviaux.

Certains cours d'eau, en revanche, échappent à ce constat d'enfoncement des lits fluviaux, qui est surtout historique plus qu'actuel. Cela concerne principalement : les petits affluents de la plaine alluviale de Cuers, ainsi que les affluents descendant directement du massif des Maures.

Ce diagnostic sera complété lors de la phase 2 et permettra de définir des actions de restauration hydromorphologique des cours d'eau et de définir leurs espaces de bon fonctionnement.

L'approche hydrogéomorphologique débutée dès le démarrage de l'étude a permis suite aux différentes analyses (bibliographie, zones inondables existantes, etc...) d'aboutir au terme de la phase 1 à une première cartographie informative hydrogéomorphologique. Cette cartographie provisoire établit notamment les emprises des zones inondées pour différents étages (lit mineur, lit moyen, etc...). Cette carte hydrogéomorphologique va servir de base pour la suite de l'étude.

Le travail effectué dans cette phase 1 constitue les fondations nécessaires à la bonne réalisation de la suite de l'étude. Cette première phase permet ainsi d'acquérir une large connaissance du fonctionnement du bassin versant du Gapeau et du Roubaud. Elle est indispensable afin d'appréhender les problématiques, les enjeux, et les attentes des acteurs du territoire pour la suite de l'étude. Les investigations de terrain à venir et la mise en place des outils de modélisation permettront d'accroître la connaissance du risque d'inondation sur le territoire. La finalité est l'élaboration des 8 PPRI prescrits par l'Etat vis-à-vis de la protection des populations du territoire, et la construction d'un diagnostic clair et détaillé des secteurs d'enjeux et des zones urbaines vis-à-vis du risque inondation afin d'établir un programme d'aménagements et de restauration cohérent et concerté.

# Table des sigles et abréviations

## A

- **ACB** – Analyse **Coût-Bénéfices**
- **AERMC** – Agence de l'Eau Rhône **Méditerranée Corse**
- **AFB** – Agence Française pour la **Biodiversité**
- **AIA** – Atelier Industriel de l'**Aéronautique**
- **AMC** – Analyse **Multi-Critères**
- **APIC** – Avertissement **Pluies Intenses** à l'échelle des **Communes**
- **ASA** – Association **Syndicale d'Arrosage**
- **ASL** – Association **Syndicale Libre**
- **AU** – **A Urbaniser**
- **AZI** – Atlas des **Zones Inondables**

## B

- **BD CARTHAGE** – Base de **Données** sur la **CAR**tographie **TH**ématique des **AG**ences de l'**Eau**
- **BD ORTHO** – Base de **Données ORTHO**graphiques
- **BD SYRAH** – Base de **Données** sur le **SY**stème **Relationnel d'Audit** de l'**Hydromorphologie**
- **BD TOPO** – Base de **Données TOPO**graphiques
- **BRGM** – Bureau de **Recherches Géologiques et Minières**
- **BRL** – compagnie d'aménagement du **Bas-Rhône** et du **Languedoc**

## C

- **CATNAT** – arrêtés de **CAT**astrophes **NAT**urelles
- **CA TPM** – Communauté d'**Agglomération Toulon Provence Méditerranée**
- **CCVG** – Communauté de **Communes de la Vallée du Gapeau**
- **CDRNM** – Commission **Départementale des Risques Naturels Majeurs**
- **CEREMA** – Centre d'**Etudes et d'expertises sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement**
- **CIC** – **Comité d'Intérêt Commun**
- **CIRAME** – Centre d'**Information Régional Agro-Météorologique et Economique**
- **CLC** – **Corine Land Cover**
- **CLE** – Commission **Locale de l'Eau**

## D

- **DCE** – Directive-**Cadre** sur l'**Eau**
- **DDTM 83** – Direction **Départementale des Territoires et de la Mer** du **Var**
- **DGPS** – **Differential Global Positioning System**
- **DIREN** – Direction **Régionale de l'ENV**ironnement
- **DREAL** – Direction **Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement**

## E

- **ERG** – **Etudes Recherche Géotechniques**

**G**

- **GEMAPI** – **GE**stion des **Milieux Aquatiques** et **Prévention** des **Inondations**

**H**

- **HEC-HMS** – **Hydrologic Engineering Center** – **Hydrologic Modeling System**

**I**

- **ICPE** – **Installation Classée** pour la **Protection** de l'**Environnement**
- **IGN** – **Institut Géographique National**

**L**

- **LIDAR** – **L**ight **D**etection **A**nd **R**anging

**M**

- **MNT** – **Modèle Numérique** de **Terrain**
- **MRM** – association **Migrateurs Rhône-Méditerranée**

**N**

- **NGF** – **Niveau Géographique Français**

**O**

- **ONEMA** – **Office National** de l'**Eau** et des **Milieux Aquatiques**
- **ONF** – **Office National** des **Forêts**
- **ORSEC** – **Organisation** de la **Réponse** de **SEcurité Civile**

**P**

- **PACA** – **Provence-Alpe-Côte d'Azur**
- **PAGD** – **Plan d'Aménagement** et de **Gestion Durable**
- **PAPI** – **Programme d'Action** et de **Prévention** des **Inondations**
- **PCS** – **Plan Communal** de **Sauvegarde**
- **PGRI** – **Plan de Gestion** des **Risques d'Inondation**
- **PHE** – **Plus Hautes Eaux**
- **PIT** – **Passive Integrated Transponder**
- **PKM** – **Point Kilométrique** en **Mètres**
- **PLU** – **Plan Local d'Urbanisme**
- **PPRI** – **Plan de Prévention** du **Risque Inondation**
- **PUI** – **Plan d'Urgence Interne**

**R**

- **RD** – **Route Départementale**
- **RFID** – **Radio Frequency IDentification**
- **RGE ALTI** – **Registre géographique** à **Grande Echelle** de l'**ALTI**métrie
- **ROE** – **Référentiel** des **Obstacles** aux **Ecoulements**
- **RPG** – **Registre Parcellaire Graphique**

**S**

- **SAGE** – **Schéma d'Aménagement** et de **Gestion** des **Eaux**
- **SCAN 25** – **Série d'images Cartographiques Numériques** géoréférencée au 1:**25 000**
- **SCHAPI** – **Service Central d'Hydrométéorologie** et d'**Appui** à la **Prévision** des **Inondations**
- **SCOT** – **Schéma de CO**hérence **T**erritoriale
- **SCP** – **Société du Canal** de **Provence**
- **SCS** – **Soil Conservative Service**

- **SDAGE** – Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- **SDEP** – Schéma Directeur des Eaux Pluviales
- **SDIS** – Service Départemental d'Incendie et de Secours
- **SIG** – Système d'Information Géographique
- **SLGRI** – Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation
- **SMBVG** – Syndicat Mixte du Bassin Versant du Gapeau
- **SNCF** – Société Nationale des Chemins de Fer français
- **SNGRI** – Stratégie Nationale de Gestion des Risques d'Inondation
- **SOCLE** – Schéma d'Organisation des Compétences Locales de l'Eau
- **SOGREAH** – SOciété GRenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques
- **SPC** – Service de Préviation des Crues
- **STEP** – STation d'EPuration des eaux usées

**T**

- **TGH** – Tronçons Géomorphologiques Homogènes
- **TRI** – Territoire à Risque Important d'inondation

**V**

- **VIE** – Var Inondations Ecologisme

**Z**

- **ZAC** – Zone d'Aménagement Concerté
- **ZEC** – Zone d'Expansion des Crues

# ANNEXES

---

## **Annexe 1 : Fiches de synthèse des études hydrologiques et hydrauliques**

---

## **Annexe 2 : Questionnaire et compte-rendu des entretiens avec les acteurs locaux**

---

## **Annexe 3 : Rendu cartographique des désordres liés au ruissellement pluvial**

---

## **Annexe 4 : Cartographie des désordres sur le bassin versant du Gapeau et du Roubaud**

---



- Études générales
- Assistance au Maître d'Ouvrage
- Maîtrise d'œuvre conception
- Maîtrise d'œuvre travaux
- Formation

Egis Eau Siège social  
78, allée John Napier  
CS 89017  
34965 - Montpellier Cedex 2

Tél. : 04 67 99 22 00  
Fax : 04 67 65 03 18  
montpellier.egis-eau@egis.fr  
<http://www.egis-eau.fr>