



Etude hydraulique et définition d'un programme d'interventions pour la réduction des risques d'inondation du fleuve Préconil et de ses affluents

Phase 1 : Analyse du fonctionnement du bassin versant



IDENTIFICATION



INGEROP Conseil & Ingénierie – Région Méditerranée – Agence d'Aix en Provence
Domaine du Petit Arbois - Pavillon Laennec - B.P 20056 - 13 545 AIX EN PROVENCE Cedex
04
Téléphone : +33 4 42 50 83 00 - Télécopie : +33 4 42 50 83 01
E-mail : ingerop.aix@ingerop.com

Siège Social : 168/172, boulevard de Verdun - 92408 Courbevoie Cedex - France
Téléphone : 33 (0) 1 49 04 55 00 - Télécopie : 33 (0) 1 49 04 57 01 - E-mail : ingerop@ingerop.com
S.A.S. au capital de 5 800 000 € - R.C.S. Nanterre B 489 626 135 - N° Siret 489 626 135 00011 - APE 7112B - Code TVA n° FR 454 896 261 35



GESTION DE LA QUALITE

Version	Date	Intitulé	Rédaction	Lecture	Validation
1	09/2015	Rapport provisoire	PP/CP/CB	JF	SH
2	12/2015	Rapport	PP/CP/CB	JF	SH

Observations sur l'utilisation du rapport :

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations d'INGÉROP ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

La société INGEROP n'est pas responsable de la vérification de la véracité des informations transmises, à l'exception de celles normalement décelables par l'homme de l'art, et celles pour lesquelles le Client a exigé une analyse spécifique.



SOMMAIRE

1	CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE	11
1.1	SITUATION, CONTEXTE HISTORIQUE	11
1.2	LA DEMARCHE « PAPI D'INTENTION »	12
1.3	LE CONTRAT DE RIVIERE DE LA GISCLE ET DES FLEUVES COTIERS DU GOLFE DE SAINT-TROPEZ	13
1.4	LA STRATEGIE LOCALE DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION	15
1.5	OBJET DE L'ETUDE ET PHASAGE	16
2	PRESENTATION DU BASSIN VERSANT DU PRECONIL	17
2.1	RESEAU HYDROGRAPHIQUE	17
2.2	DECOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS	18
2.3	OCCUPATION DU SOL	23
2.4	CARTOGRAPHIES EXISTANTES DES ZONES INONDABLES	27
2.4.1	PPRI de Sainte-Maxime, 2001	27
2.4.2	Atlas des zones inondables PACA, 2008	29
3	ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES	33
3.1	DONNEES RELATIVES AUX CRUES HISTORIQUES	33
3.1.1	Crue des 28-29 septembre 1932	34
A -	Contexte pluviométrique	34
B -	Principaux désordres observés	34
3.1.2	Crue du 1 ^{er} décembre 1959	35
A -	Contexte pluviométrique	35
B -	Principaux désordres observés	35
3.1.3	Bilans des désordres observés et facteurs aggravants	35
3.1.4	Débits estimés de ces événements	36
3.2	DONNEES RELATIVES AUX CRUES RECENTES	36
3.2.1	Crue des 18-19 septembre 2009	36
A -	Contexte pluviométrique	36
B -	Principaux désordres observés	38
C -	Débit estimé de l'évènement	39
3.2.1	Crue du 22 octobre 2009	40
A -	Contexte pluviométrique	40
B -	Principaux désordres observés	41
C -	Débit estimé de l'évènement	41

3.2.2	Crue du 15 Juin 2010	41
A -	Contexte pluviométrique	42
B -	Principaux désordres observés	42
3.2.3	Crue des 14-15 novembre 2014	43
A -	Contexte pluviométrique	43
B -	Principaux désordres observés	44
C -	Débit estimé de l'évènement	46
3.2.4	Crue des 26-27 novembre 2014	46
A -	Contexte pluviométrique	46
B -	Principaux désordres observés	47
C -	Débit estimé de l'évènement	48
3.3	DESORDRES ET FACTEURS AGGRAVANTS COMMUNS	49
3.4	DONNEES TOPOGRAPHIQUES DISPONIBLES	49
3.4.1	Levé LIDAR	49
3.4.2	Levés bathymétriques	51
3.4.3	Levés de profils en travers du Préconil et de ses affluents	52
3.4.4	Levés terrestres	53
3.5	ANALYSE CRITIQUE DES PHE	54
4	ENQUETES AUPRES DES DIFFERENTS PARTENAIRES	63
5	SYNTHESE DES RECONNAISSANCES DE TERRAIN	65
6	ANALYSE CRITIQUE DE L'HYDROLOGIE	79
6.1	ANALYSE DES ETUDES ANTERIEURES	79
6.2	ETUDE HYDROLOGIQUE DE REFERENCE RETENUE	81
7	DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU SECTEUR D'ETUDE ET CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION	85
7.1.1	Cartographie des hauteurs d'eau maximales	87
7.1.2	Cartographie des vitesses maximales d'écoulement	89
7.1.3	Cartographie de l'aléa inondation à dire d'expert	91

FIGURES

Figure 1 : Périmètre du Contrat de rivière de la Giscle et des fleuves côtiers du Golfe de Saint-Tropez	14
Figure 2 : Périmètre proposé pour la SLGRI du TRI Est-Var (DDTM 83, 2014)	15
Figure 3 : Réseau hydrographique principal du Préconil	18
Figure 4 : Répartition des superficies drainées par le Préconil	19
Figure 5 : Sous-bassins versants du Préconil et réseau hydrographique	21
Figure 6 : Répartition de l'occupation du sol sur le bassin versant du Préconil	23
Figure 7 : Occupation du sol	25
Figure 8 : Cartographie du PPRI en vigueur sur la commune de Sainte-Maxime	28
Figure 9 : Extrait de la cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables de la région PACA sur la commune de le Plan-de-la-Tour	31
Figure 10 : Extrait de de la cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables de la région PACA sur la commune de Sainte-Maxime	32
Figure 11 : Lames d'eau horaires « Antilope » moyennées sur le bassin versant du Préconil – 18-19 septembre 2009	37
Figure 12 : Evolution des lames d'eau radar le 18 septembre 2009	38
Figure 13 : Lames d'eau horaires moyennées sur le bassin versant du Préconil du 20 au 23/10/2009	40
Figure 14 : Lames d'eau horaires moyennées sur le bassin versant du Préconil du 14 au 17/06/2010	42
Figure 15 : Pluies horaires ANTILOPE (mm/h) du 14/11/2014 au 15/11/2014 (heure UTC)	44
Figure 16 : Localisation des résidences impactées par la crue de 2014	45
Figure 17 : Pluies horaires ANTILOPE – bassin versant du Préconil du 24 au 28/11/2014	47
Figure 18 : Levé Lidar du bassin versant	50
Figure 19 : Courbes de niveau (à gauche) – Pentés du terrain naturel (à droite)	50
Figure 20 : Levés bathymétriques et profil en travers	51
Figure 21 : Levés topographiques	52
Figure 22 : Semis de points et profils levés par E. Guignard	53
Figure 23 : Localisation du repère de crue « Pre 59 » douteux	55
Figure 24 : Localisation du repère de crue « Pre 02 » douteux	56
Figure 25 : Localisation du repère de crue « R59 » douteux	57
Figure 26 : Profil en long global des PHE des crues de septembre 2009 et novembre 2014	58
Figure 27 : Profil en long des PHE des crues de septembre 2009 et novembre 2014 – commune de Plan-de-la-Tour	59
Figure 28 : Profil en long des PHE des crues de septembre 2009 et novembre 2014 – commune de Sainte-Maxime	60
Figure 29 : Préconil amont – quartier de Ponte Romane	65
Figure 30 : Préconil amont – Ponte Romane	66
Figure 31 : Préconil amont – STEP de Plan de la Tour (aval du seuil)	66
Figure 32 : Préconil amont – confluence avec le ruisseau du Plan	67
Figure 33 : Préconil aval – Camp Ferrat	68
Figure 34 : Préconil aval – entreprise Brisach	68
Figure 35 : Préconil aval – confluence avec le Pilon	69



Figure 36 : Préconil aval – amont du pont des Virgiles.....	69
Figure 37 : Préconil aval – aval du pont des Virgiles	70
Figure 38 : Préconil aval – Services Techniques de Sainte-Maxime	70
Figure 39 : Préconil aval – chemin du Préconil.....	71
Figure 40 : Embouchure du Préconil avec dépôt sableux	71
Figure 41 : Emponse – traversée de Plan de la Tour	72
Figure 42 : Emponse – pont de l’Occitane.....	73
Figure 43 : Couloubrier amont.....	74
Figure 44 : Couloubrier – au débouché de la couverture sur le site « Bertussi ».....	74
Figure 45 : Le Pilon	75
Figure 46 : Localisation des prises de vues.....	76
Figure 47 : Synthèse des reconnaissances de terrain.....	77
Figure 48 : Extrait de l’étude SOGREAH 2010 – Débits ré-évalués	80
Figure 49 : Grille d’aléa.....	85
Figure 50 : Grille de déplacement des personnes dans l’eau.....	85
Figure 51 : Sections de cotes de référence et enveloppe inondable à dire d’expert.....	88
Figure 52 : Modèle Numérique de Surface en Eau.....	89
Figure 53 : Identification d’axes d’écoulement secondaires – Fortes vitesses.....	90
Figure 54 : Cartographie des fortes vitesses au droit des sinuosités - exemple.....	90
Figure 55 : Topographie et fortes vitesses au droit du site de Brisach	91

TABLEAUX

Tableau 1 : Longueur des cours d’eau	17
Tableau 2 : Répartition des superficies drainées par le Préconil.....	19
Tableau 3 : Répartition des superficies drainées par le Préconil en fonction de l’occupation du sol.....	24
Tableau 4 : Pluviométries journalières significatives sur le bassin versant du Préconil en novembre 2014	46
Tableau 5 : Débits issus de l’étude BCEOM 95.....	79
Tableau 6 : Débits issus de l’étude IPSEAU 98.....	79
Tableau 7 : Débits issus de l’étude SOGREAH 2002-2003.....	80
Tableau 8 : Débits du Préconil et affluents retenus dans le dossier de candidature PAPI (SCP 2013).....	81
Tableau 9 : Débits de pointe (en m3/s) et volumes de crue (en milliers de m3) du Préconil (AQUACONSEILS)..	83
Tableau 10 : Ordre de grandeur des débits maximaux et volumes de crue du Préconil aval (AQUACONSEILS).	84



BIBLIOGRAPHIE

[1] : « **HISTOIRE et histoires... de Sainte-Maxime** », Jean-Daniel de **GERMOND**, 1986

NB : Les extraits de ce document nous ont été transmis par la Communauté d'agglomération du Golfe de Saint-Tropez.

[2] : **Schéma d'aménagement et d'entretien du Préconil**, Réf. 97-83-071, SIVU d'aménagement du Préconil / IPSEAU, mai 1998,

[3] : **Aménagement de la protection du littoral de la Croisette, Garonnette et de l'embouchure du Préconil**, Mairie de Sainte-Maxime / Géocast, octobre 1998,

[4] : **Plan de prévention des risques inondations de Sainte-Maxime - le Préconil**, le Bouillonnet, DDE du Var, Décembre 2000, faisant suite à une étude hydraulique préalable menée par BCEOM en 1995 (non transmise),

[5] : **Etude des travaux d'aménagement du Préconil** soumis à autorisation : rapports de phase 1 et de phase 2, Réf. N°102712, SIVU d'aménagement du Préconil / SOGREAH DARAGON, décembre 2002 / juin 2003,

[6] : **Aménagements de protection à l'embouchure du Préconil**, Commune de Sainte Maxime Dossier de déclaration au titre du Code de l'Environnement (Articles L.214-1 et suivants) Réf. AX-CP-ENV-42, Mairie de Sainte Maxime / CEC, juin 2007,

[7] : **Aménagements de protection du littoral à l'embouchure du Préconil** - Dossier d'utilisation des dépendances du Domaine Public Maritime, Réf. Dossier N° 280718-V2, Mairie de Sainte-Maxime / ERAMM, Janvier à juin 2009,

[8] : **Mission sur les inondations Sainte-Maxime les 18 et 19 septembre 2009**, Réf. 007041-01, MEEDM / Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable, octobre 2009,

[9] : **Embouchure du Préconil - Évaluation des risques liés aux dépôts alluvionnaires en mer**, Réf n° 291009, Mairie de Sainte-Maxime / ERAMM, décembre 2009,

[10] : **Actualisation de l'étude des travaux d'aménagement du Préconil** – rapport définitif, Réf. N°4830031, Mairie de Sainte-Maxime / SOGREAH, août 2010,

[11] : **Etude préalable à la réalisation de travaux de curage du Préconil et de ses affluents**, Réf. S 101003, SIVU d'aménagement du Préconil / IDRA Mars – août 2011,



[12] : **Elargissement de l'embouchure du Préconil entre le pont de la RD 559 et le pont de la RD 25** – Dossier de déclaration au titre du Code de l'Environnement, Réf. N°4830031, Mairie de Sainte-Maxime / SOGREAH, août 2011,

[13] : **Dossier de candidature au Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) sur le bassin versant du Préconil**, SIVU d'aménagement du Préconil / SCP, septembre 2012,

[14] : **Schéma de gestion des eaux pluviales**, Réf. 12COM068, Mairie de Sainte-Maxime / IC-EAU ENVIRONNEMENT, mars 2013

[15] : **Etude hydraulique de l'influence d'un curage sur le Préconil**, Réf. IN 14/05/009, CCGST / ACRIN, juin 2014,

[16] : **Etude hydrologique du bassin versant du Préconil**, Réf. 1405-2_V1, CCGST / AQUACONSEILS, septembre 2014,

[17] : **Arrêté préfectoral du 08/07/2014** relatif à l'élaboration de l'état des risques naturels et technologiques majeurs de biens immobiliers de la commune de Sainte-Maxime comportant des documents synthétiques sur les risques de la commune, et notamment une fiche synthétique inondation et l'arrêté préfectoral du 22/07/2011 mettant en révision le PPRI du Préconil et du Bouillonnet,

[18] : **Sainte-Maxime - Inondations de Septembre 2009 - Nivellement des PHE** : dossier photos, base de données Excel avec nivellement NGF, DDEA 83 / Pôle Risques, 22/09/2009,

[19] : **L'épisode de fortes pluies des 18 et 19 septembre 2009**, Météo France DIRSE, 24/09/2009 (contenu dans [8]).

[20] : **Episode du 18 au 19 septembre 2009** – Retour d'expérience SPC/Med-Est et Fonctionnement d'Aïga, Météo France DIRSE, 09/2009 (contenu dans [8]).

[21] : **Evènement pluvio-orageux des 18 et 19/09/2009** – Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur – Rapport d'évènement, Predict Services, 2009 (contenu dans [8]).

[23] : **Recueil des laisses de crues de l'évènement du 18 septembre 2009 sur le bassin du Préconil**, rapport et plan, SIVU d'aménagement du Préconil / Egis Eau, décembre 2009



[24] : **Rapport d'analyse du levé bathymétrique du fleuve côtier du Préconil**, CCGST / IDRA, décembre 2014

[25] : **Retour sur les évènements du 14-15 novembre 2014 - Bassin du Préconil** : rapport et cartographie SIG d'emprise de crue, CCGST – Service cours d'eau, novembre 2014

[26] : **Retour sur les évènements du 25-28 novembre 2014 - Bassins de la Giscle et du Préconil** : rapport et cartographie SIG d'emprise de crue, CCGST – Service cours d'eau, décembre 2014

[27] : **Levé de laisses de crue – évènement du 25-27/11/2014** : fiches et base de donnée SIG, CCGST – Service cours d'eau / INGEROP, décembre 2014

[28] : **Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables en région PACA – Département du Var – Programme 2006 – DIREN PACA, IPSEAU - Etude n°HH1323 vers3 - Février 2008**

[29] : **Etude hydrologique et hydraulique – Analyse des crues du Préconil de l'automne 2009 à Sainte-Maxime – Origine des crues et des inondations au droit de l'usine Brisach** – EAU et PERSPECTIVES - septembre 2012

1 CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

1.1 SITUATION, CONTEXTE HISTORIQUE

Situé dans le département du Var, le Préconil est un fleuve côtier d'environ 14 km de long qui prend sa source sur la commune du Plan-de-la-Tour et qui se jette dans le Golfe de Saint-Tropez après avoir traversé le centre-ville de la commune de Sainte-Maxime. La petite taille du bassin versant du Préconil (59 km²) et son profil en long caractérisé par une pente moyenne en amont puis une pente faible voire nulle à son embouchure le rend très réactif aux événements pluvieux et aux phénomènes de ruissellement.

Depuis le XX^{ème} siècle, le Préconil a connu de nombreuses crues dont les plus marquantes sont :

- La crue du **28-29 septembre 1932**
- La crue du **1^{er} décembre 1959**, où plus de 200 maisons ont été touchées,
- La crue des **18-19 septembre 2009**, la plus forte crue recensée s'est caractérisée par une rapide montée des eaux avec une hauteur moyenne atteinte de 1,5 mètre dans les zones d'activités et habitations. Une vague de 1,5 m à 3 m de hauteur a envahi en peu de temps les quartiers bordant le Préconil et le Couloubrier, suite à des ruptures d'embâcles. Deux blessés légers ont été déplorés ainsi que de nombreux dégâts matériels : 651 déclarations de sinistre, 30 familles relogées, 62 entreprises touchées.
- La crue du **22 octobre 2009** où on a mesuré jusqu'à 1,5 m d'eau par endroits dans les habitations, notamment du quartier des Lavandines,
- La crue du **15 juin 2010** où 100 personnes ont dû être relogées et plusieurs dizaines d'entreprises ont été touchées,
- La crue des **14-15 novembre 2014**, engendrant une inondation dans les secteurs urbanisés de Sainte-Maxime,
- La crue du **27 novembre 2014**, plus significative que celle de mi-novembre. Des dommages importants (érosions de berge, embâcles, enjeux touchés (habitations, activités économiques)) ont été recensés.

Depuis 1983, on relève pour la commune de Sainte-Maxime 13 arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle pour cause d'inondations, et 9 arrêtés pour la commune du Plan-de-la-Tour.

Outre des conditions météorologiques exceptionnelles, un certain nombre de facteurs aggravants ont été identifiés :

- la formation et la rupture d'embâcles (arbres, végétaux, matériaux stockés en bordure du cours d'eau, voitures emportées, ...),

- 
- la concomitance des crues du Préconil et de ses deux principaux affluents (Couloubrier et Bouillonnet),
 - un important transport de sable et de matériaux (ravinement par les eaux de ruissellement et érosion de berges),
 - l'augmentation des hauteurs d'eau à l'embouchure en cas de houle et vent d'est,
 - l'urbanisation et le développement d'activités économiques en zone inondable, notamment en rive gauche du Préconil.

Une mission du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) a été menée suite aux inondations de septembre 2009 qui a établi, à partir des éléments récoltés, les circonstances du phénomène, sa situation par rapport aux événements connus y compris en termes d'occupation des sols et qui donne des recommandations notamment aux acteurs publics.

En terme réglementaire, la commune de Sainte-Maxime possède un Plan de Prévention des Risques prévisibles d'inondation (PPRI) approuvé par arrêté préfectoral du 9 février 2001 et lié à la présence du Préconil et du Couloubrier. Par arrêté préfectoral du 22 juillet 2011, le PPRI a été mis en révision. Les risques d'inondations pris en compte sont ceux relatifs aux débordements du Préconil et de ses affluents en particulier le Bouillonnet et le Couloubrier et aux ruissellements sur les piémonts.

1.2 LA DEMARCHE « PAPI D'INTENTION »

Depuis quelques années, une démarche « PAPI d'intention » a été engagée sur le territoire (PAPI : Programme d'Actions de Prévention des Inondations). Elle est constituée d'un programme d'études opérationnelles sur une période de deux ans aboutissant à l'établissement d'un programme d'actions sous forme de « PAPI complet ».

La structure pilote de la démarche PAPI est la Communauté de communes du Golfe de Saint-Tropez.

Dans ce contexte d'intercommunalité, le Comité d'agrément du bassin Rhône Méditerranée a émis un avis favorable, par délibération du 5 avril 2013, pour une qualification en PAPI d'intention sur le Préconil et ses affluents, et recommande :

- de veiller à la cohérence entre la prévention des inondations et la préservation des milieux (enjeux liés au SDAGE, préservation des secteurs naturels et espèces protégées),
- de respecter l'objectif de préservation des zones d'expansion de crues et des espaces de mobilité du cours d'eau,
- de prendre en compte, au travers des études opérationnelles, la gestion intégrée des milieux aquatiques en assurant une cohérence avec le contrat de rivière sur la Giscle,
- de démontrer la compatibilité des mesures structurelles retenues avec les évaluations environnementales,



- de prendre en compte la stratégie nationale de gestion du risque inondation dans l'élaboration d'un PAPI complet d'ici 2015, celui-ci devant s'intégrer dans les stratégies locales de gestion du risque inondation pour le Territoire à Risque Important d'inondation (TRI) « EST-VAR ».

La convention-cadre pour le PAPI d'intention du bassin versant du Préconil a été signée le 26 octobre 2013 en présence des représentants de l'Etat, des différents maîtres d'ouvrage et des partenaires financiers et est entrée officiellement en vigueur en date du 12 mars 2014.

Le PAPI d'intention comporte aujourd'hui une vingtaine d'actions et a les objectifs suivants :

- Améliorer et partager la connaissance des mécanismes d'inondation, des risques et enjeux exposés, afin d'apporter les éléments de connaissances nécessaires et utiles à la réflexion commune à conduire sur les objectifs et mesures de réduction des risques,
- Définir de manière concertée les actions à conduire pour améliorer la protection contre les inondations, envisager de nouveaux dispositifs de protection et maîtriser les écoulements,
- Renforcer la culture du risque sur le territoire au travers d'actions de sensibilisation au risque inondation et de prévention du risque, afin d'améliorer les dispositifs de réduction de la vulnérabilité et la sauvegarde des enjeux (alerte, gestion de crise, retour à la normale...).

1.3 LE CONTRAT DE RIVIERE DE LA GISCLE ET DES FLEUVES COTIERS DU GOLFE DE SAINT-TROPEZ

Le Contrat de rivière porté par la Communauté de communes du Golfe de Saint-Tropez a été validé en comité d'agrément du 18 décembre 2013. Intégrant notamment le périmètre du PAPI Préconil, et en réponse aux problématiques et enjeux locaux et du SDAGE, il a pour objectifs de :

- poursuivre la réduction des pollutions domestiques, industrielles et pesticides,
- mettre en place une gestion de la ressource permettant d'éviter des étiages trop sévères compatibles avec les milieux et pérenniser les usages,
- restaurer la morphologie dégradée des cours d'eau tout en permettant une meilleure gestion des inondations (reconnexion des annexes hydrauliques).

S'appuyant sur une démarche forte de concertation public/privé, le Contrat de rivière doit permettre d'étudier l'opportunité de la mise en œuvre d'un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) et préparer le passage du Contrat de rivière à un Contrat de baie.

Au total, 116 actions sont prévues autour de 6 volets, pour un montant estimatif de 17 750 000 € HT :

- Volet A : Amélioration de la qualité des eaux superficielles et souterraines
- Volet B : Restauration et préservation des milieux aquatiques
- Volet C : Gestion des inondations



1.4 LA STRATEGIE LOCALE DE GESTION DES RISQUES D'INONDATION

Le bassin versant du Préconil est entièrement intégré dans le périmètre de la stratégie locale de gestion des risques d'inondation (SLGRI) au titre de la mise en œuvre de la Directive Inondation.

Ce périmètre intègre celui du Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) Est-Var couvrant uniquement la commune de Sainte-Maxime.

TRI EST-VAR



Figure 2 : Périmètre proposé pour la SLGRI du TRI Est-Var (DDTM 83, 2014)

Les objectifs de la stratégie sont structurés selon les cinq objectifs du projet de PGRI du bassin Rhône-Méditerranée, soit :

1. Prendre en compte le risque dans l'aménagement et maîtriser le coût des dommages liés à l'inondation
2. Augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques
3. Améliorer la résilience des territoires exposés
4. Organiser les acteurs et les compétences
5. Développer la connaissance sur les phénomènes et les risques d'inondation



L'ensemble des actions proposées dans le cadre de cette stratégie a été défini en tenant compte des actions portées dans le cadre du PAPI d'intention du Préconil et du PAPI Argens.

1.5 OBJET DE L'ETUDE ET PHASAGE

Dans le cadre du PAPI Préconil, la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez et la DDTM du Var ont lancé une **étude hydraulique et définition d'un programme d'interventions pour la réduction des risques d'inondation du fleuve Préconil et de ses affluents**.

Les deux principaux objectifs de cette étude sont les suivants :

1. Etude hydraulique préalable à la révision du PPRI sur la commune de Sainte-Maxime et engagement de la démarche sur la commune de Plan-de-la-Tour
2. Elaboration d'un programme permettant de réduire efficacement les conséquences des inondations par des travaux à réaliser dans le cadre du PAPI complet et visant à réduire l'aléa.

La première prestation, portée par la DDTM, correspond à la réalisation de l'étude hydraulique de la situation actuelle. Elle se décompose en 4 phases :

- Phase 1 : Analyse du fonctionnement du bassin versant notamment à partir des éléments disponibles sur les crues de septembre-octobre 2009, juin 2010 et novembre 2014
- Phase 2 : Réalisation de modèles hydrauliques du bassin versant
- Phase 3 : Proposition d'une carte d'aléa pour l'évènement de référence
- Phase 4 : Rédaction des documents en vue de la saisine de l'Autorité Environnementale

Des phases conditionnelles correspondent à la révision du PPRI de Sainte-Maxime et à l'élaboration du PPRI de Plan-de-la-Tour.

La seconde prestation, portée par la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez (CCGST), a pour l'objectif général la définition d'un schéma d'aménagement global du fleuve Préconil et de ses affluents.

Ce document constitue le rapport de la phase 1 de l'étude.

2 PRESENTATION DU BASSIN VERSANT DU PRECONIL

2.1 RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le **Préconil** est un fleuve côtier d'environ 14 km de long. Il prend sa source à plus de 350m d'altitude dans le vallon en contrebas du Col de Vignon sur la commune de Plan-de-la-Tour et se jette dans le Golfe de Saint-Tropez à Sainte-Maxime.

Les principaux affluents du Préconil sont les suivants, de l'amont vers l'aval :

- Le **ruisseau d'Emponse**, affluent de rive gauche, qui traverse une partie du centre de Plan-de-la-Tour,
- Le **Gourier**, affluent de rive droite,
- Le **ruisseau du Plan**, affluent de rive gauche,
- Le **Couloubrier**, affluent de rive gauche, qui reçoit notamment les eaux du **vallon des Prés** lui-même recevant les eaux du **cour du Pey**,
- Le **Roux**, affluent de rive gauche,
- Le **Pilon**, affluent de rive gauche,
- Le **Bouillonnet**, affluent de rive gauche.

Cours d'eau	Longueur (en km)
Préconil	13.7
Emponse	4.6
Gourier	3.8
Vallon des Prés	6.2
Couloubrier	6.1
Bouillonnet	3.5

Tableau 1 : Longueur des cours d'eau

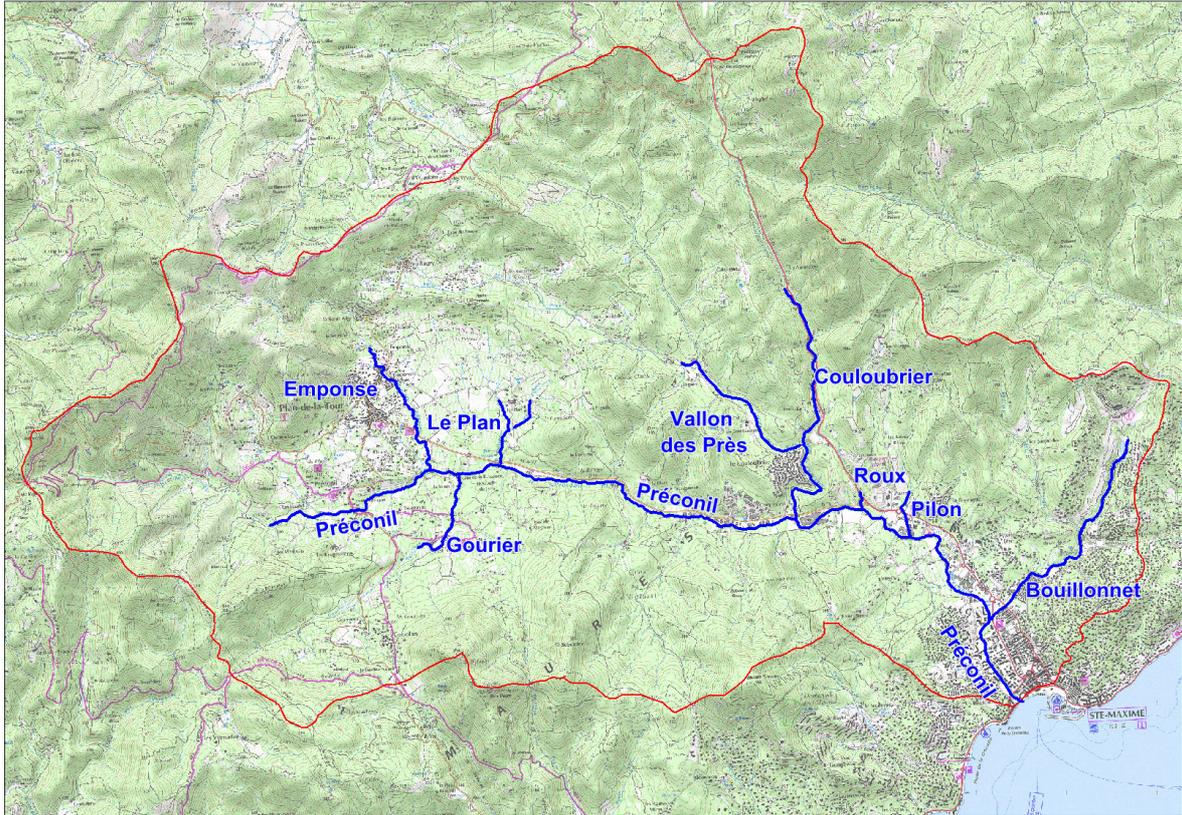


Figure 3 : Réseau hydrographique principal du Préconil

2.2 DECOUPAGE EN SOUS-BASSINS VERSANTS

La superficie totale du bassin versant du Préconil est de **59 km²**. Le découpage en sous-bassins versants a été réalisé sur la base de la carte IGN et du levé LIDAR disponible sur presque l'intégralité du territoire (cf. 3.4.1). La figure ci-après présente le découpage en sous-bassins versants réalisé.

La répartition des superficies drainées par le Préconil et ses principaux affluents est présentée dans le tableau ci-dessous. Cette répartition se fait de l'amont du Préconil vers l'aval suivant les surfaces indiquées dans le tableau ci-dessous (établi sur la base du découpage en bassins versants réalisé dans le cadre de l'étude hydrologique AQUACONSEILS, affiné dans le cadre de cette étude ; cf. rapport de phase 2).

Sous-bassin versant	Superficie (km ²)	%
Préconil amont confluence Emponse	9.44	16%
Ruisseau d'Emponse	2.44	4%
Gourrier	5.96	10%
Ruisseau du Plan	2.95	5%
Préconil apports intermédiaires 1	8.55	15%
Vallon des Prés	11.33	19%
Couloubrier (hors vallon des Prés)	6.18	10%
Préconil apports intermédiaires 2	4.77	8%
Roux	1.06	2%
Pilon	1.24	2%
Bouillonnet	4.91	8%
Total Préconil	58.83	100%

Tableau 2 : Répartition des superficies drainées par le Préconil

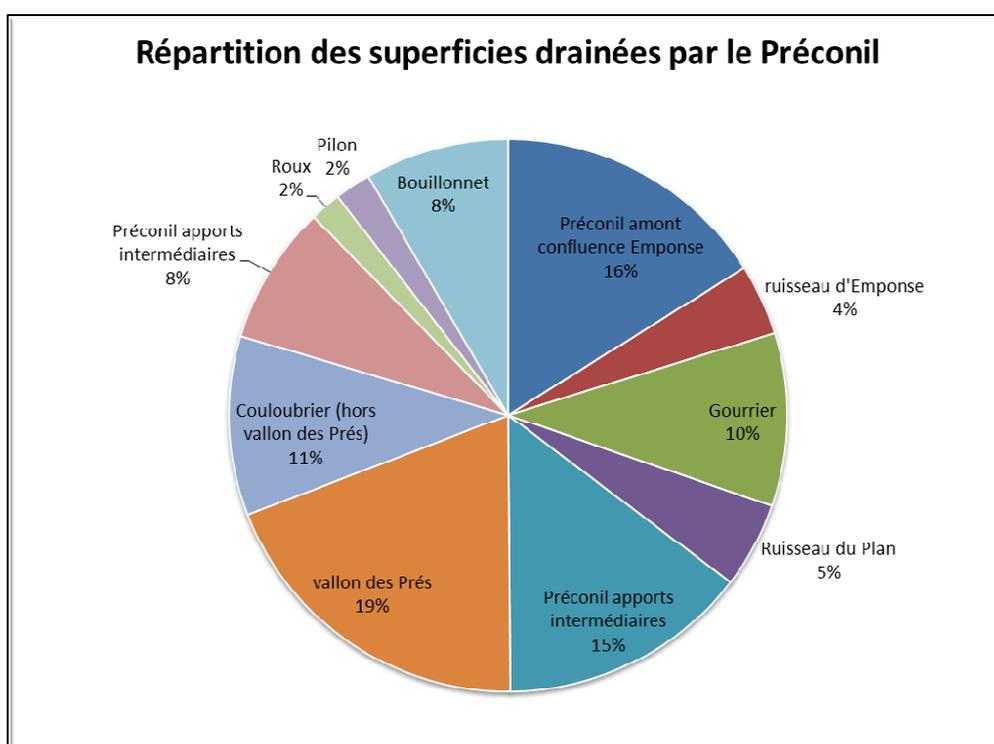


Figure 4 : Répartition des superficies drainées par le Préconil

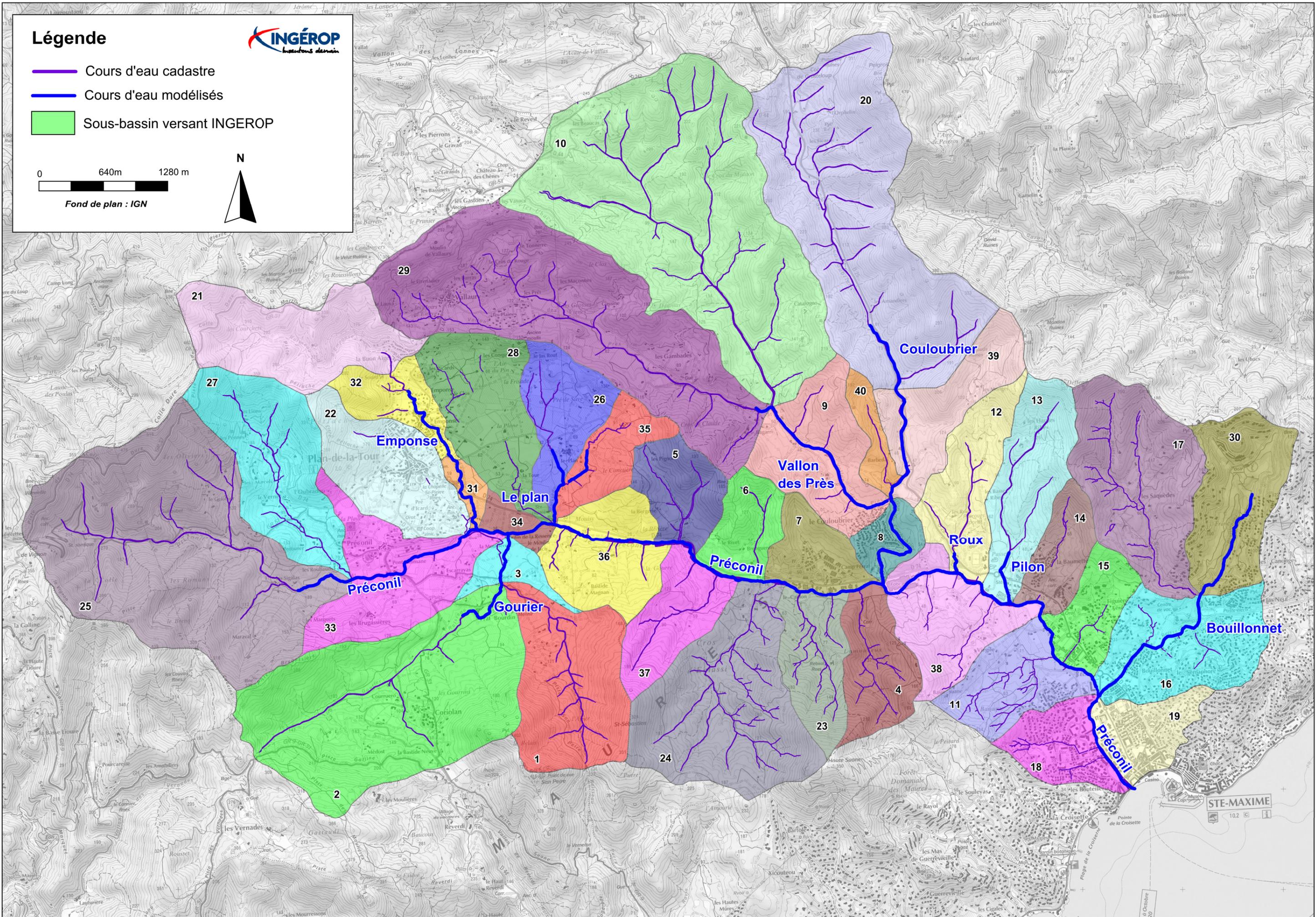
Légende



-  Cours d'eau cadastre
-  Cours d'eau modélisés
-  Sous-bassin versant INGEROP



Fond de plan : IGN



STE-MAXIME
10.2

2.3 OCCUPATION DU SOL

Source : Corin Land Cover, 2006

Le bassin versant du Préconil est occupé majoritairement par des espaces naturels : 46% du territoire sont des milieux à végétation arbustive ou herbacée, végétation sclérophylle essentiellement, et 18 % des forêts (forêts de feuillus ou mélangées).

Les espaces dédiés à l'agriculture sont également importants : 16 % du territoire sont dédiés aux cultures diverses et 5 % occupés par des vignobles.

L'ensemble des zones urbaines (tissus urbains continus et discontinus, zones industrielles et commerciales et espaces verts urbains et de loisirs) occupe également une partie non négligeable du territoire (14 %).

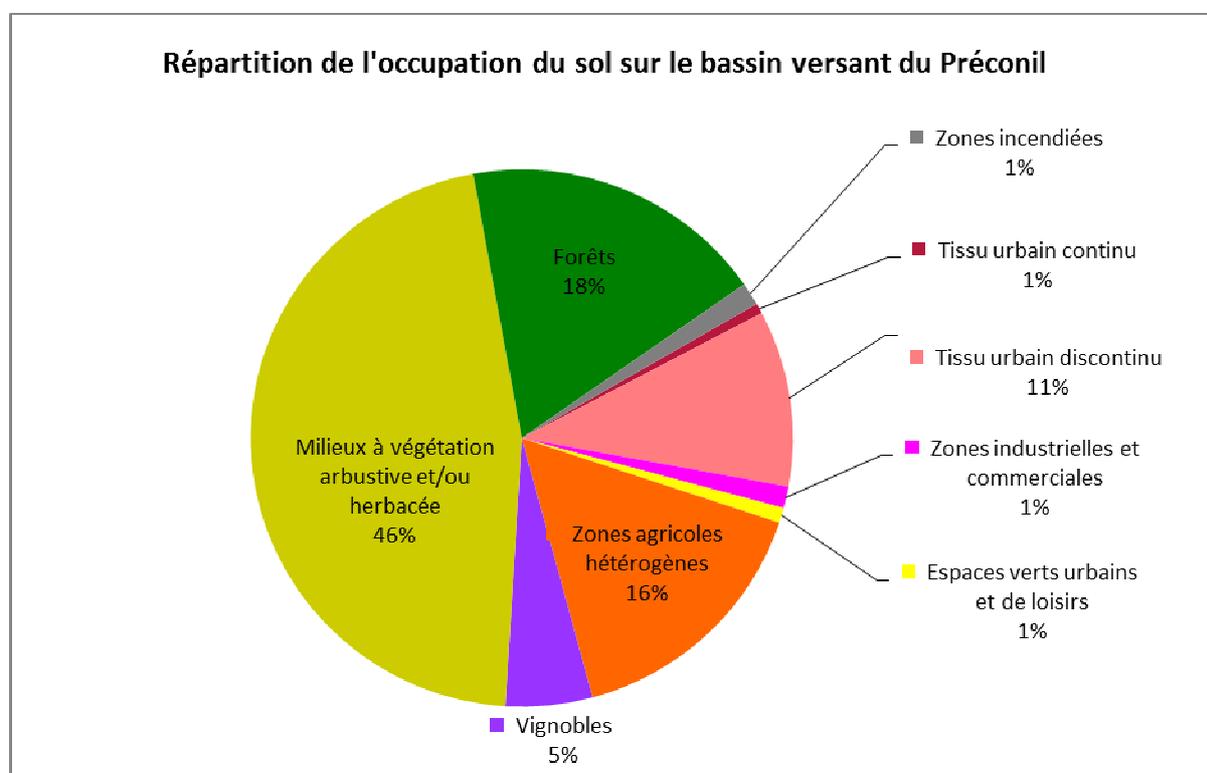


Figure 6 : Répartition de l'occupation du sol sur le bassin versant du Préconil

Le tableau ci-dessous donne la superficie des zones ainsi identifiées et la figure ci-après leur localisation sur le bassin versant.



Type d'occupation du sol	Surface en km ²
Tissu urbain continu	0.4
Tissu urbain discontinu	6.2
Zones industrielles et commerciales	0.8
Espaces verts urbains et de loisirs	0.5
Zones agricoles hétérogènes	9.2
Vignobles	3.0
Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée	27.2
Forêts	10.7
Zones incendiées	0.8
Total Préconil	58.8

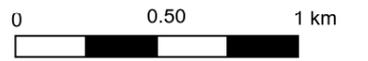
Tableau 3 : Répartition des superficies drainées par le Préconil en fonction de l'occupation du sol



Occupation du sol

Etude N° MM3231 - IndA

Echelle : 1 / 25 000



Fond de plan : IGN

Légende

Cours d'eau :

- Permanents
- Intermittents

Routes départementales :

- Principales
- Secondaires

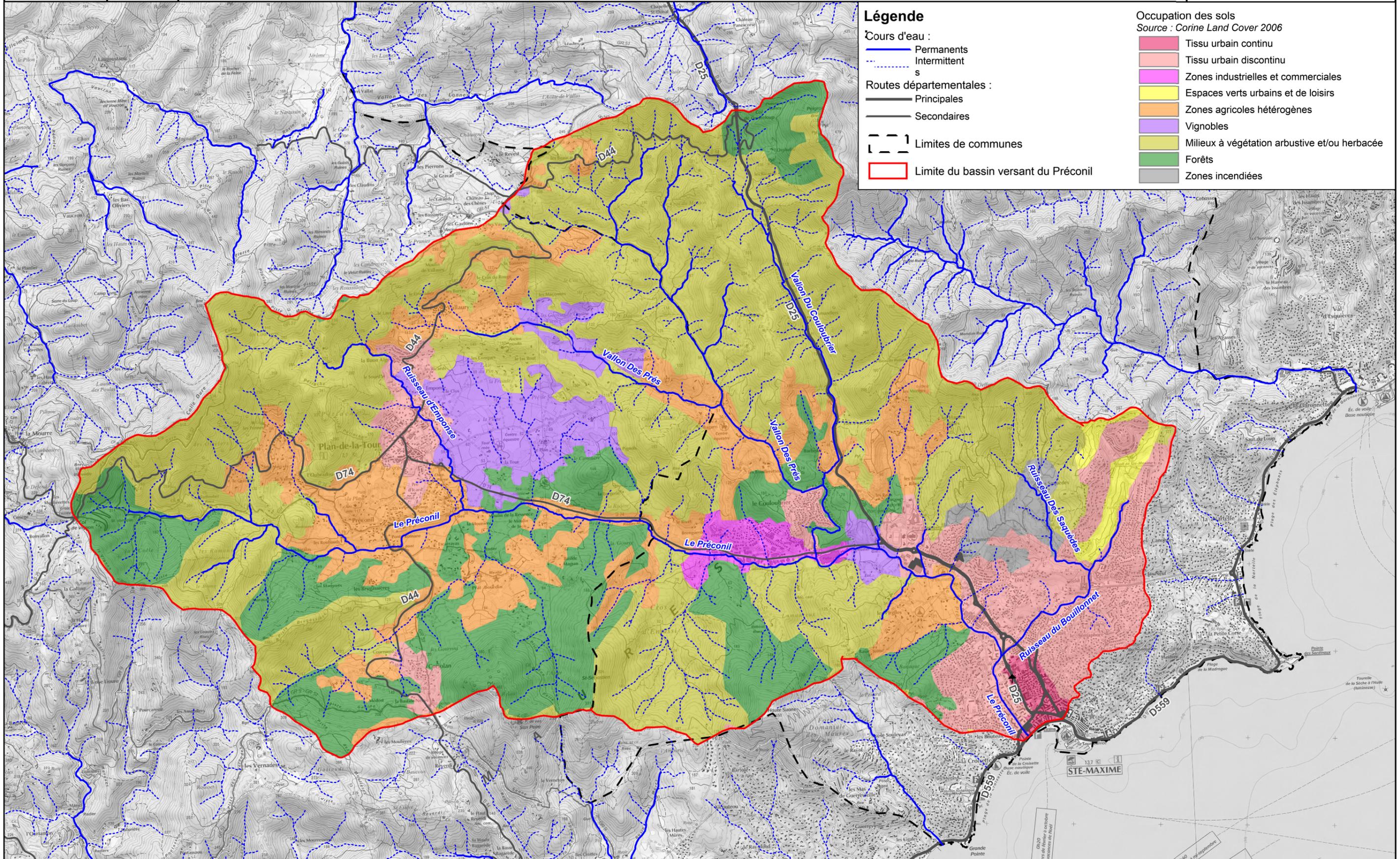
Limites de communes

Limite du bassin versant du Préconil

Occupation des sols

Source : Corine Land Cover 2006

- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Zones industrielles et commerciales
- Espaces verts urbains et de loisirs
- Zones agricoles hétérogènes
- Vignobles
- Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée
- Forêts
- Zones incendiées



2.4 CARTOGRAPHIES EXISTANTES DES ZONES INONDABLES

2.4.1 PPRI DE SAINTE-MAXIME, 2001

Sur le bassin versant du Préconil, seule la commune de Sainte-Maxime est dotée d'un PPRI, approuvé le 22 février 2001. Le PPRI a été établi sur la base d'une modélisation hydraulique de l'évènement de référence correspondant à la crue centennale.

L'étude hydraulique ayant servi de base à la définition de l'aléa est une étude réalisée en 1995 par le Bureau d'études B.C.E.O.M. A noter que cette étude a été réalisée en supposant des conditions d'écoulements normales sans embâcles.

Le zonage réglementaire du PPRI actuellement en vigueur est découpé en 4 zones en fonction des hauteurs et des vitesses atteintes pour l'évènement de référence :

- **zone rouge R1** où soit la hauteur d'eau est supérieure à 2 m, soit la hauteur d'eau est supérieure à 1 m et la vitesse supérieure à 0,5 m/s, soit la vitesse supérieure à 1 m/s. C'est une **zone de risque très fort** où aucune construction ou installation nouvelle ne peut être autorisée. C'est le cas des zones qui jouxtent le lit mineur des rivières,
- **zone rouge R2** - Zone où la hauteur d'eau est comprise entre 1 m et 2 m avec des vitesses inférieures à 0,5 m/s ou une hauteur d'eau comprise entre 0,5 et 1 m avec des vitesses comprises entre 0,5 m/s et 1 m/s. Dans cette zone, le **risque** est dit **fort**.
- **zone bleue B1** où la hauteur est inférieure à 1 m et la vitesse inférieure à 0,5 m/s. Dans cette zone, dite de **risque faible**, la construction est possible sous certaines conditions. Parmi les zones inondables urbanisées sur la commune, la majeure partie est en zone bleue B1.
- **zone bleue B2** où la hauteur est inférieure à 0,50 m et la vitesse comprise entre 0,5 et 1 m/s. C'est une zone estimée exposée à des **risques élevés**.

La figure en page suivante présente le zonage réglementaire en vigueur sur la commune.

Lors des évènements récents, il a également été constaté que les débordements ont atteint un niveau supérieur aux prévisions des cartes d'aléas produites par le PPRI. Par la suite, le rapport SOGREAH d'août 2010 (Réf. [10]) a estimé le débit centennal bien supérieur au débit de référence pris dans ce PPRI.

Face à ce constat, la révision du PPRI sur la commune de Sainte-Maxime a été prescrite par arrêté préfectoral le 22 juillet 2011.

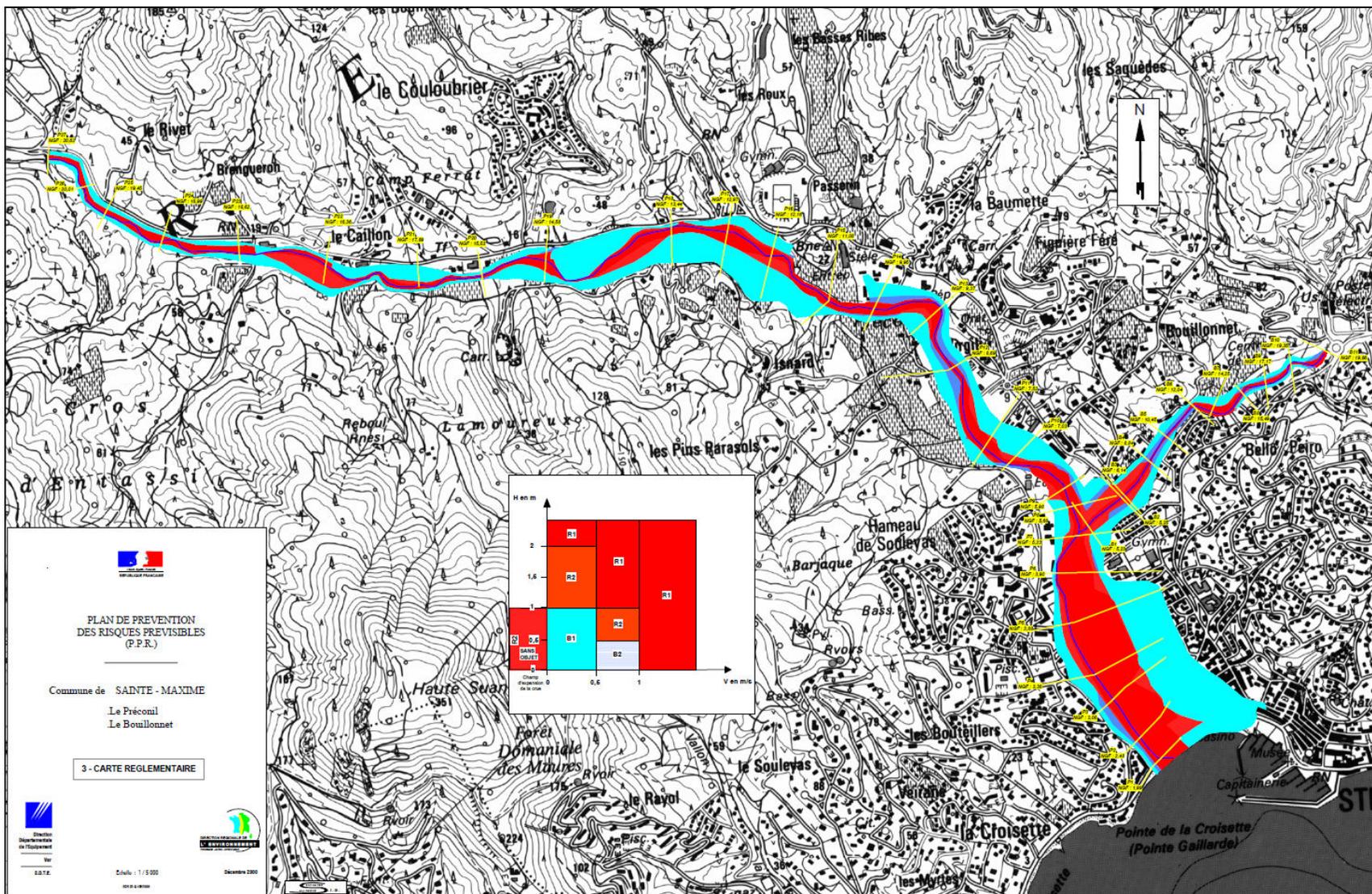


Figure 8 : Cartographie du PPRI en vigueur sur la commune de Sainte-Maxime

2.4.2 ATLAS DES ZONES INONDABLES PACA, 2008

Dans le cadre de l'élaboration de l'Atlas des Zones Inondables (AZI) de la région PACA (Programme 2006 publié en 2008), une cartographie hydrogéomorphologique du Préconil a été réalisée par IPSEAU sur un linéaire de 13 km sur les communes de Plan-de-la-Tour et de Sainte-Maxime.

Les traits caractéristiques du bassin versant et des zones inondables du Préconil identifiés dans la note de présentation de l'atlas sont les suivants :

- la lithologie du bassin versant du Préconil correspond à des terrains cristallins.
- Sur la commune de Plan-de-la-Tour, le cours d'eau présente une plaine alluviale assez étroite et peu d'enjeux hormis en des points locaux comme à « Ponte Romane », au « Moulin de la Ressence ».
- Sur la commune de Sainte-Maxime, les enjeux en zone inondable du Préconil sont plus nombreux : zones d'activités, quartiers urbanisés. La plaine alluviale s'élargit fortement et perd son lit moyen. Seuls subsistent le lit mineur et le lit majeur comme cela est le cas des parties aval des cours d'eau côtiers.

Les figures ci-après présentent les cartographies ainsi établies sur les deux communes riveraines du Préconil.

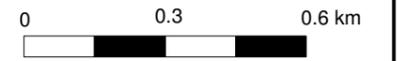
Ces cartographies montrent notamment que lit majeur du Préconil a fait l'objet de nombreux remblais sur les deux communes.



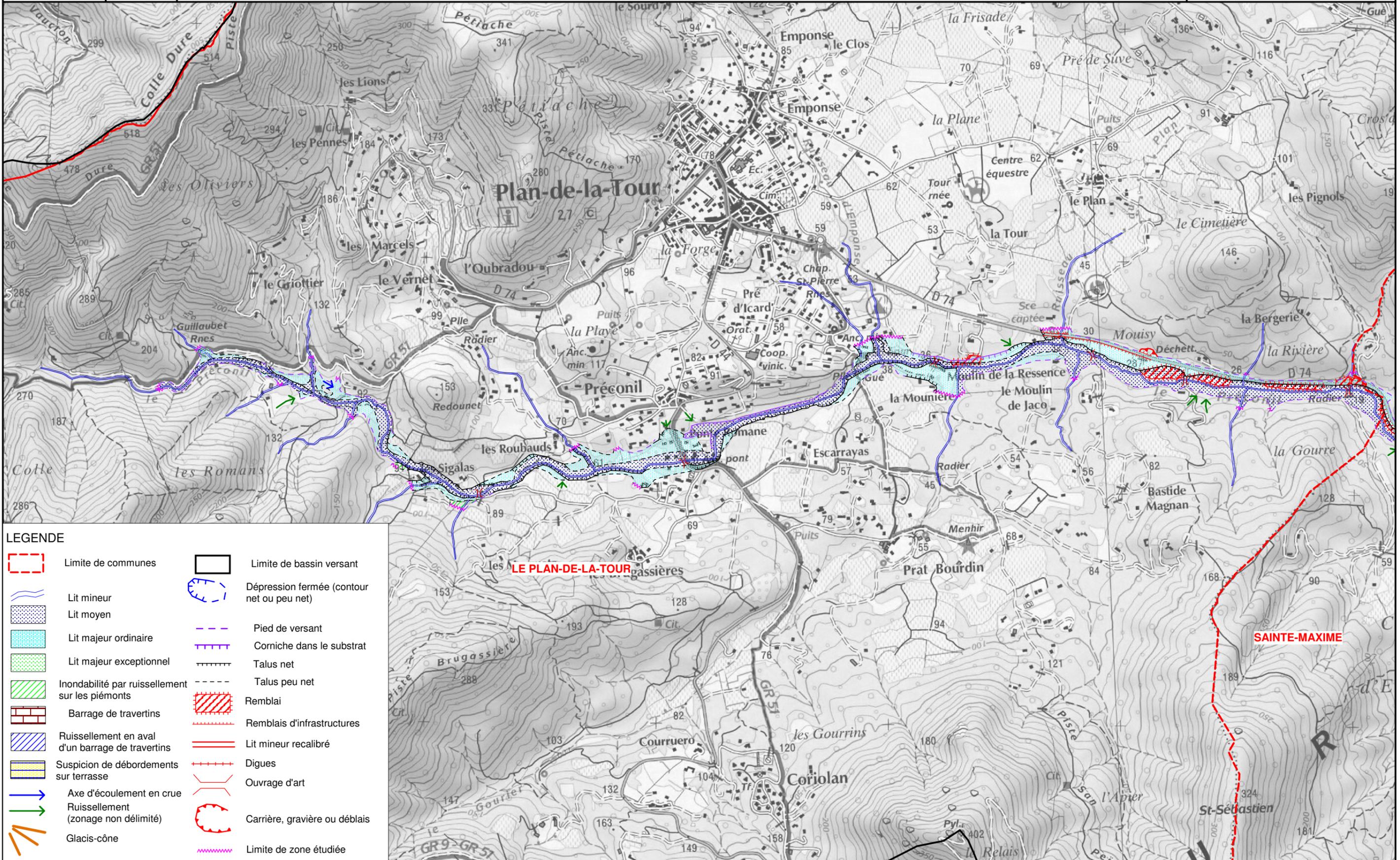
**Etude hydraulique et définition d'un programme d'interventions pour la réduction des risques
d'inondation du fleuve Préconil et de ses affluents**
EXTRAITS DE LA CARTOGRAPHIE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE DES ZONES INONDABLES DE LA RÉGION PACA
SUR LA COMMUNE DE LE PLAN-DE-LA-TOUR

Etude N° MM3231 - IndA

Echelle : 1 / 15 000



Fond de plan : Scan 25

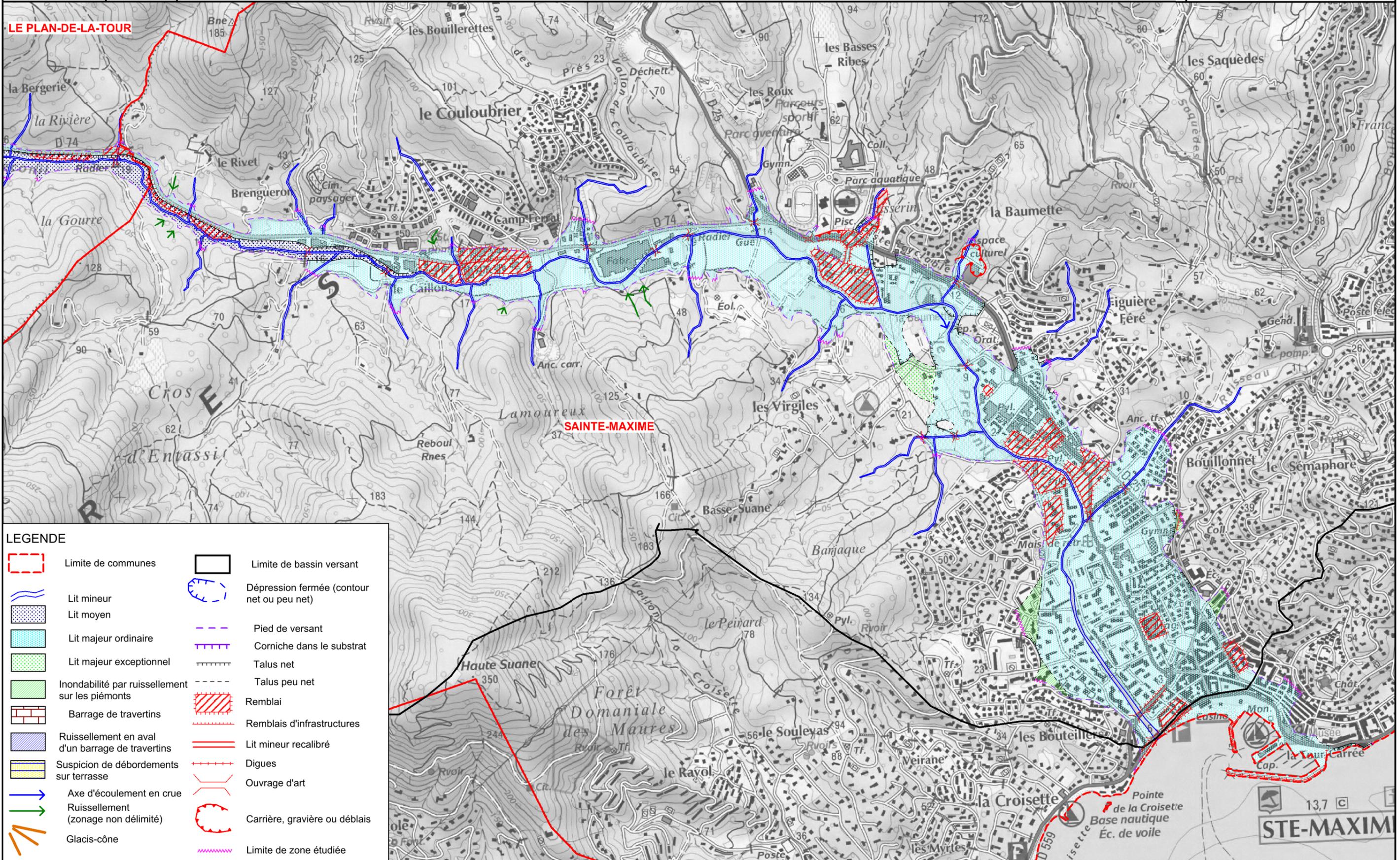


LEGENDE

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Limite de communes | | Limite de bassin versant |
| | Lit mineur | | Dépression fermée (contour net ou peu net) |
| | Lit moyen | | Pied de versant |
| | Lit majeur ordinaire | | Corniche dans le substrat |
| | Lit majeur exceptionnel | | Talus net |
| | Inondabilité par ruissellement sur les piémonts | | Talus peu net |
| | Barrage de travertins | | Remblai |
| | Ruissellement en aval d'un barrage de travertins | | Remblais d'infrastructures |
| | Suspicion de débordements sur terrasse | | Lit mineur recalibré |
| | Axe d'écoulement en crue | | Digues |
| | Ruissellement (zonage non délimité) | | Ouvrage d'art |
| | Glacis-cône | | Carrière, gravière ou déblais |
| | | | Limite de zone étudiée |



**Etude hydraulique et définition d'un programme d'interventions pour la réduction des risques
d'inondation du fleuve Préconil et de ses affluents**
EXTRAITS DE LA CARTOGRAPHIE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE DES ZONES INONDABLES DE LA RÉGION PACA
SUR LA COMMUNE DE SAINTE-MAXIME
Etude N° MM3231 - IndA



LEGENDE

	Limite de communes		Limite de bassin versant
	Lit mineur		Dépression fermée (contour net ou peu net)
	Lit moyen		Pied de versant
	Lit majeur ordinaire		Corniche dans le substrat
	Lit majeur exceptionnel		Talus net
	Inondabilité par ruissellement sur les piémonts		Talus peu net
	Barrage de travertins		Remblai
	Ruissellement en aval d'un barrage de travertins		Remblais d'infrastructures
	Suspicion de débordements sur terrasse		Lit mineur recalibré
	Axe d'écoulement en crue		Digues
	Ruissellement (zonage non délimité)		Ouvrage d'art
	Glacis-cône		Carrière, gravière ou déblais
			Limite de zone étudiée

13,7 C
STE-MAXIME

3 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES

La zone d'étude a fait l'objet de nombreuses études à vocations multiples (hydrologiques, hydrauliques, règlementaire...). Celles-ci ont été mises à disposition par la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez (CCGST), la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) et les différents partenaires (communes). **La liste des données recueillies est présentée en page bibliographique au début de ce document.**

L'analyse détaillée des données relatives aux évènements historiques est présentée ci-après. L'analyse et la synthèse des différentes études hydrologiques et hydrauliques sont présentées dans les chapitres correspondants de la présente étude.

Depuis le début de XXème siècle, le Préconil a connu de nombreuses crues dont les plus marquantes sont :

- la crue des 28-29 septembre 1932 où on a mesuré jusqu'à 2,50 m d'eau au niveau de l'ancien hôtel le Riviera à Sainte-Maxime (actuelle résidence le Riviera),
- la crue du 1^{er} décembre 1959 où plus de 200 maisons ont été touchées et une personne est décédée,
- la crue des 18-19 septembre 2009 qui est la plus forte connue de mémoire récente, et où il a mesuré jusqu'à 1.95 m au niveau des hangars Brisach et 1.90 m au niveau de la société SOMATER,
- la crue du 22 octobre 2009 où on a mesuré jusqu'à 1,5 m d'eau par endroits dans les habitations, notamment du quartier des Lavandines,
- la crue du 16 Juin 2010 où 100 personnes ont dû être relogées et plusieurs dizaines d'entreprises ont été touchées,
- les crues des 15 et 27 novembre 2014.

3.1 DONNEES RELATIVES AUX CRUES HISTORIQUES

Les informations concernant les crues anciennes concernent essentiellement la commune de Sainte-Maxime et sont issues du document :

- [1] : « HISTOIRE et histoires... de Sainte-Maxime », Jean-Daniel de GERMOND, 1986

NB : Les extraits de ce document nous ont été transmis par la Communauté de communes du Golfe de Saint-Tropez.

- [29] : Etude hydrologique et hydraulique – Analyse des crues du Préconil de l'automne 2009 à Sainte-Maxime – Origine des crues et des inondations au droit de l'usine Brisach – EAU et PERSPECTIVES - septembre 2012

3.1.1 CRUE DES 28-29 SEPTEMBRE 1932

A - Contexte pluviométrique

D'après l'article de Maurice Pardé « Intempéries méditerranéennes récentes en France. » In Revue géographique alpine, 1937, d'après [29]. La crue de septembre 1932, fut mémorable :

La crue de fin septembre 1932 dans la région de Saint-Raphaël.

Plus impressionnantes encore, parce que sans précédent depuis des dizaines d'années, furent les inondations du 29 septembre entre les Massifs des Maures et de l'Esterel, d'une part, et la côte. La tourmente commença dans la soirée du 28 et fit rage jusqu'au matin du 29.

On releva en une nuit 139 mm à Saint-Raphaël (et 86,3 le lendemain), 106 au Gap Bénat, 179 au Lavandou, 213 à Cannes, 122 à Antibes.

D'après les crues, on peut se demander si à certains points dans la zone la plus sinistrée, il ne tomba pas jusqu'à 250 ou 300 mm en quelques heures.

Les résultats furent stupéfiants. De toutes petites rivières, le Préconil qui se jette dans la mer à Sainte-Maxime, la Garonne qui débouche à Saint-Raphaël subirent des crues inimaginables. Elles saccagèrent tout sur leur passage; retenues en certains points par des ponts trop étroits, elles refluèrent en amont et inondèrent de vastes étendues habitées ou cultivées, avant d'anéantir les obstacles. Il n'y eut par miracle aucune perte de vie humaine, mais on a parlé de 50 millions de dégâts. Cet événement s'accompagna d'une crise assez forte des cours d'eau cévenols. On observa, le 29 ou le 30, 7,40 m sur la Gèze à Bagnols, 4,20 m sur le Gardon à Remoulins.

Selon ces données, il serait tombé, le 29 septembre 1932, 139 + 86.3 mm = 225.3 mm en près de 24 heures sur Sainte-Maxime.

B - Principaux désordres observés

Lors de cette crue, les ponts de la route nationale de bord de mer et de la voie SNCF (au niveau de l'actuel pont de la RD25) ont été emportés.

Des embâcles de matériaux divers ont tout d'abord obstrué le pont de la Nationale créant un débordement en amont du pont de la voie ferrée qui a duré plus de 2 heures. Lorsque le pont de la nationale a cédé, les tourbillons provoqués par l'effet de chasse ont déchaussé la pile droite du pont de la voie ferrée qui est à son tour tombé dans le lit.

Le niveau d'eau est resté à plus de 2.50 m pendant 2 h en rive gauche du Préconil inondant intégralement le rez-de-chaussée de l'ancien hôtel « le Riviera » (niveau NGF de l'eau estimé à 3.70 m NGF), aujourd'hui Résidence Le Riviera ainsi que le rez-de-chaussée du Casino Beach.

3.1.2 CRUE DU 1^{ER} DECEMBRE 1959

A - Contexte pluviométrique

D'après [29], le 1^{er} décembre 1959, la veille de la catastrophe de Malpasset, il serait tombé ce jour-là à Sainte-Maxime 160 mm de pluie conduisant à une seconde crue historique du Préconil.

B - Principaux désordres observés

Le Préconil a commencé à déborder vers 13h30 ce 1^{er} décembre 1959, les inondations ont été provoquées par le même processus qu'en 1932.

Lors de cet évènement, un peu après 12h00, un embâcle de troncs et de bois morts s'est formé 300 m en aval de la confluence entre le Préconil et le Couloubrier. Sur ce tronçon, le Préconil emprunte une vallée étroite aux berges élevées (berges en U). L'embâcle a fait barrage ce qui a rapidement conduit à un débordement en amont à la fois dans le secteur des usines « Brisach », alors non implantées et du pont du Couloubrier. Au plus fort de la crue, « *on ne distinguait plus les gardes-fous situés de part et d'autre de l'ouvrage [...] mais le niveau d'eau continuait à monter et le courant de plus en plus fort faisant tanguer la voiture qui commençait, elle aussi, à être entraînée.* ».

Lors de ce débordement sur le pont du Couloubrier, qui n'a duré qu'une vingtaine de minutes, une personne a été emportée et est décédée.

Plus en aval, la montée des eaux du Préconil a également provoqué un débordement du Bouillonnet. « *Ce jour-là, l'eau s'est répandue dans la basse ville et monta à un mètre ... dans la salle des coffres de la Société Générale et donc Place Louis Blanc.* »

Lors de cet évènement, « 200 maisons avaient été envahies par les eaux, parmi lesquelles 19 menaçaient de s'écrouler. [...] Les dommages aux biens privés étaient évalués à 1 677 511 Francs et au Patrimoine Communal : 1 340 000 Francs. »

3.1.3 BILANS DES DESORDRES OBSERVES ET FACTEURS AGGRAVANTS

Les crues de septembre 1932 et de décembre 1959 ont provoqué d'importants débordements dans les secteurs habités et ont créé un véritable spectacle de désolation sur tout le bord de mer.

Parmi les désordres observés lors de ces débordements et les facteurs aggravants, on peut citer la concomitance de plusieurs évènements répétitifs sur le bassin versant :

- une pluviométrie exceptionnelle avec des orages très violents et soudains,
- un mauvais état général de la végétation rivulaire provoquant la formation d'embâcles obstruants,
- la concomitance des crues du Préconil et de ses deux principaux affluents (Couloubrier et Bouillonnet) notamment en décembre 1959,

- un bassin versant marqué par de graves incendies de quelques mois à 2 ans avant les inondations : en août 1930 et juillet 1959.

3.1.4 DEBITS ESTIMES DE CES EVENEMENTS

Une étude réalisée en 1998 par GEOCAST intitulée « Aménagement de la protection du littoral de la Croisette, de la Garonnette et de l'embouchure du Préconil - Commune de Sainte-Maxime » avait estimé les débits des épisodes historiques.

- débit maximum de la crue de 1932 : environ **220 m³/s**,
- débit maximum de la crue de 1959 : environ **160 m³/s**.

3.2 DONNEES RELATIVES AUX CRUES RECENTES

3.2.1 CRUE DES 18-19 SEPTEMBRE 2009

Sources de données :

- [8] : « Mission sur les inondations du 18-19 septembre 2009 – CEGD – Octobre 2009 » dont annexe 3.5 : photos complémentaire (Mairie, Gendarmerie, DDEA)
- [18] : « SAINTE-MAXIME - INONDATIONS de Septembre 2009 - Nivellement des PHE » - Dossier Photos, base de données Excel avec nivellement NGF – DDTM 83 / Pôle Risques
- [23] : « Recueil des laisses de crues de l'évènement du 18 septembre 2009 sur le bassin du Préconil » – EGIS Eau, 12/2009 - S.I.V.U d'Aménagement du Préconil,
- Données cartographiques : laisses de crues et délimitation de l'emprise de la zone inondée SIVU, laisses de crues DDTM
- Base de données photographiques de la CCGST : reconnaissances post-crues du SIVU du Préconil avec géolocalisation partielle des photographies

A - Contexte pluviométrique

L'évènement pluviométrique du 18 septembre 2009 est caractérisé par la succession de deux épisodes orageux intenses : le premier en fin de matinée de 9h à 12h et le second en début de soirée de 20 à 22h.

Le graphique ci-après représente les lames d'eau horaires Antilope, moyennées sur le bassin versant du Préconil pour la journée (données Météo France d'après rapport DIRSE du 24/09/2009).

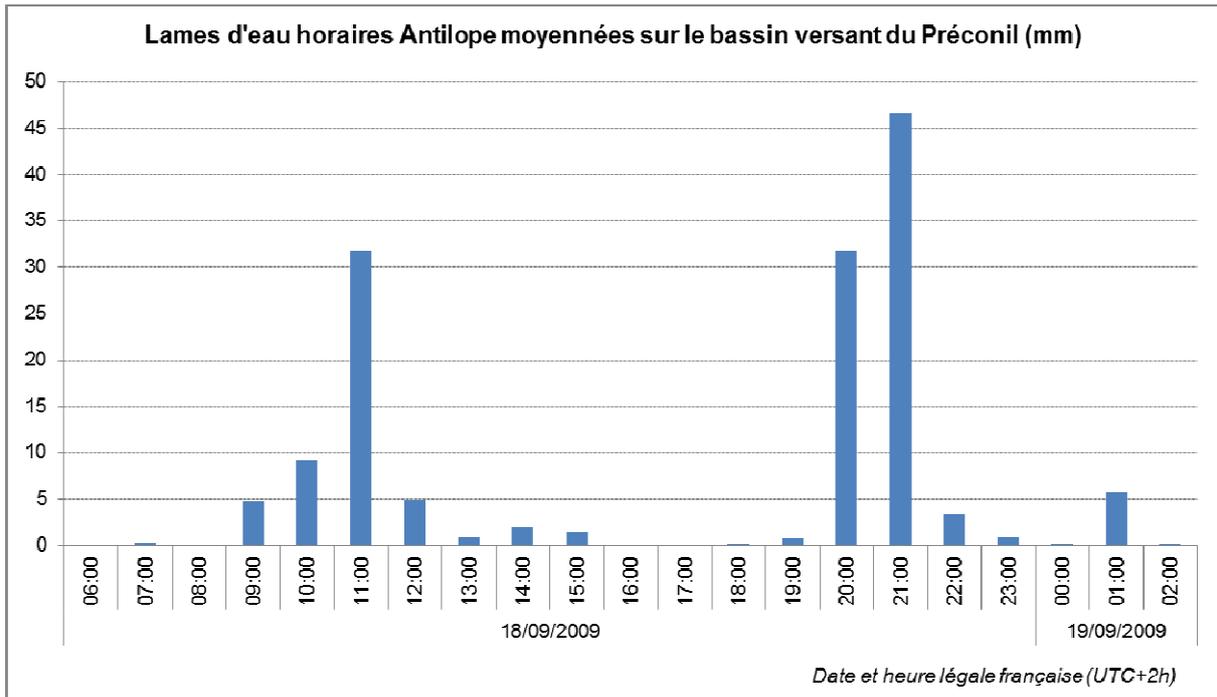


Figure 11 : Lames d'eau horaires « Antilope » moyennées sur le bassin versant du Préconil – 18-19 septembre 2009

On note les très fortes intensités des pluies sur l'ensemble du bassin versant : de l'ordre de 80 mm en moins de 2 heures à l'échelle du bassin entre 19 h et 21 h heure locale.

L'observation des images radars et de leur évolution montre que la partie amont du bassin du Préconil a reçu le maximum des précipitations (emplacement approximatif du bassin versant).

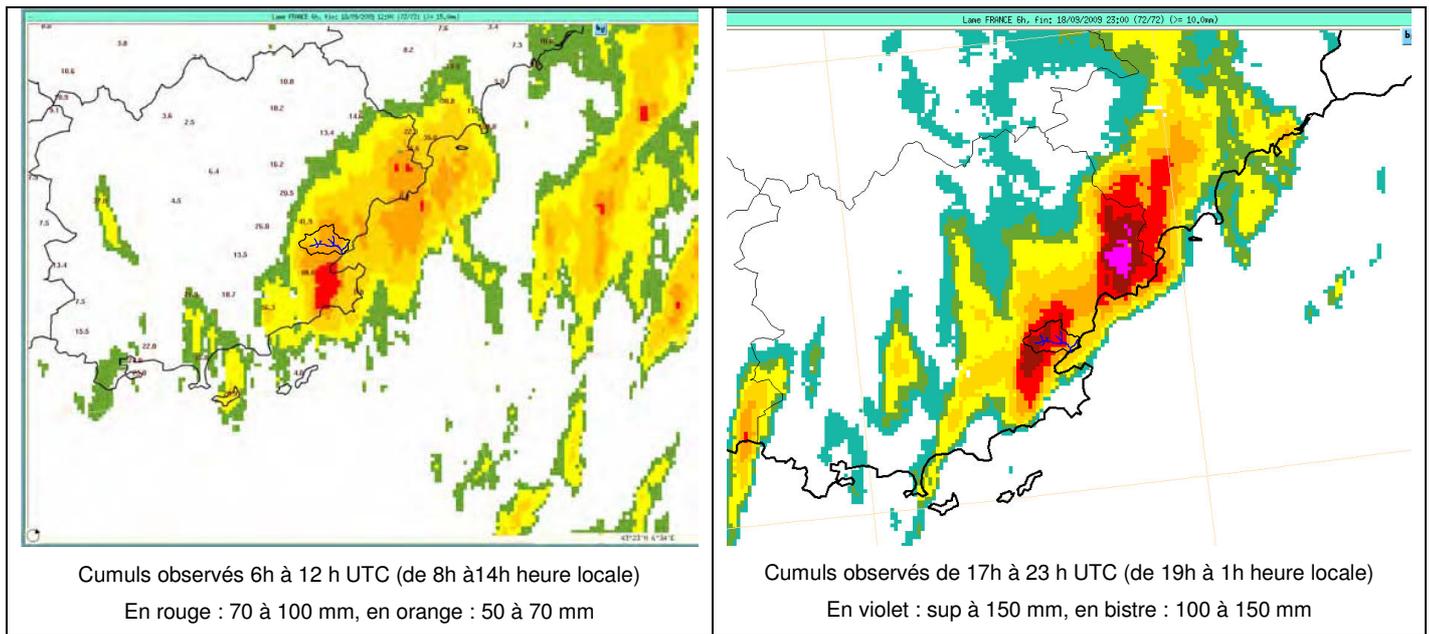


Figure 12 : Evolution des lames d'eau radar le 18 septembre 2009

On peut noter la violence de l'évènement pluviométrique avec des cumuls sur la partie haute du bassin versant (Préconil, Couloubrier) de l'ordre de 180 à 200 mm.

Ces observations sont cohérentes avec celles enregistrées manuellement par un habitant du lotissement Parc du Préconil, les Lavandines

- Le 15/09 : 15 mm + 15 mm
- Le 16/09 : 10 mm
- Le 17/09 pas de pluie,
- Le 18/09 : 20 mm + 70 mm + 5 mm + 70 mm + 20 mm + 15 mm + 7 mm entre 11 heures du matin et 23 heures le soir soit 207 mm dans la journée du 18/09/2009.

B - Principaux désordres observés

La crue du 18 septembre 2009 est caractérisée par une rapide montée des eaux (20-25 minutes) avec une hauteur moyenne atteinte de 1,5 mètre dans les zones d'activités et habitations. Une vague de 1,5 m à 3 m de hauteur a envahi en peu de temps les quartiers bordant le Préconil et le Couloubrier, suite à des ruptures d'embâcles. Deux blessés légers ont été déplorés ainsi que de nombreux dégâts matériels : 651 déclarations de sinistre, 30 familles relogées, 62 entreprises touchées.

Tous les témoignages sont concordants, la crue du 18 septembre 2009 a été vécue comme l'arrivée d'une véritable vague et ce dès le début des zones à enjeux au quartier Ponte Romano sur le Plan-de-la Tour. Le niveau d'eau dans le Préconil et ses affluents a subitement monté en un quart d'heure. Certains témoins sur la partie aval parlent même de grondement précédant l'arrivée des eaux.



La crue qui s'est essentiellement formée sur le haut du bassin versant a ensuite traversé la partie urbanisée de Sainte Maxime en s'étalant. Le volume de la crue a été en totalité contenu dans le champ d'expansion en amont de l'ancienne voie ferrée chemin de fer de Provence actuellement RD25. Les parkings situés entre ce pont et celui de la RDN98 à l'embouchure n'ont pas été inondés. Les quartiers situés en aval de l'ancienne voie ferrée n'ont pas été touchés.

La carte en annexe 1 présente l'emprise de la crue et les niveaux des laisses de crues relevées par la DDEA et par le SIVU du Préconil suite aux évènements.

Plus que d'une vague, on peut qualifier cette crue du 18 septembre 2009 de crue à montée ultra rapide. Plusieurs facteurs ont participé à la formation cet évènement :

- La violence de l'évènement pluviométrique sur la partie haute du bassin versant (cf. § précédent),
- Les apports concomitants des différents affluents du Préconil au niveau de la zone d'activités de Camp Ferrat (Couloubrier notamment),
- La concomitance probable de la pointe de débit du Couloubrier avec celle du Préconil liée au mode de déplacement de l'évènement pluvieux globalement dans l'axe Ouest-Est,

Le bilan de l'inspection des bassins versants réalisé est le suivant :

- dès la tête des bassins versants (Vallon du Gourier, Vernet, Prés, Cour du Pey), les hauteurs d'eau constatées sont impressionnantes au vu du gabarit des cours d'eau, témoignant ainsi du caractère exceptionnel de la pluie sur cette partie haute du bassin versant,
- la plupart des affluents ont apporté de grosses quantités de matériaux sablonneux et d'embâcles essentiellement d'origine végétale sur les parties amont, beaucoup plus anthropique dès la zone d'activités de Camp Ferrat. Les sables et graviers proviennent en majorité de la désagrégation du granite (arène granitique) et notamment du granite dit « granite de Plan de la Tour ». On en retrouve en effet en grande quantité dans les parcelles de vigne sur le bassin versant du vallon des Prés et du ruisseau du Plan.

La carte en annexe 2 présente une synthèse des désordres observés à partir du reportage photographique mis à disposition par la CCGST.

C - Débit estimé de l'évènement

La crue du 18 septembre 2009 avec un débit estimé à l'exutoire avec le modèle HEC-HMS construit par la société AQUA-Conseils (septembre 2014) à **248.3 m³/s** correspond à la crue la plus forte connue sur le territoire.

D'après le modèle construit par SOGREAH (2010), cette crue a une période de retour estimée entre 50 et 70 ans.

3.2.1 CRUE DU 22 OCTOBRE 2009

Sources de données :

- [23] : « Recueil des laines de crues de l'évènement du 18 septembre 2009 sur le bassin du Préconil » – EGIS Eau, 12/2009 - S.I.V.U d'Aménagement du Préconil,
- Base de données photographiques de la CCGST : reconnaissances post-crues du SIVU du Préconil avec géolocalisation partielle des photographies

A - Contexte pluviométrique

Un mois après les inondations de septembre 2009, des orages suivis de pluies diluviennes (180 mm en 4 h) ont généré de nouveaux débordements le 22 octobre 2009.

Le graphique ci-dessous représente les lames d'eau horaires moyennes sur la période du 20 au 23/10/2009 (données exportées du modèle HEC-HMS construit par la société AQUA-Conseils).

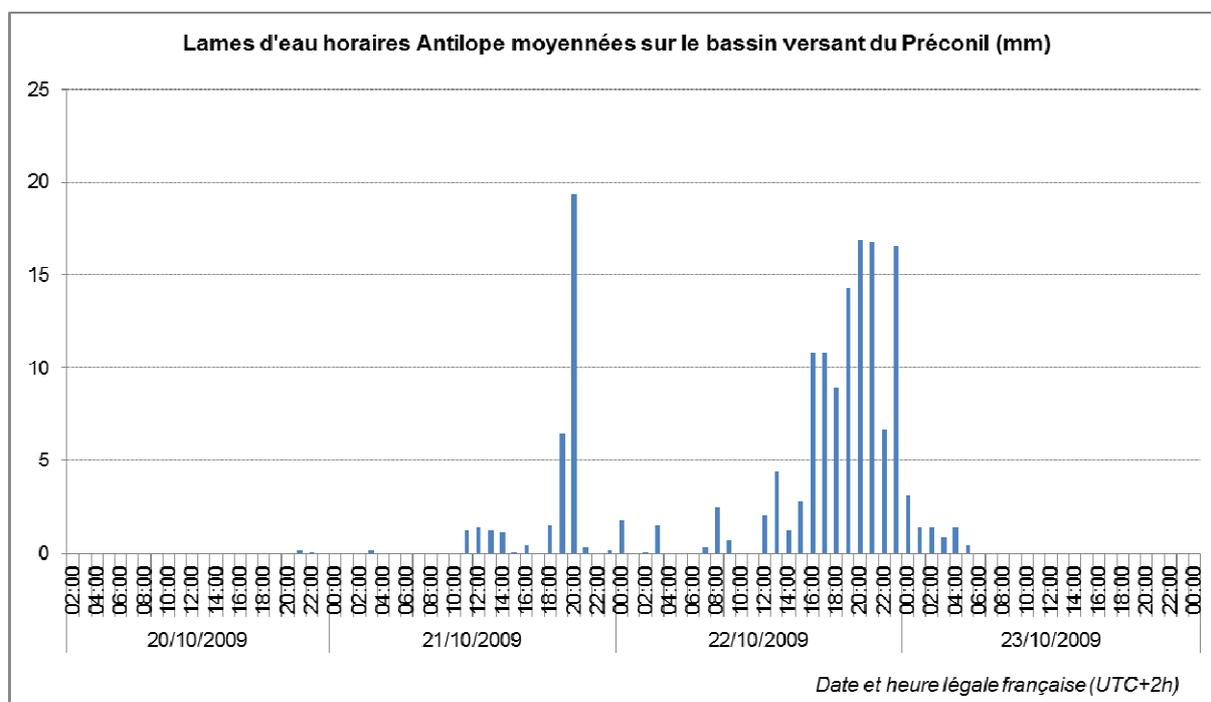


Figure 13 : Lames d'eau horaires moyennées sur le bassin versant du Préconil du 20 au 23/10/2009

Source : Données exportées du modèle HEC-HMS construit par la société AQUA-Conseils (septembre 2014)

Le relevé de pluie de l'habitant du lotissement Parc du Préconil, les Lavandines est le suivant :

- Le 21/10 : 8 mm +35 mm +10 mm, soit 53 mm
- Le 22/10 : 50 mm + 25 mm + 45 mm + 8 mm + 55 mm + 7 mm (pluie arrêtée à 22h), soit 190 mm dans la journée.

B - Principaux désordres observés

Les hauteurs d'eau atteintes sont de 0.3 à 1.5 m. Les berges, fragilisées par l'épisode précédent ont connu de nombreux affaissements.

Parmi les 105 repères de crue identifiés pour la crue de septembre 2009, on compte 25 repères donnant des informations sur la crue d'octobre 2009. On a ainsi mesuré jusqu'à 0.80 m au niveau de la Résidence Sainte-Genièvre à Sainte-Maxime et au Moulin de la Ressence.

Lors de cette crue, on a pu également noter un débordement sur le chemin en rive droite du Bouillonnet en face du lotissement Lei Rouves en amont de la confluence avec le ruisseau qui n'a pas été observé lors de la crue précédente (septembre 2009).

La carte en annexe 1 présente les niveaux des laisses de crues relevées par le SIVU du Préconil suite aux évènements.

L'analyse du reportage photographique réalisé par le SIVU du Préconil après l'évènement montre :

- la présence de zones d'érosions et d'embâcles à la confluence entre le ruisseau du Plan et le Préconil,
- des zones de dépôts et d'embâcles en amont de la zone d'activités de Camp Ferrat (déjà observés après la crue de 09/2009),
- la présence de nombreux embâcles sur le Préconil en aval de la confluence avec le Couloubrier,
- des zones d'érosion sur le Préconil en aval des entrepôts Brisach jusqu'aux services techniques.

La carte en annexe 2 présente une synthèse des désordres observés à partir du reportage photographique mis à disposition par la CCGST.

C - Débit estimé de l'évènement

Le débit de cette crue a été estimé à l'exutoire avec le modèle HEC-HMS construit par la société AQUA-Conseils (septembre 2014) à **122.9 m³/s**. D'après le modèle construit par SOGREAH (2010), cette crue a une période de retour estimée à 15 ans.

3.2.2 CRUE DU 15 JUIN 2010

Sources de données :

- *Base de données photographiques de la CCGST : reconnaissances post-crues du SIVU du Préconil avec géolocalisation partielle des photographies*

- [13]: « Dossier de candidature au Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) sur le bassin versant du Préconil », SIVU d'aménagement du Préconil / SCP, septembre 2012,

A - Contexte pluviométrique

Le graphique ci-dessous représente les lames d'eau horaires moyennes sur le bassin versant du Préconil sur la période du 14 au 17/06/2010 (données exportées du modèle HEC-HMS construit par la société AQUA-Conseils).

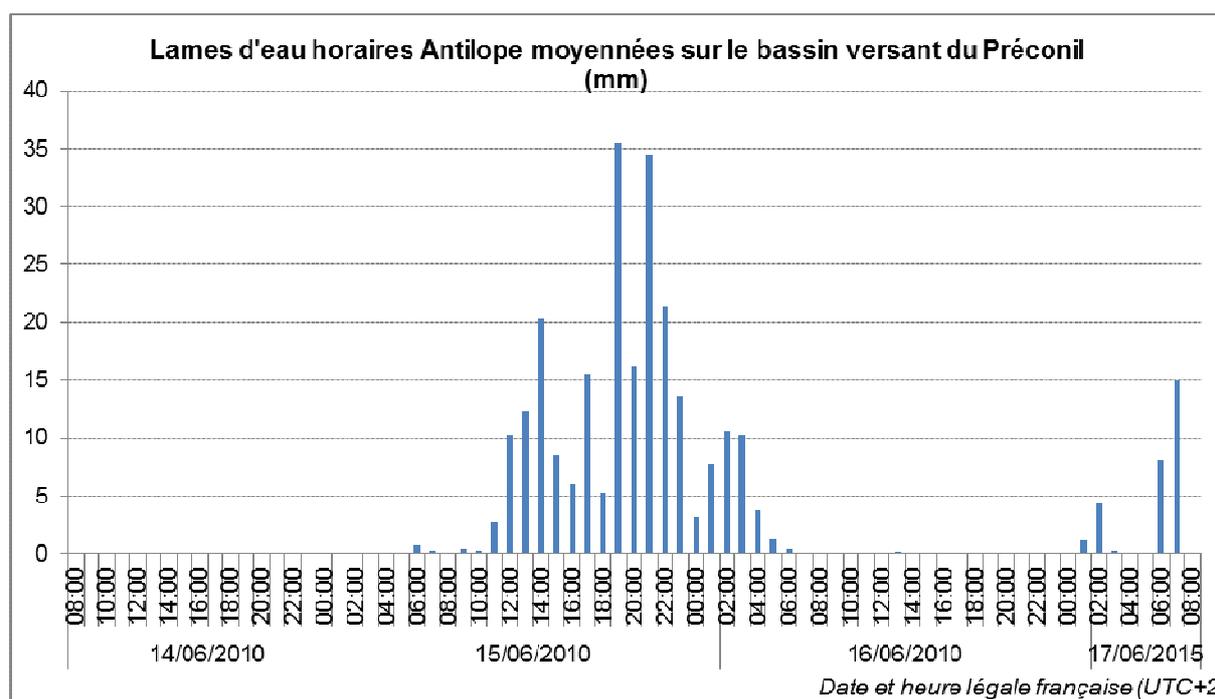


Figure 14 : Lames d'eau horaires moyennées sur le bassin versant du Préconil du 14 au 17/06/2010

Source : Données exportées du modèle HEC-HMS construit par la société AQUA-Conseils (septembre 2014)

B - Principaux désordres observés

En juin 2010, sur la commune de Sainte-Maxime, le système de surveillance météorologique a permis d'anticiper l'organisation des secours et d'activer le Plan Communal de Sauvegarde. Des messages ont été diffusés par haut-parleurs, une centaine de personnes ont été relogées pour la nuit ; 19 entreprises ont été touchées.

En moyenne, la hauteur d'eau atteinte était de 1.5 m.

La carte en annexe 2 présente une synthèse des désordres observés à partir du reportage photographique mis à disposition par la CCGST. D'amont en aval, on a pu identifier les désordres suivants :

- Sur la commune du Plan de la Tour :
 - la présence d'embâcles avec surverse en amont du secteur Ponte-Romane à Plan de la Tour,
 - la présence d'embâcles au niveau de la confluence du ruisseau du Plan et du Préconil à Plan de la Tour,
- Sur la commune de Sainte-Maxime :
 - un secteur de débordement sur le Préconil en amont de la confluence avec le Couloubrier,
 - la présence d'embâcles sur le Bouillonnet à la confluence d'un petit ruisseau à l'est du chemin du Bouillonnet,
- la présence d'embâcles sur le Préconil au niveau du chemin Résidence Maxime Park.

3.2.3 CRUE DES 14-15 NOVEMBRE 2014

Sources de données :

- [25] : *Retour sur les évènements du 14-15 novembre 2014 - Bassin du Préconil : rapport et cartographie SIG d'emprise de crue, CCGST – Service cours d'eau, novembre 2014*
- *Données cartographiques : délimitation de l'emprise de la zone inondée, CCGST – Service cours d'eau*
- *Base de données photographiques de la CCGST : reconnaissances post-crues de la CCGST avec géolocalisation partielle des photographies*

A - Contexte pluviométrique

En novembre 2014, le Préconil a connu deux crues successives importantes ayant provoqué des dommages.

L'évènement du 14-15 novembre 2014 fait suite à un début de mois de novembre particulièrement humide avec deux épisodes pluvieux importants survenus en début de mois les 03-05 novembre et les 09-12 novembre.

Lors de cet évènement, sur 48h, il a été mesuré 126,5 mm de précipitations avec 111,7 mm enregistrés en 24h entre le 14/11 à 12h et le 15/11 à 12h.

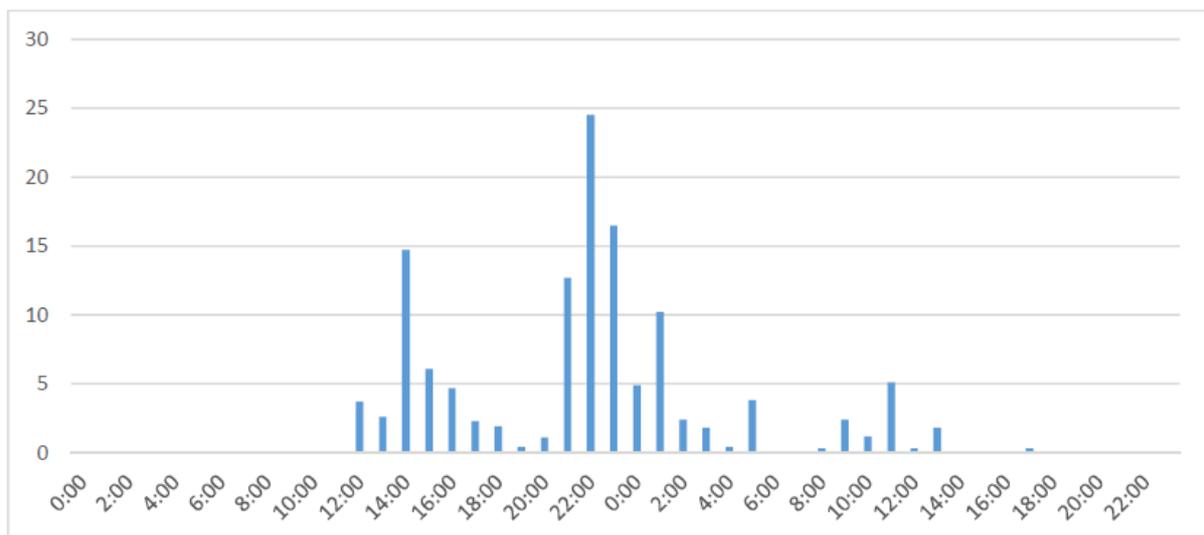


Figure 15 : Pluies horaires ANTILOPE (mm/h) du 14/11/2014 au 15/11/2014 (heure UTC)

Source : SPC Méd-Est (Météo France)

D'après l'étude hydrologique réalisée en 2014 par la société AQUACONSEILS, cet évènement pluviométrique est d'une période de retour de 5 ans.

B - Principaux désordres observés

Les éléments indiqués ci-après sont basés sur des observations de terrain post-crue, ainsi que sur une campagne de levés de Plus Hautes Eaux (PHE) réalisée par le service cours d'eau de la CCGST en novembre 2014.

Cette crue a engendré une inondation dans les secteurs urbanisés de Sainte-Maxime, sans provoquer de dégâts majeurs (sous-sols et garages inondés, quelques érosions de berge). Une partie de la zone d'activités (Camp Ferrat et surtout l'usine BRISACH) et la traversée urbaine de la ville ont ainsi été touchées. Le temps de réaction du Préconil amont a été d'environ 2h.

Les principaux dommages relevés étaient les suivants :

- A l'aval de Brisach, un embâcle s'est formé engendrant un important effondrement de berge. Le passage à gué a notamment été contourné par les eaux qui ont retracé leur axe d'écoulement. Les buses du passage ont été complètement obstruées par les matériaux de charriage et le sable.
- L'usine Brisach a été inondée (parking et entrepôts de stockage) mais les protections des ouvertures du bâtiment ont bien fonctionné, protégeant l'usine et les bureaux. Des remontées par réseau ont été signalées.
- Plusieurs résidences à l'aval ont été inondées par débordement du Préconil. Les plus durement touchées sont le Domaine du Préconil en rive droite et les Pléiades en rive gauche.

- Des dégâts ont également été signalés dans les résidences suivantes : Capet d'Azur, Les Tulipes, Le Silène, Le Surcouf, le Capet d'Azur, Le Maxim's, Les Hippocampes, Le Santa Cruz.

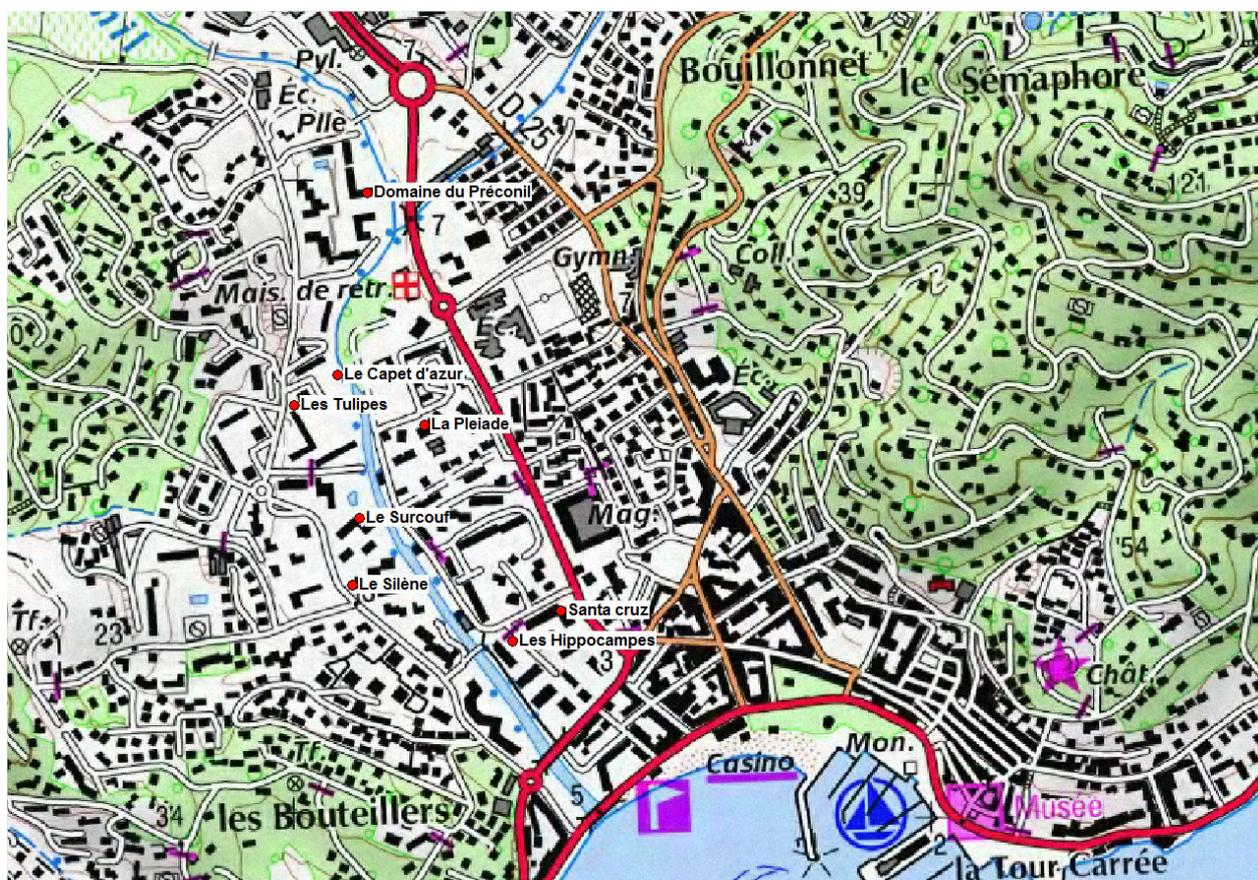


Figure 16 : Localisation des résidences impactées par la crue de 2014

De plus, il a été signalé un dysfonctionnement sur l'alerte des populations et riverains. L'alerte tardive des services communaux par la société en charge de la veille hydrométéorologique en était probablement la cause.

A noter que le Couloubrier n'a pas débordé sur les zones à enjeux, lors de cette crue.

La carte en annexe 2 présente la délimitation de l'emprise de la crue réalisée par la CCGST et une synthèse des désordres observés à partir du reportage photographique mis à disposition par la CCGST.

Cette synthèse a permis d'identifier d'amont en aval, les principaux désordres suivants :

- Des zones de dépôts en amont de la confluence avec le Couloubrier (ZA de Camp Ferrat) avec débordements,
- Des embâcles sur le Couloubrier en amont de la confluence avec le Préconil, sur le Préconil en aval des entrepôts Brisach,
- Des zones d'érosion et embâcles au niveau du camping la Beaumette,

- Des zones d'érosion et de dépôt sur le Préconil en aval du chemin des Virgiles jusqu'à la « passerelle » des services techniques,
- Des zones d'érosion au niveau de la passerelle de la résidence Domaine du Préconil avec des débordements en rive droite,
- Des zones de dépôt sur le Préconil le long de la résidence Sainte-Maxime jusqu'à la passerelle de la résidence les Hippocampes,
- etc...

C - Débit estimé de l'évènement

Le débit de cette crue a été estimé à l'exutoire avec le modèle HEC-HMS construit par la société AQUA-Conseils (septembre 2014) à **77.7 m³/s**.

D'après l'étude antérieure SOGREAH (2010), ce débit correspondrait à une période de retour estimée à 8 ans. Il s'agirait de la crue dite « débordante ».

Toutefois, d'après l'étude hydrologique réalisée par AQUACONSEILS en 2014, la période de retour de ce débit (78 m³/s) serait inférieure à 5ans (Cf. 6.2).

3.2.4 CRUE DES 26-27 NOVEMBRE 2014

Sources de données :

- [26] : *Retour sur les évènements du 25-28 novembre 2014 - Bassins de la Gisclle et du Préconil : rapport et cartographie SIG d'emprise de crue, CCGST – Service cours d'eau, décembre 2014*
- [27] : *Levé de laisses de crue – évènement du 25-27/11/2014 : fiches et base de donnée SIG, CCGST – Service cours d'eau / INGEROP, décembre 2014*
- *Base de données photographiques de la CCGST : reconnaissances post-crues de la CCGST avec géolocalisation partielle des photographies*

A - Contexte pluviométrique

L'évènement des 26-27 novembre 2014 fait suite à une période humide très longue, avec des précipitations parfois intenses mesurées à plusieurs reprises depuis le début du mois de novembre.

Plusieurs cumuls de pluie journalière très significatifs ont en effet été enregistrés au courant du mois, avec une progression constante des cumuls :

Date	Cumul de pluie journalière (mm/24h)
04/11	83.1 mm
10/11	110.9 mm
15/11	124.1 mm
26/11	130.5 mm

Tableau 4 : Pluviométries journalières significatives sur le bassin versant du Préconil en novembre 2014

Source : SPC Méd-Est (Météo France) - pluies horaires ANTILOPE



« Par conséquent, les pluies survenues dans la nuit du 26 au 27 novembre et dans la journée du 27 novembre 2014 sont tombées sur des sols saturés en eau causés par un mois de novembre historiquement pluvieux, ce qui a largement favorisé le ruissellement et une réaction rapide de l'ensemble des cours d'eau du Golfe de Saint-Tropez. »

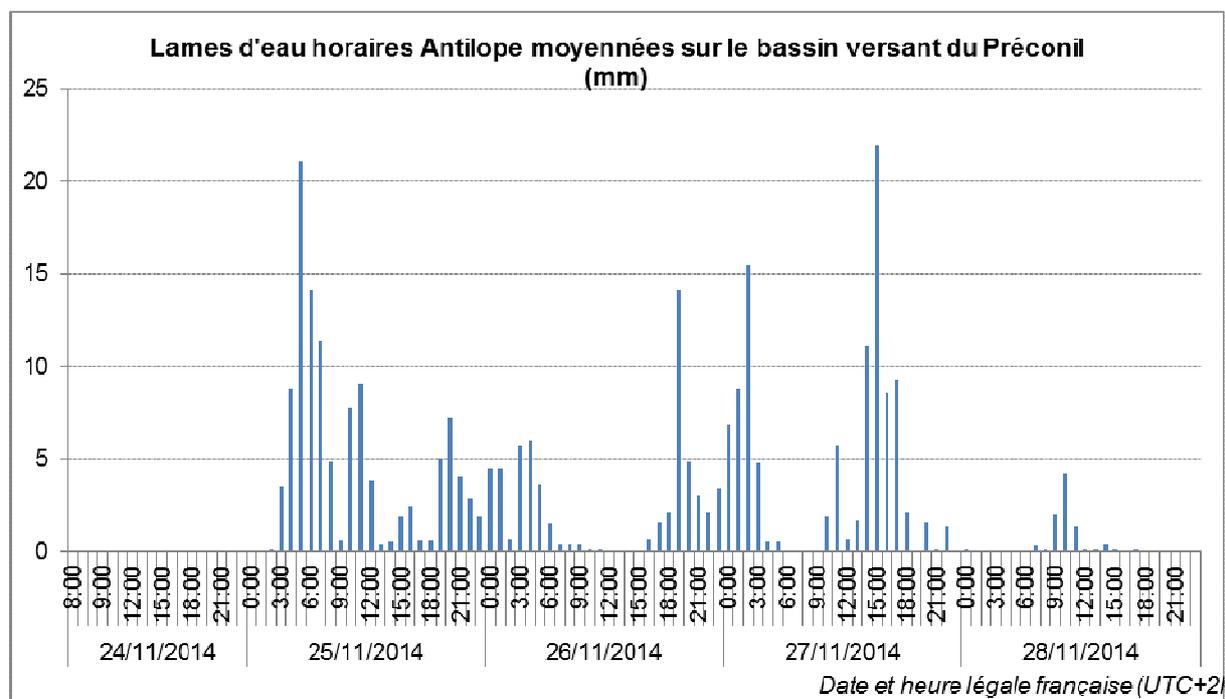


Figure 17 : Pluies horaires ANTILOPE – bassin versant du Préconil du 24 au 28/11/2014

Cet évènement pluvieux est caractérisé par :

- Un cumul de précipitations sur le bassin versant sur la période du 25 au 27/11/2014 de 275.7 mm dont 103.2 mm le 27/11/2014,
- deux cumuls horaires de 20 mm/h ou plus,
- une pluie journalière maximale de 130.5 mm (période de retour comprise entre 5 et 10 ans).

Le mois de novembre 2014 est ainsi le mois le plus pluvieux enregistré sur la période 2010-2014 au moins avec un cumul de précipitations de plus de 700 mm.

B - Principaux désordres observés

Les éléments indiqués ci-après sont basés sur des observations de terrain pendant la crue et post-crue, ainsi que sur une campagne de levés de Plus Hautes Eaux (PHE) réalisée par INGEROP en décembre 2014 pour le service cours d'eau de la CCGST.

La carte en annexe 1 présente l'emprise de la crue réalisée par le service cours d'eau à partir d'une synthèse de ses connaissances et les niveaux des laisses de crues relevées suite aux évènements.



Les principaux désordres observés identifiés sont les suivants :

- Sur la commune de Plan de la Tour :
 - Effondrement de route suite à une érosion de la berge sur le ruisseau d'Emponse,
 - Transport de sédiments importants du ruisseau du Plan coupant l'accès à une propriété privée (Mas Cocody),
- Sur la commune de Sainte-Maxime :
 - Activités économiques de Camp Ferrat inondées,
 - Usine Brisach et activités à la confluence avec Couloubrier inondées,
 - Importante érosion de berge menaçant route et réseaux en aval des entrepôts Brisach,
 - Embâcle à l'amont de la confluence avec le vallon du Roux,
 - Erosion de berge menaçant une habitation en amont du carrefour,
 - Embâcle à l'arrière du Carrefour
 - Erosion de berge prolongée sur propriété viticole,
 - Erosion de berge provoquant un risque de déstabilisation de passerelle piétonne (Domaine du Préconil),
 - Erosion de berge provoquant un affaissement de voirie sur le chemin du Bouillonnet,
 - Erosion de berge à la Résidence des Tilleuls,
 - Zone urbaine de Sainte-Maxime impactée (sous-sols et garages inondés, habitations inondées, voiries coupées),
 - Ensablement en mer en aval immédiat de l'embouchure du Préconil.

La carte en annexe 2 présente une synthèse des désordres observés à partir du reportage photographique mis à disposition par la CCGST.

Cette carte permet notamment de localiser les nombreuses zones d'érosion et les embâcles repérés à l'aide des photographies.

C - Débit estimé de l'évènement

Le débit de cette crue obtenue par HEC HMS à l'exutoire est de **184.8 m³/s**. D'après le modèle construit par SOGREAH (2010), cette crue a une période de retour estimée entre 20 et 30 ans. Elle est supérieure à la crue d'octobre 2009 mais reste inférieure à la crue référence de septembre 2009.

Le temps de réaction du Préconil amont a été très rapide pour cette crue, environ 45 min, compte tenu de l'effet de saturation des sols.

3.3 DESORDRES ET FACTEURS AGGRAVANTS COMMUNS

Parmi toutes les crues marquantes avec débordements sur le bassin versant du Préconil, on peut identifier plusieurs désordres et facteurs aggravants communs :

- **des conditions météorologiques exceptionnelles qui provoquent une montée ultra-rapide des eaux.** La taille du bassin versant du Préconil et sa compacité lui donnent un temps de concentration faible : de l'ordre de 2 à 4 heures, ce qui le rend très réactif aux événements pluvieux intenses et de courtes durées,
- un **déplacement des noyaux orageux d'Ouest en Est** et une **réaction quasi instantanée dès l'amont des cours d'eau** du bassin versant qui peut provoquer des hauteurs d'eau importantes et qui **favorise aussi la concomitance des crues du Préconil et de plusieurs de ses affluents**, notamment ses deux principaux affluents : le Couloubrier et le Bouillonnet,
- la **formation et la rupture d'embâcles** (arbres, végétaux, matériaux stockés en bordure du cours d'eau, voitures emportées, ...) qui peuvent provoquer des effets de vague au moment de la rupture,
- des **importants transports de sable et de matériaux** par les nombreux affluents et ravins (ravinement par les eaux de ruissellement et érosions de berges),
- l'augmentation des hauteurs d'eau à l'embouchure en cas de houle et vent d'est,
- l'urbanisation et le développement d'activités économiques en zone inondable, notamment en rive gauche du Préconil.

3.4 DONNEES TOPOGRAPHIQUES DISPONIBLES

3.4.1 LEVE LIDAR

Le Lidar est constitué d'un semis de points très précis (de l'ordre de 20 à 30 cm en précision altimétrique) et très dense (pas de 2 m). Sur les 576 dalles fournies par la communauté de commune, 59 concernaient le bassin versant du Préconil.

La figure ci-après présente une vue en plan de ce levé au droit de la zone d'étude, ainsi que le tracé du bassin versant.

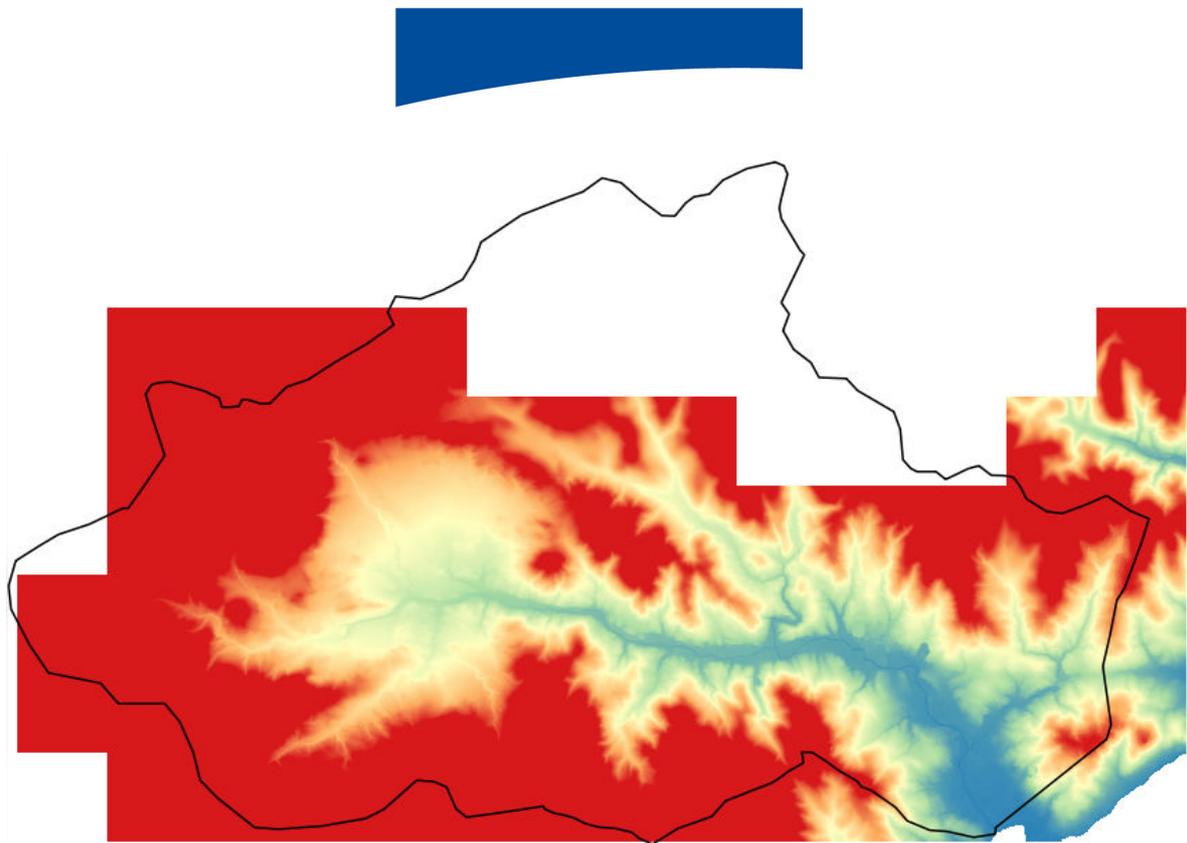


Figure 18 : Levé Lidar du bassin versant

Les données brutes (semis de points) sont exploitées pour l'identification des éléments structurants de la zone d'étude, par la création de courbes de niveau et d'images raster des pentes du terrain naturel.

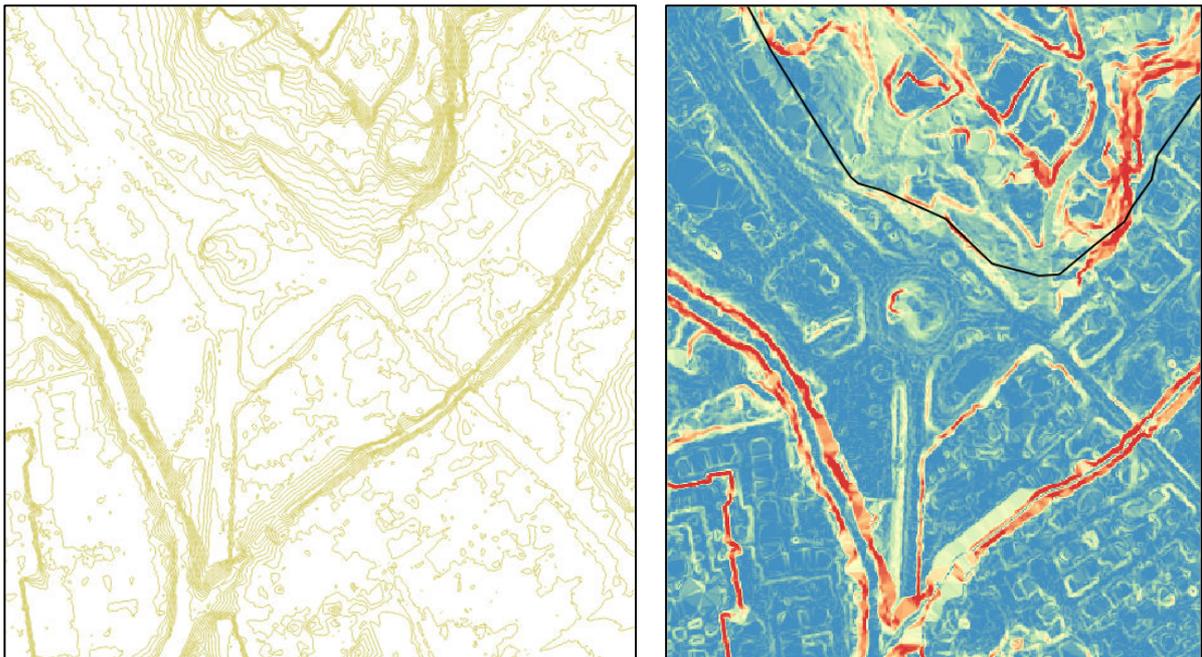


Figure 19 : Courbes de niveau (à gauche) – Pentes du terrain naturel (à droite)

Le levé LIDAR permet d'avoir une représentation très fine de la topographie. L'inter distance entre les points (1m) permet une identification précise des éléments topographiques structurants. La précision altimétrique de ce type de données (de l'ordre de 20 cm en moyenne) permet de limiter les approximations topographiques lors de la construction du modèle hydraulique (1D/2D).

3.4.2 LEVES BATHYMETRIQUES

Un levé bathymétrique a été réalisé par le géomètre expert Philippe SERANTONI, le 20 décembre 2014 sur environ 300 m en amont de l'embouchure du Préconil. Les mesures ont été effectuées depuis une embarcation à l'aide d'un sondeur mono-faisceau TRITECH PA500.

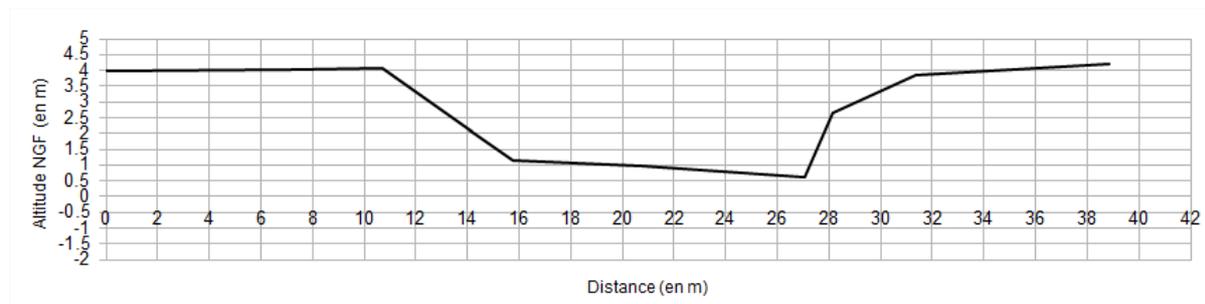


Figure 20 : Levés bathymétriques et profil en travers

NB : une autre campagne a eu lieu en avril 2014 pour réaliser un semis de points de l'embouchure.

3.4.3 LEVES DE PROFILS EN TRAVERS DU PRECONIL ET DE SES AFFLUENTS

Des levés ont été réalisés en janvier 2015 par la société Opsia sur le Préconil et 8 de ses affluents :

- L'Emponse
- Le Gourier
- Le Plan
- Le Vallon des Prés
- Le Couloubrier
- Le Roux
- Le Pilon
- Le Bouillonnet

366 profils en travers et 38 levés d'ouvrages hydrauliques ont été réalisés durant cette campagne.

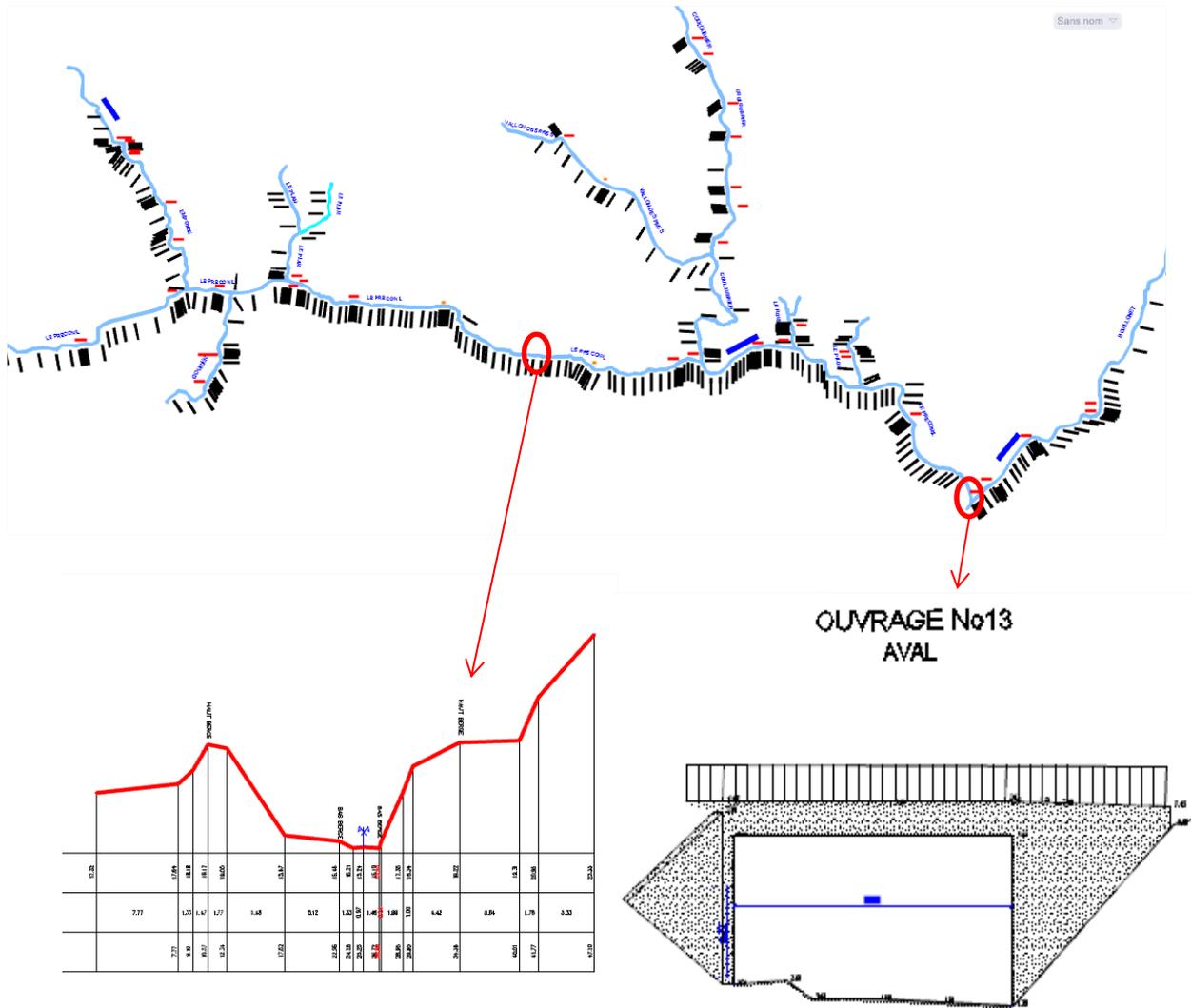


Figure 21 : Levés topographiques

3.4.4 LEVES TERRESTRES

Le géomètre-expert Eric Guignard a réalisé en octobre 2008 un semis de points sur la partie aval du Préconil, entre le rond-point De Neuenburg et l'embouchure (environ 1400 m). En avril 2014, il a levé 33 profils en travers sur le même secteur.

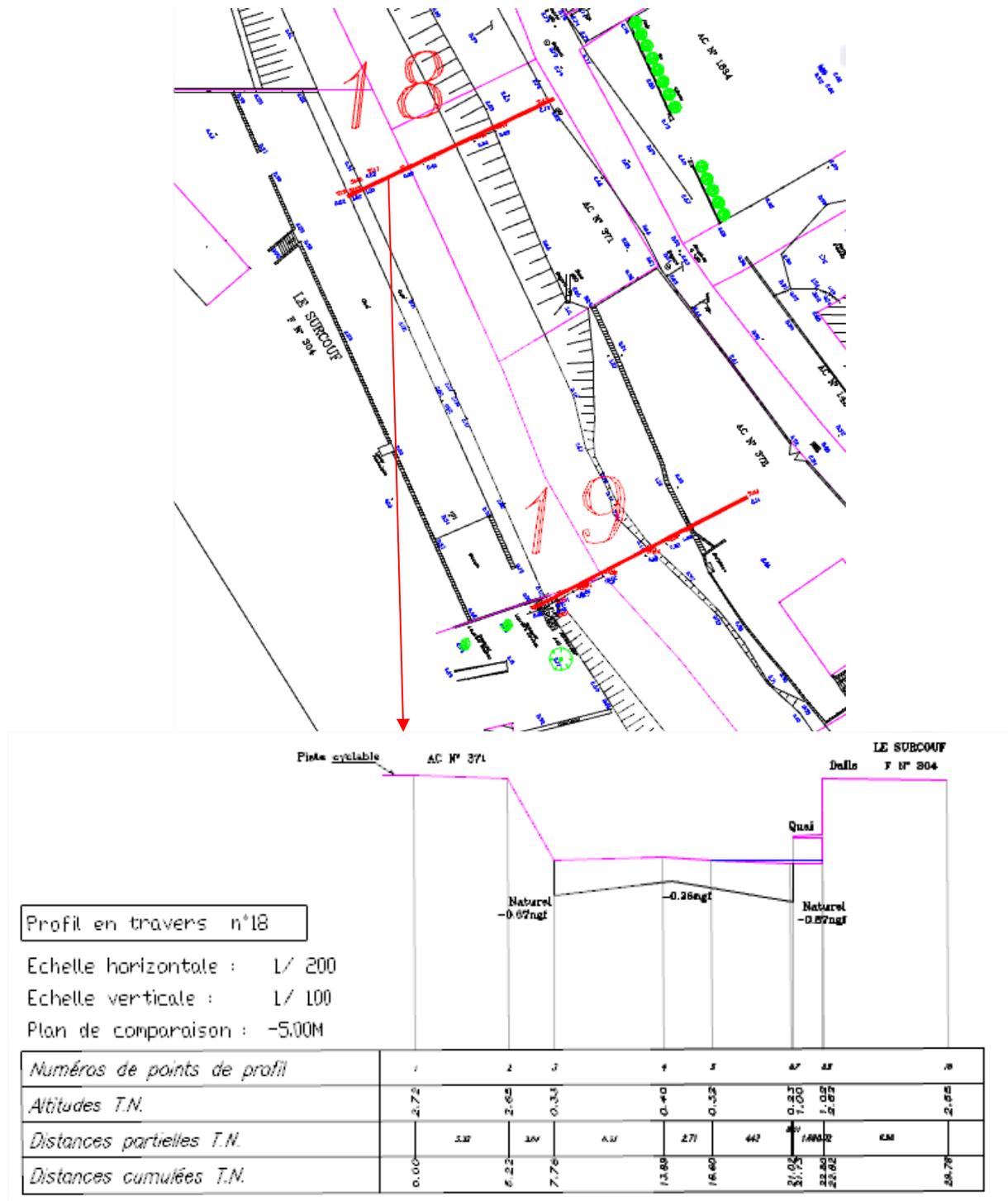


Figure 22 : Semis de points et profils levés par E. Guignard



3.5 ANALYSE CRITIQUE DES PHE

Les cartes en annexe 1 présentent une synthèse de la localisation des repères de crue des événements de septembre 2009, octobre 2009 et novembre 2014, en fonction de la classe de hauteur d'eau.

Afin d'analyser la cohérence de ces repères de crue lors de cette première phase de l'étude, un profil en long des cotes NGF des PHE en fonction de leur abscisse le long du Préconil a été tracé pour les crues de septembre 2009 et novembre 2014. Ce profil en long n'a pas été tracé pour la crue d'octobre 2009, dans la mesure où le nombre de PHE est beaucoup plus faible et ne permettrait pas une représentation suffisamment détaillée du profil en long (16 repères nivelés pour la crue d'octobre 2009, contre 107 repères nivelés pour la crue de septembre 2009 et 65 repères nivelés pour la crue de novembre 2014).

Ces profils en long sont présentés sur les figures ci-après.

Il est important de préciser qu'une analyse critique au cas par cas de ces repères de crue sera réalisée en phase 2 de l'étude, lors du calage du modèle hydraulique. Les écarts entre les résultats obtenus par le modèle hydraulique et les cotes mesurées impliquent cette analyse critique fine.

Néanmoins, à ce stade d'avancement, la fiabilité de 3 repères de crues apparaît d'ores et déjà douteuse.

Il s'agit tout d'abord du repère de crue « Pre 59 » pour la crue de novembre 2014, situé en rive gauche du Préconil au niveau de Camp Ferrat, au droit d'un mur de soutènement. La cote de ce repère est de 17.38 m NGF, dans un secteur où les cotes des repères de crue aux environs sont globalement supérieures à 18 m NGF. Cette cote ne semble pas représentative de la ligne d'eau dans le secteur. La hauteur d'eau indiquée est de 1.14 m et la cote du terrain naturel à cet endroit d'après le levé LIDAR est de 16.20 m NGF. La cote NGF estimée est ainsi cohérente avec la hauteur d'eau par rapport au terrain naturel à cet endroit.

Toutefois, cette cote a été retirée du profil en long des PHE de 2014 présenté ci-après.

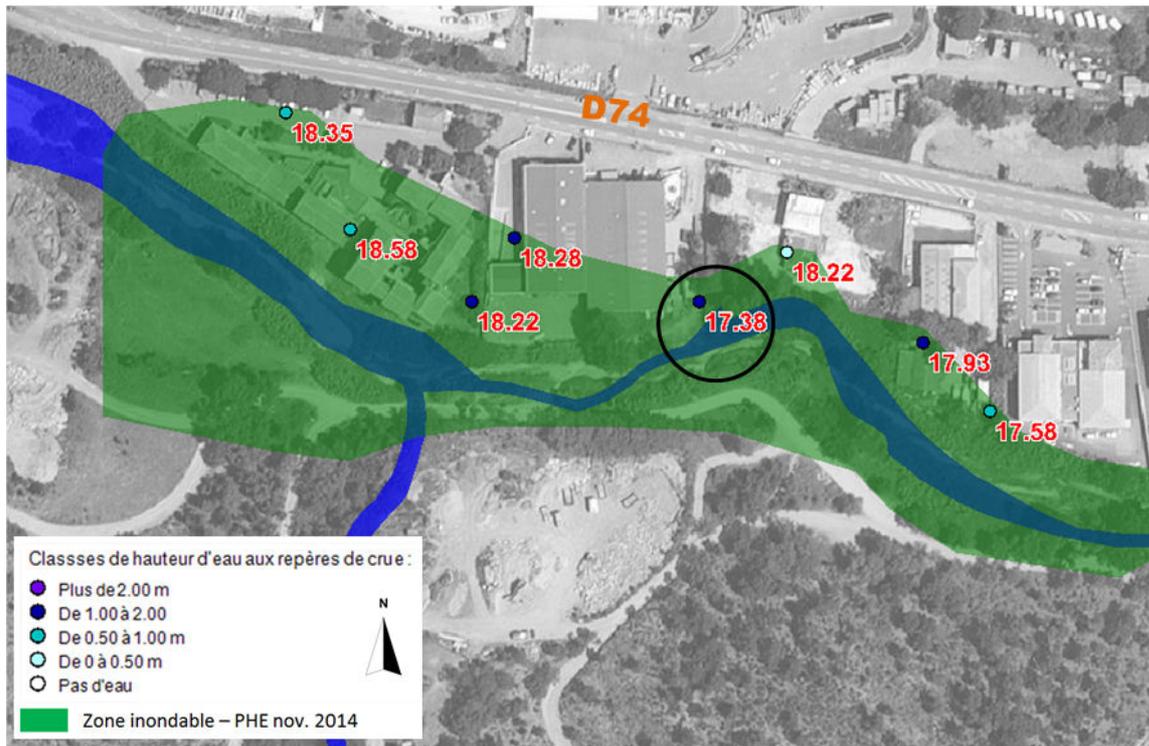


Figure 23 : Localisation du repère de crue « Pre 59 » douteux

Un second repère de crue paraît douteux. Il s'agit du repère de crue « Pre 02 » pour la crue de novembre 2014, situé en rive gauche du Préconil dans la traversée de Sainte-Maxime (cf. figure ci-après, sur le mur du parking). La cote de ce repère est de 3.61 m NGF, dans un secteur où les cotes des repères de crue sont globalement inférieures à 3 m NGF. Notons que la hauteur d'eau mesurée par rapport au terrain naturel est de 78 cm, et que le levé LIDAR indique une cote d'environ 1.80 m NGF dans ce secteur, ce qui donnerait une cote de 2.58 m NGF, plus réaliste. Cette cote de 2.58mNGF serait d'autant plus cohérente avec les repères relevés dans les environs.

Dans le doute, cette cote a été retirée du profil en long des PHE de 2014 présenté ci-après.



Figure 24 : Localisation du repère de crue « Pre 02 » douteux

Enfin, un troisième repère de crue apparaît douteux. Il s'agit du repère « R59 » de la crue du 18 septembre 2009. Ce repère est situé en rive droite du Préconil, en aval immédiat du chemin des Virgiles. La cote de ce repère est estimée à 8.65 m NGF, dans un secteur où le terrain naturel est globalement à la cote 10.70 m NGF.

Les observations associées à ce repère de crue indiquent que « l'eau passait au dessus de la route et en contre bas de l'habitation. Le grillage a été couché puis remis en place, d'où les traces très hautes de débris végétaux coincés dans grillage, non représentatif du niveau atteint - Somater Terrassement ». Notons qu'à cet endroit (78 chem Virgiles) se trouve la société TLM 2008 Transport Levage Manutention.

Il est ainsi possible que le positionnement de ce repère de crue soit erroné.

Par conséquent, cette cote a été retirée du profil en long des PHE de 2009 présenté ci-après.

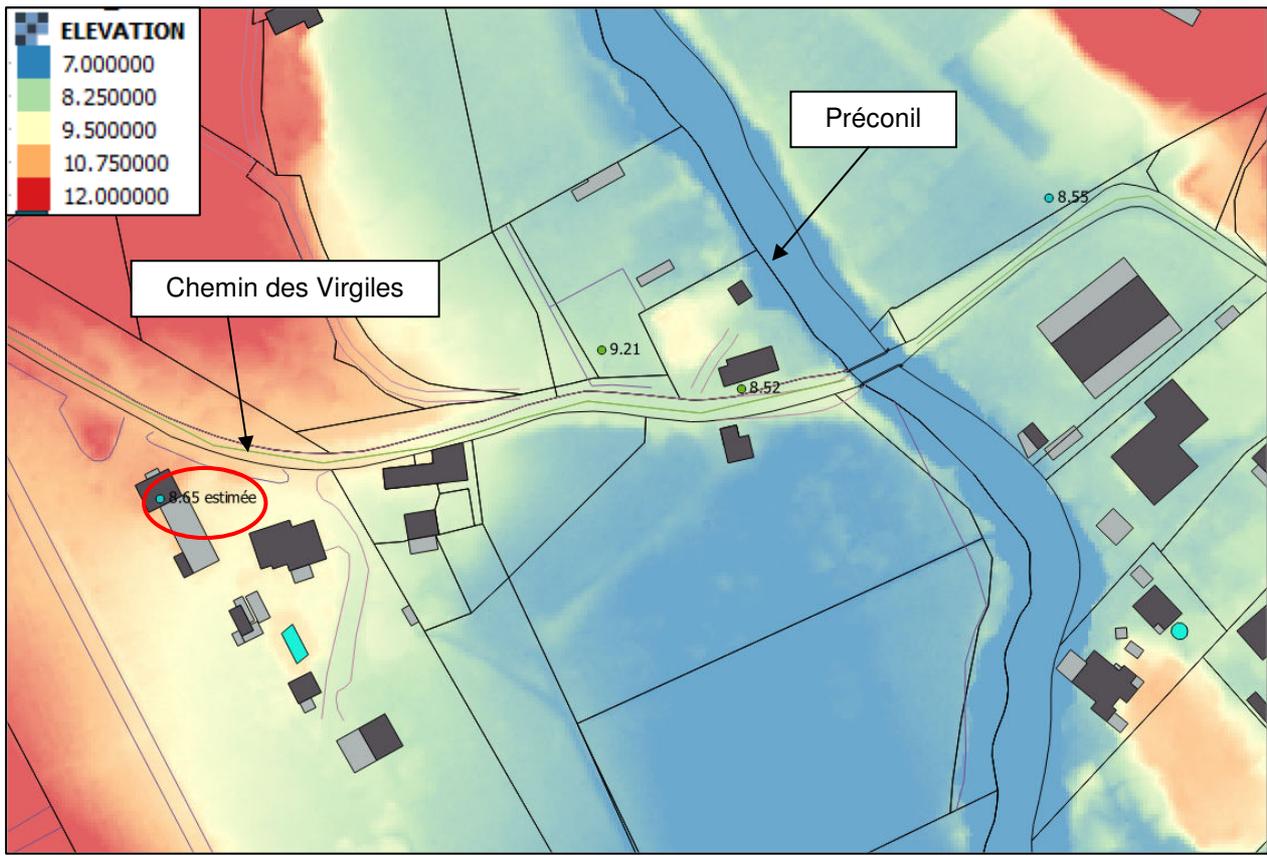


Figure 25 : Localisation du repère de crue « R59 » douteux

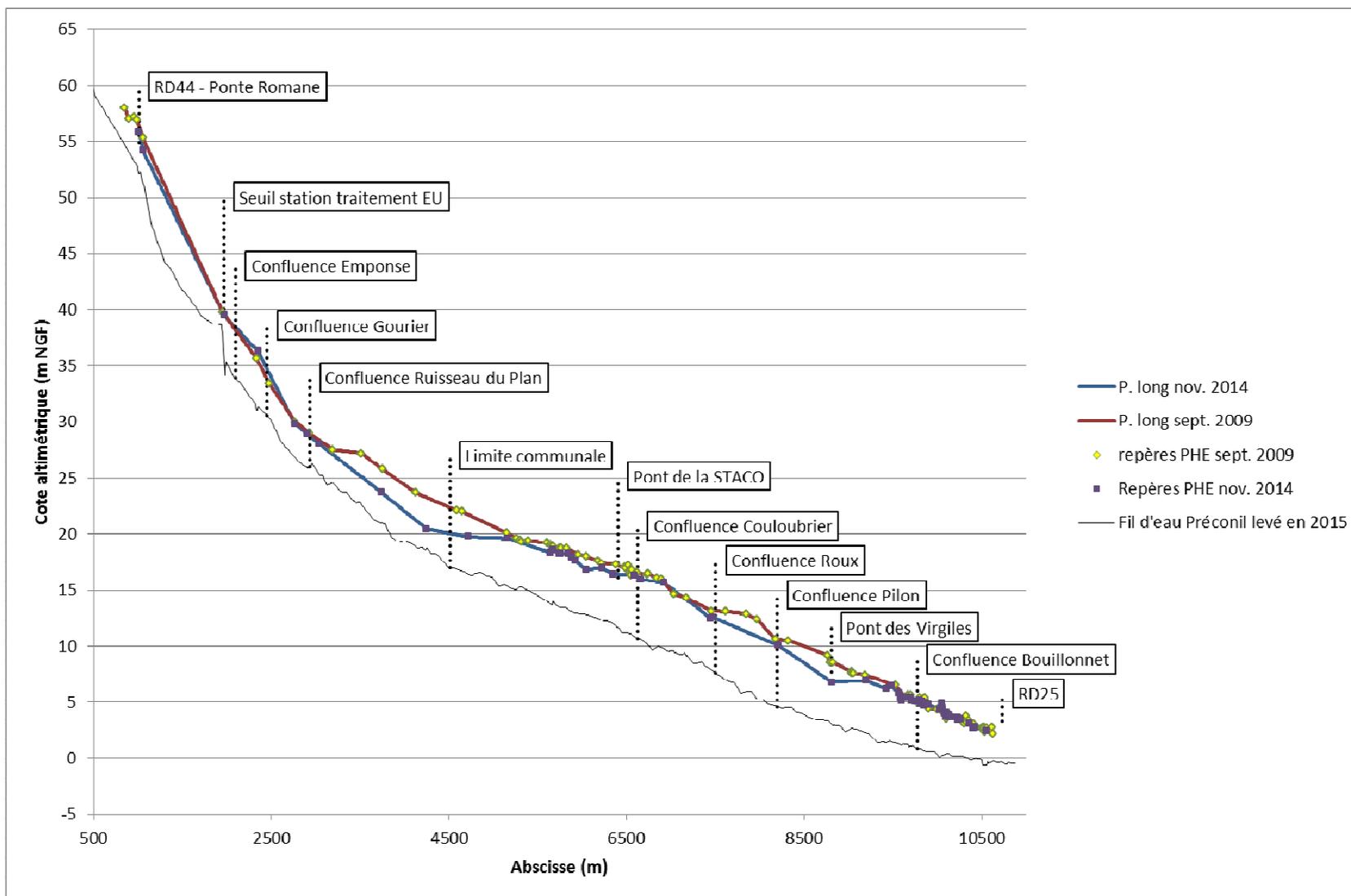


Figure 26 : Profil en long global des PHE des crues de septembre 2009 et novembre 2014

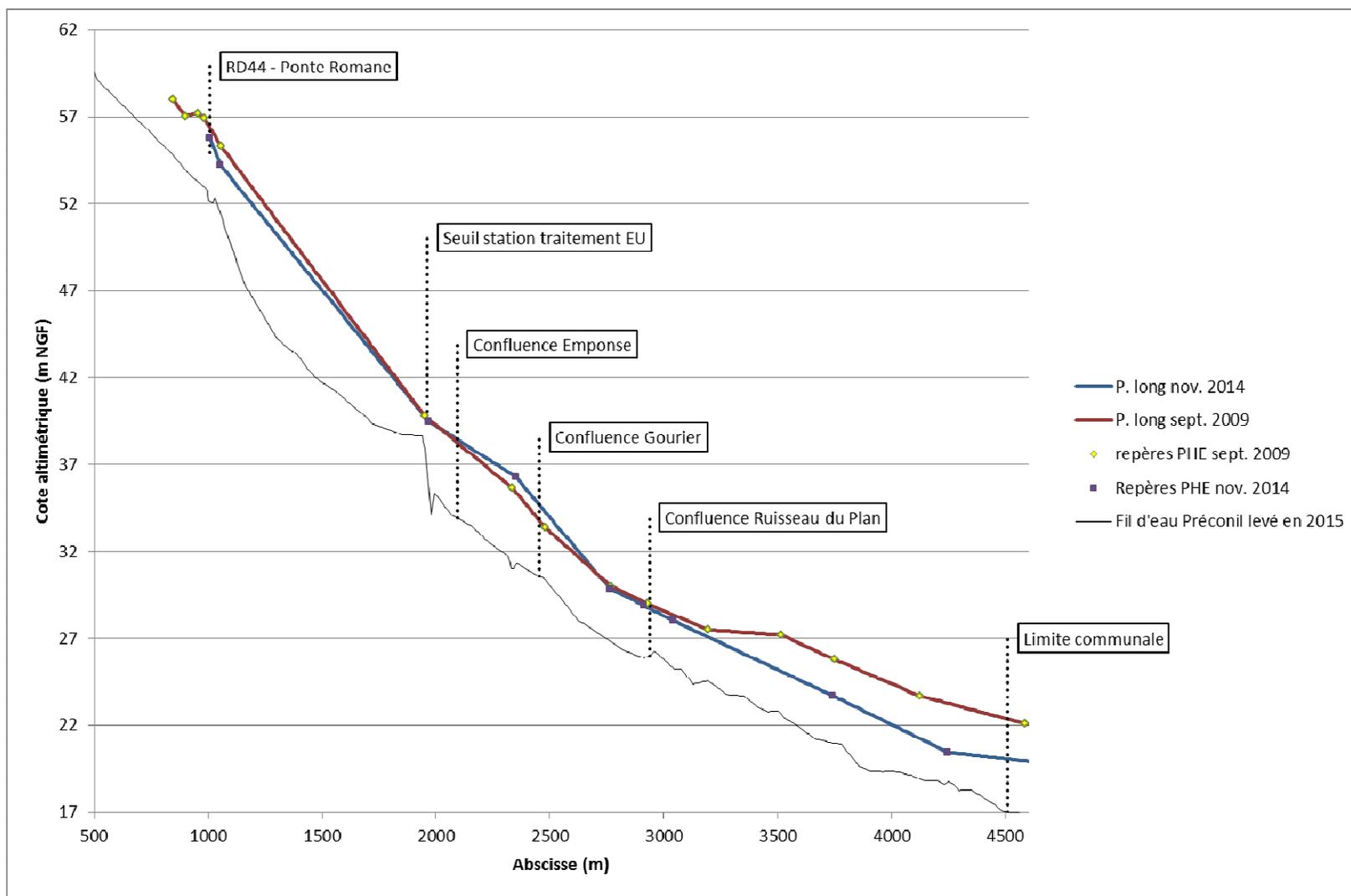


Figure 27 : Profil en long des PHE des crues de septembre 2009 et novembre 2014 – commune de Plan-de-la-Tour

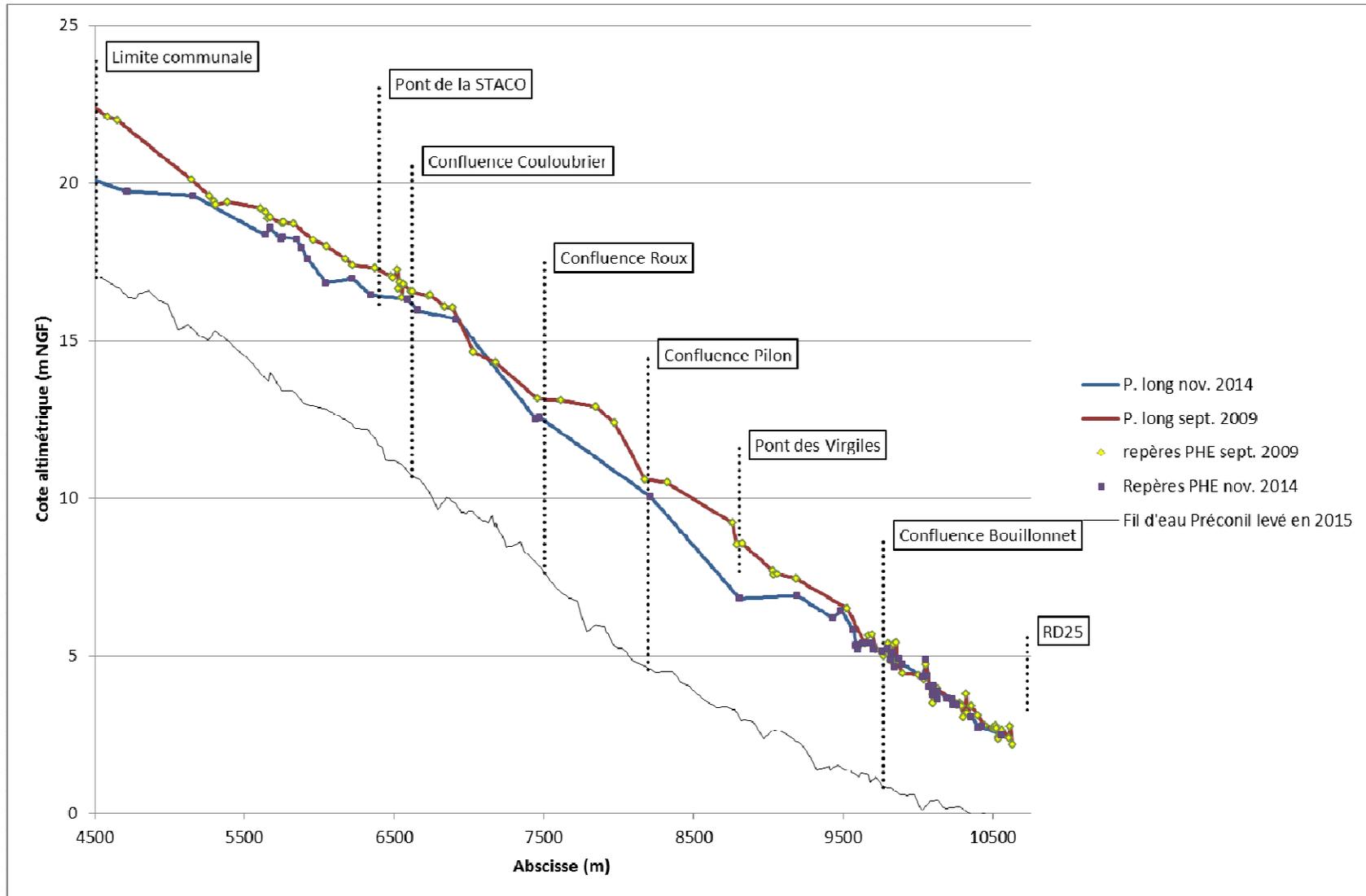


Figure 28 : Profil en long des PHE des crues de septembre 2009 et novembre 2014 – commune de Sainte-Maxime



D'un point de vue global, les repères de crue de septembre 2009 sont plus hauts que ceux de novembre 2014, en lien direct avec l'occurrence estimée de ces évènements (cf.3.2).

De plus, il ressort de l'analyse de ces profils en long :

- des lignes d'eau relativement proches entre ces deux crues « historiques » sur les tronçons suivants :
 - Préconil amont jusqu'à la confluence avec le ruisseau du Plan,
 - Tronçon au droit de l'entreprise Brisach (entre confluence Couloubrier et confluence Roux),
 - Préconil aval entre la confluence avec le Bouillonnet et la mer.
- des lignes d'eau nettement plus éloignées entre ces deux crues historiques sur les tronçons suivants :
 - Tronçon entre la confluence avec le ruisseau du Plan et l'amont de Camp Ferrat,
 - Tronçon entre la confluence avec le Roux et le pont des Virgiles.

Nota Bene : sur le tronçon entre la confluence avec le Roux et le Pilon, il y a 3 repères de crue pour l'évènement de septembre 2009 mais aucun pour la crue de novembre 2014. On ne retrouve ainsi pas le profil « bombé » du profil en long de 2009 pour la crue de 2014, du fait de l'absence de points intermédiaires. La comparaison « brute » des deux profils en long laisserait ainsi supposer des écarts peut-être plus importants que la réalité, qui peuvent être liés aux différences de positionnement entre ces repères de crue et à leur densité.

De même, sur le tronçon entre le Pilon et le pont des Virgiles, il n'y a que 2 cotes PHE pour la crue de novembre 2014 (à chaque extrémité du tronçon). En plus des possibles incertitudes sur la fiabilité de ces relevés, ce manque de PHE conduit à de gros écarts qu'il ne faut pas interpréter en tant qu'écart entre la modélisation et la réalité.

4 ENQUETES AUPRES DES DIFFERENTS PARTENAIRES

A ce stade de l'étude, des réunions de concertation avec différents partenaires et acteurs locaux ont été réalisées.

Les acteurs identifiés et rencontrés lors de cette première phase sont les suivants :

- **Commune du Plan-de-la-Tour**
- **Commune de Sainte-Maxime**
- **Service forestier de la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez**
- **Chambre d'Agriculture du Var**

Les informations obtenues auprès de ces différents interlocuteurs sont de natures différentes, notamment :

- **Retours d'expériences relatifs aux événements passés** : secteurs touchés, type de phénomène, fréquence des désordres constatés et biens touchés, événements ayant donné lieu à des arrêtés de Catastrophes Naturelles, photos et témoignages des événements passés, repères de crue, articles de presse, contacts qui pourraient apporter des informations sur cette question (services de sécurité civile) ?
- **Travaux engagés par le passé concernant le lit des cours d'eau** (nettoyage du lit, recalibrage, endiguement, arasement de digues, mise en place d'enrochements, construction de seuils, remplacement de pont, construction de bassins...) ?
- **Existence de projet d'urbanisation sur la commune, identification des zones « à enjeux »** (à court ou moyen terme) ?
- **Existence de projets relatifs au risque inondation** (projet d'aménagement de protection) **ou des projets d'infrastructures** pouvant potentiellement modifier les mécanismes d'écoulement en cas de crue ?
- **Existence de documents de prévention** : la commune dispose-t-elle d'un Plan Communal de Sauvegarde ? Existe-il sur le territoire communal des bâtiments ou des secteurs pouvant constituer des espaces refuges en cas d'inondation (gymnases, hôpitaux, bâtiments publics...)?
- **Besoins et vision communale de la gestion du risque inondation (stratégie envisagée) ?**

Pour les thématiques spécifiques (agriculture et espace forestier), les questions posées abordaient la problématique du ruissellement et des éventuelles nuisances associées (érosion, ravines, transport sédimentaire...).

Préalablement à ces rencontres, des questionnaires ont été envoyés afin de préparer au mieux ces entretiens. Les comptes rendus de ces échanges sont fournis en annexe 3.

5 SYNTHÈSE DES RECONNAISSANCES DE TERRAIN

A ce jour, trois phases de reconnaissances de terrain ont eu lieu, le 9 juin, le 23 et 24 juillet et le 25 août 2015. L'objectif principal était d'avoir une vision globale de la zone d'étude et de visiter les secteurs à enjeux.

Au cours de ces prospections, plusieurs thématiques ont été abordées : l'érosion, les dépôts, les ouvrages hydrauliques, les éléments structurants du lit majeur, les zones propices aux embâcles et les protections de berges.

Des prises de vue de la zone d'étude sont présentées ci-après :



Figure 29 : Préconil amont – quartier de Ponte Romano

Cette photo illustre le Préconil à l'aval du pont de la RD44. Sur ce secteur les berges sont bétonnées, plusieurs seuils et passerelles sont présents le long de la villa Ponte Romano.



Figure 30 : Préconil amont – Ponte Romane

Ce pont en pierre maçonnée marque la rupture entre le lit peu pentu, régulier à l'amont et les affleurements rocheux à l'aval.



Figure 31 : Préconil amont – STEP de Plan de la Tour (aval du seuil)

Ce seuil semi-circulaire possède une hauteur de chute de 2.30 m par rapport à la surface libre (ligne d'eau à l'étiage dans le cas présent). La profondeur de la fosse à l'aval est de plus de 2 m par rapport à la surface libre.



Figure 32 : Préconil amont – confluence avec le ruisseau du Plan

Le ruisseau du Plan constitue l'un des principaux apports de sédiments du Préconil. Cette confluence est fréquemment ensablée, elle a été curée récemment (ruisseau à gauche sur la photo).



Figure 33 : Préconil aval – Camp Ferrat

Cette photo représente un exemple d'élément structurant du lit majeur : « une digue ».



Figure 34 : Préconil aval – entreprise Brisach

Cette photo illustre les fortes érosions de berges qui ont eu lieu le long de la parcelle de l'entreprise Brisach.



Figure 35 : Préconil aval – confluence avec le Pilon

Cette photo présente la confluence entre le Pilon et le Préconil, les enrochements (à gauche de la photo) et la berge très avancée vers le lit de cet affluent créent un rétrécissement de section à l'amont immédiat de la confluence. Le lit du Pilon est perché par rapport à celui du Préconil.



Figure 36 : Préconil aval – amont du pont des Virgiles

Cette photo montre une anse d'érosion à l'extérieur du méandre (extrados) accompagnée d'une zone de dépôt à l'intérieur du méandre (intrados).



Figure 37 : Préconil aval – aval du pont des Virgiles

Cette photo illustre une protection de berge ponctuelle sur le Préconil.



Figure 38 : Préconil aval – Services Techniques de Sainte-Maxime

Cette photo met en évidence les caractéristiques du Préconil aval, une pente faible, un lit large avec un ensablement du fond du lit.



Figure 39 : Préconil aval – chemin du Préconil

Sur cette photo on peut observer des fascines et un enrochement en pied de berge en rive gauche du Préconil.



Figure 40 : Embouchure du Préconil avec dépôt sableux

On peut noter la présence d'un bouchon sableux dans l'estuaire, sous le pont et en aval (en mer).



Figure 41 : Emponse – traversée de Plan de la Tour

Sur ce secteur, les berges et le lit de l'Emponse sont bétonnés, de nombreux ouvrages se succèdent (seuil, ponts, busage...) et les habitations sont à proximité immédiate du cours d'eau.



Figure 42 : Emponse – pont de l'Occitane

Sur ce tronçon l'Emponse est complètement canalisé avec une section très réduite. Cet ouvrage s'était effondré suite aux évènements de novembre 2014.



Figure 43 : Couloubrier amont



Figure 44 : Couloubrier – au débouché de la couverture sur le site « Bertussi »

Sur cette photo, on constate la sortie d'un premier busage (tronçon canalisé dans un dalot engravé) et l'entrée d'un second de plus petite dimension (buse 1500 mm). Le vallon est partiellement comblé au-dessus de la buse par des gravats et matériaux divers.



Figure 45 : Le Pilon

Cette photo illustre le comblement récent du vallon du Pilon à proximité de l'établissement d'enseignement.

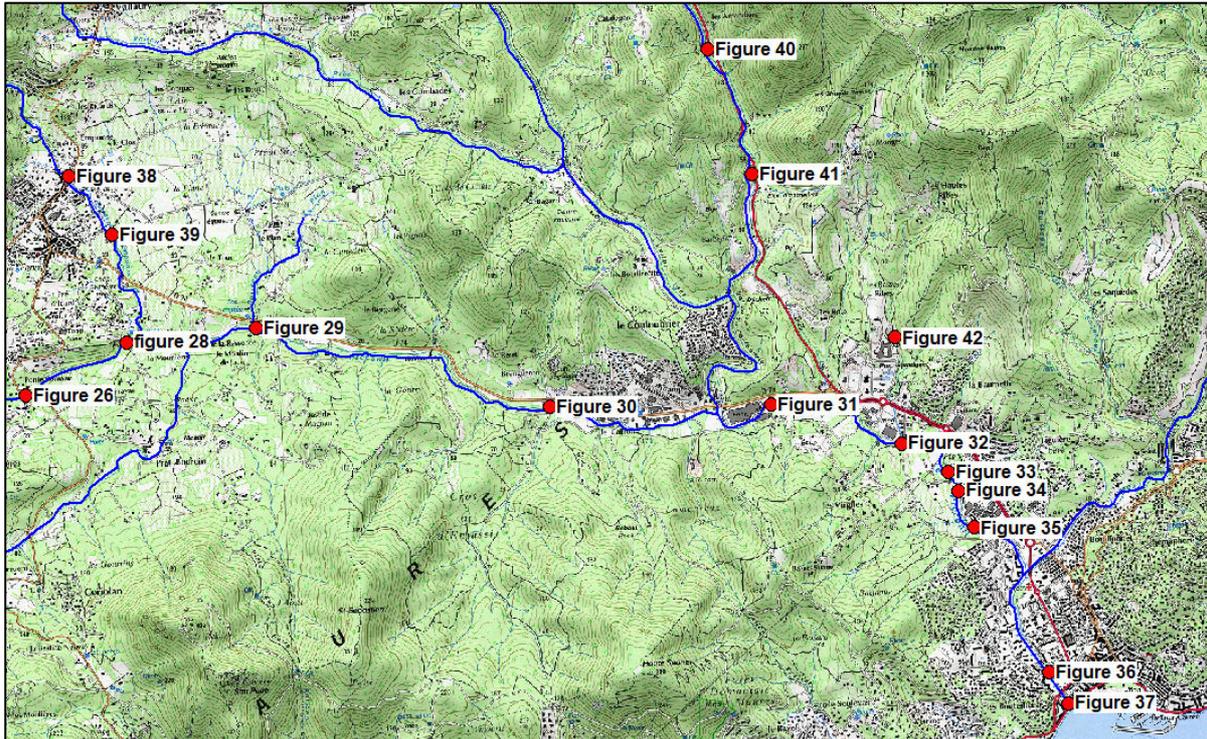
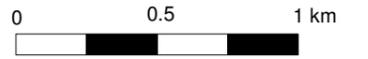


Figure 46 : Localisation des prises de vues

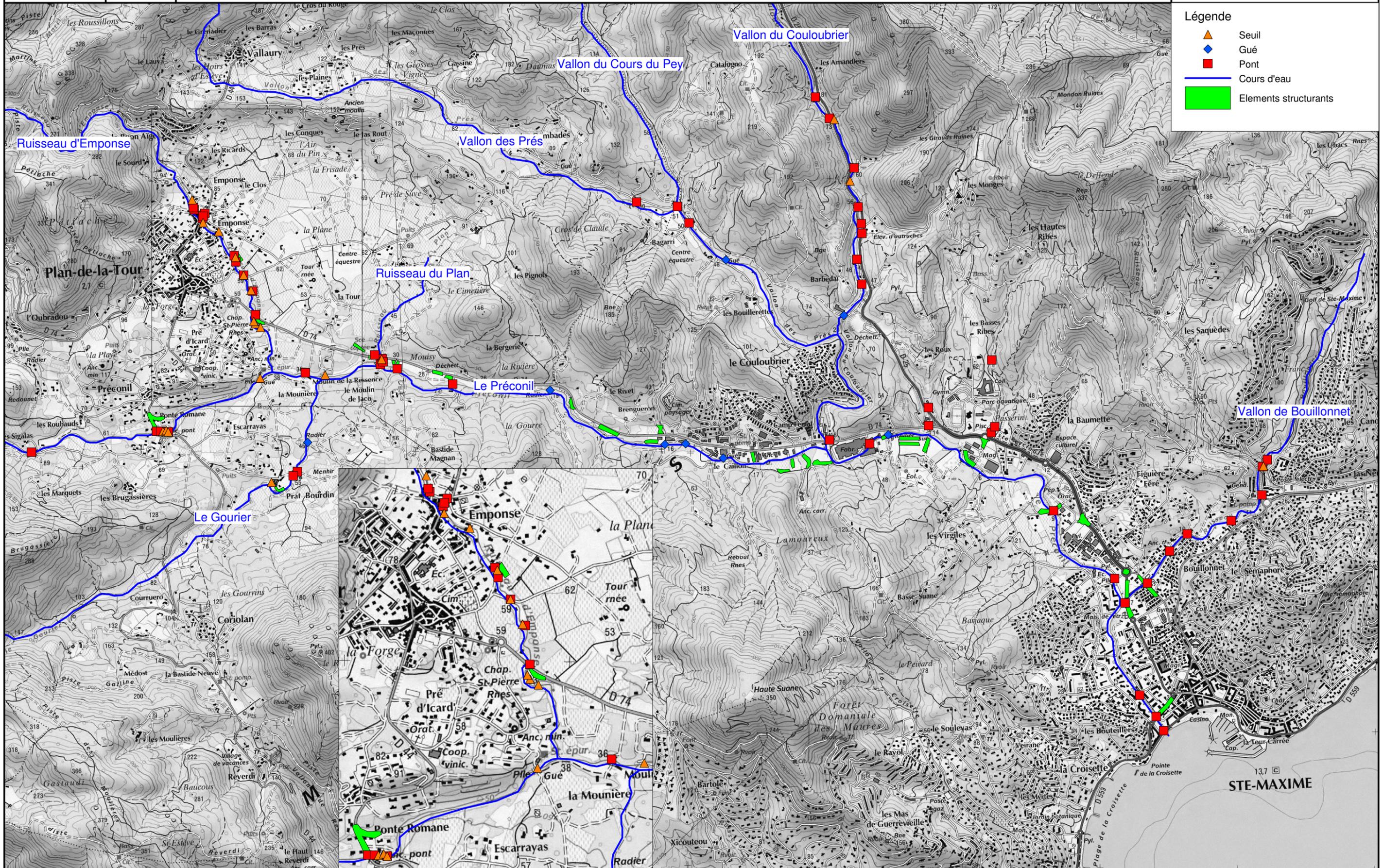
La cartographie de synthèse ci-après présente l'ensemble des ouvrages identifiés, ainsi que les éléments structurants du lit majeur (digues, route en remblais ...).

L'intégration précise et adaptée des éléments observés sur le terrain permet d'augmenter la précision du modèle, notamment en rajoutant des ouvrages en lit mineur non levés par Opsia. Les observations du lit mineur et du lit majeur permettent également de déterminer les coefficients de rugosité du modèle. De plus, l'analyse critique des résultats de la modélisation s'appuiera sur ces reconnaissances de terrain.



Légende

-  Seuil
-  Gué
-  Pont
-  Cours d'eau
-  Elements structurants



6 ANALYSE CRITIQUE DE L'HYDROLOGIE

6.1 ANALYSE DES ETUDES ANTERIEURES

Une analyse des études antérieures sur le Préconil et ses affluents (voir Bibliographie) a été menée. La première étude faisant référence est l'étude BCEOM datant de 1990, réalisée en préalable à l'établissement du PPRI de Sainte-Maxime. L'étude hydrologique menée par BCEOM se base sur des formules classiques empiriques. Les débits de période de retour T10 et T100 ont été calculés pour le Préconil à son exutoire. Ces débits sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Bassin Versant	Surface à la confluence	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
BCEOM 95	Preconil	59 km ²	92	163

Tableau 5 : Débits issus de l'étude BCEOM 95

En 1998, IPSEAU a réalisé un schéma d'aménagement du Préconil. Une modélisation Pluie-débit a été réalisée (méthode SCS) sur la base d'un découpage en sous bassins versant du Préconil et de la mise en œuvre de pluies de projet triangulaires. En cohérence avec les débits BCEOM, les débits d'occurrence décennale et centennale sont identiques à ceux de l'étude antérieure, à savoir 92 m³/s et 163 m³/s. Les débits du Bouillonnet ainsi que du Couloubrier ont également été calculés sur la base de la même méthodologie :

Bassin Versant	Surface à la confluence	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Preconil	59 km ²	92	163
Couloubrier	17.3 km ²	35.7	60
Bouillonnet	4.75 km ²	17	32.9

Tableau 6 : Débits issus de l'étude IPSEAU 98

En 2002-2003, SOGREAH a effectué une analyse critique des débits calculés par BCEOM en 1995, qui ont servi de base à l'établissement du PPRI. Un modèle hydrologique a été réalisé, intégrant les caractéristiques du bassin versant du Préconil. Les conclusions de l'analyse SOGREAH jugent le débit décennal un peu pessimiste, soit surévalué, au vu des coefficients de ruissellement retenus

dans l'étude BCEOM. En effet, pour retrouver les débits BCEOM, SOGREAH a du renseigner le coefficient de ruissellement à 0.35, quelle que soit la période de retour étudiée, ce qui paraît pessimiste pour la période de retour 10 ans.

Toutefois, les débits BCEOM ont été retenus dans cette nouvelle étude par souci de cohérence. Sur la base de leur modèle hydrologique, SOGREAH a calculé le débit de période de retour 2 ans pour le Préconil, le Bouillonnet et le Couloubrier à leurs exutoires.

Bassin Versant	Surface à la confluence	Q2 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Preconil	59 km ²	42	92	163
Couloubrier	17.3 km ²	17	35.7	60
Bouillonnet	4.75 km ²	8	17	32.9

Tableau 7 : Débits issus de l'étude SOGREAH 2002-2003

En 2007, toujours sur la base des débits BCEOM 1995, dans le cadre de l'étude des aménagements de protection à l'embouchure du Préconil (DLE) menée par CEC, les débits du Préconil ont été extrapolés. « *Au vu d'une modélisation, l'étude statistique des pluies maximales de durée égale à 8h égal au temps de réponse du bassin versant (source CETE 1985) donne pour résultats : P10 = 87,5 mm / P50 = 125 mm / P100 = 149 mm / gradex a = 26,17mm pour 8 heures.*

L'extrapolation du débit décennal par une droite de pente égale au gradex et sur papier Gumbel donne pour résultats : Q200 = 220 m³/s et Q500=260 m³/s ».

En 2010, les débits calculés par BCEOM en 1995 ont une nouvelle fois été analysés et critiqués par SOGREAH, remettant en cause leur fiabilité compte tenu des dernières données pluviométriques disponibles. En effet, la pluie journalière centennale retenue dans l'étude BCEOM était de 170 mm. Or, en 2010, compte tenu des années d'observations supplémentaires, la pluie journalière centennale est plutôt estimée à 260-300 mm.

Une première analyse SOGREAH situerait le débit centennal entre 300 et 350 m³/s. SOGREAH a également mené une analyse sur les affluents et réévalué leurs débits.

Une première analyse sommaire, prenant en compte les phénomènes décrits plus haut, situerait le débit centennal de **300 à 350 m³/s**. Et ramènerait **les estimations centennales précédentes à des valeurs de débits vingtennaux**.

Pour le Couloubrier, le débit centennal se situerait entre 120 et 140 m³/s. Pour le Bouillonnet, entre 50 et 60 m³/s.

Figure 48 : Extrait de l'étude SOGREAH 2010 – Débits ré-évalués

En 2013, la SCP a réalisé, dans le cadre du dossier de candidature au PAPI sur le bassin versant du Préconil, un recueil sur les études hydrologiques antérieures sur le bassin versant. Il en est ressorti la nécessité de réaliser une analyse hydrologique complète, tenant compte de l'évolution des chroniques de pluies récentes, afin de mieux caractériser les débits de crue du Préconil et de ses affluents, et de pouvoir affecter une période de retour aux événements historiques. Les hydrogrammes retenus, dans le cadre de cette étude sont les suivants :

Crues simulées (m ³ /s)	Période de retour estimée	Préconil (à l'embouchure)	Couloubrier (à la confluence)	Bouillonnet (à la confluence)
Crue des premiers débordements	10 ans	100	35	17
Crue de référence du PPRi	20 ans	163	60	33
Crue reconstituée de septembre 2009	50 ans	280	100	20
Crue centennale réévaluée par SOGREAH en 2010 (hypothèse haute)	100 ans	350	140	60

Tableau 8 : Débits du Préconil et affluents retenus dans le dossier de candidature PAPI (SCP 2013)

Ainsi en 2013, la Communauté de Communes du Golfe de Saint-Tropez a décidé de poursuivre le portage du Programme d'Action de Prévention des Inondations (PAPI) du Préconil initié par le Syndicat d'Aménagement du Préconil et dont le projet a été labellisé PAPI d'intention par la DREAL PACA le 20 janvier 2013. AQUACONSEILS a donc réalisé, dans le cadre du PAPI, une étude hydrologique des bassins versants du Préconil et de ses affluents.

Cette dernière étude étant l'étude de référence à ce jour, elle est présentée plus en détail dans le chapitre suivant.

6.2 ETUDE HYDROLOGIQUE DE REFERENCE RETENUE

AQUACONSEILS a réalisé une étude hydrologique des bassins versants du Préconil et de ses affluents, mais également sur les bassins versants de la Giscle, afin d'améliorer le calage de la modélisation et la connaissance du fonctionnement hydrologique en bénéficiant de données sur d'autres cours d'eau. L'étude a en fait porté sur la totalité du territoire du Contrat de Rivière.

Une analyse pluviométrique a été menée dans le cadre de cette étude. Ainsi, des fourchettes de valeurs des pluies journalières sur les bassins versants ont été estimées. Dans la continuité, un modèle pluie-débit a été réalisé afin d'évaluer les débits et les volumes de crue pour différents périodes de retour en divers points du territoire. Un modèle pluie-débit sous le logiciel HEC-HMS a été mis en œuvre par AQUACONSEILS. Le bassin versant du Préconil a été divisé en sous-bassins



versants représentant soit les affluents, soit les « tronçons » intermédiaires successifs de cours d'eau considérés. Au total, le modèle comprend 23 sous bassins versants et 16 tronçons.

« Les principaux paramètres descriptifs des sous-bassins versants dans chacun des deux modèles (un pour le Préconil, un pour la Giscle, le Bourrian et le Bélieu) sont les suivants :

- *La superficie : ce paramètre est fourni sous SIG par la base de données associée au découpage cartographique représentant la délimitation des divers sous-bassins versants.*
- *Le taux de ruissellement ; dans HEC HMS, ce facteur est traduit par un seuil de pluie efficace (« Initial abstraction ») et par un numéro (« Curve Number ») ajustés par expérience et par analogie avec les bassins jaugés du territoire.*
- *Le temps de réponse (« lag time ») qui est le paramètre qui suffit à calculer la transformation pluie-débit par une approche dérivée de la méthode de l'hydrogramme unitaire. Ce paramètre d'abord défini par expérience a été ajusté sur les mesures et observations lors de crues récentes.*
- *Le débit de base, le ratio entre débit de pointe et début de ressuyage ainsi que la vitesse de ressuyage ont été globalement ajustés par grand secteurs à partir du traitement des données hydrométriques. » Etude AQUACONSEILS*

Le modèle HEC-HMS a ensuite été utilisé pour simuler diverses crues observées telles que la crue de septembre 2009, octobre 2009 et juin 2010, mais aussi des crues de projet à partir de pluies statistiques de diverses périodes de retour.

D'après le rapport AQUACONSEILS, les données disponibles pour le calage du modèle hydrologique et la vérification de la qualité du modèle hydrologique sont peu nombreuses et de qualité globalement médiocre en ce qui concerne le suivi des débits ; le suivi pluviométrique traduit sous forme de lames d'eau calculées à partir d'image radar au pas de temps horaire fournit en revanche un très bon jeu de données d'entrées.

Le modèle est toutefois considéré comme calé, même si des ajustements mineurs sont à prévoir sur les années à venir en fonction de l'amélioration de la connaissance du fonctionnement hydrologique réel grâce à l'effort de métrologie engagé. Il est précisé que le modèle est bien calé pour les apports des affluents, le débit du Préconil à l'exutoire reste indicatif, et pourra être précisé à l'aide d'une modélisation hydraulique, du fait du phénomène de laminage de crue pouvant se produire dans la vallée du Préconil.

Cours d'eau et point de contrôle (*)	Superficie de bassin versant	Période de retour				
		5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Préconil à Ponte Romane	8,9 km ²	16 / 430	23 / 620	31 / 820	45 / 1 250	55 / 1 620
Gourier	3,9 km ²	8 / 190	11 / 270	15 / 360	21 / 550	27 / 722
San Peire	1,8 km ²	4 / 80	5 / 120	7 / 160	10 / 240	13 / 320
Empose amont	1,7 km ²	5 / 110	7 / 150	9 / 190	13 / 290	17 / 380
Emponse aval	3,5 km ²	10 / 230	13 / 320	18 / 410	26 / 620	33 / 810
Le Plan	2,7 km ²	5 / 170	8 / 240	11 / 330	16 / 500	20 / 640
Préconil à Camp Ferrat	29,3 km ²	55 / 1 550	77 / 2 180	106 / 2 880	154 / 4 380	190 / 5 740
Vallon des Prés amont	4,3 km ²	8 / 200	11 / 290	16 / 380	23 / 590	29 / 770
Cour de Pey	5,7 km ²	9 / 210	13 / 310	18 / 420	27 / 650	34 / 890
Couloubrier amont	5,8 km ²	14 / 320	19 / 440	25 / 580	35 / 860	44 / 1 110
Couloubrier total	17,5 km ²	32 / 820	45 / 1 160	62 / 1 530	91 / 2 340	112 / 3 100
Saquèdes	2,0 km ²	4 / 90	6 / 130	8 / 170	12 / 270	16 / 360
Bouillonnet amont	1,4 km ²	4 / 100	6 / 130	8 / 170	10 / 240	13 / 310
Bouillonnet total	4,9 km ²	15 / 370	20 / 480	26 / 600	37 / 860	46 / 1 120

Tableau 9 : Débits de pointe (en m³/s) et volumes de crue (en milliers de m³) du Préconil (AQUACONSEILS)

En ce qui concerne les débits de crue courantes à moyennes à l'exutoire du Préconil, le rapport de l'étude hydrologique AquaConseils indique que « les débits et volumes de crue du Préconil dans la traversée de Sainte-Maxime ne peuvent pas être directement extraits des résultats de simulation, dans la mesure où les maximaux d'apports des affluents ne sont pas exactement simultanés avec ceux du bassin amont du Préconil et surtout où les effets d'écrêtement d'une part, la dérivation d'une partie des eaux vers la ville d'autre part ne peuvent être calculés que par modélisation hydraulique, alors que le modèle hydrologique ne donne qu'une valeur totale du débit (et pas du débit restant en lit mineur au niveau de l'exutoire en mer).

Ce n'est donc qu'à titre indicatif que ces valeurs telles que calculées par le modèle hydrologique sont reportées » dans le tableau suivant.

Par ailleurs, précisons que les périodes de retour de crues ont été estimées en fonction des périodes de retour des pluies.



Cours d'eau et point de contrôle (*)	Superficie de bassin versant	Période de retour				
		5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Préconil au Pont des Virgiles (amont Bouillonnet)	52,4 km ²	96 / 2 730	135 / 3 830	185 / 5 030	270 / 7 650	331 / 10 040
Préconil à l'exutoire	58,8 km ²	109 / 3 270	153 / 4 540	208 / 5 900	301 / 8870	367 / 11 600

Tableau 10 : Ordre de grandeur des débits maximaux et volumes de crue du Préconil aval (AQUACONSEILS)

7 DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU SECTEUR D'ETUDE ET CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION

La carte d'aléa sert de base au zonage réglementaire vis-à-vis de l'inondabilité. L'aléa inondation est défini en prenant comme référence la crue centennale ou une crue historique si la période de retour de celle-ci est supérieure à 100 ans. Cette carte est établie sur la base d'un croisement hauteurs maximales et vitesses maximales d'écoulement. La grille d'aléa en vigueur dans le département est présentée ci-dessous :

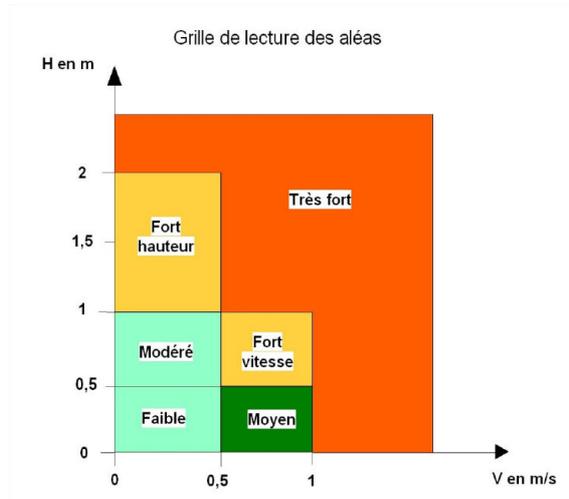


Figure 49 : Grille d'aléa

Cette grille d'aléa traduit le niveau de risque notamment vis-à-vis du déplacement des personnes comme l'illustre la figure ci-dessous :

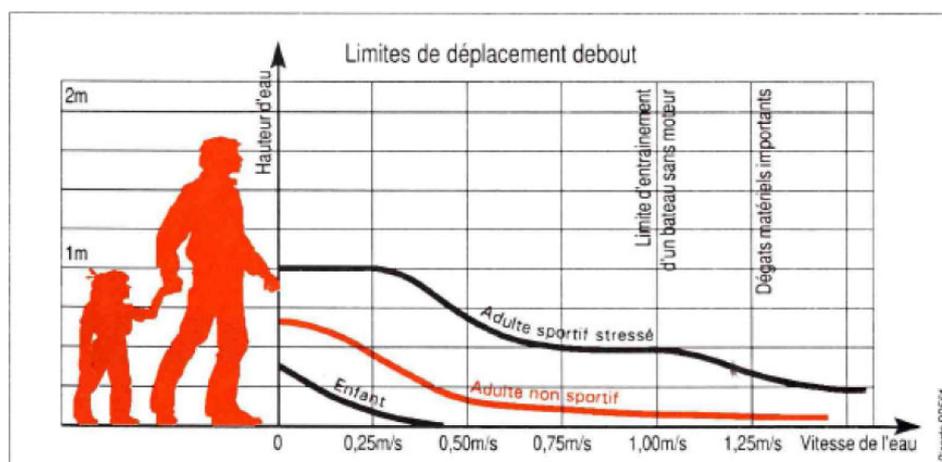


Figure 50 : Grille de déplacement des personnes dans l'eau



La crue récente la plus forte observée sur le bassin versant du Préconil est celle du 18 septembre 2009. Le débit maximal atteint a été estimé par la SCP en 2012, à 280 m³/s, ce qui correspondrait à une période de retour de l'ordre de 50 ans, selon les ordres de grandeur de l'étude AQUACONSEILS.

La crue centennale estimée par AQUACONSEILS est donc supérieure à la crue de septembre 2009 et sera retenue comme évènement de référence pour la cartographie de l'aléa à dire d'expert déterminée dans le présent paragraphe.

La carte d'aléa réalisée dans le cadre de la phase 1 de cette étude, est issue du croisement suivant, pour la crue de référence :

- Hauteurs d'eau maximales, estimées notamment à l'aide des PHE nivelées et des données topographiques,
- Vitesses maximales d'écoulement, estimées sur la base d'une expertise au vu des mécanismes d'écoulement globaux sur la zone d'étude, et suite aux reconnaissances de terrain.

Deux classes de hauteurs d'eau maximales ont été créées, à savoir supérieure et inférieure à 1 m. Deux classes de vitesses maximales d'écoulement ont également été créées : fortes vitesses et faibles/moyennes vitesses. Il est assez délicat de cartographier les iso vitesses 0.5m/s sans appui d'une modélisation hydraulique, par conséquent les zones de fortes vitesses ont été appréciée à l'aide des critères tels que :

- l'axe d'écoulement principal correspondant au lit vif,
- les axes d'écoulement secondaires d'un point de vu de l'analyse topographique et présentant une lame d'écoulement significative,
- l'extrados des méandres et les zones de recoupement,
- l'occupation du sol, en particulier les revêtements imperméabilisés, qui favorisent la mise en vitesses des écoulements.

La carte d'aléa ainsi générée est une approche qualitative à dire d'expert. Elle ne résulte pas d'une modélisation hydraulique qui sera réalisée en phase 2 de cette étude.

En termes d'emprise et de limites de la zone cartographiée, dans la mesure où les repères de crue de septembre 2009 sont nombreux le long du Préconil sur les deux communes, il a été choisi de réaliser cette cartographie sur l'intégralité du linéaire entre l'amont de Ponte Romano sur la commune du Plan-de-la-Tour et l'embouchure à Sainte-Maxime.



De plus, des repères de crue sont également disponibles sur le Bouillonnet en aval du giratoire entre la rue Jules Conforti et la route Jean Corona (accès au Domaine du Golfe). Par conséquent, cette cartographie a également été réalisée sur le Bouillonnet entre cette intersection et la confluence avec le Préconil.

Au vu de la topographie du vallon, il est important de noter que l'ouvrage hydraulique sur le Bouillonnet présent sous cette intersection (cadre L 4.25 m x H 1.4 m) pourrait potentiellement jouer un rôle d'ouvrage de régulation des débits transitant vers l'aval pour les fortes crues. Dans les cotes estimées à dire d'expert pour la crue de référence sur le Bouillonnet, cet effet d'atténuation potentielle des débits transitant en aval n'a pas été considéré.

Enfin, il a été choisi de réaliser un tracé des zones inondables pour la crue de référence sur le ruisseau d'Emponse, du fait d'enjeux potentiellement inondés dans la traversée de zones urbanisées de la commune du Plan de la Tour. En l'absence d'information communiquée concernant les niveaux d'eau maximaux atteints dans ce secteur (pas de repère de crue sur ce ruisseau), les cotes de référence retenues et l'emprise des zones inondables présentent une incertitude légèrement plus importante que sur le reste de la zone d'étude.

7.1.1 CARTOGRAPHIE DES HAUTEURS D'EAU MAXIMALES

La méthodologie mise en place afin de réaliser la cartographie des hauteurs d'eau maximales est basée sur la méthodologie DICARTO développé par le CEREMA.

En effet, un modèle numérique de surface en eau (MNSE) est tout d'abord réalisé. Pour cela, des sections représentant la cote de surface libre maximale estimées pour la crue de référence ont été tracées sur la zone d'étude à l'aide des PHE de 2009, ainsi que des orthophotos, du LIDAR et des reconnaissances de terrain.

Au droit de la majorité des PHE de 2009, une analyse de la configuration du cours d'eau a été menée en prenant en compte la présence ou l'absence d'ouvrage, la largeur du lit, l'urbanisation, la topographie, la présence ou absence d'affluents etc... Les cotes attribuées à chaque section de surface libre de référence sont supérieures aux cotes de la crue de 2009 et tiennent compte des spécificités du lit du cours d'eau relatées ci-dessus.

L'incertitude concernant la valeur des cotes de surface libre, au droit de chaque section, relative à la crue de référence, est estimée entre 0.5 et 1 m.

Sur la base de ces iso-cotes de référence, l'enveloppe de la zone inondable de la crue de référence a également été tracée à dire d'expert. L'enveloppe de la crue de référence est en totalité supérieure ou égale à l'enveloppe de la crue de septembre 2009.

Au total, 73 sections ont donc été tracées sur le Préconil ainsi que sur l'Emponse et le Bouillonnet, comme l'illustre la figure suivante :

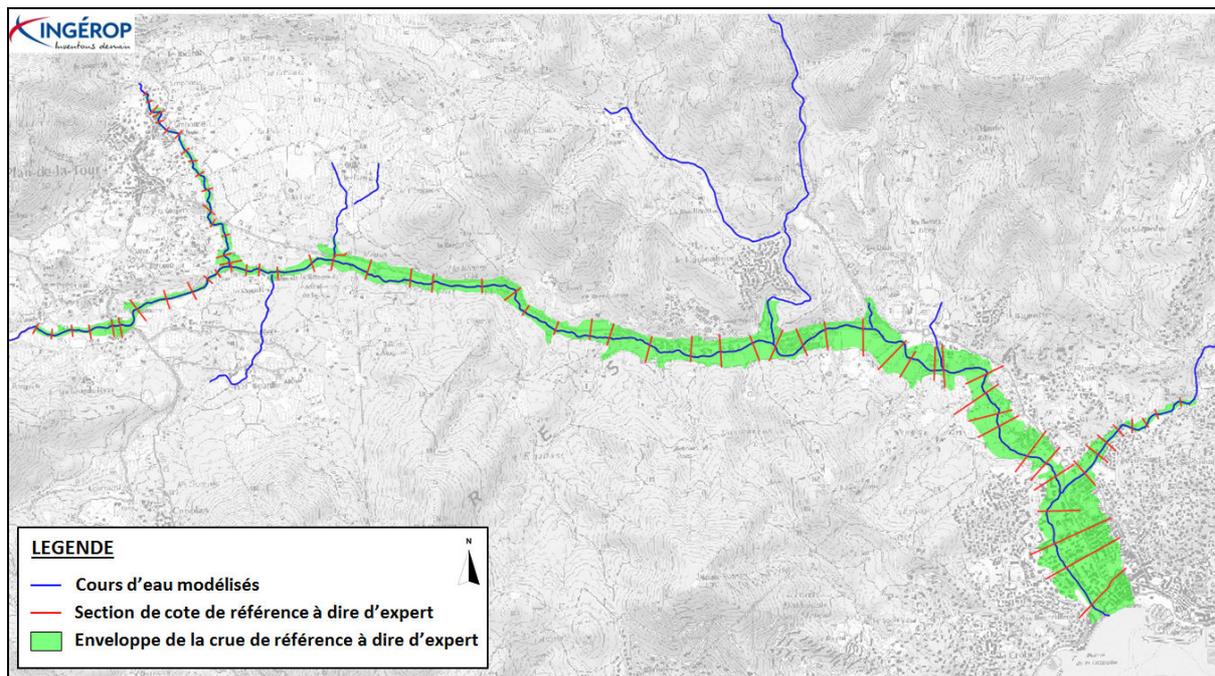


Figure 51 : Sections de cotes de référence et enveloppe inondable à dire d'expert

La méthodologie DICARTO a ensuite été appliquée, à savoir la rasterisation des données sous forme de vecteurs (profils de cote de surface libre), en données sous forme de modèle numérique (raster). Les données entre les sections de cote d'eau sont interpolées linéairement et restituées sur une grille de pixels de 1 m, par cohérence avec la densité du LIDAR (Modèle Numérique de Terrain).

Le MNSE généré dans l'enveloppe de la crue de référence est présenté ci-dessous :

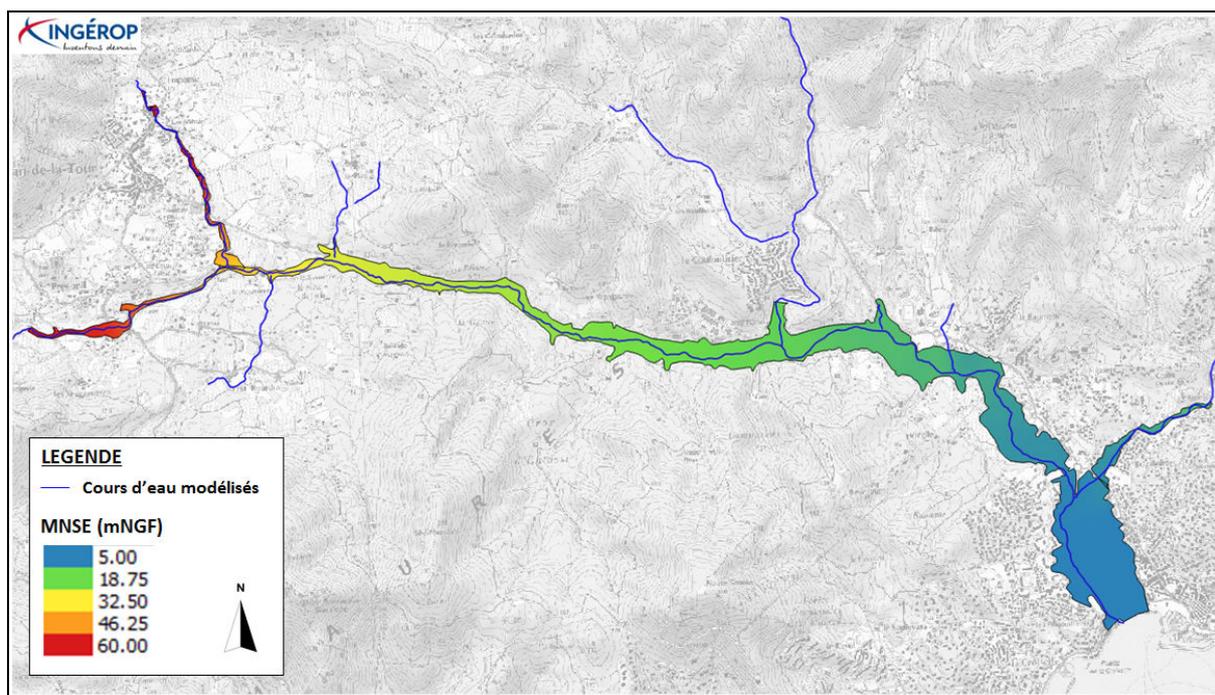


Figure 52 : Modèle Numérique de Surface en Eau

La génération du MNHE (Modèle Numérique des Hauteurs d'Eau) est ensuite une différence entre le MNSE généré et le MNT LIDAR. Un traitement est appliqué afin de supprimer les objets d'une surface inférieure à 100 m². De plus, les résultats sont lissés afin de supprimer les créneaux générés au droit des limites.

Sachant que le MNHE est un croisement entre le MNSE et le MNT LIDAR, l'incertitude du MNHE est donc d'environ 0.5 à 1 m, soit équivalente à l'incertitude du MNSE.

Deux classes de hauteurs d'eau sont exploitées, à savoir les hauteurs d'eau supérieures à 1 m et celles inférieures à 1 m.

La cartographie des hauteurs d'eau maximales pour la crue de référence, à dire d'expert, est présentée dans l'annexe 4.

7.1.2 CARTOGRAPHIE DES VITESSES MAXIMALES D'ECOULEMENT

Les vitesses dites fortes sont localisées principalement dans l'axe du lit mineur. Les zones où les hauteurs d'eau dépassent 3 m ont donc été placées dans la classe des fortes vitesses. De plus, en crue, des axes secondaires caractérisés par des hauteurs d'eau plus faibles se dessinent. Ces axes sont tracés à l'aide du MNHE brut et de la topographie LIDAR (MNT). Les visites sur site ont également appuyées la cartographie de certains axes identifiés sur le terrain.

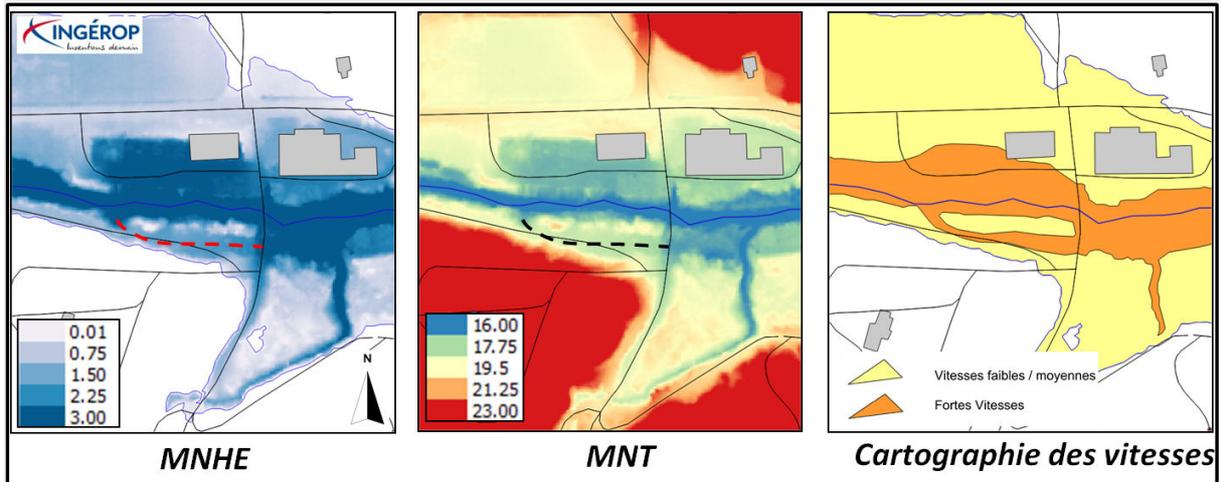


Figure 53 : Identification d'axes d'écoulement secondaires – Fortes vitesses

D'un point de vue géomorphologique et hydrodynamique, la classe des fortes vitesses a également été élargie au droit des méandres. En effet, en général, les fortes vitesses peuvent être observées à l'intrados du méandre (recoupement de méandre par les écoulements débordants), mais également sur l'extrados (fort pouvoir érosif à l'extérieur des courbures). En effet, on parle souvent d'affouillement de pied de berge et d'érosion au niveau de la partie convexe du méandre dû aux fortes vitesses, mais aussi de recoupement des sinuosités lors de fortes crues dû aux axes secondaires.

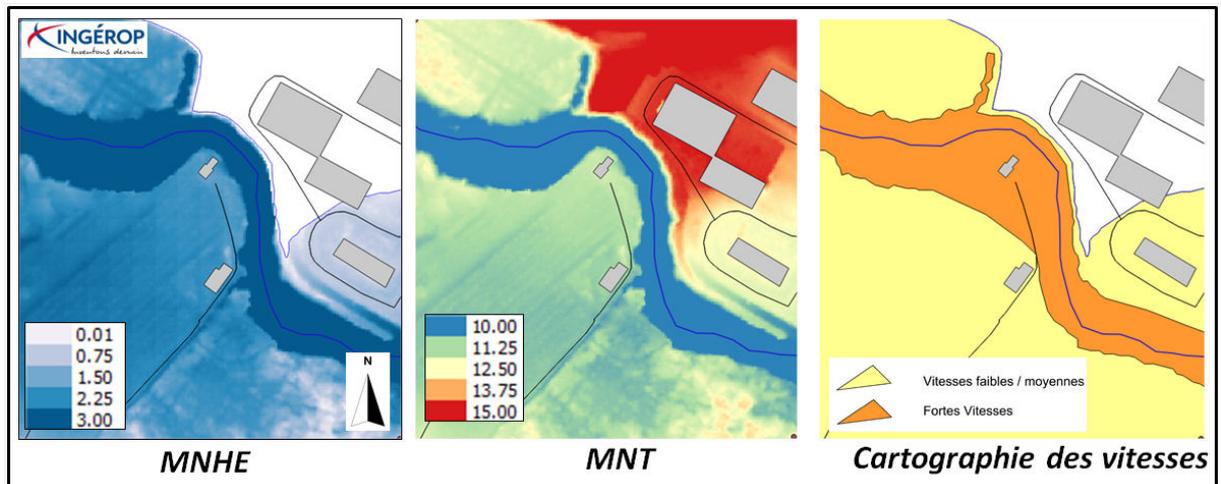


Figure 54 : Cartographie des fortes vitesses au droit des sinuosités - exemple

Le site Brisach a également été placé en classe de fortes vitesses de par son emplacement frontal au débouché d'une sinuosité et de par les laisses de crues, les dégâts constatés suite à la crue de septembre 2009 et les observations faites lors des visites sur sites. De plus, le revêtement du sol sur ce site est essentiellement de l'enrobé, favorisant la mise en vitesse des écoulements.

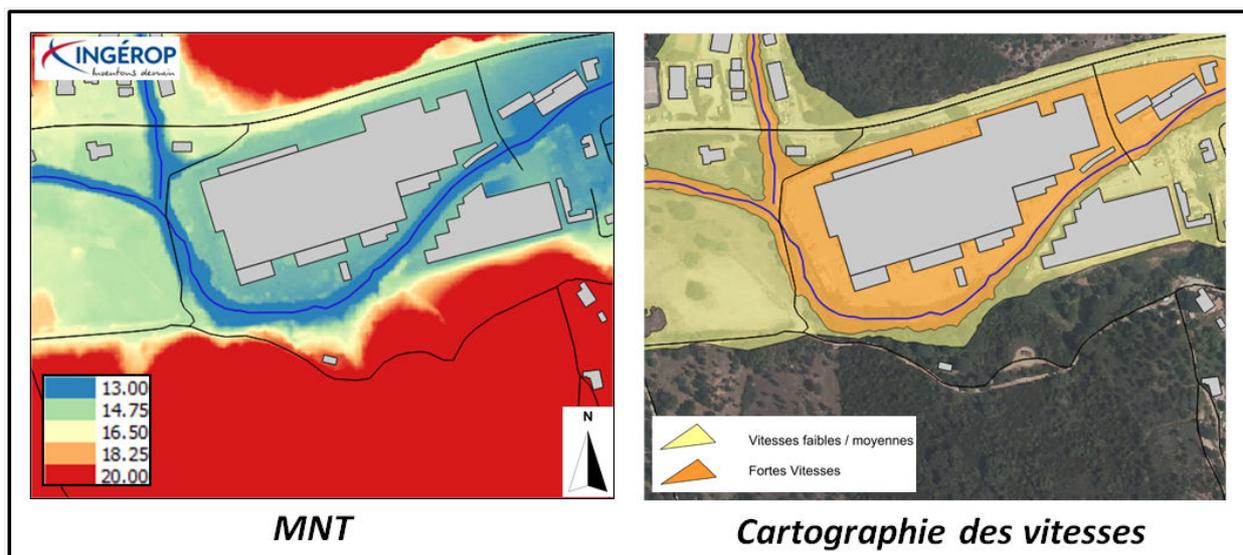


Figure 55 : Topographie et fortes vitesses au droit du site de Brisach

Enfin, le centre urbain de Sainte-Maxime, sur la partie aval du secteur d'étude, n'a pas été placé en vitesses fortes malgré l'artificialisation importante de l'occupation du sol de ce secteur. En effet, cette zone est caractérisée par la présence de nombreux obstacles, une largeur d'écoulement importante, une topographie plane, une proximité avec l'embouchure etc... Ces critères peuvent ainsi nuancer donc les fortes vitesses et il apparaît souhaitable dans ce cas d'attendre l'appui de la modélisation hydraulique bidimensionnelle réalisée en phase 2.

L'incertitude sur les vitesses à dire d'expert peut se déterminer sur le tracé des emprises des vitesses fortes. L'incertitude du positionnement spatial de cette limite est estimée à 5 à 10 m.

La cartographie des vitesses maximales pour la crue de référence, à dire d'expert est présentée dans l'annexe 5.

7.1.3 CARTOGRAPHIE DE L'ALEA INONDATION A DIRE D'EXPERT

La carte d'aléa réalisée est donc le croisement des classes suivantes :

- Aléa fort : hauteurs d'eau fortes et/ou vitesses fortes,
- Aléa moyen : hauteurs d'eau faibles et vitesses faibles à moyennes.

Sur la zone d'étude, l'aléa fort est principalement induit par les fortes hauteurs d'eau. La cartographie de l'aléa pour la crue de référence, à dire d'expert, est présentée dans l'annexe 6.



ANNEXE 1

Cartographies de synthèse des emprises et repères de crue
des évènements de septembre 2009, octobre 2009, 15 et 27
novembre 2014





ANNEXE 2

Cartographies de synthèse des désordres observés lors des évènements de septembre 2009, octobre 2009, juin 2010, 15 et 27 novembre 2014



ANNEXE 3

Comptes rendus des entretiens avec les responsables locaux
et les différents partenaires



ANNEXE 4

Cartographie des hauteurs d'eau maximales pour la crue de référence, à dire d'expert



ANNEXE 5

Cartographie des vitesses maximales d'écoulement pour la
crue de référence, à dire d'expert



ANNEXE 6

Cartographie d'aléa inondation pour la crue de référence, à dire
d'expert

