



Etude hydrologique et hydraulique sur le bassin versant de l'Huveaune

Rapport de présentation

Version 1



Mars 2014



Informations qualité

Titre du projet	Etude hydrologique et hydraulique sur le bassin versant de l'Huveaune
Titre du document	Rapport de présentation
Date	Mars 2014
Auteur(s)	Valérie Fabrègue – Mireille Raymond
N° SCORE	HSE15245R

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
1	Mars 2014	V. Fabrègue – M. Raymond	Fabienne Scerri Christophe Lescoulier

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Mr GUERO	DDTM13	24/03/2014

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :

Sommaire

Chapitre 1 - Cadre et objet.....	10
1 Contexte.....	10
2 Phasage de l'étude.....	10
3 Objet du rapport	11
4 Zone d'étude.....	11
Chapitre 2 - Généralités sur les inondations	16
1 Les conditions de formation d'une crue et d'une inondation	16
2 Les conséquences des inondations	17
3 Les facteurs aggravants	18
Chapitre 3 - Récolte de données utilisées.....	19
1 Synthèse des études antérieures.....	19
1.1 Travail réalisé.....	19
1.2 Synthèse des données exploitables	24
2 Synthèse des contacts établis.....	26
3 Données hydrologiques recueillies	28
3.1 Données SPC Méd Est.....	28
3.2 Données CUMPM/DEA	32
3.3 Données DREAL (Banque Hydro).....	40
3.4 Données Météo-France	46
3.5 Niveau marin.....	55
4 Données historiques	57
4.1 Historique des crues marquantes sur le bassin versant.....	57
4.2 Zones inondées en janvier 1978.....	62
4.3 Repères de Plus Hautes Eaux.....	62
4.4 Archives / Photographies.....	63
4.5 Cartographie	63
5 Reconnaissances de terrain	70
6 Données topographiques utilisées	70
6.1 Données existantes	70
6.2 Levés topographiques complémentaires.....	71
Chapitre 4 - Modélisation hydrologique	76
1 Analyse des études existantes d'un point de vue hydrologique	76
1.1 Commentaires.....	76
1.2 Comparaison des caractéristiques des pluies prises en compte dans les études antérieures avec les pluies proposées.....	81
1.3 Données hydrologiques exploitables	84
2 Prise en compte du karst.....	85
2.1 Présentation générale du système karstique	85
2.2 Le système karstique du bassin de l'Huveaune	91
2.3 Le Massif de la Sainte Baume	92
2.4 Les autres formations karstiques du bassin versant de l'Huveaune	98
2.5 Conclusion	99
3 Analyse des épisodes de crue.....	100
3.1 Historique des crues marquantes sur le bassin versant.....	100
3.2 Caractéristiques des plus fortes crues connues.....	102
3.3 Analyse de la genèse des crues (jusqu'à Aubagne)	105

3.4	Indices SWI et cumuls de pluies	117
3.5	Coefficients d'écoulement.....	120
4	Analyse de la répartition spatiale des épisodes de pluie	121
5	Modélisation hydrologique	126
5.1	Modèle utilisé	126
5.2	Calage.....	127
5.3	Calculs des hydrogrammes de crue pour les crues historiques	132
5.4	Calculs des hydrogrammes de crue pour les petits affluents	135
5.5	Synthèse du calage	138
6	Estimation des débits caractéristiques	139
6.1	Méthodologie pour l'estimation des débits caractéristiques	139
6.2	Construction des pluies de projet	139
6.3	Calcul des débits caractéristiques	147
Chapitre 5	- Modélisations hydrauliques.....	154
1	Choix des types de modélisation	154
1.1	Choix du type de logiciel.....	154
1.2	Choix du régime d'écoulement	155
2	Outil de modélisation	157
3	Les modèles réalisés	159
4	Conditions aux limites	165
4.1	Condition amont.....	165
4.2	Condition aval	165
5	Description des modèles	167
5.1	Modélisations 2D	167
5.2	Modélisations 1D	170
6	Calage des modèles	178
6.1	Modélisations 2D	179
6.2	Modélisations 1D	204
7	Tests de sensibilité	205
7.1	Tests de sensibilité des modèles 2D	205
7.2	Tests de sensibilité des modèles 1D	206
7.3	Impact de la cote marine	208
8	Résultats des modélisations pour les crues de projet	211
8.1	Crues de projet	211
8.2	Analyse de la crue de 1978	211
8.3	Cartographies des hauteurs maximales	213
8.4	Cartographies des vitesses maximales	213
8.5	Cartographie de l'aléa inondation	214
Annexe 1	: liste des études analysées.....	217
Annexe 2	: synthèse des études existantes.....	221
Annexe 3	: comptes rendus des contacts et réunions.....	261
Annexes 4	: repères de crues et informations historiques.....	263
Annexes 5	: carte des débits de crue.....	269
Annexe 6	: données marégraphiques.....	271
Annexes 7	: résultats des tests de sensibilité.....	273

Table des illustrations

Figure 1 : Zone d'étude ci-contre	13
Figure 2 : Débits centennaux de l'Huveaune issus des études existantes	20
Figure 3 : Localisation des indices SWI fournis par le SPC	30
Figure 4 : Localisation des pluviomètres et limnimètres de la CUMPM ci-contre	35
Figure 5 : Enveloppe maximale des cumuls de pluie sur Marseille (source CETE 2012)	39
Figure 6 : Localisation des stations DREAL PACA ci-contre	43
Figure 7 : Localisation des pluviomètres de Météo-France ci-contre	48
Figure 8 : Localisation des pluviomètres de Météo-France	
Figure 9 Position des points Shyreg pris en compte sur le bassin de l'Huveaune	53
Figure 10 : surcotes observées au marégraphe de Marseille	55
Figures 11 : Zones inondées en 1978 et repères PHE existants	64
Figure 12 Exemple de profil en travers	75
Figure 13 Exemple d'ouvrage hydraulique	75
Figure 14 : Débits spécifiques sur le bassin versant de l'Huveaune – Etudes existantes	80
Figure 15 : Comparaison des débits spécifiques (bassin de l'Huveaune et bassins voisins).....	81
Figure 16 Pluies de période de retour 10 ans utilisées dans les études antérieures comparées aux pluies actualisées.....	82
Figure 17 Pluies de période de retour 100 ans utilisées dans les études antérieures comparées aux pluies actualisées.....	82
Figure 18 : Paysage karstique (Agence de l'eau, 1999)	85
Figure 19 : L'aquifère karstique (Mangin, 1975)	86
Figure 20 : Les deux types de systèmes karstiques (AERMC, 1999).....	87
Figure 21 : Schéma de fonctionnement général des karsts (Mangin, 1975).....	88
Figure 22 : Classification des systèmes karstiques basée sur l'analyse des courbes de récession (Mangin, 1975).....	90
Figure 23 : Carte synthétique du bassin de l'Huveaune (Mazet)	91
Figure 24 : Structures géologiques et principaux axes de drainage souterrain de la Sainte Baume (P. Martin)	92
Figure 25 : La vallée de Saint Pons (P. Martin, 1991)	94
Figure 26 : Bassin versant de la Vède (P. Martin, 1991)	95
Figure 27 : Pluies antérieures et pluies journalières des principales crues débordantes.....	102
Figure 28 : Estimations des débits des crues historiques d'après les études antérieures	103
Figure 29 : Exemples de crues rurales	107
Figure 30 : Exemple de crue mixte	108
Figure 31 : Exemples de crues urbaines	109
Figure 32 : Hydrogrammes de la crue de janvier 1978.....	110
Figure 33 : Hydrogrammes de la crue de décembre 2008.....	110
Figure 34 : Débits de pointe à Saint Zacharie en fonction de celui de Roquevaire.....	114
Figure 35 : Débits de pointe à Saint Zacharie et Roquevaire en fonction de celui d'Aubagne.....	114
Figure 36 : Rapports des volumes écoulés en fonction des surfaces drainées	116
Figure 37 : Débits de pointe en fonction du SWI et du cumul de pluie – Saint Zacharie.....	118

Figure 38 : Débits de pointe en fonction du SWI et du cumul de pluie – Roquevaire	119
Figure 39 : Débits de pointe en fonction du SWI et du cumul de pluie – Aubagne	120
Figure 40 : Coefficients d'écoulement en fonction de l'indice SWI du jour précédent.....	121
Figure 41 : Carte des précipitations (en mm) du 11 janvier 1978 à 6h UTC au 18 janvier 1978 à 6h, METEO France, édité le 11/08/2011.....	122
Figure 42 Hauteur des précipitations (en mm) du 19 septembre 2000 à 6h UTC au 20 septembre 2000 à 6h UTC, METEO-FRANCE, édité le 11/08/2011	123
Figure 43 Hauteur des précipitations (en mm) du 1 ^{er} octobre 1892 à 6h UTC au 2 octobre 1892 à 6h UTC, METEO-FRANCE, édité le 11/08/2011	124
Figure 44 Répartition des zones karstiques, urbaines et mixtes sur le bassin versant de l'Huveaune	127
Figure 45 Découpage en sous-bassins versants et zones de lames d'eau pour la modélisation hydrologique	128
Figure 46 Exemple de relation entre le SWI et l'état initial des réservoirs sol et eau gravitaire pour le massif de la Ste Baume	129
Figure 47 Crue décembre 2008 – Contribution des zones karstiques, urbaines et mixtes aux différentes stations hydrométriques	130
Figure 48 Crue novembre 2011 – Contribution des zones karstiques, urbaines et mixtes aux différentes stations hydrométriques	131
Figure 49 Comparaison des hydrogrammes observé et calculés à Roquevaire pour la crue de janvier 1978 avec différentes valeurs de SWI	132
Figure 50 Découpage en sous-bassins versants	136
Figure 51 : répartition spatiale des pluies	144
Figure 52 : comparaison des hydrogrammes à Marseille pour 2 scénarios de pluies centennales	149
Figure 53 : Modélisations réalisées 2D (en bleu) et 1D (en rose).....	156
Figure 54 : Localisation des modèles hydrauliques 2D.....	160
Figure 55 : exemple de liaison 1D/2D.....	168
Figure 56 : <i>Exemple de maillage avec bâtiments enlevés pour former des « îles » (pas de passage d'eau)</i>	169
Figure 57 : calage de la crue de 2008 à St Zacharie	180
Figure 58 : calage de la crue de 2008 à Roquevaire	180
Figure 59 : photographies des PHE 2008 sur le modèle Huveaune amont	181
Figure 60 : Calage de la crue de 1978 à Roquevaire	182
Figure 61 : Modèle Huveaune Amont : PHE 1978 (étoiles rouges) et 2008 (losanges orange).....	184
Figure 62 : calage de la crue de 1978 à Roquevaire	185
Figure 63 : Calage de la crue de 2008 à Roquevaire	186
Figure 64 : Photos des PHE 2008 à Roquevaire	187
Figure 65 : Modèle de Roquevaire : PHE 1978 (étoiles rouges) et 2008 (losanges orange).....	188
Figure 66 : Calage de la crue de 1978 à Aubagne	189
Figure 67 : Calage de la crue de 2008 à Aubagne	190
Figure 68 : Modèle Aubagne : PHE 1978 (étoiles rouges) et 2008 (losanges orange).....	191
Figure 69 : Photographies des PHE 2008 à Aubagne	192
Figure 70 : Calage de la crue de 2008 à St Marcel.....	194
Figure 71 : Photographie de la PHE 2008 de La Penne	194
Figure 72 : Modèle La Penne : PHE 1978 (étoiles rouges) et 2008 (losanges orange).....	195
Figure 73 : Modèle Jarret Amont : PHE 2003 (losanges orange)	196

Figure 74 : calage de la crue de 2003 à la Bégude	197
Figure 75 : calage de la crue de 2008 à la Bégude	197
Figure 76 : Modèle Jarret intermédiaire : PHE 2003 (losanges orange).....	198
Figure 77 : <i>Résultat de la modélisation 2003 Huveaune et Jarret</i>	200
Figure 78 : <i>Résultat de la modélisation 1978 (bleu) et enveloppe PHE 1978 (rouge)</i>	202
Figure 79 : hauteurs d'eau en crue centennale cote marine 1.5 m NGF	209
Figure 80 : hauteurs d'eau en crue centennale cote marine à 0.9 m NGF	209
Figure 81 : Comparaison crue de 1978 à Roquevaire avec les crues de projet	212
Figure 82 : Comparaison crue de 1978 à Aubagne	212
Figure 83 : limites de déplacements dans l'eau	215
Figure 84 : Echelle de vigilance crue pour le tronçon de l'Huveaune	257

Liste des tableaux

Tableau 1 – Synthèse des débits de crue des études existantes	21
Tableau 2 – Synthèse des méthodes hydrauliques des études antérieures.....	23
Tableau 3 – Données topographiques existantes – Profils en travers lit mineur	25
Tableau 4 – Liste des contacts sur le bassin versant	27
Tableau 5 – Liste des événements bancarisés au SPC	29
Tableau 6 – Caractéristiques des pluies de Roquevaire et Aubagne – Episodes de 1973 et 1978 (Source SPC).....	32
Tableau 7 – Pluviomètres de la CUMPM et cumuls max enregistrés	33
Tableau 8 – Limnimètres de la CUMPM	37
Tableau 9 – Date des rapports d'orages (CUMPM-SERAM).....	38
Tableau 10 – Résultats des ajustements du CETE pour des durées de 1h et 24h.....	40
Tableau 11 – Stations limnimétriques DREAL.....	41
Tableau 12 – Débit décennal à Roquevaire et Aubagne (source : Banque Hydro)	41
Tableau 13 – Pluviomètres de Météo-France	46
Tableau 14 – Pluviomètres Météo-France disponibles et cumuls journaliers des crues historiques	47
Tableau 15 – Données statistiques de Météo-France – Pluies journalières non centrées.....	51
Tableau 16 – Données statistiques de Météo-France – Coefficients de Montana au poste de Marseille-Observatoire	51
Tableau 17 – Données statistiques de Météo France – Pluies de durées 2 à 3 jours non centrées.....	52
Tableau 18 Comparaison des quantiles Shyreg et des quantiles calculés aux postes pluviométriques de Météo France	54
Tableau 19 : Synthèse des niveaux marins	56
Tableau 20 – Historique des crues sur le bassin versant	58
Tableau 21 <i>Relevés des profils en travers et ouvrages hydrauliques</i>	74
Tableau 22 – Synthèse des débits de crue des études antérieures	77
Tableau 23 Caractéristiques des pluies centennales prises en compte dans les études antérieures	83

Tableau 24 : Classification hydrodynamique des aquifères karstiques selon Mangin (1984), issu de la thèse de Martin (1991), à l'aide de techniques de traitement du signal.....	89
Tableau 25 Informations recueillies sur les crues historiques dans les études antérieures.....	104
Tableau 26 – Liste des évènements étudiés	106
Tableau 27 – Décalage entre les pointes de débits.....	111
Tableau 28 – Comparaisons des débits de pointe aux stations.....	112
Tableau 29 – Comparaisons des volumes écoulés aux stations	115
Tableau 30 – Classement des épisodes selon le SWI (J-1)	117
Tableau 31 Répartition spatiale des épisodes marquants	124
Tableau 32 Crues historiques – estimation des SWI	132
Tableau 33 Comparaison des débits estimés dans les études antérieures aux débits calculés avec Agry à Roquevaire, Aubagne et Marseille.....	134
Tableau 34 Caractéristiques des pluies de projet.....	140
Tableau 35 : abattement surfacique pour différentes durées de pluie pour la période de retour 10 ans (source : réanalyses IRSTEA).....	142
Tableau 36 : Caractéristiques des épisodes de projet sur le bassin de l’Huveaune	143
Tableau 37 : Débits caractéristiques maxima du BV de l’Huveaune.....	150
Tableau 38 : calculs des débits caractéristiques 100 ans des petits affluents 1D	152
Tableau 39 : Débits caractéristiques retenus sur les petits affluents	153
Tableau 40 : Caractéristiques des modèles hydrauliques 2D.....	167
Tableau 41 : caractéristiques des modèles hydrauliques 1D.....	170
Tableau 42 : Caractéristiques des modèles hydrauliques 1D réalisés.....	177
Tableau 43 : Calage de la crue de 2008 pour le modèle Huveaune Amont.....	180
Tableau 44 : Calage de la crue de 1978 pour le modèle Huveaune Amont.....	183
Tableau 45 : Calage de la crue de 1978 pour le modèle Huveaune à Roquevaire.....	185
Tableau 46 : Calage de la crue de 2008 pour le modèle Huveaune à Roquevaire.....	187
Tableau 47 : Calage de la crue de 1978 pour le modèle Plaine d’Aubagne	189
Tableau 48 : Calage de la crue de 2008 pour le modèle Plaine d’Aubagne	190
Tableau 49 : Calage de la crue de 1978 pour le modèle Huveaune à la Penne.....	193
Tableau 50 : Calage de la crue de 2008 pour le modèle Huveaune à la Penne.....	193
Tableau 51 : Calage de la crue de 2003 sur le modèle Jarret Amont.....	196
Tableau 52 : calage de la crue de 2003 du modèle Jarret Intermédiaire	198
Tableau 53 : calage de la crue de 1978 modèle Huveaune aval	201
Tableau 54 : test de sensibilité	205
Tableau 55 : Grille d’aléa retenue – croisement hauteurs/vitesses	214
Tableau 56 – Débits de crue de l’Huveaune et du Merlançon - Etude SOGREAH 1969.....	222
Tableau 57 – Débits de crue de l’Huveaune et du Jarret - Etude EGCEM 1976	223
Tableau 58 – Débits de crue de l’Huveaune à Auriol - Etude Daragon 1987.....	225
Tableau 59 – Débits de crue du Jarret - Etude SOGREAH 1994	228
Tableau 60 – Débits de crue de l’Huveaune et du Vède à Auriol - Etude Horizons 1995.....	230
Tableau 61 – Débits de crue du Vède à Auriol - Etude Daragon 1996	231
Tableau 62 – Débits de crue du Basseron à Auriol - Etude Horizon.....	232
Tableau 63 – Débits de crue du Merlançon et du Tonneau - Etude Horizons 1997	233

Tableau 64 – Débits de crue des cours d'eau de la commune de la Destrousse - Etude CETE 1997	234
Tableau 65 – Débits de crue du Fauge et de la Maïre - Etude Horizons 1997	235
Tableau 66 – Débits de crue de l'Huveaune à la Gardanne - Etude HGM 1999	238
Tableau 67 – Débits de crue de la Maïre - Etude BRL 2000	240
Tableau 68 – Débits de crue de la Maïre - Etude SCP 2001	242
Tableau 69 – Débits de crue à Roquevaire - Etude IPSEAU 2004	244
Tableau 70 – Débits de crue centennale de la plaine des Paluds - Etude SCP 2006	246
Tableau 71 – Débits de crue de l'Huveaune au droit de la ZAC Capelette - Etude SOGREAH 2006	247
Tableau 72 – Débits de crue des cours d'eau de la Destrousse - Etude SCE 2008	252
Tableau 73 – Débits de crue de l'Huveaune secteur Saint loup - Etude GEI 2009	254
Tableau 74 – Débits de crue à Saint Zacharie - Etude SCE 2011	259

Chapitre 1 - Cadre et objet

1 Contexte

L'Huveaune et ses principaux affluents traversent des secteurs à enjeux majeurs sur le territoire des Bouches du Rhône dont en particulier la ville de Marseille dans leurs parties aval.

Egis Eau a été mandaté par les services de l'État pour réaliser des compléments d'étude hydrogéomorphologique, ainsi qu'une grande étude hydrologique et hydraulique sur le bassin versant de l'Huveaune afin d'obtenir des valeurs de référence réactualisées et homogènes en matière d'hydrologie et donc de débits de crues, et de cartographier les aléas pour différents niveaux de crue (la crue de référence et la crue exceptionnelle). Les zones inondables de périodes de retour plus faibles sont également tracées.

Cette étude est préalable à l'élaboration de Plan de Prévention du Risque inondation (PPR).

Les études engagées dans la démarche de PPR visent à approfondir et à communiquer la connaissance des phénomènes, des aléas et des enjeux, afin de gérer efficacement l'occupation du sol et de maîtriser l'extension urbaine dans les zones exposées.

Les études préalables aux PPRi se déroulent en deux étapes principales :

- la qualification des aléas, nécessitant un recueil de données, des investigations de terrain, et calculs (objet de la présente étude).
- l'évaluation des enjeux socio-économiques ou naturels, qui présente les espaces urbanisés, et notamment les secteurs d'habitations et les zones stratégiques pour l'intervention des secours, mais également les zones naturelles qu'il convient de préserver pour ne pas aggraver les risques par ailleurs.

L'enchaînement de ces étapes aboutit au zonage réglementaire PPRi, que l'ensemble des acteurs doit s'approprier grâce à l'étroite concertation qui doit guider ce travail.

Le document doit être compréhensible par chacun, muni de cartographie explicite et de qualité, dont l'objectif est à la fois technique et pédagogique.

2 Phasage de l'étude

Le déroulement des prestations concerne l'analyse du fonctionnement du bassin versant et la cartographie de l'aléa. Elle est décomposée en 6 phases :

- Phase 1 : Analyse du territoire, collecte des données, rencontre des partenaires et enquête de terrain,
- Phase 2 : Compléments en hydrogéomorphologie,
- Phase 3 : Étude hydrologique,

- Phase 4 : Réalisation des travaux topographiques de l'étude hydraulique,
- Phase 5 : Modélisations hydrauliques et cartographie des aléas,
- Phase 6 : Restitution cartographique.

3 Objet du rapport

L'objet de ce rapport de phase 5 est de présenter en synthèse l'ensemble des méthodes et résultats de cette étude, regroupant également ceux des phases précédentes :

- **Les enquêtes de terrain,**
- **Les données topographiques utilisées,**
- **L'étude hydrologique,**
- **Les modélisations hydrauliques et cartographies résultantes.**

Pour rappel la phase hydrogéomorphologique a été traitée dans le rapport de phase 2, disponible sur le support numérique joint au rapport (clé USB).

4 Zone d'étude

La zone géographique concernée est le bassin versant de l'Huveaune, présenté sur la figure 1 en page suivante.

L'Huveaune prend sa source à environ 50 km de la mer et à 470 mètres d'altitude en contrebas du Plan d'Aups, perché à 650 m d'altitude. Soumise au climat méditerranéen, l'Huveaune connaît de fortes variations de son régime d'écoulement.

Les terrains traversés, majoritairement calcaires surtout dans la partie amont, influencent aussi sensiblement le régime du cours d'eau. La vallée de l'Huveaune s'écoule en grande partie dans un bassin sédimentaire tertiaire (Oligocène) encadré de massifs calcaires : le massif de la Sainte-Baume à l'est où elle prend sa source, la montagne de Regagnas au Nord, le Garlaban à l'ouest et au sud la chaîne de St-Cyr.

Le bassin versant de l'Huveaune est situé sur les départements des Bouches-du-Rhône et du Var.

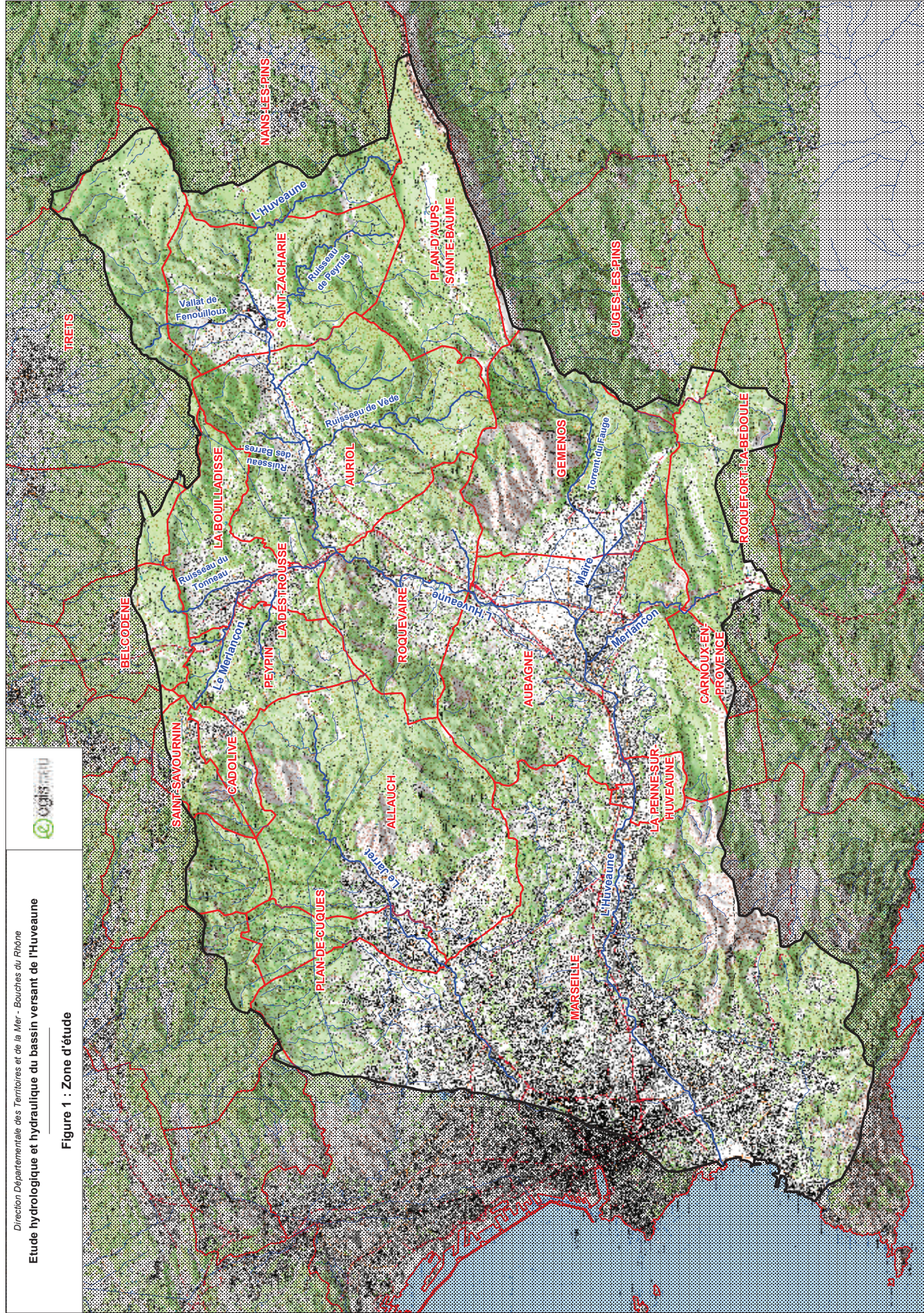
Les communes concernées par l'étude de ce bassin versant sont les suivantes :

- Pour les Bouches-du-Rhône : Allauch, Aubagne, Auriol, Belcodène, La Bouilladisse, Cadolive, Carnoux-en-Provence, La Destrousse, Gémenos, Marseille, La Penne-sur-Huveaune, Peypin, Plan-de-Cuques, Roquevaire, Saint-Savournin.

Pour le Var : Plan d'Aups Sainte-Baume, Saint Zacharie.



Figure 1 : Zone d'étude



Plusieurs particularités du territoire ont conduit à réaliser une étude scientifique poussée et rigoureuse afin de caractériser et cartographier correctement les phénomènes de crues.

- Le bassin versant étant très étendu (505 km² environ), plusieurs types d'épisodes pluvieux intenses ont dû être testés, chacun centré sur une zone différente du bassin versant. L'abattement spatial des pluies a été pris en compte (en effet un orage pluvieux ne peut couvrir avec la même intensité la totalité du bassin versant).
- Le bassin versant est en majorité de type karstique en amont, c'est-à-dire qu'il possède un régime hydrologique particulier, avec des stockages d'eau de pluie dans les réservoirs calcaires du sous-sol avec restitution selon différents lois. Ces phénomènes karstiques ont été étudiés et pris en compte dans la modélisation hydrologique spécifique.
- En aval le bassin versant possède de vastes zones urbanisées. Un modèle hydrologique spécifique a été utilisé pour cela également.
- Ainsi, la modélisation hydrologique globale du bassin versant a combiné 2 modèles hydrologiques adaptés distincts, couplés, permettant d'estimer les différents types d'apports des bassins versants avec précision.
- Les linéaires étudiés sont de types différents : de petits talwegs non pérennes (petits affluents) ruraux à l'Huveaune traversant de vastes zones densément urbanisées. L'analyse hydrologique (transformation de la pluie en débit de pointe) a donc découpé la zone d'étude en différents sous bassins versants, permettant de calculer les débits des différents apports des cours d'eau étudiés.
- Les linéaires étudiés des grands cours d'eau sont importants (plus de 50km pour l'Huveaune par exemple). Les modèles hydrologiques ne permettant pas de prendre correctement en compte les différents écrêtements et retards de propagation de l'onde de crue en plaine inondable, ils ont été couplés avec les modèles hydrauliques qui eux le permettent. Les phénomènes de propagation de crue et de concomitances des crues entre deux affluents sont donc également bien pris en compte.
- Ainsi pour cette étude, un couplage des modèles hydrologiques (calculs des apports des bassins versants) et hydrauliques (propagation des crues) a permis d'obtenir une analyse précise des écoulements.
- La grande longueur des rivières modélisées a également induit le découpage des linéaires en plusieurs modèles hydrauliques de taille plus réduite. Ainsi les modélisations ont été menées modèle par modèle, d'amont en aval, afin de propager les ondes de crues depuis l'amont vers l'aval, tout en y intégrant les apports intermédiaires des bassins versants de chaque modèle.

Chapitre 2 - Généralités sur les inondations

1 Les conditions de formation d'une crue et d'une inondation

Définitions

Une crue correspond à une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau au-delà d'un certain seuil auquel toute analyse doit faire référence. Elle est décrite à partir de plusieurs paramètres, dont le débit et la fréquence. Les paramètres secondaires tels que la vitesse, la hauteur, la durée de submersion peuvent également caractériser la crue. En fonction de son intensité, la crue peut être contenue dans le lit mineur au contraire s'épandre dans son lit majeur.

Une inondation désigne un recouvrement d'eau qui déborde du lit mineur ou qui afflue dans les thalwegs ou les dépressions. En ce sens, les inondations couvrent les phénomènes suivants : débordements directs ou non des cours d'eau, remontées de nappe, ruissellement urbain, inondations par rupture d'ouvrages de protection, ou encore inondations estuariennes résultant de la conjonction de fortes marées, de situation dépressionnaires, et de crues.

Le processus conduisant aux crues et inondations

La compréhension du processus conduisant aux crues et inondations nécessite la connaissance de nombreux facteurs tels que :

- **l'eau mobilisable** : par les pluies ou par la rupture par exemple de digues de fermeture de barrages. Concernant les pluies, l'analyse des quantités d'eau qui provoquent les crues nécessite une connaissance fine du bassin versant et de sa réaction vis-à-vis d'événements plus ou moins étendus spatialement et de durées différentes. Les courts orages affecteront principalement des petits bassins versants urbains, tandis que les précipitations générées lors de longues pluies pourront concerner des bassins versants de plus grande étendue.
- **Le ruissellement** : dépend de la nature du sol et de sa couverture de surface. Le ruissellement concerne la fraction de pluie qui n'est retenue ni par le couvert végétal ni par le micro relief de surface (flaques d'eau par exemple), qui n'est pas évaporée, et qui n'est pas définitivement infiltrée dans le sol. En particulier, l'imperméabilisation des sols a un effet prépondérant dans la formation des crues puisqu'aucune rétention ou infiltration n'est possible.

- **Le temps de concentration** : c'est la durée qu'une goutte d'eau nécessite pour parcourir le plus long chemin hydraulique du bassin versant (entre la pointe du bassin versant et l'exutoire). Ce temps est fonction de la taille du bassin versant, mais également de sa forme, de sa pente, de sa couverture. Il peut notamment évoluer sensiblement en fonction des différents travaux de drainage mais surtout en fonction de l'imperméabilisation.
- **La propagation de la crue** : les particules d'eau ruissellent et s'accumulent à mesure de leur descente le long des thalwegs, formant des écoulements concentrés le long des axes de ruissellement et des cours d'eau. La propagation des crues est fortement conditionnée par la présence ou non de zones d'expansion (zones larges, rapidement inondables, présentant de faibles pentes). Les cours d'eau dépourvus de zones d'expansion (soit naturellement dans le cas de torrents, soit à cause de remblais incontrôlés des lits majeurs), sont les plus exposés aux crues violentes et rapides.
- **Le débordement** : est consécutif à la propagation d'un débit supérieur à celui que peut accepter le lit mineur. Les débordements du lit mineur sont bénéfiques aux milieux naturels et permettent de réduire la propagation des crues en aval. Ils sont en revanche source de risques pour les biens et vies humaines.

2 Les conséquences des inondations

Elles affectent les personnes, les communications, les biens et les activités, mais aussi les milieux naturels. Elles se traduisent principalement par :

- **la mise en danger des personnes** : survient surtout lorsque les habitations sont dans des zones soumises à forts aléas. En effet, la taille des bassins versants concernés par la zone d'étude rendent difficile les préalertes et les opérations d'évacuation et de secours du fait des temps de concentration courts des bassins versants. Le danger se traduit principalement par le risque d'être emporté et par la suite noyé, en raison de la vitesse et de la hauteur des écoulements, dont les niveaux peuvent largement dépasser les seuils de maintien de personnes en position debout.
- **L'interruption des communications** : Elles se traduisent par la submersion ou coupures de routes qui interdisent tout accès, mais également rupture de conduites, de réseaux aériens ou enterrés (électricité, téléphone ...), qui ne permettent pas le bon fonctionnement des opérations de secours, lorsqu'ils existent.
- **Les dommages aux biens et aux activités** : les dommages revêtent de multiples formes. Ils touchent les biens immobiliers dans des proportions plus ou moins importantes qui vont de la simple mise au contact avec l'eau, jusqu'à la destruction complète, avec emportement et conséquence indirectes sur l'inondabilité en aval par création d'embâcles. Les dommages mobiliers sont néanmoins les plus fréquents principalement dans les rez de chaussée et sous-sols. Les dommages se manifestent également plus ou moins directement sur les activités, par dégâts sur le matériel mais également arrêt de l'activité ou dégradation de ses conditions.
- **L'érosion et les dépôts de matériaux, le déplacement du lit ordinaire** : Les crues impliquent des phénomènes d'érosion, de transport de matériaux solides,

d'alluvionnement... Elles participent ainsi à l'évolution du milieu naturel, que ce soit positif ou négatif, positif pour le milieu naturel en général et négatif pour les activités (pertes de surface de terrain cultivés par exemple ou érosion du terrain d'assiette de construction).

3 Les facteurs aggravants

Ils sont souvent dus à l'activité humaine et correspondent essentiellement à :

- **la concentration des personnes et l'accumulation des biens dans le champ d'inondation** : l'implantation de l'activité humaine aux abords des cours d'eau et l'implantation de biens sensibles à l'eau sont les principales causes de l'aggravation du risque. Elles sont d'autant plus redoutables que l'urbanisation initiale aux bords des cours d'eau s'est développée rapidement et qu'elle appelle de plus en plus des équipements de proximité pour satisfaire la population.
- Par ailleurs, **la notion de risque est facilement oubliée** puis occultée par la population d'autant plus dans le bassin versant de l'Huveaune où il n'y a pas eu de fortes crues depuis des décennies.
- **La défaillance des dispositifs de protection** : Paradoxalement, le rôle des dispositifs de protection contre les crues est souvent limité voire pire, comme le montrent régulièrement les constats après crues. Cela est d'autant plus vrai dans les zones où les ouvrages en questions sont principalement les digues de protection, dont le comportement est largement dépendant de leur conception mais également de leur entretien. Par ailleurs, en cas de rupture, le phénomène d'onde de crue générée peut se révéler plus dangereux qu'un débordement naturel et progressif.
- **Le transport et le dépôt de produits indésirables** : les écoulements de crues peuvent mobiliser et répandre en aval des produits dangereux et toxiques. Ce risque est davantage présent dans les zones urbaines et en particulier industrielles, souvent situées en zones à risques d'inondations.
- **La formation et la rupture d'embâcles** : les matériaux flottants transportés par les écoulements (végétaux, tôles, fûts, voitures ...) s'accumulent en amont des passages à section réduite (ponts en particulier) et s'y enchevêtrent au point de former un barrage d'embâcles. Les niveaux d'eau sont dans un premier temps augmentés en amont et le risque le plus important est la rupture de ce barrage qui peut provoquer une onde de crue plus importante avec un effet surprise très dommageable.
- **La surélévation de l'eau en amont des obstacles** : du fait des obstacles naturels ou non le long des cours d'eau, les niveaux d'eau sont exhaussés en amont, d'autant plus si la réduction de section est importante, c'est le cas général des ponts. Un autre phénomène à ne pas négliger est la recharge successive en enrobés de routes qui constituent ainsi des barrages et rendent d'autant plus vulnérables les habitations situées en amont immédiat.

Chapitre 3 - Récolte de données utilisées

1 Synthèse des études antérieures

1.1 Travail réalisé

Un grand travail d'analyse de 52 études hydrologiques et hydrauliques existantes sur le bassin versant de l'Huveaune a été réalisé. (*cf. Annexes 1 et 2*). Il en ressort une grande hétérogénéité concernant à la fois les méthodes utilisées et les résultats obtenus.

- Concernant l'hydrologie, plusieurs méthodes sont mises en œuvre pour déterminer les débits de crue de l'Huveaune et de ses affluents : ajustements statistiques sur les données de débits, modélisation pluie-débit selon la méthode SCS, méthode des transferts par rapport à des données d'autres bassins versants, méthodes rationnelle, Socose ou Crupedix pour les petits bassins versants...

Les données pluviométriques utilisées sont variées et souvent anciennes : ajustements statistiques des pluies de Marignane, de Toulon, ajustement du CEMAGREF sur les pluies d'Aubagne, d'Aix-en-Provence (1983, actualisation en 1995), Instruction Technique de 1977... Les dates des plages de données exploitées sont rarement précisées.

Les hypothèses prises en compte et les détails des modèles hydrologiques (caractéristiques des sous-bassins versants, coefficients de ruissellement...) sont souvent peu explicités. Les résultats obtenus avec des hypothèses de pluies identiques sont parfois incohérents (c'est le cas par exemple pour la Maire : dans l'étude BRLi de 2000, le débit centennal calculé est nettement supérieur à celui de l'étude Horizons de 1997, sur la base des ajustements des pluies d'Aix-en-Provence). Dans plusieurs études, les débits de référence ont été fixés par la ville ou la DDTM et les hypothèses et méthodes de détermination ne sont pas toujours précisées. Un grand nombre d'études reprennent des résultats hydrologiques d'études antérieures, notamment ceux de l'étude de référence EGCEM 1976, sans actualisation des données de bases.

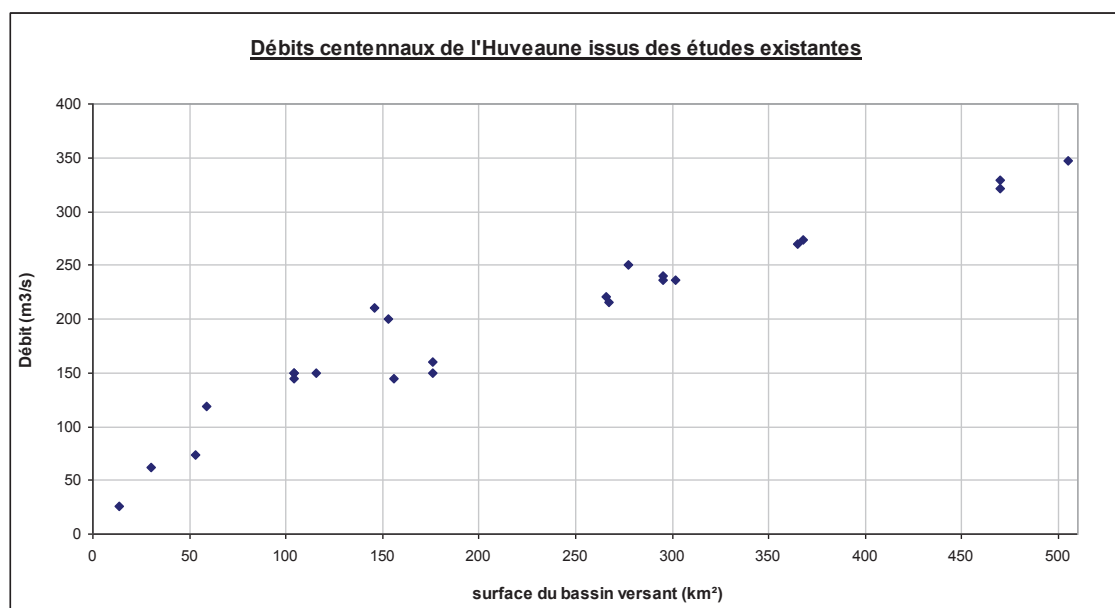
Dans tous les cas, les hypothèses hydrologiques ne sont pas actualisées (les données pluviométriques le plus récentes datent de 1995) et ne tiennent donc pas compte des événements historiques. L'évaluation des pluies et des débits de référence ne résultent pas d'un calage sur des observations réelles des événements marquants récents. Aucune analyse approfondie des données hydrométéorologiques du bassin versant n'a été menée récemment.

Le tableau 1 synthétise les débits de référence pris en compte dans les études antérieures et les méthodes de calcul employées. Toutes les études reprenant des données d'études antérieures sans nouvelle analyse hydrologique n'y figurent pas. Il met en évidence les disparités des résultats obtenus. Les données sont classées par cours d'eau, d'amont en aval ; les lignes grisées concernent des résultats de plusieurs études pour un même bassin versant.

Les perspectives d'utilisation des résultats de ces études pour une comparaison avec ceux de la présente étude sont également précisées. L'intérêt respectif des études au regard de l'étude en cours est notamment jugé en fonction du degré de précision et de la pertinence de la méthodologie utilisée.

Le graphique de la figure 2 illustre les écarts des débits centennaux de l'Huveaune obtenus dans les différentes études d'amont en aval du bassin versant, notamment au droit de Roquevaire où les études Sogreah 1969 et IPSEAU 2004 fournissent des débits nettement supérieurs à ceux de l'étude EGCEM pour le même bassin versant.

Figure 2 : Débits centennaux de l'Huveaune issus des études existantes



- Concernant la prise en compte du comportement karstique du bassin versant de l'Huveaune, seules les études EGCEM de 1976 et IPSEAU à Roquevaire (2004) y font réellement allusion. Dans les deux cas les hypothèses retenues sont un effet d'abattement de 20% (appliqué sur la surface des bassins versants ou les débits de pointe). Le rôle aggravant du karst sur les débits de pointe n'est évoqué que dans l'étude SCE de 2008 à la Destrousse, où des hypothèses de saturation sont étudiées.

Aucune étude ne propose d'analyse des événements historiques et de la réponse des bassins versants en fonction des pluies antérieures, qui conditionnent l'état de saturation du karst.

Les hypothèses concernant le karst prises en compte dans les études antérieures ont été mises en évidence dans la phase hydrologique de cette étude.

Tableau 1 – Synthèse des débits de crue des études existantes

Cours d'eau	BV	Surface BV	Q10	Q100	Q100/ Q10	Q100 spécifique	Méthode hydrologique	Données pluviométriques	Etude	Perspective d'utilisation
Huveaune	Amont de St Zacharie	13.5	6	25.5	4.3	1.9			SCE 2011	oui
Huveaune	1er pont de St Zacharie	30	19.8	62	3.1	2.1				
Huveaune	Moulin Blanc	53	24.3	73	3.0	1.4	Modélisation pluie-débit logiciel XP-SWMM (SCS)	Toulon		
Huveaune	aval de St Zacharie	59	38.9	118.8	3.1	2.0				
Huveaune	Auriol	104	64	144	2.3	1.4	Méthode du cahier des charges (pas de précision)		Fiche "Ipeau"	non
Huveaune	aval Auriol	104	55-60	100-120	2.0	1.2	Découpage en 64 sous-bv. Pour Q10 : Méthode rationnelle par sous bassin versant et sommation des hydrogrammes ; Extrapolation pour Q60 et Q100 en utilisant les rapports de l'étude SOGREAH 1969	Toulon et Maignane	Daragon 87	oui
Huveaune	aval Auriol (horizon POS)	104	65-75	130-150	2.0	1.4			IPSEAU 2004	oui
Huveaune	amont confluence Merlançon	104	60	150	2.5	1.4	Pour Q10 : Comparaison avec méthodes de Socose, Crupédix et transféré ; Q100 déterminé par la méthode du gradex et transféré ; méthode rationnelle pour les petits bassins versants	CEMAGREF		oui
Huveaune	Pont de Joux	104		150		1.4	Estimation des débits des crues de 1935 et 1960 d'après les hauteurs observées, puis estimation de la période de retour des pluies correspondantes ; Déduction des débits caractéristiques avec le rapport Q10/Q100 = 2,2 et Q10/Q2 = 2,6		Sogreah 1969	non
Huveaune	Roquevaire	146	100	210	2.1	1.4	Pour Q10 : Comparaison avec méthodes de Socose, Crupédix et transféré ; Q100 déterminé par la méthode du gradex et transféré ; méthode rationnelle pour les petits bassins versants	CEMAGREF	IPSEAU 2004	oui
Huveaune	Roquevaire	153	90	200	2.2	1.3	Estimation des débits des crues de 1935 et 1960 d'après les hauteurs observées, puis estimation de la période de retour des pluies correspondantes ; Déduction des débits caractéristiques avec le rapport Q10/Q100 = 2,2 et Q10/Q2 = 2,6		Sogreah 1969	non
Huveaune	Roquevaire	156	49	144	2.9	0.9	Ajustement de Gumbel et Gradex appliqués sur les données du limnigraphe de Dromel (1960-1973), avec abattement de 20 % sur les pluies pour prendre en compte le karst ; plus formule de Myer pour estimer les débits aux autres points du bassin versant (coefficient 0,75) ; rapport Qp/Q=1,4		EGCEM 1976	oui
Huveaune	Roquevaire	176	71	160	2.3	0.9	Méthode du cahier des charges (pas de précision)			non
Huveaune	Roquevaire	176	50	150	3.0	0.9	Estimation DDE 13		Fiche "Ipeau"	non
Huveaune	Aubagne	266	98	221	2.3	0.8	Méthode de cahier des charges (pas de précision)			non
Huveaune	Aubagne	267	73	215	2.9	0.8	Ajustement de Gumbel et Gradex appliqués sur les données du limnigraphe de Dromel (1960-1973), avec abattement de 20 % sur les pluies pour prendre en compte le karst ; plus formule de Myer pour estimer les débits aux autres points du bassin versant (coefficient 0,75) ; rapport Qp/Q=1,4		EGCEM 1976	oui
Huveaune	Aubagne (aval Merlançon)	277		250		0.9	Estimation des débits des crues de 1935 et 1960 d'après les hauteurs observées, puis estimation de la période de retour des pluies correspondantes ; Déduction des débits caractéristiques avec le rapport Q10/Q100 = 2,2 et Q10/Q2 = 2,6		Sogreah 1969	non
Huveaune	Penne sur H	295	106	240	2.3	0.8	Méthode du cahier des charges (pas de précision)		Fiche "Ipeau"	non
Huveaune	Penne sur H	295	80	236	3.0	0.8	d'après "Note sur les débits de l'Huveaune à la Penne sur Huveaune"			non
Huveaune	Penne sur H sortie tunnel	302	80	236	3.0	0.8	Ajustement de Gumbel et Gradex appliqués sur les données du limnigraphe de Dromel (1960-1973), avec abattement de 20 % sur les pluies pour prendre en compte le karst ; plus formule de Myer pour estimer les débits aux autres points du bassin versant (coefficient 0,75) ; rapport Qp/Q=1,4		EGCEM 1976	oui
Huveaune	amont confluence Jarret	365		270		0.7	Instruction technique 77 ; débits DEA ; débit permanent pour l'Huveaune fourni par la DEA	Instruction Technique 1977	SOGREAH 2006	oui
Huveaune	amont Jarret	368	93	274	2.9	0.7	Ajustement de Gumbel et Gradex appliqués sur les données du limnigraphe de Dromel (1960-1973), avec abattement de 20 % sur les pluies pour prendre en compte le karst ; plus formule de Myer pour estimer les débits aux autres points du bassin versant (coefficient 0,75) ; rapport Qp/Q=1,4		EGCEM 1976	oui
Huveaune	aval Jarret	470	112	329	2.9	0.7	Modèle pluie-débit calé sur les débits de l'étude EGCEM 1976 ; adéquation des volumes avec les observations ; Pluies de projet de Normand pour les bassins versants urbains, de l'horizon pour les bassins versants ruraux		Marseille 87	non
Huveaune	aval	470	126	321	2.5	0.7	Ajustement de Gumbel et Gradex appliqués sur les données du limnigraphe de Dromel (1960-1973), avec abattement de 20 % sur les pluies pour prendre en compte le karst ; plus formule de Myer pour estimer les débits aux autres points du bassin versant (coefficient 0,75) ; rapport Qp/Q=1,4		EGCEM 1976	oui
Huveaune	embouchure	505	115	347	3.0	0.7				
Jarret	Hameau de la Fève	21	35	79	2.3	3.8			Fiche "Ipeau"	non
Jarret	Allauch	36	54	121	2.2	3.4				
Jarret	amont ruisseau Croix Rouge	49	30.1	60.2	2.0	1.2				
Jarret	aval bd Delprat	55	33	66	2.0	1.2				
Jarret	Croix-Rouge - Ravelle - Bégude	56	36.1	72.2	2.0	1.3				
Jarret	du ruisseau Grave à l'av des Olivés	77.8	48.1	96.2	2.0	1.2	Logiciels Ounanos pour les ruisseaux et les réseaux ; logiciel Pluie Extrême pour les voiries ; Qref = 2,5 x Q10 = 1,25 x Q100	Instruction Technique 1977	SDAP Jarret 94	non
Jarret	av des olives	78	48.7	97.5	2.0	1.3				
Jarret	cuveté jusqu'à Malpasse	89	50	100	2.0	1.1				
Jarret	Boudinière - Pont Gerny	90	53.8	107.5	2.0	1.2				
Jarret	de St Just à Capelle	91	58-65	110-130	2.0	1.2				
Jarret	aval	101	65	130	2.0	1.3				
Jarret	aval	101	35	105	3.0	1.0	Ajustement de Gumbel et Gradex appliqués sur les données du limnigraphe de Dromel (1960-1973), avec abattement de 20 % sur les pluies pour prendre en compte le karst ; plus formule de Myer pour estimer les débits aux autres points du bassin versant (coefficient 0,75) ; rapport Qp/Q=1,4		EGCEM 1976	oui
Jarret	aval	101		150		1.5	Débits DEA ; hydrogramme de 2003 avec pic reconstitué pour le Jarret	Instruction Technique 1977	SOGREAH 2006	oui
Merlançon	aval RN96	14.16	12.9	29	2.2	2.0	Débits fournis par la DDE, d'après les bassins versants définis dans l'étude hydrologique de la DDE 1974 et le calcul des débits réalisé selon le cahier des charges du ministère de l'environnement (= Crupédix)		Horizons 1997	oui
Merlançon	aval supermarché	14.79	13.3	30	2.3	2.0	Débits de pointe fixés par la DDE 13, d'après l'étude "Programme de prévention contre les inondations liées au ruissellement pluvial et aux crues torrentielles" de la Délégation des Rivières Mejeures (Ministère de l'Environnement)		CETE 1997	oui
Merlançon	amont Tonneau	15.2		40		2.6	Débits fournis par la DDE, d'après les bassins versants définis dans l'étude hydrologique de la DDE 1974 et le calcul des débits réalisé selon le cahier des charges du ministère de l'environnement (= Crupédix)		Horizons 1997	oui
Merlançon	aval confluence Tonneau	25.28	20.5	46	2.2	1.8				

Merlançon	amont Grand Pré	25.6	46	1.8					Débits de pointe fixés par la DDE 13 d'après l'étude "Programme de prévention contre les inondations liées au ruissellement pluvial et aux crues torrentielles" de la Délégation des Risques Majeurs (Ministère de l'Environnement)	Marignane	CETE 1997	oui
Merlançon	amont Grand Pré	31.7	55	1.7					Modélisation pluie-débit avec 3 hypothèses : bassins non karstiques (le karst saturé), bassins karstiques et approche mixte (bassins karstiques et ruissellement direct sur parcelles imperméabilisées)	Marignane	SCE 2008	oui
Merlançon	amont Grand Pré	38	21	1.2	46	2.2			Méthode du cahier des charges (pas de précision)		Fiche "Ipeau"	non
Merlançon	aval Grand Pré	35.4	60	1.7					Débits de pointe fixés par la DDE 13 d'après l'étude "Programme de prévention contre les inondations liées au ruissellement pluvial et aux crues torrentielles" de la Délégation des Risques Majeurs (Ministère de l'Environnement)	Marignane	CETE 1997	oui
Merlançon	aval Grand Pré	42.1	74	1.8					Modélisation pluie-débit avec 3 hypothèses : bassins non karstiques (le karst saturé), bassins karstiques et approche mixte (bassins karstiques et ruissellement direct sur parcelles imperméabilisées)	Marignane	SCE 2008	oui
Merlançon	Roquevaire	46	29	1.3	60	2.1			Pour Q10 : Comparaison avec méthodes de Socose, Crupedix et transfert ; Q100 déterminé par la méthode du gradex et transfert ; méthode rationnelle pour les petits bassins versants	CEMAGREF	IPSEAU 2004	oui
Fauge	parc St Pons	9	14.8	1.6						Aix-en-Provence (actualisées par le Cemagref en 1995)	Horizons 1997	oui
Fauge	amont centre-ville	12.5	20.1	1.6					Découpage en 39 sous-bv ; modèle pluie-débit			
Fauge	aval centre-ville	14	29.9	2.0						Subagne CEMAGREF	Fiche "Ipeau"	non
Fauge	amont confluence	15.5	30.6	2.0					Méthode de cahier des charges (pas de précision)		SCP 2006	oui
Fauge	Gémenos	11.8	18	2.3	1.5				Modèle pluie-débit SCS	Aix-en-Provence (actualisées par le Cemagref en 1995)	Horizons 1997	oui
Fauge	amont confluence	11	31	2.8						Subagne CEMAGREF	SCP 2006	oui
Fauge	amont confluence	13	20	1.5								non
Maire	entrée plaine	9	8.3	0.9								
Maire	jonction RN8-RN96	12	12.4	1.0					Découpage en 39 sous-bv ; modèle pluie-débit	Aix-en-Provence (actualisées par le Cemagref en 1995)	Horizons 1997	oui
Maire	entrée Grande Maire	14	23.7	0.7								
Maire	amont confluence	16.5	25.7	1.6								
Maire	amont confluence	16	30	75	2.5	4.7			Comparaison méthode rationnelle et méthode SCS	Subagne CEMAGREF	BRL 2000	oui
Maire + Fauge	confluence	24	51	1.2					Modèle pluie-débit SCS	Subagne CEMAGREF	SCP 2006	oui
Maire	aval	41	20	48.6					modèle RASSUR (SCP) ; méthode Desbordes pour bv urbains, SCS pour bv ruraux ; pluie décennale d'après AYP de 1979 (60mm en 6h, période intense 1h), extrapolation à 20 et 50 ans d'après l'analyse du Cemagref des pluies d'Aubagne ; extrapolation à 100 ans selon loi de Gumbel	Subagne CEMAGREF	SCP 2001	non
Maire	Aubagne	40	22	49	2.2	1.2			Méthode de cahier des charges (pas de précision)	Subagne CEMAGREF	Fiche "Ipeau"	non
Fenouilloux		9.1	11.9	30	2.5	3.3				Toulon	SCE 2011	
Espagnnes		1.3	3.4	7	2.1	5.4			Modélisation pluie-débit logiciel XP-SWMM (SCS)			
Peyrus		13.4	6.1	22	3.6	1.6				Marignane et Toulon actualisées	Horizons 1996	
Vède	Auriol	19.5	14.2	29	2.0	1.5			Rapport des surfaces appliqué aux débits de l'Huveaune de l'étude de 1987	Marignane et Toulon actualisées	Horizons 1997 et 1998	
Vède	Auriol	19.6	17	40	2.4	2.0			Q10 d'après dossier réglementaire du rond-point D45a (1994) ; Q100 déterminé selon la méthode de l'étude de 1987 avec une actualisation des données pluvio de Marignane et Toulon (révues à la hausse) et la méthode SCS. Découpage en 10 sous-bv. Valeur moyenne retenue.	Subagne CEMAGREF	Horizons 1997	
Basseron	Auriol	3.52	6.3	14.2	2.3	4.0			Méthodes rationnelle - Crupedix - Socose pour Q10 ; Qdf pour Q100 (en transposant les Qdf du bassin versant de Soyans)			
Torneau	aval	10.27	10	22.5	2.3	2.2			Débits fournis par la DDE d'après les bassins versants définis dans étude hydrologique de la DDE 1974 et le calcul des débits réalisé selon le cahier des charges du ministère de l'environnement (le Crupedix)			
Grand Pré		3.3	7	2.1					Débits de pointe fixés par la DDE 13 d'après l'étude "Programme de prévention contre les inondations liées au ruissellement pluvial et aux crues torrentielles" de la Délégation des Risques Majeurs (Ministère de l'Environnement)		CETE 1997	
Grand Pré		3.7	9	2.4					Modélisation pluie-débit avec 3 hypothèses : bassins non karstiques (le karst saturé), bassins karstiques et approche mixte (bassins karstiques et ruissellement direct sur parcelles imperméabilisées)	Marignane	SCE 2008	
Pégoulières		6.5	10	1.5					Débits de pointe fixés par la DDE 13 d'après l'étude "Programme de prévention contre les inondations liées au ruissellement pluvial et aux crues torrentielles" de la Délégation des Risques Majeurs (Ministère de l'Environnement)		CETE 1997	
Pégoulières		6.7	12.5	1.9					Modélisation pluie-débit avec 3 hypothèses : bassins non karstiques (le karst saturé), bassins karstiques et approche mixte (bassins karstiques et ruissellement direct sur parcelles imperméabilisées)	Marignane	SCE 2008	
Grand Pré + Pégoulières		9.8	16	1.6					Débits de pointe fixés par la DDE 13 d'après l'étude "Programme de prévention contre les inondations liées au ruissellement pluvial et aux crues torrentielles" de la Délégation des Risques Majeurs (Ministère de l'Environnement)		CETE 1997	
Grand Pré + Pégoulières	Destrousse	10	7	16	2.3	1.6			Méthode du cahier des charges (pas de précision)		Fiche "Ipeau"	
Merlançon	amont autoroute	21	9.5	19.5	2.1	0.9			Modélisation pluie-débit avec 3 hypothèses : bassins non karstiques (le karst saturé), bassins karstiques et approche mixte (bassins karstiques et ruissellement direct sur parcelles imperméabilisées)	Marignane	SCE 2008	
Merlançon	amont autoroute	21	7	15	2.1	0.7			Données de l'averse orageuse de Montpellier (durée 6h) ; coefficient de forme du bassin = 0.75	Montpellier	Sogreah 1969	
Merlançon	Aubagne	22	13	30	2.3	1.4			A partir de l'estimation du débit et de la période de retour de la crue de 1968			
Valon de l'Amardier		4.25	9.8	22	2.2	5.2			« Méthode du cahier des charges » (pas de précision)		Fiche "Ipeau"	
Valon de l'Oule		3.8	8.9	20	2.2	5.3						

- Les modélisations hydrauliques mises en œuvre dans le cadre de ces études sont de plusieurs types : modèles filaires (HEC-RAS, Mike 11, FLUTOR, LIDO...), modèles filaires à casiers (ISIS), modèles bidimensionnels (TELEMAC 2D, XP-SWMM/TUFLOW). Les types de modèles et les paramètres utilisés ne sont pas toujours explicités. Les modèles bidimensionnels transitoires les plus récents sont bien adaptés au contexte urbain et à la morphologie du lit majeur. Toutefois les modèles sont la plupart du temps calés d'après les observations de terrains, et très rarement sur les observations historiques (crue de 1978).

Le tableau 2 récapitule les hypothèses hydrauliques et les types de modèles utilisés dans les études existantes qui ont fait l'objet d'une modélisation hydraulique.

Tableau 2 – Synthèse des méthodes hydrauliques des études antérieures

Etude	Cours d'eau	Méthode hydraulique	Régime hydraulique
EGCEM 1976	Huveaune de Roquevaire à l'embouchure	Calage des Strickler sur 1973, équation de Bernouilli et pertes de charges singulières	permanent
PER Auriol 1988	Huveaune à Auriol	Modèle filaire, calage sur 1978	permanent
Basseron Horizon 1997	Basseron à Auriol	Modèle filaire (HEC RAS)	permanent
SDAP Jarret et Huveaune 94	Jarret de l'amont de Croix Rouge à la confluence avec l'Huveaune	Logiciel Ouranos (pas de détail)	permanent
Auriol Horizon 1995	Huveaune à Auriol	Modèle filaire (HEC RAS), calage d'après terrain	permanent
	Vède à Auriol		
Vède Auriol 1997 et 1998	Vède à Auriol	Equation d'écoulement en régime permanent graduellement varié	permanent
Merlançon Tonneau 1997	Merlançon de la RN96 à la confluence	Modèle filaire (Mike 11), calage d'après terrain	permanent
	Tonneau		
Gemenos Horizon 97	Maître de l'entrée en plaine à la confluence avec le Fauge	HEC RAS filaire	permanent
	Fauge depuis l'amont du centre-ville à la confluence		
Destrousse CETE 1997	Grand Pré	code FLUTOR (CETE) pour écoulements filaires à durface libre ; calage selon terrain (vérification avec niveaux de 1996 qui sont inférieurs)	permanent
	Pégoulières		
	Merlançon		
Aubagne SCP 1998	Huveaune à Aubagne	Modèle filaire (LIDO), calage sur terrain et sur 1978	permanent
Etude Aléa HGM 1998	Huveaune	Modèle filaire sur l'aval de l'Huveaune	permanent
Ouvrage Fauge 1998	Fauge en centre-ville	Mike 11	permanent
Huveaune HGM 1999	Huveaune au droit de la cité Gardanne	Modèle filaire (HEC-RAS), calage sur 1978 avec anciens profils, validation sur Q100 et niveaux EGCEM	permanent
BRL 2000	Maître dans la Plaine de Jouques	Modèle à casiers (ISIS)	transitoire
Huveaune HGM 2000	Huveaune entre le bd Michelet et l'av Mazargues	Modèle filaire (HEC-RAS)	permanent
BRL 2001	Maître quartier des Nègles	Modèle à casiers (ISIS)	transitoire
Assainissement pluvial Aubagne-Gémenos 2001-2002	Maître à Gémenos et Aubagne	Modèle filaire (LIDO)	permanent
Franchissements HGM 2003	Huveaune	Modèle filaire (HEC-RAS), calage sur 1978	permanent et transitoire
Roquevaire IPSEAU 2004	Merlançon à Roquevaire	Modèle filaire (HEC-RAS), calage d'après terrain	permanent
	Huveaune à Roquevaire		
Huveaune TCL 2004	Huveaune entre l'impasse Maggio et l'impasse Gasquet	modèle filaire, calage sur données DEA 2003	permanent
Paluds SCP 2006	Fauge Plaine des Paluds	Modèle 2D (TELEMAC 2D), calage sur hauteurs de 2001	transitoire
	Maître plaine des Paluds		
Huveaune SOGREAH 2006	Huveaune au droit de la ZAC Capelette	Modèle 2D (TELEMAC 2D)	transitoire (Jarret) et permanent (Huveaune)
	Jarret au droit de la ZAC Capelette		
SIH 2007	Huveaune à la Penne-sur-Huveaune	Modèle 2D (TELEMAC 2D), calage sur ligne d'eau du modèle de 2004	transitoire
Huveaune EGIS 2007	Huveaune entre le pont Florian et l'avenue de Mazargues	Modèle 2D (TELEMAC 2D), calage sur étude Sogreah 2006	permanent
Huveaune SIH 2008	Huveaune entre le pont Manoukian et la couverture de la Penne-sur-Huveaune	Modèle filaire (HEC-RAS) pour dimensionnement ; Modèle 2D (TELEMAC 2D) pour les impacts en lit majeur, calage sur la ligne d'eau HEC-RAC	Permanent et transitoire

Destrousse SCE 2008	Grand Pré	Pas de précision dans le rapport de Phase 1	
	Pégoulières		
	Rafeu		
	Merlançon		
Paluds SCP 2009	Fauge	TELEMAC 2D ; calage sur hauteurs de 2001	transitoire
	Maïre		
Huveaune GEI 2009	Huveaune entre le pont Florian et l'impasse Maggio	modèle filaire calé sur hauteur HGM 1998 pour état initial, puis modélisation de l'état actuel	permanent
Huveaune EGIS 2010	Huveaune entre le pont Florian et la mer	Modèle 2D (TELEMAC 2D) de 2007, calage sur l'étude Sogreah 2006	permanent
Roquevaire EGIS 2011	Huveaune ZAC de Saint Estève	Modèle 2D (TELEMAC 2D), calage d'après terrain	permanent
Jarret EGIS 2011	Jarret à la Croix Rouge	Modèle 2D (TELEMAC 2D),	permanent
Saint Zacharie SCE 2011	Huveaune à Saint Zacharie	Modèle 2D (XP-SWMM/TUFLOW), calage d'après terrain	transitoire
	Fenouilloux		
	Esplannes		
	Peyruis		

- Les données topographiques utilisées dans les études analysées ne sont pas toujours fournies dans les documents récupérés, ou sont disponibles en format papier très peu exploitables. Seules les études les plus récentes offrent des données utilisables, principalement sur l'Huveaune.

1.2 Synthèse des données exploitables

1.2.1 Données hydrologiques

Excepté les études Sogreah de 1969 et EGCEM de 1976 qui fournissent des données hydrologiques pour quelques événements marquants du 19^{ème} et 20^{ème} siècle (pluies journalières ; estimations de débits et hauteurs d'eau à Auriol, Roquevaire, Aubagne), les études analysées n'apportent quasiment pas d'informations concernant les données hydrologiques observées sur le bassin versant.

Les ajustements statistiques des pluies des stations de Toulon, Aubagne, et Marseille sont disponibles mais nécessiteraient une actualisation.

1.2.2 Données historiques

Les études existantes fournissent très peu d'informations sur les événements historiques du bassin versant. Les quelques éléments intéressants identifiés (principalement issus de l'étude EGCEM) sont les suivants :

- Pluies journalières les plus fortes entre 1836 et 1976,
- Pluies journalières sur le bassin versant et estimations des débits de pointe de la crue de 1978 ; enveloppe de la zone inondée en 1973 et 1978 sur la commune de Marseille.
- PHE de l'Huveaune pour la crue de 1978 à Auriol (24 repères),
- Débits de pointe du Jarret et de l'Huveaune pour les épisodes de 2000 et 2003.

1.2.3 Données topographiques

Les études existantes utilisent de nombreuses données topographiques, plus ou moins exploitables selon leur date et leur format lorsqu'elles sont disponibles.

Les profils en travers qui ont pu être récupérés réutilisés dans le cadre de la présente étude sont précisés dans le tableau 3 d'amont en aval. Les données les plus anciennes (lignes grisées) ne seront toutefois pas utilisées mais ont servi de comparaison.

Tableau 3 – Données topographiques existantes – Profils en travers lit mineur

Commune	Cours d'eau	Tronçon	Données topographiques	Format	Date de l'étude
Saint Zacharie	Huveaune	Lieu-dit la Joux – limite aval de la commune	140 profils en travers (extraction LIDAR)	informatique	2011
	Peyruis Fenouilloux	1 km env 0.5 km env	103 profils en travers (extraction LIDAR)		
Auriol	Huveaune	Amont Moulin de Redon – aval centre-ville	40 profils en travers	papier	1988
Auriol	Basseron	Amont souterrain (50 m environ)	5 profils en travers	papier	1997
Destrousse	Merlançon	Amont RN96 – limite aval de la commune	58 profils en travers	papier	1997
	Grand Pré et Pégoulières	Limite amont de la commune - confluence	23 profils en travers		1997
Roquevaire	Huveaune	Secteurs Pont de Joux (1km), centre-ville (300m), gendarmerie (400m), St-Estève (1km)	69 profils en travers	informatique	2004
	Huveaune	Gendarmerie – aval St Estève	20 profils en travers	informatique	2010
Gémenos	Fauge	Passage souterrain (500m)	31 coupes	papier	1997
Aubagne	Maïre	Limite amont de la commune – aval autoroute	25 profils en travers Maire et contre-Maire	papier	2001
Gémenos	Maïre	Amont de la confluence	14 profils en travers	informatique	2004
	Fauge	Aval du centre-ville - confluence	6 profils en travers		2004
Marseille	Huveaune	Penne-sur-Huveaune	31 profils en travers	informatique	2006
	Huveaune	La Pomme – Saint loup	41 profils en travers	informatique	2011
	Huveaune	Saint Loup – aval RD559	53 profils en travers	informatique	2006 -2007
	Huveaune	Barrage de la Pugette – exutoire en mer	40 profils en travers	informatique	2009 et 2011
	Jarret	Limite amont de la commune – amont tronçon couvert	90 profils en travers	informatique	2010

2 Synthèse des contacts établis

De nombreux contacts ont été établis avec les différents intervenants du bassin versant lors de la première phase de l'étude pour tenter de recueillir un maximum d'informations concernant le fonctionnement hydraulique du bassin versant et les crues historiques.

Les différents organismes / interlocuteurs et la nature des contacts sont présentés dans le tableau de la page suivante. Le type d'informations et données récupérées y sont également précisées. Les diverses réunions et conversations correspondantes ont fait l'objet de comptes-rendus détaillés (*cf. Annexe 3*).

Les principales informations et données recueillies concernent :

- des données hydrologiques (pluies, hauteurs, débits aux stations de mesures) fournies par la CUMPM (1987-2011) et le SPC (1994-2011), et récupérées auprès de la Banque Hydro et de la DREAL ;
- des photos et articles concernant les crues historiques, principalement pour 1978 et 2008 (localisation pas toujours précise), issues des archives municipales et départementales, du SIH et du SPC,
- des informations ponctuelles sur les zones inondées lors des crues passées et les problèmes hydrauliques rencontrés par les communes, issues de témoignages.

Les nombreux contacts établis avec les personnes ressources des communes concernées par l'étude n'ont fourni que très peu de données précises concernant les crues des cours d'eau et les inondations historiques. Aucune centralisation des connaissances sur les événements marquants n'existe sur le bassin versant à l'échelle communale.

L'ensemble des données recueillies sont détaillées dans les paragraphes suivants. Les données et témoignages hydrauliques et historiques ont été dans la mesure du possible localisés et synthétisés sur des cartes.

Tableau 4 – Liste des contacts sur le bassin versant

Organisme	Interlocuteurs			Contact	Informations / Données récupérées
SIH	Choley	Georges	Technicien de rivière	Réunion 26/10/11	Photos crue de décembre 2008
CAPAE	Gacon		Urbanisme	Réunion 21/11/11 et 14/12/11	Etudes et topo sur la ZI des Paluds
	Bernardi	Gilbert	Assainissement	Réunion 26/10/11	/
MPM/DEA	Guivarch	JY	Directeur DEA	Tél et mails	Données hydrologiques SERAM (pluviomètres et limnimètres, rapports d'orages)
	Tiberini	Lewis	Chargé d'étude		
	Chacornac	JM			
	Deshons	Pascal	Chef Dpt Ingénierie		
SPC Méditerranée Est	Martin	André		Réunion 26/01/12	Données hydrologiques (pluies, hauteurs, débits) aux stations SPC pour une série d'événements entre 1994 et 2011 Photos des crues de 1978, 1994 et 2008
DREAL PACA	Narbaïs	Didier	Risques naturels majeurs	Tél	/
	Grufas	M.		Tél et mail	Table PHE (1978 et 1973)
	Valencia	Sandrine	SBEP hydrométrie	Tél et mail	Etudes et données sur les courbes de tarage et les jaugeages
Banque Hydro	Site internet			Internet	Limnigrammes et hydrogrammes aux stations de Saint Zacharie (2006-2011), Roquevaire (1994-2011), Aubagne (1997-2011), Source de Saint Pons (1997-2011)
KarstEAU (Université de Provence)	Arfib	Bruno	Laboratoire de Géologie des Systèmes et des Réservoirs Carbonatés	Tél et mail	Traçages en cours (pas de résultats) ; Pas de données utiles sur le bv de l'Huveaune
Spélé H2O			Association karst dans le Var	Tél	
BRGM	Gandolfi	Jean-Marie	Hydrogéologue	Tél	Peu de données existantes sur le fonctionnement du karst
Robins des villes	Grimaud	Claire		Tél et mail	Quelques éléments sur les crues historiques (archives)
Association EchoVallée	Torreille	Jean-Louis	Pdt association	Réunion 29/11/11, échanges mails	Documents d'archives d'Auriol, articles de presse
Association Aubagne	Carbonnelle	M.	élu + collectif Huveaune (12 assoc)	Tél	/
UDVN 13	Calfas	M.		Tél et mail	/
	Mazet	Jean	spéléologue spécialiste du karst	Tél et mail	Hydrogramme de la source de Lazare et des Naves 1977-78
Archives départementales	Stéphanides	Rémy	Département Conservation et Données Numériques	Visites 10/01/2012 et 09/02/2012	Données sur la crue de 1978 (correspondance, gestion de crise...), articles de presse
Allauch	Filosa	Luc		Courrier (questionnaire)	Questionnaire
	Monge	Bernard	ancien adjoint		Informations ponctuelles sur les crues historiques et points sensibles du Jarret
Aubagne	Pillat	M.	adjoint au DST	Tél et mail	Pas de retour
	Déjouani	M.	Service Techniques	Tél	Connaissances hydrauliques
			Archives		Photos de 1978, correspondances et presse municipale, rapport de l'association « Aubagne au fil de l'eau »
Auriol	Auzié	Patrick	Directeur service DDA	Réunion 24/10/11	Informations sur les inondations et le fonctionnement hydraulique ; étude hydraulique du Basseron ; hydrogrammes aux stations de mesures pour 1996-1997
	Fabre	M.	Urbanisme		/
			Archives		Extraits d'ouvrages et d'articles de presse
La Bouilladisse	Paghati	M.	Responsable adjoint aux services techniques	Tél	Informations ponctuelles sur les problèmes hydrauliques
	Fernandez	Régis	1er adjoint	Tél + courrier (questionnaire)	Informations sur les inondations historiques, questionnaire
	Pélissier	Francis	Adjoint au patrimoine, ancien maire	mail	Pas de réponse
Belcodène	Sauvageot		DGS	Courrier + questionnaire	Questionnaire
Cadolive	Perottino	Serge	Maire	Courrier +	Questionnaire

				questionnaire	
Carnoux-en-Provence	Calandrin	M.	Adjoint délégué à la culture	Tél	Informations ponctuelles sur les anciens problèmes hydrauliques
	Servière	Mme	DST	Mail + questionnaire	Pas de réponse
	Prévoist	Mme	Urbanisme		
La Destrousse	Gorchs	Mme	Urbanisme	Mail + questionnaire	Pas de réponse
			Services Techniques		Information ponctuelle sur point noir hydraulique
Gémenos	Schneider	M.	Responsable ST	Réunion 07/12	Informations sur les études existantes, le fonctionnement hydrauliques et les inondations historiques
			Urbanisme		
Marseille	Suanez	Christophe		Tél et mails	Voir DEA et SIH
	Berron	Gabriel	Service de l'espace urbain		
	Sabatier		Pôle financier	Visite 30/12/11	Données sur la crue de 1978 (délibérations, correspondance, habitations sinistrées...)
			Archives		
La Penne-sur-Huveaune	Kerstenne	Jean-Stéphane	Directeur des Services Techniques	Tél et mail	Lever topographique de l'Huveaune (1993) Pas de données sur les crues historiques
Peypin	Roatta	Mme	Urbanisme		Pas de retour
	Ermelin	M.		Réunion 09/11/11	
Plan d'Aups Sainte Baume				Courrier + questionnaire	
Plan-de-Cuques	Garguilo	M	Responsable urbanisme	Tél et courrier (questionnaire)	Pas de réponse
Roquevaire	Rizzon	Honoré	CCF Feux et Forêts	Réunion 28/11/11	Informations sur la crue de 1978 (limites, hauteurs d'eau...), visite de terrain
	Durand	Mme	Environnement et risques	Tél	/
Saint Zacharie	?	Mme	Direction des Services		Voir SIH (étude hydraulique SCE en cours)
Saint Savournin			Mairie	Courrier + questionnaire	
Recherche Internet	Informations ponctuelles sur les inondations historiques de l'Huveaune (articles, presse, histoire)				

3 Données hydrologiques recueillies

Les données hydrologiques recueillies proviennent de 4 sources principales : le Service de Prévision des Crues Méditerranée Est (SPC), la Communauté Urbaine de Marseille (CUMPM/DEA), la DREAL (Banque Hydro) et Météo France.

A l'exception de certaines données pluviométriques de Météo France qui concernent des évènements anciens (fin 19^{ème} siècle et début 20^{ème}), les éléments recueillis sont postérieurs à 1987. Ces données sont décrites ci-après.

3.1 Données SPC Méd Est

3.1.1 Données pluviométriques et limnimétriques

Le SPC a fourni les données de sa base d'évènements SACHA, constituées des hauteurs d'eau, des débits et des pluies au pas de temps horaire aux stations d'Aubagne, Roquevaire et St Zacharie pour une trentaine d'évènements depuis 1994. Ces données sont sous forme de fichiers csv (un fichier par évènement) présentant 4 colonnes : date et heure, hauteurs, débit et pluie.

En ce qui concerne les données pluviométriques associées à ces évènements, il s'agit des pluies de bassin de Saint Zacharie, Roquevaire et Aubagne, définies au pas de temps horaire

d'après les postes de Marseille, Cassis, la Destrousse, Aubagne, Plan d'Aups, Trets. La pluie de bassin totale a également été fournie.

La liste des événements bancarisés est fournie dans le tableau 5 ci-après. Les événements les plus importants en termes de débits enregistrés sont mis en évidence en grisé. Les données de débits à Aubagne et Saint Zacharie ne sont disponibles respectivement qu'à partir de 1997 et 2006, ce qui limite le nombre d'événements où les débits sont connus aux 3 stations.

Tableau 5 – Liste des événements bancarisés au SPC

Date du pic de crue	Qmax (m ³ /s)			Pluies de bassin : cumul total et pluie horaire max (mm)	
	Saint Zacharie (55 km ²)	Roquevaire (165 km ²)	Aubagne (245 km ²)	Bassin versant de Saint Zacharie	Bassin versant total
7-janv-94		35		100 – 5.7	106.2 – 7.4
5-févr-94		31		118 – 7.1	119 – 7.1
28-oct-94		16		32 – 7.8	40 – 11.7
5-nov-94		15		96 – 6.5	96 – 12.3
23-avr-95		23		145 – 11.6	135 – 6.7
24-janv-96		13		60 – 4.8	61 – 4.3
26-août-96		20		38 – 7.4	40 – 7.6
18-nov-96		11		128 – 8.8	122 – 9.4
9-janv-97		19		100 – 7.2	100 – 8.7
19-déc-97		8	12	67 – 9	59 – 9
30-mai-98		3	10	35 – 5.9	33 – 7.5
7-sept-98		15	21	92 – 28	98 – 27.2
9-janv-99		13	17	71 – 6	65 – 5.9
20-janv-99		29	31	77 – 10.9	7.8 – 10.4
20-sept-99		31	49	125 – 28.7	115 – 31.4
21-oct-99		15	26 et 22	147 – 10.2	139 – 12.2
5-nov-00		18		89 – 10	81 – 8.7
23-nov-00		30		80 – 7.2	118 – 7.1
25-déc-00		28	33	94 – 8.5	79 – 8.6
29-janv-01		17		54 – 6.2	47 – 5.6
10-mai-02		9	8	38 – 7.4	33 – 5.5
15-juil-02		4	10	43 – 8.1	43 – 8.1
4-sept-02		23	???	92 – 12.9	92 – 15.3
10-oct-02		16	18	86 – 6.8	88 – 8.9
16-nov-02		18	22	190 – 9	158 – 9.2
21-janv-03		9	11	20 – 4.9	19 – 4.6
2-déc-03		22	28	113 – 9.9	137 – 11.3
12-sept-04		17	18	32 – 24.2	31 – 16.6
9-sept-05		10	11	116 – 17.1	112 – 17.8
2-déc-05		12	14	52 – 6.6	41 – 6.3
25-janv-06		15		126 – 8.9	94 – 7
6-juil-06	0.5	4	7	9 – 5.9	
8-déc-06	7	11		99 – 6.7	101 – 7.5
4-févr-08	0.1	2	11	29 – 10.8	25 – 11.5
8-oct-08	0.1	1	6	51 – 8.7	56 – 13.3
2-nov-08	0.1	2	12	90 – 17.7	90 – 15.5
14-déc-08	18	54	63	192 – 11.9	167 – 10.2
26-janv-09	6	10	15	34 – 5.9	32 – 6.1
7-févr-09	8	14	20	75 – 5.7	15 – 2.2
27-avr-09	5	14	17	58 – 9.1	35 – 3.8
19-sept-09	1	7	16	105 – 8.3	125 – 12.7
24-déc-09	17	26	30	161 – 12.7	110 – 8.2

8-janv-10	13	24	29	73 – 9.3	66 – 8.2
16-juin-10	2	9	12	95 – 13.1	94 – 13.7
31-oct-10	2	6	11	91 – 6.9	79 – 7.7
22-déc-10		12	13	95 – 7.8	60 – 4.9
5-juin-11	13	16	21	69 – 12.2	55 – 5.4
5-nov-11	10	17	20	272 – 15.5	179 – 11.7

Les débits de pointe maximum enregistrés sont ceux de décembre 2008. Les intensités maximales horaires des pluies de bassins sont de l'ordre de 30 mm.

3.1.2 Indice d'humidité des sols

Le SPC a de plus fourni les coefficients SWI journaliers (Soil Wetness Index = indice d'humidité des sols) sur la période de 1993 à 2011, en cinq points du bassin versant (cf. figure 3 en ci-dessous). Ces données sont en format csv (une ligne par jour).

Cet indice, qui permet le suivi de l'humidité des sols superficiels, est défini de la façon suivante :

$$\text{SWI (\%)} = (W - W_{\text{wilt}}) / (W_{\text{fc}} - W_{\text{wilt}})$$

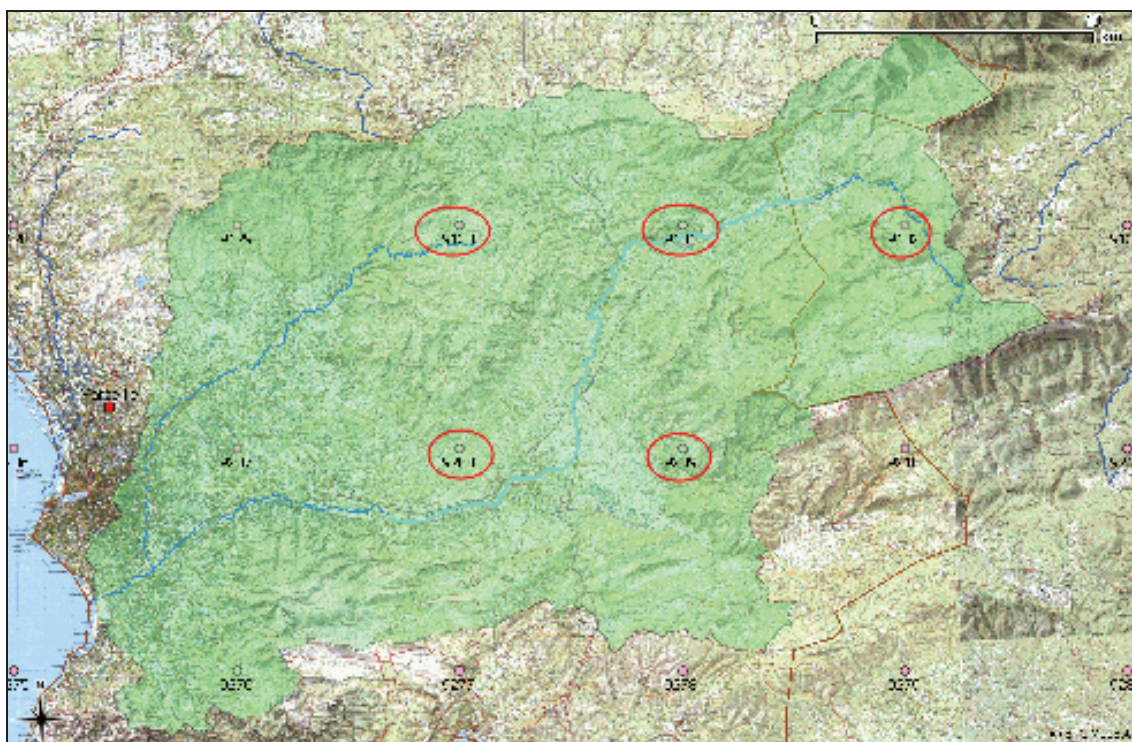
Avec W = contenu en eau du sol

W_{wilt} = contenu en eau du sol au point de flétrissement (seuil à partir duquel la plante ne peut plus capter l'eau du sol, trop rare)

W_{fc} = contenu en eau du sol à la capacité au champ (seuil au-dessus duquel il n'y a plus de drainage gravitationnel dans le sol, mais ruissellement)

Les indices sont calculés sur une maille de 8km de côté.

Figure 3 : Localisation des indices SWI fournis par le SPC



C'est un moyen d'évaluer l'état de la réserve en eau d'un sol, par rapport à sa réserve optimale (réserve utile). Lorsque le SWI est voisin de 1, voire supérieur à 1, le sol est humide, tend vers la saturation. Lorsque le SWI tend vers 0, voire passe en dessous de 0, le sol est en état de stress hydrique, voire très sec.

Dans le cas du bassin versant de l'Huveaune caractérisé par un fonctionnement karstique sur toute sa partie amont, le SWI donne des indications pertinentes sur l'état de saturation du sol.

L'analyse de l'évolution des SWI a été effectuée au pas de temps journalier et au pas de temps hebdomadaire.

La valeur moyenne des SWI a été établie sur la période 1993-2011, au pas de temps hebdomadaire, et au pas de temps journalier. La variation du SWI observée pour ces 19 années est fournie en annexe 1b du rapport 3 de cette étude, ainsi que la valeur moyenne. On constate une période de valeurs hautes sur l'année en automne et hiver, les valeurs maximales étant atteintes en décembre-janvier-février.

L'évolution des valeurs journalières montre les comportements suivants :

- En début de saison hydrologique (fin août-début septembre), les valeurs du SWI sont faibles, avec des valeurs généralement de l'ordre de 0.2 fin août.
- A l'automne, les valeurs des SWI augmentent progressivement en fonction de la chronique des épisodes pluvieux, chaque épisode pluvieux provoquant une montée sensible (une pluie de l'ordre de 10mm fait monter le SWI de 0.1). Après chaque épisode pluvieux, le SWI décroît progressivement mais relativement lentement (par exemple décroissance de 0.15 en 22 jours). Les gradients de montée et décroissance sont les mêmes tant que le SWI n'atteint pas des valeurs de l'ordre de 1.
- En hiver, la valeur moyenne du SWI s'établit entre 1 et 1.1, le maximum ayant lieu de décembre à janvier. Les épisodes pluvieux provoquent une montée du SWI à des valeurs bien supérieures à 1, jusqu'à 1.8 pour la crue de décembre 2008 par exemple, ou même 2 pour la crue de novembre 2011 sur St Zacharie. Pour passer de 1.1 à 1.2, un cumul de l'ordre de 40mm est nécessaire. Plus le SWI est élevé, plus le cumul de pluie nécessaire pour le faire augmenter devient important. La décroissance des SWI est ensuite relativement rapide lorsque le SWI est supérieur à 1, et le SWI décroît d'environ 0.1 par jour s'il ne pleut pas. Lorsque le SWI retrouve la valeur moyenne, il évolue très peu (pas d'évapotranspiration en hiver). Cette valeur moyenne est donc plutôt à considérer comme une valeur plancher.
- Au printemps et même souvent à partir de février, une décroissance plus rapide est constatée, aboutissant à des valeurs faibles durant l'été.

Ces comportements sont similaires pour les différents indices SWI fournis (5 séries), les indices SWI des parties Est du bassin (Ste Baume) montrant cependant des vitesses de décroissance moindres en hiver notamment. Le graphe de comparaison des valeurs des SWI pour l'année 2008-2009 pour les 5 séries illustre cela.

En synthèse, on peut retenir :

- En hiver (décembre-janvier), le SWI s'établit à une valeur de base correspondant à sa valeur moyenne (voisine de 1.1), il monte à des valeurs supérieures lors d'un épisode pluvieux puis rejoint la valeur de base en 7 à 8 jours s'il ne pleut pas.

- En automne, le SWI est globalement en phase de montée, sa valeur dépend fortement de la chronique des pluies sur les jours et les mois précédents (été).

3.1.3 Pluviogrammes des crues de 1973 et 1978

Les diagrammes pluviométriques des pluies des années 70 sont disponibles au SPC (format papier) sur les stations de Roquevaire et Aubagne. Les scans des relevés d'Aubagne et de Roquevaire ont été récupérés et exploités. Ils ont permis de recréer les hyétogrammes des pluies des crues d'octobre 1973 et de janvier 1978 au pas de temps 1h à Roquevaire et 30 minutes à Aubagne.

Leurs principales caractéristiques sont décrites dans le tableau 6 suivant.

Tableau 6 – Caractéristiques des pluies de Roquevaire et Aubagne – Episodes de 1973 et 1978 (Source SPC)

Pluies		Octobre 1973	Janvier 1978
Roquevaire	Durée (h)	19	57
	Cumul total (mm)	121	206
	Cumul max horaire (mm)	37.2	20
Aubagne	Durée (h)	19	57
	Cumul total (mm)	101	190
	Cumul max horaire – 30 min (mm)	47 - 24	11.8 – 8.8

3.2 Données CUMPM/DEA

Les données brutes fournies par la CUMPM (Département Eau et Assainissement) comprennent des données pluviométriques sur 26 postes de la commune de Marseille (période 1988-2012), et des données limnimétriques sur une série de limnimètres, dont 3 sur l'Huveaune et 2 sur le Jarret (période 1996-2012).

Les postes pluviométriques et limnimétriques sont localisés sur la figure 4.

3.2.1 Données pluviométriques

Les stations pluviométriques disponibles sont précisées dans le Tableau 7, avec les plus forts cumuls enregistrés sur des durées de 6 minutes, 1 h et 24 h.

Les données brutes fournies comprennent 300 fichiers en format txt. Les fichiers sont classés par année, puis par mois (un fichier par mois). Chaque ligne d'information contient :

- Le numéro de la station,
- Le mnémonique PL1 qui désigne un pluviomètre,
- La date d'acquisition de la donnée, au pas de temps de 6 minutes,
- La quantité de pluie recueillie sur ces 6 minutes, en $1/10^{\text{ème}}$ de millimètre.

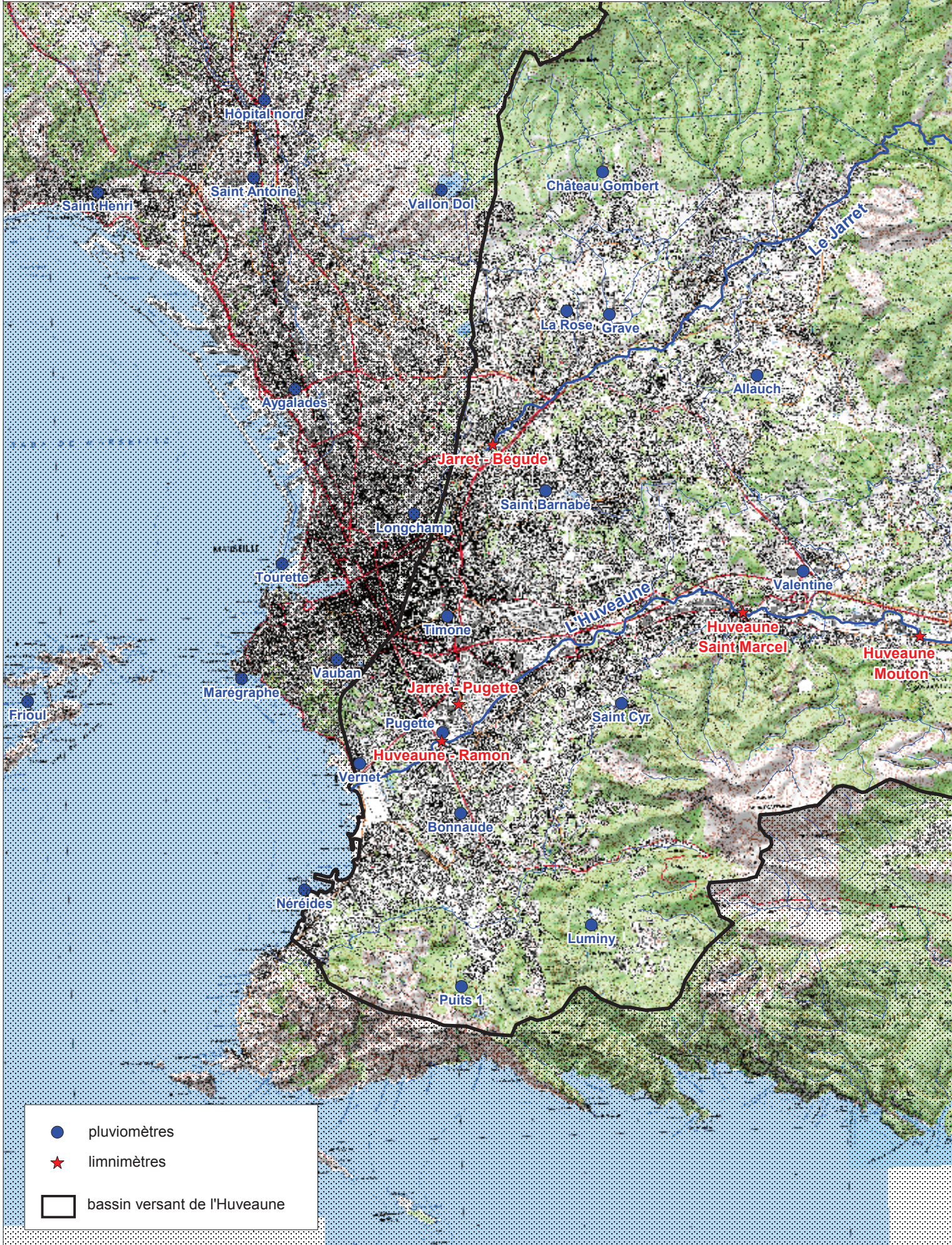
Ces fichiers sources contiennent uniquement des données significatives (pas de donnée à zéro). Ils ont fait l'objet d'une vérification sommaire par la SERAM et ne contiennent pas en principe de données très aberrantes.

Un dossier de synthèse des pluies mensuelles est de plus disponible (318 fichiers excel) : pour chaque année de 1988 à 2011, un fichier synthétise les pluies journalières et mensuelles des pluviomètres. Les hauteurs maximales sur 6 minutes sont également détaillées.

Tableau 7 – Pluviomètres de la CUMPM et cumuls max enregistrés

N°	Zone	Lieu-dit	Date d'ouverture - fermeture	Cumul max en mm (année)		
				6 min	1 h	24 h
40	Jarret	Allauch	01/10/89	30.2 (2003)	70.2 (2000)	200.4 (2003)
36	Aygalades	Aygalades	01/01/86	24.7 (2004)	60.2 (2000)	160.8 (2000)
62	Huveaune	Bonnaude	01/07/96	29.8 (2003)	71.6 (2000)	204.8 (2003)
33	Jarret	Château Gombert	01/10/87	33.6 (2004)	72.6 (2000)	196 (2003)
39	Littoral Sud	Frioul	01/10/89	37.6 (1996)	84.4 (1996)	91.8 (1996)
80	Jarret	Grave	01/03/97	17.2 (2010)	54.4 (2003)	191.8 (2003)
505	Littoral Sud	Hambourg	01/10/88 – 04/97			
34	Aygalades	Hôpital nord	01/02/90	30.6 (1992)	83.8 (1993)	175.2 (2003)
42	Unitaire Nord	Longchamp	01/01/86	23.4 (1998)	56.4 (1998)	104.6 (1999)
406	Huveaune	Luminy	01/10/88	30.8 (1998)	83.4 (2003)	229.4 (2003)
602	Unitaire Sud	Marégraphe	01/02/90	28 (2000)	87.8 (2000)	187.8 (2000)
220	Littoral Sud	Néréides	01/12/87	32 (2000)	93 (2000)	217 (2000)
55	Huveaune	Pugette	01/10/87	34 (2003)	73.2 (2003)	213.4 (2003)
54	Littoral Sud	Puits 1	01/10/87	29 (2003)	61.8 (2003)	130.8 (2009)
61	Aygalades	Saint Antoine	01/02/91	36.8 (1993)	98.6 (1993)	153.8 (1993)
30	Jarret	Saint Barnabé	01/02/89	30.2 (2000)	82 (2000)	182.2 (2003)
41	Huveaune	Saint Cyr	01/10/89	28 (2003)	102 (2003)	246.2 (2003)
44	Littoral Nord	Saint Henri	01/04/97	30.2 (2009)	70.8 (2009)	123.6 (2003)
407	Littoral Nord	Septèmes	01/02/90	33.4 (1993)	98.8 (1993)	187.8 (2003)
31	Jarret	Timone	01/01/88	25 (2000)	75.2 (2000)	179.4 (2000)
43 - 16(10/99)	Unitaire Nord	Tourette	01/03/90	28.6 (1998) - 23.8 (2008)	46 (1998) - 79.4 (2000)	99.2 (1996) - 193 (2000)
38	Huveaune	Valentine	01/10/88	32.2 (1998)	62.8 (2003)	164.8 (2003)
401	Jarret	Vallon Dol	01/04/89	35.6 (1998)	53.8 (2003)	168.2 (2003)
35	Unitaire Sud	Vauban	01/02/89	30 (2000)	91.2 (2000)	216.8 (2000)
37	Huveaune	Vernet	01/01/86	28 (1990)	68 (1990)	179.6 (1988)
32		La Rose	01/01/86 – 09/97	21 (1990)	60.6 (1990)	104 (1990)
Moyenne (min – max)				29 (17 - 38)	75 (46 - 102)	173 (92 - 246)

Figure 4 : Pluviomètres et limnimètres de la CUMPM



3.2.2 Données limnimétriques

Les stations limnimétriques disponibles sur l’Huveaune et le Jarret sont présentées dans le tableau suivant (les autres limnimètres existants sur les affluents et émissaires d l’Huveaune ne sont pas détaillés ici).

Tableau 8 – Limnimètres de la CUMPM

Cours d'eau	Surface du bassin versant (km ²)	Lieu-dit	Cote du radier (m NGF)	Mesures	Débit maximal relevé (m ³ /s)	Date du débit maximal relevé
Huveaune	301	Le Mouton Li1	73.51	97- nov 2011	63.787	14/12/08 19:00
Huveaune	336	Saint Marcel Li1	46.01	97- nov 2011	112.517	01/12/03 21:42
Huveaune	466	Ramon Li1	6.03	juil 96 - nov 2011	233.838	19/09/00 19:24
Jarret	94	La Bégude Li3	54.79	98 - nov 2011	80.585	19/09/00 20:54
Jarret	104	Pugette Li1	10.36	96 - nov 2011	62.741	15/06/10 09:36

Les données brutes fournies comprennent au total 573 fichiers en format txt. Les fichiers sont classés par année, puis par bassin et par mois ou groupe de mois. Les capteurs concernés sont précisés au début du fichier.

Chaque ligne d’information contient :

- La date d’acquisition de la donnée, au pas de temps de 6 minutes,
- La hauteur d’eau relative exprimée en valeur réelle, en mètre (une colonne par capteur).

Les données limnimétriques ont été enregistrées avec des critères de stockage particuliers, notamment un delta de variation pour stockage. Les données peuvent donc être discontinues dans le temps, il est considéré que la valeur n’a pas évolué depuis la dernière valeur stockée jusqu’à la valeur courante.

De même, il existe un seuil minimum en dessous duquel la valeur n’est plus stockée. Il peut donc y avoir des périodes de temps sec pendant lesquelles il n’y a pas eu de stockage. On note également des périodes de maintenance ou de modification de site qui ont entraîné un manque d’acquisition.

3.2.3 Courbes de tarage et jaugeages

Les courbes hauteur-débit sont précisées dans les fichiers de description des stations (fichier pdf). Les données sources correspondantes (valeurs des couples hauteur/débit) ne sont pas disponibles, excepté pour la courbe de tarage du Jarret au limnimètre de la Bégude (format excel avec la correspondance hauteur en centimètre / débit en m³/s).

Pour les stations de St Marcel, et du Jarret, les courbes hauteur-débit ont été établies par un calcul hydraulique en régime uniforme tenant compte de la section généralement régulière au droit de la station. Les fiches fournies indiquent les coefficients pris en compte. Aucun jaugeage n’a été effectué. La courbe de la station de Ramon est issue de l’étude EGCM.

Pour la station du Mouton, le calcul est celui d'une loi de seuil épais, qui devrait constituer une section de contrôle correcte tant que le seuil reste dénoyé.

L'analyse des hydrogrammes montre cependant des incohérences entre les débits de l'Huveaune aux stations du Mouton et de St Marcel, par comparaison avec les débits à Aubagne, avec notamment des montées de crue à la station du Mouton non observées à Aubagne ni à St Marcel. Les débits à St Marcel semblent plus cohérents avec les débits aval. Dans ces conditions, et en l'absence de plus d'informations, nous considérerons que les débits de la station du Mouton ne sont pas exploitables en l'état.

3.2.4 Rapports d'orage

La CUMPM a également fourni les rapports d'orages ayant touché la ville de Marseille disponibles depuis 1986. Ces rapports regroupent les informations et analyses recueillies et effectués par le service assainissement de la ville de Marseille et la SERAM. Ils synthétisent les données hydrologiques (cumuls de pluies aux stations, intensités maximales, hyétogrammes et limnigrammes), et décrivent les problèmes et incidents identifiés sur les différents points du réseau (points de débordements, cause des désordres, interventions...).

Des plans de localisation des débordements et des profils en long des lignes d'eau des émissaires accompagnent parfois les rapports.

Les événements ayant fait l'objet de rapports d'orages sont listés dans le tableau 9 ci-dessous. Les événements faisant partie des épisodes bancarisés du SPC sont mis en évidence en grisé.

Tableau 9 – Date des rapports d'orages (CUMPM-SERAM)

Date	Date	Date
26/08/1986	28-29/09/1991	19/09/2000
14-15/01/1988	12/10/1991	25-26/08/2002
23/09/1988	14/10/1991	01-04/12/2003
02/10/1988	04/06/1992	14/09/2004
05/10/1988	24/06/1992	14/10/2004
14/10/1988	09/08/1992	06/09/2005
24/02/1989	23/09/1993	10/09/2005
11/09/1989	06-07/01/1993	08/10/2008
19/10/1989	31/08/1993	22/10/2008
22/11/1989	23/09/1993	02/11/2008
03/04/1990	22/08/1994	04/11/2008
22/04/1990	05/10/1995	14/12/2008
13-14/05/1990	26/08/1996	15-19/09/2009
23-24/05/1990	05/06/1997	09/10/2009
24-25/05/1990	11/08/1997	21/10/2009
11-12-06-1990	06-07/10/1997	22/10/2009
30-31/08/1990	07/09/1998	15/06/2010
08-09/12/1990	17-18/01/1999	16/06/2010
12/09/1991	19-20/09/1999	16-17/06/2010
25-26/09/1991	20-21/10/1999	27/07/2011

3.2.5 Analyse du CETE

L'ensemble de ces données pluviométriques a fait l'objet d'une analyse réalisée par le CETE (PPRI Marseille « ruissellement », Données hydrologiques, Rapport provisoire, CETE Méditerranée, janvier 2012).

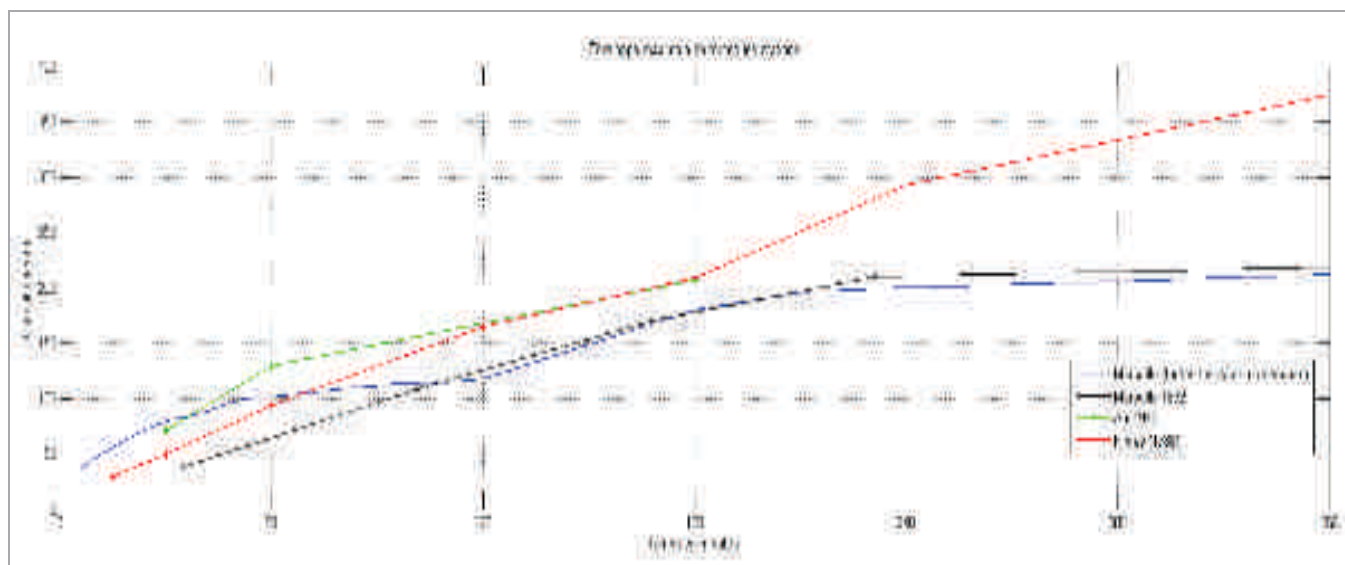
Cette étude met en évidence les données fiables exploitables en écartant les données non pertinentes. Les données retenues répondent aux conditions suivantes :

- un rapport d'orage est disponible sur la station,
- la différence du maximum de lame d'eau en 6 minutes entre la donnée brutes et la donnée de la synthèse mensuelle est inférieure à 0,2 mm,
- la différence du cumul journalier entre la donnée brute et la donnée de la synthèse mensuelle est inférieure à 2 mm.

Ce tri permet d'écarter les valeurs aberrantes, afin de conserver des séries fiables et exploitables par un traitement statistique.

Le CETE a synthétisé les cumuls mensuels et les cumuls maximums historiques sur des durées de 1h à 1 jour sur l'ensemble des postes, et propose une comparaison de l'enveloppe maximale des cumuls et des débits spécifiques équivalents avec d'autres pluies méditerranéennes (Aix 1993, Nîmes 1988, Marseille 1892).

Figure 5 : Enveloppe maximale des cumuls de pluie sur Marseille (source CETE 2012)



Des ajustements statistiques ont également été réalisés sur l'ensemble des postes pour des durées de pluie de 30 minutes à 6 h, le CETE précisant bien les difficultés de réalisation de ces traitements du fait des manques d'enregistrements en périodes sèches notamment et de l'existence de données aberrantes écartées.

Les données obtenues pour des durées de 1h sont résumées dans le tableau 10 suivant (ajustements avec loi GEV et loi de Gumbel).

Tableau 10 – Résultats des ajustements du CETE pour des durées de 1h et 24h

Station	Nombre d'année	Pluie de durée 1h (mm)		
		10 ans	50 ans	100 ans
16 -Tourette	15	53 - 54	90 - 76	112 - 86
30 - St Barnabé	23	50 - 52	74 - 93	85 - 82
31 - Timone	24	47 - 47	63 - 65	70 - 72
33 - Château Gombert	24	57 - 58	78 - 81	87 - 91
34 - Hôpital Nord	24	51 - 51	69 - 71	77 - 80
35 - Vauban	22	55 - 57	87 - 81	104 - 112
36 - Aygalades	22	48 - 49	58 - 67	61 - 75
37 - Vernet	23	53 - 53	71 - 73	79 - 82
38 - Valentine	24	49 - 49	61 - 68	65 - 76
39 - Frioul	23	47 - 49	68 - 69	77 - 78
40 - Allauch	23	52 - 52	65 - 70	69 - 78
41 - Saint-Cyr	23	57 - 59	83 - 84	95 - 95
42 - Longchamp	23	41 - 41	52 - 56	56 - 63
44 - St Henri	15	53 - 53	86 -79	102 -89
54 - Puits	23	48 - 48	64 - 68	71 - 76
55 - Pugette	24	56 - 56	74 - 79	81 - 88
61 - St Antoine	20	52 - 56	84 - 80	102 - 90
62 - Bonnaude	14	63 - 60	100 - 84	120 - 94
80 - Grave	15	43 - 44	53 - 58	57 - 64
220 - Néréides	23	52 - 54	76 - 77	87 - 88
401 - Vallon Dol	22	43 - 44	54 - 61	58 - 68
406 - Luminy	23	57 - 57	78 - 82	87 - 93
407 - Septèmes	22	53 - 55	77 - 79	87 - 90
602 - Marégraphe	21	46 - 48	90 - 70	119 - 79

D'après ces résultats, les cumuls horaires de septembre 1993, septembre 2003 et décembre 2003 présentent une période de retour théorique supérieure à 100 ans sur plusieurs postes.

A noter qu'au-delà de 4 fois la longueur de la série étudiée, les valeurs statistiques obtenues ne sont plus fiables. Les valeurs centennales fournies doivent donc être considérées comme seulement indicatives.

3.3 Données DREAL (Banque Hydro)

3.3.1 Données limnimétriques

Il existe 6 stations de mesures gérées par la DREAL PACA sur le bassin versant de l'Huveaune (cf. tableau 11 ci-dessous et figure 6). Seules 4 d'entre elles sont en service et présentent une plage de données de l'ordre de 15 ans.

La totalité des chroniques de hauteurs et de débits disponibles sur les stations de Saint-Zacharie, Roquevaire, Aubagne et Saint-Pons a été importée depuis la Banque hydro. Ces

données à pas de temps variables viennent compléter celles du SPC qui ne concernent qu'une série d'évènements ponctuels.

Tableau 11 – Stations limnimétriques DREAL

Code	Cours d'eau	Surface du bassin versant (km ²)	Commune	Altitude (m NGF)	Zéro de l'échelle	Mesures
Y4414015	Huveaune	55	Saint-Zacharie	245		2006-2011
Y4414020	Huveaune	154	Roquevaire	150		1969-1971 (données douteuses)
Y4414030	Huveaune	165	Roquevaire	150	150.49 m IGN 69	1994-2011
Y4424040	Huveaune	245	Aubagne	92	92.47 m NGF 1884	1997-2011
Y4424020	Huveaune	245	Aubagne	92		1969-1971 (données douteuses)
Y4424010	Huveaune	373	Marseille	10	10 m NGF 1884	1979-1984 (hauteurs)
Y4425010	Source de Saint Pons	14.5	Gémenos	350		1997-2011
Y4415620	Merlançon	48	Auriol	170		2011 (hauteurs)

Ces stations sont localisées sur la figure 6 en page suivante.

Les données statistiques fournies par la Banque Hydro sont résumées dans le tableau 12 ci-dessous (les bornes min et max de l'estimation du débit décennal sont données entre parenthèses).

Tableau 12 – Débit décennal à Roquevaire et Aubagne (source : Banque Hydro)

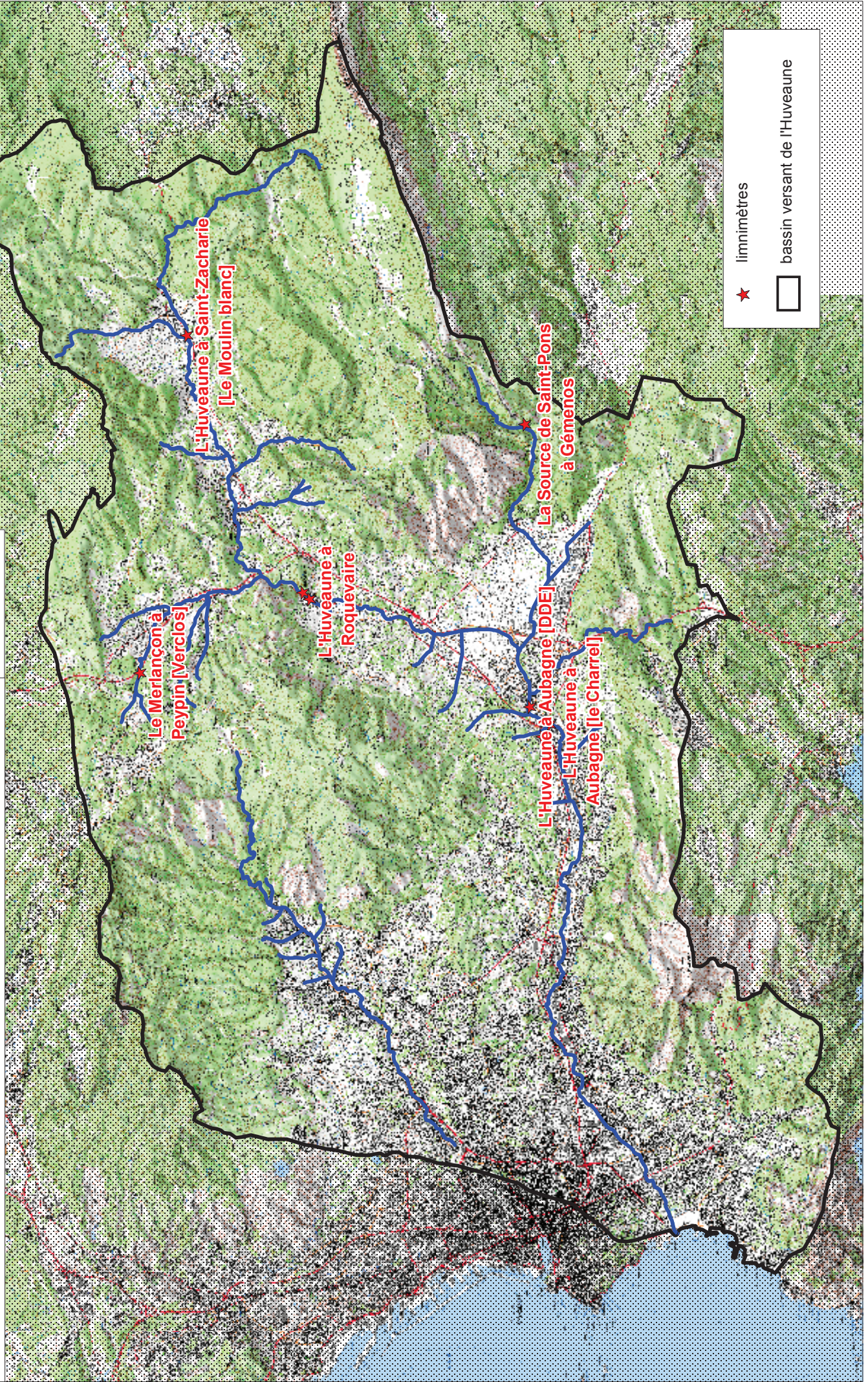
Station	Surface	Nombre d'années	Débit maximum enregistré le 14/12/2008 (m ³ /s)	Débit décennal (m ³ /s)
Saint-Zacharie	55	5	17.7	/
Roquevaire	165	16	56	36 (30-51)
Aubagne	245	15	63.8	47 (38-72)

La station de Saint Zacharie ne dispose pas de suffisamment d'années de mesures pour permettre l'estimation de débits de crue caractéristiques.

Les stations de Roquevaire et Aubagne ne disposent pas de suffisamment d'années de mesures pour permettre l'estimation de débits de crue caractéristiques au-delà des crues décennales.

Il est précisé que les faibles débits à la station d'Aubagne sont influencés par des rejets de stations d'épuration.

Figure 6 : Limnimètres DREAL PACA



3.3.2 Courbes de tarages et jaugeages

Les courbes de tarages anciennes et actuelles ont été récupérées auprès du service Hydrométrie (Service Biodiversité, Eau et Paysages) de la DREAL, ainsi que les 3 plus forts jaugeages sur les 3 stations.

- Aubagne : 4 courbes depuis 1994. Une étude IPSEAU a été menée en 2003. La courbe a ensuite été modifiée d'après un jaugeage en 2008 pour les hautes eaux.
- Courbe de Roquevaire : 4 courbes depuis 1993. La courbe actuelle date de 2009, il n'y a pas de changement pour les hautes eaux (section bétonnée bien calibrée).
- Saint Zacharie : 5 courbes depuis 1995. Une étude a été menée en 2008, des modifications ont été faites depuis pour les moyennes eaux.

D'après le gestionnaire, les courbes d'Aubagne et de Roquevaire sont robustes, il y a beaucoup de points en basses et hautes eaux. Il s'agit de sections bétonnées qui se détarent peu.

La courbe de Saint Zacharie est moins robuste que les 2 précédentes (il est plus difficile de jauger des débits en hautes eaux sur ce secteur).

Des jaugeages sont réalisés tous les 2 mois. Les dates des 3 plus forts jaugeages sont les suivantes :

- Saint Zacharie : 15/12/2008 (61 cm, 5.64 m³/s), 10/12/2008 (44.5 cm, 2.75 m³/s), 14/01/2010 (31 cm, 2.4 m³/s),
- Roquevaire : 11/01/1994 (158 cm, 17.5 m³/s), 15/12/2008 (161 cm, 14.5 m³/s), 24/04/1995 (148 cm, 13.3 m³/s),
- Aubagne : 18/01/1999 (145 cm, 30.9 m³/s), 15/12/2008 (132.5 cm, 24.8 m³/s), 07/09/1998 (105 cm, 17.4 m³/s).

3.4 Données Météo-France

3.4.1 Données pluviométriques

Des données pluviométriques complémentaires ont été commandées auprès de Météo-France. Les postes gérés par météo-France sur et au voisinage du bassin versant sont localisés sur la figure 7. Leurs caractéristiques sont fournies ci-dessous :

Tableau 13 – Pluviomètres de Météo-France

Code	Commune	Lieu-dit	Altitude (m NGF)	Mesures	Type
13054001	MARIGNANE	AEROPORT MARSEILLE MARIGNANE	5	1959-2008 (ouverte)	1
13055001	MARSEILLE	OBS.PALAIS-LONCHAMP	75	1959-2008 (ouverte)	4-2 (1993)
13055002	MARSEILLE	PHARE DE MOUREPIANE	35	1930-1975	4
13055003	MARSEILLE	PHARE-DU-PLANIER	6	1930-1992	4
13055004	MARSEILLE	SEMAPHORE-POMEGUES	63	1949-1978	1
13055005	MARSEILLE	ST-BARNABE	137	1961-2008 (ouverte)	4
13055006	MARSEILLE	STE-MARTHE-BASSIN-DU- MERLAN	121	1961-2008 (ouverte)	4
13055008	MARSEILLE	MONT ROSE	81	1973	4
13055010	MARSEILLE	ARENC	1	1989-1991	4
13055011	MARSEILLE	PARC-BORELY	5	1989-1997	4
13055013	MARSEILLE	LE-PHARO	15	1989-1996	4
13055016	MARSEILLE	LA-BOUDINIERE	10	1989	4
13055018	MARSEILLE	SEMAPHORE DE CAP-CROISETTE	116	1921-1939	4
13055020	MARSEILLE	LES-OLIVES	143	1986-2004	3
13055021	MARSEILLE	LES ACCOULES	31	1837-1863	4
13055025	MARSEILLE	HIPPODROME DU PRADO	5	2000-2008 (ouverte)	2
13055028	MARSEILLE	SPC-222-Marseille	7	1997-2005	4
13005001	AUBAGNE	LES-PASSONS	131	1929-1990	4
13005002	AUBAGNE	SEIGNADONE	146	1950-1952	4
13005003	AUBAGNE	LES-MELLETS	130	1989-2008 (ouverte)	2
13005004	AUBAGNE	DDE	105	1994-2005	3
13007001	AURIOL	COL DE LA COUTRONNE	615	1962	4
13030001	CUGES-LES-PINS	LE-COLOMBIER	180	1959-2008 (ouverte)	4
13030002	CUGES-LES-PINS	LA SAINTE BAUME	1025	1998-2002	2
13031001	DESTROUSSE	BOURG	190	1965-1966	4
13031002	DESTROUSSE	null	201	2008 (ouverte)	2
13042001	GEMENOS	LES GRAVIERS	130	1961-2006	2
13062001	MIMET	AGGLOMERATION	500	1877-1881	4
13062002	MIMET	REYGALET-CASERNE-DES- POMPIERS	416	1991-2008 (ouverte)	2
13070001	PENNE-SUR-HUVEAUNE	ECOLE	77	1949-1970	4
13073003	PEYPIN	SPC-222-Peypin	300	1995-2005	4
13075001	PLAN-DE-CUQUES	SPC-222-Plan de cuques	217	1996-2005	4
13085001	ROQUEFORT-LA-BEDOULE	BOURG	354	1976-2008 (ouverte)	4
13085002	ROQUEFORT-LA-BEDOULE	ECOLE	276	1928-1974	4
13085003	ROQUEFORT-LA-BEDOULE	SPC-222-Roquefort	280	1997-2005	4
13086001	ROQUEVAIRE	PONT-DE-JOUX	175	1968-2008	4-2 (1995)
13086005	ROQUEVAIRE	SPC-222-Roquevaire	160	1995-2005	4
13106001	SEPTEMES-LES-VALLONS	USINE DUCLOS	209	1928-1952	4
13106002	SEPTEMES-LES-VALLONS	AGGLOMERATION	210	1977-1981	4

Code	Commune	Lieu-dit	Altitude (m NGF)	Mesures	Type
13110001	TRETS	CARREAU DE LA MINE	249	1877-1983	4
13110002	TRETS	DDE	240	1972-1988	4
13110003	TRETS	LA GARDI	264	1989-2008 (ouverte)	2
83093001	PLAN-D'AUPS	LES BEGUINES	679	1944-1993	4
83093005	PLAN-D'AUPS		605	2008 (ouverte)	2
83120001	SAINT ZACHARIE	SPC222 SAINT ZACHARIE	264	1995-2005	4

Types de pluviomètres :

- 1 : station professionnelle surveillée à transmission quotidienne
- 2 : station automatique à transmission quotidienne
- 3 : station automatique à transmission différée
- 4 : station bénévole manuelle

Les données recueillies sont les suivantes :

- pluies mensuelles des 3 mois précédant les crues historiques marquantes du bassin versant sur tous les postes en fonctionnement (1892, 1907, 1935, 1960, 1972, 1973, 1978, 1994, 1996, 2008), afin de disposer d'informations sur l'état de saturation des sols, et pluie maximale journalière le jour de la crue,
- pluies journalières des crues historiques et des épisodes bancarisés par le SPC,
- pluies horaires aux postes en fonctionnement pour une douzaine d'épisodes retenus entre 1997 et 2011, afin de pouvoir établir une comparaison avec les pluies de bassins fournies par le SPC et les pluies de Marseille, et d'avoir une idée de la répartition spatiale des pluies pour ces évènements.

Les postes en fonctionnement et les cumuls journaliers enregistrés pour les crues historiques sont détaillés dans le tableau suivant. Les cumuls les plus importants de chaque épisode sont mis en évidence en gras.

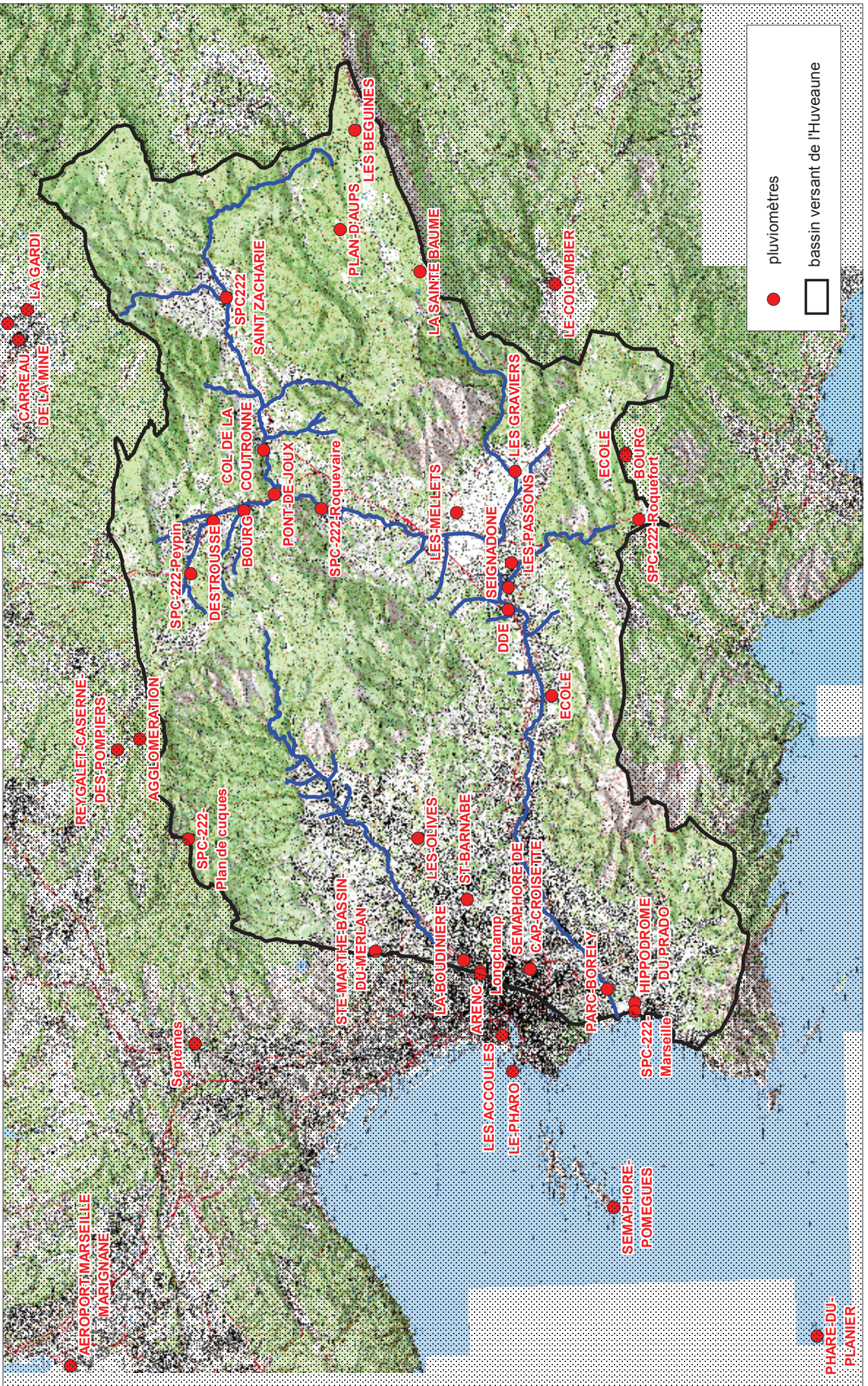
Tableau 14 – Pluviomètres Météo-France disponibles et cumuls journaliers des crues historiques

Crue	Poste	Code	Cumul journalier (mm)
Octobre 1892	Marseille Obs	13055001	221.5
Novembre 1907	Marseille Obs	13055001	148.6
	Trets	13110001	43.4
Novembre 1935	Marseille Obs	13055001	66.3
	Plan d'Aups	83093001	121
Octobre 1960	Aubagne	13005001	102.9
	Cuges les Pins	13030001	74.3
	Penne sur Huveaune	13070001	79
	Roquefort la Bédoule	13085002	80
	Trets	13110001	108.3
	Plan d'Aups	83093001	97
Décembre 1972	Aubagne	13005001	100.2
	Cuges les Pins	13030001	145
	Gémenos	13042001	111
	Marseille St Barnabé	13055005	79.1
	Roquefort la Bédoule	13085002	135.1
	Roquevaire	13086001	116.5
	Trets	13110001	73.6
	Trets PC	13110002	100

	Poste	Code	Cumul journalier (mm)
	Plan d'Aups	83093001	70.8
Octobre 1973	Aubagne	13005001	118.6
	Cuges les Pins	13030001	114
	Gémenos	13042001	120.7
	Marseille St Barnabé	13055005	136
	Roquefort la Bédoule	13085002	189.3
	Roquevaire	13086001	154.3
	Trets	13110001	121.1
	Trets PC	13110002	143
	Plan d'Aups	83093001	159.4
Janvier 1978	Aubagne	13005001	138
	Cuges les Pins	13030001	150.2
	Gémenos	13042001	167.7
	Marseille St Barnabé	13055005	110
	Roquefort la Bédoule	13085002	131
	Roquevaire	13086001	180
	Trets	13110001	154
	Trets PC	13110002	165
Plan d'Aups	83093001	167	
Janvier 1994	Aubagne Les Mellets	13005003	93.4
	Cuges les Pins	13030001	84
	Gémenos	13042001	80
	Marseille St Barnabé	13055005	105
	Marseille Olives	13055020	75
	Mimet	13062002	85
	Roquefort la Bédoule	13085001	60.6
	Roquevaire	13086001	96.4
Trets	13110003	82.8	
Janvier 1996	Aubagne Les Mellets	13005003	35.4
	Cuges les Pins	13030001	38
	Gémenos	13042001	37
	Marseille St Barnabé	13055005	44.1
	Marseille Olives	13055020	30
	Mimet	13062002	140
	Roquefort la Bédoule	13085001	50
	Roquevaire	13086001	47.2
Trets	13110003	49	
Décembre 2008	Aubagne Les Mellets	13005003	126.5
	Cuges les Pins	13030001	93
	Destrousse	13031002	92.1
	Marseille St Barnabé	13055005	59
	Marseille Ste Marthe	13055006	63
	Marseille Olives	13055020	60
	Mimet	13062002	113.4
	Plan d'Aups	83093005	90.8
	Roquefort la Bédoule	13085001	65
Trets	13110003	68	

Figure 7 : Localisation des pluviomètres de Météo-France ci-contre

Figure 7 : Pluviomètres de Météo-France



3.4.2 Données statistiques

Les données statistiques disponibles sur les postes pluviométriques du bassin versant ont été achetées à Météo-France. Il s'agit :

- Des pluies journalières aux postes de Cuges-les-Pins, Gémenos, Marseille-Observatoire, Roquefort-la-Bédoule, Roquevaire. Les données fournies comprennent également les valeurs maximales de l'échantillon traité. Les statistiques sont établies à partir de valeurs quotidiennes non centrées, relevées entre 6 heures et 6 heures UTC le lendemain.
- Des fortes précipitations sur des durées de 2 et 3 jours au poste de Marseille-Observatoire,
- Des coefficients de Montana sur le poste de Marseille Observatoire, pour des pluies de durées de 1min à 1h, de 1h à 6h et de 6h à 24h.

Les valeurs obtenues pour des périodes de retour de 10 ans, 50 ans et 100 ans sont synthétisées dans les tableaux suivants.

Tableau 15 – Données statistiques de Météo-France – Pluies journalières non centrées

Poste	Période	Pluie journalière (mm)			Valeurs maximales (mm)
		10 ans	50 ans	100 ans	
Cuges-les-Pins	1929-2010	107	163.4	194.2	176 (26/08/1986) 150.2 (16/01/1978) 145 (27/12/1972)
Gémenos	1961-2006	105.5	167.6	202.9	167.7 (16/01/1978) 144.8 (19/09/1999)
Marseille	1901-2010	103.4	151.6	175.3	200 (19/09/2000) 182.4 (01/12/2003) 148.6 (08/11/1907)
Roquefort-la-Bédoule	1976-2010	125.2	213.5	266.3	200 (26/08/1986) 180 (16/01/1978) 162.2 (01/12/2003)
Roquevaire	1972-2007	125.3	169.1	210.9	154 (16/01/1978) 138 (19/09/1999)

Tableau 16 – Données statistiques de Météo-France – Coefficients de Montana au poste de Marseille-Observatoire

Période	Durée de la pluie	Coefficients de Montana	10 ans	50 ans	100 ans
1963 - 2010	6min – 1h	a	4.135	4.825	4.993
		b	0.395	0.35	0.328
	1h – 6h	a	14.463	17.69	18.442
		b	0.725	0.679	0.654
	6h – 24h	a	15.479	31.659	43.248
		b	0.632	0.779	0.802

Tableau 17 – Données statistiques de Météo France – Pluies de durées 2 à 3 jours non centrées

Poste	Période	Durée	Pluie (mm)			Valeurs maximales (mm)
			10 ans	50 ans	100 ans	
Marseille Observatoire	1901-2010	2 jours	124.2	179.4	206.1	218.4 (01/12/2003) 200.5 (19/09/2000) 180.8 (01/10/1973)
Marseille Observatoire	1901-2010	3 jours	136.2	186.5	208.6	230 (01/12/2003) 200.5 (18/09/2000) 180.8 (30/09/1973)

3.4.3 Données SHYREG

Les quantiles SHYREG ont été fournis par la DDTM pour 16 points situés sur le bassin, pour les durées 1, 2, 3, 4, 6, 12 et 24h et les périodes de retour 10, 50 et 100 ans.

Les points correspondant sont positionnés sur la carte de la Figure 9 Position des points Shyreg pris en compte sur le bassin de l'Huveaune

La méthode Shyreg permet en principe une bonne estimation des quantiles de fréquence rare, car elle est basée sur un générateur aléatoire de pluies, et s'affranchit de l'extrapolation des lois d'ajustement statistique qui a lieu lorsque les séries d'observation ont des durées courtes. Elle permet de plus une régionalisation des quantiles sur la base de pixels d'1km².

Cependant, elle ne comporte pas d'intervalle de confiance et ne prend pas en compte les événements récents.

On constate une certaine homogénéité dans les valeurs obtenues sur la partie basse et centrale du bassin, et des valeurs plus élevées sur les parties est et sud-est (Ste Baume).

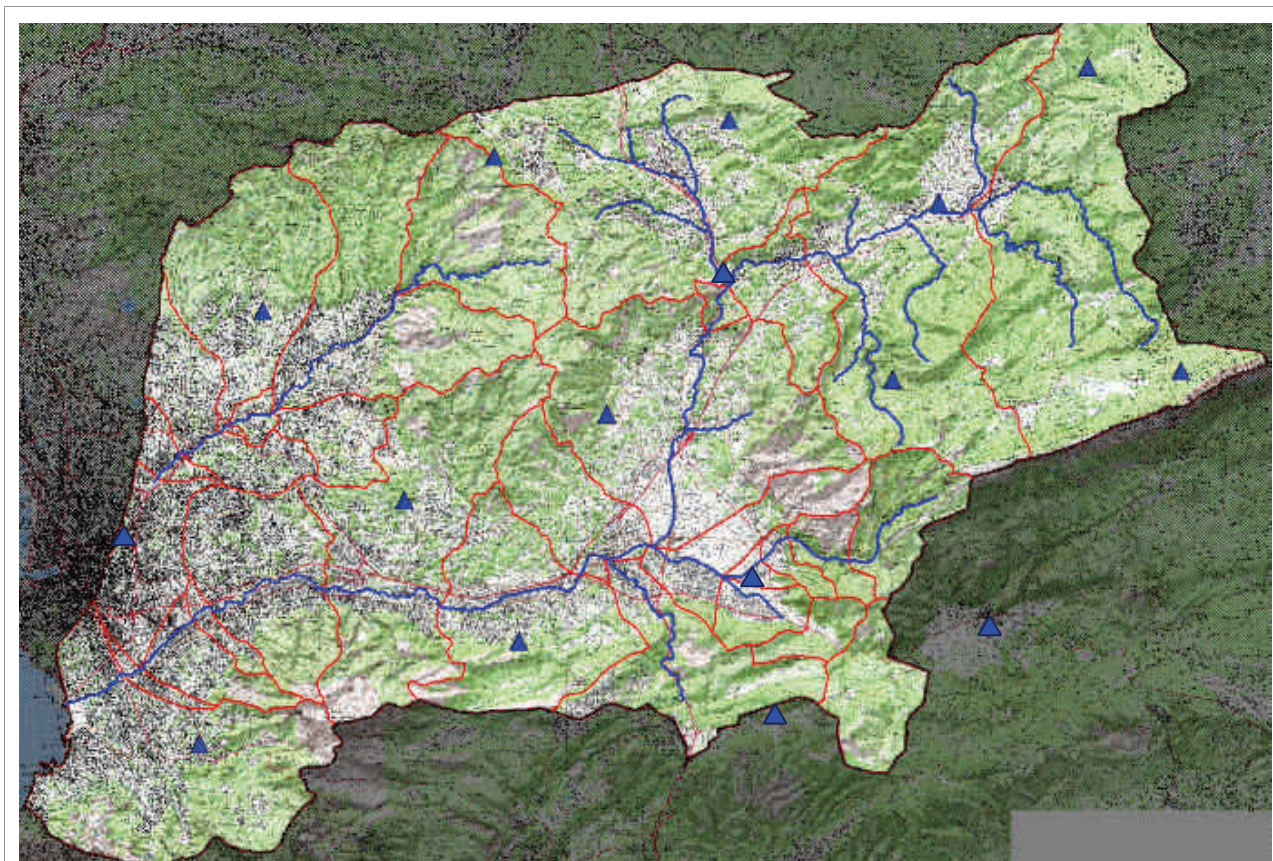


Figure 9 Position des points Shyreg pris en compte sur le bassin de l’Huveaune

Une comparaison des valeurs est possible aux points correspondant aux stations pluviométriques pour lesquelles existent des ajustements statistiques. Cette comparaison est présentée dans le Tableau 18. Les valeurs des quantiles des postes pluvios Météo France ont été corrigées pour obtenir des valeurs centrées (coefficient correcteur de Weiss égal à 1.14), comparables aux quantiles Shyreg. Rappelons également que ces valeurs comportent un intervalle de confiance, ce qui n’est pas le cas des quantiles Shyreg.

On constate :

- des valeurs des quantiles aux postes pluvios toujours supérieures aux quantiles Shyreg,
- des valeurs des quantiles shyreg qui se situent dans la partie basse de l’intervalle de confiance à 70% des quantiles aux postes pluvios, sauf pour le poste de Marseille où la valeur shyreg est un peu inférieure à la borne inférieure de l’intervalle de confiance du quantile du poste pluvio,
- des écarts compris entre 1,09 et 1,43 pour la période de retour 10 ans et entre 1,19 et 1,55 pour la période de retour 100 ans,
- des écarts plus faibles pour les postes pluvios ayant la plus forte période observation (Marseille, Cuges, Gémenos).

Pour la construction des pluies de projet, nous prenons en compte les quantiles Shyreg, qui permettent de représenter la variabilité spatiale sur le bassin versant, auxquels est appliqué un coefficient correcteur :

- pour la période de retour 10 ans, un coefficient correcteur de 1,18 égal à la moyenne des écarts,
- pour la période de retour 100 ans, un coefficient correcteur de 1,19, correspondant à l'écart obtenu au poste de Marseille-obs qui comporte 110 années d'observations. Pour les autres postes ayant des durées d'observation plus courtes, l'estimation du quantile 100 ans comporte une part d'extrapolation, ce qui peut expliquer des écarts plus importants que l'on propose de ne pas prendre en compte.

Tableau 18 Comparaison des quantiles Shyreg et des quantiles calculés aux postes pluviométriques de Météo France

Point Shyreg	Poste Pluvio Météo France	Quantile Shyreg 24h 10 ans	Quantile poste pluvio 24h 10 ans	Ecart sur les quantiles 10 ans	Quantile Shyreg 24h 100 ans	Quantile poste pluvio 24h 100 ans	Ecart sur les quantiles 100 ans
1	Cuges les Pins	112.2	122.3 <i>111.9 132.7</i>	1.09	177.6	221.9 <i>171.3 272.6</i>	1.25
2	Gémenos	110.7	120.6 <i>107.1 133.9</i>	1.09	175.5	231.9 <i>160.1 303.7</i>	1.32
3	Marseille-obs	105.7	118.2 <i>111 125.4</i>	1.12	168.8	200.3 <i>172.1 228.5</i>	1.19
4	Roquefort la Bédoule	122.1	143.1 <i>121.9 164.1</i>	1.17	204.7	304.3 <i>176.9 431.8</i>	1.49
5	Roquevaire	100.1	143.2 <i>95.1 131.2</i>	1.43	155.4	241.0 <i>132.1 350.1</i>	1.55

Les valeurs en italique sont les bornes de l'intervalle de confiance à 70%.

3.5 Niveau marin

Le niveau marin à considérer au droit du débouché de l'Huveaune en mer est un point important dans la mesure il constitue la limite aval du modèle hydraulique.

Il existe un marégraphe dans la rade de Marseille (SHOM).

Les surcotes observées sont fournies ci-dessous



Pics des surcotes relevées entre 1999 et 2008		
Date	niveau maximal relevé	Caractéristiques de la houle au grand large de Marseille au même jour
6 novembre 2000	0.7m NGF	Labbé de N200 à N210. Hs = 4m à 5m
23 novembre 2000	0.7m NGF	Labbé de N200 à N210. Hs = 3m à 4m
3 mars 2001	0.7m NGF	Labbé de N200 à N210. Hs = 5m à 5.5m
24 novembre 2002	0.67m NGF	Houles d'Est-Sud-Est N110 à N150
31 octobre 2003	0.75m NGF	Labbé de N200 à N210. Hs = 5m à 5.5m
2 décembre 2005	0.87m NGF	Labbé de N200 à N210. Hs = 3.5m à 4m
29 novembre 2008	0.97m NGF	Labbé de N200 à N210. Hs = 4m à 4.5m
07 février 2009	0.75mNGF	Hs=4.5 à 5m
06 décembre 2010	0.75mNGF	Hs=3 à 3.5m

Figure 10 : surcotes observées au marégraphe de Marseille

Les différentes études statistiques concernant les niveaux marins sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

source	1 an	10 ans	extrême 100 ans	remarques
Etude INGEROP 2006 Port de Marseille	0.4 m NGF	0.8 à 1.1 m NGF (10 ans à 20 ans)	1.5m NGF	
Etude CETE 15 années de mesures	entre 0.5 et 0.75 m NGF (95%)	entre 0.8 et 1.4m NGF (95%)	-	
Etude ACRI-IN 2011 11 années de mesures	0.65mNGF	0.9mNGF	1.16mNGF (forte extrapolation)	marégraphe SHOM 1999-2010

Tableau 19 : Synthèse des niveaux marins

Il convient donc de garder à l'esprit que les incertitudes concernant les niveaux marins sont importantes.

De plus, les effets du changement climatique - hypothèses 2100 sont estimés selon 3 scenarios pour l'élévation niveau marin moyen :

- optimiste +0.4m
- pessimiste +0.6m
- extrême +1m

Pour la suite de l'étude nous avons pris comme niveau marin moyen du tableau ci-dessus assorti de l'effet du changement climatique hypothèse médiane (dite pessimiste, soit 60cm de surcote supplémentaire horizon 2100) :

- **La cote marine décennale : $0.9 \text{ m} + 0.6 \text{ m} = 1.50\text{mNGF}$ pour la crue de projet,**
- **Et le niveau extrême 100 ans : $1.5 + 0.6 = 2.10\text{mNGF}$ pour la crue exceptionnelle.**

4 Données historiques

Les données existantes concernant les crues historiques du bassin versant ont été recueillies lors des rencontres et discussions avec les communes et les divers interlocuteurs locaux, ainsi qu'au cours des visites des archives municipales et départementales. Des informations intéressantes proviennent également des études existantes, d'ouvrages historiques et de recherche menées sur internet.

Les éléments rassemblés sont décrits et localisés dans les paragraphes ci-après. Ils sont de plusieurs natures, et présentent des degrés de précision et de fiabilité variables.

Cf. Annexe 4

4.1 Historique des crues marquantes sur le bassin versant

La compilation des données concernant les crues de l'Huveaune a permis dans un premier temps de dresser une chronique des évènements marquants identifiés depuis le 16^{ème} siècle.

Le tableau des pages suivantes fournit la liste de ces épisodes ainsi que leurs principales caractéristiques (pluie, débits, description des phénomènes, source de l'information).

- Les épisodes les plus importants généralisés sur le bassin versant apparaissent en orangé.
- Les épisodes concernant plus spécifiquement la zone urbaine de Marseille sont grisés.

Tableau 20 – Historique des crues sur le bassin versant

Date	Commune	Description de l'événement	Source
1518		Un gros orage gonfle l'Huveaune qui emporte le pont d'Auriol, renverse des maisons à Aubagne et à Roquevaire, abat quelques moulins, décape la terre... et le flot chargé de tonneaux, d'arbres, de boîtes de paille... vient ravager toute la vallée jusqu'à la mer.	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais (date non précisée)
1544	Aubagne	Une crue ébranla la muraille qui soutenait le chemin existant entre la face nord du château et le fleuve.	Rapport Association "Aubagne au fil de l'eau" (2003)
1544	Aubagne	Inondations par débordement de l'Huveaune et de ses affluents ; Inondations à Aubagne (éboulements sous le château).	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1547	Aubagne	L'inondation de 1544 ébranla la muraille qui soutenait le chemin existant entre le versant nord du château (Franchisque) et la rivière	"Hisbire d'Aubagne", Dr Barthélémy, 1999
1560	Aubagne	Ecluse de Joux emportée par un déluge.	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1608	Aubagne	La crue emporta le moulin à farine banal.	Rapport Association "Aubagne au fil de l'eau" (2003)
1612	Aubagne	Fortes inondations du Merlançon dans la basse ville : la ville indemnise les riverains	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1624	Aubagne	Inondations à Aubagne.	Rapport Association "Aubagne au fil de l'eau" (2003)
1624-1733	Aubagne	Fortes inondations du Merlançon dans la basse ville : la ville indemnise les riverains.	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1636	Auriol	Inondations à Aubagne.	extrait DEA Jean Reynaud (1995)
1633-1731	Aubagne	De 1628 à 1733, les crues de la rivière inondèrent fréquemment le chemin d'Aubagne à Marseille jusqu'au quartier de Saint-Mitre, et détruisirent plusieurs fois la muraille qui soutenait la route à la sortie de la ville.	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1651	Aubagne	A Auriol, l'Huveaune grossie du Basseron déborde et inonde les quartiers riverains.	"Hisbire d'Aubagne", Dr Barthélémy, 1999
1657	Aubagne	12 inondations catastrophiques.	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1741	Aubagne	Ravages occasionnés par les débordements de l'Huveaune en 1633, 1636, 1640, 1643, 1644, 1701, 1703, 1704, 1706, 1718, 1733, 1734.	extrait DEA Jean Reynaud (1995)
1771	Auriol	Année dite "du déluge".	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1801	Aubagne	Inondations.	extrait DEA Jean Reynaud (1995)
1834	Aubagne	Graves problèmes à la confluence de l'Huveaune et du Merlançon à Aubagne. Ce fut le point de départ d'une réflexion en vue du détournement du lit de l'Huveaune.	Rapport Association "Aubagne au fil de l'eau" (2003)
1835	Roquevaire	Témoignage à propos du détournement du lit de l'Huveaune : "Aubagne gémissait depuis longtemps à la vue des débordements qui devenaient toujours plus considérables et plus fréquents. Les étrangers même étoient sensibles au triste état où les eaux nous mettoient et aux ravages qu'elles faisoient dans nos rues et dans nos champs. Mais celui qui arriva le 21 octobre 1741 mit le comble à la frayeur et à la désolation des habitants qui furent pendant les heures de la nuit pétris ou par les eaux ou sous les ruines des maisons ébranlées extraordinairement par les secousses de l'eau qui emportoit les fontaines."	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1858	Roquevaire, Auriol, Aubagne	La plupart des maisons riveraines du Merlançon furent ébranlées et considérablement endommagées. L'eau vint avec tant de rapidité qu'on n'eut pas le temps d'enlever ni les meubles, ni les denrées qui se trouvaient aux rez-de-chaussée ; parmi les inondés, les uns perdirent leur farine et leur blé, d'autres des barriques, des mulets, des chevaux,.... une partie considérable de leur vin,.... Les fontaines emportées, le couvent des Dames religieuses envahi ainsi que l'Eglise et la sacristie des Cordeliers, etc... complétèrent le désastre.	"Hisbire d'Aubagne", Dr Barthélémy, 1999
1879	Aubagne	Débordement de l'Huveaune et du Vède.	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1879	Aubagne	Crue de type Cévenol : 1400 mm dans l'année, 270 mm en 12 heures le 15/03.	extrait DEA Jean Reynaud (1995)
1879	Marseille	Toute la vallée est recouverte par les eaux.	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1879	Marseille	Inondations.	extrait DEA Jean Reynaud (1995)
1879	Marseille	Quelle calamité ma bonne amie ! Dieu est fatigué de nous. Je t'avais annoncé lundi dernier un 3ème orage. Au moment où je t'écris, le tonnerre donné à une maison de campagne à St Etienne, souleva et laissa tomber le propriétaire, ... étouffa ses deux cochons et pilonna plusieurs murs de la maison. Le lendemain mardi, un 4ème orage, plus violent que les autres, éclata encore sur Roquevaire ; les grêlons tombaient gros comme des noisettes et la moitié du terroir, celle du côté de Bassan, a été tellement ravagée que toutes les récoltes sont perdues... Le torrent de Basseron grossit tellement que, ce que l'on avait jamais vu, l'eau alla couler dans l'Huveaune par la rue de la Treille, en allant au Petit Cours et monta sur le second degré de la maison commune, inondant toute la rue et entrant d'un côté et d'autre dans les maisons. De notre côté, l'eau monta jusqu'à la traverse de l'église ; elle a laissé un dégât extraordinaire partout là ...	"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
1879	Marseille	Débordements importants, notamment Auriol, Roquevaire et Aubagne. Jusqu'à 1 m de hauteur d'eau dans les rues d'Aubagne. Usines, magasins, habitations subissent de nombreux dégâts.	Tableau recensement DREAL
1879	Marseille	Enormément grossi par le Merlançon, l'Huveaune a débordé sur presque tout son parcours, mais principalement sur les territoires de Roquevaire, d'Auriol et d'Aubagne. A Roquevaire, des balles de farine, des bois, des meubles et des bestiaux ont été entraînés par le courant. A Aubagne, la ville a été en grande partie inondée ; dans plusieurs maisons, l'eau atteignait jusqu'à plus de 1m de hauteur. Des fabriques de tuiles et de poteries ont été dévastées. Le viaduc qui reçoit les eaux descendant des montagnes de Cassis, et qui traverse souterrainement Aubagne, a crevé presque au centre de cette ville et a donné passage à une telle quantité d'eau, que beaucoup de magasins et de maisons ont été immédiatement envahis, sans qu'on ait eu le temps de se prémunir contre ce débordement, qui de mémoire d'homme les habitants d'Aubagne ne se rappellent pas avoir jamais vu.	Maurice Champion
1879	Marseille	Plus de 1 m dans certaines maisons à Aubagne.	
1879	Marseille	L'eau envahit les rues de la ville basse, la rue de la république et le cours Foch.	Rapport Association "Aubagne au fil de l'eau" (2003)
1879	Marseille	1, 10 m d'eau dans la rue du village (repère encore visible en 1969).	Etude Sogreah 1969
1879	Marseille	Marseille : 226 mm dont 120 de 0 à 9h le 16. Ruissellement vallons de Marseille et Huveaune.	Etude EGCEM 1976 (d'après données de l'Observatoire de Marseille entre 1834 et 1975)
1879	Marseille	Cuges les Pins = 24 mm ; Aubagne=8 mm ; Marseille = 221 mm en 4h ; Trets = 58 mm. intensités max de 27 mm en 13 min et 64 mm en 40 min ; épicerie de Torage axé sur Aubagne-Marseille, orage de 11 mm en 22'	Etude EGCEM 1976, rapport hydraulique
1892	Marseille Aubagne	Par la suite de cette chute d'eau si dense et si prolongée, toutes les parties basses de la ville ont été recouvertes d'une épaisse couche d'eau. Les vides longues et inclinées se sont transformées en torrents furieux. Dans la banlieue, il en est de même pour tous les vallonnements. En certains endroits où l'eau manque d'écoulement, elle dépasse la hauteur des premiers étages ; dans le quartier de Menpent, par exemple, nombre d'habitations peu solides cèdent et s'écroulent. L'Huveaune et le Jarret, si paisibles habituellement, sortent de leur lit et s'élèvent de plusieurs mètres au-dessus de leur niveau ordinaire. La seconde avenue du Prado est entièrement recouverte, ainsi que toute la plaine jusqu'à Mazarques ; on dirait un immense lac jusqu'à la mer. La plage, entre l'extrémité du Prado et les écuries Bonnevoine, est emportée dans toute sa largeur, les rails demeurent en l'air et la mer vient battre le pied des tribunes de course. Dans la vallée de l'Huveaune, c'est par centaines que l'on compte les animaux domestiques enlevés par les eaux et noyés... Des blocs de marbres de plusieurs tonnes (marbrerie Tinel à Saint-Marcel) ont été roulés à une grande distance.	Etude EGCEM 1976 (d'après données de l'Observatoire de Marseille entre 1834 et 1975)

			A Aubagne, on signale une chute d'eau comparable à celle de Marseille. L'orage s'est abattu aussi... sur le massif de la Sainte-Baume. Un vrai déluge... La pluie est tombée de 10h du matin à 7h30 du soir comme elle n'était jamais tombée de mémoire d'homme. Notre plaine (le Plan d'Aups) est couverte d'eau et a formé un lac pendant 5 à 6 jours... des champs semés en blé ont été retournés. crué a priori essentiellement produite par les ruissellements des zones urbaines		Etude EGCEM 1976 (d'après Etude hydraulique Pont et Chaussée 1961)
			Aurait dépassé 270 m ³ /s à Aubagne (période de retour estimée à 350 ans) ; durée de l'écoulement direct inférieur à 24 h, pour une pluie inférieure à 5h ; décalage de 9h30 environ entre pic de la pluie et de la crue		Tableau recensement DREAL
			Ruissellement vallons de Marseille et Huveaune ; débordements Huveaune (Q100 sur Huveaune)		Etude EGIS système de crue 1978
			Dégâts importants et graves à Marseille. Rue Paradis, Canebière, cours Belsunce transformés en torrents furieux. Arbres, terres, murs de clôtures ravagés. Toute la plaine jusqu'à Mazargues ressemble à « un immense lac qui va se confondre avec la mer ». « Des blocs de marbre de plusieurs milliers de kilos sont roulés sur une grande distance ».		Rapport Association "Aubagne au fil de l'eau" (2003)
			Q estimé à Roquevaire = 70 m ³ /s		"Huveaune et ses rivières, un millénaire pour le meilleur et pour le pire", Jean le Dantec, Club cartophilie aubagnais
			Les eaux dépassèrent de plus de 60 cm au pont du cours Foch et de plus de 1,6 m au pont du chemin de fer à St Menet. D'après le bulletin de météorologie des Bouches du Rhône, "la seconde avenue du Prado est entièrement recouverte ainsi que toute la plaine jusqu'à Mazargues ; on dirait un immense lac qui va se confondre avec la mer."		Etude Sogreah 1969
			le Plan d'Aups est transformé en lac ; 210 mm à Aubagne		Extrait DEA Jean Reynaud (1995)
			0,40 m d'eau dans la rue du village (même repère que crue de 1858)		Tableau recensement DREAL
20-oct			A Aubagne, l'eau atteint la voûte du pont de la route de Roquevaire et inonda à l'aval les tanneries et les prairies. Elle sapa si fortement les racines de l'ajlé des peupliers qui la longeait que les arbres durent être abattus. A Marseille, la plaine de Mazargues et la deuxième avenue du Prado furent totalement recouvertes, faisant dire aux riverains que "Huveaune ressemblait à "un immense lac qui va se confondre jusqu'à la mer". Ce jour-là on circulait en barque du Prado au Parc Chanot.		
			débîts estimés à l'époque à "15 fois le débit normal moyen", soit 270 m ³ /s à Aubagne et 380 m ³ /s à l'embranchure, soit une crue tricentennale.		
			Débordements Huveaune		
07-juin			L'eau qui dévalait du Bd de Mazargues, de l'intérieur du parc de l'exposition coloniale et du bd Rabatau, coula avec une telle abondance, que les barques pouvaient circuler au rond point du Prado comme sur un lac.		
			A la plage du Prado, en face du casino, on nous raconte que le niveau des eaux atteignit à certains moments près de 50 cm de hauteur. Un cocher accepta de conduire un habitant jusqu'au bd Piot, à la Pointe Rouge...Le cheval marchait dans la nuit ayant de l'eau jusqu'au poitrail, et à deux ou trois reprises, il "mit relâche", le champ de course, et plus particulièrement le paddock, disparaissaient sous une épaisse couche d'eau.		
1907			Le chemin de Ste Marguerite que nous avons parcouru ensuite jusqu'au confluent du Jarret, a été raviné de fond en comble. Dans la rue Raibaud, à côté de la Gare du Prado, c'est un spectacle navrant, les maisonsnettes furent littéralement envahies, et nous avons pu constater qu'au rez-de-chaussée, il n'y avait pas moins de 1,5 m d'eau.		Etude EGCEM 1976 (d'après données de l'Observatoire de Marseille entre 1834 et 1975)
			Marseille : 150 mm dont 113 entre 13h et 17h30.		Etude EGIS système de crue 1978
			140mm à Aubagne, 150 mm à Marseille dont 113 mm en 4h30.		extrait DEA Jean Reynaud (1995)
			Débordements de l'Huveaune et du Jarret, inondations sur Marseille sensiblement égales à celles de 1892.		Rapport Association "Aubagne au fil de l'eau" (2003)
1910			Orage bien réparti sur l'ensemble du bassin versant.		Tableau recensement DREAL
1932			Plaine des Palluds complètement inondée entraînant de gros dégâts et la perte des récoltes.		Etude EGCEM 1976 (d'après données de l'Observatoire de Marseille entre 1834 et 1975)
			120 mm à Marseille en 4h, orage violent du 9 au 10/10 ; Bas-quartiers de Marseille recouverts par 50 cm d'eau. Des maisons s'écroulent.		Etude EGCEM 1976 (d'après Etude des franchissements, Sogreah 1969)
1933			Orage violent, 113 mm à Marseille.		Tableau recensement DREAL
			121,62 m NGF à l'ouvrage n°6 (aval de Roquevaire, BV = 176km ²) ; 115 à 115,6 m NGF en amont du pont. CD43 (amont d'Aubagne)		
			Inondations à AurioI		
			65 mm à Aubagne (156 mm en 3 jours), orage localisé en amont. Q=183 à Roquevaire (évaluation Sogreah)		
			280 mm d'eau à AurioI le 11. l'Huveaune submerge le cours, inonde les rues de la partie basse du village. Nombreux animaux noyés		
			Orages violents les 11, 26 et 31 novembre		
			Crué plus forte que les précédentes. A la suite d'orages violents, on constate de nombreuses toitures démolies, des ravinelements et dégâts aux canalisations et la destruction complète du lavoir du Pont de la Plaque. (dommages 745000 F)		
1935			Orage exceptionnel localisé sur la partie nord du bassin limitrophe du bv de l'Arc : Aubagne : 47 mm le 11/11, 44 mm le 12/11, 65 mm le 13/11		
			Crué la plus importante depuis le début du siècle ; dégâts considérables ; pont à 2 arches emporté ; canalisation de l'Huveaune réalisée à la suite de cette crue		
			1,40 m d'eau dans la rue du village (même repère que crue de 1858) ; 171,49 m NGF à la papeterie de Pont de Joux à l'intérieur d'une cave ; 170,56 m NGF en aval de la voie ferrée, au niveau de la confluence		
			130 m ³ /s à Lusine papier ; 185 m ³ /s à Pont de Joux		Etude Sogreah 1969
			183 m ³ /s à Aubagne.		
			170 à 190 m ³ /s au droit de l'autoroute ; 167 à 190 m ³ /s au CD 43b.		
			... ce 11 novembre 1935 qui vit l'Huveaune devenir complètement folle, dévastant tout sur son passage. Le "pont des Capucins" et celui de "L'Arénier" furent emportés comme des fétus de paille. Le premier datait de 1768, l'autre de 1867. Il fallut évidemment songer à leur reconstruction.		
			Rien ne subsistait du pont-passerelle de l'Arénier. Il avait été escamoté comme par magie.... le tablier du pont des capucins ne résista pas plus que celui de l'Arénier à la terrible poussée des eaux. Seules subsistèrent les deux solides trottoirs en béton armé.		« Il était une fois... l'Huveaune » (Archives d'AurioI, article non daté)
1936	janv		Inondation du Miréjanou ; plaine d'Aubagne inondée sur toute sa largeur en aval de l'autoroute (date incertaine, peut-être nov 1935).		Etude Sogreah 1969
1942	27-oct		Trombe d'eau particulièrement violente s'abat entre le Puech de Mimet et le massif de Garlaban sur des terrains déjà dévastés par les incendies du 16 juillet		
			C'est la plus forte crue historique à Allauch. Le Jarret transformé en torrent déborde de son lit et cause de graves inondations entre Logis Neuf et Bon Rencontre (sur environ 1 km). Il crève les digues et emporte les ponts (pont reliant Allauch et Logis Neuf emporté). Une dame est emportée par les eaux. L'eau submerge les champs, entraîne le bétail et le matériel agricole. Le secteur des Chanauds est touché. Nombreux sinistrés, dégâts considérables.		M. Monge (ancien adjoint Allauch)
1944			Jarret : 1m d'eau au niveau de l'ancienne N908 ; 1 mort.		Fiches IPSEAU / Etude approche multirisque
1951	21-nov		Crue violente causant des dégâts dans le secteur Logis Neuf - Bon rencontre		M. Monge (ancien adjoint Allauch)
1959			2,20 m à Roquevaire selon service hydraulique. Q=63 m ³ /s à Roquevaire, 107 m ³ /s à Aubagne, 98 m ³ /s à la Penne (évaluations Service hydraulique), Q=47 m ³ /s à Roquevaire (évaluation Sogreah)		Etude Sogreah 1969
1960	06-oct		Crue plus importante à l'amont, tassement méitant en évidence le rôle du champ d'inondation entre Aubagne et la Penne.		Inondations et urbanisation en milieu méditerranéen. L'exemple des crues récentes de l'Arc et de l'Huveaune, Nicod, 1982
			170 à Roquevaire, 184 à Aubagne, 117 à la Penne (phénomène d'écêtement).		Etude EGCEM 1976 (d'après Etude des franchissements, Sogreah 1969)
			Débordements Huveaune.		Tableau recensement DREAL
			103 à Aubagne, orage localisé en amont		Etude EGIS système de crue 1978

4.2 Zones inondées en janvier 1978

L'étude EGCEM de 1978 comprend des plans des zones inondées par la crue de janvier 1978, réalisés à partir de plans établis par la DDE. Ces données disponibles en format papier ont été numérisées. Les données ponctuelles sur les hauteurs des lames d'eau atteintes figurant sur ces plans ont également été géoréférencées.

Un document informatique interne de la DDTM 13 nous a été fourni à titre informatif (HUV_CRUE_JANV_1978.tab), et correspond à l'enveloppe de la crue de janvier 1978 à Roquevaire, Aubagne et la Penne sur Huveaune. L'origine et la date de validité de ces données sont précisées (Reynaud, 1987). La fiabilité de ce document n'est toutefois pas connue.

La reconnaissance de terrain menée sur la commune de Roquevaire en novembre 2011 en compagnie de M. Rizzon, qui était sur le terrain lors de la crue de janvier 1978, a permis de tracer les limites de la zone inondée sur certains secteurs.

4.3 Repères de Plus Hautes Eaux

Les seuls repères de PHE géolocalisés sont issus des données cartographiques de la DREAL PACA. Les données récupérées comprennent une soixantaine points géoréférencés (table Mapinfo) avec les fiches repères correspondantes. Les informations fournies pour chaque repère sont les suivantes :

- La référence du repère (ex : 13_Aubagne_Huveaune_1978-01_13),
- Le numéro INSEE de la commune, le département, le nom du cours d'eau (Huveaune uniquement), le nom du bassin versant (Côtiers de l'étang de Berre au cap Canaille),
- La date de la crue,
- Le niveau d'eau en m NGF ou la lame d'eau en m (ces champs ne sont pas toujours renseignés),
- La précision (mauvaise, moyenne, grande ou précise),
- La nature (hauteur d'eau constatée ou laisse de crue),
- Un champ où il est précisé s'il y a plusieurs marques au même point.

Ces données concernent les crues de 1973 (5 repères), de 1978 (24 repères), 1994 (6 repères), 1996 (1 repère), 2003 (8 repères) et 2008 (10 repères). 6 repères géoréférencés ne sont pas datés ni mesurés. A noter que certains repères ne sont pas exploitables car les fiches correspondantes font allusion à des photos ou des documents pour décrire le repère de crue qui ne sont pas fournis.

Le PER d'Auriol (1988) est la seule étude existante faisant référence à des repères de crue issus de témoignages de terrain. Les PHE figurant sur les profils en long des lignes d'eau ont été localisés, et 24 repères ont ainsi été géoréférencés.

L'étude EGCEM sur la submersion du lit majeur de l'Huveaune comprend un document nommé « Plan de repérage général des relevés des niveaux de la crue de l'embouchure du fleuve l'Huveaune à la Penne sur Huveaune », constitué de fiches de repères de plus hautes eaux pour les crues de 1973 et 1978. Ces repères sont décrits par un croquis de localisation, une photo (souvent inexploitables), des valeurs de cotes NGF pas toujours renseignées (1973 et/ou

1978), et des observations sur la localisation du repère. Une localisation de ces repères a été réalisée lorsque les informations fournies le permettaient (23 repères).

4.4 Archives / Photographies

Les visites effectuées aux archives départementales et municipales ont permis de recueillir un grand nombre d'articles de journaux traitant des inondations passées. Les quotidiens consultés sont le Petit Marseillais, le Petit Provençal, le Soleil de Midi, Marseille Matin, la Marseillaise (éditions normale et locale), le Provençal (édition locale), le Soir, la Provence.

Les articles concernant les crues de 1907, 1935, 1960, 1973, 1978, 1994 et 2008 ont été photographiés et analysés, afin d'en extraire les informations exploitables quant à la localisation des zones inondées et les hauteurs d'eau atteintes.

Des photographies de la crue de janvier 1978 ont été récupérées auprès des archives municipales d'Aubagne. Des correspondances diverses des communes et des sinistrés et des documents concernant les dommages aux habitations ont également été consultés aux archives municipales de Marseille.

Cette base de données historiques a été complétée par le SIH, qui a fourni une série de photos de la crue de 2008 permettant d'estimer les niveaux d'eau atteints en plusieurs points du linéaire de l'Huveaune entre Auriol et la Penne sur Huveaune.

Le SPC a également fourni des photos des crues de 1978, 1994 et 2008.

Le dépouillement et l'exploitation de l'ensemble de ces documents a nécessité un travail long et fastidieux, dont l'objectif était de centraliser et localiser les données les plus fiables et les plus précises concernant les zones inondées et les niveaux d'eau atteints. Certaines informations et photographies n'ont pas pu être localisées.

4.5 Cartographie

L'ensemble des données historiques recueillies ont été centralisées et triées par évènement.

Les données historiques exploitables (enveloppes des zones inondées, repères de crues, informations sur les niveaux d'eau...) ont été cartographiées. Les cartes des pages suivantes illustrent l'ensemble des données identifiées.

Figure 11a : Zone inondée en janvier 1978 et repères PHE identifiés

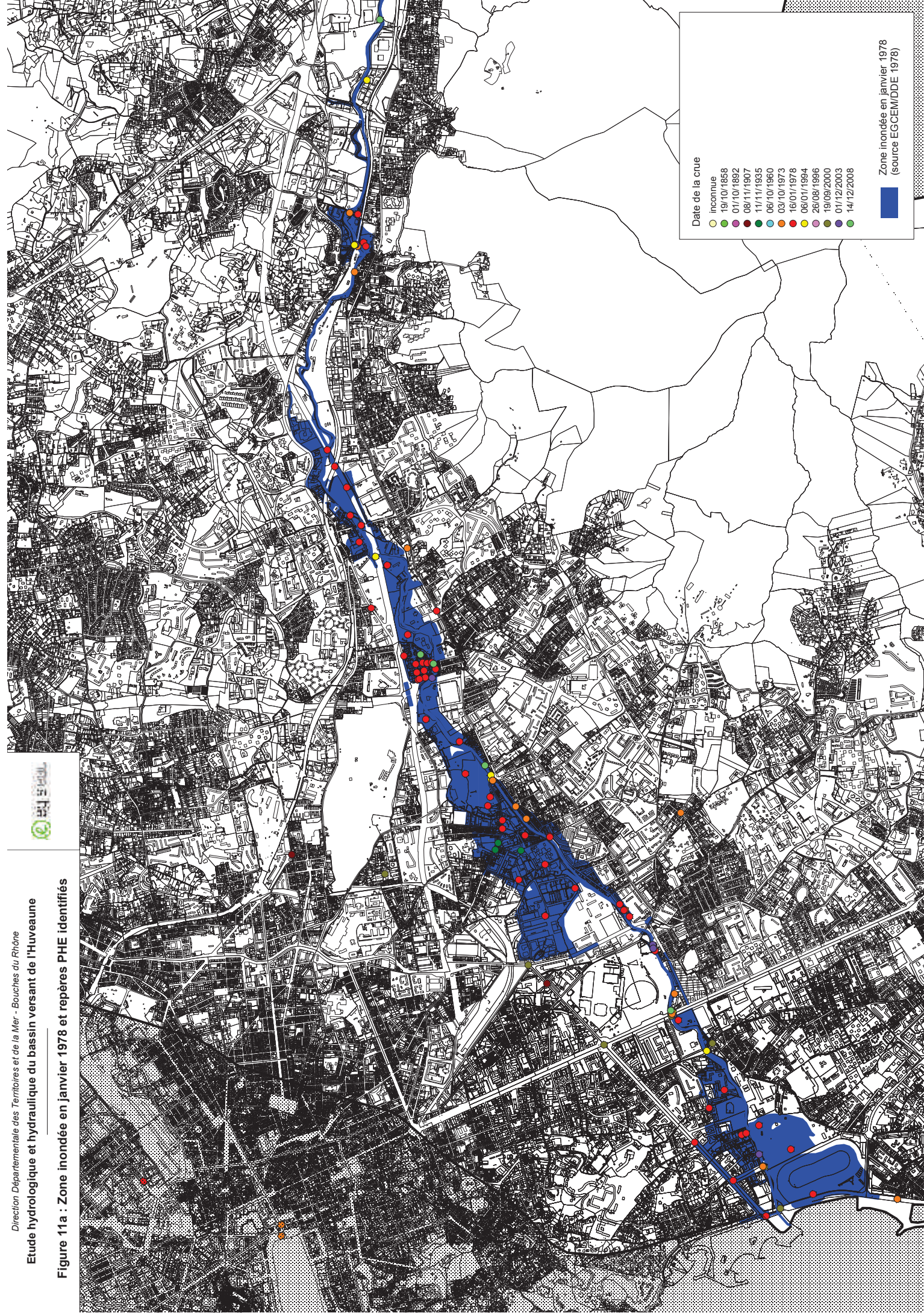


Figure 11b : Zone inondée en janvier 1978 et repères PHE identifiés

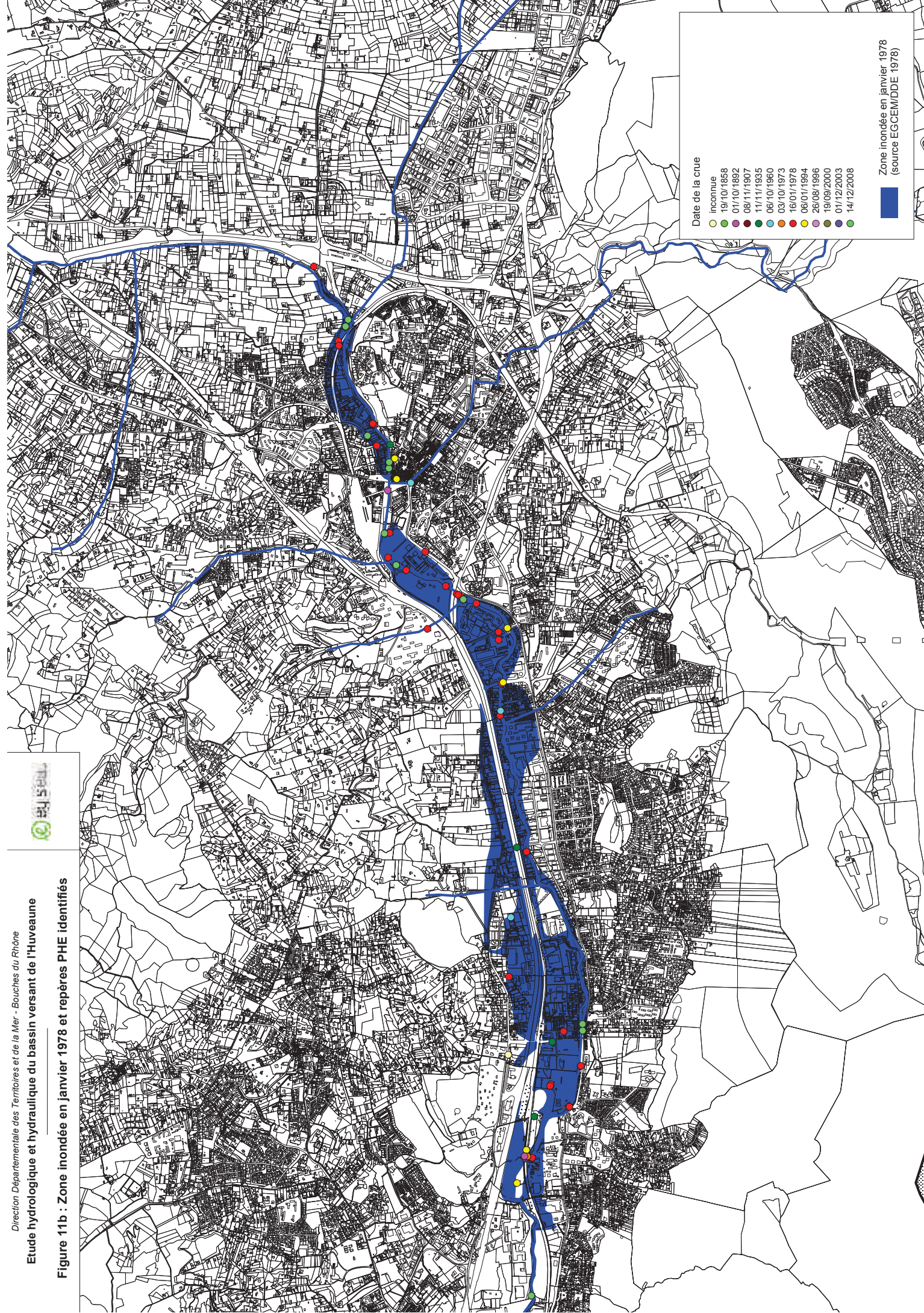
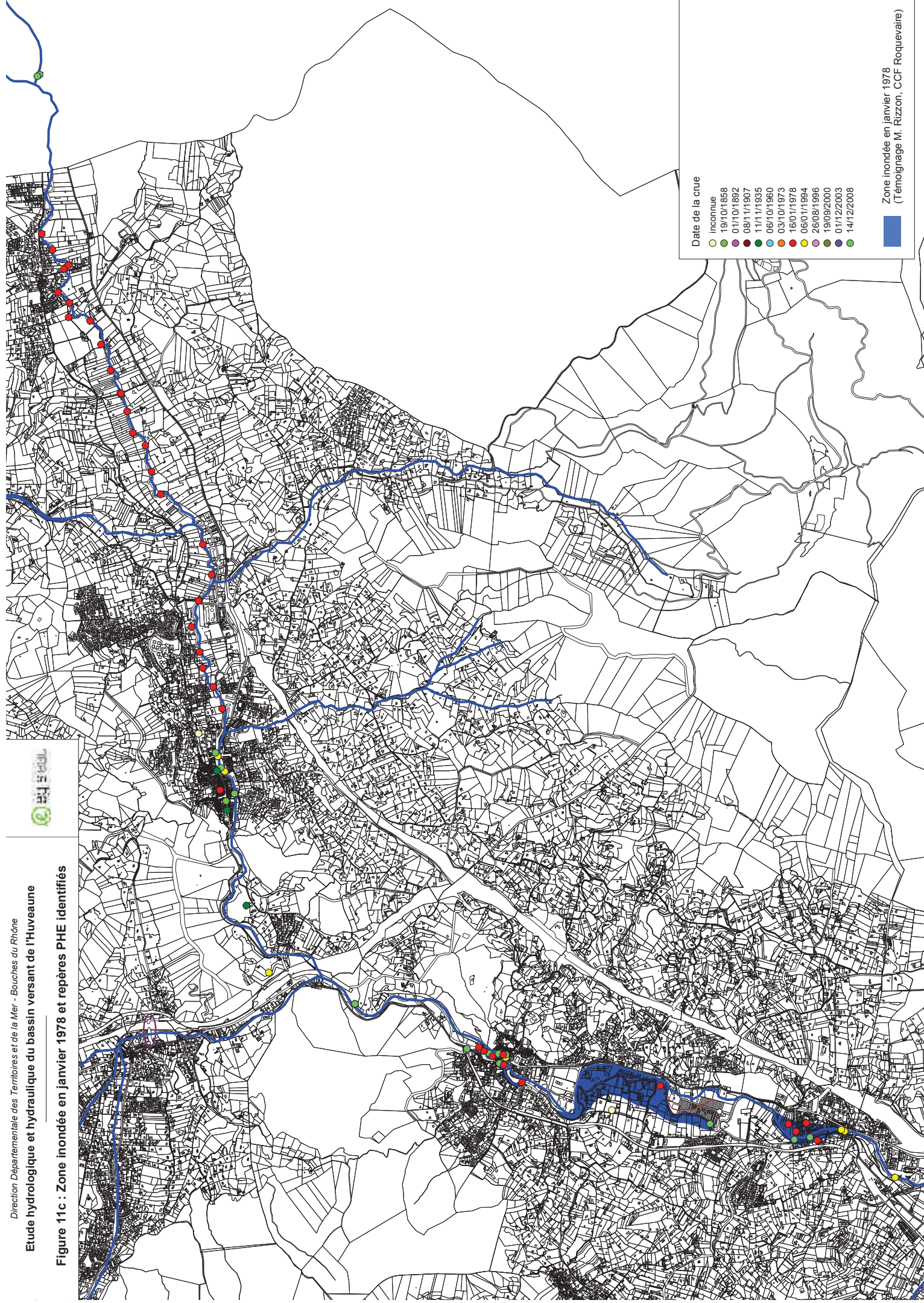


Figure 11c : Zone inondée en janvier 1978 et repères PHE identifiés



5 Reconnaissances de terrain

L'ensemble des cours d'eau concernés par l'étude, et plus particulièrement les linéaires concernés par la phase de modélisation hydraulique, ont fait l'objet d'une reconnaissance de terrain et d'une campagne photographique.

Cette phase de terrain a notamment permis d'acquérir une bonne connaissance de la morphologie des cours d'eau et de leurs singularités, et de définir de façon pertinente les travaux topographiques à réaliser sur le bassin versant.

Ces visites de terrain ont également permis de bâtir les cartographies d'hydrogéomorphologie sur le territoire communal. Ces cartographies sont fournies sur le support numérique associé au rapport (clé USB).

6 Données topographiques utilisées

Le lecteur est invité à consulter le rapport de phase 4 pour plus de de précisions concernant les données topographiques.

6.1 Données existantes

6.1.1 Etudes antérieures

Les études existantes sur le bassin versant de l'Huveaune fournissent un certain nombre de données topographiques exploitables, principalement sur les communes de Marseille et Roquevaire, qui ont été identifiées précédemment.

6.1.2 Données LIDAR

Une campagne de relevés du fond des vallées de l'Huveaune, du Jarret et de leurs affluents a été réalisée par technique LIDAR en août 2010 (OPSIA). Ces données, fournies sur le support USB joint, comprennent :

- un Modèle Numérique de Surface (MNS), représentant le relief avec le sur-sol (végétation et bâti) sous la forme d'une grille régulière au pas de 2 m (format ASCII et compatible Mapinfo),
- un Modèle Numérique de Terrain (MNT), sans sur-sol, sous la forme d'une grille régulière au pas de 2 m (format ASCII et compatible Mapinfo),

- un semi de points classés en deux catégories (sol et sur-sol), géoréférencés et cotés en altitude (XYZ) de la même densité que le levé laser brut (formats ASCII, compatibles Mapinfo et DXF).

Acquisition des données :

Pour cette mission les paramètres d'acquisition des données étaient les suivantes :

- Densité de points : 4pts/m²
- Hauteur de vol : 600m
- Espacement entre les lignes : 450m

Traitement des données :

Après l'acquisition, Le traitement de données Lidar est fait sur 4 phases qui sont résumés ci-dessous :

- 1 Calcul de la trajectographie GPS – IMU : Précision Altimétrique **3 à 4 cm**
- 2 Calcul des semis de points Lidar : Précision Altimétrique **10 cm**
- 3 Filtrage et classification des points Sol : Précision Altimétrique **15 cm**
- 4 Calcul du MNT et du MNS : Précision Altimétrique **15 cm**

Contrôle des données:

Afin de s'assurer de la précision du levé Lidar, des relevés terrestres précis par DGPS répartis sur l'ensemble du secteur d'étude ont été réalisés.

Les statistiques issues des comparaisons entre les données Lidar et les données GPS au sol, ont abouti à une erreur quadratique moyenne (EMQ) de **7cm**.

6.2 Levés topographiques complémentaires

Le linéaire total des cours d'eau à modéliser est de l'ordre de 125 km, dont 100 km en amont de Marseille et 25 km à Marseille.

Des travaux topographiques complémentaires ont été réalisés dans le cadre de la présente étude concernant la morphologie des lits mineurs des cours d'eau à modéliser, les éléments ponctuels structurant les vallées et pouvant contrôler les écoulements en crue (digues, ouvrages de franchissement, ouvrages souterrains, remblais...), et les Plus Hautes Eaux recensées sur le secteur d'étude.

Ces travaux de levés ont été réalisés par la société de géomètres experts Hydrotopo.

6.2.1 Matériel utilisé

Le matériel utilisé par la société Hydrotopo dans le cadre de cette étude a été le suivant :

- système GPS Trimble R6
- station complète Trimble S6 (Précision 3 secondes).

6.2.2 Méthodologie

Profils en Travers et Ouvrages.

Au plus près de chaque profil ou ouvrage, sont déterminés 2 points en XYZ à l'aide du GPS Trimble R6 relié au réseau national ORPHEON .

Ces 2 points étaient positionnés hors zone boisée afin d'obtenir une précision planimétrique et altimétrique inférieure à 3 cm.

Ensuite les profils en travers lit mineur et les ouvrages hydrauliques ont été relevés en réalisant un cheminement terrestre avec une station totale robotisée Trimble S6 en s'appuyant sur le calage des 2 points GPS.

Ce procédé a permis de contrôler la cohérence des observations indépendantes GPS et cheminement terrestre, et **de garantir pour chaque point levé une précision planimétrique et altimétrique inférieure à 5cm.**

Quelques profils et ouvrages simples non boisés sur les affluents, ont permis un relevé complet au GPS.

Laisses de crue

Les laisses de crue ont été relevées suivant le même principe soit par GPS directement, soit par cheminement à partir d'un calage GPS avec un temps d'observation plus long qui garantit une **précision planimétrique et altimétrique de 3cm.**

Contrôle altimétrique.

Sur l'ensemble des relevés du Bassin Versant de l'Huveaune, une dizaine de repères de nivellement de l'IGN ont été observés et ont confirmé la **précision altimétrique annoncée de 5cm.**

6.2.3 Relevés effectués

Dans le cadre de cette étude ont été relevés :

- 284 Profils en travers hors Marseille
- 51 Profils en travers dans Marseille
- 324 Ouvrages hors Marseille,
- 46 Ouvrages dans Marseille,
- 23 laisses de crues.

Tous ces relevés ont fait l'objet d'un découpage par secteurs, pour lesquels on a la vue en plan des profils et ouvrages relevés puis les profils en travers et relevés d'ouvrages correspondants.

Ces relevés, décrits dans le tableur suivant, sont fournis en format numérique sur le support USB joint.

Rivière	N°	PT hors Marseille	OH hors Marseille	PT à Marseille	OH à Marseille
Huveaune	P1 à P43			43	
	OH1 à OH39				39
Jarret	P80 à P117			8	
	OH80 à OH87				7
huveaune	P1 à P61	61			
	OH1 à OH66		67		
Jarret	P1 à P26	17			
	OH1 à OH31		31		
Afflu Merlançon	P500 à P503	4			
	OH500 à OH501		2		
Le Merlançon	P400 à P422	23			
	OH200 à OH219		20		
Ruiss Grand Pré	P600 à P610	12			
	OH600 à OH618		19		
Merlançon d'aubagne	P300 à P306	7			
	OH300 à OH315		16		
Vallat liguières	P350 à P359	10			
	OH350 à OH360		11		
Afflu Huveaune	P400 à P401	2			
	OH400 à OH401		2		
Afflu Huveaune	P500 à P502	3			
	OH500		1		
Afflu Huveaune	P450 à P453	4			
	OH450 à OH452		3		
Huveaune St zacharie	P1 à P9	9			
	OH1 à OH10		10		
Afflu Huveaune	P50	1			
			0		
Afflu Huveaune	P100 à P108	9			
	OH100 à OH112		13		

Rivière	N°	PT hors Marseille	OH hors Marseille	PT à Marseille	OH à Marseille
Afflu Merlançon	P700 à P710	11			
	OH700 à OH724		25		
Ruiss du Tonneau	P350 à P360	11			
	OH350 à OH359		10		
Afflu Merlançon	P800 à P803	4			
	OH800 à OH809		10		
Afflu Ruiss Barres	P100 à P101	2			
	OH80		1		
Ruiss Des Barres	P200 à P206	7			
	OH100 à OH106		7		
Le Vède	P250 à P262	13			
	OH150 à OH159		10		
Afflu Huveaune	P280	1			
			0		
Vallat basseron	P300 à P307	8			
	OH180 à OH187		8		
Vallon l'Oube	P500	1			
	OH550 à OH551		2		
Vallon Routabou	P600 à P603	4			
	OH600 à OH601		2		
Afflu Jarret	P650 à P653	4			
	OH650 à OH655		6		
Afflu Jarret	P700 à P703	4			
	OH700 à OH704		5		
La Fauge	P800 à P815	16			
	OH800 à OH813		14		
Afflu Huveaune	P150 à P152	3			
	OH150 à OH155		6		
Afflu Huveaune	P200 à P206	7			
			0		
Afflu Huveaune	P250 à 275	26			
	OH250 à OH272		23		

Tableau 21 Relevés des profils en travers et ouvrages hydrauliques

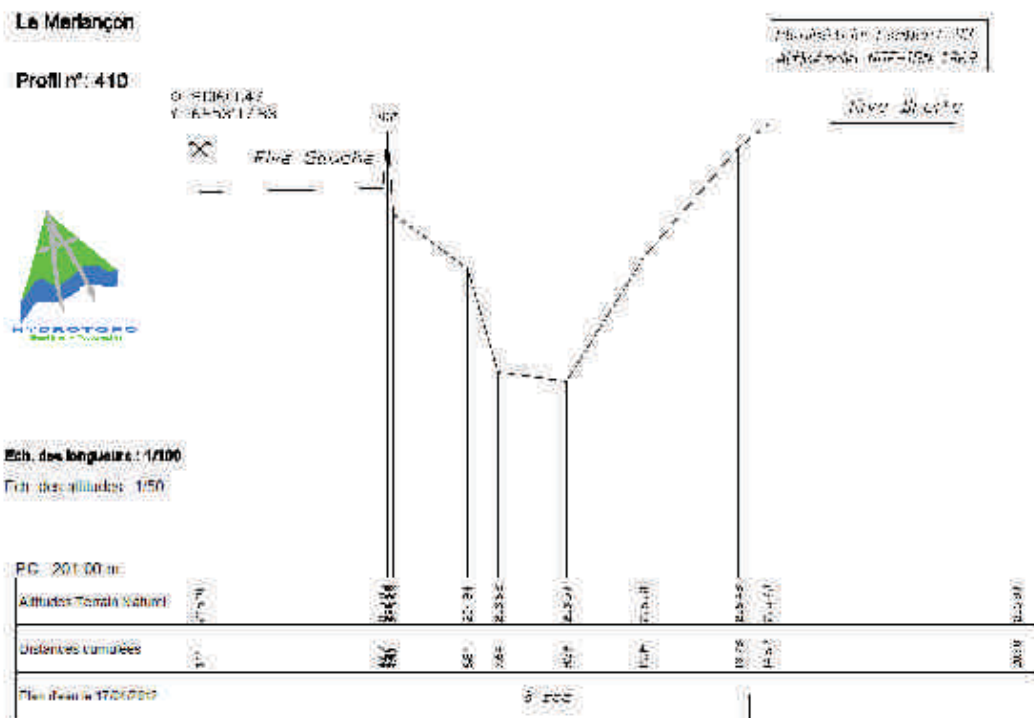


Figure 12 Exemple de profil en travers

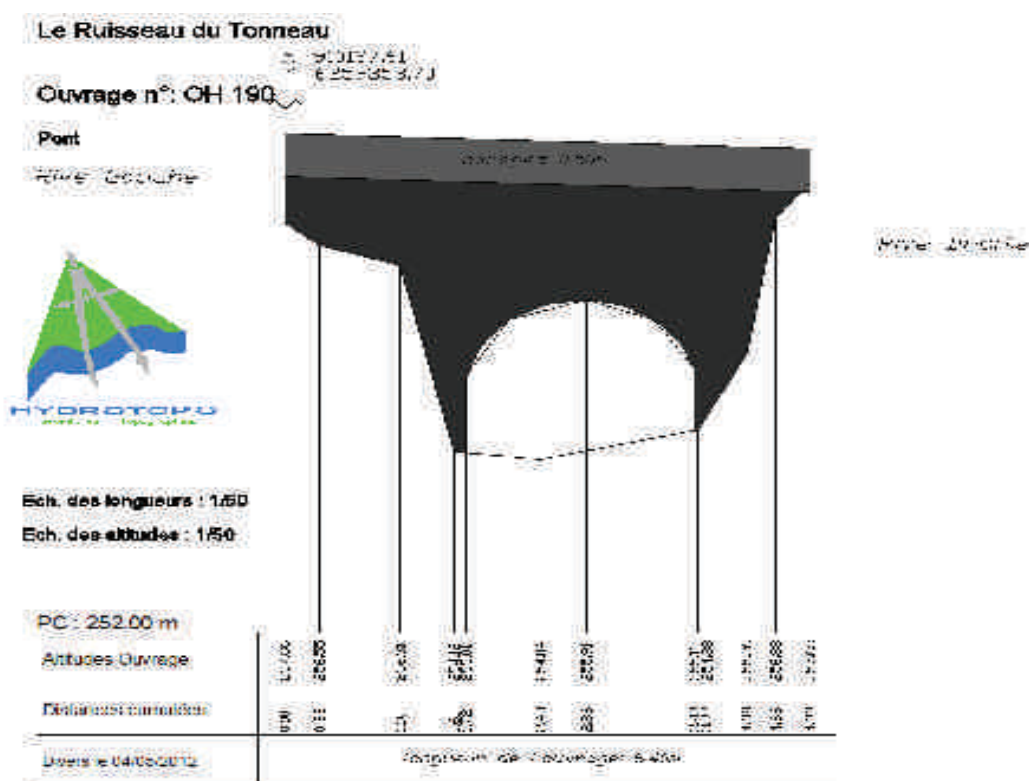


Figure 13 Exemple d'ouvrage hydraulique