



Bâtiment Le Grand Sud,  
2, rue Blaise Pascal  
83 310 COGOLIN  
Tél : 04 94 55 70 30

# Etude de restauration hydromorphologique du Préconil et de ses affluents

## Rapport phases 1 & 2

Avril 2016



*Opération menée dans le cadre du Contrat de rivière de la Giscle et des fleuves côtiers du Golfe de Saint-Tropez et du Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) du Préconil et ses affluents*



Région  
PACA

*Opération financée par la Région PACA et l'Agence de l'Eau R.M.C*



### Co-traitant



32 chemin de Bier  
38110 SAINTE-BLANDINE  
Tél : 09.60.46.77.63  
Port : 06.08.41.65.62

### Co-traitant

**Frédéric Bouchette**  
378 chemin du Félibre Pommeirac  
30 000 Nîmes  
06 32 67 55 90 - [www.bouchette.org](http://www.bouchette.org)

1940 Route des Cévennes - 30 200 BAGNOLS s/CEZE  
Tel : 04.66.89.63.52 Fax : 04.66.89.63.56  
E-mail : [riparia@riparia.fr](mailto:riparia@riparia.fr) Web : [www.riparia.fr](http://www.riparia.fr)  
SARL - APE : 7112B - SIRET : 499 280 477 00013



# Sommaire

I.	Contexte et objectifs de l'étude .....	1
II.	Sectorisation du Preconil et de ses affluents.....	3
II.1.	Approche méthodologique.....	3
II.2.	Sectorisation proposée.....	3
III.	Etat de la recharge sédimentaire .....	7
III.1.	Caractérisation de la production primaire.....	7
III.1.1.	Influence de la géologie du Bassin versant.....	7
III.1.2.	Occupation du sol .....	8
III.1.3.	Surfaces nues.....	8
III.1.4.	Incidence des incendies .....	9
III.1.5.	Incidence des pistes.....	10
III.1.6.	Estimation des apports primaires.....	14
III.2.	Caractérisation de la production secondaire .....	16
III.2.1.	Méthodologie .....	16
III.2.2.	Linéaire érodé et charge grossière.....	18
III.2.3.	Répartition générale des érosions.....	20
III.2.4.	Indice de connexion et d'activité .....	22
III.2.5.	Indice d'érodabilité .....	24
III.2.6.	Erosion et qualité des berges .....	24
IV.	Etat du stock en transit .....	26
IV.1.	Méthodologie .....	26
IV.2.	Répartition de la charge sédimentaire en transit.....	27
IV.3.	Indice de mobilité des atterrissements .....	31
IV.4.	Phénomène de pavage et d'armure.....	32
IV.5.	Analyse granulométrique des sédiments .....	33
IV.5.1.	Méthodologie .....	33
IV.5.2.	Cas des matériaux exogènes.....	35
IV.5.3.	Localisation des stations granulométriques.....	36
IV.5.4.	Résultats des stations granulométriques .....	36
IV.5.5.	Forme et origine des sédiments .....	41
V.	Facies d'écoulement.....	43
V.1.	Méthodologie .....	43
V.2.	Résultats .....	44
V.2.1.	Analyse globale à l'échelle du bassin versant.....	47
V.2.2.	Analyse des faciès par cours d'eau et par Tronçon Homogène .....	49
VI.	Hydrologie, hydraulique et transport solide .....	66
VI.1.	Hydrologie.....	66
VI.1.1.	Analyse des études antérieures.....	66
VI.1.2.	Débits moyens et d'étiage .....	66
VI.1.3.	Bassins versants .....	67
VI.1.4.	Débits de référence.....	68

VI.2.	Analyse hydraulique .....	69
VI.2.1.	Méthode .....	69
VI.2.2.	Topologie.....	69
VI.2.3.	Conditions aux limites .....	70
VI.2.4.	Calage du modèle.....	70
VI.2.5.	Simulations particulières à l'embouchure.....	71
VI.3.	Calcul de transport solide.....	74
VI.3.1.	Présentation des méthodes de calcul .....	74
VI.3.2.	Débits retenus pour l'analyse du transport solide.....	78
VI.3.3.	Résultat .....	81
VI.4.	Synthèse du transport solide .....	95
VI.4.1.	Analyse des problèmes pouvant être occasionnés par l'accumulation de sable sur les tronçons aval urbains.....	96
VII.	Evolution géométrique du lit mineur .....	100
VII.1.	Evolution en plan – analyse diachronique .....	100
VII.1.1.	Méthodologie .....	100
VII.1.2.	Analyse diachronique du Préconil à l'échelle du BV .....	102
VII.1.3.	Analyse diachronique du Préconil à l'échelle des Tronçons Homogènes.....	104
VII.1.4.	Modifications anthropiques de la bande active.....	113
VII.1.5.	Conclusions.....	118
VII.2.	Evolution altimétrique – profils en long et en travers .....	119
VII.2.1.	Méthodologie .....	119
VII.2.2.	Analyse comparée des éléments de profil en long.....	119
VII.2.3.	Analyse comparée des profils en travers .....	132
VII.2.4.	Analyse des signes d'incisions ou d'exhaussements.....	141
VII.2.5.	Conclusions sur la géométrie du lit mineur .....	141
VIII.	Incidence des ouvrages sur la continuité sédimentaire et écologique .....	143
VIII.1.	Méthodologie.....	143
VIII.2.	Incidence sur la continuité sédimentaire.....	143
VIII.2.1.	Obstacles et ouvrages du bassin versant.....	144
VIII.2.2.	Analyse de l'incidence morphodynamique .....	148
VIII.2.3.	Conclusion .....	151
VIII.3.	Incidence sur la continuité écologique.....	151
VIII.3.1.	Les enjeux sur le bassin du Préconil .....	151
VIII.3.2.	Méthodologie .....	152
VIII.3.3.	Analyse de la continuité écologique à l'échelle du bassin versant .....	153
VIII.3.4.	Analyse de la continuité écologique par cours d'eau.....	154
VIII.3.5.	Conclusion .....	160
VIII.4.	Analyse croisée des incidences et proposition des ouvrages à retenir pour les phases 3 et 4	160
VIII.4.1.	Limites de l'approche actuelle .....	160
VIII.4.2.	Analyse multicritère .....	160
IX.	Définition de l'espace de liberté.....	165
IX.1.	Méthodologie .....	165
IX.1.1.	Détermination de l'espace de mobilité maximal .....	165

IX.1.2.	Détermination des enjeux.....	165
IX.1.3.	Détermination de l'espace de mobilité fonctionnel .....	166
IX.1.4.	Détermination de l'espace de mobilité préférentiel .....	167
IX.2.	Analyse des données .....	168
IX.2.1.	Evaluation des espace perdus depuis 1955 .....	169
IX.2.2.	Quel espace de liberté pour les cours d'eau ? .....	170
IX.2.3.	Quels aléas érosifs sur les cours d'eau ? .....	172
IX.3.	Conclusion .....	173
X.	Synthèse de l'Etat des lieux et Diagnostic.....	174
X.1.	D'où viennent les matériaux et comment sont-ils transportés ? .....	174
X.2.	Quelle est la dynamique des sables à l'embouchure ? .....	175
X.3.	Quels apports en sédiments sont acceptables ?.....	176
X.4.	Que retranscrit l'évolution du profil en long ? .....	176
X.5.	Quelle évolution en plan suit le Préconil depuis 50 ans et quel devenir ? .....	177
X.6.	Quel objectif de profil en long et en travers ? .....	178
X.6.1.	Quel profil en long d'objectif ? .....	178
X.6.2.	Quels profils en travers types ? .....	179
X.7.	Perspectives d'actions à l'issue du diagnostic .....	182
X.8.	Proposition d'une notation morphologique des tronçons du Préconil et de ses affluents.....	183
X.8.1.	Le Préconil : .....	183
X.8.2.	Le ruisseau d'Emponse .....	184
X.8.3.	Le Gourrier.....	185
X.8.4.	Le Couloubrier et le Vallon des près.....	185
X.8.5.	Le Bouillonnet .....	186
X.8.6.	Analyse du découpage en Tronçons Homogènes et proposition d'adaptation .....	187
XI.	Cas particulier du Tronçon COU2.....	188
XI.1.	Présentation du Tronçon COU2.....	188
XI.1.1.	Sectorisation du Tronçon.....	188
XI.1.2.	192	
XI.1.3.	Dysfonctionnements observés.....	193
XI.1.4.	Incidences sur les cours d'eau .....	193
XI.2.	Enjeux et objectifs de gestion sur le Tronçon COU2.....	194
XII.	Bibliographie .....	196
XIII.	Annexes .....	198

# Liste des figures

FIGURE 1 : SECTORISATION DES COURS D'EAU ETUDIES	5
FIGURE 2 : REPRESENTATION DES SECTIONS DE PENTES HOMOGENES (CF. PLANCHE 2)	6
FIGURE 3 : REPARTITION DES SURFACES ERODEES PAR SECTEUR DE 250 ML	20
FIGURE 4 : SURFACE ERODEE PAR KILOMETRE DE COURS D'EAU	21
FIGURE 5 : INDICE D'ACTIVITE DES EROSIONS PAR TH	22
FIGURE 6 : INDICE DE CONNEXION DES EROSIONS PAR TH	23
FIGURE 7 : INDICE D'ERODABILITE PAR TH	24
FIGURE 8 : PRESENCE DE CANNE DE PROVENCE OU DE REMBLAIS SUR LES LINEAIRES ERODES	25
FIGURE 9 : VOLUME MOBILISABLE PAR SECTEUR DE 250 ML	29
FIGURE 10 : VOLUME MOBILISABLE POUR LES DIFFERENTS COURS D'EAU ETUDIES	30
FIGURE 11 : INDICES DE MOBILITE (ETIQUETTE : VOLUME EN M <sup>3</sup> ;%)	31
FIGURE 12 : VOLUME MOBILISABLE PAR KM SUIVANT L'INDICE DE MOBILITE	31
FIGURE 13 : SECTEUR PRESENTANT UNE STRUCTURE DES SEDIMENTS EN ARMURE (CF. PLANCHE 24)	33
FIGURE 14 : ANALYSE PHOTOGRAPHIQUE DE LA GRANULOMETRIE	34
FIGURE 15 : STATIONS GRANULOMETRIQUES (CF. PLANCHE 25)	36
FIGURE 16 : EVOLUTION DE LA GRANULOMETRIE DES ATTERISSEMENTS SUR LE PRECONIL	38
FIGURE 17 : EVOLUTION DE LA GRANULOMETRIE DES ATTERISSEMENTS SUR LES AFFLUENTS	39
FIGURE 18 : EVOLUTION DU D MOY. POUR L'ENSEMBLE DES COURS D'EAU	40
FIGURE 19 : CLASSIFICATION DES FACIES D'ECOULEMENT SELON MALAVOI ET SOUCHON (1989)	43
FIGURE 20 : FACIES D'ECOULEMENT ET ALTERNANCE DE FACIES	45
FIGURE 21 : REPARTITION DES FACIES D'ECOULEMENT POUR L'ENSEMBLE DES COURS D'EAU	48
FIGURE 22 : REPARTITION DE LA QUALITE DES ALTERNANCES DES FACIES D'ECOULEMENT	49
FIGURE 23 : FACIES D'ECOULEMENT ET ALTERNANCE DE FACIES POUR LE PRECONIL	50
FIGURE 24 : FACIES D'ECOULEMENT ET ALTERNANCE DE FACIES POUR LE RUISSEAU D'EMPONSE	52
FIGURE 25 : FACIES D'ECOULEMENT ET ALTERNANCE DE FACIES POUR LE GOURIER	54
FIGURE 26 : FACIES D'ECOULEMENT ET ALTERNANCE DE FACIES POUR LE COULOUBRIER	56
FIGURE 27 : FACIES D'ECOULEMENT ET ALTERNANCE DE FACIES POUR LE BOUILLONNET	57
FIGURE 28 : STATIONS PROSPECTEES	58
FIGURE 29 : ENJEUX DE CONSERVATION DU BASSIN SUIVANT LA FAUNE PISCICOLE	60
FIGURE 30 : RICHESSE DES PRINCIPAUX ORDRES D'INVERTEBRES	61
FIGURE 31 : ENJEUX DE CONSERVATION DU BASSIN SUIVANT LES INVERTEBRES BENTHIQUES	63
FIGURE 32 : HIERARCHISATION DES ENJEUX POUR LA CISTUDE D'EUROPE	65
FIGURE 33 : LINEAIRE DE COURS D'EAU ETUDIE DANS L'ANALYSE DIACHRONIQUE	101
FIGURE 34 : ILLUSTRATION PHOTOGRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DE BANDE ACTIVE SUR LE PRE 3 ENTRE 1960 ET 2008	105
FIGURE 35 : ILLUSTRATION PHOTOGRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DE BANDE ACTIVE SUR LE PRE 3 ENTRE 2008 ET 2011	106
FIGURE 36 : ILLUSTRATION PHOTOGRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DE BANDE ACTIVE SUR LE PRE 5 ENTRE 2008 ET 2011	107
FIGURE 37 : DYNAMIQUE DE LA BANDE ACTIVE DU PRECONIL PAR TH	108
FIGURE 38 : ILLUSTRATION PHOTOGRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DU COULOUBRIER ENTRE 1960 ET 2011	109
FIGURE 39 : DYNAMIQUE DE LA BANDE ACTIVE DU COULOUBRIER PAR TH	110
FIGURE 40 : COULOUBRIER AVAL EN 1971	111
FIGURE 41 : ANALYSE COMPARE PAR TH DE L'EVOLUTION DE BANDE ACTIVE DU BOUILLONNET PAR PERIODE	111
FIGURE 42 : ILLUSTRATION PHOTOGRAPHIQUE DE L'EVOLUTION DU BOUILLONNET ENTRE 1955 ET 2011	112
FIGURE 43 : DYNAMIQUE DE LA BANDE ACTIVE DU BOUILLONNET PAR TH	113

FIGURE 44 : LOCALISATION DES CONTRAINTES SUR LE BV DU PRECONIL	114
FIGURE 45 : LOCALISATION DES PT - ZONE 1	133
FIGURE 46 : PT - ZONE 1	133
FIGURE 47 : LOCALISATION DES PT - ZONE 2	134
FIGURE 48 : PT - ZONE 2	135
FIGURE 49 : LOCALISATION DES PT - ZONE 3	136
FIGURE 50 : PT - ZONE 3	137
FIGURE 51 : LOCALISATION DES PT - ZONE 4	137
FIGURE 52 : PT – ZONE 4	138
FIGURE 53 : LOCALISATION DES PT - ZONE 5	139
FIGURE 54 : PT - ZONE 5	140
FIGURE 55 : TENDANCE DE L'EVOLUTION DU LIT DU PRECONIL EN FONCTION DE L'OCCURRENCE DES CRUES	142
FIGURE 56 : OBSTACLES NATURELS ET OUVRAGES DU BASSIN VERSANT DU PRECONIL	145
FIGURE 57 : TYPES D'OBSTACLES PRESENTS SUR LE BASSIN DU PRECONIL (ETIQUETTE :TYPE ; NBRE ; %)	146
FIGURE 58 : ETAT DES OBSTACLES ET OUVRAGE (ETIQUETTE :TYPE ; NBRE ; %)	147
FIGURE 59 : REPARTITION DES OBSTACLES ET OUVRAGES PAR SOUS BASSINS	147
FIGURE 60 : HAUTEURS DE CHUTE, REMOUS ET VOLUMES STOCKES PAR TH	150
FIGURE 61 : FRANCHISSABILITE DES OBSTACLES PRESENTS SUR LE BASSIN DU PRECONIL (ETIQUETTE : NBRE ; %)	153
FIGURE 62 : EXTRAIT CARTOGRAPHIQUE DE LA REPARTITION DES OBSTACLES - TRONÇONS PRE 1 ET PRE 2	154
FIGURE 63 : EXTRAIT CARTOGRAPHIQUE DE LA REPARTITION DES OBSTACLES - TRONÇONS EMP 1 A EMP 5	155
FIGURE 64 : EXTRAIT CARTOGRAPHIQUE DE LA REPARTITION DES OBSTACLES - TRONÇONS GOU 1 A GOU 3	156
FIGURE 65 : EXTRAIT CARTOGRAPHIQUE DE LA REPARTITION DES OBSTACLES - TRONÇONS VPR 1 ET VPR 2	157
FIGURE 66 : EXTRAIT CARTOGRAPHIQUE DE LA REPARTITION DES OBSTACLES - TRONÇONS COU 1 A COU 4	158
FIGURE 67 : EXTRAIT CARTOGRAPHIQUE DE LA REPARTITION DES OBSTACLES - TRONÇONS BOU 1 A BOU 3	159
FIGURE 68 : SURFACES ET POURCENTAGES DE REDUCTION DE L'ESPACE HISTORIQUE PAR TH	169
FIGURE 69 : ESPACES DE LIBERTE OPTIMAL ET PREFERENTIEL DU PRECONIL, DU COULOUBRIER ET DU BOUILLONNET	170
FIGURE 70 : ESPACES DE LIBERTE PREFERENTIEL ET OPTIMAL / KM ET PAR TH	171
FIGURE 71 : ESPACES ERODABLES A 50 ANS	172
FIGURE 72 : COMPARAISON DE L'ALEA EROSIF PAR KM DE COURS D'EAU ET PAR TH	172
FIGURE 73 : EXEMPLE DE PROFIL EN TRAVERS TYPE EN FONCTION DES ENJEUX PRESENTS ET OBJECTIFS FIXES	181
FIGURE 74 : SECTORISATION DU TRONÇON COU 2	189
FIGURE 75 : OBJECTIFS ET PRINCIPES DE RESTAURATION DU TRONÇON COU 2	195

# Liste des tableaux

TABLEAU 1 : LISTE DES TRONÇONS HOMOGENES.....	4
TABLEAU 2 : POURCENTAGE DES SURFACES NUES PAR SOUS BASSIN.....	9
TABLEAU 3 : LINEAIRE ET SURFACE ESTIMEE DES PISTES PRESENTES SUR LE BASSIN .....	11
TABLEAU 4 : SURFACE DES PISTES SUIVANT LEUR NIVEAU D'INCIDENCE PAR SOUS BASSIN .....	13
TABLEAU 5 : SURFACE DES DIFFERENTS TYPES DE PISTES SUIVANT LEUR NIVEAU D'INCIDENCE PAR SOUS BASSIN .....	13
TABLEAU 6 : COEFFICIENT D'EROSION PAR SOUS BASSIN.....	15
TABLEAU 7 : ESTIMATION DES EROSIONS DES SOLS SUIVANT LA NATURE DES TERRAINS ET PAR SOUS BASSIN .	15
TABLEAU 8 : RESULTAT DES ESSAIS DE CALCUL DES TAUX DE CHARGE GROSSIERE .....	19
TABLEAU 9 : SYNTHESE DES DONNEES SUR L'ETAT DE LA RECHARGE SEDIMENTAIRE.....	19
TABLEAU 10 : SYNTHESE DES DONNEES SUR LA CHARGE SEDIMENTAIRE EN TRANSIT.....	28
TABLEAU 11 : CLASSIFICATION GRANULOMETRIQUE (WENTWORTH MODIFIEE PAR MALAVOI ET SOUCHON) ..	37
TABLEAU 12 : SYNTHESE DES GRANULOMETRIES SUR LES DIFFERENTS COURS D'EAU.....	37
TABLEAUX 13 : SYNTHESE DES FACIES DOMINANTS ET SECONDAIRES POUR LES DIFFERENTS COURS D'EAU.....	46
TABLEAU 14 : SYNTHESE DE LA QUALITE DE L'ALTERNANCE DES FACIES POUR LES DIFFERENTS COURS D'EAU .	47
TABLEAUX 15 : RESULTATS PROVISOIRES DES INVESTIGATIONS PISCICOLES .....	58
TABLEAU 16 : EVOLUTION DE LA SURFACE TOTALE DE BANDE ACTIVE A L'ECHELLE DU BV DU PRECONIL.....	102
TABLEAU 17 : ANALYSE COMPARE PAR TH DE L'EVOLUTION DE BANDE ACTIVE DU PRECONIL PAR PERIODE ..	104
TABLEAU 18 : SYNTHESE DES DONNEES SUR LES OBSTACLES ET OUVRAGES DU BASSIN VERSANT.....	144
TABLEAU 19 : SYNTHESE DES DONNEES D'ORDRE MORPHODYNAMIQUE .....	148
TABLEAU 20 : EXTRAIT DU TABLEAU DE SYNTHESE .....	149
TABLEAU 21 : EXTRAIT DU TABLEAU DE DONNEES : SEUILS PRESENTANT UNE HAUTEUR DE CHUTE > 1M. ....	150
TABLEAU 22 : TABLEAU D'ANALYSE MULTICRITERE DES OUVRAGES PRESENTS SUR LE BASSIN .....	162
TABLEAU 23 : OUVRAGES PROPOSES POUR LA PROGRAMMATION ET ORIENTATION DES INTERVENTIONS.....	163

## I. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Le bassin du Préconil a subi cette dernière décennie d'importantes crues ayant entraîné des dommages conséquents et une profonde modification de la morphologie du Préconil et de ses affluents.

Ces évènements exceptionnels qui n'étaient pas survenus depuis décembre 1959, se sont succédés à quatre reprises (Septembre – Octobre 2009, Juin 2010, Novembre 2014) amplifiant ainsi l'impact hydraulique sur la morphologie des cours d'eau et multipliant ou intensifiant les désordres recensés.

Sur le plan morphodynamique, les principaux changements perçus sont :

- Une modification du profil en long avec :
  - sur certains secteurs, dont les berges sont figées par des protections minérales, une incision du lit ;
  - sur d'autres, un exhaussement significatif des fonds ;
- Une modification du profil en travers avec une amplification de la sinuosité voire une divagation latérale et un déplacement des méandres ;
- Une augmentation du gabarit hydraulique des cours d'eau ;
- La formation de nombreux atterrissements et l'ensablement des lits.

En parallèle à cette étude spécifique au système fluvial, est réalisée une étude des processus hydromorphologiques du littoral et de leur couplage avec le système fluvial. Est notamment pris en compte l'évolution du trait de côte depuis les premiers aménagements maritimes. Cette dernière est annexée au présent document.

L'ensemble de ces volets d'étude s'inscrit dans le cadre du PAPI d'intention du Préconil et du Contrat de rivière de la Gisle et des fleuves côtiers du Golfe de Saint-Tropez.

Les conclusions de l'étude du système hydromorphologique fluvial devront permettre une amélioration des connaissances mais également d'apporter les données nécessaires à l'intégration des enjeux d'ordre hydromorphologique au volet hydraulique et protection contre les inondations.

Une analyse croisée des résultats des études fluviale et littorale tentera de mettre en parallèle les processus communs en œuvre, les causes probables des dysfonctionnements et les pistes d'aménagement et de gestion pour une meilleure prévention des incidences des crues à l'embouchure et des phénomènes d'ensablement de la baie.

Le présent document traite de la partie hydromorphologie fluviale (phases 1 et 2). Un rapport indépendant, annexé, traite de la partie littorale.

Le rapport d'hydromorphologie fluviale est organisé en quatre phases :

### **Phase 1 : Etat des lieux hydromorphologique**

Cette étape consiste en la réalisation d'un état des lieux du fonctionnement et des évolutions morphologiques des cours d'eau. Elle doit permettre de :

- Caractériser les mécanismes de production et de transport sédimentaire ;
- Caractériser les flux sédimentaires en provenance des différents sous-bassins.

### **Phase 2 : Diagnostic**

Le diagnostic doit permettre de :

- Analyser les causes du dysfonctionnement du cours d'eau à l'origine des altérations ;
- Evaluer l'impact des nombreux ouvrages de franchissement sur la continuité écologique du Préconil ;
- Comprendre le fonctionnement du bouchon sableux se formant à l'embouchure du Préconil et son évolution prévisible ;
- Définir un référentiel hydromorphologique pour l'atteinte d'un bon état écologique au vu de l'état actuel du bassin versant.

### **Phase 3 : Proposition de solution**

- Proposer une gamme de solutions techniques devant permettre de solutionner les causes du dysfonctionnement des cours d'eau ;
- Prioriser et hiérarchiser chaque action préconisée par sous-bassin.

### **Phase 4 : Stratégie de mise en œuvre**

Cette dernière étape devra permettre au maître d'ouvrage d'intégrer les résultats de l'étude et des interventions à entreprendre dans l'action VII-1 du PAPI « Etude et Maitrise d'œuvre pour la restauration capacitaire et la valorisation éventuelle des ZEC dont les études environnementales et analyse des impacts des variantes ACB-AMC ».

## II. SECTORISATION DU PRECONIL ET DE SES AFFLUENTS

### II.1. Approche méthodologique

La sectorisation existante, établie dans le cadre du Programme d'entretien de la ripisylve (GREN, 2005) et s'appuyant essentiellement sur les caractéristiques de la ripisylve et sur le caractère opérationnel donné au programme d'entretien, n'est pas conservée.

La nouvelle sectorisation du réseau hydrographique étudié s'est appuyée sur la méthodologie SYRAH permettant d'établir une sectorisation par le croisement de trois paramètres :

- Le contexte géologique,
- Le profil en long du cours d'eau,
- Le rang de Stralher.

Cette approche a ensuite été affinée au regard du parcours exhaustif de terrain et des changements hydrogéologiques significatifs observés (augmentation du gabarit, modification de la dynamique sédimentaire, de la nature du lit et des faciès ou des natures de berges).

### II.2. Sectorisation proposée

La méthode retenue se base sur les trois critères de la méthode Syrah rappelés précédemment. A ces trois paramètres se sont ajoutés l'observation de terrain et les changements hydromorphologiques majeurs qui ont été relevés.

NB : un tronçon particulièrement dégradé (Le Couloubrier depuis son entrée sur le site SOMATER jusqu'au ponceau présent en aval de la décharge de Sainte-Maxime) a volontairement été isolé et n'a pas été intégré dans la méthodologie de sectorisation. En effet l'état de dégradation de ce tronçon ne permet pas de réaliser un bilan hydromorphologique, il fera tout au long de l'étude l'objet d'un traitement particulier.

Dans le détail, l'implication des différents paramètres est la suivante :

#### **Contexte géologique :**

Sur le bassin du Préconil, le contexte géologique est très homogène (Cf. Planche 1 : Sectorisation des cours d'eau du bassin versant) et se divise en trois secteurs : Alternance de Granit et de Gneiss sur le tiers amont du bassin, Granit et éluvions (Arène granitique) et partie médiane, Gneiss sur le tiers aval. Bien que l'incidence du contexte géologique soit perceptible sur la nature des apports en sédiment, la géologie intervient peu dans la sectorisation du réseau hydrographique (Cf. chapitre ci-après pour la représentation des cartes géologiques).

### **Profil en long du cours d'eau :**

L'analyse du profil en long des différents cours d'eau permet d'identifier les zones de ruptures de pente et les évolutions potentielles de la dynamique sédimentaire. Pour chaque cours d'eau les zones de ruptures de pente sont préalablement identifiées et comparées aux observations de terrain afin de préciser la limite des tronçons.

### **Rang de Stralher :**

Le bassin versant étudié étant de taille modeste, les rangs de Stralher évoluent peu. De plus les zones de confluence modifient peu le fonctionnement morphodynamique des cours d'eau.

Compte tenu de ces observations, cette variable intervient peu dans la sectorisation du réseau hydrographique.

### **Observations de terrain :**

Les observations de terrain permettent de préciser les limites des tronçons définies par l'analyse des profils en long. Elles permettent également de tenir compte de modifications hydromorphologiques majeures qui ne seraient pas mises en évidence par les précédentes approches. Cette analyse secondaire n'est pas basée sur une étude chiffrée des différents paramètres mesurés mais sur l'appréciation de l'homogénéité globale des linéaires parcourus.

Par le croisement des différentes approches, la sectorisation proposée est la suivante :

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire (en m)	Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire (en m)
Préconil	PRE 1	1310.33	Vallon des Prés Couloubrier	VPR 1	1111.92
	PRE 2	1538.18		VPR 2	638.75
	PRE 3	2806.90		COU 1	715.60
	PRE 4	1024.75	Vallon des Prés	COU 2	922.75
	PRE 5	2714.50		COU 3	418.92
	PRE 6	888.11	Couloubrier Bouillonnet	COU 4	1031.04
	PRE 7	674.96		BOU 1	1189.14
Emponse	EMP 1	544.31		BOU 2	735.35
	EMP 2	291.47	BOU 3	721.79	
	EMP 3	157.61	Total	24	23022.08
	EMP 4	834.36			
	EMP 5	353.10			
Gourier	GOU 1	505.79			
	GOU 2	1122.51			
	GOU 3	769.94			

*Tableau 1 : Liste des Tronçons Homogènes*

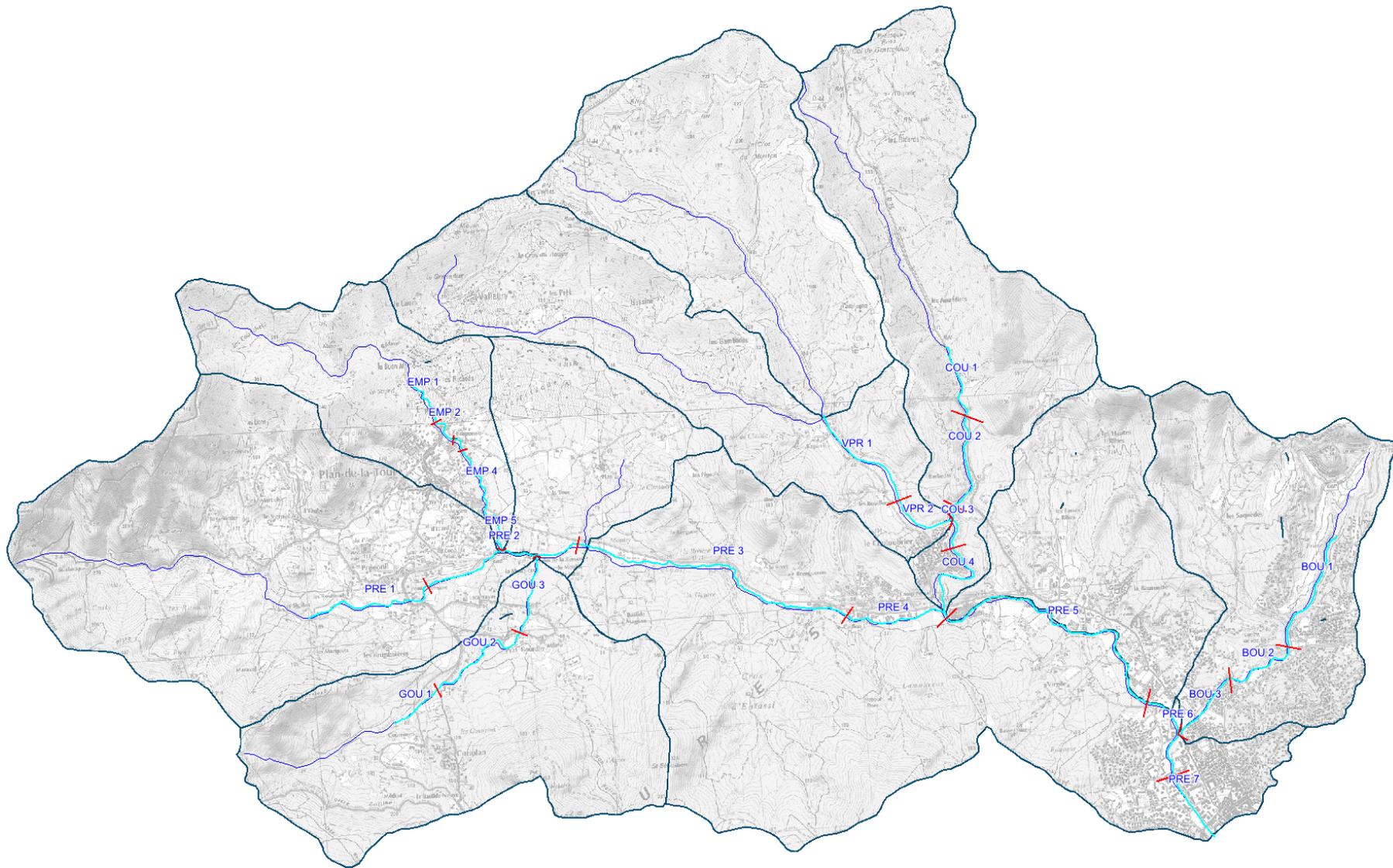


Figure 1 : Sectorisation des cours d'eau étudiés

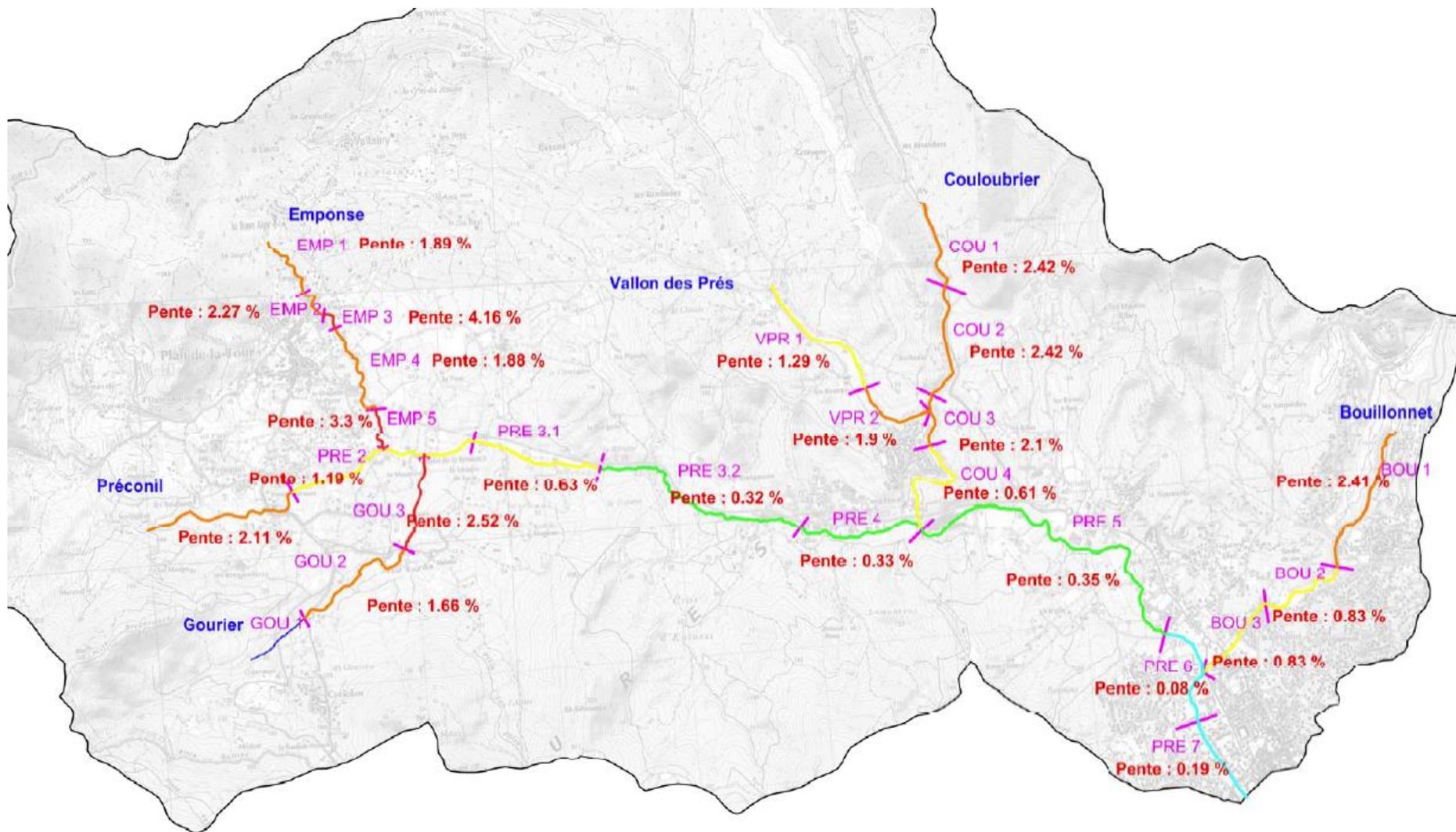


Figure 2 : Représentation des sections de pentes homogènes (Cf. Planche 2)

### III. ETAT DE LA RECHARGE SEDIMENTAIRE

#### III.1. Caractérisation de la production primaire

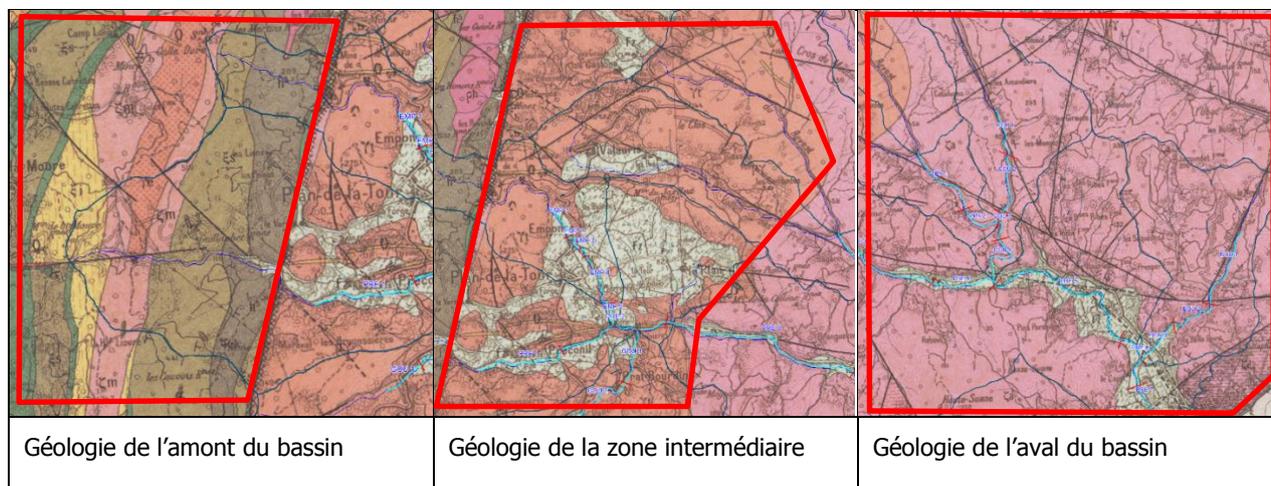
La production primaire est appréhendée par l'analyse des caractéristiques du bassin versant ayant un impact sur la production et la migration de matériaux sédimentaires. Dans le cas du Préconil, les thématiques suivantes sont analysées :

- Nature géologique des terrains : suivant la géologie rencontrée, le gisement en matériaux peut être très différent,
- Occupation du sol et surfaces nues : la couverture végétale des terrains est le paramètre prépondérant dans la mobilisation des matériaux et leur migration par ruissellement. Dans le cas présent, l'activité viticole, la présence de pistes ainsi que les risques incendie impactent fortement les surfaces nues.

Il faut préciser que le degré de précision de l'estimation de la production primaire est assez faible, l'objectif recherché est d'estimer un ordre de grandeur pouvant être comparé à l'estimation de la production secondaire.

##### III.1.1. Influence de la géologie du Bassin versant

La géologie du bassin apparaît relativement homogène, trois zones distinctes peuvent être identifiées.



La zone amont se compose d'une alternance de roches métamorphiques (Gneiss micaschisteux) et de Granits. La nature des roches est propice à un apport significatif du bassin versant.

La zone médiane est constituée de Granit du Plan de la Tour. Ces derniers, par dégradation, forment une poche centrale d'Eluvions (Arènes granitiques). Sur le tracé du Préconil, des Alluvions récentes sont présentes sur une faible largeur. La nature des terrains est particulièrement propice à la production de matériaux de faible granulométrie et à un apport massif de sédiments sablo-graveleux.

L'aval du bassin se compose de Gneiss micaschisteux à feldspathiques. La nature géologique des roches est également propice à un apport significatif en matériaux. La fragmentation des matériaux métamorphiques génère des matériaux plus grossiers que ceux issus de la dégradation des granits.

**De par sa géologie, l'ensemble du bassin présente des potentialités fortes d'apports sédimentaires. La zone médiane (Plan de la Tour) apparaît toutefois comme étant potentiellement la plus productive avec des matériaux d'apport à dominante sablo-graveleuse.**

### III.1.2. Occupation du sol

L'occupation du sol est appréciée sur la base du Corine Land Cover, croisée avec l'analyse de terrain (Cf. Planche 3).

L'occupation du sol du bassin du Préconil est marquée par une prédominance des milieux à végétation arbustive sclérophylle typiquement méditerranéenne. Les massifs de feuillus se situent quasiment exclusivement au Nord du Préconil.

Les surfaces imperméabilisées et urbanisées sont essentiellement localisées sur la commune de Sainte Maxime. L'urbanisation diffuse longe les vallées du Couloubrier, du vallon des Prés et l'amont du Préconil. Sur la commune du Plan de la Tour, l'activité viticole représente une surface importante.

L'occupation du sol du bassin du Préconil présente des caractéristiques propices à la production primaire. Le couvert végétal est peu dense et dénué d'une strate herbacée couvrante. Les sols à nu apparaissent très concentrés et d'une surface importante.

### III.1.3. Surfaces nues

Une première analyse a été réalisée sur la base des photos aériennes de 2011 pour obtenir une cartographie de terrain nous permettant de vérifier *in situ* l'état de ces surfaces. Notre passage sur le terrain nous a permis d'enrichir ce premier tri et de se rendre compte des différentes érosions entre les parcelles. Ce passage nous a entre autre permis d'apprécier plus précisément l'érodabilité des terrains au regard des résultats d'une publication universitaire ayant étudié ces phénomènes sur le bassin de la Gisle.

Une analyse plus précise des surfaces nues est réalisée par recensement de l'ensemble des parcelles viticoles ou nues et la quantification de leurs surfaces.

Bassin Versant	Surface BV (ha)	Surface (ha)	Ratio
Bouillonnet	491.6	1.8	0.4%
Couloubrier	617.5	1.4	0.2%
Cour du Pey	571.6	3.9	0.7%
Emponse	344.4	29.0	8.4%
Gourier	596.2	41.0	6.9%
Préconil amont	891.2	43.5	4.9%
Préconil aval	1538.4	43.8	2.8%
Ruisseau du Plan	269.4	113.1	42.0%
Vallon des Prés	561.2	50.3	9.0%
<b>Total général</b>	<b>5881.5</b>	<b>327.8</b>	<b>5.6%</b>

Tableau 2 : Pourcentage des surfaces nues par sous bassin

Le pourcentage de surfaces nues apparaît assez faible au regard de la surface totale du bassin versant du Préconil (5,6%). Cependant, l'analyse par sous bassin révèle une grande disparité : Le bassin du ruisseau du Plan présente un taux de terrain à nu de plus de 40%. D'autres bassins (Emponse, Vallon des Prés) sont impactés à près de 10% (Cf. Planche 4)

La localisation des surfaces viticoles à nu est étroitement corrélée à la nature des terrains. Sur les sous bassins les plus impactés, la géologie présente est très propice aux apports en matériaux sablo-graveleux (Arènes granitiques).

### III.1.4. Incidence des incendies

Les données exploitées sont issues du PIDAF (Plan Intercommunal de Débroussaillage et d'Aménagement Forestier) transmis par le service en charge de la problématique incendie de la Communauté de Communes du Golfe de St-Tropez (CCGST). Pour une meilleure appropriation de ces données, une journée de terrain a été réalisée avec le responsable de la cellule. Les incendies pris en compte datent de 1990, 2003 et 2007.

Les incendies, assez fréquents en milieu méditerranéen, provoquent la suppression du couvert végétal et la mise à nu des terrains.

La cartographie des incendies survenus sur le bassin ces 25 dernières années montre que les surfaces concernées se concentrent sur les sous bassins suivants (Cf. Planche 5) :

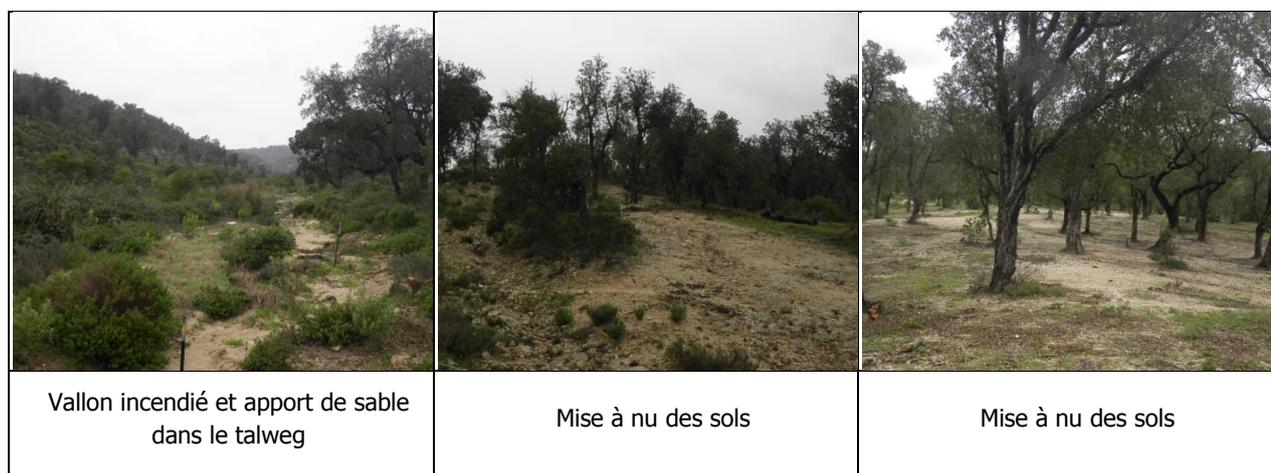
- Extrémité sud du sous bassin du Préconil amont
- Amont du sous bassin d'Emponse
- Sous bassin du Vallon des Prés
- Sous bassin du ruisseau du Pey
- Sous bassin du Couloubrier

Pour les cours d'eau concernés par le plus récent des incendies (Cours du Pey et Vallon des Prés sur la zone aval pour l'incendie de 2003), l'apport de sable dans le lit apparaît important alors que les sous bassins versants sont exempts de surfaces nues. Selon le témoignage de M. Blanc, ancien responsable rivière de la commune de Sainte-Maxime, ces cours d'eau avant l'incendie présentaient un ensablement bien moindre et la végétation en bordure de cours d'eau faisait écran et contribuait à limiter les apports au lit mineur.

A titre de comparaison, l'ensablement du lit mineur sur le Gourrier apparaît similaire du fait de la proximité de parcelles à nues et alors que le bassin versant n'est pas concernés par la problématique incendie.

Si l'incidence d'un incendie est indéniable et apparaît comme un facteur supplémentaire d'ensablement excessif, il apparaît difficile d'en quantifier l'importance.

Par ailleurs la période pendant laquelle un incendie provoque une modification des caractéristiques du couvert du bassin versant est estimée supérieure à une décennie compte tenu de la faible vitesse de colonisation et du faible taux de croissance de la végétation.



*Exemples d'incidences ponctuelles des incendies (Cours du Pey)*

### III.1.5. Incidence des pistes

Le tracé des pistes DFCI (Défense de la Forêt Contre les Incendies) est issu du PIDAF de la CCGST (Cf. Planche 6). Une reconnaissance de ces dernières a été réalisée en véhicule durant deux jours. L'objectif était de se rendre compte de leurs situations par rapport au cours d'eau afin d'apprécier leurs influences sur les apports de matériaux.

Les pistes desservant des habitations ou des parcelles agricoles ont également été recensées et cartographiées à partir des orthophotoplans de 2011. Compte tenu de l'importance du linéaire de pistes hors DFCI, ces dernières n'ont pas été parcourues dans leur intégralité.

Nous considérons les pistes sous le double rôle qu'elles jouent :

- Rôle en termes de production de sables de par les surfaces mises à nues,
- Rôle de vecteur dans le transport du sable ou cours d'eau par le ruissellement préférentiel sur ces pistes. Ce rôle contribue fortement à récupérer les sables érodés sur le bassin versant naturel et le transporter beaucoup plus rapidement jusqu'au cours d'eau.

La surface estimée des pistes DFCI est inférieure à 0.2% de la surface totale du bassin versant. Elles se situent principalement en crête de bassin versant et sont assez éloignées des cours d'eau. L'incidence des pistes DFCI, en termes de surfaces nues, paraît donc globalement très faible.

	Linéaire (km)	Surface estimée (ha)	Ratio / surface du BV
Piste DFCI	33.60	10.08	0.17%
Piste hors DFCI	143.01	42.90	0.73%
Total	176.61	52.98	0.90%

*Tableau 3 : Linéaire et surface estimée des pistes présentes sur le bassin*

Concernant les pistes hors DFCI, le linéaire et les surfaces concernées sont plus importants mais restent modestes par rapport à celle du bassin versant (<1%) pour pouvoir être une cause majeure dans les apports de matériaux fins et l'ensablement des cours d'eau. L'incidence des autres pistes présentes sur le bassin paraît donc également modeste au regard des surfaces concernées. Afin de poursuivre l'analyse de l'incidence des pistes, les surfaces concernées seront intégrées dans les calculs de l'estimation grossière des apports (Cf. Chapitre ci-après)

Toutefois, suivant la proximité d'un cours d'eau, l'impact des pistes peut s'avérer plus important. C'est par exemple le cas sur le Cours du Pey où une piste longe le cours d'eau en rive gauche et où l'incidence est perceptible sur le terrain : signes de ravinement et de départ de matériaux de la piste.

Par ailleurs, les pistes arrivant perpendiculairement au cours d'eau au droit de passage à gué peuvent présenter un impact fort par le rôle de vecteur qu'elles jouent sur le transport du sable. Les pistes tracées parallèlement peuvent également constituer un cheminement privilégié de l'eau, concentrer les ruissellements et accentuer l'érosion hydrique des matériaux de la piste.

		
Apport de matériaux sur une piste longeant le cours du Pey	Arrivée d'une piste au droit d'un passage à gué (TH VPR1)	Ravinement sur une piste parallèle à la pente (Piste hors cours d'eau étudiés)

*Exemples d'incidences ponctuelles des pistes*

Aussi, malgré les faibles incidences des pistes à l'échelle du bassin versant, il peut localement être pleinement justifié d'envisager la mise en œuvre de mesures permettant de réduire ponctuellement les apports en matériaux (abandon, déplacement, aménagement de zone de sédimentation hors cours d'eau, densification de la frange végétale en bordure de cours d'eau,...).

Une classification des pistes est proposée sur la base des connaissances issues des linéaires prospectés sur le terrain et d'une identification sur photographies aériennes des caractéristiques défavorables. Les classes retenues sont les suivantes :

- Linéaire incident : Pistes longeant un cours d'eau ou un talweg et pistes arrivant perpendiculairement au cours d'eau.
- Linéaire non incident : Pistes trop éloignées d'un cours d'eau ou du talweg pour présenter une incidence ponctuelle sur le cours d'eau.
- Linéaire à étudier : Pistes présentant potentiellement une incidence, cette dernière devant être validée par une prospection de terrain.

La cartographie de la classification des pistes est fournie dans l'atlas cartographique (Cf. Planches 7 à 18).

En première approche, le taux de piste présentant une incidence est de 16,3%. Ce taux confirme l'impact faible des pistes dans l'apport global en sédiment. Cependant l'impact local s'avère très différent suivant les sous bassins considérés.

Cours d'eau	Surface BV (ha)	Surface Piste (ha) Incidence importante	Surface Piste (ha) Incidence à vérifier	Surface Piste (ha) Incidence faible
Préconil amont	881.0	1.6	2.0	6.6
Emponse	334.2	0.3	1.7	4.0
Gourier	586.0	0.7	1.8	4.2
Ruisseau du Plan	259.2	0.0	0.6	2.2
<b>Total BV Amont</b>	<b>2060.3</b>	<b>2.5</b>	<b>6.2</b>	<b>17.0</b>
Préconil aval	1528.2	1.9	3.3	14.7
Cour du Pey	561.3	6.7	0.4	4.4
Vallon des Prés	551.0	1.0	1.2	5.4
Couloubrier	607.2	0.2	1.3	6.1
Bouillonnet	481.4	0.0	1.1	2.0
<b>Total BV Aval</b>	<b>3729.2</b>	<b>9.8</b>	<b>7.2</b>	<b>32.6</b>
<b>Total général (ha)</b>	<b>5789.5</b>	<b>12.3</b>	<b>13.4</b>	<b>49.6</b>
<b>Total général (%)</b>		<b>16.3%</b>	<b>17.8%</b>	<b>65.8%</b>

Tableau 4 : Surface des pistes suivant leur niveau d'incidence par sous bassin

Le cours du Pey (affluent du Vallon des Prés) apparaît le plus impacté, secondairement le Préconil amont et aval ainsi que le Vallon des Prés présentent des surfaces nues supérieures ou égales à 1ha.

A noter que le ruisseau du Plan n'apparaît pas concerné du fait que les pistes sont confondues avec les parcelles viticoles. Les pistes distinctes sont peu nombreuses.

Concernant les pistes DFCI (primaire et secondaire), l'incidence apparaît faible. Les pistes impactantes se situent sur les sous bassins du Vallon des Prés, du cours du Pey et du Préconil aval. Les surfaces concernées sont toutefois modeste avec 1,5 ha.

Cours d'eau	Surface BV (ha)	Surface Piste Hors DFCI (ha) Incidence importante	Surface Piste Hors DFCI (ha) Incidence à vérifier	Surface Piste Hors DFCI (ha) Incidence faible	Surface Piste DFCI Primaire (ha) Incidence importante	Surface Piste DFCI Primaire (ha) Incidence à vérifier	Surface Piste DFCI Primaire (ha) Incidence faible	Surface Piste DFCI Secondaire (ha) Incidence importante	Surface Piste DFCI Secondaire (ha) Incidence à vérifier	Surface Piste DFCI Secondaire (ha) Incidence faible
Préconil amont	881.5	1.6	1.4	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.5
Emponse	334.7	0.3	0.6	2.4	0.0	0.4	1.6	0.0	0.7	0.0
Gourier	586.5	0.7	1.2	2.5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5	0.8
Ruisseau du Plan	259.7	0.0	0.6	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total BV Amont</b>	<b>2062.4</b>	<b>2.5</b>	<b>3.9</b>	<b>13.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.4</b>	<b>2.6</b>	<b>0.0</b>	<b>1.9</b>	<b>1.3</b>
Préconil aval	1528.7	1.6	2.3	14.3	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	0.4
Cour du Pey	561.8	6.0	0.4	2.9	0.0	0.0	0.8	0.7	0.0	0.6
Vallon des Prés	551.5	0.5	1.2	4.2	0.5	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0
Couloubrier	607.7	0.2	1.3	4.3	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.5
Bouillonnet	481.9	0.0	1.1	1.9	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<b>Total BV Aval</b>	<b>3731.7</b>	<b>8.3</b>	<b>6.2</b>	<b>27.6</b>	<b>0.5</b>	<b>0.0</b>	<b>3.5</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.5</b>
<b>Total général (ha)</b>	<b>5794.1</b>	<b>10.8</b>	<b>10.1</b>	<b>40.8</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>	<b>6.0</b>	<b>1.0</b>	<b>2.9</b>	<b>2.8</b>
<b>Total général (%)</b>		<b>17.5%</b>	<b>16.4%</b>	<b>66.1%</b>	<b>7.2%</b>	<b>6.3%</b>	<b>86.4%</b>	<b>14.9%</b>	<b>43.1%</b>	<b>42.0%</b>

Tableau 5 : Surface des différents types de pistes suivant leur niveau d'incidence par sous bassin

### III.1.6. Estimation des apports primaires

Une estimation des apports primaires issus du bassin versant, est possible par le calcul des volumes mobilisés par une érosion des sols. La bibliographie disponible fournit quelques ratios de référence :

Erosion (T/ha/an)	Conditions
1.5	Moyenne nationale
7	Perte acceptable pour les sols
20	Limite de perte forte et de sols très dégradés
50	Erosion importante en bassin méditerranéen (Afrique du Nord)
92	Erosion maximale pour le bassin méditerranéen (Afrique du Nord)

Une publication plus spécifique au contexte étudié (Etude et cartographie de l'érosion des sols dans un vignoble du Sud-est de la France ; Dennis FOX, Claude MARTIN, Julien GROSSO et Jean MORSCHEL ; 2008) permet d'estimer plus précisément l'érosion hydrique des sols pour des vignobles du sud-est de la France :

Erosion (T/ha/an)	Conditions
18.1	Moyenne des valeurs d'érosion <sup>1</sup>

Pour l'estimation des apports primaires, il est retenu comme valeurs d'érosion :

- 18.1 T/ha/an pour les surfaces nues (vignobles et pistes)
- 5 T/ha/an comme valeur moyenne pour les autres surfaces. Cette dernière est ensuite réduite ou augmentée en fonction de l'occupation du sol et de la couverture végétale.

---

<sup>1</sup> La valeur retenue de 18.1 correspond au taux issus des premières études de 2008. Ce taux est en constante évolution aux regards des expérimentations encore en cours. La variation de cette valeur n'est pas de nature à changer l'appréciation du fonctionnement des apports de sables aux cours d'eau.

Cours d'eau	Coef. d'érosion (T/an)
Préconil amont	3
Emponse	5
Gourier	4
Ruisseau du Plan	5
<b>Moyenne BV Amont</b>	<b>4.25</b>
Préconil aval	3
Cour du Pey	8
Vallon des Prés	6
Couloubrier	7
Bouillonnet	3
<b>Moyenne BV Aval</b>	<b>5.4</b>

Tableau 6 : Coefficient d'érosion par sous bassin

L'incidence des surfaces nues sur les apports en matériaux doit tenir compte du fait que leur suppression n'entraînerait pas une baisse équivalente à la totalité des apports calculés. En effet la surface nue supprimée redeviendrait une surface de bassin versant qui contribuerait toujours à l'apport en matériaux. Aussi l'impact réel de ces surfaces doit s'évaluer par comparaison entre une situation non aggravée (apports générés naturellement par le bassin versant en l'absence de surfaces nues d'origine anthropique) et une situation aggravée (apports générés par le BV ainsi que les surfaces nues).

Pour définir le volume de ces apports compte tenu des surfaces et coefficients, il est retenu comme valeur de densité des matériaux  $1\text{m}^3 = 2$  tonnes (matériaux composés essentiellement de sables).

Compte tenu des surfaces concernées la quantification des apports primaires est la suivante :

Cours d'eau	Surface BV (ha)	Surface vigne (ha)	Surface Piste Hors DFCI (ha)	Surface Piste DFCI primaire (ha)	Surface Piste DFCI secondaire (ha)	Apports BV (m3)	Apport Vigne (m3)	Apport Piste (m3)	Situation non aggravée	Situation aggravée	Ratio (%)
Préconil amont	836.1	43.5	9.0	1.3	1.2	2096.7	393.8	81.7	2228.1	2572.3	15.4%
Emponse	310.5	29.0	3.3	0.9	0.7	729.6	262.0	44.3	814.2	1035.9	27.2%
Gourier	548.5	41.0	4.4	1.0	1.3	1359.2	370.8	60.8	1478.5	1790.9	21.1%
Ruisseau du Plan	153.4	113.1	2.8	0.0	0.0	542.1	1023.9	25.4	832.0	1591.4	91.3%
<b>Total BV Amont</b>	<b>1848.7</b>	<b>226.6</b>	<b>19.6</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	<b>4727.6</b>	<b>2050.6</b>	<b>212.2</b>	<b>5352.7</b>	<b>6990.4</b>	<b>30.6%</b>
Préconil aval	1474.4	43.8	18.1	0.3	1.7	3714.7	396.6	164.1	3869.6	4275.4	10.5%
Cour du Pey	556.3	3.9	9.3	0.8	1.3	1297.5	35.2	103.3	1335.8	1436.1	7.5%
Vallon des Prés	503.4	50.3	6.0	1.6	0.0	1271.7	455.5	68.3	1416.4	1795.6	26.8%
Couloubrier	608.7	1.4	5.7	1.1	0.5	1412.3	12.4	66.4	1434.0	1491.0	4.0%
Bouillonnet	486.8	1.8	3.0	0.1	0.0	1097.6	15.9	27.6	1109.6	1141.1	2.8%
<b>Total BV Aval</b>	<b>3629.6</b>	<b>101.2</b>	<b>42.2</b>	<b>3.9</b>	<b>3.5</b>	<b>8793.9</b>	<b>915.6</b>	<b>429.7</b>	<b>9165.5</b>	<b>10139.1</b>	<b>10.6%</b>
<b>Total général</b>	<b>5478.2</b>	<b>327.8</b>	<b>61.7</b>	<b>7.1</b>	<b>6.7</b>	<b>13521.5</b>	<b>2966.2</b>	<b>641.9</b>	<b>14518.2</b>	<b>17129.5</b>	<b>18.0%</b>

Tableau 7 : Estimation des érosions des sols suivant la nature des terrains et par sous bassin

Les apports, traduits en mètre cube, représentent de très importants volumes annuels. A l'échelle du bassin, près d'un cinquième de ces apports (total général 18 %) proviennent des surfaces nues et principalement des vignobles. Si l'on isole les BV amont, cette proportion s'accroît à 30,6 % (total BV Amont).

Le volume brut apporté par les pistes est estimé à 650 m<sup>3</sup> (soit 4,1% des apports totaux). Les vignes représentent 19 % avec un volume brut estimé à 2970 m<sup>3</sup>.

Cette approche présente l'intérêt d'une base de quantification de phénomènes complexes conduisant aux apports de matériaux dans le lit. Elle comporte cependant des incertitudes liées aux valeurs d'érosion. Dans le cas des sols nus issus de l'activité viticole, l'incertitude paraît faible compte tenu de la fiabilité de la source bibliographique utilisée (proximité du bassin versant ayant servi aux expérimentations). Cependant, concernant le bassin versant, la valeur d'érosion est plus incertaine et une variation de quelques unités suffirait à modifier l'importance que l'on accorde à l'origine des apports.

**Au-delà des aspects quantitatifs qui ne peuvent être appréciés qu'au travers de variables sujettes à discussion, il peut être retenu que la nature géologique du bassin versant et la couverture du sol présentent des caractéristiques très favorables à des apports importants de matériaux sablo-graveleux aux cours d'eau.**

## ***III.2. Caractérisation de la production secondaire***

### **III.2.1. Méthodologie**

Les érosions ont été relevées au moyen d'un GPS muni d'un SIG de terrain. Ce dernier permet la saisie *in situ* des attributs de chaque donnée. L'état de la charge sédimentaire disponible est ainsi apprécié au regard du relevé exhaustif des érosions.

Parmi les informations relevées sur site figurent :

- ✓ La localisation, rive,
- ✓ Les caractéristiques géométriques, longueur, hauteur, pente,
- ✓ La granulométrie dominante et le % de charge grossière (estimée visuellement sur le terrain),
- ✓ Indice d'activité,
- ✓ Indice de connexion,
- ✓ Champs annexes : commentaire, date, heure.

La capacité de l'érosion à apporter de la charge solide au cours d'eau est appréciée au regard d'un indice d'érodabilité défini par le croisement de deux variables :

- l'indice d'activité, IA, noté de 1 à 3 :
  1. érosion végétalisée ou/et matrice très cohésive (marne ou argiles),
  2. érosion faiblement végétalisée ou/et mélange d'une matrice cohésive en base surmontée d'une matrice meuble en milieu ou haut de front érosif,
  3. érosion à nu et matrice composée de matériaux non cohésifs (terre et matériaux grossiers).
- l'indice de connexion, IC, noté de 1 à 3 :
  1. érosion déconnectée et éloignée du chenal d'étiage ou/et située au-dessus de

terrasses alluviales perchées. Ces érosions ne sont pas au contact des écoulements pour les crues les plus récurrentes,

2. érosion déconnectée du chenal d'étéage ou/et située en intrados de méandre mais au contact des écoulements pour les crues les plus récurrentes,
3. érosion au contact des écoulements sur des secteurs rectilignes ou en extrados de méandre et au contact des écoulements pour les crues les plus récurrentes.

L'érodabilité est exprimée sous la forme d'un indice de 0 à 1 obtenu avec la formule suivante :

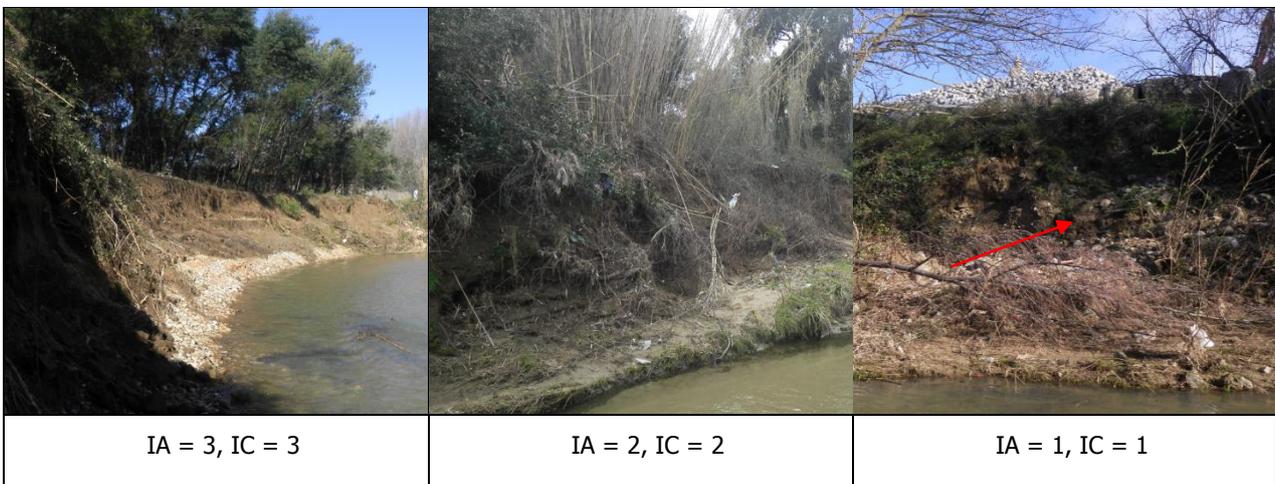
$$IE = \frac{IA \times IC}{9}$$

$\approx 1$  → Erosion facilement productive de charge grossière

$\approx 0$  → Erosion difficilement productive de charge grossière

Avec les classes suivantes :

- $0.75 > IE > 1$  : érodabilité très forte
- $0.50 > IE > 0.75$  : érodabilité forte
- $0.25 > IE > 0.50$  : érodabilité moyenne
- $0 > IE > 0.25$  : érodabilité faible



*Exemples de notation d'érosion*

### **Analyse cartographique :**

L'analyse des données au niveau des TH et cours d'eau est basée sur un redécoupage en secteurs de 250 m. Sur chaque secteur est sommé l'ensemble des données recueillies. Ce découpage permet d'obtenir une répartition homogène sur le cours d'eau et de comparer secteur par secteur le cumul des données.

Cette spatialisation de la donnée permet en plus une représentation cartographique fine et comparable tout au long des cours d'eau.

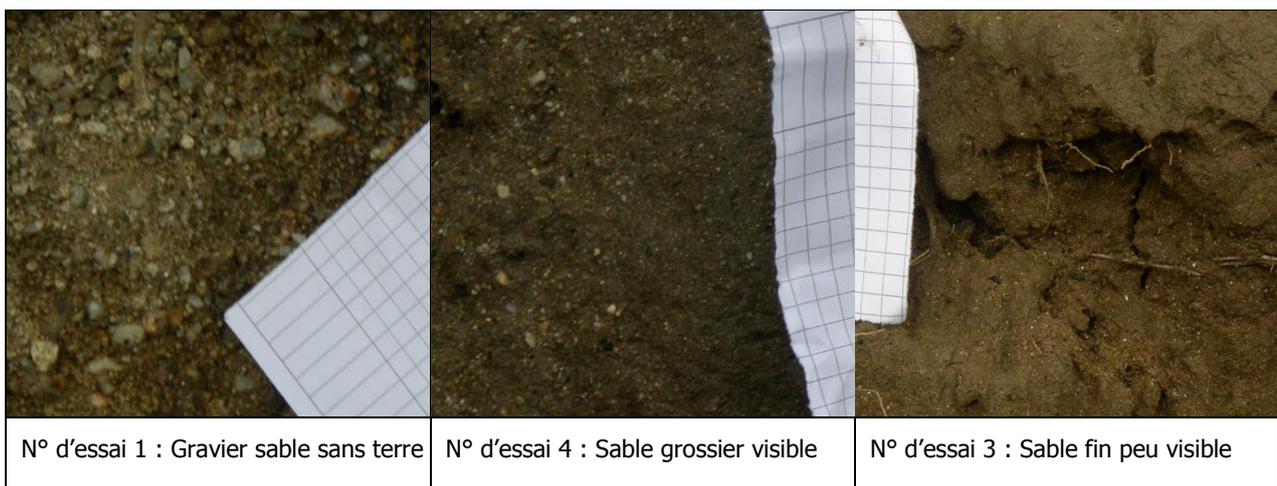
### **III.2.2. Linéaire érodé et charge grossière**

La compilation des relevés d'érosions permet de synthétiser les données à l'échelle des tronçons et des cours d'eau.

Il faut rappeler que la dénomination de charge grossière désigne usuellement la charge active ou charge participant réellement au transport solide (Volume de matériaux érodés ne tenant pas compte de la fraction limono-argileuse).

Afin d'estimer le plus précisément possible la charge grossière des berges érodées, des prélèvements et des essais ont été réalisés. Le mode opératoire de ces essais consiste à prélever un volume connu de l'échantillon, à laver les matériaux afin d'éliminer les limons et les argiles et à mesurer le volume résiduel de matériaux. Par différence, le taux de charge grossière est ainsi défini.

Dans le cas du Préconil, 5 essais ont été réalisés sur des configurations de berges représentatives.



*Exemples de prélèvements réalisés*

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus.

N° d'essai	Nature	Volume d'échantillon (ml)	Volume résiduel après lavage (ml)	Taux de charge grossière
1	Gravier - sable sans terre visible	500	400	0.80
5	Sable fin visible	500	125	0.25
4	Sable grossier visible	450	100	0.22
3	Sable fin peu visible	500	50	0.10
2	Gravier - sable peu visibles	500	25	0.05

Tableau 8 : Résultat des essais de calcul des taux de charge grossière

Le tableau donné ci-après synthétise l'état de la recharge sédimentaire.

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire de cours d'eau (m)	Linéaire de berge érodée (m)	Nbre d'érosion	Surface de berge érodée (m <sup>2</sup> )	Surface érodée (m <sup>2</sup> ) par km de berge	Charge Grossière (m <sup>2</sup> )	Charge grossière (m <sup>2</sup> ) par km de berge	Charge grossière (m <sup>2</sup> ) / Activité 1	Charge grossière (m <sup>2</sup> ) / Activité 2	Charge grossière (m <sup>2</sup> ) / Activité 3
Préconil	TH PRE 1	1310.33	335.1	10.0	907.5	346.3	137.2	52.3		10.7	126.5
	TH PRE 2	1538.18	94.1	6.0	197.9	64.3	33.1	10.7		7.7	25.4
	TH PRE 3	2806.90	117.7	3.0	290.8	51.8	42.9	7.6		1.3	41.6
	TH PRE 4	1024.75	1087.5	38.0	2033.7	992.3	269.7	131.6	2.9	159.3	107.4
	TH PRE 5	2714.50	1573.8	44.0	5246.8	966.4	866.9	159.7	126.2	141.3	599.4
	TH PRE 6	888.11	379.5	18.0	1432.6	806.6	276.4	155.6		64.7	211.7
	TH PRE 7	674.96	250.2	8.0	424.2	314.2	76.7	56.8	52.5	3.9	20.3
Préconil		10957.73	3837.85	127.00	10533.52	3541.95	1702.81	574.41	181.65	388.89	1132.28
Emponse	TH EMP 1	544.31	113.7	7.0	246.5	226.5	37.0	34.0	9.8	17.0	10.2
	TH EMP 2	291.47									
	TH EMP 3	157.61									
	TH EMP 4	834.36	161.1	4.0	318.4	190.8	64.3	38.6		31.8	32.6
	TH EMP 5	353.10	151.4	6.0	291.2	412.3	58.2	82.5		44.8	13.4
Emponse		2180.85	426.19	17.00	856.12	829.58	159.55	154.98	9.76	93.62	56.16
Gourier	TH GOU 1	505.79	72.5	2.0	155.5	153.7	44.3	43.8			44.3
	TH GOU 2	1122.51	150.1	9.0	264.4	117.8	60.5	27.0		50.5	10.1
	TH GOU 3	769.94	70.9	4.0	102.4	66.5	15.4	10.0	8.9	6.5	
Gourier		2398.24	293.47	15.00	522.21	337.94	120.15	80.70	8.89	56.92	54.34
Vallon des Prés	TH VPR 1	1111.92	294.7	15.0	563.5	253.4	110.1	49.5	8.6		101.4
	TH VPR 2	638.75	210.0	11.0	282.0	220.8	52.0	40.7		33.6	18.4
Vallon des Prés		1750.67	504.67	26.00	845.52	474.15	162.10	90.22	8.64	33.63	119.84
Couloubrier	TH COU 1	715.60									
	TH COU 2	922.75									
	TH COU 3	418.92									
	TH COU 4	1031.04	101.7	3.0	190.1	92.2	14.3	6.9		9.6	4.7
Couloubrier		3088.31	101.68	3.00	190.12	92.20	14.31	6.94		9.61	4.70
Bouillonnet	TH BOU 1	1189.14	41.2	1.0	123.7	52.0	24.7	10.4			24.7
	TH BOU 2	735.35	358.3	13.0	549.0	373.3	83.0	56.4	1.5	28.1	53.3
	TH BOU 3	721.79	291.8	9.0	883.5	612.0	211.7	146.6	64.5	62.0	85.2
Bouillonnet		2646.28	691.33	23.00	1556.21	1037.33	319.42	213.47	66.02	90.10	163.30
	<b>Total :</b>		<b>5855.2</b>	<b>211.0</b>	<b>14503.7</b>	<b>6313.2</b>	<b>2478.3</b>	<b>1120.7</b>	<b>275.0</b>	<b>672.8</b>	<b>1530.6</b>
									<b>11.1%</b>	<b>27.1%</b>	<b>61.8%</b>

Tableau 9 : Synthèse des données sur l'état de la recharge sédimentaire

### III.2.3. Répartition générale des érosions

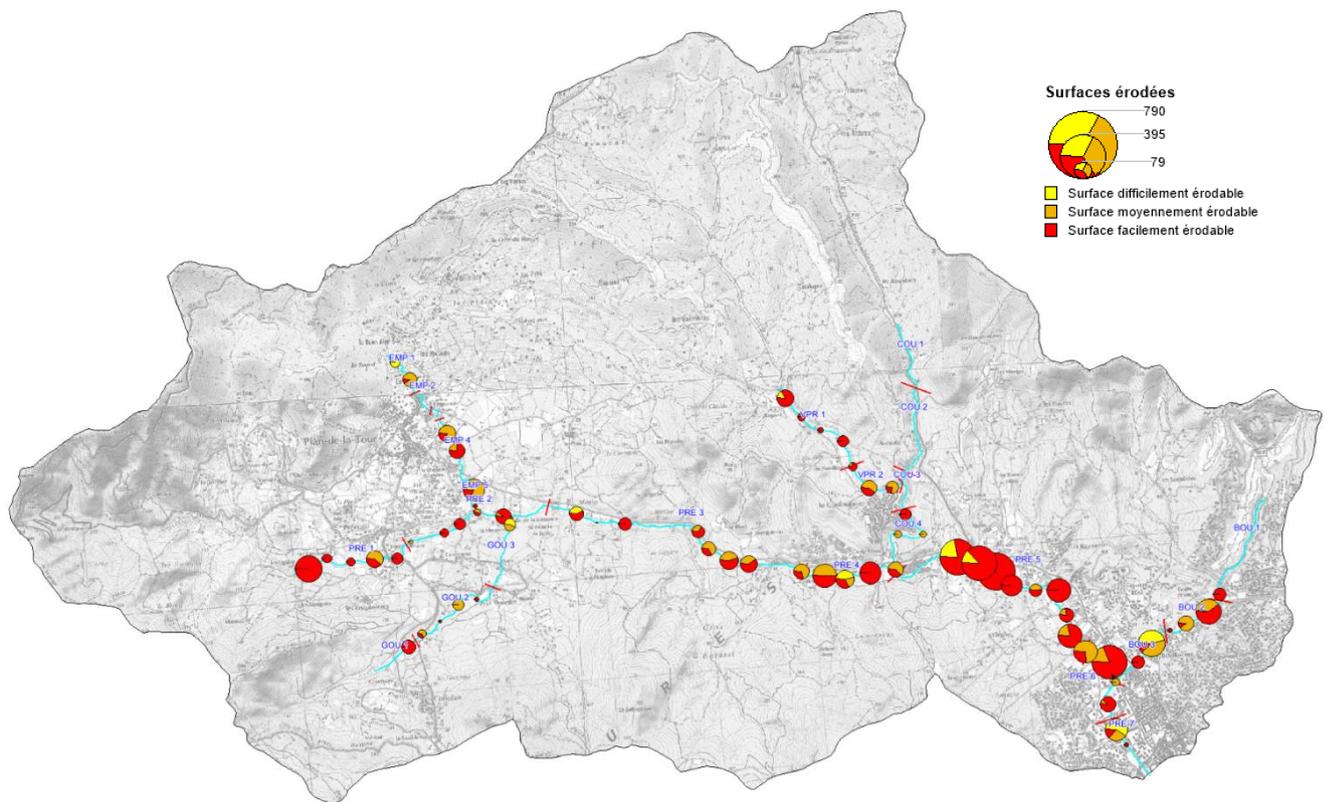


Figure 3 : Répartition des surfaces érodées par secteur de 250 m

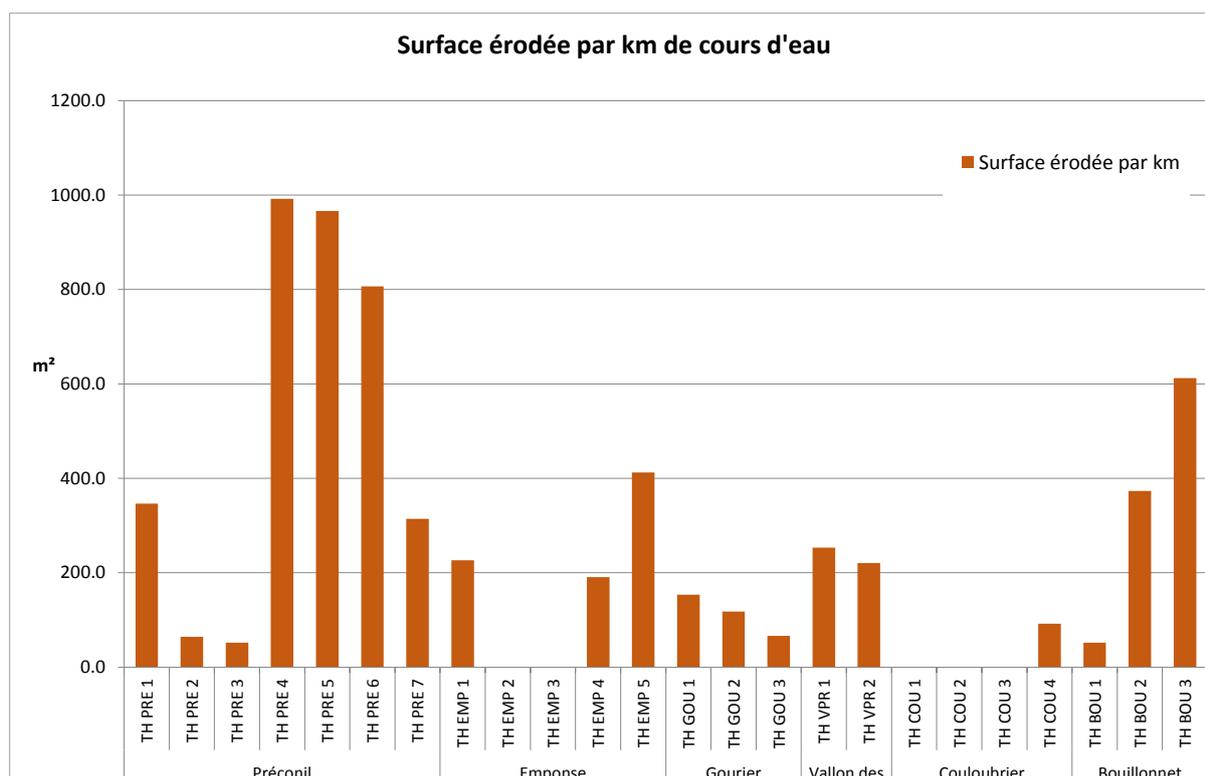
Les planches 19 et 20 précisent la répartition des surfaces érodées.

Sur le bassin, les érosions apparaissent majoritairement actives avec plus de 60% des surfaces concernées. Les berges érodées faiblement actives sont sous-représentées (11%).

Pour rappel, depuis 2009, cinq crues morphogènes dont deux de fortes intensités en novembre 2014 ont fortement contribué aux érosions visibles lors de la phase de terrain.

Les surfaces érodées sont globalement croissantes de l'amont vers l'aval des cours d'eau et traduisent l'augmentation des gabarits et de la force hydraulique. A l'exception du Gourier, elles sont également à mettre en rapport avec une augmentation de la pression urbaine et une augmentation de la dégradation et de la fragilisation des berges.

La comparaison des surfaces érodées par Tronçons Homogènes (Surfaces rapportées au km de cours d'eau) fait apparaître une diversité importante dans la localisation des érosions.



*Figure 4 : Surface érodée par kilomètre de cours d'eau*

Concernant le Préconil, les érosions se concentrent sur l'aval du bassin. Le TH PRE4 correspond au secteur de la zone d'activité de Camp Ferrat dont les berges sont particulièrement artificialisées, raides et fragilisées. Le TH PRE5 présente des érosions importantes en lien avec la forte divagation latérale observée sur le terrain. Le TH PRE 6 correspond à un tronçon urbanisé où les berges sont peu végétalisées et très artificialisées. A noter que le TH PRE 7 (embouchure du Préconil) présente peu d'érosion du fait que les berges ont récemment fait l'objet d'un aménagement et d'un confortement.

Sur le ruisseau d'Emponse, les surfaces érodées sont essentiellement présentes sur le dernier tronçon. Les berges y étant peu artificialisées, elles semblent en lien avec la mobilité du lit comme en attestent les nombreuses érosions en extrados de sinuosité. A noter que sur le TH EMP 2 (centre-bourg du Plan de la Tour), les berges sont totalement artificialisées. Sur le TH EMP 3, le cours d'eau s'écoule sur de la roche-mère.

Sur le Gourier, le Vallon des Prés et le Couloubrier, la densité des surfaces érodées est peu importante.

Concernant le Bouillonnet, les érosions observées sur les deux derniers tronçons sont en lien direct avec la pression de l'urbanisation sur le milieu. Les berges sont particulièrement dégradées et fragilisées.

### III.2.4. Indice de connexion et d'activité

La comparaison des indices de connexion et d'activité par Tronçon Homogène a été réalisée à partir des données de charge grossière (exprimée en m<sup>2</sup>). Cette dernière rend compte plus justement des apports secondaires au cours d'eau.

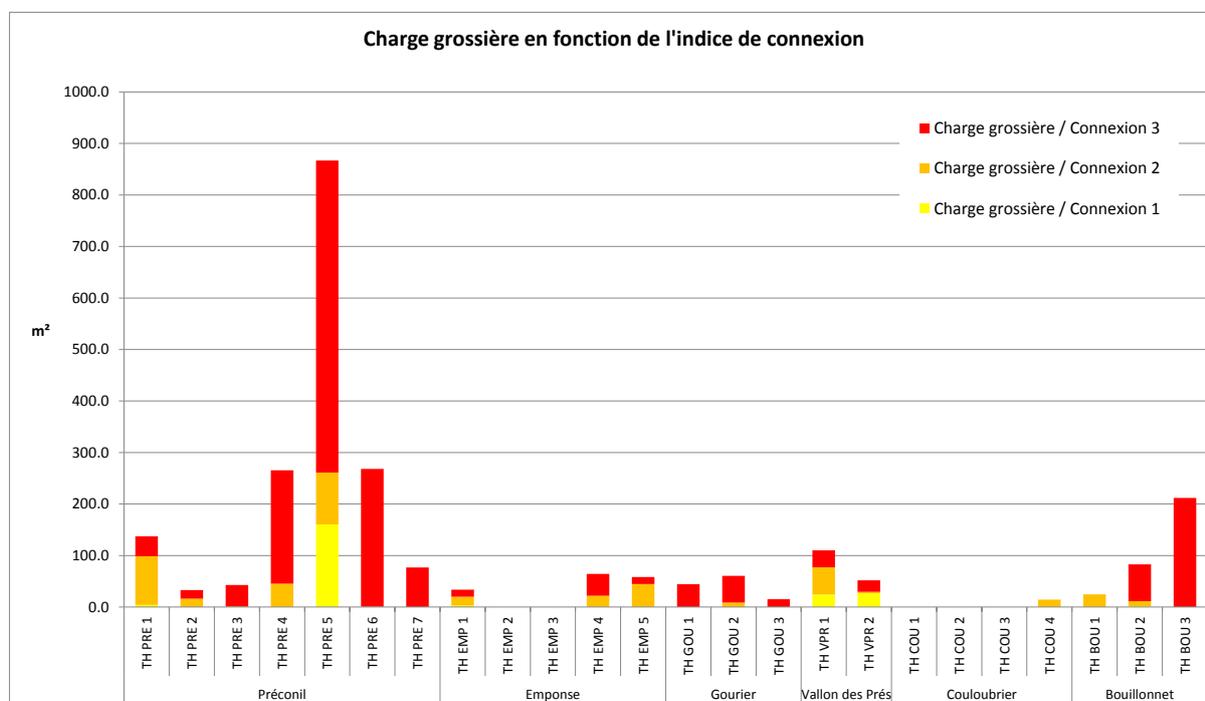
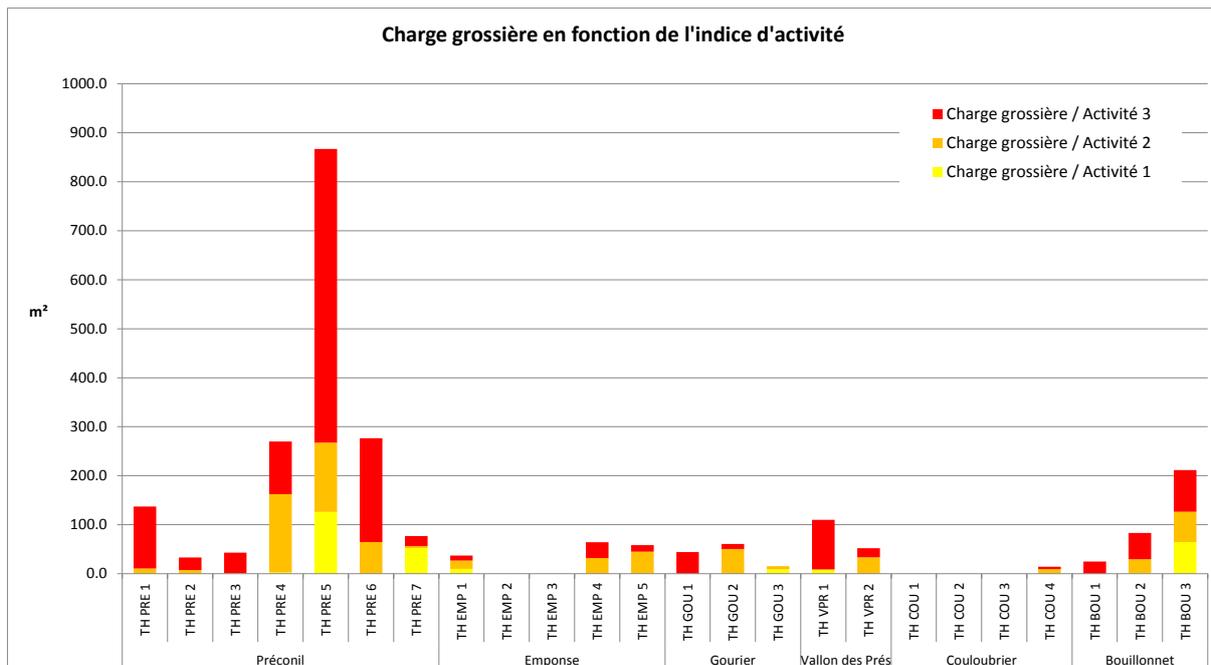


Figure 5 : Indice d'activité des érosions par TH

A l'échelle du bassin, l'indice d'activité révèle une production active :

- 62 % des érosions présentent un indice d'activité fort,
- 27 % une activité moyenne,
- 11 % une activité faible.

Compte tenu de la fréquence des crues observées sur le bassin, il est cohérent de retrouver des érosions majoritairement actives. Les berges dont le front d'érosion peut évoluer naturellement vers une stabilisation n'ont pas eu le temps d'être colonisées par une végétation suffisamment dense.



*Figure 6 : Indice de connexion des érosions par TH*

D'autre part, au regard de l'indice de connexion :

- 72% des érosions sont fortement connectées aux écoulements,
- 19% sont déconnectées mais souvent sollicitées,
- 9% sont déconnectées des écoulements et sollicitées pour des crues à caractère exceptionnel.

Plus d'un quart des érosions ne sont pas en connexion directe avec les écoulements. Il s'agit d'érosion du milieu ou haut de talus sans recul notable du pied de berge. Cette configuration particulière témoigne certainement de la forte fréquence des dernières crues et de l'importance des hauteurs d'eau enregistrées.

L'analyse de ces indices révèle donc des érosions majoritairement actives et globalement connectées au cours d'eau.

### III.2.5. Indice d'érodabilité

Le croisement des deux indices va rendre compte de la capacité de production des érosions.

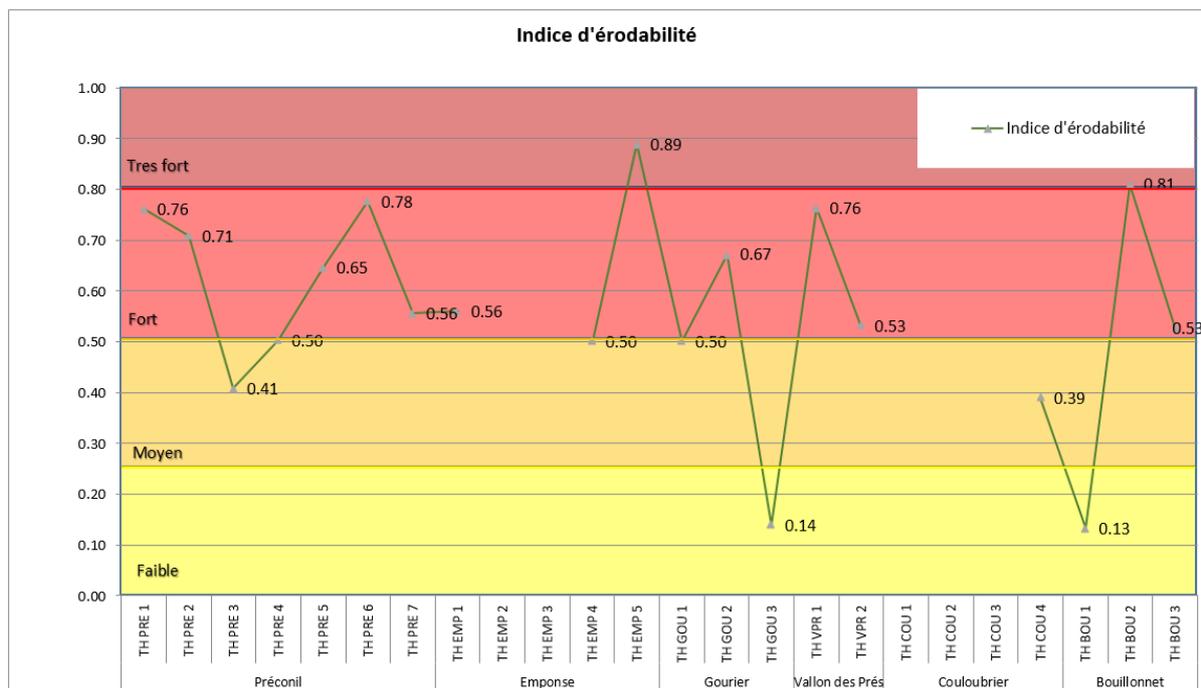


Figure 7 : Indice d'érodabilité par TH

La majorité des érosions présente un indice d'érodabilité fort à très fort. Les érosions de berge apparaissent ainsi en capacité de produire facilement une charge grossière.

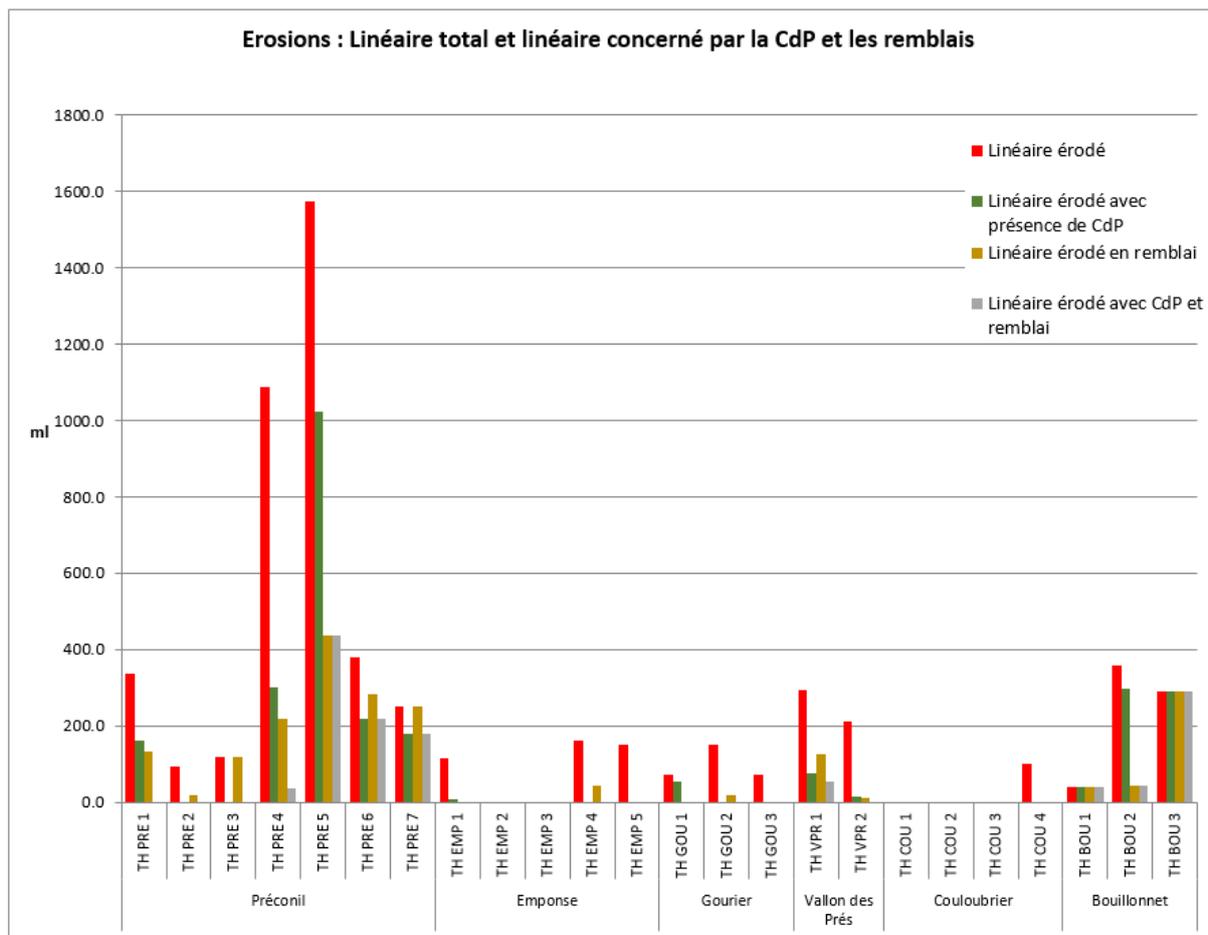
### III.2.6. Erosion et qualité des berges

La prospection de terrain a permis d'identifier deux causes principales de dégradation des berges naturelles : la présence de remblai et une végétation inadaptée et peu stabilisatrice.

Bien qu'il soit erroné de corrélérer la cause principale d'une érosion à l'une de ces dégradations, il n'en demeure pas moins utile de s'intéresser à la présence de ces désordres sur les linéaires concernés par une érosion.

Le graphique ci-après révèle une forte présence de Canne de Provence ou de Remblai au droit des érosions :

- Sur 45.5 % des linéaires érodés, la Canne de Provence est présente ;
- Sur 34.9 % des linéaires érodés, la berge montre des signes de remblaiement ;
- Sur 22.3 % des linéaires érodés, la Canne de Provence est présente et la berge montre des signes de remblaiement.



*Figure 8 : Présence de Canne de Provence ou de remblais sur les linéaires érodés*

Ce constat traduit, pour les Tronçons Homogènes concernés, une forte artificialisation des berges avec un remblaiement des terrains. Ces conditions sont propices au développement de la Canne de Provence.

Cette configuration très particulière est certainement la cause de l'augmentation des érosions constatées sur les tronçons urbanisés ou remblayés.

## IV. ETAT DU STOCK EN TRANSIT

### IV.1. Méthodologie

L'état du stock en transit est apprécié au travers du relevé des atterrissements présents dans le lit mineur des cours d'eau. Pour cela, les données caractérisant tous les atterrissements rencontrés ont été saisies sur GPS. Le parcours de l'ensemble du linéaire étant réalisé depuis le lit de la rivière, le relevé se veut exhaustif et prend en compte des petits atterrissements de l'ordre du mètre cube à des atterrissements de plusieurs centaines de mètre cube.

Cependant, compte tenu de la période des levés (janvier et février 2015) et malgré des conditions d'étiage hivernal, certains atterrissements peuvent être sous-évalués. Pour corriger ce biais, certains atterrissements ont été repris ou ajoutés lors du traitement des données. Ainsi deux atterrissements d'importance ont été ajoutés sur les TH PRE7 et COU4.

La méthodologie de relevé est différente en fonction de la taille des atterrissements :

- Les petits atterrissements sont relevés via un point GPS et le cubage est estimé visuellement pour les cas simples ou par des mesures au télémètre pour des géométries plus complexes à apprécier (au-delà de 5 m),
- Les atterrissements de taille moyenne sont relevés via un parcours des contours en vue d'extraire une surface sur laquelle une indication de la hauteur moyenne est renseignée pour en calculer un volume,
- Pour les atterrissements les plus importants, les contours sont dessinés d'après les photographies aériennes avec l'application SIG et vérifiés *in situ*. De la même manière, une hauteur moyenne est appréciée pour calculer un volume de sédiments. Dès lors que les hauteurs varient de façon trop importante, l'atterrissement est redécoupé en plusieurs surfaces sur lesquelles sont renseignées de hauteurs différentes. La hauteur est appréciée par rapport au niveau moyen du fond du chenal d'étiage.

Les paramètres relevés pour chaque atterrissement sont :

- ✓ La longueur et la largeur pour les points, la surface automatiquement calculée pour les surfaces SIG,
- ✓ Son positionnement dans le lit mineur (rive ou îlot central),
- ✓ La hauteur moyenne,
- ✓ L'indice de mobilité,
- ✓ La granulométrie dominante de surface,
- ✓ La granulométrie secondaire de surface si une variabilité est observée,
- ✓ La présence de la végétation appréciée au travers de 6 classes : strate herbacée, arbustive, arborescente, surface à nue, toutes les strates, seules les strates herbacées et arbustives.
- ✓ Champs annexes : commentaire, date, heure.

L'indice de mobilité est estimé à partir de la végétation présente sur l'atterrissement. Trois classes sont distinguées :

1. Atterrissement à nu ou peu densément végétalisé : mobilité forte,
2. Atterrissement colonisé par des herbacées denses et quelques arbustes : mobilité moyenne,
3. Atterrissement stabilisé par des arbustes de manière plus dense, voire des essences arborescentes : mobilité faible.



*Exemples de notation de mobilité*

En dernier lieu, une analyse granulométrique est réalisée sur les sédiments en stock pour servir notamment de données d'entrées au calcul du transport solide. La méthodologie d'analyse granulométrique est détaillée dans le chapitre concerné (III.5).

## ***IV.2. Répartition de la charge sédimentaire en transit***

Le volume de sédiments stockés dans le lit mineur a été synthétisé par cours d'eau et par tronçon homogène d'une part et puis par secteur de 250 m tout le long des cours d'eau étudiés afin de visualiser la répartition spatiale des atterrissements. Les résultats sont illustrés dans le tableau et les figures ci-dessous ainsi que dans l'atlas cartographique (Cf. Planches 21 et 22).

La planche 23 permet la localisation des atterrissements levés.

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire (m)	Nbre d'atterrissement	Volume sédimentaire difficilement mobilisable (m <sup>3</sup> )	Volume sédimentaire moyennement mobilisable (m <sup>3</sup> )	Volume sédimentaire facilement mobilisable (m <sup>3</sup> )	Total du volume sédimentaire en transit (m <sup>3</sup> )	Volume par Km (m <sup>3</sup> /Km)
Préconil	TH PRE 1	1310.33	15.00	0.0	172.1	23.6	195.7	149.3
	TH PRE 2	1538.18	12.00	0.0	402.2	9.0	411.2	267.4
	TH PRE 3	2806.90	82.00	303.3	2149.5	1126.1	3578.8	1275.0
	TH PRE 4	1024.75	52.00	33.5	1728.7	1925.4	3687.6	3598.5
	TH PRE 5	2714.50	11.00	296.2	186.7	461.5	944.5	347.9
	TH PRE 6	888.11	4.00	0.0	0.0	3332.1	3332.1	3751.8
	TH PRE 7	674.96	10.00	0.0	24.9	49.2	74.0	109.7
Préconil		10957.73	186.00	632.98	4664.04	6926.82	12223.84	1357.09
Emponse	TH EMP 1	544.31	3.00	0.0	12.4	5.2	17.6	32.3
	TH EMP 2	291.47	6.00	5.4	2.0	1.8	9.2	31.6
	TH EMP 3	157.61	15.00	0.0	3.0	22.2	25.2	160.2
	TH EMP 4	834.36	7.00	0.0	66.7	0.8	67.5	81.0
	TH EMP 5	353.10	9.00	102.7	0.0	11.1	113.9	322.4
Emponse		2180.85	40.00	108.12	84.15	41.15	233.42	125.48
Gourier	TH GOU 1	505.79	34.00	0.0	154.0	25.8	179.9	355.6
	TH GOU 2	1122.51	16.00	1.2	6.6	10.2	18.0	16.0
	TH GOU 3	769.94	4.00	0.0	1.8	5.2	7.0	9.1
Gourier		2398.24	54.00	1.20	162.44	41.23	204.87	126.91
Vallon des Prés	TH VPR 1	1111.92	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TH VPR 2	638.75	5.00	0.0	256.4	0.0	256.4	401.4
Vallon des Prés		1750.67	5.00	0.00	256.36	0.00	256.36	200.68
Couloubrier	TH COU 1	715.60	1.00	0.0	30.7	0.0	30.7	42.9
	TH COU 2	922.75	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TH COU 3	418.92	6.00	0.0	4.5	3767.2	3771.7	9003.2
	TH COU 4	1031.04	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Couloubrier		3088.31	7.00	0.00	35.19	3767.17	3802.36	2261.53
Bouillonnet	TH BOU 1	1189.14	10.00	0.0	43.2	1.2	44.4	37.3
	TH BOU 2	735.35	4.00	0.0	138.7	0.0	138.7	188.7
	TH BOU 3	721.79	324.00	742.3	5680.3	10797.5	17220.1	23857.4
Bouillonnet		2646.28	338.00	742.30	5862.20	10798.68	17403.18	8027.78
<b>TOTAL</b>			<b>630.0</b>	<b>1484.6</b>	<b>11064.4</b>	<b>21575.1</b>	<b>34124.0</b>	<b>1659.0</b>
				<b>4.4%</b>	<b>32.4%</b>	<b>63.2%</b>		

Tableau 10 : Synthèse des données sur la charge sédimentaire en transit

Les volumes mobilisables pour les différents cours d'eau apparaissent élevés avec plus de 17 000 m<sup>3</sup> de matériaux. Compte tenu des incertitudes inhérentes à la méthode, il est possible de l'estimer entre 15 000 et 20 000 m<sup>3</sup>.

Les stocks disponibles sont essentiellement présents sur les tronçons aval des cours d'eau. C'est particulièrement le cas pour le Préconil dont le dernier tronçon présente une pente très faible et est sous influence maritime. C'est également le cas pour le Couloubrier dont le tronçon situé en aval de gorges présente une forte rupture de pente et constitue une zone d'épanchement et de sédimentation très large.

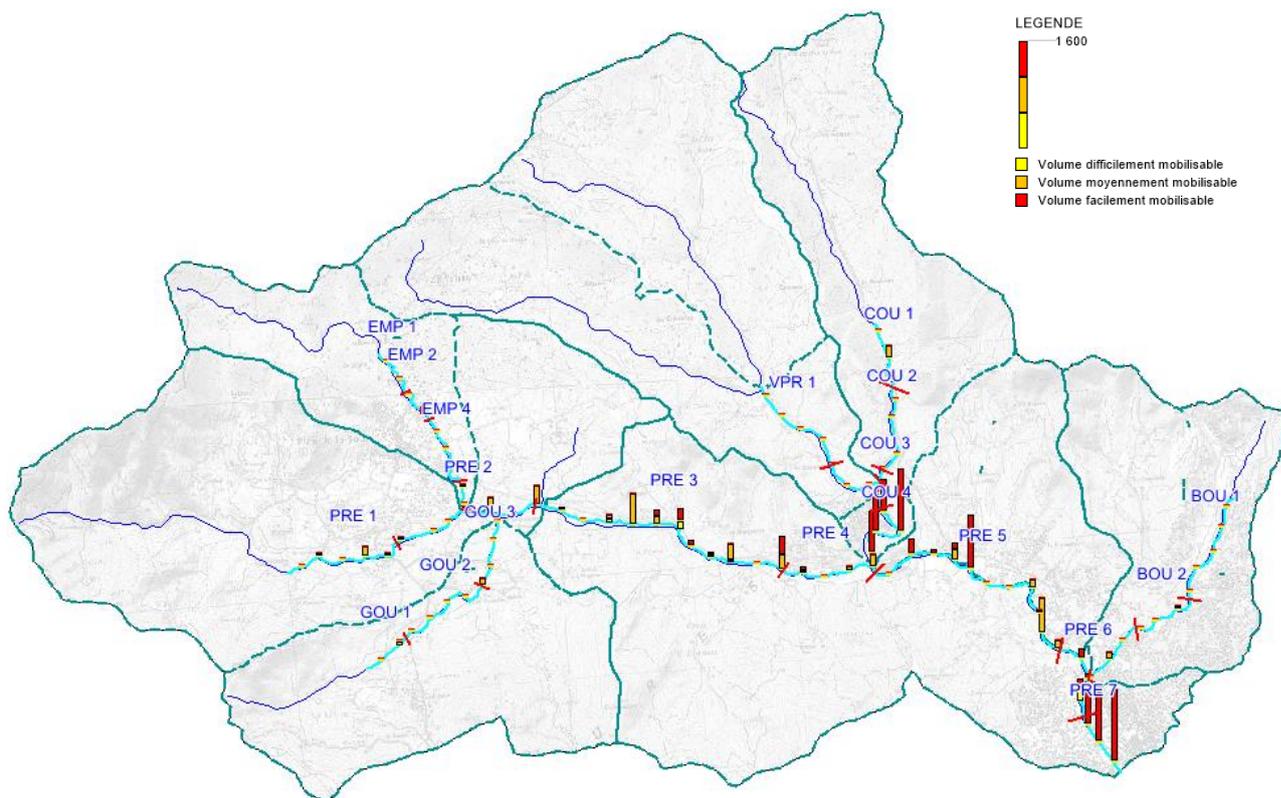
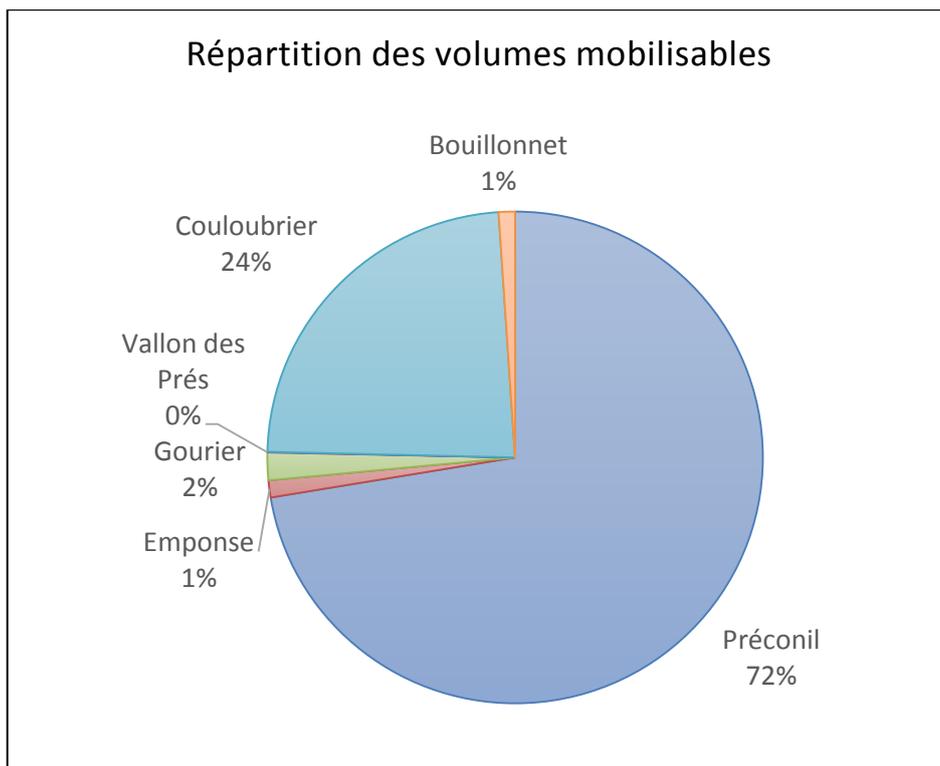


Figure 9 : Volume mobilisable par secteur de 250 ml

Les volumes mobilisables (Cf. Planches 21 et 22) sont très inégalement répartis entre les différents cours d'eau. Le Préconil et le Couloubrier totalisent 96% des stocks, les petits affluents ne représentant que 4%.

Il faut relativiser la signification de ces résultats bruts, l'absence apparente de stock sédimentaire ne signifie pas pour autant que le cours d'eau n'est pas actif et qu'en période de crues il ne génère pas de flux sédimentaires significatifs. Les apports proviendraient alors du bassin versant et seraient transportés jusqu'au confluent sans être stockés temporairement : cas des sables.

Ces résultats peuvent également provenir d'un biais de la méthodologie utilisée. Sur les petits cours d'eau, le lit peut parfois être entièrement assimilé à un stock disponible. Les sédiments accumulés ne forment pas d'atterrissements mais exhausent de façon homogène l'ensemble du lit. C'est particulièrement le cas sur le Vallon des Prés où le lit, sur de grands linéaires, est de nature sablo-graveleuse. Dans ces conditions, il peut être assimilé à un volume stocké mobilisable.



*Figure 10 : Volume mobilisable pour les différents cours d'eau étudiés*

Cette forte disparité peut également s'expliquer par la période d'investigation de terrain qui a pénalisé le levé des atterrissements sur les petits cours d'eau. En période hivernale, les débits fluctuent rapidement et peuvent recouvrir la totalité du lit et les dépôts présents.

Compte tenu de la taille et de la longueur des petits affluents, la quantification globale du volume en transit reste juste et n'est pas remise en cause.

### IV.3. Indice de mobilité des atterrissements

Globalement, les volumes stockés apparaissent mobiles, seuls 4% des atterrissements sont difficilement mobilisables. La majorité des volumes sont ainsi facilement mobilisables.

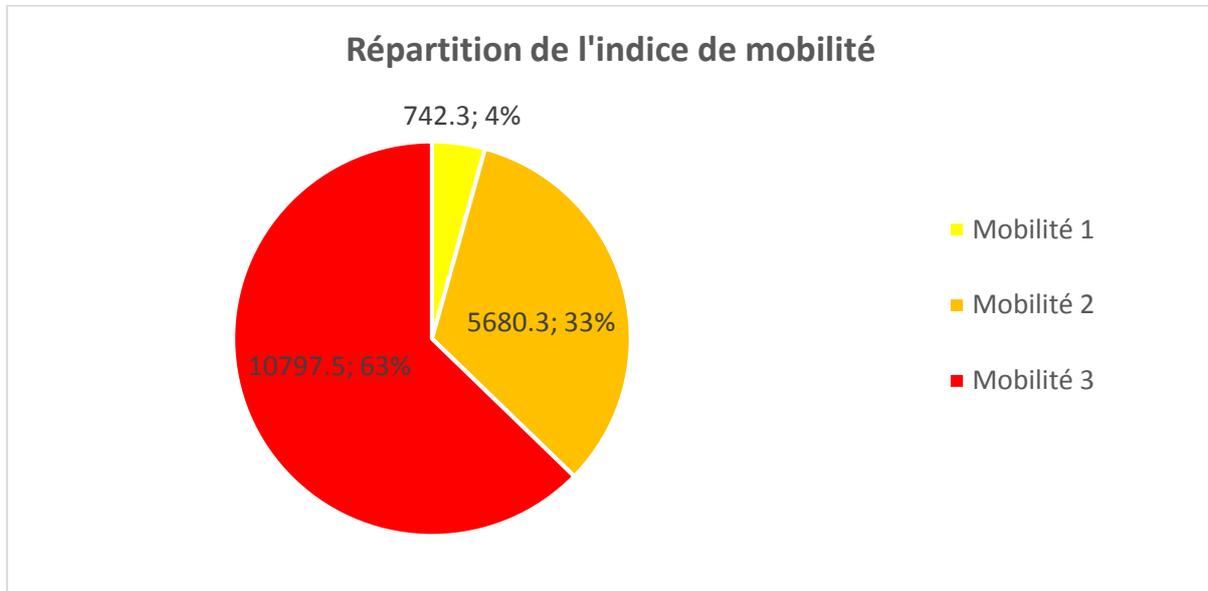


Figure 11 : Indices de mobilité (Etiquette : Volume en m<sup>3</sup> ; %)

Il faut toutefois préciser que la forte prédominance de l'indice 3 « facilement mobilisable » s'explique par l'ajout après la phase de terrain de deux atterrissements (TH PRE 7 et TH COU 4) présentant de grande surface, afin de tenir compte des stocks présents en aval du Préconil et du Couloubrier.

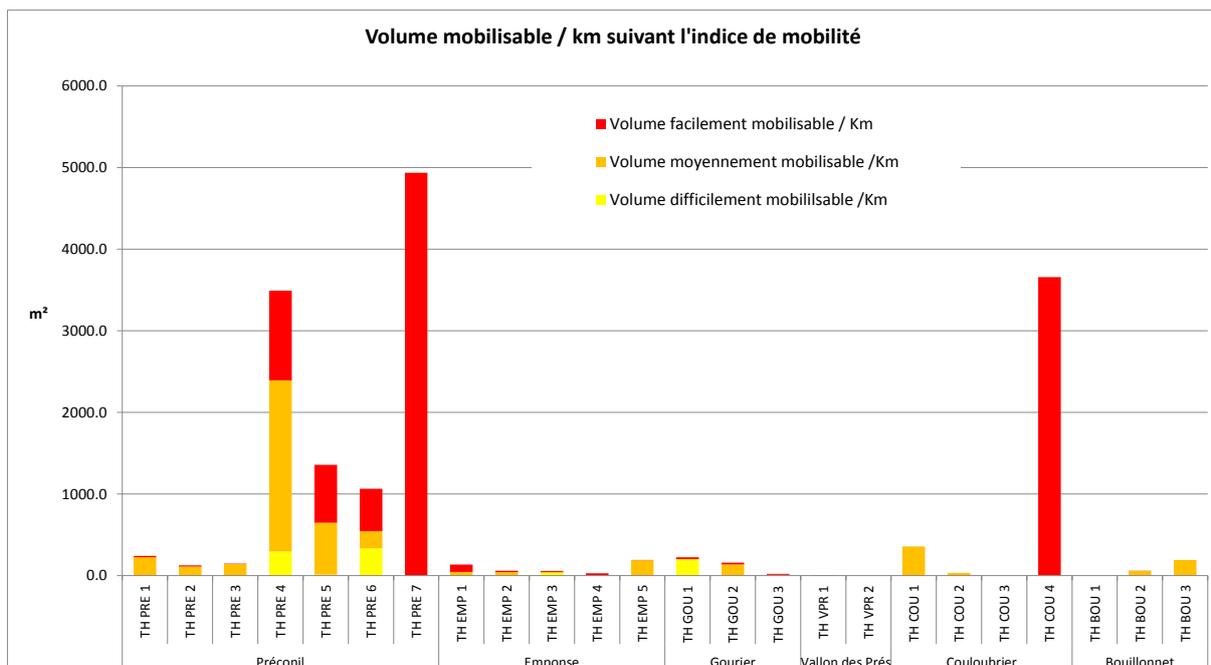


Figure 12 : Volume mobilisable par Km suivant l'indice de mobilité

## ***IV.4. Phénomène de pavage et d'armure***

Le pavage et l'armure caractérisent deux états différents de l'assemblage des matériaux grossiers à la surface du lit mineur :

**Concept de pavage** : les matériaux sont imbriqués de telle manière que leur mise en mouvement se fait pour des crues très fortes à exceptionnelles. Pour des crues plus réduites, cette couche de surface n'est pas déstructurée. Les conditions très particulières (notamment une faible charge solide de fond (débit solide)) de formation de cette structure ne se rencontrent pas sur le Préconil. Aucun linéaire n'est concerné.

**Concept d'armure** : les matériaux grossiers s'imbriquent entre eux par élimination des sédiments fins. Ces matériaux de surface ont donc une granulométrie plus grossière que la sous-couche en dessous. Cette armure est donc plus stable que sa sous-couche. Son remaniement est néanmoins fréquent (compris selon la bibliographie entre plusieurs jours par an et une crue biannuelle ; indéterminable sur le Préconil). Cette structure se retrouve très localement sur le Préconil. Deux limites s'opposent néanmoins à la formation d'une armure sur le Préconil et ses affluents :

- L'armure n'existe plus à partir du moment où une matrice sableuse persiste entre les éléments grossiers.
- Il n'est pas possible de considérer la présence d'une armure sur des zones où le substrat est affleurant et où la continuité des sédiments est régulièrement interrompue par la roche (zone amont et de gorge).

Pour le Préconil ce concept d'armure est à prendre avec recul compte tenu de la forte proportion de sédiments fins dans la charge solide. De fait, les rares secteurs où la proportion de grossiers domine restent très réduits et ne traduisent pas de dynamiques morphologiques particulières ni de dysfonctionnements.

Les seuls linéaires où une armure peut être considérée sont :

- Emponse aval (linéaires très réduits)
- Préconil amont (amont PRE1)
- Couloubrier amont (COU1) et très localement sur le Couloubrier aval (COU4, limite d'appréciation de la structure)

Sur tous les autres secteurs, la proportion de sable nous amène à ne pas considérer les éléments grossiers en surface comme une armure. Bien évidemment, ce constat s'intensifie vers l'aval où l'accumulation de sable est plus importante.

Ces linéaires ne sont pas de nature à avoir une influence significative sur l'hydromorphologie du Préconil et de ses affluents.

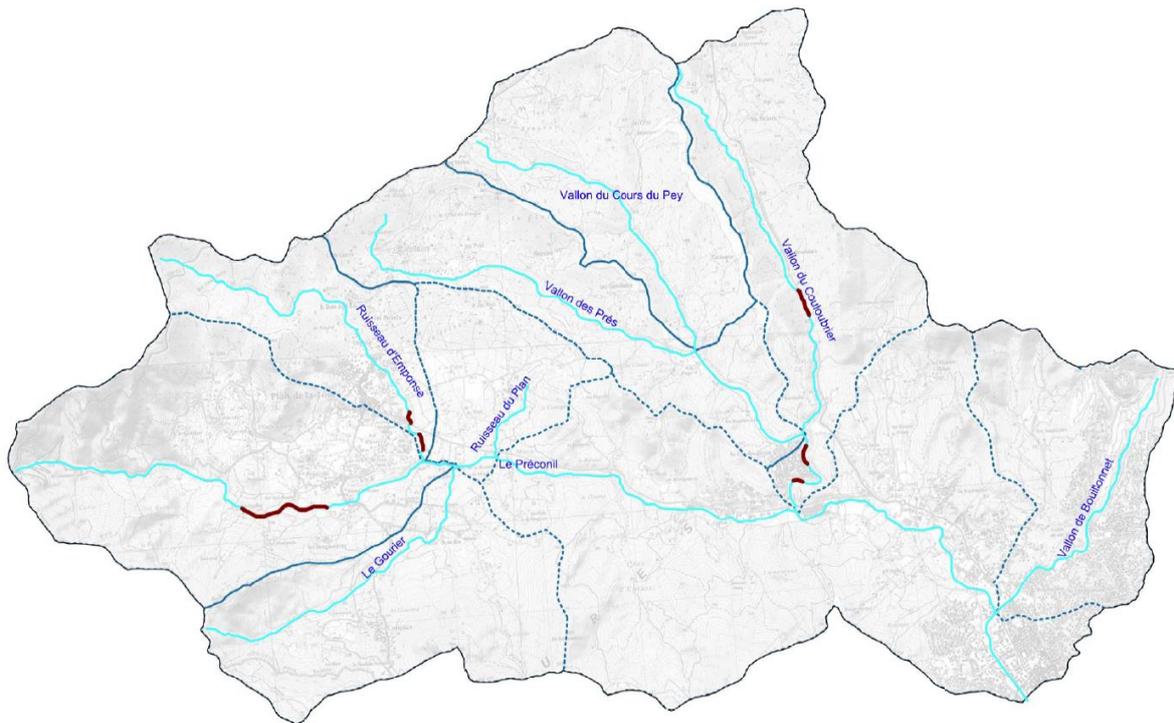


Figure 13 : secteur présentant une structure des sédiments en armure (Cf. Planche 24)

## **IV.5. Analyse granulométrique des sédiments**

### **IV.5.1. Méthodologie**

La granulométrie a été réalisée à partir d'une analyse de photographies prises verticalement sur le terrain avec une indication d'échelle. L'exploitation des photographies est la suivante :

- Calage des photographies à l'échelle sur Autocad ;
- Création d'une grille d'échantillonnage aléatoire ;
- Traçage des axes B (longueurs courtes) des différents éléments interceptés par les nœuds de la grille ;
- Export des longueurs mesurées sur Excel et traçage de la courbe granulométrique.



Figure 14 : Analyse photographique de la granulométrie

Les limites d'application de cette méthode sont les suivantes :

- Exploitation impossible sur des surfaces en eau ;
- Le traçage des particules fines et des sables, de l'ordre du millimètre s'avère impossible (argiles et sables), ou imprécis (graviers) ;
- Forte disparité sur le terrain et difficulté de choisir une placette représentative : il est montré dans des études (Mosley et Tindale, 1985) que le volume de sédiments à prélever pour avoir une analyse statistique valable est de 64 échantillons de 120 éléments pour la couche de surface et 200 échantillons de 100 kg pour la sous couche (soit 20 tonnes). Devant l'impossibilité de recourir à de telles mesures, le choix d'une placette pour l'échantillonnage est fait visuellement sur celle qui apparaît à l'échelle de la zone considérée comme la plus représentative d'une granulométrie moyenne. Sont ainsi éliminés les dépôts fins ou éléments trop grossiers se trouvant dans des zones protégées ou de courant trop fort.

A partir des courbes granulométriques ont été définies les valeurs suivantes de distribution des échantillons granulométriques :

- D10 : Décile inférieur : 10 % des éléments mesurés ont une taille inférieure à D10 (en mm) ;
- D50 : Médiane : la moitié des éléments mesurés ont une taille inférieure à D50 (en mm) ;
- D90 : Décile supérieur : 10 % des éléments mesurés ont une taille supérieure à D90 (en mm) ;

La granulométrie a été réalisée à partir des éléments de surface. La sous-couche n'a pas pu faire l'objet d'un échantillonnage en raison de la taille trop fine des particules, qui aurait demandé une analyse de type volumétrique en laboratoire.

Cependant l'objectif de l'analyse granulométrique est de définir les caractéristiques des sédiments déposés afin de cerner la capacité de transport des différents tronçons. A ce titre, l'analyse des sédiments superficiels apparaît suffisante.

#### IV.5.2. Cas des matériaux exogènes

Des matériaux exogènes en quantités importantes se retrouvent en proportion croissante vers l'aval dans le Préconil et ses affluents. Ils ont pour origine des dépôts sauvages, des remblais divers plus ou moins importants et une zone de décharge très importante, non autorisée et très ancienne (+/- 50ans), sur le Couloubrier (COU2).

La méthode d'analyse de la proportion de ces matériaux est similaire (réalisé sur les mêmes photographies que la granulométrie) à celle mise en œuvre pour l'analyse granulométrique : comptage sur un échantillon de 100 éléments du nombre de matériaux exogènes (en faisant attention visuellement à ce que la granulométrie moyenne de ces matériaux soit similaire à ceux naturels). Si disponible, une moyenne entre plusieurs clichés est extraite pour une même zone. L'estimation du volume de matériaux exogènes dans le lit mineur vient du croisement de cette proportion de matériaux et de l'estimation que nous avons des volumes de stock de sédiments.

La proportion de ces matériaux en aval de COU2 et en aval de PRE 4 devient progressivement très importante. Si ces apports ne sont pas naturels et perturbent la qualité écologique du cours d'eau, d'un point de vue du transport solide, ces matériaux réagissent de la même manière que des matériaux naturels et sont donc traités de façon similaire dans les analyses granulométriques. La proportion de ces matériaux exogènes est maximum sur le Couloubrier avec la présence de 8 et 16 % de matériaux exogènes sur deux échantillons. Sur le Préconil, cette proportion est de 2 à 3 % sur l'amont de PRE3 et augmente à 5-6% sur PRE4 et 4-5% sur PRE 5.

A noter que les photographies sur lesquelles ces estimations se basent ont été prises sur des espaces où la proportion de matériaux était moyenne et non pas maximum. Localement, certains espaces en aval du Couloubrier présentent une proportion de matériaux exogènes potentiellement plus importants.

Ces éléments apportés de façon continue depuis environ 50 ans restent malgré tout "récents" à l'échelle de l'évolution morphodynamique du Préconil et se trouvent en surface et sub-surface.

Une approximation du volume en stock par l'application des ratios sur les linéaires constatés nous donne une valeur de l'ordre de 1 050 m<sup>3</sup>. Cette valeur doit être prise comme indicative, la marge d'erreur sur ce calcul pouvant être importante. Elle ne donne par ailleurs pas d'indication sur les volumes apportés depuis 50 ans, notamment sur le COU2 dont la somme pourrait être un multiple allant jusqu'à plusieurs dizaines de fois ce stock en transit.

### IV.5.3. Localisation des stations granulométriques

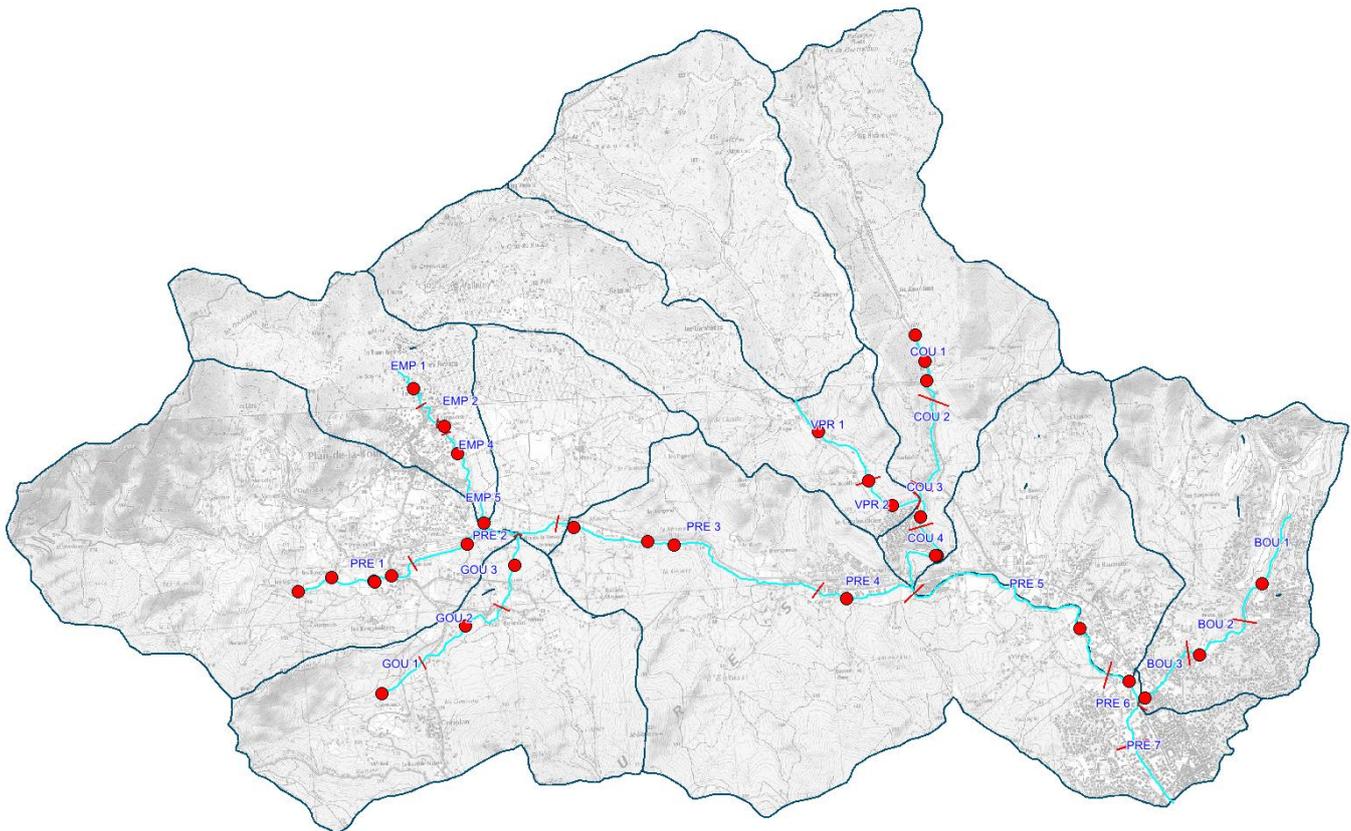


Figure 15 : Stations granulométriques (Cf. Planche 25)

Au minimum un échantillonnage est réalisé par TH sauf contraintes spécifiques où les conditions d'échantillonnage ne peuvent être réunies compte tenu des contraintes du terrain.

Les courbes granulométriques obtenues sont consultables en annexe 2.

### IV.5.4. Résultats des stations granulométriques

#### IV.5.4.1. Données bibliographiques

Les données bibliographiques concernant le Préconil, sont difficilement exploitables dans ce chapitre. En effet les analyses granulométriques réalisées dans les précédentes études (Aménagement d'un port à sec et de ports abris sur les berges du Préconil ; ERAMM ; 2009 ou Dossier d'Autorisation pour les travaux de curage d'entretien du Préconil ; IDRA ; 2014) avaient pour objectif de caractériser la matrice sableuse observée sur le Préconil.

Ces analyses granulométriques ont toutefois permis de définir les caractéristiques du sable : le D50 est centré sur une valeur de 1000  $\mu\text{m}$  (soit 1 mm).

#### IV.5.4.2. Données issues des investigations de terrain

Les graphiques suivants donnent par Tronçons Homogènes les grandeurs caractéristiques D10, D50, D90 et D moyen.

Lorsque plusieurs analyses concernent un même TH, seule la moyenne de ces analyses a été exploitée. Pour mémoire, la classification granulométrique utilisée est celle de Wentwort modifiée par Malavoi et Souchon (1989).

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A

Tableau 11 : Classification granulométrique (Wentworth modifiée par Malavoi et Souchon)

Les données brutes sont synthétisées dans le tableau ci-après.

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Distance à la source	D 10	D 30	D 50	D 84	D 90	D moyen
Préconil	TH PRE 1	0.52	8.05	15.13	25.60	61.28	73.18	36.19
	TH PRE 2	1.81	10.90	19.30	27.50	63.70	87.80	38.25
	TH PRE 3	2.51	12.63	22.17	32.97	64.53	76.07	39.23
	TH PRE 4	4.74	20.60	30.40	50.70	88.80	95.20	53.32
	TH PRE 5	7.53	4.10	23.50	33.70	67.40	73.20	40.21
	TH PRE 6	8.31	5.50	22.20	31.20	59.30	69.40	35.76
	TH PRE 7	-	-	-	-	-	-	-
Emponse	TH EMP 1	0	5.5	7.4	10.6	25.1	31.1	17.231
	TH EMP 2	-	-	-	-	-	-	-
	TH EMP 3	0	6.2	10.5	15.8	41.8	55.4	25.47
	TH EMP 4	0	12.1	25.1	32.5	71.4	77.5	41.51
	TH EMP 5	0	8.4	17.5	43.5	106.8	128.7	60.552
Gourier	TH GOU 1	0.00	21.00	35.30	50.50	85.90	93.70	69.50
	TH GOU 2	1.09	4.40	6.30	9.30	19.10	21.20	12.76
	TH GOU 3	2.03	3.30	4.50	5.60	8.80	10.40	6.28
Vallon des Prés	TH VPR 1	0.00	2.40	5.20	8.20	13.90	18.70	16.16
	TH VPR 2	1.07	5.30	15.00	28.50	63.10	75.20	35.06
Couloubrier	TH COU 1	0.24	11.33	25.23	38.47	68.83	80.47	43.98
	TH COU 2	-	-	-	-	-	-	-
	TH COU 3	1.92	6.30	13.70	22.70	48.30	52.00	26.32
	TH COU 4	2.39	7.65	22.50	36.20	85.55	105.70	48.45
Bouillonnet	TH BOU 1	0.75	10.50	30.40	43.60	68.90	84.50	46.80
	TH BOU 2	1.80	7.00	13.30	25.30	58.20	64.60	30.90
	TH BOU 3	2.53	10.60	21.50	33.30	55.30	61.20	36.40

Tableau 12 : Synthèse des granulométries sur les différents cours d'eau

### IV.5.4.3. Stations granulométriques sur le Préconil

Sur le Préconil, il n'y a pas d'évolution notable de la granulométrie d'amont en aval. Le diamètre moyen correspond à la classe de cailloux grossiers.

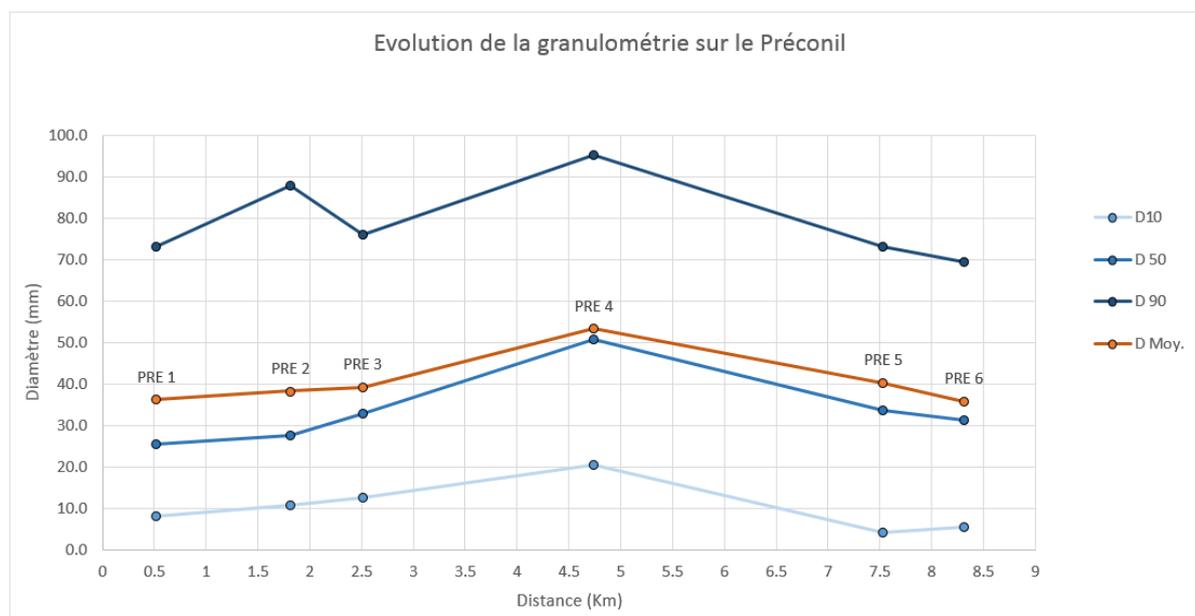


Figure 16 : Evolution de la granulométrie des atterrissements sur le Préconil

L'apport des affluents n'est pas visible dans les résultats des granulométries. Notamment les apports massifs de sables par le ruisseau du Plan et les apports plus hétérogènes du Couloubrier.

Il n'a pas été possible de relever les caractéristiques granulométriques sur le TH PRE 7, ce tronçon étant sous l'influence maritime et continuellement en eau. Cependant les observations de terrains permettent de mettre en évidence une granulométrie plus fine à dominante sableuse.

Cette analyse basée sur des échantillons considérés comme représentatif ne rend pas suffisamment compte d'une appréciation de terrain qui traduit une plus forte proportion de matériaux fins du type sable et gravier vers l'aval, notamment à partir du lieu-dit "Le rivet", 700 m en amont de l'entrée de Camp Ferrat. Ce constat abonde dans le sens des limites inhérentes à la mesure d'une granulométrie moyenne établi dans la bibliographie existante.

Pour pallier à ce problème, l'analyse du transport sédimentaire sera réalisée dans un premier temps sur la base de ces granulométries et sera ensuite forcée sur une granulométrie de type sable pour apprécier ce constat de terrain.

#### IV.5.4.4. Stations granulométriques sur les affluents

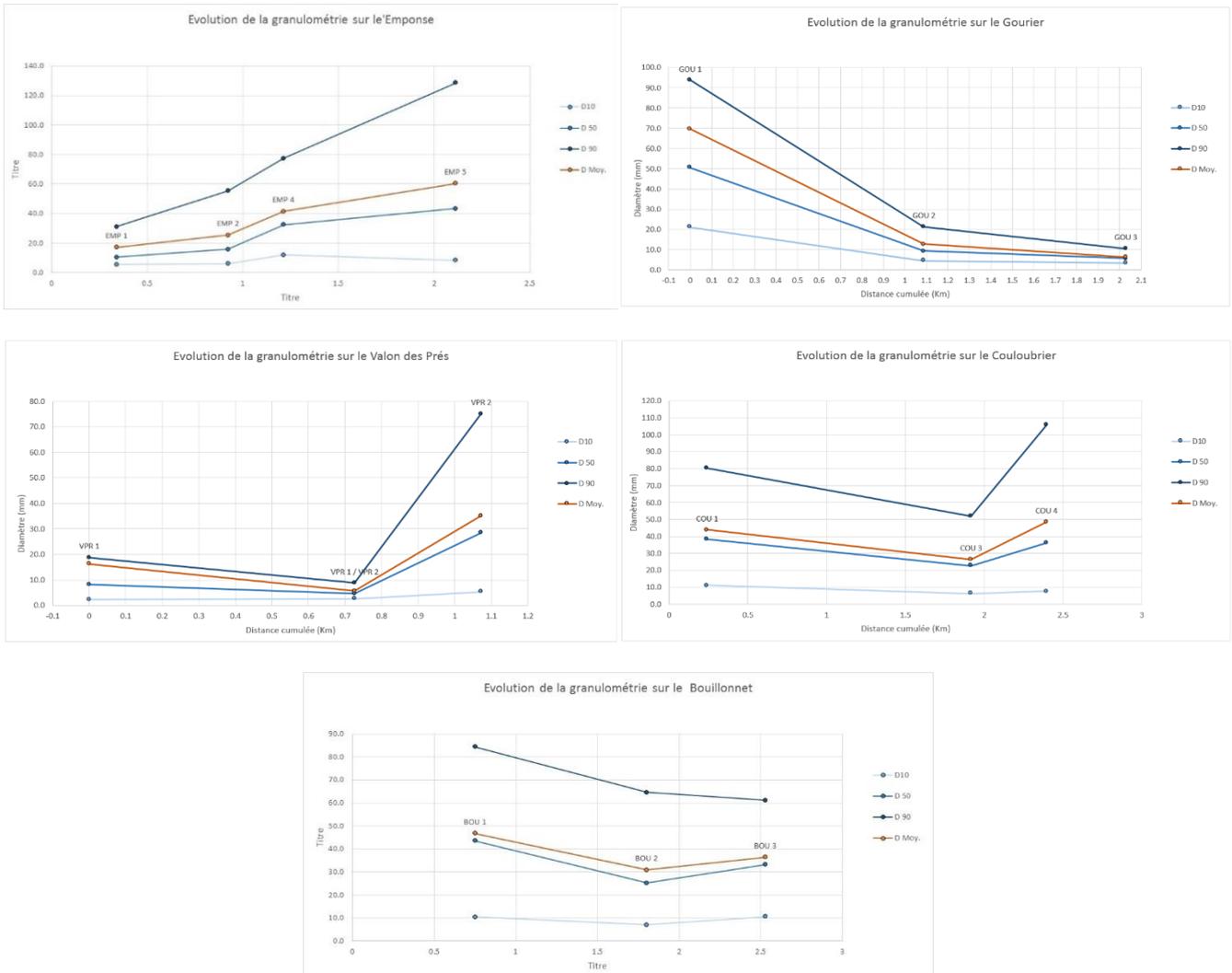


Figure 17 : Evolution de la granulométrie des atterrissements sur les affluents

Le ruisseau d'Emponse montre une augmentation continue de la taille granulométrique des sédiments. Cette configuration atypique s'explique certainement par l'augmentation des pentes sur les tronçons aval de l'Emponse et par la présence de roche mère granitique susceptible d'apporter des éléments grossiers.

Le Couloubrier et le Vallon des Prés présentent une baisse puis une augmentation des mesures ainsi qu'un élargissement de l'éventail granulométrique. Cette particularité correspond également aux secteurs de gorges et provient de la présence d'importants affleurements rocheux qui accroissent fortement la pente et augmentent la capacité de transport du cours d'eau. La largeur du lit y est faible et les matériaux majoritairement transportés quelle que soit leur granulométrie. De fait, l'échantillon ne semble pas représentatif de ce secteur où la quantité de sédiments en stock est faible. Ces secteurs de gorges constituent également des

zones privilégiées d'apport en matériaux grossiers depuis les versants. A la sortie de ces zones de gorges, les cours d'eau s'élargissent et les matériaux transportés sédimentent massivement.

Les sédiments analysés sur le Vallon des Prés apparaissent nettement plus fins que sur le Coulobrier et traduisent la différence de pente entre les deux cours d'eau.

Sur le Gourier, la granulométrie décroît d'amont en aval. Au droit de la confluence les matériaux sont assez homogènes, centrés autour de 5-20 mm et à dominante graveleuse.

Le Bouillonnet présente une granulométrie relativement homogène, centrée sur une classe de 30-50 mm, avec toutefois une station amont légèrement plus grossière.

#### IV.5.4.5. Stations granulométriques sur l'ensemble des cours d'eau

Le diamètre moyen des stations granulométriques des affluents au niveau de la confluence apparaît, sauf pour le ruisseau d'Emponse, toujours inférieur à celui du Préconil. Les apports des affluents semblent donc de nature plus fine que les sédiments transitant dans le confluent. Le ruisseau d'Emponse et dans une moindre mesure le Bouillonnet présentent des apports supérieurs ou légèrement supérieurs à la granulométrie moyenne du Préconil.

Le diamètre moyen des sédiments charriés sur le Préconil ou observés à la confluence des émissaires est cependant très homogène et est compris dans la classe des Cailloux grossiers (32-64 mm).

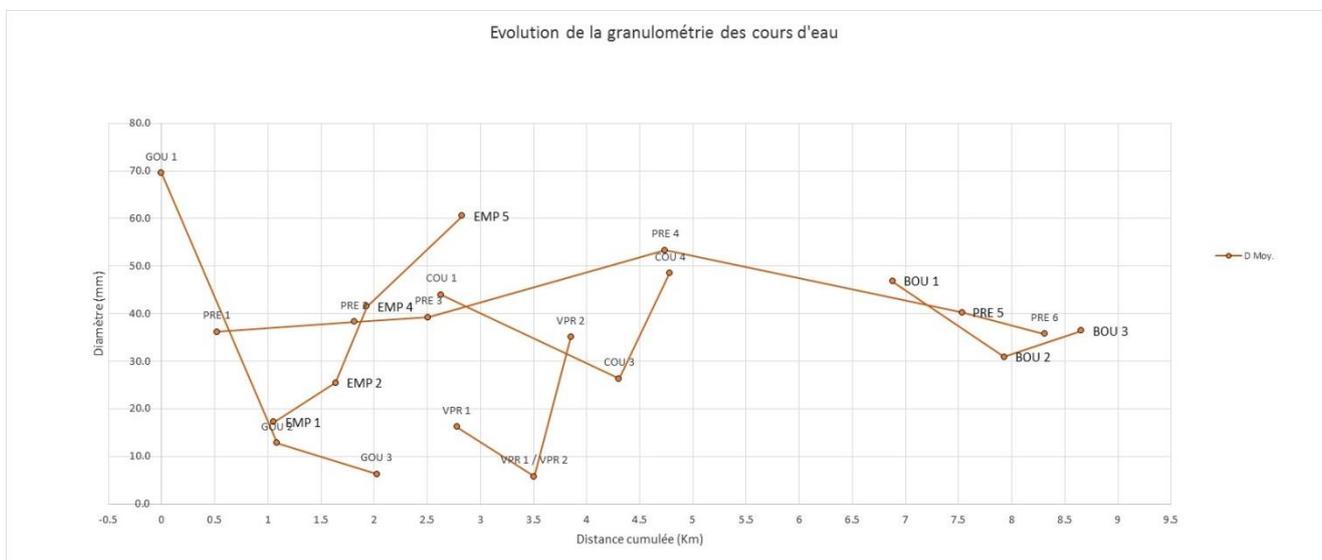


Figure 18 : Evolution du D moy. Pour l'ensemble des cours d'eau

#### IV.5.4.6. Comparaison avec les analyses granulométriques de SOGREAH en 2002

Sogreah a réalisé des analyses granulométriques par tamisage en laboratoire en 2002. Il n'est pas donné d'indications sur la méthodologie de prélèvements si ce n'est le poids de l'échantillon. Les résultats de ces granulométriques sont globalement beaucoup plus faibles que les analyses réalisées dans le cadre de cette étude avec :

- Un D30 compris entre 1 et 0.33 mm,
- Un D50 évoluent entre 2 et 0.38 mm,
- Un D90 compris entre 4.5 et 0.7mm.

Ces granulométriques traduiraient plutôt la sous-couche que nous avons pu observer en creusant le sol sur quelques dizaines de centimètres. Deux hypothèses peuvent être établies :

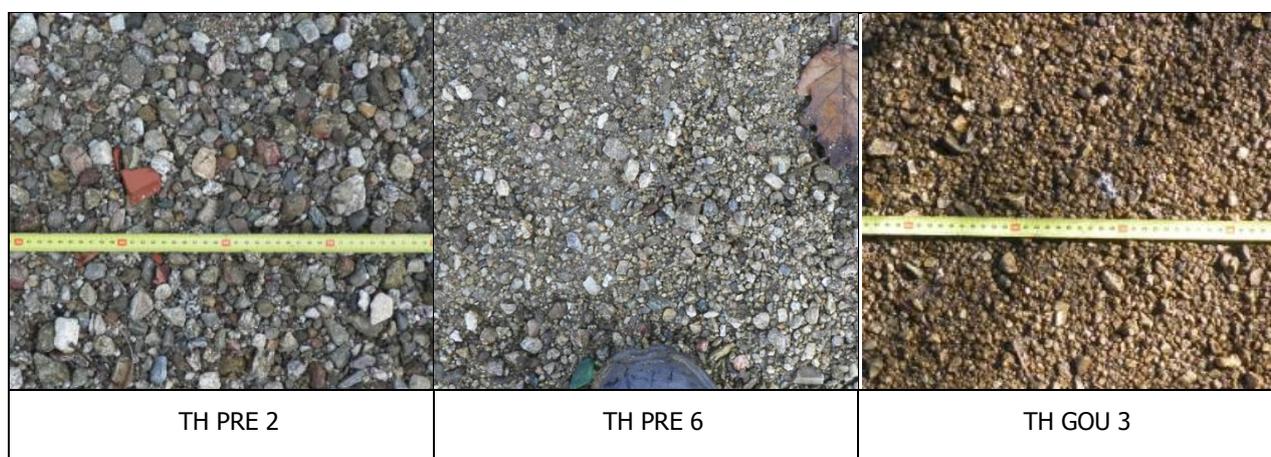
- Les granulométriques de Sogreah ont été réalisées sur la sous-couche,
- La proportion de sables en surface était plus importante en 2002, lors de ces échantillonnages.

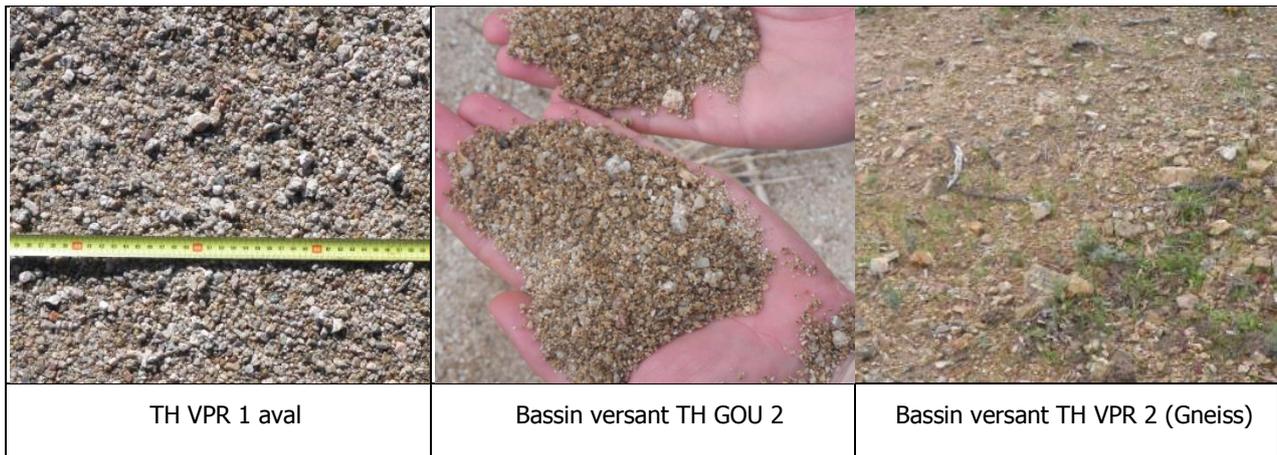
Cette dernière hypothèse pourrait être corrélée avec le fait que les crues plus faibles à cette période ont majoritairement transporté du sable sur le tronçon échantillonné de plus faible pente.

#### IV.5.5. Forme et origine des sédiments

Les observations réalisées durant la prospection de terrain sur l'ensemble des cours d'eau et sur les deux journées de parcours du bassin versant permettent d'apporter des enseignements quant à la forme et l'origine des sédiments et tout particulièrement les sédiments fins.

Rappelons que les sédiments fins, présents de façon suffisamment importante pour constituer le fond du lit ou former des atterrissements homogènes, se rencontrent sur les TH PRE3 à PRE6, VPR1 et 2, GOU1 (aval) et GOU2, ainsi que COU3.



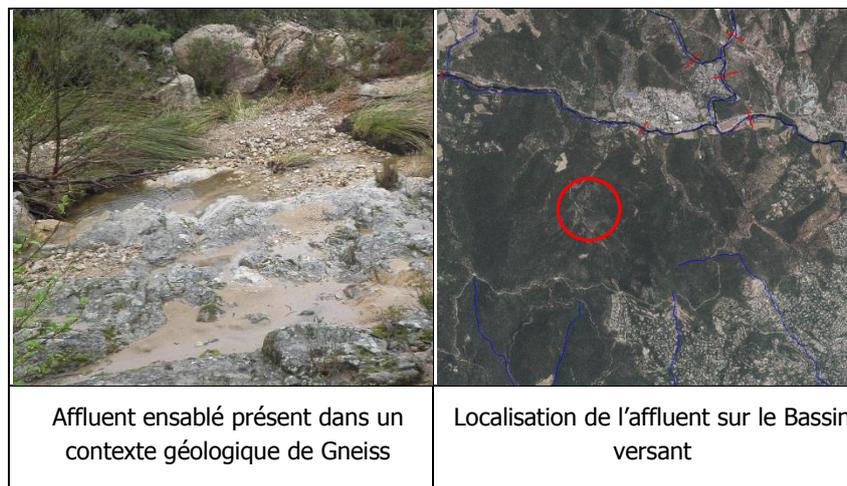


*Exemples de sédiments observés sur quelques tronçons et bassins versants*

Ainsi sur le Tronçon PRE 2, les matériaux, sans toutefois être exempts d'une fraction fine, sont plus grossiers. Ils apparaissent anguleux et ont subi une faible abrasion.

Les matériaux retrouvés dans les lits des tronçons de cours d'eau fortement chargés en sable-gravier, sont comparables à ceux observés sur les bassins versants constitués d'Arènes granitiques, les grains sont de même taille et présentent le même aspect brut et anguleux.

L'absence d'évolution de la forme des grains et la conservation de ces caractéristiques y compris sur les tronçons les plus aval du bassin (PRE 6) renseignent sur la vitesse de transport de cette classe granulométrique. Ces matériaux migrent pour une large gamme de débits et sont rapidement transportés vers l'embouchure. **Une seule crue importante est suffisante pour assurer le transport des sables-graviers de l'amont jusqu'à l'embouchure.**



Sur des bassins géologiquement constitués de Gneiss, les matériaux fins sont nettement moins dominants mais ils présentent les mêmes caractéristiques. Certains affluents situés dans ce type de bassin versant peuvent présenter des signes d'ensablement du lit et des dépôts massifs de sédiments fins.

# V. FACIES D'ÉCOULEMENT

## V.1. Méthodologie

La classification des faciès d'écoulement utilisée est celle préconisée par l'ONEMA et définie par Malavoi et Souchon (1989).

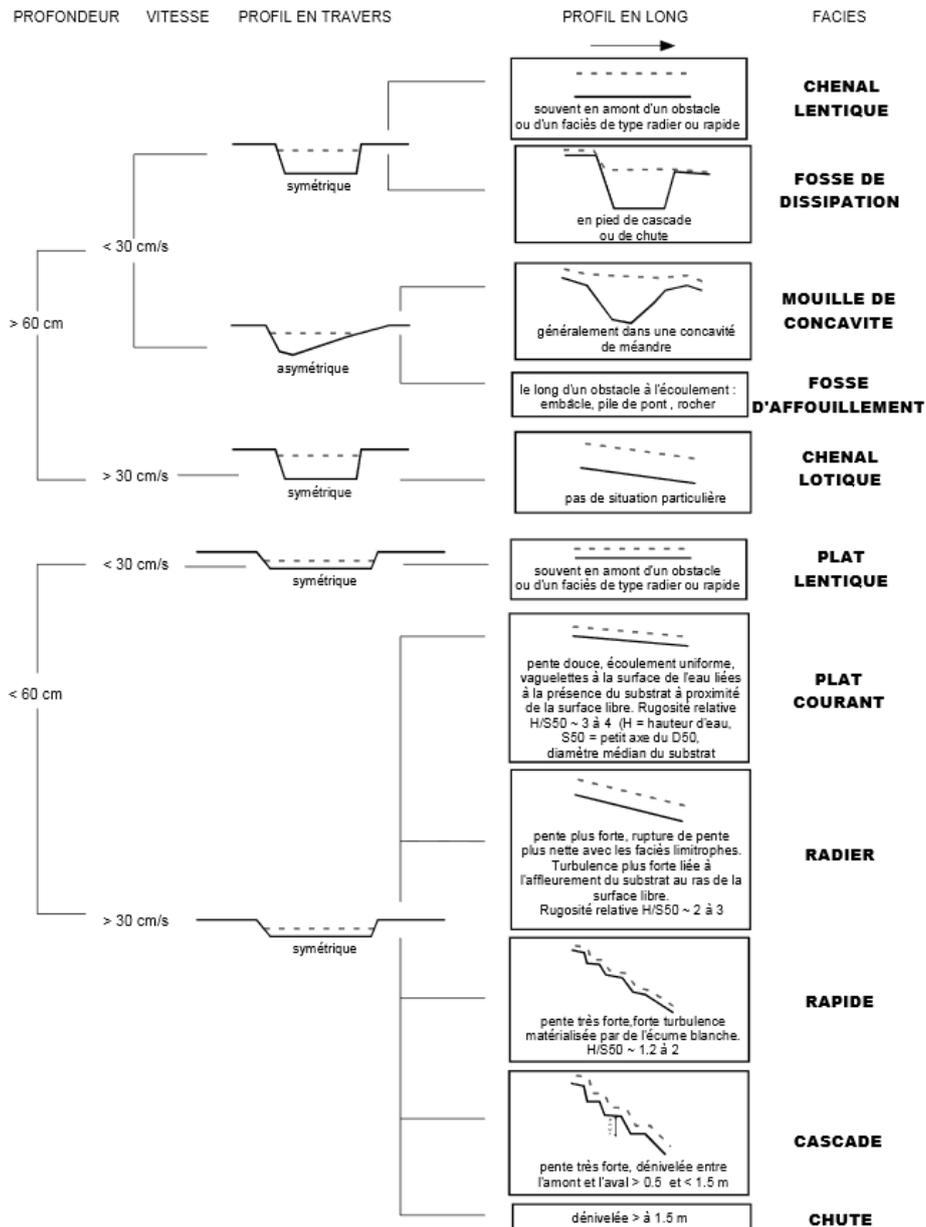


Figure 19 : Classification des faciès d'écoulement selon Malavoi et Souchon (1989)

Les faciès d'écoulement sont classiquement notés à chaque modification. Lors de la prospection de terrain, les modifications se sont avérées trop nombreuses pour pouvoir être exploitées.

La méthodologie a été adaptée de la façon suivante afin de réduire le nombre de données tout en conservant les principales informations :

- Notation du faciès dominant,
- Notation du faciès secondaire,
- Notation de l'alternance sous forme d'un indice de trois classes :
  - ✓ 1 : Alternance faible
  - ✓ 2 : Alternance moyenne
  - ✓ 3 : Alternance forte

Ces informations sont relevées au GPS à chaque changement d'alternance.

## ***V.2. Résultats***

Il faut préalablement rappeler que l'analyse des faciès d'écoulement ne permet qu'une approche globale de la qualité physique du milieu et ne fournit qu'une indication générale sur les potentialités d'accueil des peuplements faunistiques. De plus, il faut préciser que naturellement certains cours d'eau ou tronçons de cours d'eau peuvent présenter des faciès et des alternances de moindre qualité. Ainsi certains tronçons présentant de faible pente, seront naturellement caractérisés par des faciès à dominante lentique et moins diversifiés, sans toutefois présenter de dysfonctionnements particuliers. Aussi l'interprétation de l'analyse des données doit être réalisée en tenant compte des investigations réalisées par la Maison Régionale de l'Eau afin de tenir compte de la qualité des peuplements réellement présents et de leur dégradation éventuelle.

Il faut enfin préciser que les investigations de terrain ont été conduites à une période hydrologiquement favorable puisque l'ensemble des cours d'eau étaient actifs, présentaient un débit assez important et des écoulements plus rapides. Ces conditions peuvent fausser la perception des faciès qui pour des débits moindres pourraient changer de classe ou apparaître plus homogènes.

L'extrait SIG (Cf. Planches 26 et 27) et les tableaux donnés ci-après reprennent les résultats bruts obtenus :

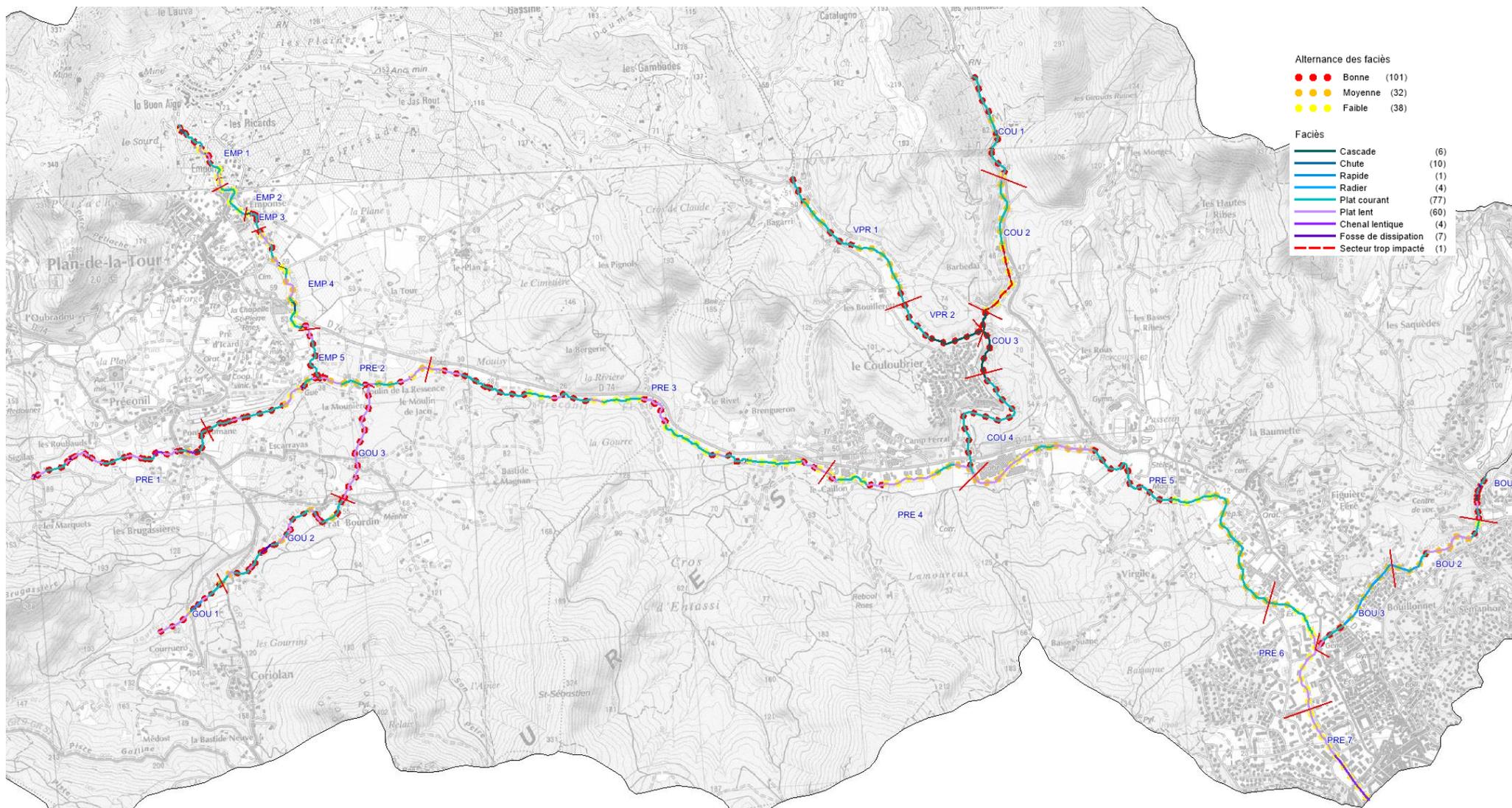


Figure 20 : Faciès d'écoulement et alternance de faciès

## FACIES DOMINANTS :

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire prospecté (m)	Linéaire (m) Chenal lentique	Linéaire Fosse de dissipation (m)	Linéaire Chenal lotique (m)	Linéaire Plat lent (m)	Linéaire Plat courant (m)	Linéaire Radier (m)	Linéaire Rapide (m)	Linéaire Cascade (m)	Linéaire Chute (m)
Préconil	TH PRE 1	1308.14	140.81	7.70	0.00	543.83	556.67	0.00	0.00	59.12	0.00
	TH PRE 2	1539.37	0.00	10.50	0.00	687.35	841.52	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH PRE 3	2842.56	0.00	0.00	0.00	894.45	1914.47	33.64	0.00	0.00	0.00
	TH PRE 4	855.89	0.00	0.00	0.00	506.59	349.30	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH PRE 5	2869.10	0.00	0.00	0.00	863.31	2005.79	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH PRE 6	886.65	0.00	0.00	0.00	552.70	333.95	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH PRE 7	656.30	357.00	0.00	0.00	299.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Préconil		10958.01	497.8 - 4.5 %	18.2 - 0.2 %	0 - 0 %	4347.5 - 39.7 %	6001.7 - 54.8 %	33.6 - 0.3 %	0 - 0 %	59.1 - 0.5 %	0 - 0 %
Emponse	TH EMP 1	542.42	0.00	0.00	0.00	177.44	314.08	0.00	0.00	0.00	50.90
	TH EMP 2	291.47	0.00	0.00	0.00	0.00	291.47	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH EMP 3	184.56	0.00	0.00	0.00	10.10	137.68	0.00	0.00	0.00	36.78
	TH EMP 4	705.30	0.00	0.00	0.00	303.14	320.22	0.00	0.00	0.00	81.94
	TH EMP 5	353.09	0.00	0.00	0.00	106.71	246.38	0.00	0.00	0.00	0.00
Emponse		2076.83	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %	597.4 - 28.8 %	1309.8 - 63.1 %	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %	169.6 - 8.2 %
Gourier	TH GOU 1	491.58	0.00	0.00	0.00	304.72	93.64	54.43	38.79	0.00	0.00
	TH GOU 2	1125.26	0.00	82.90	0.00	308.73	733.63	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH GOU 3	769.94	0.00	0.00	0.00	769.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gourier		2386.78	0 - 0 %	82.9 - 3.5 %	0 - 0 %	1383.4 - 58 %	827.3 - 34.7 %	54.4 - 2.3 %	38.8 - 1.6 %	0 - 0 %	0 - 0 %
Vallon des Prés	TH VPR 1	1039.16	0.00	0.00	0.00	0.00	1039.16	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH VPR 2	638.75	0.00	0.00	0.00	0.00	317.54	0.00	0.00	321.21	0.00
Vallon des Prés		1677.92	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %	1356.7 - 80.9 %	0 - 0 %	0 - 0 %	321.2 - 19.1 %	0 - 0 %
Couloubrier	TH COU 1	737.69	0.00	0.00	0.00	52.46	639.40	23.75	0.00	0.00	22.08
	TH COU 2	405.59	0.00	0.00	0.00	0.00	405.59	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH COU 3	418.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	418.92	0.00
	TH COU 4	996.93	0.00	0.00	0.00	0.00	996.93	0.00	0.00	0.00	0.00
Couloubrier		2559.13	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %	52.5 - 2 %	2041.9 - 79.8 %	23.7 - 0.9 %	0 - 0 %	418.9 - 16.4 %	22.1 - 0.9 %
Bouillonnet	TH BOU 1	276.21	0.00	43.61	0.00	90.13	123.81	0.00	0.00	0.00	18.66
	TH BOU 2	516.86	0.00	0.00	0.00	315.52	201.34	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH BOU 3	936.23	0.00	6.82	0.00	91.59	151.07	686.75	0.00	0.00	0.00
Bouillonnet		1729.31	0 - 0 %	50.4 - 2.9 %	0 - 0 %	497.3 - 28.8 %	476.2 - 27.5 %	686.7 - 39.7 %	0 - 0 %	18.7 - 1.1 %	0 - 0 %
	<b>TOTAL (ml)</b>		<b>497.8</b>	<b>151.5</b>	<b>0.0</b>	<b>6878.0</b>	<b>12013.6</b>	<b>798.6</b>	<b>38.8</b>	<b>817.9</b>	<b>191.7</b>

## FACIES SECONDAIRES :

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire prospecté (m)	Linéaire (m) Chenal lentique	Linéaire Fosse de dissipation (m)	Linéaire Chenal lotique (m)	Linéaire Plat lent (m)	Linéaire Plat courant (m)	Linéaire Radier (m)	Linéaire Rapide (m)	Linéaire Cascade (m)	Linéaire Chute (m)
Préconil	TH PRE 1	1308.14	6.15	0.00	0.00	107.16	0.00	364.05	685.14	12.99	54.17
	TH PRE 2	1539.37	0.00	0.00	0.00	90.54	68.82	608.17	490.63	0.00	0.00
	TH PRE 3	2842.56	81.97	0.00	0.00	602.26	283.65	1009.58	264.33	0.00	0.00
	TH PRE 4	855.89	0.00	0.00	0.00	205.08	506.59	144.22	0.00	0.00	0.00
	TH PRE 5	2869.10	0.00	0.00	711.68	678.70	735.38	339.59	0.00	0.00	0.00
	TH PRE 6	886.65	0.00	0.00	0.00	0.00	552.70	142.97	0.00	0.00	0.00
	TH PRE 7	656.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Préconil		10958.01	88.1 - 1 %	0 - 0 %	711.7 - 8.1 %	1683.7 - 19.3 %	2147.1 - 24.5 %	2608.6 - 29.8 %	1440.1 - 16.5 %	13 - 0.1 %	54.2 - 0.6 %
Emponse	TH EMP 1	542.42	0.00	33.57	0.00	0.00	0.00	96.22	307.55	0.00	0.00
	TH EMP 2	291.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH EMP 3	184.56	0.00	7.10	0.00	0.00	0.00	117.20	0.00	30.58	0.00
	TH EMP 4	705.30	0.00	81.94	0.00	0.00	0.00	92.72	439.47	0.00	138.42
	TH EMP 5	353.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	106.71	246.38	0.00	0.00
Emponse		2076.83	0 - 0 %	122.6 - 7.2 %	0 - 0 %	0 - 0 %	92.7 - 5.5 %	759.6 - 44.7 %	553.9 - 32.6 %	30.6 - 1.8 %	138.4 - 8.2 %
Gourier	TH GOU 1	491.58	0.00	0.00	0.00	0.00	93.22	93.64	276.09	0.00	0.00
	TH GOU 2	1125.26	0.00	0.00	0.00	217.74	48.17	98.53	647.79	113.03	0.00
	TH GOU 3	769.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	769.94	0.00
Gourier		2386.78	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %	217.7 - 9.2 %	141.4 - 6 %	192.2 - 8.1 %	923.9 - 39.2 %	883 - 37.4 %	0 - 0 %
Vallon des Prés	TH VPR 1	1039.16	0.00	0.00	0.00	870.17	0.00	0.00	168.99	0.00	0.00
	TH VPR 2	638.75	0.00	321.21	0.00	317.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vallon des Prés		1677.92	0 - 0 %	321.2 - 19.1 %	0 - 0 %	1187.7 - 70.8 %	0 - 0 %	0 - 0 %	169 - 10.1 %	0 - 0 %	0 - 0 %
Couloubrier	TH COU 1	737.69	52.46	22.08	0.00	88.78	0.00	0.00	550.62	0.00	0.00
	TH COU 2	405.59	0.00	0.00	0.00	405.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH COU 3	418.92	0.00	0.00	0.00	0.00	418.92	0.00	0.00	0.00	0.00
	TH COU 4	996.93	0.00	0.00	0.00	996.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Couloubrier		2559.13	52.5 - 2.1 %	22.1 - 0.9 %	0 - 0 %	1491.3 - 58.8 %	418.9 - 16.5 %	0 - 0 %	550.6 - 21.7 %	0 - 0 %	0 - 0 %
Bouillonnet	TH BOU 1	276.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	213.94	0.00	0.00	0.00
	TH BOU 2	516.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	450.58	0.00	0.00	0.00
	TH BOU 3	936.23	0.00	0.00	0.00	0.00	686.75	0.00	229.11	0.00	0.00
Bouillonnet		1729.31	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %	686.7 - 43.5 %	0 - 0 %	893.6 - 56.5 %	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %
	<b>TOTAL (ml)</b>		<b>140.6</b>	<b>465.9</b>	<b>711.7</b>	<b>5267.2</b>	<b>2800.2</b>	<b>4454.0</b>	<b>3637.5</b>	<b>926.5</b>	<b>192.6</b>

Tableaux 13 : Synthèse des faciès dominants et secondaires pour les différents cours d'eau

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire prospecté	Qualité de l'Alternance Bonne	Qualité de l'Alternance Moyenne	Qualité de l'Alternance Faible	Qualité de l'Alternance Bonne (%)	Qualité de l'Alternance Moyenne (%)	Qualité de l'Alternance Faible (%)
Préconil	TH PRE 1	1308.14	1253.97	54.17	0.00	95.86	4.14	0.00
	TH PRE 2	1539.37	808.83	550.91	179.63	52.54	35.79	11.67
	TH PRE 3	2842.56	1413.17	0.00	1429.40	49.71	0.00	50.29
	TH PRE 4	855.89	159.55	144.22	552.13	18.64	16.85	64.51
	TH PRE 5	2869.10	711.68	1616.47	540.95	24.80	56.34	18.85
	TH PRE 6	886.65	0.00	142.97	743.68	0.00	16.12	83.88
	TH PRE 7	656.30	0.00	0.00	656.30	0.00	0.00	100.00
Préconil		10958.01	4347.19	2508.74	4102.08	241.56	129.24	329.19
Emponse	TH EMP 1	542.42	341.12	0.00	201.30	62.89	0.00	37.11
	TH EMP 2	291.47	0.00	0.00	291.47	0.00	0.00	100.00
	TH EMP 3	184.56	154.87	0.00	29.68	83.92	0.00	16.08
	TH EMP 4	705.30	74.89	314.14	363.52	10.62	44.54	51.54
	TH EMP 5	353.09	353.09	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
Emponse		2076.83	923.98	314.14	885.96	257.42	44.54	204.73
Gourier	TH GOU 1	491.58	462.95	0.00	28.63	94.18	0.00	5.82
	TH GOU 2	1125.26	856.84	268.42	0.00	76.15	23.85	0.00
	TH GOU 3	769.94	769.94	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
Gourier		2386.78	2089.73	268.42	28.63	270.32	23.85	5.82
Vallon des Prés	TH VPR 1	1039.16	376.52	662.65	0.00	36.23	63.77	0.00
	TH VPR 2	638.75	638.75	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
Vallon des Prés		1677.92	1015.27	662.65	0.00	136.23	63.77	0.00
Couloubrier	TH COU 1	737.69	574.37	110.87	52.46	77.86	15.03	7.11
	TH COU 2	405.59	0.00	405.59	491.08	0.00	50.00	60.54
	TH COU 3	418.92	418.92	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
	TH COU 4	996.93	996.93	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
Couloubrier		2559.13	1990.21	516.46	543.54	277.86	65.03	67.65
Bouillonnet	TH BOU 1	276.21	276.21	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
	TH BOU 2	516.86	135.06	315.52	66.28	26.13	61.05	12.82
	TH BOU 3	936.23	235.93	686.75	13.56	25.20	73.35	1.45
Bouillonnet		1729.31	647.20	1002.27	79.84	151.33	134.40	14.27
<b>TOTAL (ml)</b>			<b>11013.6</b>	<b>5272.7</b>	<b>5640.1</b>			

Tableau 14 : Synthèse de la qualité de l'alternance des faciès pour les différents cours d'eau

## V.2.1. Analyse globale à l'échelle du bassin versant

### V.2.1.1. Faciès d'écoulement

Pour l'ensemble du bassin, les faciès dominants sont nettement représentés par les plats courants (56%) et les plats lents (32%) soit 88% au total. Cette prédominance des faciès de plats s'explique par le gabarit des cours d'eau, les pentes globalement importantes et par l'hydrologie particulière.

Le gabarit des cours d'eau, la durée et la faiblesse des débits d'étiage, induisent majoritairement des lames d'eau d'une hauteur inférieure à 60 cm (seuil fixé par la méthodologie de classement des faciès). Les faciès en chenaux, fosses ou mouilles sont donc peu représentés.

Compte tenu des pentes, les faciès lotiques apparaissent majoritaires (65% du linéaire). Les faciès lotiques étant réputés de meilleure qualité que les faciès lenticules, ce taux laisse présager une bonne qualité physique du milieu. Toutefois il faut souligner une faible diversité de faciès lotiques. Les faciès autres que les plats courants, ne représentent que 9% du linéaire.

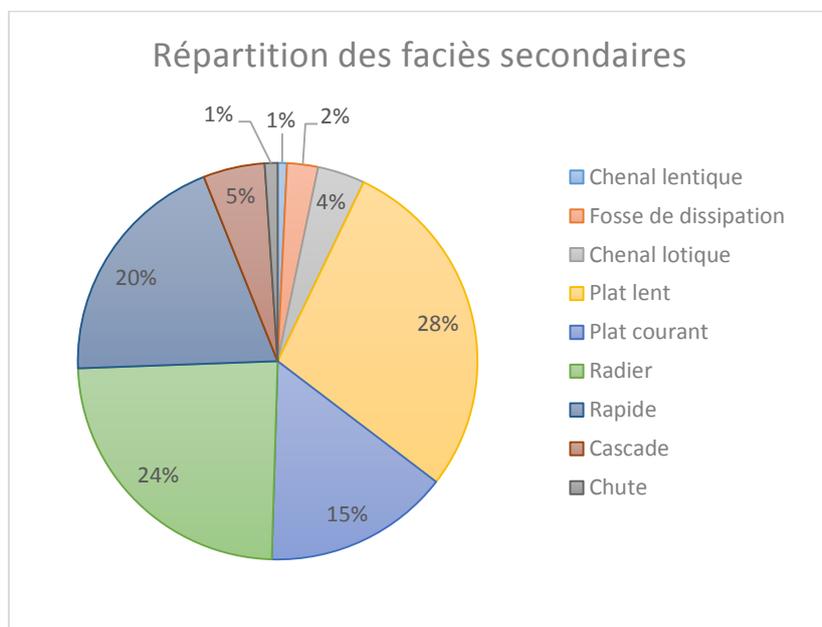
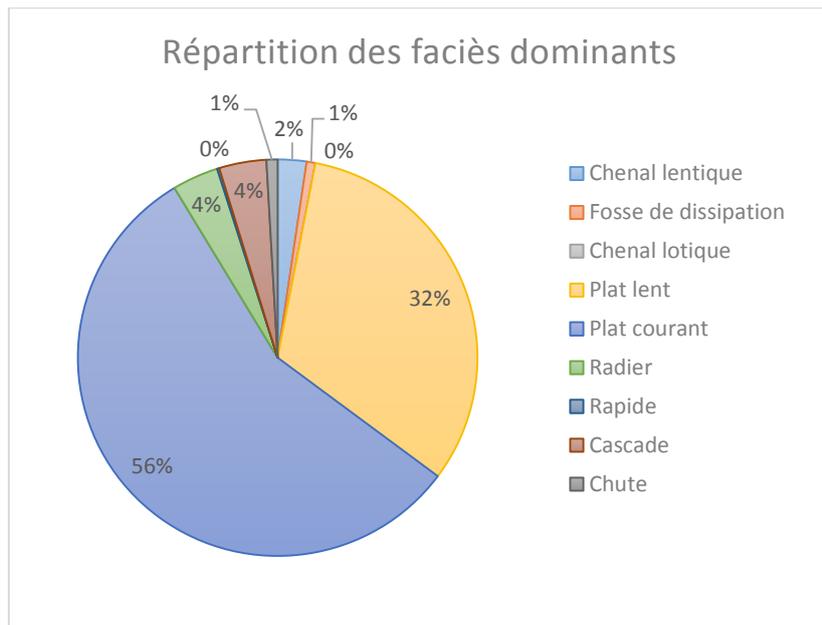


Figure 21 : Répartition des faciès d'écoulement pour l'ensemble des cours d'eau

Les faciès secondaires confirment certaines analyses des faciès dominants. Les faciès lotiques apparaissent nettement dominants avec également 65 % du linéaire de cours d'eau. Les faciès les plus représentés sont les plats lents (28%) suivi des radiers (24%).

Il faut toutefois souligner une différence notable par rapport à l'analyse des faciès dominants, les faciès secondaires apparaissent plus diversifiés avec une bonne représentativité de 4 faciès d'écoulement (Plat lent, Plat courant, Radier et Rapide).

### V.2.1.2. Qualité des alternances

La qualité des alternances de faciès apporte des renseignements sur la diversité du milieu physique, sur la diversité des habitats aquatiques et sur les potentialités d'accueil de la faune aquatique. Pour l'ensemble des cours d'eau, la moitié du linéaire apparaît de bonne qualité, cependant plus d'un quart du réseau présente une qualité d'alternance faible. Bien que naturellement il soit possible d'observer des tronçons présentant cette configuration sans dégradation particulière, l'importance des linéaires concernés laisse présager des dysfonctionnements importants dont la cause n'est pas naturelle.

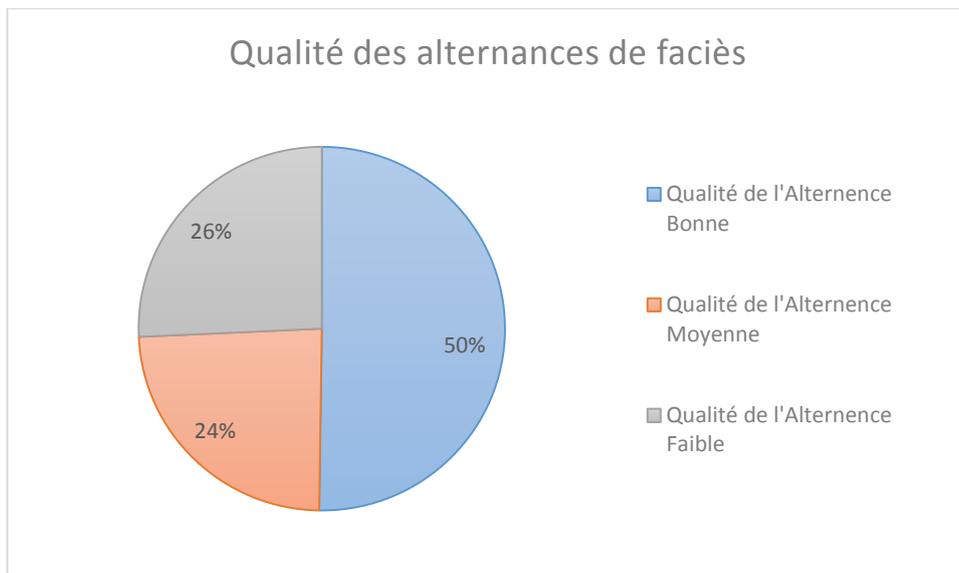


Figure 22 : Répartition de la qualité des alternances des faciès d'écoulement

## V.2.2. Analyse des faciès par cours d'eau et par Tronçon Homogène

### V.2.2.1. Le Préconil

L'analyse des faciès d'écoulement par TH révèle une prédominance du faciès lotique « plat courant » sur l'amont du bassin (TH PRE 1 à PRE 3). La qualité des alternances de faciès apparaît bonne pour ces Tronçons. La baisse de cette qualité au droit du TH PRE 3 (50% en classe faible) semble s'expliquer par un élargissement du cours d'eau, une forte sédimentation sur ce secteur et consécutivement une baisse naturelle des alternances de faciès ainsi qu'une banalisation des habitats.

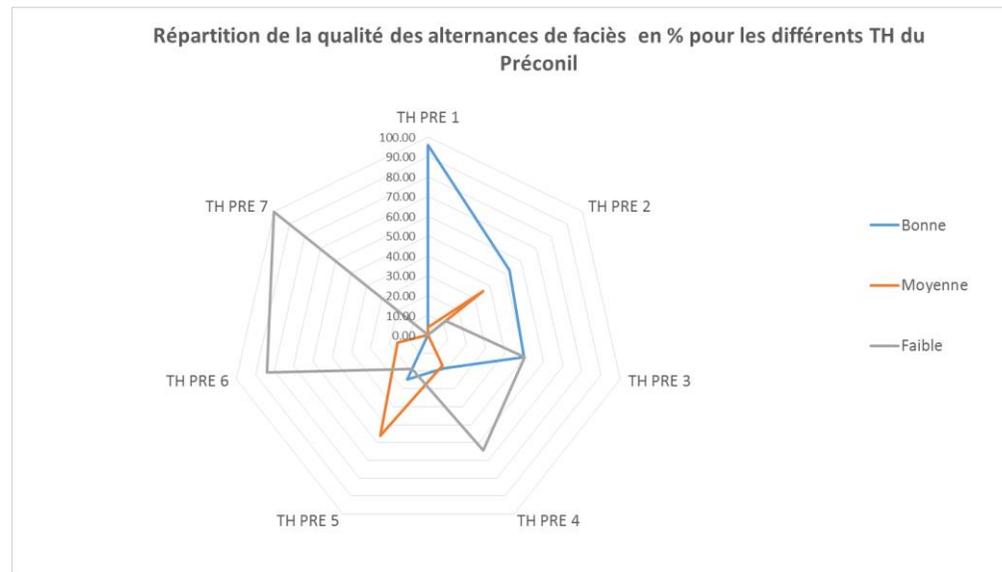
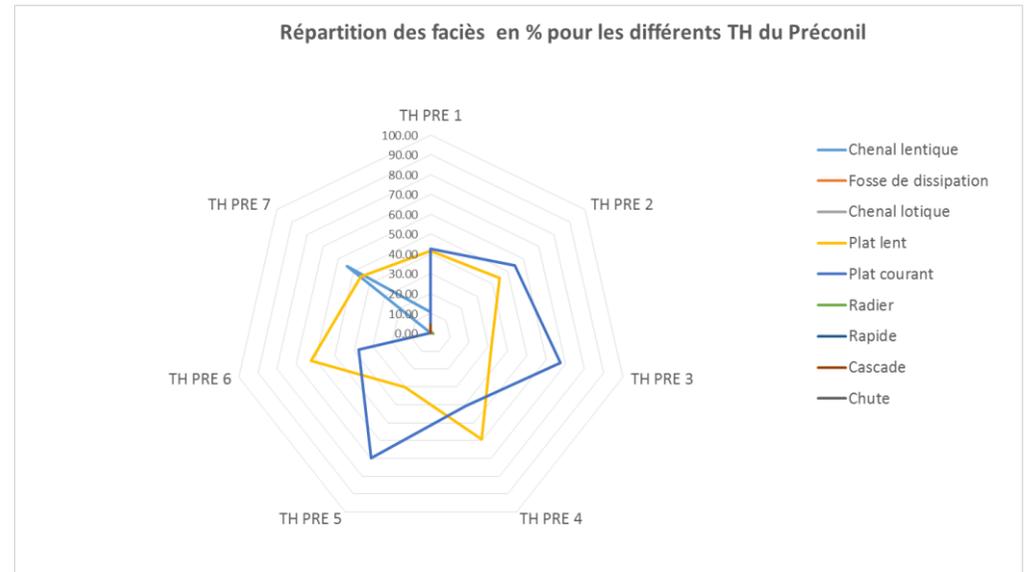
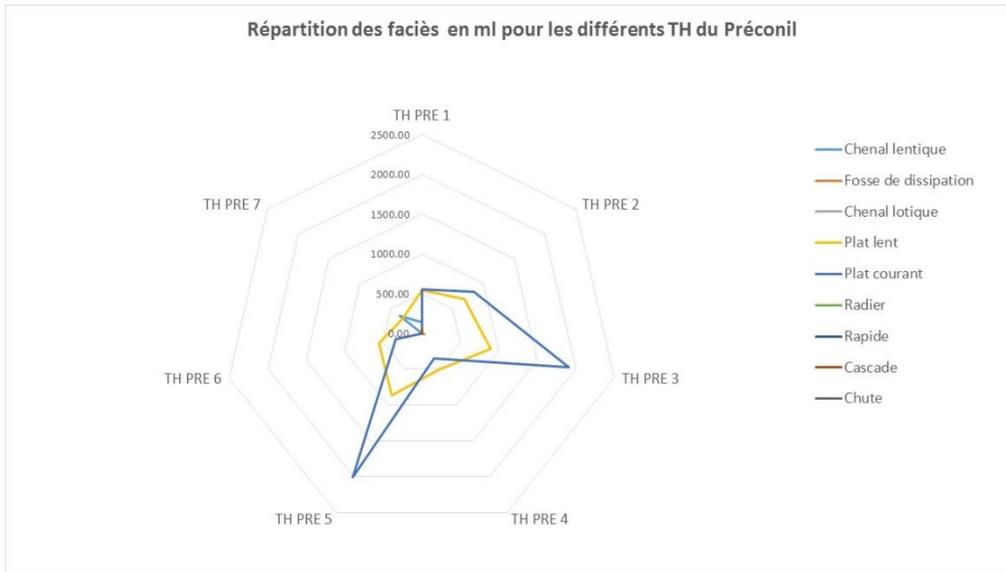


Figure 23 : Faciès d'écoulement et alternance de faciès pour le Préconil

Le Tronçon PRE 4, correspondant globalement au secteur de Camp Ferrat constitue une rupture nette de la qualité du milieu physique : le faciès dominant devient lentique (Plat lent) et la qualité des alternances devient faible. Cette brusque évolution montre la forte artificialisation et dégradation de ce Tronçon.

Plus en aval (TH PRE 5), la qualité physique du milieu s'améliore, les faciès sont à dominante lotique et la qualité des alternances, bien que majoritairement moyenne, augmente sensiblement. L'augmentation de la qualité physique du milieu s'explique par l'observation de divagation latérale et la formation de méandres. Cette dynamique favorise à la fois la formation de Radiers et de Plats courants, ce qui expliquerait la prédominance des faciès lotiques, ainsi qu'une amélioration de la qualité des alternances de faciès par la formation de faciès lenticques en intrados de méandre et de faciès lotique en extradados.

Les deux derniers Tronçons (PRE 6 et PRE 7) sont marqués par le contexte fortement urbanisé. Les faciès sont à dominante lentique et la qualité des alternances est faible. Bien que la zone d'embouchure soit naturellement moins diversifiée que le cours plus amont, l'incidence de la rectification historique et l'absence de divagation possible explique majoritairement la dégradation de la qualité physique du Préconil.

#### V.2.2.2. Le Ruisseau d'Emponse

L'analyse des faciès d'écoulement par TH révèle également une prédominance du faciès lotique « plat courant » induit par les pentes significatives de ce ruisseau. Le faciès Plat lent n'apparaît que sur les tronçons médiant et aval consécutivement à un adoucissement du profil en long.

Deux tronçons homogènes présentent des caractéristiques particulières. Le Tronçon EMP 2, qui correspond au secteur totalement artificialisé de la traversée du bourg du Plan-de-la-Tour, présente un seul faciès (100% en Plat courant) et une faible qualité d'alternance. Compte tenu du degré d'artificialisation du cours d'eau (berges maçonnées et lit bétonné) ces résultats sont peu surprenants.

Le Tronçon EMP 4, se caractérise par une augmentation des faciès lenticques et par une qualité des alternances à dominante faible ou moyenne. Cette dégradation de la qualité physique du milieu traduit une artificialisation du cours d'eau et sans doute la présence d'ouvrages et d'anciens moulins ayant conduit à la rectification et à la chenalisation du cours du ruisseau d'Emponse.

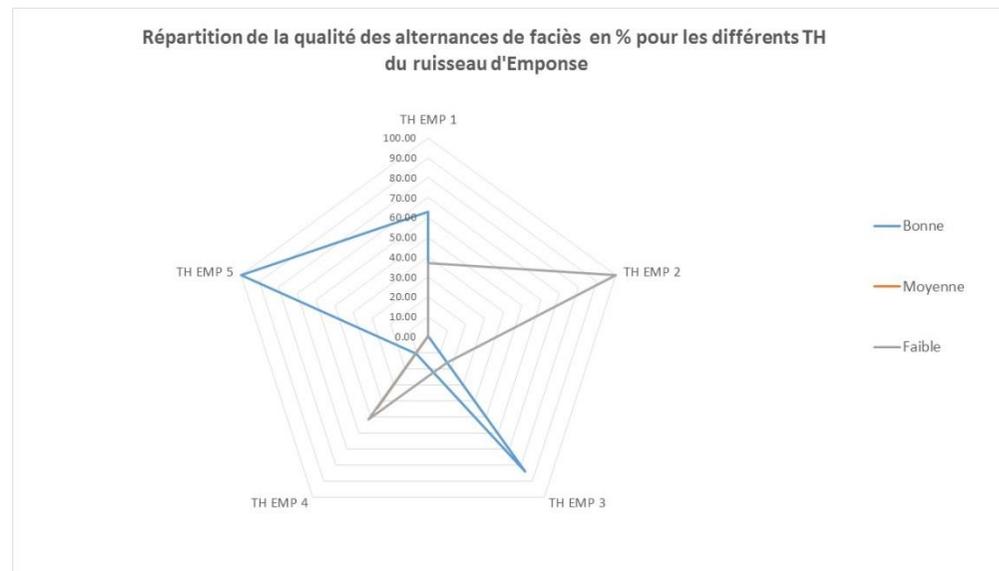
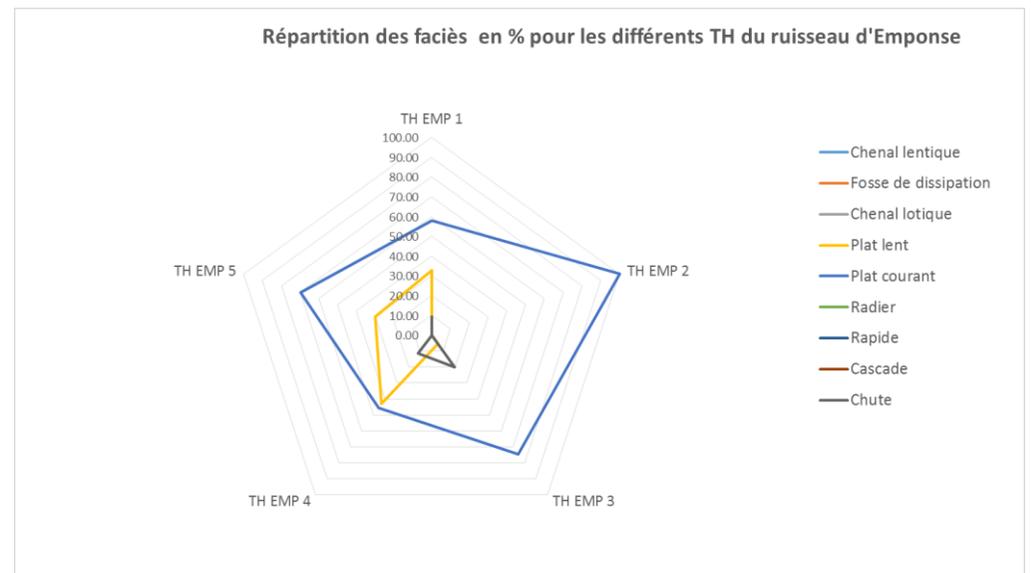
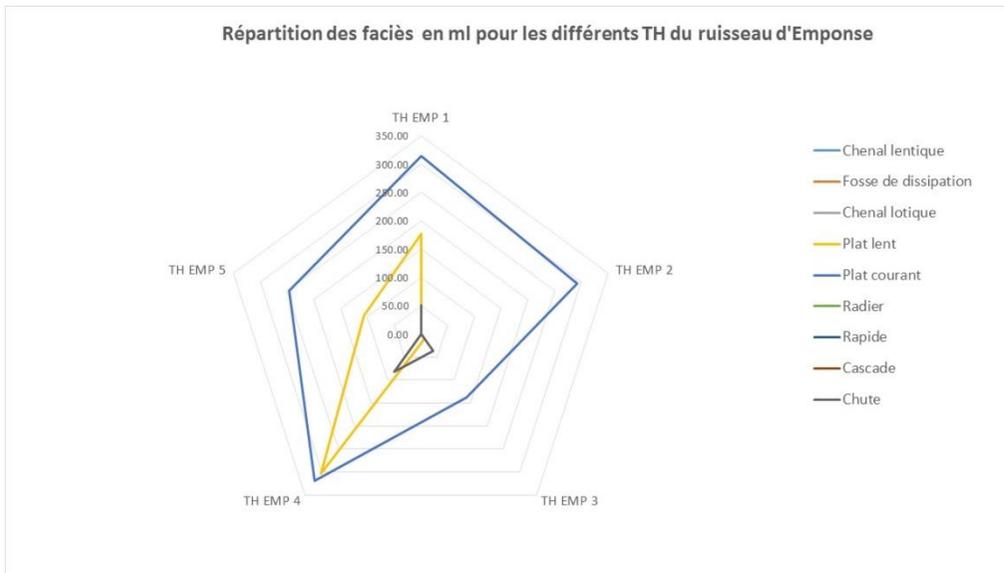


Figure 24 : Faciès d'écoulement et alternance de faciès pour le ruisseau d'Emponse

### V.2.2.3. Le Gourier

Deux des trois Tronçons du Gourier montrent une prédominance du faciès lentique « plat lent ». Il faut toutefois être prudent sur l'interprétation de ces données. En effet le Gourier présente sur l'amont (TH GOU 1) et l'aval (TH GOU 2) une alternance typique de Rapides ou de Cascades se comportant comme des seuils et ayant pour effet de créer en amont une retenue majoritairement lentique. Ces deux tronçons présentent donc malgré leur pente forte de nombreux linéaires peu courant sans pour autant que des dysfonctionnements soient observés.

Sur ces Tronçons, la qualité des alternances de faciès, bonne sur quasiment l'ensemble des linéaires, confirme l'absence de dégradation et l'intérêt de ces secteurs.

Le tronçon intermédiaire (TH GOU 2), présente classiquement et majoritairement des faciès lotiques. La qualité des alternances, bien que légèrement inférieure à celles des Tronçons contiguës, est majoritairement bonne.

L'approche réalisée sur la qualité physique du Gourier met nettement en évidence une bonne préservation de ce cours d'eau et un bon potentiel en termes d'habitats.

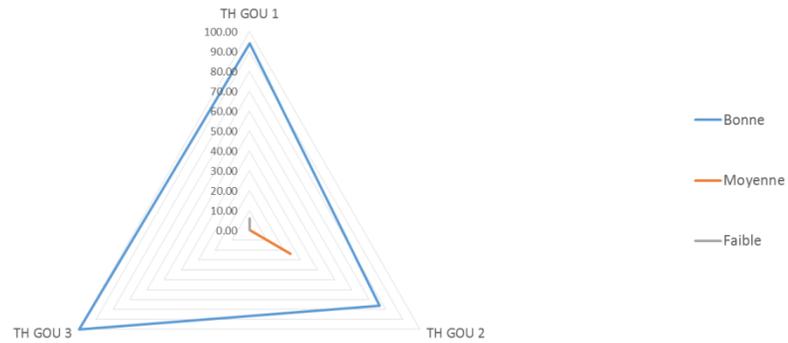
### V.2.2.4. Le Vallon des Prés

Remarque : Ce cours d'eau ne comportant que deux tronçons, la projection graphique s'avère impossible.

Le Tronçon amont (TH VPR 1) se caractérise par des faciès très majoritairement de type Plats courants. Cependant la qualité de l'alternance est majoritairement moyenne. Sur ce tronçon, l'incidence de remblaiements et d'une rectification du cours (présence de la route en rive droite) est perceptible et impacte la qualité physique du milieu.

Le Tronçon aval (TH VPR 2) fortement pentu présente une alternance de Cascades (affleurement rocheux) et de Plats courants. La qualité des alternances est exclusivement bonne. Ce tronçon beaucoup mieux préservé que le secteur amont ne montre pas de dégradation de sa qualité physique.

Répartition de la qualité des alternances de faciès en % pour les différents TH du Gourier



Répartition des faciès en ml pour les différents TH du Gourier



Répartition des faciès en % pour les différents TH du Gourier

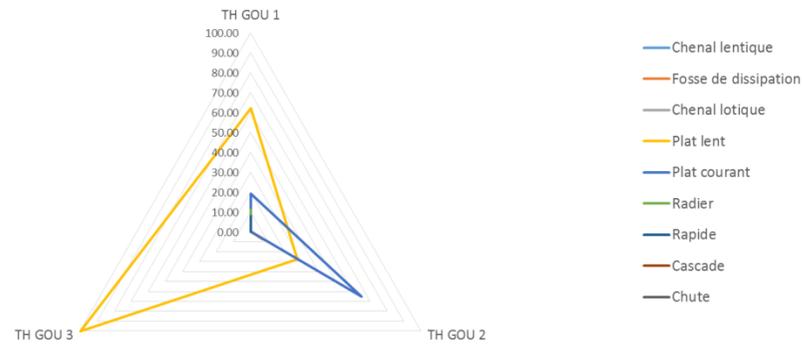


Figure 25 : Faciès d'écoulement et alternance de faciès pour le Gourier

### V.2.2.5. Le Couloubrier

Le Tronçon COU 2 présente un taux de dégradation et d'artificialisation trop important pour pouvoir faire l'objet d'une analyse de ces faciès d'écoulement. Les résultats sont repris pour simple information. Ce Tronçon fera l'objet d'un traitement spécifique tant en termes de diagnostic que de définition des interventions à entreprendre.

Sur le Couloubrier, les faciès d'écoulement sont marqués par une large dominance des Plats courants. Seul le tronçon COU 3, qui se caractérise par des affleurements rocheux, présente des faciès d'écoulement de type Cascade.

Concernant la qualité des alternances, les tronçons (à l'exception du TH COU 2) montrent une qualité bonne.

L'approche réalisée par la méthode des faciès d'écoulements met en évidence une bonne qualité physique des Tronçons et à l'exception du TH COU 2, de l'absence de dégradations significatives.

Toutefois il faut rappeler les limites de la méthode et l'absence de paramètres plus spécifiques de l'habitat (qualité des fonds, granulométrie,...). La prospection de terrain met en évidence des apports importants en matériaux impropres et en déchets provenant du tronçon COU 2. Ces matériaux, disséminés par les crues successives, impactent fortement la qualité du lit du Couloubrier et dans une moindre mesure celle du Préconil.

### V.2.2.6. Le Bouillonnet

Le Bouillonnet présente trois Tronçons très marqués aux caractéristiques suivantes.

Le tronçon amont présente une bonne qualité d'alternance et des faciès à dominante lotique. Ce tronçon apparaît globalement bien préservé.

Le second tronçon présente des signes de dégradations notables : les faciès dominants deviennent majoritairement lenticulaires et la qualité des alternances apparaît moyenne voire faible. La dégradation de la qualité physique du milieu traduit l'incidence de l'urbanisation. Les berges sont fortement enrochées et remblayées et le cours du Bouillonnet a été rectifié sur un linéaire important.

Le dernier Tronçon présente une configuration assez similaire. Les faciès dominants, bien que lotiques (Radier), sont homogènes et la diversité des alternances est moyenne. Les causes semblent identiques, le Bouillonnet est sur la partie aval fortement rectifié et artificialisé.

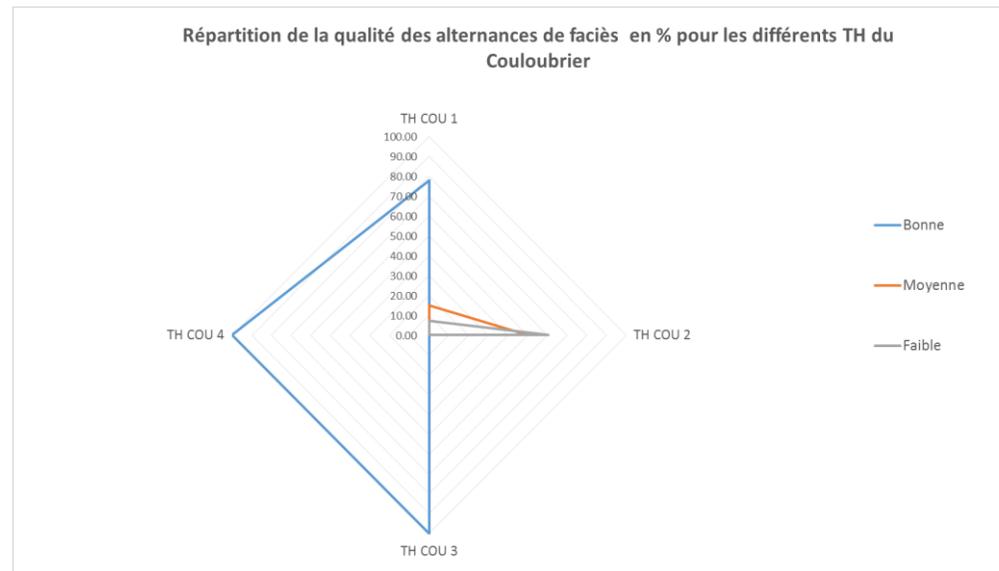
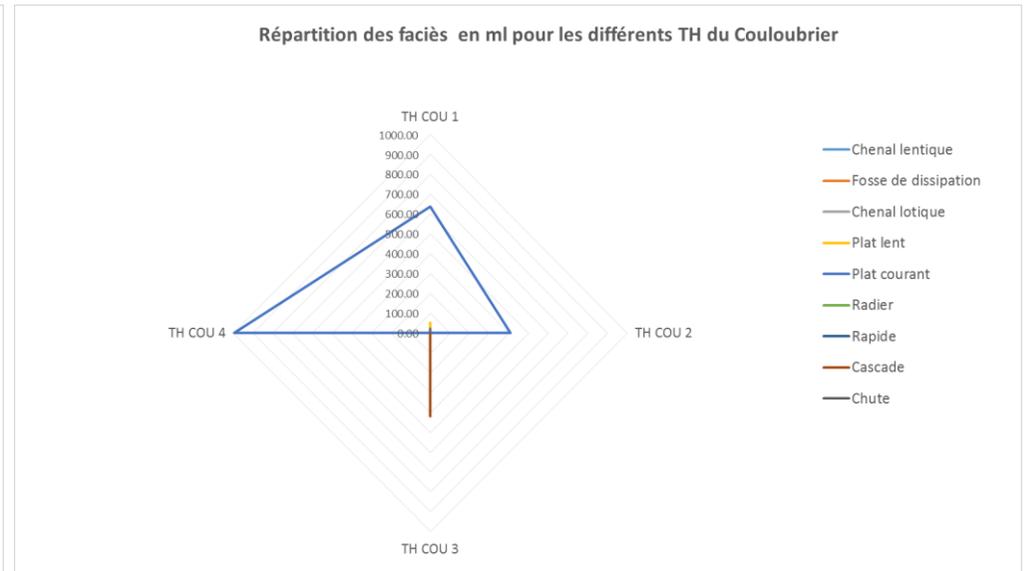
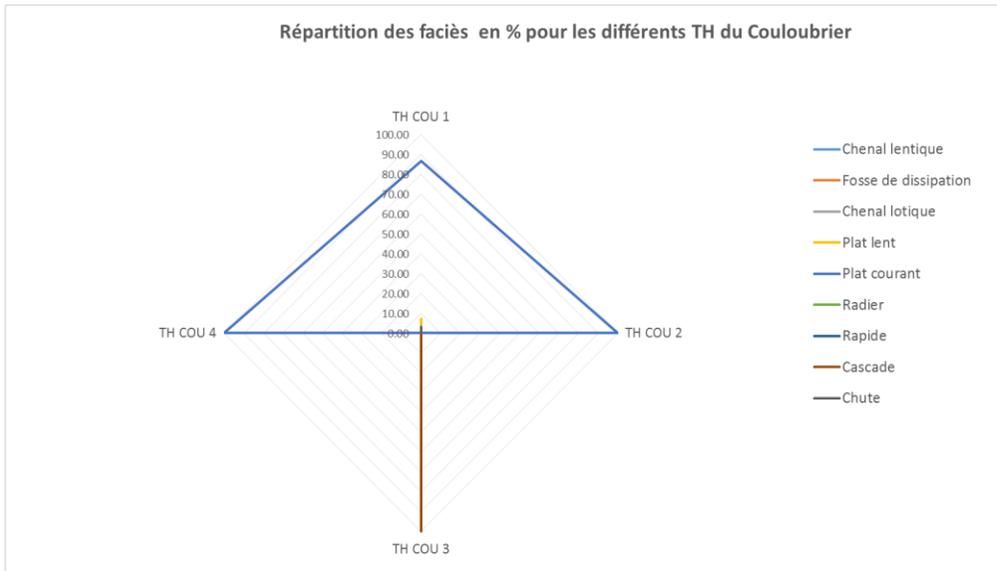
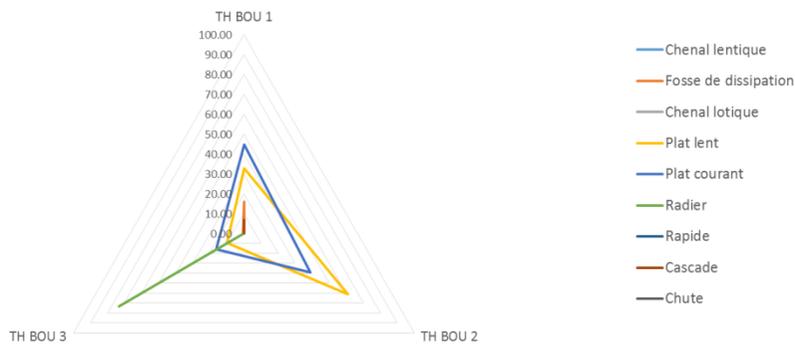
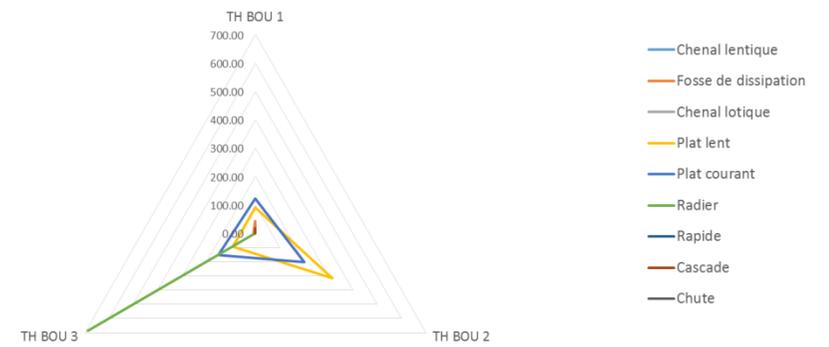


Figure 26 : Faciès d'écoulement et alternance de faciès pour le Couloubrier

Répartition des faciès en % pour les différents TH du Bouillonnet



Répartition des faciès en ml pour les différents TH du Bouillonnet



Répartition de la qualité des alternances de faciès en % pour les différents TH du Bouillonnet

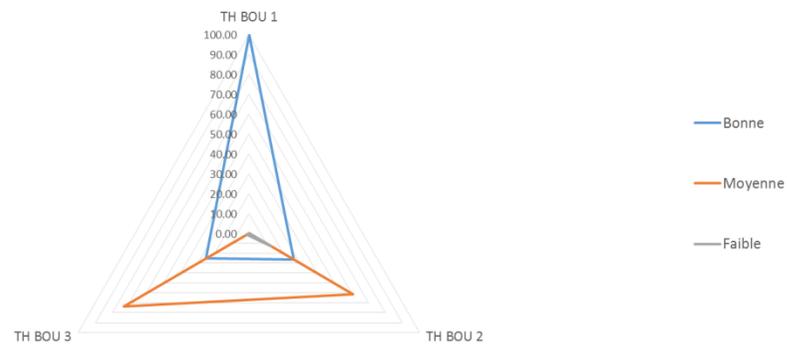


Figure 27 : Faciès d'écoulement et alternance de faciès pour le Bouillonnet

### V.2.2.7. Facies d'écoulement et richesse écologique

L'analyse des faciès d'écoulement ne traduit que dans sa globalité la qualité physique du milieu, ces potentialités ont été précisées par une mission d'inventaire confiée à la Maison Régionale de l'Eau.

Trois compartiments biologiques ont été étudiés : la faune piscicole, la faune macrobenthique et herpétologique.

Les inventaires ont été réalisés respectivement au droit de 7 stations pour la faune piscicole, 11 stations pour la faune macrobenthique et un parcours exhaustif des secteurs propices pour l'herpétofaune.

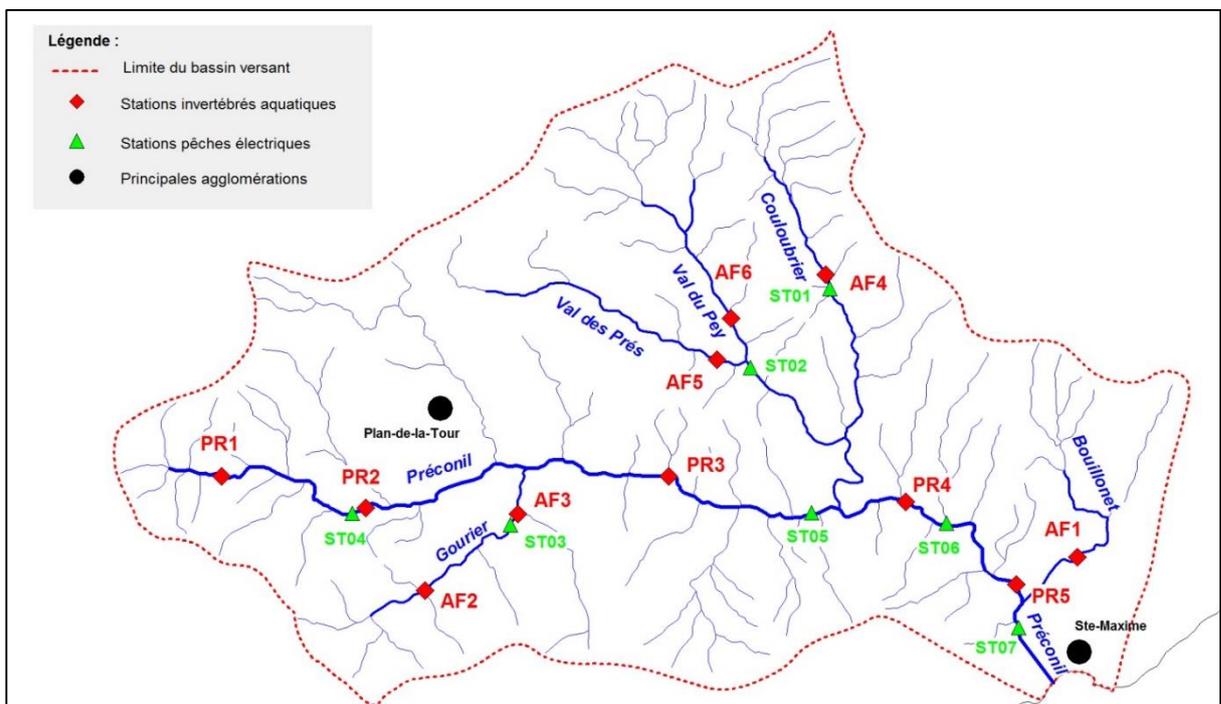


Figure 28 : Stations prospectées

### IV.2.3.1. Faune piscicole

Les résultats spécifiques à la faune piscicole fournissent les renseignements suivants :

Code station	St01	St02	St03	St04	St05	St06	St07
<b>Station</b>	<b>Les Amandiers</b>	<b>Bagarri</b>	<b>Gourier aval</b>	<b>Sigalas</b>	<b>ZA Camp Ferrat</b>	<b>Préconil carrefour</b>	<b>Préconil proche embouchure</b>
Cours d'eau	Couloubrier	Vallon des Prés	Gourier	Préconil	Préconil	Préconil	Préconil
Localisation	lieu dit les Amandiers d125	aval confluence Val du Pey/Val des prés	aval hameau Prat Bourdin	aval hameau Sigalas	en face ZA camp Ferrat	Derrière carrefour Ste maxime	aval Veolia Ste Maxime
Date	03/04/2015	03/04/2015	03/04/2015	03/04/2015	03/04/2015	13/04/2015	13/04/2015
Habitat dominant	Dalle/Blocs/PF/Sable	Blocs/PF/Sable	Blocs/PF/Sable	Dalles/Blocs	Sable	PF/Sable	CF/Sable
Anguille	0	0	4	19	20	65	24
Chevaine	0	26	0	0	31	53	46
Barbeau méridional	0	(plusieurs vus in situ)	0	0	4	3	1
Epinoche	0	0	0	0	1	1	0
Athérine	0	0	0	0	0	0	40
<b>total</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>56</b>	<b>122</b>	<b>111</b>
<b>Richesse</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

Tableaux 15 : Résultats provisoires des investigations piscicoles

Globalement les peuplements piscicoles apparaissent peu denses et peu diversifiés ; Il faut toutefois noter la présence des espèces de forte valeur patrimoniale : Anguille et Barbeau méridional.

La recherche de corrélations entre la qualité physique des tronçons de cours d'eau appréhendée au moyen des faciès d'écoulement et la présence d'une faune piscicole est particulièrement délicate. En effet, sur le bassin du Préconil, le premier facteur limitant est le régime hydrologique et l'absence d'écoulement en étiage. Secondairement les obstacles à la libre circulation et le cloisonnement des cours d'eau peuvent expliquer les résultats des investigations.

Pour le Préconil, les Tronçons TH PRE1, PRE 4, PER 5 et PRE 7 ont été inventoriés. Selon l'approche des faciès, les Tronçons PRE 4 et PRE 7 apparaissent dégradés et présentent une qualité physique moindre que TH PRE 4. Les résultats des pêches ne permettent pas de confirmer ces conclusions puisque les pêches apparaissent assez similaires (Forte présence du Chevaine, présence des deux espèces patrimoniales Anguille et Barbeau, Diversité spécifique faible avec 4 espèces. Toutefois, la pêche réalisée derrière Carrefour Sainte Maxime sur le Tronçon PRE 5 (Tronçon apparaissant de meilleure qualité physique que les Tronçons PRE 4 et PRE 7) révèle la plus forte densité piscicole et la plus forte densité d'Anguille avec 65 individus. Ces résultats sont cependant trop peu marqués pour attester d'une meilleure qualité des habitats.

De même sur le Tronçon PRE 1, la seule présence de l'Anguille ne suffit pas à mettre en évidence la bonne conservation de ce Tronçon.

Concernant les affluents, l'amont du Couloubrier apparaît apiscicole. Ces résultats sont peu surprenants compte tenu du caractère infranchissable du Tronçon COU 2 (Tronçon fortement dégradé et couvert).

Sur le Vallon des Prés quelques individus de l'espèce Chevaine sont inventoriés, l'Anguille n'est pas présente. L'absence de l'Anguille peut s'expliquer par la présence de grands linéaires d'affleurements rocheux (TH COU 3 et TH VPR 2) pouvant constituer des obstacles à la migration de cette espèce. Il est donc difficile de croiser les données sur la qualité physique du milieu et le résultat de la pêche.

Pour le Gourier, la présence de l'Anguille sur le Tronçon GOU 3.

Les caractéristiques des peuplements piscicoles observés a permis à MRE de dresser une cartographie des enjeux piscicoles du bassin (Cf. fig. 29 en page suivante).

**Légende :**

- - - Limite du bassin versant
- ▲ Stations pêches électriques
- Principales agglomérations
- Fort (2 espèces patrimoniales en forte densité)
- Assez fort (2 espèces patrimoniales en densité faible à moyenne)
- Modéré (1 espèce patrimoniale)
- Faible (aucune espèce patrimoniale)

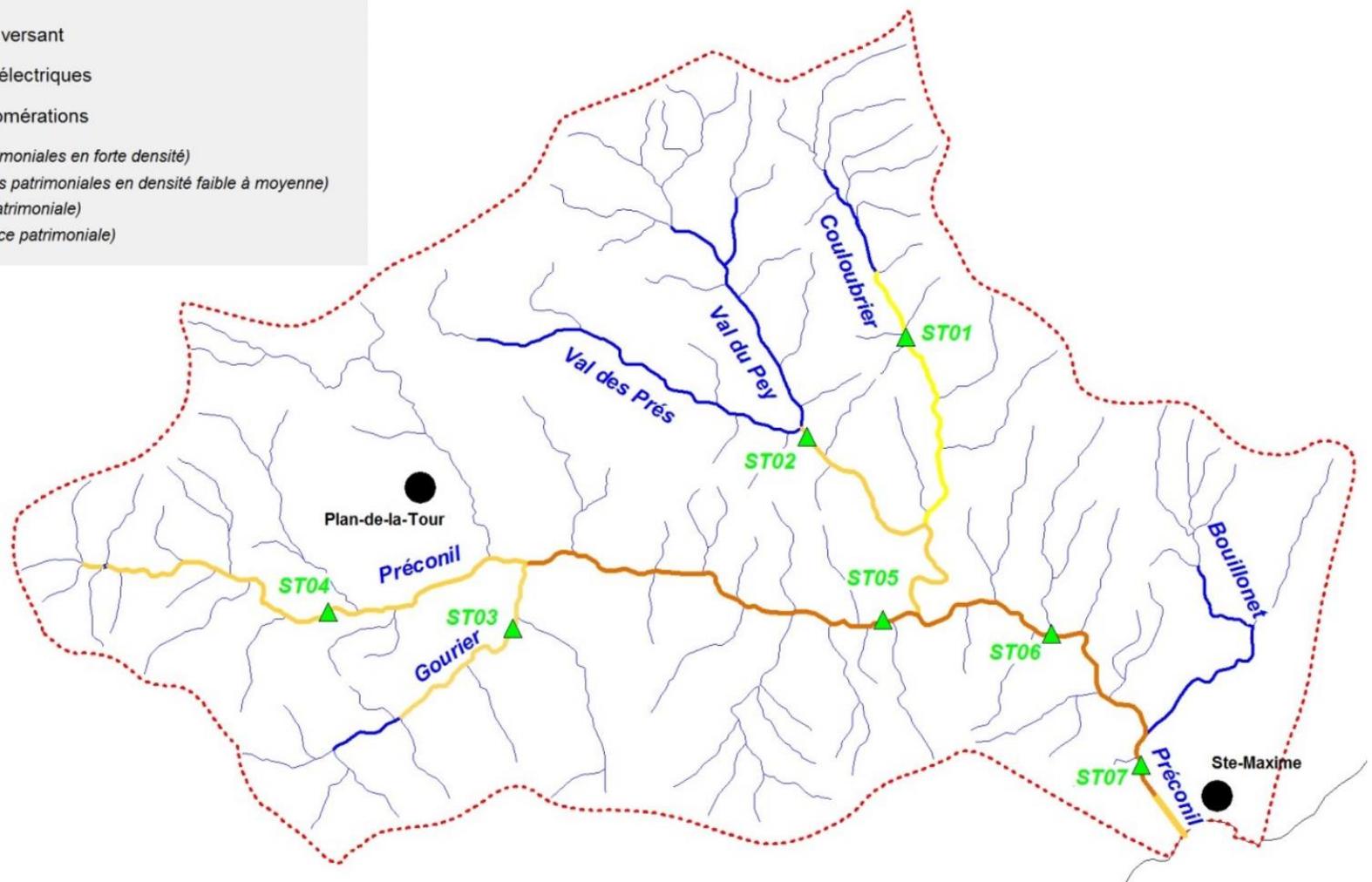


Figure 29 : Enjeux de conservation du bassin suivant la faune piscicole

### IV.2.3.2. Faune macrobenthique

L'inventaire concernant les invertébrés a été ciblé sur certains affluents pressentis pour leur intérêt. Ainsi, certains ruisseaux très ensablés comme le ruisseau du Plan n'ont pas été prospectés. Le ruisseau du Vallon des Prés, en amont de la confluence avec le Cours du Pey, présente également un ensablement très important et n'a fait l'objet que d'une seule campagne. De plus, tous les milieux où il était pressenti un peuplement remarquable n'ont pas pu être échantillonnés. Les résultats concernant les secteurs amont peuvent être généralisés aux têtes de réseau non perturbées comme la partie supérieure du vallon d'Emponse.

La richesse faunistique apparaît élevée sur le bassin du Préconil avec 125 Taxons (ensemble de plusieurs espèces appartenant à une même unité taxonomique)

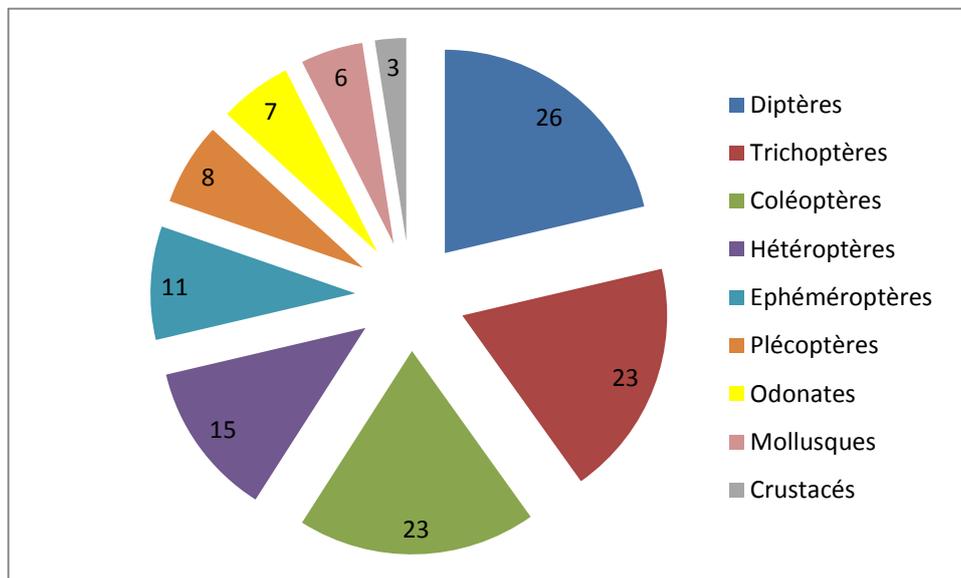


Figure 30 : Richesse des principaux ordres d'invertébrés

Comme dans la majorité des cours d'eau, les taxons dominants appartiennent à l'ordre des diptères et présentent peu d'intérêt patrimonial. A noter la richesse en Plécoptère avec 8 taxons ce qui est remarquable pour des cours d'eau méditerranéen.

Le peuplement d'invertébrés benthique est marqué par la présence d'espèces rares ou endémiques, à très forte valeur patrimoniale. Les éléments les plus remarquables sont cantonnés à la partie amont des affluents de bonne qualité comme le Gourier, le Cours du Pey ou le Couloubrier, ainsi que sur le Préconil en amont de Plan-de-la-Tour.

Outre les espèces habituellement retrouvées dans les cours d'eau temporaires du massif des Maures (association de Plécoptères polluo-sensibles), des insectes à répartition extrêmement restreinte sur l'hexagone sont retrouvées sur le bassin versant. A noter que l'intérêt patrimonial du peuplement d'invertébrés aquatiques diminue de l'amont vers l'aval, où les espèces les plus polluo-sensibles tendent à se raréfier pour laisser place aux espèces plus banales et indicatrices

d'un apport organique. Les apports diffus d'eaux usées seraient à l'origine de cette dégradation de la qualité biologique du Préconil et de l'affluent le Bouillonnet.

L'affluent le Gourier se détache des autres milieux temporaires étudiés par la présence d'espèces indicatrices d'apports d'eau fraîche. Ce mélange entre ces espèces habituellement retrouvées dans des sources permanentes et les espèces plus typiques des cours d'eau temporaires font de ce ruisseau un milieu riche et original dans le contexte du massif des Maures.

L'analyse du peuplement d'invertébrés aquatiques confirme la tendance perçue par l'étude des faciès d'écoulement. L'intérêt patrimonial est corrélé à la bonne qualité physique des cours d'eau préservés (Gourier, Cours du Pey, amont du Préconil, amont du Couloubrier), la qualité des peuplements s'appauvrit pour les cours d'eau anthropisés et dégradés (aval du Préconil, Bouillonnet, Vallon des Près).

A noter que les invertébrés benthiques sont moins sensibles aux périodes d'assec et à la rupture de la continuité écologique. De fait il n'est pas anormal d'observer des divergences d'intérêt géographiques suivant l'enjeu piscicole ou macrobenthique : sur le plan piscicole le Gourier ou le Préconil amont ne présente qu'un intérêt modéré alors que la richesse des peuplements d'invertébrés traduit un intérêt fort pour ces milieux.

La cartographie ci-après donne les enjeux de conservation liés à la faune macrobenthique pour l'ensemble des cours d'eau du bassin inventoriés.

- Légende :**
- - - Limite du bassin versant
  - ◆ Stations invertébrés
  - Principales agglomérations
  - Fort (> 4 espèces patrimoniales)
  - Assez fort (3 espèces patrimoniales)
  - Modéré (1 à 2 espèces patrimoniales)
  - Faible (aucune espèce patrimoniale)

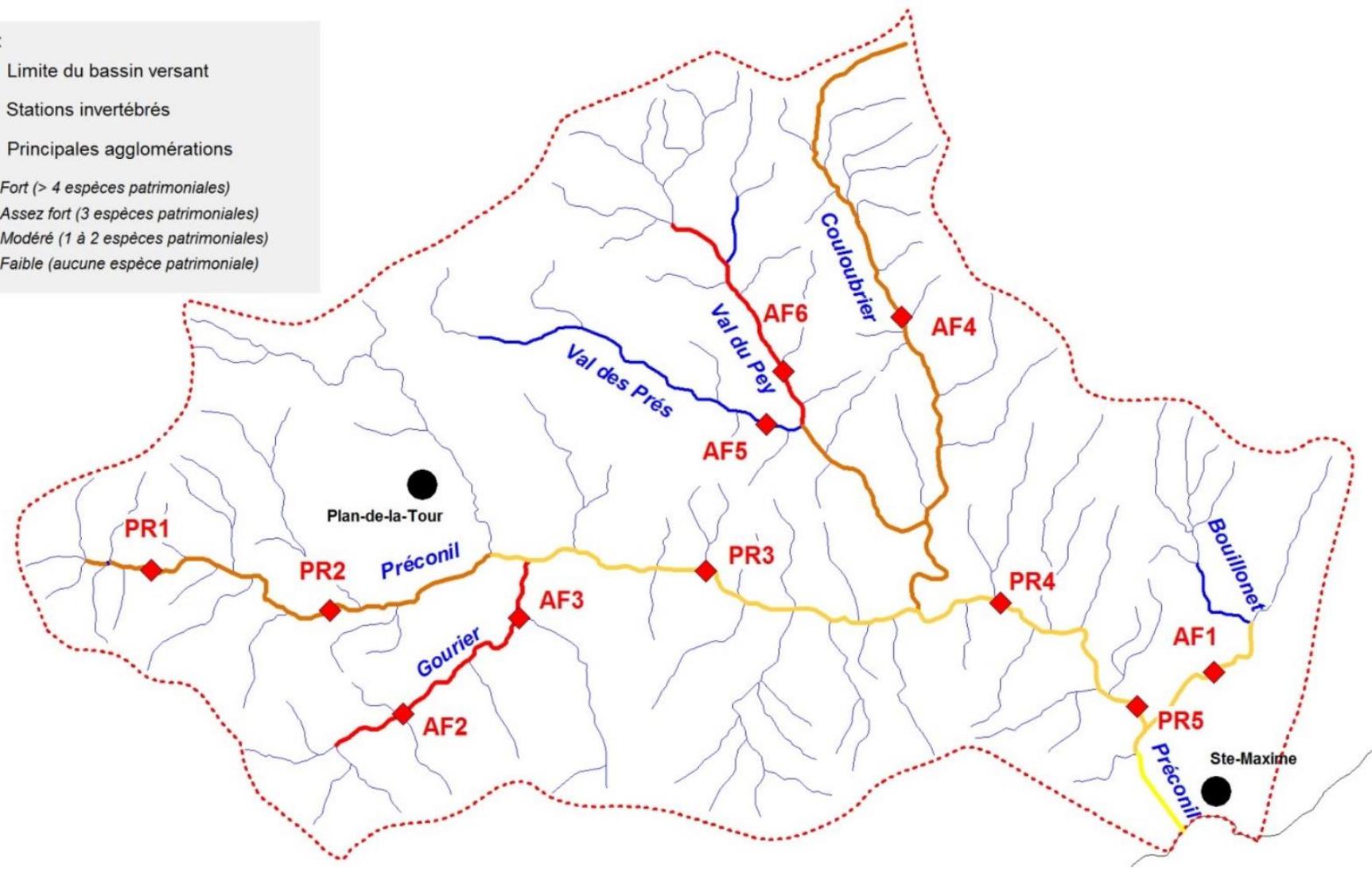


Figure 31 : Enjeux de conservation du bassin suivant les invertébrés benthiques



### IV.2.3.1. Herpétofaune

Concernant les reptiles, 15 espèces ont été contactées par Naturalia en 2015. Une espèce (Tortue d'Hermann) présente un niveau d'enjeu régional très fort et deux (Cistude d'Europe et Lézard ocellé) un enjeu fort. Les 12 autres espèces ne présentent qu'un enjeu Modéré, faible ou nul.

Dans le contexte de l'étude, il faut préciser que seule la Cistude d'Europe est inféodée aux milieux aquatiques. Dans le cas de la Tortue d'Hermann et du Lézard ocellé, leur présence au niveau des cours d'eau n'est que temporaire (recherche de fraîcheur en période estivale ou utilisation des berges en période de ponte).

L'enjeu que représente la présence de Cistude d'Europe est donc être considéré en priorité.

La cartographie ci-après identifie l'enjeu lié à la Cistude d'Europe sur les cours d'eau concernés.

Concernant les amphibiens, 3 espèces ont été contactées. Elles présentent un niveau d'enjeu régional faible du fait de leur caractère commun. D'après Naturalia, 4 autres espèces sont potentiellement présentes, dont une (la Grenouille agile) présente un enjeu assez fort.

La batrachofaune observée ou potentielle sur le bassin du Préconil ne présente, dans sa globalité, un enjeu remarquable.

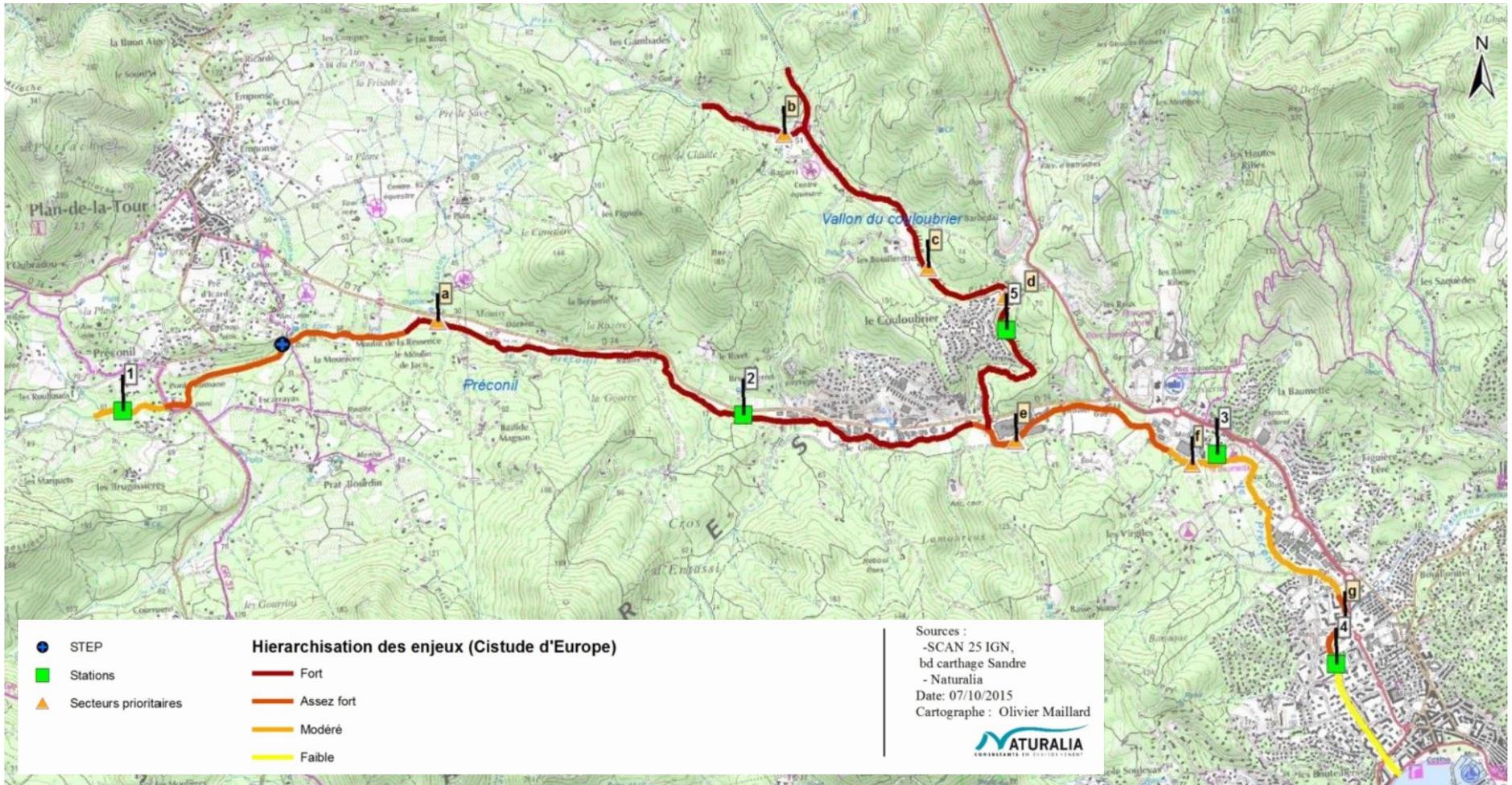


Figure 32 : Hiérarchisation des enjeux pour la Cistude d'Europe

# VI. HYDROLOGIE, HYDRAULIQUE ET TRANSPORT SOLIDE

## VI.1. Hydrologie

### VI.1.1. Analyse des études antérieures

Le Préconil et ses affluents ont fait l'objet d'une analyse hydrologique dans le cadre du Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) du bassin du Préconil (septembre 2014). Cette analyse a permis de rendre compte tout d'abord des sous bassins versants, de leur surface, de leur occupation des sols, de la géologie, de la pluviométrie et des données disponibles.

Grâce à l'utilisation d'un modèle numérique de simulation de la transformation de la pluie en débit (HEC-HMS), les débits et volumes de crue de référence ont été estimés en différents points du bassin versant.

Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu les résultats obtenus par ce modèle de simulation pour les temps de retour  $T= 5$ ans,  $T= 10$  ans,  $T= 30$  ans,  $T= 50$  ans et  $T= 100$  ans.

### VI.1.2. Débits moyens et d'étiage

Le Préconil fait l'objet depuis octobre 2015 d'un suivi hydrométrique. Ce suivi étant trop récent, les débits moyens et d'étiage ne sont pas connus.

Pour cette étude, nous proposons d'utiliser les données hydrométriques de la Gisclle (Cogolin) et de les extrapoler au bassin du Préconil. Si les données de crue de cette station sont à utiliser avec précaution, les données de basses et moyennes eaux sont relativement fiables.

Les données statistiques de la Gisclle ont été extraites de la banque HYDRO pour la station Y5424010 (Cogolin) sur la période 1985 – 2014. Cette station est gérée par la DREAL PACA et draine un bassin versant de 65,8 km<sup>2</sup>.

Nous avons préféré cette station sur la Gisclle plutôt que le poste aux Ajusts (Y5444010) situé nettement plus en aval et drainant un bassin versant (195 km<sup>2</sup>) bien plus grand que celui du Préconil.

Le tableau suivant rend compte des débits classés de la Gisclle.

Fréquence	0.99	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01
<b>Débits (L<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)</b>	161	90	39	195	8.8	4.21	2.08	0.64	0.05	0.02	0	0	0	0	0

Le module de la Gisclle est 8,3 L/s/km<sup>2</sup>.

### VI.1.3. Bassins versants

Le tableau suivant rend compte des bassins versants étudiés et des superficies drainées.

Préconil	Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )
Amont Emponse	8.91
Aval Emponse	12.36
Aval Gourier	18.33
Aval Plan	21.02
Aval Couloubrier	46.87
Aval Pilon et Roux	51.18
Aval Bouillonnet	58.84

Affluents du Préconil	Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )
Bouillonnet	4.92
Pilon	1.19
Roux	1.25
Couloubrier amont	5.81
Couloubrier aval	17.52
Vallon	11.34
Plan	2.69
Gourier	5.97
Emponse	3.45

## VI.1.4. Débits de référence

Les débits retenus sont les suivants.

Préconil	Module	Q5	Q10	Q20	Q30	Q50	Q100
Amont Emponse	0.074	15.9	22.49	30.92	37.2	45.1	55.3
Aval Emponse	0.103	23.7	33.11	45.34	53.6	63.9	76.5
Aval Gourier	0.152	35.02	48.95	67.24	79.7	95.3	117
Aval Plan	0.174	39.79	55.6	76.42	90.8	108	136
	0.244	55.03	77.3	106.	127	153	189
Aval Couloubrier	0.389	86.36	121	167	201	244	301
Aval Pilon et Roux	0.425	93.27	131	180	217	263	324
	0.435	95.82	135	184	222	270	331
Aval Bouillonnet	0.488	109.36	152	207	249	301	366

Affluents du Préconil	Module	Q5	Q10	Q20	Q30	Q50	Q100
Bouillonnet	0.041	15.94	20.1	26.16	30.8	36.6	46.3
Pilon	0.010	3.02	4.2	5.69	6.8	8.3	10.7
Roux	0.010	3.27	4.6	6.1	7.3	8.8	11.4
Couloubrier amont	0.048	13.46	18.47	24.9	29.4	35.1	43.57
Couloubrier aval	0.145	31.9	45.2	62.13	74.8	90.73	112
Vallon	0.094	17.88	26.08	36.36	44.5	54.58	68
Plan	0.022	5.44	7.75	10.61	12.9	15.81	20.4
Gourier	0.050	11.52	16.45	22.76	27.4	33.1	41.7
Emponse	0.029	9.56	13.4	17.93	21.4	25.8	33.3

Ces valeurs constituent une estimation vraisemblable des débits du Préconil et de ses affluents issues du modèle HEC-HMS, et sont à considérer avec un certain degré d'incertitude.

## VI.2. Analyse hydraulique

Une analyse hydraulique a été menée afin de déterminer les paramètres nécessaires pour les calculs de puissance spécifique et de transport solide (Débit de plein bord, largeur de plein bord, hauteur d'eau...).

### VI.2.1. Méthode

Nous avons construit un modèle numérique de simulation des écoulements. Il s'agit en quelque sorte d'une maquette virtuelle (puisque réalisée sous forme informatique) des cours d'eau dans laquelle nous injectons les débits de crue et qui nous permet de simuler les conditions d'écoulement.

Dans cette étude, le code de calcul retenu est HEC-RAS 5.0. Ce code de calcul mis au point par l'Hydrologic Engineering Center de l'U.S. Army Corps of Engineers permet de simuler tous types de configurations habituellement rencontrées en rivière : confluence, défluence, seuil, pont, buse, rétention, stockage, déversoir... Les lignes d'eau sont calculées en régime fluvial, critique, torrentiel ou mixte dans les lits mineur et majeur et en régime dynamique (c'est-à-dire en tenant compte des phénomènes transitoires) si nécessaire. Le calcul de base est établi à partir de l'équation de l'énergie. Les pertes d'énergie sont évaluées par frottement (Equation de Manning) et par convergence et divergence des écoulements. L'équation des moments est utilisée dans les situations où le profil de la ligne d'eau varie brusquement. Ces situations incluent les régimes d'écoulement mixte (ressaut hydraulique), les écoulements sous les ponts et les confluences entre plusieurs biefs. Les effets des différentes obstructions comme les ponts, les buses, les seuils ainsi que tous les obstacles présents dans le lit sont considérés dans le calcul.

### VI.2.2. Topologie

Le schéma de modélisation a été construit sur la base des relevés topographiques réalisés par OPSIA en 2014.

Les cours suivants ont été modélisés :

- Le Préconil : 203 profils en travers
- Le Bouillonnet : 42 profils en travers
- Le Couloubrier : 40 profils en travers
- Le Vallon des Près : 19 profils en travers
- Le ruisseau du Plan : 11 profils en travers
- L'Emponse : 35 profils en travers
- Le Gourier : 16 profils en travers
- Le Pilon : 13 profils en travers
- Le Roux : 10 profils en travers

Les différents ouvrages hydrauliques (pont, gué, seuil) relevés par OPSIA ont également été intégrés dans le schéma de modélisation.

### VI.2.3. Conditions aux limites

Les débits injectés dans le modèle sont ceux indiqués dans le paragraphe précédent. En limite aval du modèle, la condition retenue est le niveau de la mer (cf. Rapport « Interactions entre l'hydraulique du fleuve Préconil et l'hydromorphologie littorale de la bordure Nord du Golfe de Saint-Tropez » ; F.BOUCHETTE).

Niveau moyen de mer	Niveau de mer T= 10 ans	Niveau de mer T= 30 ans	Niveau de mer T= 50 ans	Niveau de mer T= 100 ans
Régime normal pente : 0.1%	0,38	0,78	1,24	1,88

### VI.2.4. Calage du modèle

L'objectif de la modélisation a été principalement de définir les conditions d'écoulement de plein bord. Le bassin versant du Préconil ne présente aucune observation de hauteur d'eau pour ces gammes de débits moyens.

Dans ce cadre, le calage s'est basé d'une part sur l'observation de terrain (granulométrie, végétation des berges, sinuosité, encombrement du lit...) et sur la comparaison des lits d'écoulement avec des catalogues de rugosité calibrée (Roughness Characteristics of Natural Channels USGS).

Les coefficients de Manning retenus sont les suivants :

Cours d'eau	Lit mineur	Lit majeur
Préconil	0,045	0,1
Bouillonnet	0,05	0,1
Pilon	0,05	0,1
Roux	0,05	0,1
Couloubrier	0,05	0,1
Vallon des Près	0,045	0,1
Ruisseau du Plan	0,045	0,1
Emponse	0,045	0,1
Gourier	0,045	0,1

Le lit majeur n'est pas utilisé car le modèle se limite à décrire le transport de matériaux dans le lit mineur. Les coefficients de Manning sont donc laissés à 0,1.

## VI.2.5. Simulations particulières à l'embouchure

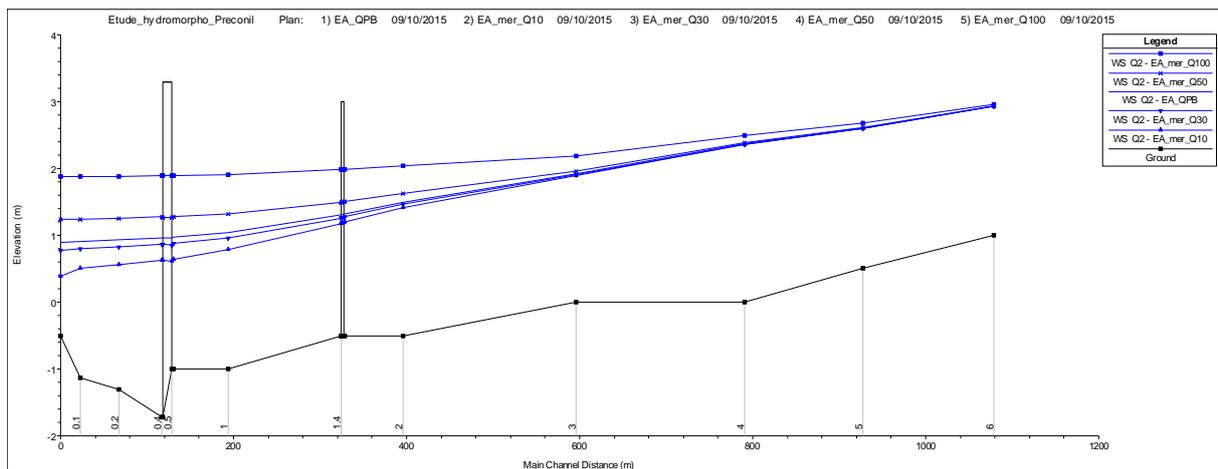
Plusieurs séries de simulations ont été réalisées dans la perspective de déterminer :

- Les débits de plein bord par tronçon homogène,
- Les largeurs de plein bords,
- Les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement pour différentes gammes de débits.

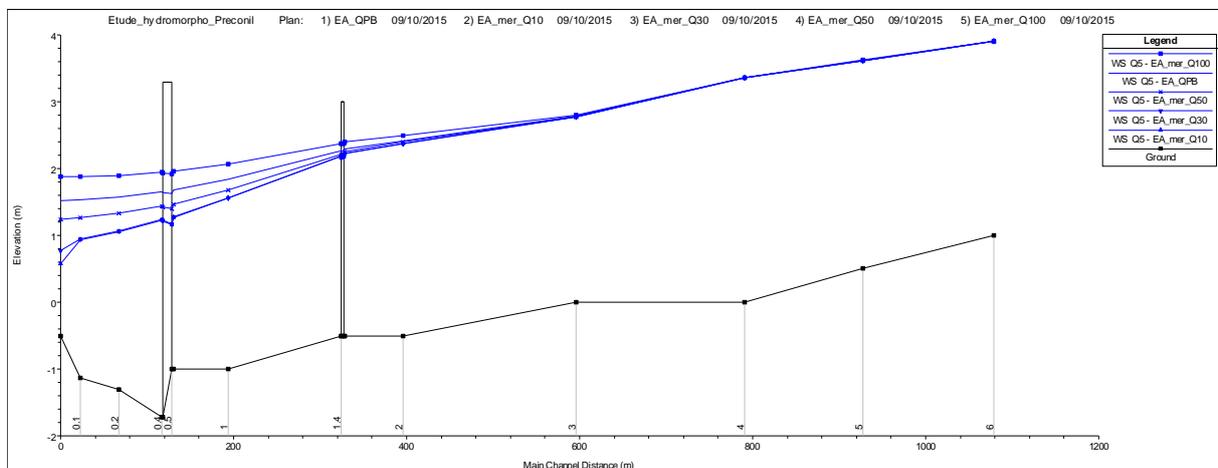
Sur la base des résultats de l'approche statistique des niveaux de mer, nous avons également examiné l'influence du niveau de mer sur le Préconil.

Les graphes suivants présentent les résultats de simulations. Le profil 6 correspond à la confluence avec le Bouillonnet et le profil 0 à l'arrivée du Préconil dans la mer. 5 lignes sont représentées : la plus basse représente les résultats de calculs pour un niveau normal de la mer. Les autres lignes d'eau situées au-dessus correspondent au niveau de mer pour  $T = 10$  ans,  $T = 30$  ans,  $T = 50$  ans et  $T = 100$  ans.

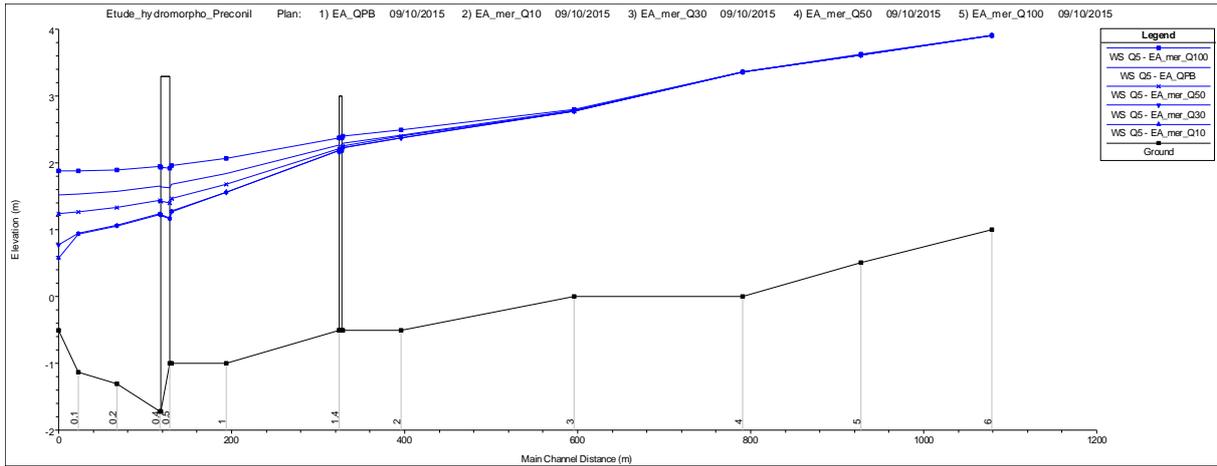
Les différents graphes sont données pour les débits du Préconil allant de  $T = 2$  ans à  $T = 100$  ans.



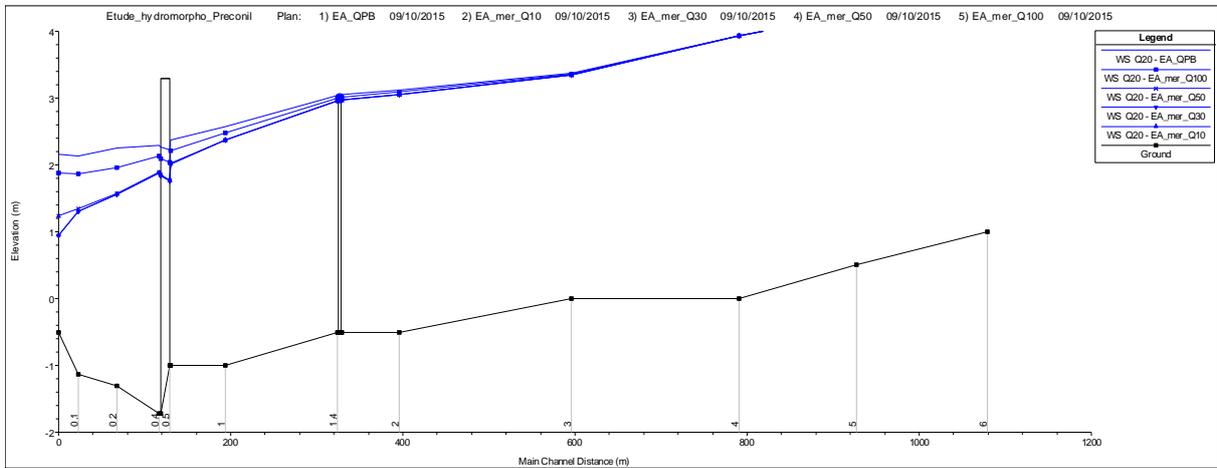
***T = 2 ans***



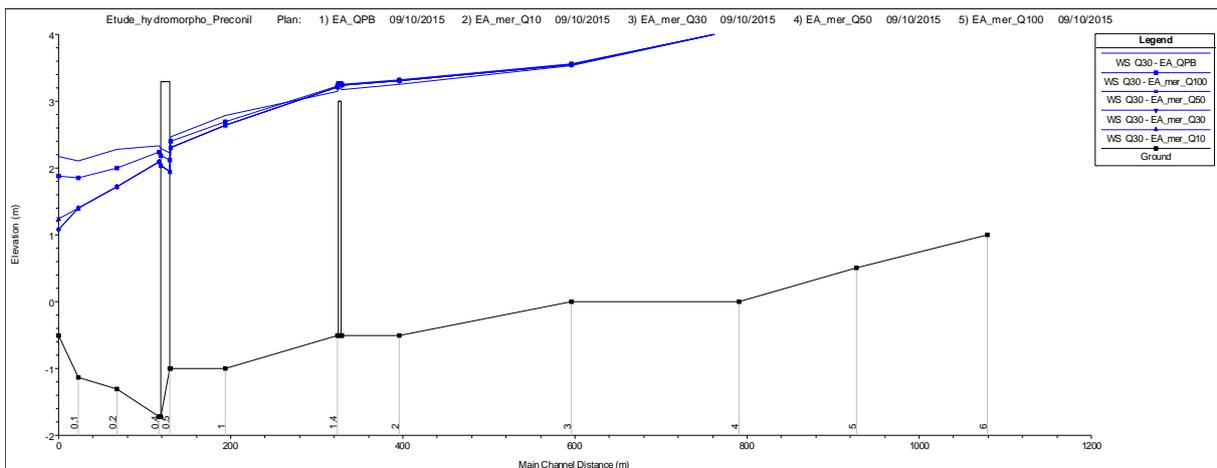
***T = 5 ans***



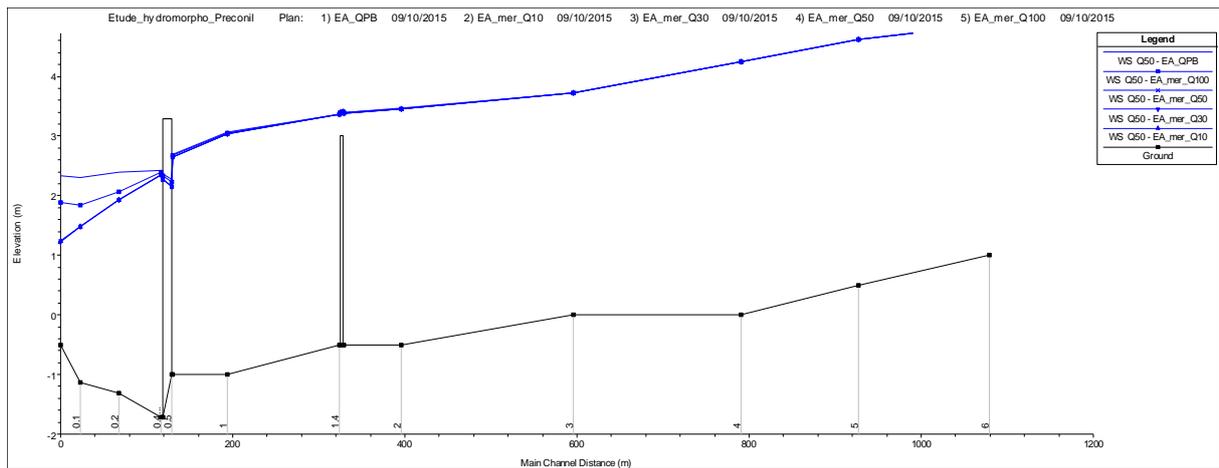
**T = 10 ans**



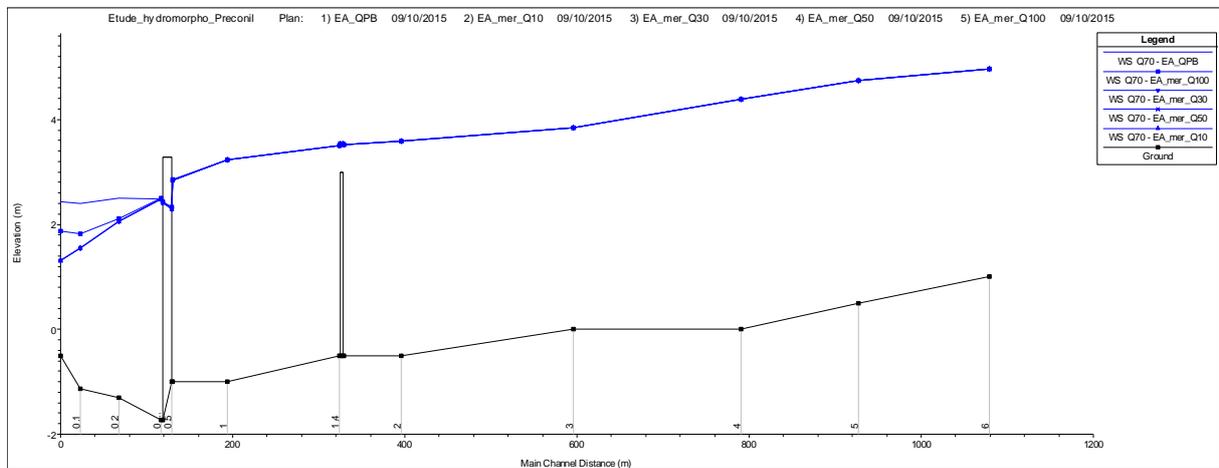
**T = 20 ans**



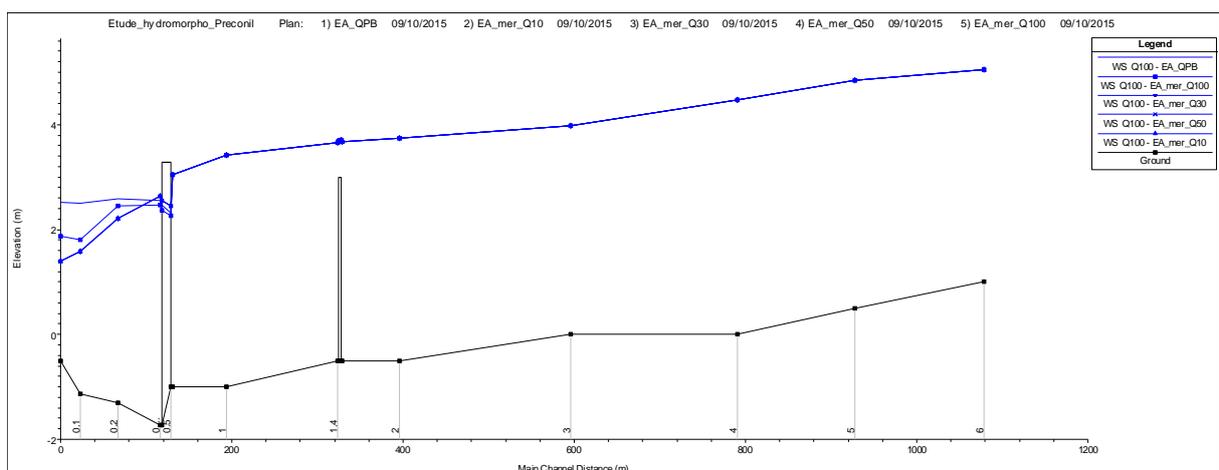
**T = 30 ans**



***T = 50 ans***



***T = 70 ans***



***T = 100 ans***

L'influence du niveau de la mer est bien entendu nettement plus sensible pour les faibles crues (Q2, Q5). Pour ces gammes de débit, l'influence maritime s'étend quasiment jusqu'à la confluence avec le Bouillonnet.

Les pertes de charge du pont de la RD25 viennent rapidement limiter l'influence du niveau de la mer pour les crues moyennes et fortes.

Ainsi, en période de crue, les niveaux d'eau à l'embouchure sont dépendants des débits de crue du Préconil et du niveau de la mer.

Pour les faibles crues ( $T < 20$  ans), le niveau d'eau à l'embouchure est quasiment uniquement sous la dépendance du niveau de la mer.

Pour les crues fortes à très fortes ( $T > 30$  ans), le fonctionnement est hypertidal, c'est-à-dire que l'influence fluviale est supérieure à l'influence maritime. L'influence du pont de la RD25 (perte de charge importante) induit quasiment une déconnexion de l'influence maritime en amont.

Il faut conclure de ces constats que le tronçon entre la confluence avec le Bouillonnet et la mer présente un fonctionnement hydraulique et de surcroît un fonctionnement hydrosédimentaire sous la double composante fluvial et maritime. L'une et l'autre composante prédomine principalement selon l'importance de la crue du Préconil.

### **VI.3. Calcul de transport solide**

Cette analyse du transport solide a pour but d'étudier les volumes pouvant être charriés annuellement et lors d'épisodes de crues.

Les tronçons retenus pour les calculs de transport solide sont issus de l'analyse des tronçons homogènes sur l'ensemble du linéaire de cours d'eau.

#### **VI.3.1. Présentation des méthodes de calcul**

##### **Débits liquides :**

Des débits classés et des débits de crue ont été affectés à chaque tronçon.

Les débits classés ont été estimés à partir de la relation dite de Myer avec une valeur de  $\alpha = 1$ .

Les débits de crue ont été calculés à partir de la modélisation pluie-débit. Au sein des sous bassins versants, les débits ont été extrapolés avec la relation de Myer en prenant une valeur de  $\alpha = 0.8$ .

##### **Formule de transport solide :**

L'estimation quantitative du transport solide est relativement hasardeuse. Plusieurs formules empiriques ont néanmoins été développées mais ne sont valables que dans un certain cadre restreint de rivière (en terme de pente, de granulométrie, de morphologie).

En 2011, l'ONEMA a édité un document intitulé « Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière » et a permis de refaire un bilan des différentes approches hydrosédimentaires. A l'aune de ce document et de notre expertise terrain du Préconil et de ses affluents, nous avons retenu les formules suivantes :

- la formule de Meyer-Peter et Mueller (1948), adaptée pour les cours d'eaux de plaine avec un lit à chenal simple ;
- la formule Lefort/SOGREAH, 1991, adaptée aux rivières torrentielles ou de piémont (lits naturels avec bancs de graviers ou peu rétrécis) ;
- formule de Lefort 2005.

La formule de Engelund et Hansen pourrait également convenir pour la partie aval du Préconil compte tenu de la faible pente longitudinale et de la nature du transport (transport important de sable) Cependant, elle ne serait pas adaptée pour les affluents ainsi que sur la majeure partie amont du Préconil (pente trop forte, granulométrie trop importante). Enfin, cette formule néglige l'effet de seuil de mise en mouvement puisque le moindre écoulement générerait un débit solide. Ainsi, elle ne permet pas de caractériser les débits de début du transport solide.

### VI.3.1.1. Formule de Meyer-Peter et Mueller

Le domaine d'application de cette formule est le suivant :

- Pente du lit comprise entre 0.4 et 2.4 % ;
- Diamètre des sédiments compris entre 0.4 et 29 mm.

Les pentes des cours d'eau étudiés correspondent au domaine d'application tandis que le diamètre des matériaux est faible comparé à la granulométrie mesurée sur les cours d'eau. Cette formule a été utilisée pour permettre une comparaison avec les autres formules. La formule du débit solide unitaire  $Q_v$  par unité de largeur de lit ( $m^3/s/m$ ) est la suivante:

$$Q_v = 8 \sqrt{(g (s^{-1}) d_{50}^3)((K/K')^{1.5} \Theta - 0.047)^{1.5}}$$

Le paramètre  $\Theta$ , paramètre de Shields se calcule de la manière suivante :

$$\theta = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho)gd}$$

Avec :

- $\rho_s$  : masse volumique des particules solides ( $2650 \text{ kg.m}^3$ )
- $\rho$  : masse volumique de l'eau ( $1000 \text{ kg.m}^3$ )
- $g$  : accélération de la pesanteur ( $9.81 \text{ m}^2.s^{-1}$ )
- $d$  : le diamètre  $d_{50}$  des grains
- $\tau_b$  : le cisaillement exercé par l'eau sur les particules solides. Il est donné par :

$$\tau_b = \frac{\rho g \overline{U}^2}{k^2 h^{1/3}}$$

Avec :

- $U$  : la vitesse moyenne de l'écoulement dans le cours d'eau

- h : la hauteur moyenne dans le cours d'eau
- k : le paramètre de Strickler (20 retenu pour les différents cours d'eau).

Le ratio  $K/K'$  est le ratio entre le coefficient de Strickler de l'écoulement K et le Strickler du grain  $K'$ , et permet de corriger la contrainte totale pour ne tenir compte que de la contrainte appliquée au grain.

Le terme K est calcul par la formule suivante :  $K = V/(I^{0.5} R^{1.5})$

Le terme  $K'$  est calculé avec l'équation de Strickler [1923]:  $K' = 26/(D_{90}^{1/6})$ .

### VI.3.1.2. Formule de Lefort-SOGREAH 1991

Le domaine d'application de cette formule est valable sur l'ensemble des cours d'eau des deux bassins versants :

- Pente du lit comprise entre 0.2 et 20 % ;
- Lits naturels avec bancs de graviers ou peu rétrécis ;
- Diamètre des sédiments supérieur à 1 mm.

Une 1ère formule exprime le débit liquide de début d'entraînement  $Q_0$  ( $m^3/s$ ) en fonction :

- de la pente ;
- du débit liquide ;
- du diamètre caractéristique du substrat et de sa densité.

$$Q_0 = 0.0776 (s-1)^{8/3} g^{1/2} d_m^{5/2} I^{-13/6} (1-1.2I)^{8/3}$$

Avec :

- s = densité des matériaux ;
- g = 9.81  $m/s^2$  ;
- $d_m$  = diamètre moyen des matériaux (m) ;
- I = Pente du lit (m/m).

En prenant une densité des matériaux égale à 2.65, le débit solide s'exprime avec la formule suivante :

$$Q_s = 4.45 Q (d_{90}/d_{30})^{0.2} I^{1.5}/(s-1)*(1-(Q_0/Q)^{0.375})$$

Avec :

- $d_{90}$  : diamètre pour lequel 90 % des grains sont plus petits ;
- $d_{30}$  : diamètre pour lequel 30 % des grains sont plus petits.
- Q = débit liquide en  $m^3/s$ .

### VI.3.1.3. Formule de Lefort 2005

Source : [documentation.eaufrance.fr](http://documentation.eaufrance.fr) / Analyse de l'hydrologie et du transport solide

#### Formule Lefort (2005)

##### 1. NOTATIONS ET LIMITATIONS

<b>B</b>	largeur du lit ou de la bande active (m)
<b>Q</b>	débit liquide de la bande active (hors zones boisées) en m <sup>3</sup> /s
<b>Q<sub>0</sub></b>	débit de début de mouvement (m <sup>3</sup> /s)
<b>J</b>	pente de la rivière suivant axe médian < 200/1000
<b>d<sub>m</sub></b>	diamètre moyen = $\Sigma (d \Delta P) / P > 0.1$ mm
<b>d<sub>90</sub>/d<sub>30</sub></b>	étendue granulométrique < 20
<b>d<sub>m</sub>*</b>	diamètre adimensionnel = $d_m [g(s-1)/v^2]^{1/3}$
<b>s</b>	densité du matériau > 1.1
<b>kr</b>	coefficient de Strickler du matériau = $21.1 / d_m^{1/6}$
<b>ks</b>	coefficient de Strickler du lit

##### 2. DÉBUT D'ENTRAÎNEMENT

$$\frac{Q_0}{\sqrt{g((s-1)d_m)^5}} = 0.02795 C_{(d^*)} \left( \frac{B}{(s-1)d_m} \right)^{2/3} J^{-n}$$

$$\text{Si } d_{m^*} < 200 \quad C_{(d^*)} = 1 + \frac{18.89}{1 + d_{m^*}} - 2.202 e^{-0.0172 d_{m^*}} \quad \text{sinon } C_{(d^*)} = 1$$

n = 1.722 + 0.09 log J variation de l'exposant pente dans Q<sub>0</sub>

##### 3. CONCENTRATION CPM (PPM = MG/LITRE)

$$C_{pm} = 3.593 \cdot 10^6 \text{ cor} \left( \frac{d_{90}}{d_{30}} \right)^{0.22} \frac{S}{(S-1)^{1.375}} J^m \left[ \log \left( \frac{Q}{Q_0} \right) \right]^Z$$

m = 1.887 + 0.09 log (J) variation de l'exposant pente dans C<sub>pm</sub>

$$Z = 0.775 + \frac{4.22}{J^{1/9} d_{m^*}^{0.8}}$$

##### 4. CORRECTION DE DUNE

$$\text{Si } d_m < 0.5 \text{ mm et } ks/kr < 0.625 \quad \text{cor} = 1 - 0.875 e^{(-0.0355 \left( \frac{ks}{kr} \right)^{2.4} \frac{Q}{Q_0})} \quad \text{sinon cor} = 1$$

## VI.3.2. Débits retenus pour l'analyse du transport solide

Par cours d'eau et TH, les débits retenus pour l'analyse du transport solide sont les suivants :

### VI.3.2.1. Préconil :

Temps de retour	Fréquence	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5	TH6	TH7
Q100	0.99997	55	118	136	190	331	367	367
Q50	0.99995	45	95	109	154	270	301	301
Q30	0.99991	37	80	91	127	223	249	249
Q20	0.99986	31	67	76	106	185	207	207
Q10	0.99973	22	49	56	77	135	153	153
Q5	0.99945	16	35	40	55	96	109	109
Débits classés	0.99	1.4	3.0	3.4	4.7	8.4	9.5	9.5
	0.98	0.802	1.65	1.89	2.64	4.72	5.29	5.29
	0.95	0.352	0.724	0.831	1.160	2.071	2.325	2.325
	0.9	0.171	0.351	0.403	0.562	1.004	1.127	1.127
	0.8	0.079	0.162	0.185	0.259	0.462	0.519	0.519
	0.7	0.038	0.077	0.088	0.124	0.221	0.248	0.248
	0.6	0.019	0.038	0.044	0.061	0.109	0.123	0.123
	0.5	0.00569	0.012	0.013	0.019	0.033	0.038	0.038
	0.4	0.00041	0.00084	0.00096	0.00134	0.00239	0.00268	0.00268
	0.3	0.00014	0.00028	0.00032	0.00045	0.0008	0.00089	0.00089
0.2 à 0.01	0	0	0	0	0	0	0	

### VI.3.2.2. Emponse :

Temps de retour	Fréquence	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5
Q100	0.99997	23	27	27	33	33
Q50	0.99995	18	21	21	25	26
Q30	0.99991	15	17	18	21	21
Q20	0.99986	12	14	15	18	18
Q10	0.99973	9	11	11	13	13
Q5	0.99945	6.62	7.64	7.83	9.44	9.57
Débits classés	0.99	0.351	0.420	0.433	0.547	0.556
	0.98	0.196	0.235	0.242	0.306	0.311
	0.95	0.086	0.103	0.106	0.134	0.136
	0.9	0.042	0.050	0.051	0.065	0.066
	0.8	0.019	0.023	0.024	0.030	0.030
	0.7	0.009	0.011	0.011	0.014	0.015
	0.6	0.005	0.005	0.006	0.007	0.007
	0.5	0.00139	0.00167	0.00172	0.00217	0.0022
	0.4	9.9E-05	0.00012	0.00012	0.00015	0.00016
	0.3 à 0.01	0	0	0	0	0

### VI.3.2.3. Gourier :

Temps de retour	Fréquence	TH1	TH2	TH3
Q100	0.99997		30	42
Q50	0.99995		24	33
Q30	0.99991		19	27
Q20	0.99986		16	23
Q10	0.99973		12	16
Q5	0.99945		8.2	11.5
Débits classés	0.99		0.628	0.962
	0.98		0.351	0.537
	0.95		0.154	0.236
	0.9		0.075	0.114
	0.8		0.034	0.053
	0.7		0.016	0.025
	0.6		0.008	0.012
	0.5		0.00249	0.00381
	0.4		0.00018	0.00027
	0.3 à 0.01		0	0

### VI.3.2.4. Vallon des Près :

Temps de retour	Fréquence	TH1	TH2
Q100	0.99997	67	68
Q50	0.99995	53	55
Q30	0.99991	44	44
Q20	0.99986	36	36
Q10	0.99973	26	26
Q5	0.99945	18	18
Débits classés	0.99	1.78	1.83
	0.98	0.994	1.020
	0.95	0.437	0.448
	0.9	0.212	0.217
	0.8	0.097	0.100
	0.7	0.047	0.048
	0.6	0.023	0.024
	0.5	0.00705	0.00724
	0.4	0.0005	0.00052
	0.3	0.00017	0.00017
	0.2 à 0.01	0	0

### VI.3.2.5. Couloubrier :

Temps de retour	de	Fréquence	TH1	TH2	TH3	TH4
Q100		0.99997	36	43	111	112
Q50		0.99995	29	35	90	91
Q30		0.99991	24	29	74	75
Q20		0.99986	20	25	61	62
Q10		0.99973	15	18	45	45
Q5		0.99945	11.0	13.4	31.5	31.9
Débits classés		0.99	0.725	0.933	2.776	2.822
		0.98	0.405	0.521	1.550	1.576
		0.95	0.178	0.229	0.681	0.692
		0.9	0.086	0.111	0.330	0.335
		0.8	0.040	0.051	0.152	0.154
		0.7	0.019	0.024	0.073	0.074
		0.6	0.009	0.012	0.036	0.036
		0.5	0.00287	0.0037	0.011	0.01118
		0.4	0.00021	0.00026	0.00079	0.0008
		0.3	0	0	0.00026	0.00027
	0.2 à 0.01	0	0	0	0	

### VI.3.2.6. Bouillonnet :

Temps de retour	de	Fréquence	TH1	TH2	TH3
Q100		0.99997	36	43	46
Q50		0.99995	28	34	37
Q30		0.99991	24	29	31
Q20		0.99986	20	24	26
Q10		0.99973	16	19	20
Q5		0.99945	12.3	14.8	15.9
Débits classés		0.99	0.575	0.723	0.793
		0.98	0.321	0.404	0.443
		0.95	0.141	0.177	0.194
		0.9	0.068	0.086	0.094
		0.8	0.031	0.040	0.043
		0.7	0.015	0.019	0.021
		0.6	0.007	0.009	0.010
		0.5	0.00228	0.00287	0.00314
		0.4	0.00016	0.0002	0.00022
		0.3 à 0.01	0	0	0

### VI.3.3. Résultat

#### VI.3.3.1. Généralités

Ces trois formules calculent une capacité de charriage influencées par 3 principaux facteurs. Il s'agit de :

- la pente du lit,
- la granulométrie du substrat,
- la largeur de bande active (excepté pour Lefort 1991).

Les résultats obtenus sont des capacités de charriage théoriques, soit des volumes de matériaux pouvant être charriés annuellement dans le cas où les volumes disponibles en substrat depuis l'amont du cours d'eau (où depuis les versants) sont excédentaires.

Sur les formules de Lefort, la capacité de charriage est calculée à partir d'un rapport entre le débit liquide du cours d'eau (paramètre Q) et le débit de début d'entraînement du substrat (paramètre  $Q_0$ ).

- Ce paramètre  $Q_0$  pour la formule de Lefort 2005 est fonction des 3 paramètres cités précédemment.
- Ce paramètre  $Q_0$  pour la formule de Lefort 1991 est uniquement fonction de la pente du lit et de la granulométrie du substrat.

A titre de comparaison, pour un même débit liquide, les capacités de charriage augmentent quand :

- La pente du lit augmente ;
- La granulométrie diminue ;
- La largeur de bande active diminue.

On caractérise également le type de transport solide attendu sur la base de la contrainte exercée sur le fond (Shields).

Mode de transport	$\Theta$	Description
Pas de transport	< 0,05	
Charriage prépondérant	0,05 à 0,25	Les grains se déplacent en glissant ou en roulant, et restent en contact avec le fond. Ce mécanisme est principalement régi par les forces de gravités.
Charriage et suspension	0,25 à 2,5	Les grains se déplacent par petits sauts. Ce n'est ni du charriage car les grains ne restent pas toujours en contact avec le fond, ni de la suspension car les particules retombent rapidement
Suspension prépondérante	> 2,5	Les particules restent dans le fluide et ne retombent que rarement au fond, bien qu'elles aient tendance à décanter. La mise en suspension et le fait que les grains ne retombent pas sont liés à la turbulence.

Le tableau suivant reporte les valeurs de pente et de granulométrie utilisées pour chaque tronçon analysé.

Cours d'eau	TH	Pente moyenne	Granulométrie moyenne
Préconil	PRE 1	0.0211	36.2
Préconil	PRE 2	0.0119	38.2
Préconil	PRE 3	0.0048	39.2
Préconil	PRE 4	0.0033	53.3
Préconil	PRE 5	0.0035	40.2
Préconil	PRE 6	0.0019	35.8
Préconil	PRE 7	0.0008	2.0
Emponse	EMP 1	0.0189	17.2
Emponse	EMP 2	0.0227	-
Emponse	EMP 3	0.0416	25.5
Emponse	EMP 4	0.0188	41.5
Emponse	EMP 5	0.0330	60.6
Gourier	GOU 1		69.5
Gourier	GOU 2	0.0166	12.8
Gourier	GOU 3	0.0252	6.3
Vallon des Prés	VPR 1	0.0129	16.2
Vallon des Prés	VPR 2	0.0190	35.1
Couloubrier	COU 1	0.0242	44.0
Couloubrier	COU 2	0.0242	-
Couloubrier	COU 3	0.0210	26.3
Couloubrier	COU 4	0.0061	48.5
Bouillonet	BOU 1	0.0241	46.8
Bouillonet	BOU 2	0.0083	30.9
Bouillonet	BOU 3	0.0083	36.4

### VI.3.3.1. Type de transport

L'analyse des différents tronçons montre que le transport est de type « Charriage prépondérant » à « Charriage et suspension » sur toute la gamme de débit étudié.

### VI.3.3.2. Capacité de charriage annuel

Ce chapitre présente le volume de matériaux théoriquement transportable par les différents cours d'eau pour un débit inférieur au débit annuel.

Capacité de charriage annuel (m³/an)	PRE1	PRE2	PRE3	PRE4	PRE5	PRE6	PRE7
Meyer Peter Mueller	0	0	0	0	0	0	0
Lefort 91	751	0	0	0	0	234	0
Lefort 2005	83	0	0	0	0	0	0

Capacité de charriage annuel (m³/an)	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5
Meyer Peter Mueller	0	-	9	0	0
Lefort 91	226	-	3024	0	0
Lefort 2005	0	-	110	0	0

Capacité de charriage annuel (m³/an)	GOU 1	GOU 2	GOU 3
Meyer Peter Mueller	-	0	364
Lefort 91	-	1023	9841
Lefort 2005	-	0	241

Capacité de charriage annuel (m³/an)	VPR 1	VPR 2
Meyer Peter Mueller	60	0
Lefort 91	1857	971
Lefort 2005	5	18

Capacité de charriage annuel (m³/an)	COU 1	COU 2	COU 3	COU 4
Meyer Peter Mueller	0	0	377	0
Lefort 91	2599	3891	8593	0
Lefort 2005	1	10	530	0

Capacité de charriage annuel (m³/an)	BOU 1	BOU 2	BOU 3
Meyer Peter Mueller	0	0	0
Lefort 91	0	0	0
Lefort 2005	27	0	0

### VI.3.3.3. Transport solide en crue

Les différentes formules de transport solide ont permis de calculer des débits solides pour les différents temps de retour calculés (5 à 100 ans).

Les débits solides calculés par les formules de Lefort de 1991 et 2005 ont des valeurs proches, valeurs qui dépassent de 2 à 3 fois celles de Meyer Peter Muller.

Une estimation des volumes charriés solide en crue a été calculée à partir de la formule suivante :

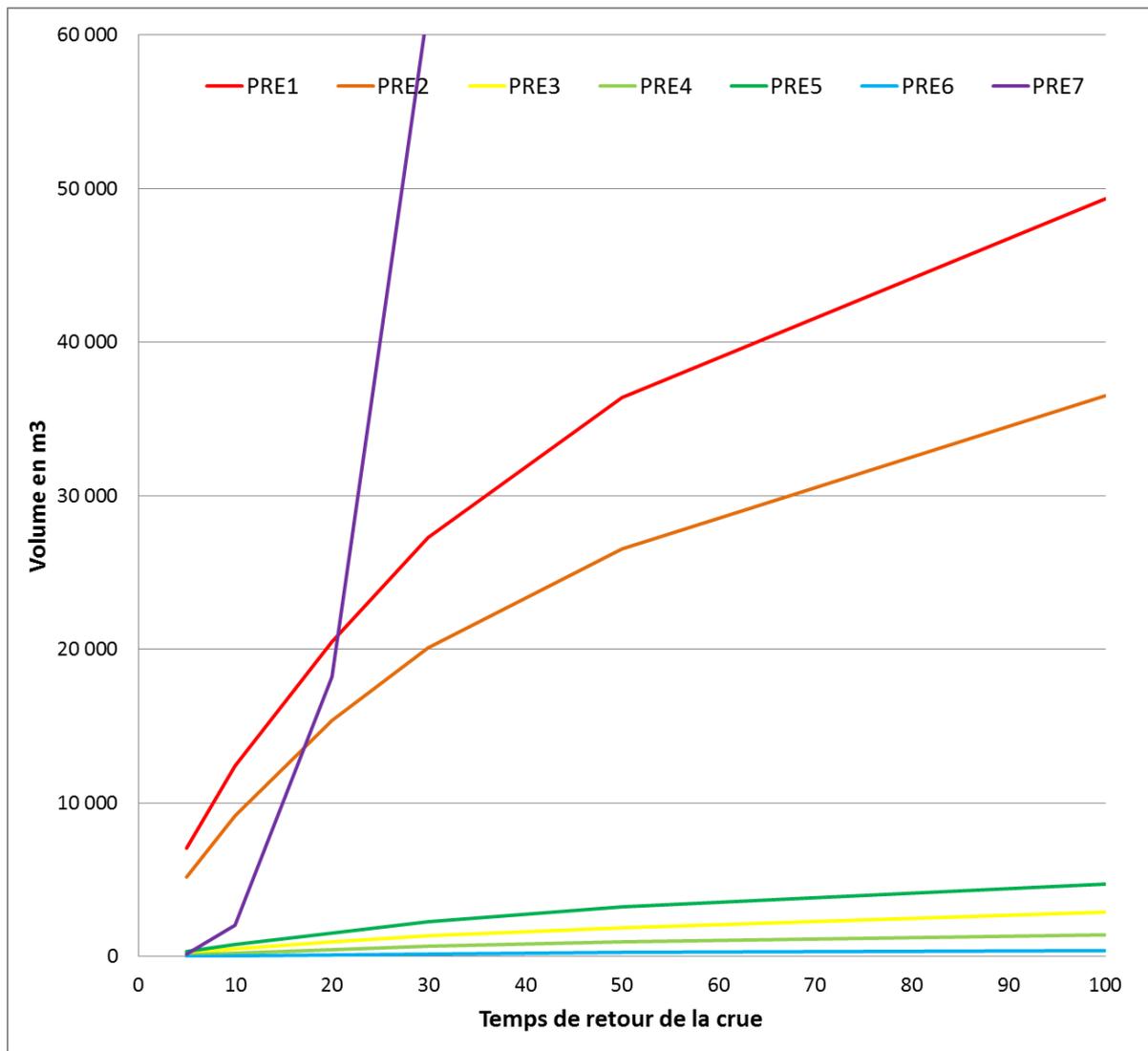
$$\text{Volume charrié en crue} = \frac{tb}{2} \times Q_{smax} \times \frac{1 - Q_0}{Q_{max}}$$

Avec :

- Un temps de base Tb, durée totale de la crue supérieur à Q<sub>0</sub>
- Une valeur de Q<sub>0</sub> calculée par la formule de Lefort 2005.

#### **Résultats pour le Préconil**

	Tronçon	Temps de retour des crues					
		5	10	20	30	50	100
Volume charrié (m3)	PRE1	7 022	12 413	20 521	27 272	36 404	49 365
	PRE2	5 166	9 165	15 372	20 116	26 528	36 528
	PRE3	205	468	939	1 331	1 888	2 864
	PRE4	88	219	453	664	965	1 436
	PRE5	345	792	1 548	2 249	3 251	4 719
	PRE6	9	37	98	159	252	391
	PRE7	138	2 017	18 215	61 863	206 208	673 266



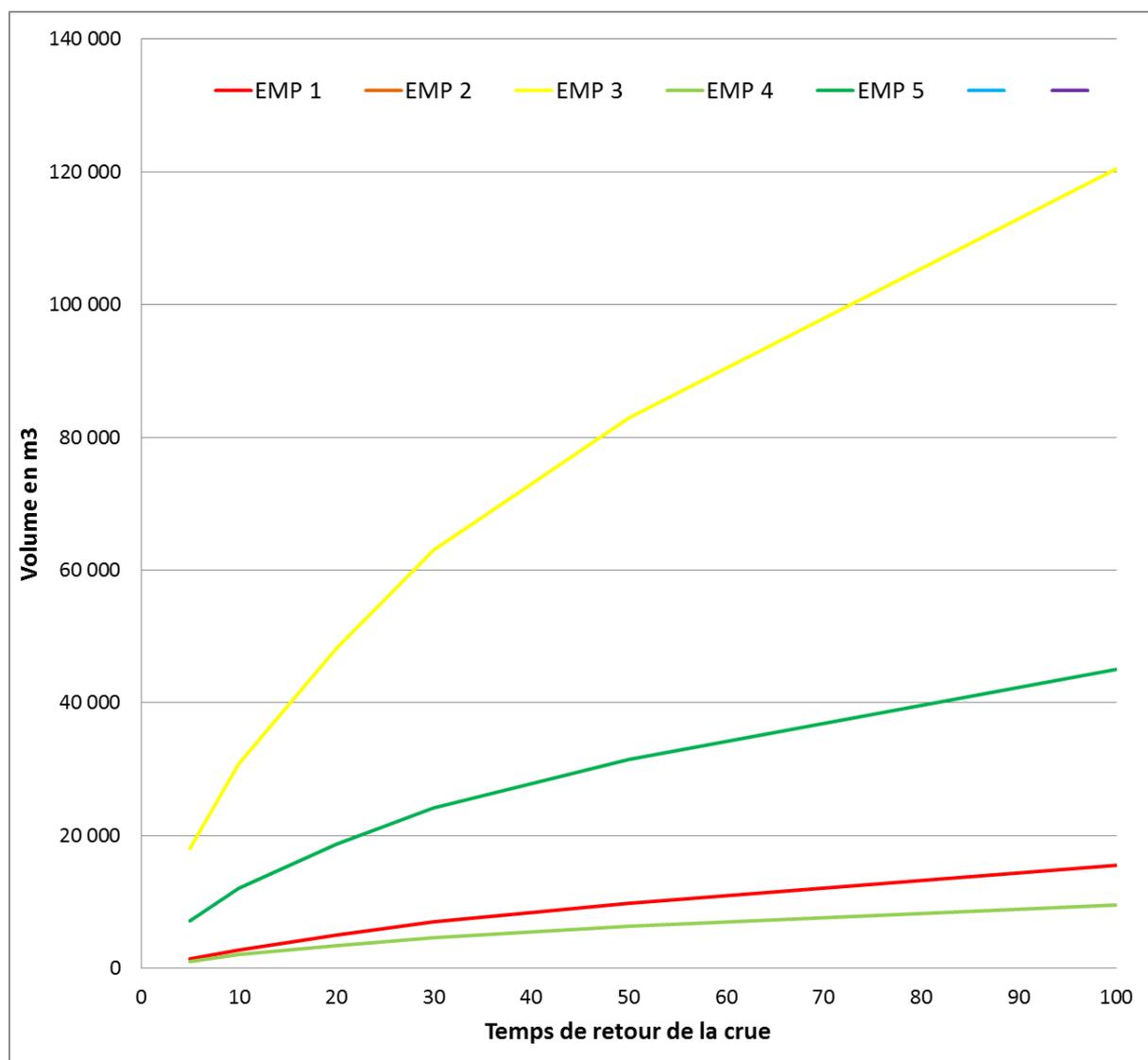
Les volumes de charriage obtenus sur les tronçons amont (PRE1 et PRE2) sont assez homogènes.

En aval, les tronçons PRE3, PRE4 et PRE5 se voient dotés d'un volume de charriage relativement faible en lien avec la diminution de la pente longitudinale.

Les valeurs obtenues pour le tronçon TH7 sont à considérées avec prudence compte tenu de l'influence maritime attendue qui peut induire un blocage sédimentaire. Il faut aussi prendre en compte le fait que sur ce tronçon la granulométrie est composée uniquement de sable. Le sable est charrié très rapidement pour des débits faibles. Ainsi pour les fortes crues, les calculs de volume charrié conduisent à des valeurs très importantes, largement surévaluées.

## Résultats pour Emponse

Volume charrié (m3)	Tronçon	Temps de retour des crues					
		5	10	20	30	50	100
	EMP 1	1 369	2 791	4 970	6 975	9 833	15 538
	EMP 2						
	EMP 3	18 069	30 849	48 233	63 047	83 006	120 391
	EMP 4	1 060	2 033	3 425	4 645	6 321	9 523
	EMP 5	7 122	12 068	18 658	24 187	31 541	45 100

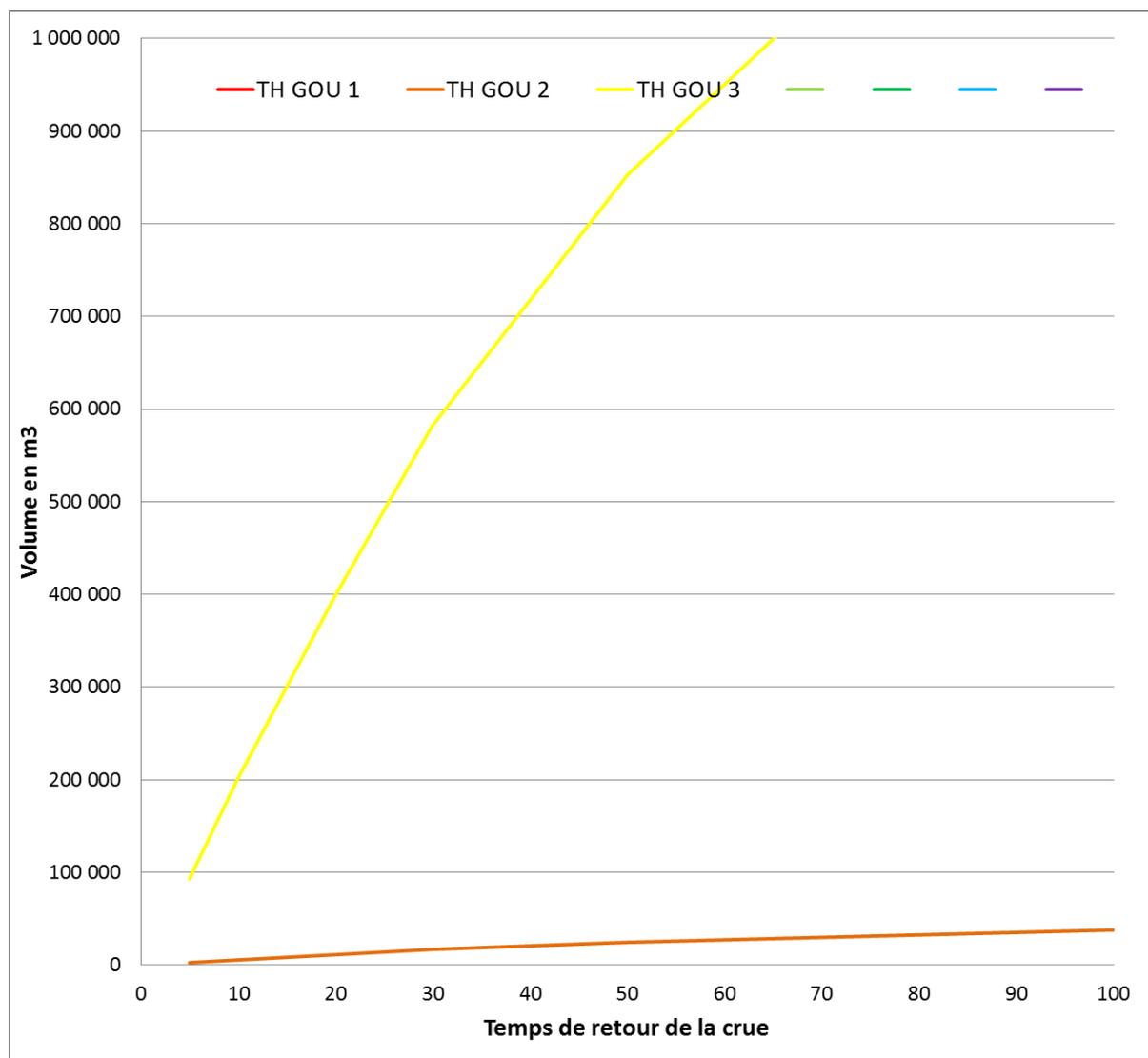


Les capacités sur EMP 3 retranscrivent la très forte pente en traversée du centre-ville. Ces valeurs sur ce TH rendent compte de l'absence de dépôt sur ce tronçon, d'autant plus que les berges sont totalement artificialisées.

La pente augmente sur le tronçon EMP5 ce qui explique l'augmentation des volumes de charriage en comparaison avec le tronçon précédent.

## Résultats pour le Gourrier

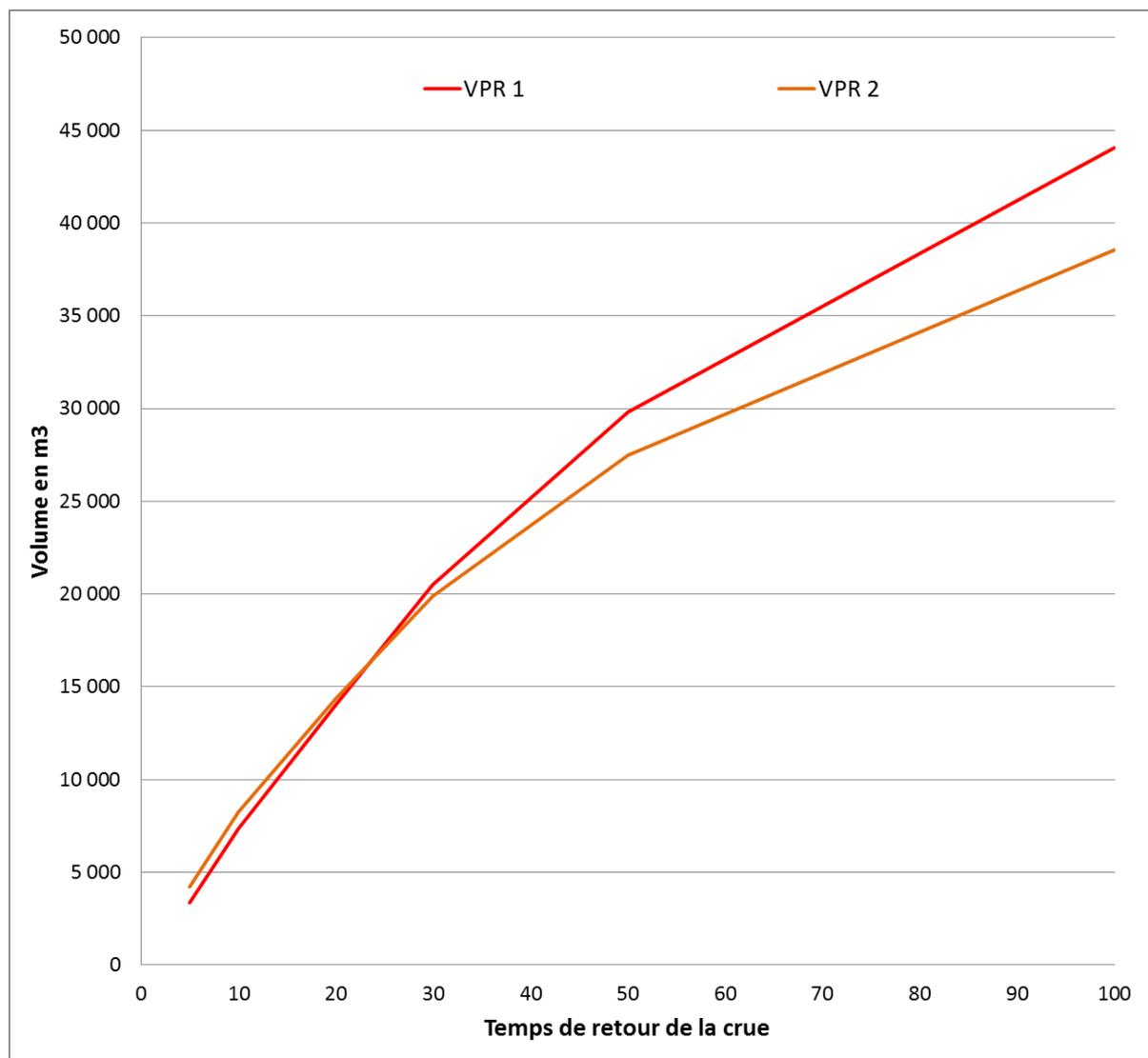
Volume charrié (m3)	Tronçon	Temps de retour des crues					
		5	10	20	30	50	100
	TH GOU 1						
	TH GOU 2	2 668	5 877	11 539	16 648	24 093	37 236
	TH GOU 3	92 456	201 859	399 557	581 958	852 989	1 343 088



L'aval du Gourrier (TH GOU3) présente une granulométrie de petite taille (sable grossier). Cela conduit à une estimation des volumes charriés très importante.

## Résultats pour le Vallon des Près

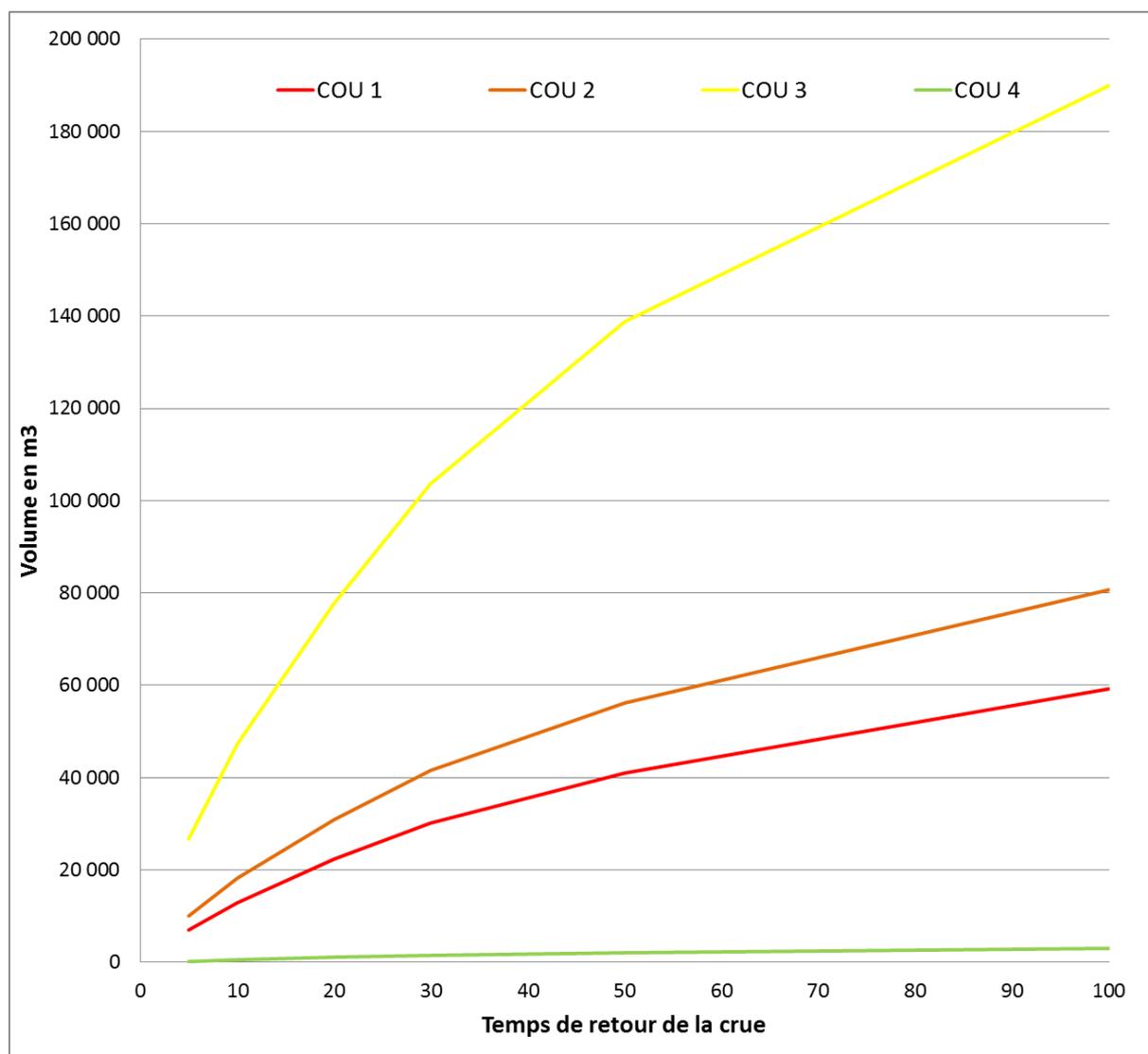
Volume charrié (m <sup>3</sup> )	Tronçon	Temps de retour des crues					
		5	10	20	30	50	100
	VPR 1	3 341	7 343	14 064	20 511	29 825	44 082
	VPR 2	4 198	8 233	14 378	19 895	27 480	38 534



Les valeurs obtenues sont cohérentes entre les deux tronçons (pente et granulométrie étant homogène d'un tronçon à l'autre – sable).

## Résultats pour le Couloubrier

Volume charrié (m3)	Tronçon	Temps de retour des crues					
		5	10	20	30	50	100
	COU 1	6 987	12 895	22 359	30 128	40 960	59 211
	COU 2	9 963	18 093	30 987	41 503	56 104	80 595
	COU 3	26 696	47 180	77 891	103 718	138 811	189 975
	COU 4	213	500	991	1 438	2 074	3 043



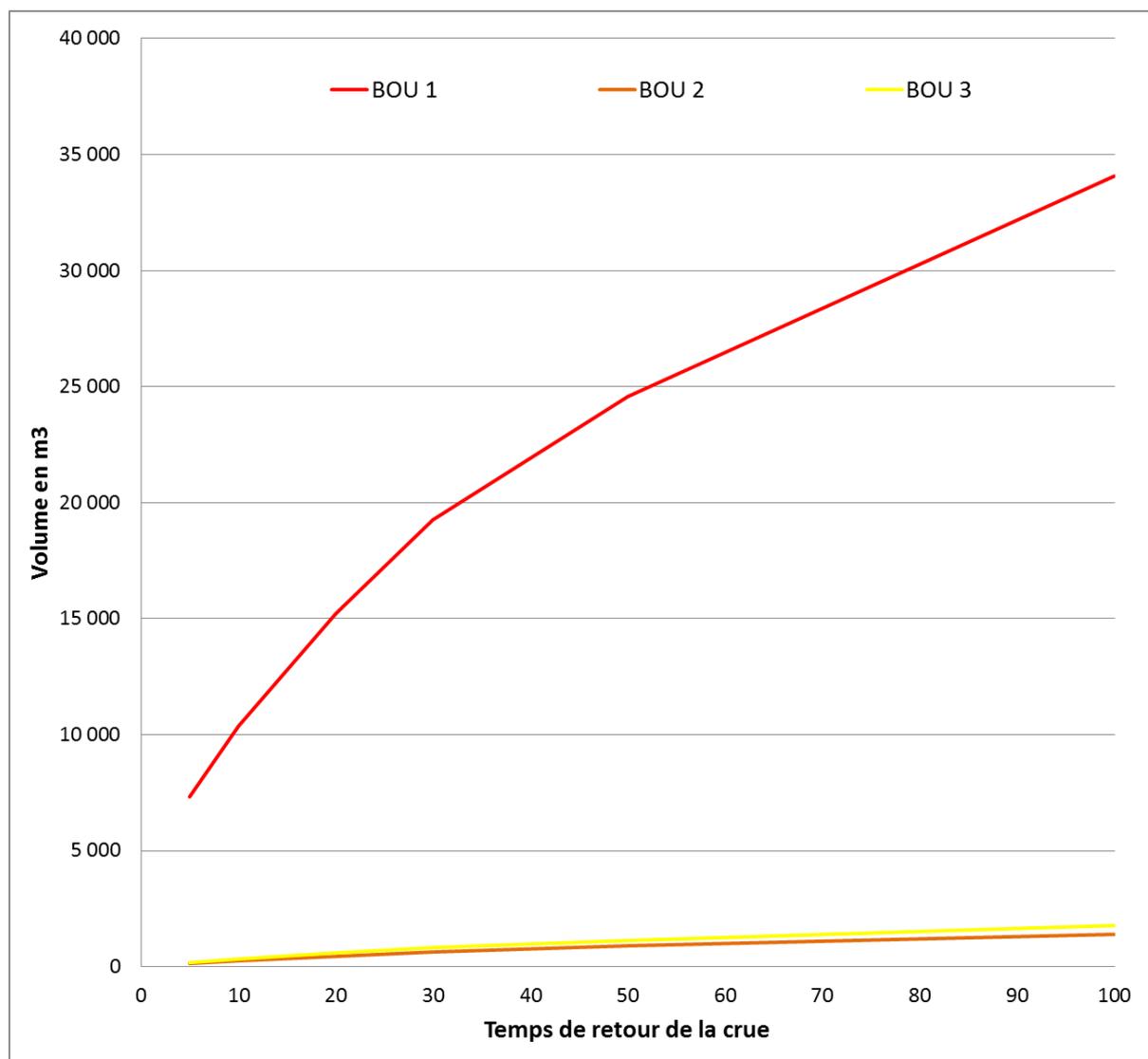
La pente plus importante sur les tronçons amont (COU1 et COU2) explique un volume charrié plus important.

La granulométrie du tronçon COU3 diminue pour une pente assez semblable au tronçon amont d'où un volume de charriage très important.

Au niveau du tronçon COU4, la pente diminue très nettement ce qui explique la baisse drastique du volume de charriage.

## Résultats pour le Bouillonnet

Volume charrié (m3)	Tronçon	Temps de retour des crues					
		5	10	20	30	50	100
	BOU 1	7 321	10 363	15 232	19 249	24 566	34 079
	BOU 2	139	245	443	625	885	1 390
	BOU 3	188	328	583	814	1 141	1 771



La pente plus importante sur le tronçon amont explique un volume charrié plus important.

### VI.3.3.4. Transport du sable

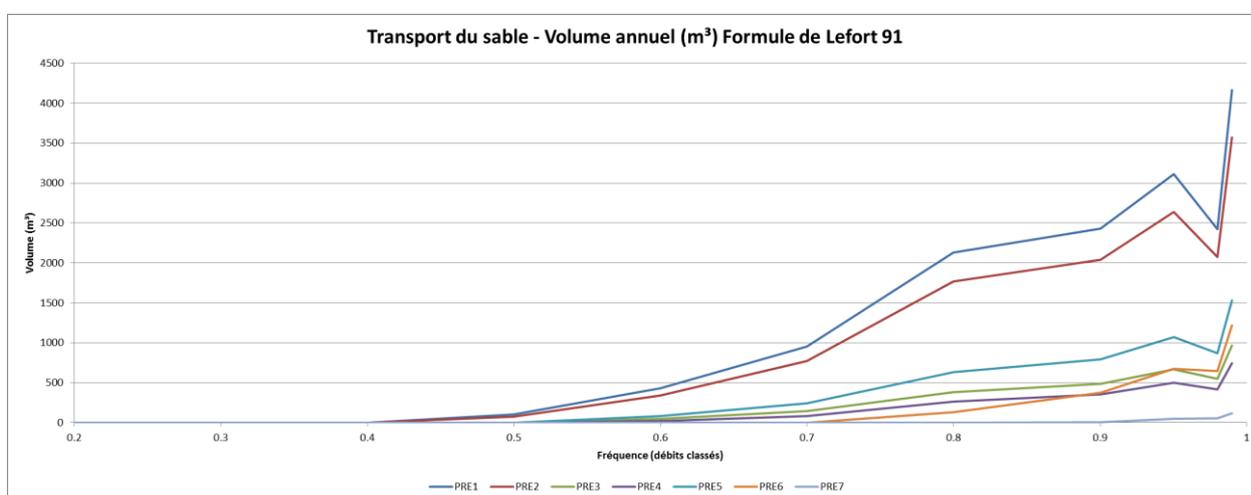
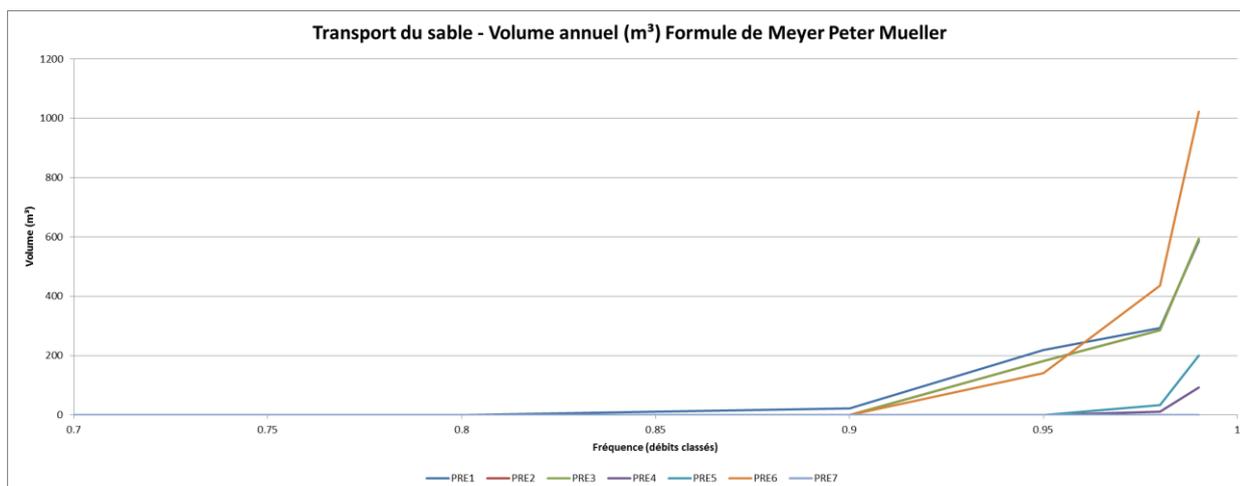
Compte tenu de la problématique liée à l'ensablement, nous avons donc également estimé les débits nécessaires pour initier le transport du sable (Diamètre moyen retenu sur nos analyses = 2 mm (=D50 Sogreah 2002)).

Le tableau suivant rend compte des débits de début d'entraînement du sable ( $Q_0$ ) pour chaque tronçon homogène.

Cours d'eau	TH	Module ( $m^3/s$ )	$Q_0$ ( $m^3/s$ )
Préconil	PRE 1	0.07	0.001
Préconil	PRE 2	0.15	0.002
Préconil	PRE 3	0.17	0.016
Préconil	PRE 4	0.17	0.036
Préconil	PRE 5	0.44	0.032
Préconil	PRE 6	0.49	0.120
Préconil	PRE 7	0.49	0.841
Emponse	EMP 1	0.018	0.0008
Emponse	EMP 2	0.022	0.0005
Emponse	EMP 3	0.022	0.0001
Emponse	EMP 4	0.028	0.0008
Emponse	EMP 5	0.029	0.0002
Gourier	GOU 1	0	-
Gourier	GOU 2	0.032	0.0011
Gourier	GOU 3	0.050	0.0004
Vallon des Prés	VPR 1	0.092	0.0019
Vallon des Prés	VPR 2	0.094	0.0008
Couloubrier	COU 1	0.037	0.0005
Couloubrier	COU 2	0.048	0.0005
Couloubrier	COU 3	0.143	0.0006
Couloubrier	COU 4	0.145	0.0095
Bouillonet	BOU 1	0.030	0.0005
Bouillonet	BOU 2	0.037	0.0049
Bouillonet	BOU 3	0.041	0.0049

Les débits d'entrainements sont très faibles et toujours largement inférieurs au module. Ce calcul est confirmé par les observations de terrain avec la mise en mouvement du sable même pour de très faibles débits. Le transport s'effectue toujours, quelle que soit la gamme de débit, par charriage ou par charriage et suspension.

L'estimation du transport de sable sur les différents tronçons est réalisée avec les différentes formules et donne les résultats suivants :



Volume de sable charrié annuellement (m<sup>3</sup>/an)

	Meyer Peter Muller	Lefort 91	Lefort 2005
PRE1	813	12346	90933
PRE2	771	10406	40531
PRE3	86	2541	14
PRE4	56	1857	2
PRE5	1336	4091	44
PRE6	1513	3487	0
PRE7	43	364	0

*\*La formule de Lefort 2005 est hors du domaine de validité.*

Au-delà des courbes et chiffres globalement variables en fonction des formules utilisées et de leurs domaines de validité, il est important de retenir de l'application de ces formules une bonne corrélation avec les observations de terrains, notamment pour des débits faibles jusqu'à

une crue annuelle pour laquelle les estimations *in situ* des bancs de sables mobilisés correspondent aux ordres de grandeurs des volumes traduits dans ce tableau.

### VI.3.3.5. Nombre de jours de charriage

Le tableau suivant présente le nombre de jours de charriage par an sur la base des granulométries de terrain. Les résultats sont à prendre avec précaution compte tenu de l'incertitude sur les débits classés extrapolés à partir des mesures de la Giscle.

Cours d'eau	TH	Nombre de jour de charriage
Préconil	PRE 1	4
Préconil	PRE 2	1
Préconil	PRE 3	1
Préconil	PRE 4	1
Préconil	PRE 5	1
Préconil	PRE 6	1
Préconil	PRE 7	37
Emponse	EMP 1	7
Emponse	EMP 2	1
Emponse	EMP 3	18
Emponse	EMP 4	1
Emponse	EMP 5	1
Gourier	GOU 2	18
Gourier	GOU 3	146
Vallon des Prés	VPR 1	19
Vallon des Prés	VPR 2	4
Couloubrier	COU 1	19
Couloubrier	COU 2	37
Couloubrier	COU 3	19
Couloubrier	COU 4	1
Bouillonet	BOU 1	1
Bouillonet	BOU 2	1
Bouillonet	BOU 3	1

Le tableau suivant présente le nombre de jour de charriage en considérant uniquement du sable comme granulométrie.

Cours d'eau	TH	Nombre de jour de charriage
Préconil	PRE 1	183
Préconil	PRE 2	183
Préconil	PRE 3	146
Préconil	PRE 4	146
Préconil	PRE 5	146
Préconil	PRE 6	110
Préconil	PRE 7	37

Le sable apparaît transporté durant un très grand nombre de jours sur l'ensemble du Préconil avec une différence notable sur les secteurs 6 et 7 de très faible pente. La valeur sur le PRE7 doit être relativisée au regard des éléments présentés au chapitre VI.3.3.7

### VI.3.3.6. Volumes charriés en crues

Le tableau ci-dessous présente les volumes potentiels de sable mobilisés pour les crues de récurrence comprises entre 5 et 100 ans.

	Tronçon	Temps de retour des crues									
		5	10	20	30	50	100				
Volume charrié (m3)	PRE1	Chiffres très importants traduisant une capacité de transport > à la production									
	PRE2										
	PRE3							52 541			
	PRE4							16 659			
	PRE5							99 713			
	PRE6							12 076	54 601		
	PRE7							138	2 017	18 215	61 863

Les données ci-dessus, centrées sur la granulométrie de 2mm, expriment des capacités de transport potentielles très importantes, que l'on peut majoritairement considérer comme supérieures à la production réelle du bassin versant pour la crue considérée. Au-delà de ces chiffres élevés, ce qu'il faut retenir est que le sable est transporté sans aucune difficulté en crue sur l'ensemble des tronçons pour les crues des plus faibles récurrences. Evidemment, pour des crues plus importantes, les débits solides potentiels restent toujours très largement supérieurs aux apports.

S'agissant du PRE 7, le chapitre suivant propose une explication particulière aux chiffres observés, relativement faibles au regard des autres tronçons.

### VI.3.3.7. Cas particulier du PRE7 – phénomène de boulangerie

Sur ce dernier tronçon sous influence maritime, les sables ne se tassent pas, sont peu cohésifs et restent en "suspension" à la manière de sables mouvants (phénomène de boulangerie, observable *in situ* par le fait qu'il n'apparaît plus possible de cheminer dans le lit mineur en aval de la passerelle des tilleuls). Ce phénomène traduit le fait qu'une matrice solide tend à se comporter comme un liquide.

Cette caractéristique impose donc une grande prudence sur les variables précédemment décrites. Il est ainsi possible d'avancer les tendances suivantes :

- Débit de mise en mouvement probablement beaucoup plus faible.
- Quantité mobilisée probablement supérieure,
- Nombre de jours de charriage probablement plus élevé.

Si les variations sur les valeurs précédemment citées ne peuvent être quantifiées par les formules utilisées, les tendances décrites apparaissent comme hautement probables et traduisent parfaitement les observations de terrains.

## VI.4. Synthèse du transport solide

Les capacités de charriage annuelles sont nulles lorsqu'on considère la granulométrie moyenne. En fait, l'examen du transport solide pour la granulométrie moyenne ne permet pas de rendre compte des importants volumes de sable mis en mouvement. Pour ce faire, nous avons donc examiné plus en détails le comportement de transport du sable uniquement en se dédouanant de la granulométrie moyenne du lit dans une première approximation.

On constate alors que le sable est mis en mouvement pour des débits très faibles, toujours largement inférieurs au module, hormis à l'embouchure qui subit le blocage maritime mais où le phénomène de boullance apparaît, conduisant très probablement à la même dynamique. Ce phénomène expliquerait notamment la reconstitution du bouchon sableux à l'embouchure par le transport quasi continu du sable sur ce dernier tronçon. Ainsi, le sable est transporté en continu d'amont en aval jusqu'au niveau de l'embouchure où, au regard des conditions marines moyennes, il provoque la formation du bouchon sableux. L'exutoire se dessine progressivement en mer, majoritairement côté port, du fait de l'angle d'incidence de la houle.

L'examen des résultats pour les débits courants et pour les débits de crue illustre bien ces phénomènes. Même si les méthodes (Meyer Peter Mueller et Lefort) conduisent à des volumes transportés sensiblement différents, on peut observer sur les graphiques des débits courants les effets suivants :

- Quelle que soit la méthodologie, les tronçons PRE1 et PRE2 ont une capacité de transport importante. Ils reprennent ainsi les apports de l'Emponse et du Gourier.
- Sur le tronçon PRE3 amont, le transport du sable est bien présent et permet de reprendre les apports du ruisseau du Plan.
- Le tronçon PRE3 aval puis PRE4 présente un transport moindre du fait de l'abaissement de la pente moyenne après le tronçon PRE3 amont plutôt dynamique et ce sans apport d'affluent majeur depuis le ruisseau du Plan. C'est quasiment 3,5 km sans apport direct entre le ruisseau du Plan et le Couloubrier.
- On note qu'au niveau du tronçon PRE5, l'apport hydrologique du Couloubrier augmente significativement la capacité de transport.
- Au niveau du tronçon PRE6, le transport du sable se poursuit. La méthode de Meyer Peter Mueller et Lefort 91 mettant même en évidence une capacité très importante.
- Au niveau du dernier tronçon PRE7, le transport du sable est moindre mais toujours présent. Il est très probablement augmenté par le phénomène de boullance observé *in-situ* et par le fait que les sables ne se sur-stockent pas sur ce secteur et contribuent à la formation progressive du bouchon à l'embouchure.

Sur la base de nos constats de terrain, il nous semble que le débit de transport du sable est plus cohérent avec les résultats obtenus avec la formule de Lefort 91.

En crue, pour le sable, on retrouve un comportement identique :

- transport massif du sable du PRE1 à PRE5 avec une baisse sur PRE3 aval - PRE4 (la diminution de la pente et la faiblesse des apports intermédiaires pourraient expliquer un éventuel amortissement de la propagation du sable),

- ralentissement du transport sur PRE6 et PRE7 (le gain par le phénomène de boullance ne pouvant être quantifié mais conduisant probablement à une augmentation significative du transport).

Volume charrié (m3)	Tronçon	Temps de retour des crues					
		5	10	20	30	50	100
	PRE6	12 076	54 601	196 906	408 407	847 284	1 754 654
	PRE7	138	2 017	18 215	61 863	206 208	673 266

On notera d'après les formules utilisées que la crue biennale ne mettrait pas en mouvement les sables au niveau du tronçon PRE7, c'est-à-dire juste avant l'embouchure, comme le montre le tableau suivant, et les crues jusqu'à la vicennale ne seraient à priori pas à même de déplacer de grosse masse de sable. Ce serait à partir de la crue trentennale qu'un mouvement plus massif de sable pourrait se produire. Cela est amplifié par la baisse de l'influence maritime à partir de la crue trentennale. Le constat de terrain est légèrement différent avec l'observation du même phénomène de purge des matériaux pour une Q30 (cas de la crue de novembre 2014 et l'abaissement d'environ 1 m du fond du lit) mais d'un transport constant pour de faibles débits et petites crues car le chenal ne se bouche pas au-delà de ce "mètre" de sédiments purgés. Le phénomène de boullance explique très probablement cette dynamique.

#### VI.4.1. Analyse des problèmes pouvant être occasionnés par l'accumulation de sable sur les tronçons aval urbains

##### Quels sont les mécanismes physiques d'accumulation des sables ?

Les sables s'accumulent pour les petites crues sur les tronçons aval du Préconil de pentes plus faibles. On distinguera le tronçon PRE6 qui fait l'objet de dépôts de banc de sable qui sont à sec à l'étiage (atterrissements plus ou moins compacts) et le tronçon PRE7 sur lequel les dépôts sont toujours sous le niveau d'eau du contrôle maritime. Ainsi, sur le tronçon PRE7, les dépôts sableux ne présentent aucune cohérence et tenue mécanique, il y a boullance des sables. En d'autre terme, le sable n'est pas cohésif sous le niveau du contrôle maritime et a tendance à se comporter comme un fluide (principe des sables mouvants). Les phénomènes de transport sont alors un peu plus complexes que l'interprétation faite à partir des formules de transport solide. De plus, il faut également prendre en compte l'effet du débouché en mer avec la formation du bouchon sableux à l'estuaire qui induit un contrôle supplémentaire sur le transport solide du Préconil.

## **La dynamique de dépôt peut-elle aboutir à un comblement du chenal ?**

Une modélisation hydrosédimentaire simplifiée a été menée à l'aval du Préconil à partir du code de calcul HEC-RAS sous le module « Sediment Transport Analysis ». Les simulations confirment clairement les dépôts sableux sur PRE6 et PRE7 pour les débits courants avec la formation en mer d'un bourrelet sableux. Cette accumulation des sables ne peut néanmoins pas aboutir au comblement du lit mineur : un effet de seuil conduit les écoulements du Préconil à creuser dans les sables accumulés son propre lit d'étiage. De fait, le comblement ne peut pas excéder le niveau de contrôle maritime sur le tronçon PRE7. Le profil en long de 2002 (cf. VII.2.2.1) nous semble ainsi être représentatif de cet effet de seuil après l'absence de crues significatives depuis 1959. Il viendrait par ailleurs confirmer que les sables transitent bien au travers du PRE 7 pour les petits débits et faibles crues (à contrario des résultats des formules qui trouvent leurs limites d'application) sans toutefois provoquer de chasse des matériaux, observables pour des crues supérieures à la crue vicennale.

## **Comment se comportent les sables en crues ?**

Des petites crues amènent des quantités de sables importantes qui se déposent en fin d'épisode. Lors d'une nouvelle crue, ces sables sont progressivement remis en mouvement. La hauteur sur laquelle ils le sont est dépendante de l'importance de la crue en termes de hauteur d'eau et de temps pendant laquelle elle s'écoule :

- Une crue faible et courte peut ne pas avoir le temps de mobiliser tous les sables atterris. Elle pourra conduire à exhausser le niveau du fond du lit mineur,
- Une crue forte et longue remettra tous les sables déposés en mouvement et provoquera leur départ vers la mer.

Entre ces deux cas, une multitude de possibilités existent.

Dans le cas du premier exemple, le sable en aval (avec à l'extrême, le bouchon sableux) se comporte comme un frein à l'évacuation du sable présent en amont car il forme une butée pour ce dernier. L'évacuation du sable pour de petites et courtes crues peut ainsi être ralentie et conduire à un exhaussement du fond jusqu'à l'effet de seuil précédemment expliqué. Cette dynamique n'est pas prévisible.

## **Quelles situations restent alors problématiques ?**

Dans le cas d'une accumulation de sable jusqu'à l'effet de seuil décrit, une crue moyenne et très rapide pourrait déborder plus rapidement aux points de premiers débords (notamment en aval de la confluence avec le Bouillonnet) car elle n'aurait pas eu le temps de remobiliser le sable sur toute la hauteur accumulée. La probabilité que toutes ces causes soient réunies est réduite mais ne peut être écartée.

Par extension, un second cas nous apparaît problématique : la situation où des atterrissements seraient stabilisés par de la végétation pouvant conduire à une rehausse temporaire de la ligne d'eau par le blocage momentané de l'affouillement en crue. Cet effet ne peut être que transitoire compte tenu du fait que les sables n'ont aucune cohésion et la protection offerte par la végétation ne sera que momentanée.

## Quelles solutions envisager ?

### Cas n°1 : accumulation de sables

Doit être défini sur la base de l'étude hydraulique du cabinet Ingérop :

- les zones de premiers débords en zone urbaine,
- la côte de fond maximum (autour du profil en long de 2014) au-delà de laquelle le risque de débordement devient trop important.
- le gain hydraulique sur la fréquence du débord par l'abaissement temporaire du fond de lit.

Si le gain est avéré, sur les seuls secteurs concernés, et que la hauteur du fond est supérieure à la limite fixée, un curage préventif pourrait être envisagé avant les périodes de fortes crues, notamment à l'automne et après l'assec estival ayant plus fortement tassés les sables sur le PRE 6. A moins qu'un point de premier débord soit particulièrement faible sur le PRE5, cette mesure ne doit être appliquée que sur le tronçon PRE6.

A noter toutefois, qu'une seule crue de fréquence "annuelle" peut amener plus de sable que ce qu'il sera autorisé de curer, réduisant quasi à zéro l'effet souhaité du curage envisagée.

Il s'agit donc d'une mesure préventive et ayant une efficacité pour la seule configuration décrite précédemment : niveau de sable haut jusqu'à l'embouchure, crue très rapide ne pouvant les remobiliser, absence de toutes crues après curage. Pour toutes les autres configurations, le curage est inutile.

**La probabilité de cette crue "annuelle" étant très supérieure à la probabilité d'une crue très rapide et débordante, la question du curage reste entière d'un point de vue technique et répondra plus à une demande sociale qu'à une réelle efficacité hydraulique.**

**Une alternative à ce curage est la mise en œuvre d'un décompactage des sables devenus cohésifs en fin d'été sur tous le PRE6. Les premières crues pourront alors beaucoup plus facilement remobiliser ces sables jusqu'à l'embouchure, réduisant tout autant le risque d'aggravation des premiers débords.** Cette seconde méthode présente l'avantage de coûter beaucoup moins cher, d'être efficace pour toutes les crues et d'être plus pérennes dans le temps.

Cette mesure n'apparaît nécessaire qu'avant la réalisation des aménagements hydrauliques. Ces derniers résoudront de fait le problème de premiers débords (objet même de la démarche) et rendront inutile ces actions.

## Cas n°2 : végétalisation des atterrissements

Une simple surveillance des atterrissements au droit des zones de premiers débords suffira à prévenir la croissance trop dense d'une couverture végétale. Le cas échéant, un traitement de la végétation et un décompactage de l'atterrissement sera nécessaire.

En fonction du niveau de protection hydraulique qu'il sera possible de mettre en œuvre par les aménagements à réaliser dans le cadre du PAPI, cette mesure pourrait être nécessaire même après aménagements dans la zone urbaine.

### **Comment fonctionne par ailleurs le transport des granulométries grossières ?**

S'agissant des granulométries relevées sur site et rendant compte des apports grossiers des têtes de bassin versant, l'analyse classique par les formules de transport solide montre ses limites et ne suffit plus à caractériser la réalité du transport. Sur le Préconil, là où les formules démontrent l'absence de transport de ces granulométries, le constat de terrain (et la logique) démontre l'inverse. En fait les granulométries grossières se déplacent en même temps que le sable en "roulant" en surface. De fait, ces dernières ne sont pas "stockées" sur des zones particulières (zone de rupture de pente notamment) et se déplacent en continue, en même temps que le sable autour est mobilisé mais à une vitesse évidemment moindre. L'appréciation de cette vitesse de déplacement apparaît impossible si ce n'est par le biais d'une instrumentalisation *in situ* (traceur RFID).

Ce mode de déplacement introduit un biais supplémentaire car on peut retrouver ponctuellement dans le lit des éléments de forts diamètres (dont des déchets types gravats), a priori non déplaçables par le cours d'eau, mais mis en mouvement simplement parce que le sable l'entourant le fait se déplacer en étant mobilisé.

Autres particularités constatées dans les fouilles vues à Brisach et sur le site de la passerelle des services techniques à Sainte-Maxime : les éléments grossiers restent globalement en surface et les éléments fins dessous. En termes mécanique et physique, en fonction de la condition d'écoulement, le mélange sable pierre peut être apparenté à un liquide dans lequel la poussée d'Archimède provoque le maintien des éléments grossiers en surface. Si l'objet de cette étude n'est pas de rendre compte de cet état dynamique, le constat de terrain en traduit le fonctionnement très probable.

## VII. EVOLUTION GÉOMÉTRIQUE DU LIT MINEUR

### VII.1. Evolution en plan – analyse diachronique

#### VII.1.1. Méthodologie

L'analyse de l'évolution en plan du Préconil se base sur les données suivantes :

- Orthophotoplans : campagnes de 2011 et 2008
- Photos aériennes : vues de 1988, 1960, 1955, 1945 et 1930
- Carte d'Etat-major.

Les dates des prises de vues aériennes ont été sélectionnées parmi les nombreuses photos disponibles pour être les plus représentatives des changements intervenus sur les cours d'eau : période encadrant les événements marquants (crues de septembre 1932, décembre 1959, septembre et octobre 2009 et juin 2010).

La bande active (espace alluvial dans lequel évolue le lit mouillé), ou lit mineur, a pu être digitalisée sous SIG pour le Préconil, le Bouillonnet et le Couloubrier pour chaque période. Les surfaces de bandes actives ont ensuite été découpées par TH. Le bilan des gains et des pertes de bande active a ensuite été réalisé pour chaque inter période, de manière à caractériser au mieux l'évolution de cette dernière depuis 1955, date de la photo aérienne la plus ancienne sur l'ensemble du secteur d'étude. Cette analyse ne peut être réalisée sur la base de la carte d'Etat-major trop imprécise.

#### **Limites et difficultés de la méthode :**

- **Largeur du lit mineur et couvert forestier** : la ripisylve des rives droite et gauche ne laisse plus apparaître la bande active lorsque le cours d'eau est étroit. Il en résulte un niveau d'imprécision plus important sur les secteurs où le lit mineur est difficilement identifiable. La digitalisation n'a pas été réalisée sur l'amont des cours d'eau.

S'agissant des affluents amont (Emponse, Gourier et Vallon des Près), la densité du couvert forestier et la largeur du lit ne permettent pas de réaliser une analyse diachronique des bandes actives, aucune différence ne pouvant être observée ou sur de trop courtes distances de cours d'eau et avec une marge d'erreur trop importante.

- **Limite due à la nature des clichés** : alors que les orthophotoplans sont des images traitées pour éliminer les déformations dues au relief et à la perspective, les vues aériennes conservent ces déformations. Il résulte de cette différence une difficulté de calage des vues aériennes sous SIG. Pour pallier à ce problème, les vues aériennes sont recalées au fur et à mesure de l'avancée de la digitalisation pour éliminer au maximum cette déformation.

Ainsi, les linéaires où la bande active a été digitalisée sur les différents cours d'eau et selon les années sont les suivants :

Linéaire de cours d'eau étudié (m)						
Années	1930	1955	1960	1988	2008	2011
Préconil	1185	8530	8530	6330	8530	8530
Couloubrier	0	1680	1680	1230	1680	1680
Bouillonnet	0	1400	1400	1180	1400	1400
<b>TOTAL</b>	<b>1185</b>	<b>11610</b>	<b>11610</b>	<b>8740</b>	<b>11610</b>	<b>11610</b>

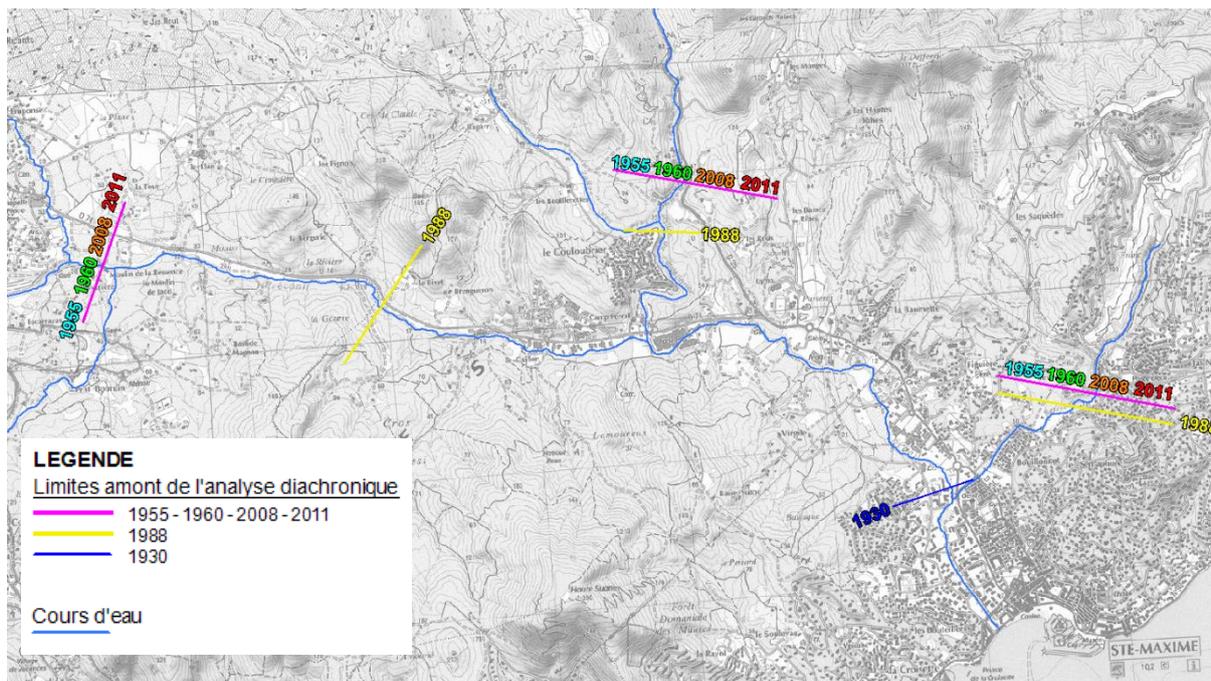


Figure 33 : Linéaire de cours d'eau étudié dans l'analyse diachronique

Deux chroniques (en rouge) ne permettent pas de partager l'analyse sur une même base : la qualité du cliché de 1988 n'a pas permis une étude sur l'amont des cours d'eau comme pour les années 2011, 2008 et 1960. En 1930, seul le littoral a été photographié, ce qui explique que le linéaire digitalisé soit exclusivement concentré sur l'aval du Préconil.

La synthèse des données issue de la digitalisation des bandes actives est présentée ci-après sous forme de tableaux et graphiques. Elle peut être mise en rapport avec les planches 28 à 31 de l'atlas cartographique.

*In fine*, sont décrites les contraintes anthropiques apparues et ayant contribué à la modification des bandes actives et une conclusion sur ces évolutions.

## VII.1.2. Analyse diachronique du Préconil à l'échelle du BV

La surface de bande active du bassin versant du Préconil sur la période 1955-2011 a été réduite de plus d'un quart avec une évolution de -28,03 %, soit -5,36 ha (gain de 4,73 ha et perte de 10,1 ha).

Jusqu'en 1960, la bande active est très large et la tendance semble être à une augmentation de sa surface (+ 21,18 % entre 1955 et 1960). Cela peut être mis en relation avec le passage des crues de 1932 et surtout de 1959. C'est en 1960 que la bande active est la plus large (23,2 ha), illustrant les conséquences de la crue de 1959.

Malgré l'augmentation de bande active sur la période 2008-2011 qui a connue deux crues majeures, la bande active de 2011 est largement inférieure à celle de 1960. Dès 1988, on constate une réduction nette de la surface de celle-ci. La réduction de bande active la plus importante s'observe néanmoins sur la période 1960-2008 durant laquelle, l'absence de crue significative pendant presque 50 ans, a conduit à diviser quasiment par trois la surface, passant de 23 à 8 ha.

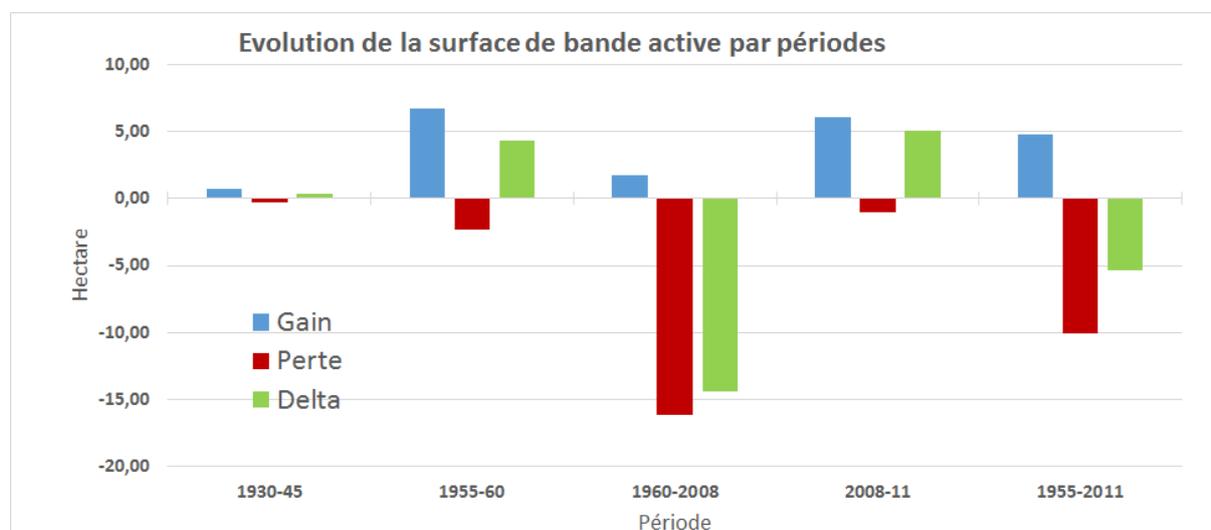
Superficie de la bande active (m <sup>2</sup> )				
Année	1955	1960	2008	2011
Surface	19,12	23,17	8,16	13,76

*Surfaces digitalisées en 1930 et 1988 sur des linéaires trop réduits – non significatif*

Tableau 16 : Evolution de la surface totale de bande active à l'échelle du BV du Préconil

Les conséquences des crues sont ainsi clairement visibles avec les rapports gain/perte suivants :

Evolution de la surface de bande active (ha)					
Période	1930-45	1955-60	1960-2008	2008-11	1955-2011
Crue marquantes	1932	1959	Absente	2009 & 2010	Toutes
Gain	0,69	6,68	1,72	6,03	4,73
Perte	-0,32	-2,37	-16,14	-1,02	-10,10
Delta	0,37	4,32	-14,43	5,02	-5,37



### Evolution de la bande active (%)

<b>Période</b>	1930-1945	1955-60	1960-2008	2008-11	<b>1955-2011</b>
<b>Evolution</b>	*	<b>21,18</b>	<b>-64,79</b>	<b>68,70</b>	<b>-28,03</b>

*\*non représentatif (linéaire étudié très réduit)*

*Figure 29 : Synthèse des évolutions de la surface de bande active par période*

Rapporté à un ratio par kilomètre de cours d'eau, l'évolution de la bande active est la suivante :

<b>Evolution de la surface de bande active par km de cours d'eau (ha/km)</b>					
<b>Période</b>	1930-45	1955-60	1960-2008	2008-11	<b>1955-2011</b>
<b>Crue marquantes</b>	1932	1959	Absente	2009 & 2010	Toutes
<b>Gain</b>	0,58	0,58	0,15	0,52	0,41
<b>Perte</b>	-0,27	-0,20	-1,39	-0,09	-0,87
<b>Delta</b>	<b>0,31</b>	<b>0,37</b>	<b>-1,24</b>	<b>0,43</b>	<b>-0,46</b>

*Tableau 19: Ratio Surface/Km de cours d'eau d'évolution de la bande active*

Ce ratio met en évidence le phénomène de 1960 avec un delta positif de 3 700 m<sup>2</sup> de bande active gagnée par kilomètre de cours d'eau et un cumul positif sur la période 2008-2011 de 4 300 m<sup>2</sup>/km gagné. Il met aussi en avant la forte réduction de la bande active lors des périodes d'absence de crues morphogènes. Cette réduction est également à relier avec les activités anthropiques du bassin versant (cf. VII.1.4 Modifications anthropiques de la bande active).

## VII.1.3. Analyse diachronique du Préconil à l'échelle des Tronçons Homogènes

### VII.1.3.1. Analyse diachronique du Préconil

L'analyse des surfaces en gain et perte sur les différents TH donne le tableau suivant :

Période	TH	Préconil - Evolution de bande active (hectare)						Total
		PRE 2	PRE 3	PRE 4	PRE 5	PRE 6	PRE 7	
1930-1945	Gain					0,27	0,42	0,69
	Perte					-0,19	-0,13	-0,32
	Delta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,29	<b>0,37</b>
1955-1960	Gain	0,05	2,74	0,31	2,00	0,55	0,22	5,86
	Perte	-0,07	-0,44	-0,27	-0,40	-0,14	-0,27	-1,58
	Delta	-0,01	2,30	0,04	1,60	0,41	-0,05	<b>4,29</b>
1960-2008	Gain	0,18	0,09	0,27	0,60	0,02	0,17	1,33
	Perte	-0,24	-9,68	-0,67	-2,05	-0,62	-0,40	-13,66
	Delta	-0,06	-9,58	-0,41	-1,45	-0,60	-0,23	<b>-12,33</b>
2008-2011	Gain	0,10	1,77	0,34	1,52	0,79	0,34	4,86
	Perte	-0,03	-0,26	-0,18	-0,24	-0,01	-0,15	-0,87
	Delta	0,06	1,52	0,15	<b>1,29</b>	<b>0,78</b>	<b>0,19</b>	<b>3,99</b>
1955-2011	Gain	0,09	0,60	0,33	2,19	0,66	0,28	4,15
	Perte	-0,21	-6,37	-0,67	-0,62	-0,08	-0,37	-8,32
	Delta	-0,12	-5,77	-0,34	1,57	<b>0,59</b>	<b>-0,09</b>	<b>-4,17</b>

Tableau 17 : Analyse comparé par TH de l'évolution de bande active du Préconil par période

Le tronçon amont (PRE 2), le tronçon en amont direct de la confluence avec le Couloubrier (PRE 4) et les deux tronçons aval (PRE 6-7) sont globalement à l'équilibre sur la période 1930-2011, avec pour modification la plus forte un gain de 0,78 ha entre 2008 et 2011 sur PRE 6.

**Les évolutions les plus importantes des surfaces de bandes actives se concentrent sur le tronçon PRE 3 et PRE 5** avec une variabilité particulièrement importante sur le TH 3. Sur ce tronçon, les évolutions les plus marquantes se retrouvent :

- sur la période 1960-2008 avec une perte de 9,6 ha de bande active. En effet, sur la photo aérienne de 1960, on constate un lit quasiment en tresses d'une largeur importante qui n'existe plus dès 1988.



**Figure 34 : Illustration photographique de l'évolution de bande active sur le PRE 3 entre 1960 et 2008**

- sur la période 1955-1960, gain de 2,3 ha avec des élargissements localisés du cours d'eau.
- sur la période 2008-2011, gain de 1,52 ha. On constate un élargissement général du cours d'eau avec accentuation des extrados de méandres. Les érosions relevées en 2015 par Riparia suite à la crue de fin d'année 2014 montrent un gain encore plus important.



*Figure 35 : Illustration photographique de l'évolution de bande active sur le PRE 3 entre 2008 et 2011*

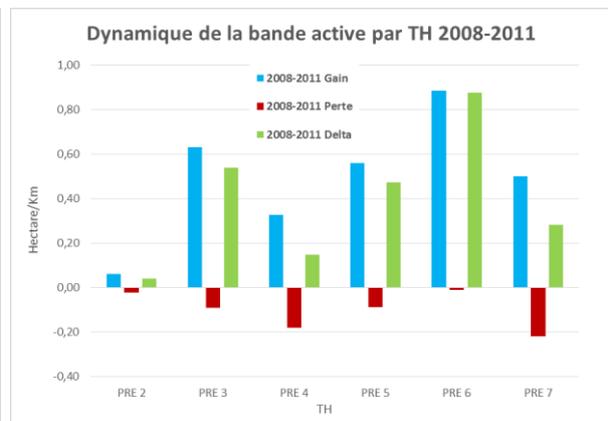
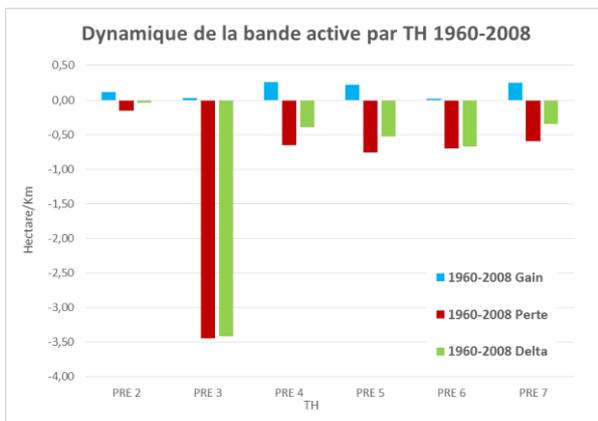
Sur le tronçon PRE 5, deux variations ressortent :

- entre 1955 et 1960 (+ 1,6 ha), en dehors des erreurs liées au calage de la photo, cette différence s'explique par une largeur de lit globalement plus importante en 1960 et une augmentation notable de la largeur du lit en 1960 sur l'aval du secteur.
- entre 1960 et 2008, perte d'1,45 ha.
- entre 2008 et 2011 (+ 1,29 ha), les extrados de méandres sont plus prononcés en 2011, témoins d'un élargissement de la bande active sur ces secteurs. A noter que depuis la crue de la fin d'année 2014, le lit s'est encore considérablement élargi à ces endroits (relevés Riparia 2015).



Figure 36 : Illustration photographique de l'évolution de bande active sur le PRE 5 entre 2008 et 2011  
 L'analyse comparée par TH de l'évolution de la bande active peut se faire au travers du ratio "hectares de bande active / kilomètre de cours d'eau" qui traduit la dynamique d'évolution.

Période	TH	Préconil - Evolution de bande active (hectare/km)						Total
		PRE 2	PRE 3	PRE 4	PRE 5	PRE 6	PRE 7	
1930-1945	Gain					0,31	0,62	0,93
	Perte					-0,22	-0,19	-0,41
	Delta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,43	0,52
1955-1960	Gain	0,04	0,97	0,30	0,74	0,62	0,32	2,99
	Perte	-0,04	-0,16	-0,26	-0,15	-0,16	-0,40	-1,16
	Delta	-0,01	0,82	0,04	0,59	0,46	-0,07	1,82
1960-2008	Gain	0,11	0,03	0,26	0,22	0,02	0,25	0,90
	Perte	-0,15	-3,45	-0,66	-0,76	-0,70	-0,59	-6,31
	Delta	-0,04	-3,41	-0,40	-0,53	-0,68	-0,34	-5,40
2008-2011	Gain	0,06	0,63	0,33	0,56	0,89	0,50	2,97
	Perte	-0,02	-0,09	-0,18	-0,09	-0,01	-0,22	-0,61
	Delta	0,04	0,54	0,15	0,47	0,88	0,28	2,36
1955-2011	Gain	0,06	0,22	0,32	0,81	0,75	0,41	2,56
	Perte	-0,14	-2,27	-0,66	-0,23	-0,09	-0,55	-3,93
	Delta	-0,08	-2,05	-0,34	0,58	0,66	-0,14	-1,37



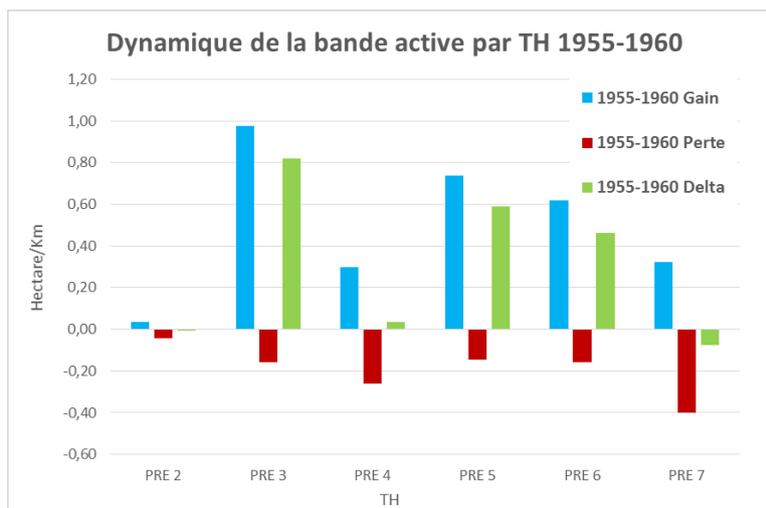


Figure 37 : Dynamique de la bande active du Préconil par TH

Cette analyse permet clairement de différencier les TH PRE 3 et PRE 5 dont la dynamique est plus marquée pour les périodes précédemment citées. Elle fait également ressortir le tronçon PRE 6 pour la période 2008-2011 avec une évolution positive de 0,88 ha (lit globalement plus large).

### VII.1.3.2. Analyse diachronique du Couloubrier

L'analyse a porté sur l'aval du Couloubrier (amont du hameau "le Couloubrier" jusqu'à la confluence). L'amont s'écoulant dans la roche mère, aucune modification n'est attendue. Les résultats sont les suivants :

Période	TH	Couloubrier - Evolution de bande active (hectare)			Total
		COU 2	COU 3	COU 4	
1955-1960	Gain	0,11	0,07	0,40	0,58
	Perte	-0,10	-0,11	-0,38	-0,58
	Delta	0,01	-0,03	0,03	0,00
1960-2008	Gain	0,01	0,04	0,12	0,18
	Perte	-0,09	-0,28	-1,79	-2,15
	Delta	-0,07	-0,24	-1,66	-1,97
2008-2011	Gain	0,09	0,09	0,96	1,14
	Perte	0,00	-0,05	-0,06	-0,11
	Delta	0,09	0,04	0,90	1,03
1955-2011	Gain	0,09	0,03	0,25	0,37
	Perte	-0,33	-0,26	-0,99	-1,58
	Delta	-0,24	-0,23	-0,74	-1,22

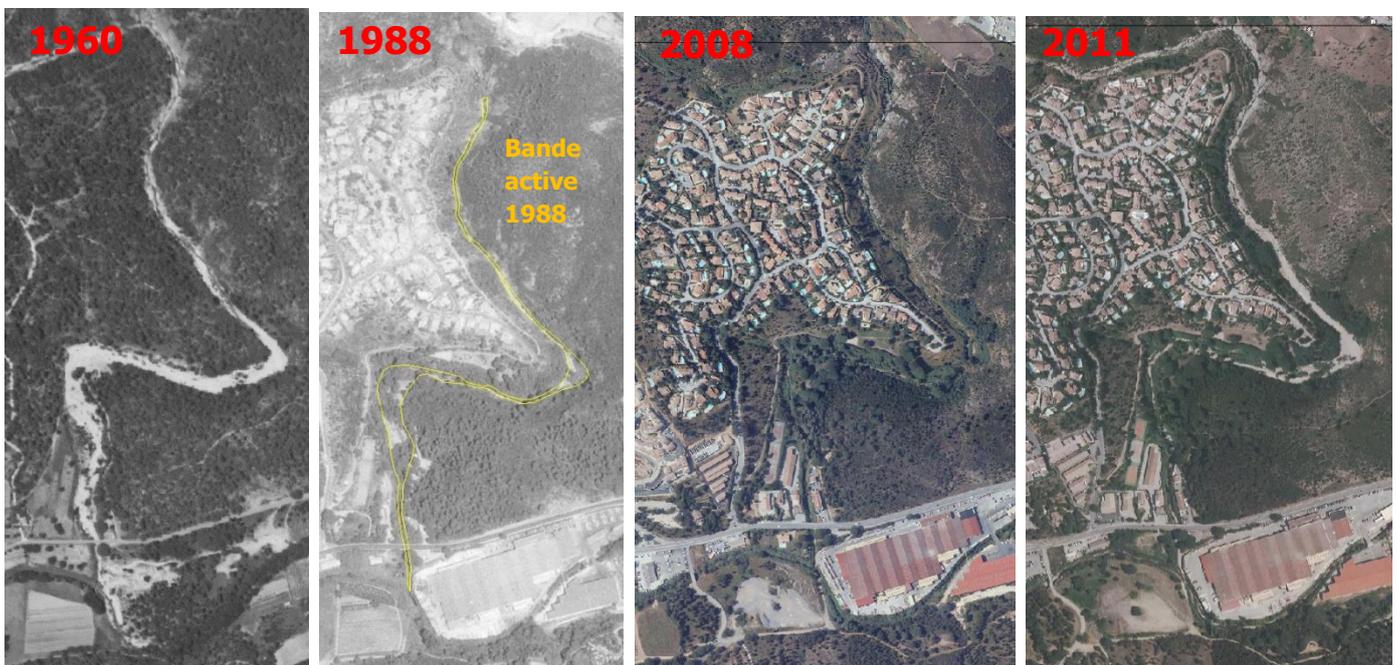
Tableau 21 : Analyse comparé par TH de l'évolution de bande active du Couloubrier par période

Les principales évolutions de surface de bande active sont observées sur le tronçon aval du Couloubrier (COU 4), avec une plus forte variation au cours des périodes 1960-2008 et 2008-2011.

Entre 1960 et 2008, il y a une perte de surface de 1,66 ha. En 1960, la bande active était plus large sur l'ensemble du tronçon. En amont du pont de la D74 la bande active de 2008 est plus rectiligne et l'espace de divagation rive droite directement à l'amont du pont a disparu. La rive gauche en amont du pont est également contrainte.

A noter sur la photo 1988 l'apparition du lotissement du Couloubrier en haut du massif.

Entre 2008 et 2011, on constate un gain de 0,90 ha avec un élargissement de l'extrados de méandre rive gauche et un élargissement général du lit. Malgré cela, le tracé reste plus rectiligne qu'en 1960.



*Figure 38 : Illustration photographique de l'évolution du Couloubrier entre 1960 et 2011*

La dynamique d'évolution a été étudiée au travers du ratio "hectares de bande active / kilomètre de cours d'eau" :

Période	Couloubrier - Evolution de bande active (hectare/km)				Total
	TH	COU 2	COU 3	COU 4	
1955-1960	Gain	0,11	0,17	0,39	0,68
	Perte	-0,11	-0,25	-0,37	-0,72
	Delta	0,01	-0,08	0,03	-0,05
1960-2008	Gain	0,01	0,10	0,12	0,23
	Perte	-0,09	-0,66	-1,73	-2,49
	Delta	-0,08	-0,57	-1,61	-2,26
2008-2011	Gain	0,10	0,22	0,93	1,24
	Perte	0,00	-0,12	-0,06	-0,18
	Delta	0,10	0,10	0,87	1,06
1955-2011	Gain	0,09	0,07	0,24	0,40
	Perte	-0,36	-0,61	-0,96	-1,94
	Delta	-0,26	-0,55	-0,72	-1,53

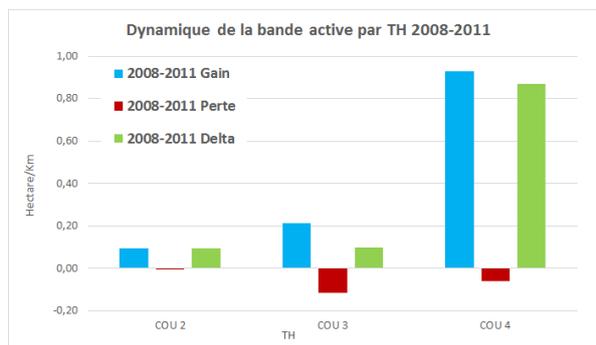
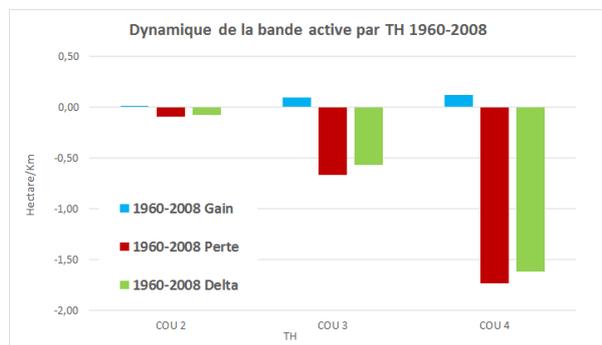


Figure 39 : Dynamique de la bande active du Couloubrier par TH

Le tronçon aval (COU 4) présente une dynamique plus importante que les tronçons amont. Cette dynamique a été particulièrement observée sur les périodes 1960-2008 et 2008-2011. L'évolution demeure cependant modeste du fait de la présence de roche mère et de la fixation du lit qu'elle implique.

A noter, la photo aérienne de 1971 donne l'impression de la présence d'une retenue d'eau ou d'un affleurement de nappe sur environ 300 m en amont du pont de la D74 (barrage/seuil/extraction importante ?).



Figure 40 : Couloubrier aval en 1971

### VII.1.3.3. Analyse diachronique du Bouillonnet

La largeur du lit mineur étant très réduite, la précision de l'analyse n'est pas aussi fine que sur les deux autres cours d'eau. Il s'agit plus d'une analyse qualitative que quantitative.

Période	Bouillonnet - Evolution de bande active (hectare)			Total
	TH	BOU 2	BOU 3	
1955-1960	Gain	0,09	0,15	0,24
	Perte	-0,04	-0,16	-0,21
	Delta	0,05	-0,01	0,03
1960-2008	Gain	0,16	0,09	0,25
	Perte	-0,12	-0,19	-0,31
	Delta	0,05	-0,10	-0,05
2008-2011	Gain	0,02	0,02	0,04
	Perte	-0,01	-0,03	-0,04
	Delta	0,01	-0,01	0,00
<b>1955-2011</b>	Gain	0,10	0,11	0,21
	Perte	-0,13	-0,06	-0,20
	Delta	-0,03	0,05	0,01

Figure 41 : Analyse comparé par TH de l'évolution de bande active du Bouillonnet par période

Le tracé en plan du cours d'eau a très peu évolué de 1945 à nos jours.

Entre 1955 et 2011, au niveau du secteur où le Bouillonnet fait un coude à 90° (aval BOU 2), on constate un léger décalage du lit mineur vers le nord. En 1960, la configuration de la bande active est la même qu'en 1955. C'est à partir de la photo de 1988 que le décalage est observable, date à laquelle apparaît la route longeant aujourd'hui ce secteur au sud et les habitations en arrière du haut de berge. On peut penser que lors de l'urbanisation du quartier, le cours d'eau a été rectifié et recalibré.



Figure 42 : Illustration photographique de l'évolution du Bouillonnet entre 1955 et 2011

Sur le reste du linéaire étudié dans cette analyse le cours d'eau a conservé son tracé en plan.

Sur cette période il faut rappeler que la plupart des évolutions constatées peuvent être dues aux difficultés de calage ou aux déformations des photographies aériennes.

L'analyse comparée de l'évolution de bande active ramenée au kilomètre de cours d'eau a permis d'obtenir les résultats suivants :

Période	Bouillonnet - Evolution de bande active (hectare/km)			Total
	TH	BOU 2	BOU 3	
1955-1960	Gain	0,12	0,20	0,33
	Perte	-0,06	-0,22	-0,28
	Delta	0,06	-0,02	0,04
1960-2008	Gain	0,22	0,13	0,35
	Perte	-0,16	-0,27	-0,42
	Delta	0,06	-0,14	-0,08
2008-2011	Gain	0,03	0,02	0,05
	Perte	-0,01	-0,04	-0,05
	Delta	0,01	-0,01	0,00
1955-2011	Gain	0,14	0,15	0,29
	Perte	-0,18	-0,09	-0,27
	Delta	-0,04	0,06	0,02

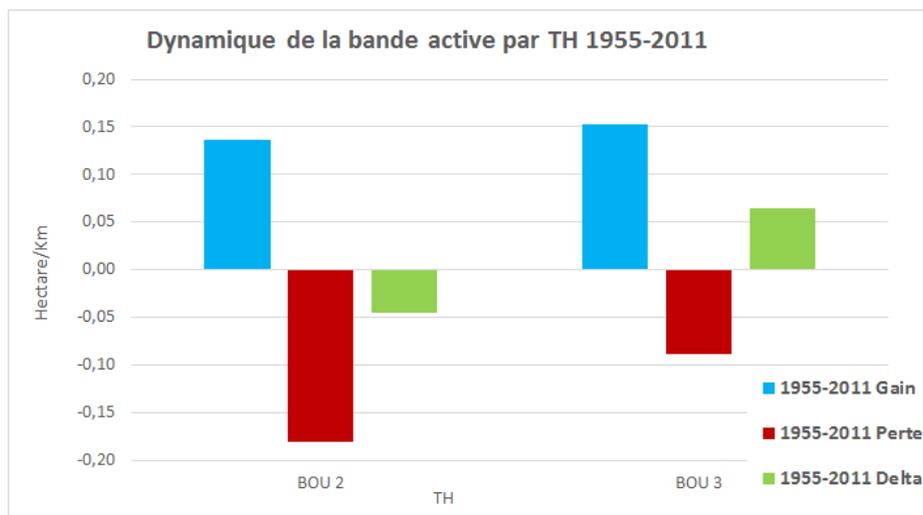


Figure 43 : Dynamique de la bande active du Bouillonnet par TH

La dynamique du Bouillonnet est faible sur les tronçons de cours d'eau étudiés.

#### VII.1.4. Modifications anthropiques de la bande active

Naturellement, la bande active évolue aux grés des crues morphogènes (élargissement par mobilité latérale) et se réduit progressivement sur les périodes inter-crues par une recolonisation de la végétation et une fermeture du milieu. Au-delà de ces causes naturelles, les activités humaines contribuent, elles aussi, à modifier les surfaces de bande active : on retiendra comme cause principale sur le bassin versant du Préconil :

- La mise en place de protections de berge,
- La mise en place de digues,
- Le remblaiement des espaces de divagation des crues.

A noter toutefois que pour partie, ces contraintes actuelles possèdent leurs propres limites et ne peuvent être considérées comme acquises : tout enrochement peut être contourné ou un secteur remblayé peut être décaissé. L'action à mener dépendra donc de l'enjeu concerné.

La cartographie ci-dessous présente la spatialisation de ces contraintes sur le bassin versant du Préconil. A noter que la majeure partie de ces contraintes est apparue entre 1960 et 2008, durant la période la plus calme en termes de crue. Une partie de ces pratiques majoritairement illégales persiste à ce jour.



*Le détail à une échelle plus fine est disponible dans l'atlas cartographique (Cf. Planches 32 à 38)  
Figure 44 : Localisation des contraintes sur le BV du Préconil*

*Remarque : La cartographie des remblais ne tient compte que des remblais récents (remblais identifiables avec certitude et recensés lors de la prospection de terrain). Les remblais anciens réalisés au cours des décennies passées ne peuvent être localisés avec certitude et ne sont pas reportés sur le plan. Ils font toutefois l'objet d'une estimation (Cf. VII.1.4.1 Cas des remblais et protections de berges).*

Cette cartographie met en évidence l'accroissement des remblais en lit majeur et lit mineur sur le BV du Préconil, dès l'amont du TH PRE 3 jusqu'à la mer :

Les parties en amont de Camp-Ferrat sont concernées par de multiples zones de remblaiement plus ou moins importantes. Ces dernières sont quasi-généralisées à tout le linéaire sur la bande active de 1960 et les zones d'expansion des crues. Les hauteurs de remblais constatées sur le terrain peuvent atteindre plusieurs mètres et sont régulièrement "protégées" par des protections anarchiques faites de pylônes EDF, gros gravats, etc.

Au droit et en aval de Camp-Ferrat, jusqu'à la mer, rares sont les zones où le terrain naturel est resté tel quel. La majorité des espaces a été protégée et/ou remblayée au bénéfice des activités humaines. Sur les seuls espaces naturels restant, notamment ceux au droit du casino (milieu du PRE5) la dynamique naturelle d'évolution du Préconil est clairement visible avec des divagations latérales parfois importantes sur une berge et d'autant plus que la berge opposée est concernée par l'une des contraintes présentées ci-dessus.

Pour le Couloubrier, les modifications dues à l'activité humaine ne touchent que le secteur de confluence avec le Préconil, le reste étant relativement préservé. Au contraire, le Bouillonnet est très largement fixé par des aménagements dans le lit qu'il occupait en 1960. Ceci étant, sa dynamique latérale ne montre pas d'évolution notable sur les périodes étudiées. De fait, ces aménagements humains fixent une configuration naturelle stable sur cette période.

### VII.1.4.1. Cas des remblais et protections de berges

Les remblais et protections de berge se trouvent régulièrement sur des mêmes linéaires dans le sens où une protection de berge vient généralement s'adosser à un remblai sur lequel un nouvel usage est mis en place : urbanisation, agriculture, usage divers, zone de décharge.

A noter que seuls les remblais récents et ceux "entretenus" ont été relevés dans le SIG. Le décompte des remblais anciens (remblais historiques concomitants au développement urbain) amènerait à des résultats très largement différents dans le sens où certains TH le sont en totalité sur une, voire, les deux berges.

En termes d'incidence morpho-dynamique :

- les protections de berge contribuent principalement à réduire l'espace de divagation du Préconil. Cet état est problématique lorsque l'un des problèmes majeur du système est le manque d'érosions latérales pour accroître la recharge sédimentaire. Dans le cadre du Préconil, si ces protections sont préjudiciables pour le cours d'eau du point de vue de son système écologique, morpho-dynamiquement les impacts sont peu importants.
- les remblais seul ou couplés avec des protections de berge limitent les zones d'expansions de crues, augmentent les débits de plein bord, la ligne d'eau en crue et donc le transport solide et limitent la divagation du cours d'eau. Sur le Préconil, l'impact le plus préjudiciable parmi ces derniers est le fait que le cours d'eau ne puisse plus s'épancher dans les plaines adjacentes et venir y déposer les sables transportés. De fait, les sables se trouvent plus facilement évacués vers l'aval.

Les tableaux ci-après présentent les linéaires de cours d'eau concernés par ces problématiques. S'agissant des remblais, les linéaires de berges relevés ne peuvent être qu'inférieurs à la réalité dans le sens où certains remblais anciens sont végétalisés depuis longtemps et ponctuellement masqués par cette végétation.

Les linéaires concernés par le remblaiement ancien se juxtaposent parfois à ceux des remblaiements récents. C'est le cas lorsqu'un remblai ancien est toujours actif et où, par endroit, des dépôts récents sont observés. Aussi, il est impossible de faire la somme ou de soustraire les linéaires de remblaiement afin d'isoler les proportions de l'ancien et du récent. De même l'addition des proportions de remblais peut être supérieure à 100%.

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire de cours d'eau (m)	Linéaire de berge protégée (m)	Pourcentage de remblais anciens
Préconil	TH PRE 1	1310.33	224.30	8.6%
	TH PRE 2	1538.18	432.90	14.1%
	TH PRE 3	2806.9	55.30	1.0%
	TH PRE 4	1024.75	137.40	6.7%
	TH PRE 5	2714.5	909.80	16.8%
	TH PRE 6	888.114	322.90	18.2%
	TH PRE 7	674.956	864.10	64.0%
Somme		10957.73	2946.70	13.4%

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire de cours d'eau (m)	Linéaire de berge remblayée (m)	Pourcentage de berge remblayée
Préconil	TH PRE 1	1310.33	78.49	3.0%
	TH PRE 2	1538.18	0.00	0.0%
	TH PRE 3	2806.9	1027.74	18.3%
	TH PRE 4	1024.75	985.37	48.1%
	TH PRE 5	2714.5	735.37	13.5%
	TH PRE 6	888.114	324.23	18.3%
	TH PRE 7	674.956	0.00	0.0%
Somme		10957.73	3151.19	14.4%

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire de cours d'eau (m)	Estimation des remblais anciens (m)	Pourcentage de remblais anciens
Préconil	TH PRE 1	1310.33	78.49	3.0%
	TH PRE 2	1538.18	450.00	14.6%
	TH PRE 3	2806.9	2300.00	41.0%
	TH PRE 4	1024.75	1190.00	58.1%
	TH PRE 5	2714.5	2000.00	36.8%
	TH PRE 6	888.114	1776.00	100.0%
	TH PRE 7	674.956	1349.90	100.0%
Somme		10957.73	9144.39	41.7%

Tableau 22 : Linéaires de berges protégées par TH. Comparaison des linéaires de remblais récents et anciens

Les remblais anciens occupent une part très importante du linéaire. Leur proportion s'accroît dès les zones amont sur la commune du Plan de la Tour jusqu'au centre-ville de Sainte-Maxime où on peut considérer que l'ensemble des berges est remblayé.

Les remblais récents ou les remblais anciens toujours actifs occupent quant à eux une part non négligeable du linéaire du Préconil (14%). Cette proportion est maximum sur le tronçon de Camp Ferrat où la majorité des remblais anciens ont été mis à jour suite aux crues très morphogènes observées depuis 2009.

### **Cas particulier des remblais sur le Pilon**

Le Pilon est un affluent rive gauche du Préconil s'écoulant dans le talweg bordant le collège de Sainte-Maxime. Ce vallon a fait l'objet d'un comblement depuis le parking au-dessus du lycée jusqu'au droit de ce dernier. La zone comblée s'étant (sur la période de réalisation de l'étude) sur environ 250 à 300 m. Sur cette portion de cours d'eau, le Pilon a été busé et recouvert d'une hauteur de terre très importante pouvant atteindre entre 6 et 10 m localement.

Le comblement perdure sur la partie aval où des camions continuent de décharger des matériaux en septembre 2015.



Vue du même arbre à 6 mois d'intervalle.

#### VII.1.4.2. Analyse des témoignages passés

La prospection de terrain a été l'occasion de rencontrer un certain nombre de personnes dont la connaissance du cours d'eau pouvait apporter des éléments indicatifs intéressants pour l'étude. Trois témoignages regroupant une petite dizaine de personnes ont retenu notre attention. Il s'agit pour la totalité de personnes du pays ayant vécu sur place, et ayant une bonne appréciation du cours d'eau. A ceci près de deux personnes ayant une cinquantaine d'années, les autres témoins avaient entre 70 et 80 ans. Par hasard, une partie d'entre eux sont d'anciens entrepreneurs de TP ayant utilisé le Préconil pour les sables qu'il transporte. Les informations relevées sont :

- Le cours d'eau et ses affluents étaient globalement moins ensablés, de nombreux gours remplis d'eau subsistaient en période estivale dans lesquels ils allaient se baigner, (gours aujourd'hui comblés par le sable),

- Le profil en long n'a pas varié notablement depuis leur enfance (l'évaluation d'une hauteur d'un profil en long est très complexe à apprécier). Il faut en retenir le fait que les témoignages ne retranscrivent pas de grandes différences,
- Un grand nombre d'espaces en lit majeur et lit mineur a été remblayé,
- Il existait auparavant des gravières ou sablières (notamment à la confluence du Couloubrier) et les entrepreneurs de TP avaient coutume de prélever dans le lit leurs besoins en sables pour la construction (notamment à l'aval sur le PRE7). Ce dernier semblait présenter d'ailleurs de très bonnes qualités pour la construction vu son caractère plutôt anguleux. Une estimation de ces prélèvements reste toutefois impossible à donner,
- Les parcelles de vignes à nu apportent des quantités considérables de sables au cours d'eau, les parcelles végétalisées ne sont que très peu érodées. Les viticulteurs comblent les érosions par des matériaux de toutes origines dont des matériaux fins qui repartent aux pluies suivantes,
- La construction anarchique dans le lit majeur est à l'origine de biens des problèmes actuels,
- Le lit du Bouillonnet n'a jamais évolué depuis 50 ans et les débordements de ce dernier sont très limités. Ils semblent liés à la montée des eaux du Préconil et au ralentissement des écoulements du Bouillonnet.

### VII.1.5. Conclusions

L'évolution de la bande active est notable avec un gain en 1960, puis une perte de surface au cours des années suivantes suite à la fermeture progressive du cours d'eau. Ce processus de fermeture est naturel au travers de la végétalisation des espaces mis à nus mais aussi et beaucoup plus largement par le remblaiement, l'édification de digues, la protection des berges et l'urbanisation de cette bande active.

Malgré cette dynamique anthropique, sur les dernières années (2008-2011), la tendance est à l'augmentation de la surface de la bande active. Cette dynamique est induite par les fortes crues de 2009 et 2010. Même si les orthophoto-plans ne sont pas disponibles, la prospection de terrain suite aux crues de novembre 2014 nous permet de dresser un constat similaire avec la reprise sur certains secteurs d'une très grande mobilité latérale. Cette dynamique se concentre essentiellement sur les tronçons PRE 3 et PRE 5 pour le Préconil et COU 4 pour le Couloubrier. Cette évolution n'est pas présente sur le Bouillonnet dont la bande active a globalement très peu évolué et est devenue aujourd'hui largement contrainte par les activités et constructions anthropiques.

## ***VII.2. Evolution altimétrique – profils en long et en travers***

### **VII.2.1. Méthodologie**

L'analyse de l'évolution altimétrique du lit est réalisée sur la base des éléments topographiques compilés des études et relevés précédents.

Ces données concernent quasi exclusivement le Préconil lui-même. Les données sur les affluents sont partielles et ne concernent que le Couloubrier aval.

Aucun profil en long aussi étendu que celui réalisé pour les besoins de cette mission n'est disponible sur le Préconil ou ses affluents. Les seuls éléments disponibles concernent des linéaires plus restreints sur la partie aval du Préconil.

A l'identique, aucun profil en travers n'est disponible sur les zones amont ou sur les affluents. Seules sont disponibles des données de profil en travers sur le Préconil. Ces dernières informations remontent néanmoins plus en amont que les données de profil en long et permettent, au-delà de la comparaison des profils en travers, de donner une indication ponctuelle sur l'évolution du lit.

A contrario, des données globalement récentes et assez précises concernent le dernier kilomètre du Préconil où des relevés ont été réalisés pour caractériser l'ensablement. Ces relevés ont notamment été faits sous la forme de levés topographiques du lit mineur pour produire un MNT et donnent ainsi accès, ponctuellement, à une grande richesse de points topographiques.

Au-delà de ces éléments factuels, sont ajoutés des témoignages dès-lors que ces derniers semblent mettre en avant une dynamique particulière.

### **VII.2.2. Analyse comparée des éléments de profil en long**

#### **VII.2.2.1. Analyse de l'évolution du profil en long avec des points côtés**

Le profil en long complet du Préconil est construit sur la base de deux relevés topographiques différents :

- relevés topographiques de janvier 2015 établis pour le cadre de cette étude : ces relevés couvrent l'ensemble du Préconil à l'exception du dernier kilomètre,
- relevés topographiques d'avril 2014 couvrant le dernier kilomètre du Préconil.

A ce profil "actuel" ont pu être comparés les levés suivants :

- levés ponctuels réalisés dans le cadre d'une étude menée par IDRA sur la base de relevés dont les plus anciens sont de 2011. Ces données sont donc postérieures à la crue de 2009 ayant interrompu cinquante années d'absence d'évènements de forte

amplitude. Il résulte donc de cette comparaison la mise en rapport du profil en long suite à deux évènements morphogènes (2009/2010 et Novembre 2014),

- levés du profil en long dans le cadre de l'étude Sogreah de 2002 de Camp Ferrat jusqu'à la mer. Le calage de ce dernier profil a dû être forcé sur la base de l'implantation des profils en travers, le profil en long ayant un développé ajusté pour le modèle hydraulique et donc faux planimétriquement.

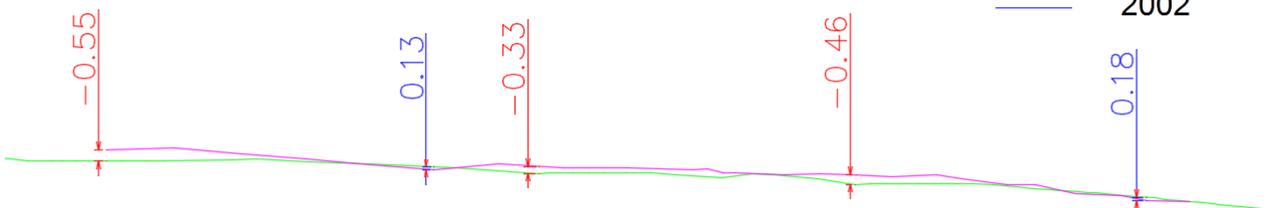
Les éléments qui ressortent de cette analyse sont les suivants :

**Zone 1 : zone de replat en amont de camp Ferrat. Première zone de faible pente.**



Les codes couleur utilisés pour les levés topo sont :

—	2014	—	2014
—	2011	—	2011
—	2002	—	2002



Sur cette zone qui apparaît aujourd'hui comme étant fortement ensablée et où un passage à

gué autrefois visible est juste affleurant, on constate à la vue des cotations que le profil actuel est globalement plus bas que en 2011 (suite aux crues de 2009 et 2010). La différence altimétrique est de l'ordre de 45 cm en moins entre 2011 et 2015.

Le terme d'incision (au sens d'une anomalie morphologique) ne nous semble néanmoins pas adapté à cette zone pour la raison suivante : les crues de 2009 et 2010 ont eu lieu suite à des incendies importants sur la tête du bassin d'Emponse et dans une moindre mesure du Préconil et ont conduit à des apports de sables massifs sur le Préconil. Il peut résulter de ces événements une très forte sédimentation sur cette rare zone d'expansion des crues. Cette abaissement du profil en long nous apparaît plus comme le signe d'un retour à une dynamique sédimentaire plus normale suite au début de cicatrisation des vallons et malgré les fortes pluies de 2014 et l'importance des crues de cette période.

A noter que des témoignages et photos nous indiquent que le niveau du lit avant 2009 à cet endroit était inférieur au niveau actuel de l'ordre de 80 cm puisque le passage à gué busé était totalement découvert à cette période.

## **Zone 2 : Camp Ferrat**

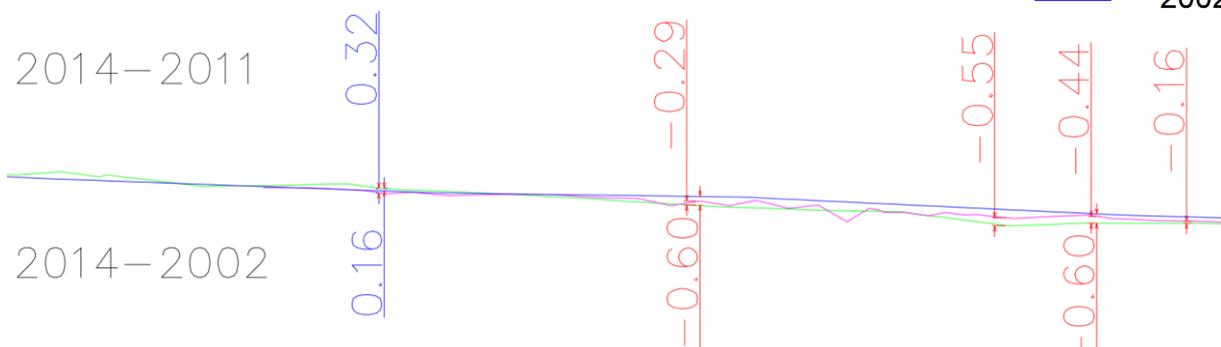
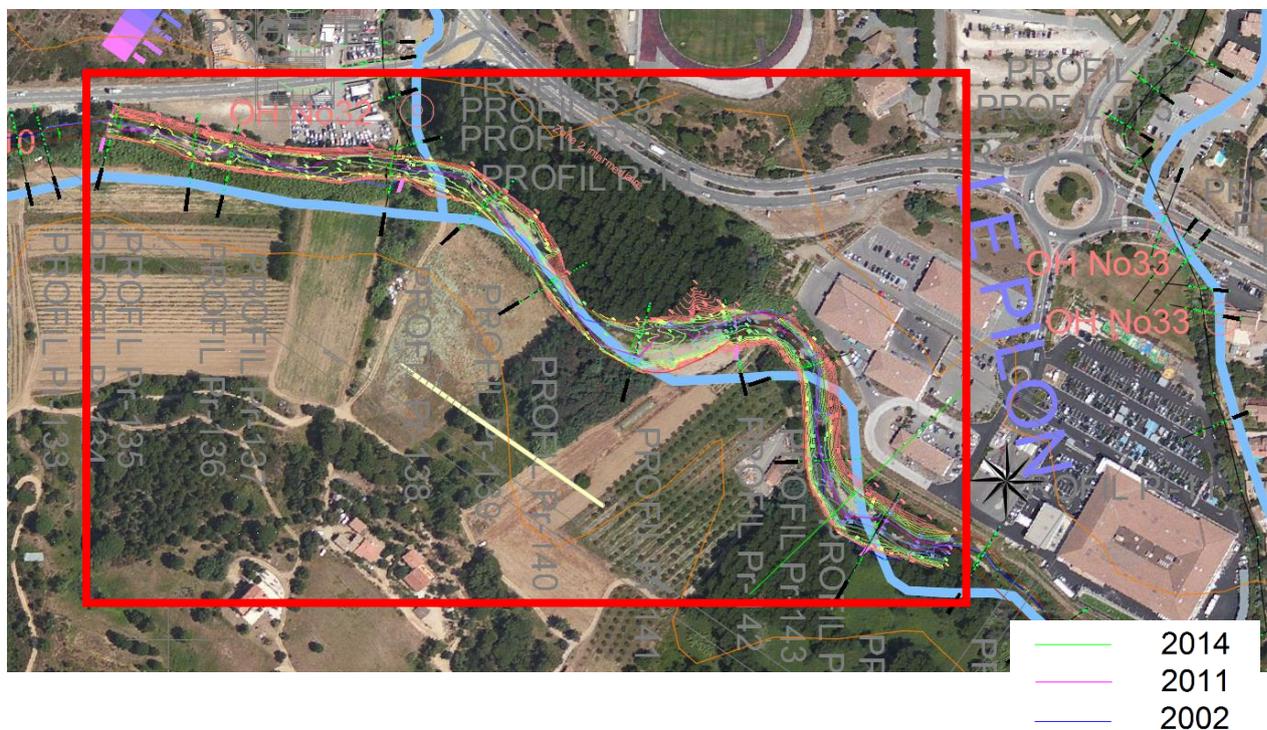


La comparaison des profils en long 2014-2011 sur cette zone fait apparaître à l'inverse du site précédent un équilibre mieux établi depuis 2011. Un des éléments qui peut expliquer cet état est le fait que le cours d'eau est fortement contraint par des berges relativement hautes dans un lit plus resserré. Cette morphologie du lit rend plus homogène le transport sédimentaire vers

l'aval pour les dernières crues. Ce tronçon se comporterait ainsi comme un "tuyau" faisant transiter les eaux et les sédiments sans possibilité de s'inciser ni de s'exhausser dans des proportions importantes pour cette gamme d'événements. A noter que la divagation latérale sur cette portion est très réduite alors qu'elle est potentiellement forte en rive droite.

La situation entre 2002 et 2014 apparait différente puisque globalement le niveau du fond apparait comme incisé entre 40 et 50 centimètres sur tout le tronçon concerné. Il est donc probable que la période de plus faibles crues entre 1960 et 2008 ait conduit à un surstockage de matériaux sur cette zone. Ce dernier a pu être favorisé par une densité de végétation plus importante. Ces matériaux auront ensuite été remobilisés par les crues de plus fortes importances depuis 2009.

### Zone 3 : entre Brisach et le centre commercial



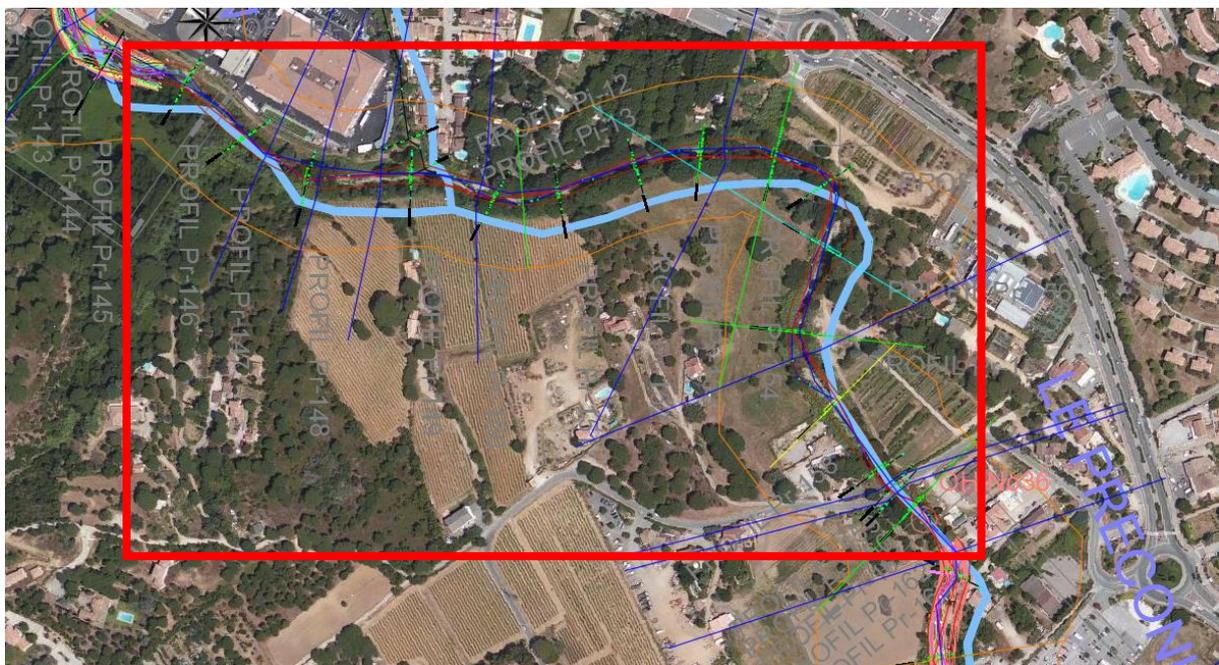
Cette zone est particulièrement intéressante dans le sens où il s'agit de la principale zone de divagation du Préconil avec les crues de novembre 2014. Sur la zone où la divagation a été la plus importante (au droit des cultures de peupliers au centre et en aval) on constate une

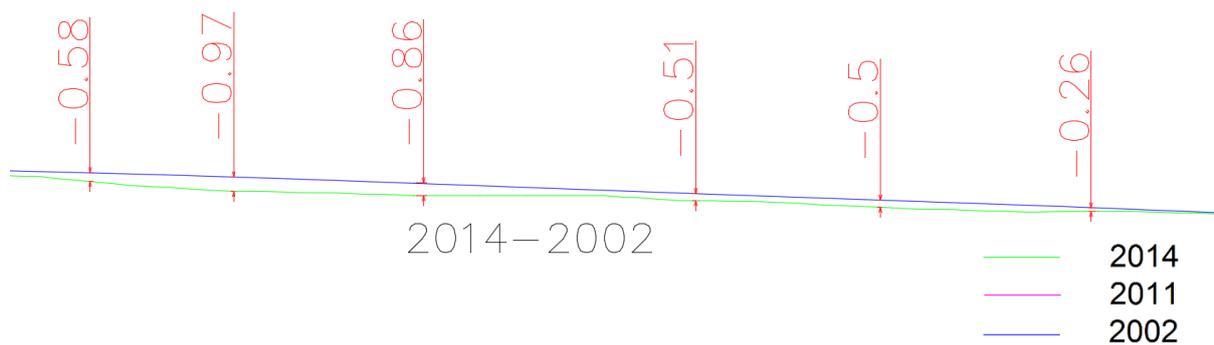
incision marquée du lit alors que la largeur du lit mineur s'est fortement accrue et aurait pu conduire à l'inverse (une surlargeur entraînant une sédimentation). A notre sens c'est néanmoins ce qu'il s'est produit avec un accroissement important des atterrissements en intrados de méandre. Toutefois, la dynamique érosive lors des dernières crues a été accrue sur ce site par des embâcles importants qui ont contribué probablement à provoquer une incision du lit dans des marnes plus compactes aujourd'hui visibles en fond de lit en extrados. De fait, le profil en long sur cette zone n'est pas représentatif des phénomènes de sédimentations pourtant importants mais plus d'une incision due à un accroissement local des contraintes hydrauliques.

Le profil de 2002 semble confirmer cette analyse et celle réalisée sur la précédente zone. En effet, on constate en même temps qu'un abaissement global du profil en long entre 2002 et 2011, une même corrélation entre ces deux profils laissant à penser que la dynamique érosive de novembre 2014 est la cause de la modification du profil en long sur cette partie du Préconil. Le surstockage sur cette zone en 2002 s'accroît logiquement autour d'une soixantaine de centimètres, la pente du profil en long s'abaissant.

A noter que les marnes compactes visibles en fond de lit sont trouvées entre -3 et -3.5m de profondeur en amont du site (sondage dans le cadre de travaux au droit de Brisach). Le front d'érosion apparu en rive droite suite à ces crues fait clairement apparaître que cette zone est un espace de divagation de crues très ancien et que son érosion trouve aussi certainement sa cause dans le remblaiement de la rive gauche pour les besoins du centre commercial.

#### **Zone 4 : Entre le centre commercial et le chemin des Virgiles**



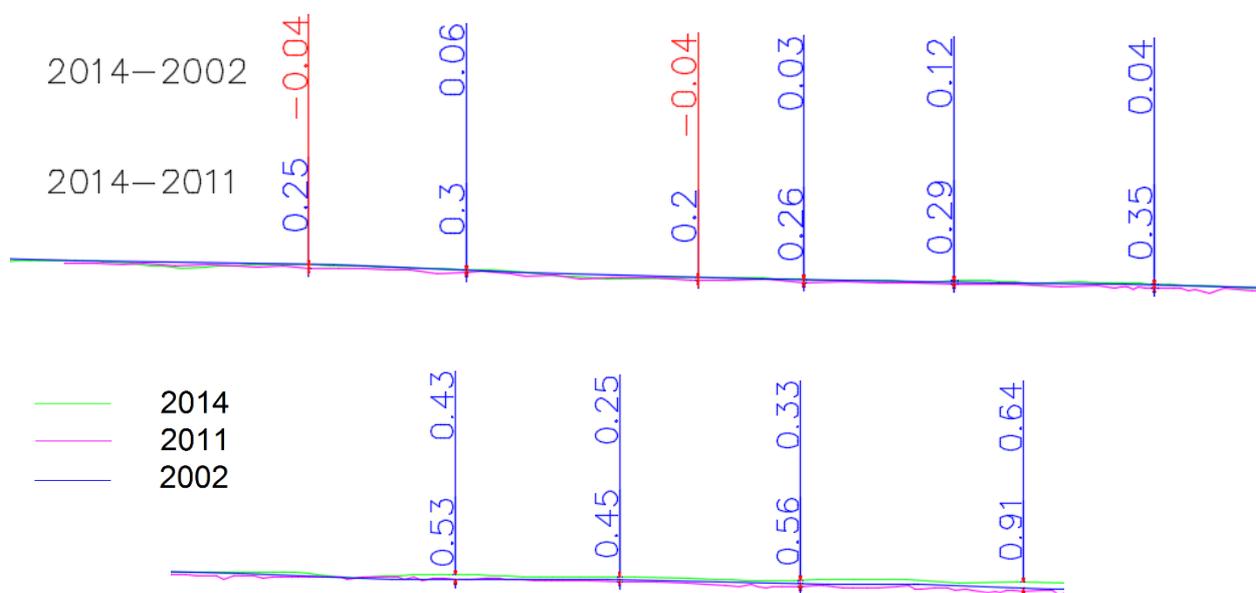


Ne sont disponibles sur ce secteur que les données de 2002 et 2015.

Les données confirment l'effet de surstockage visible en 2002 par rapport à 2015. Le fond du lit mineur en 2002 est ainsi globalement plus haut d'une cinquantaine de centimètre avec, sur environ 200 m en amont une épaisseur de sédiments apparant de l'ordre du mètre.

### **Zone 5 : secteur Aval du Préconil jusqu'à la confluence**





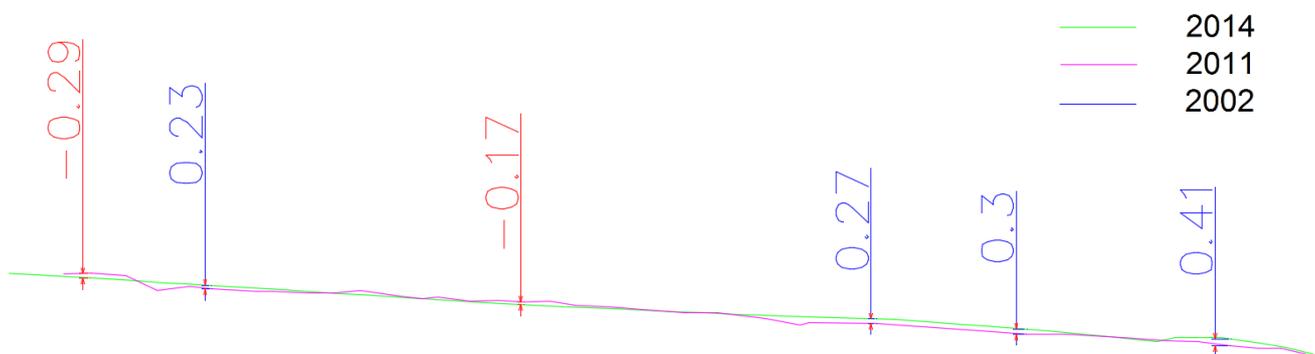
Cette dernière zone dont l'ensablement pose de gros problèmes depuis 2009 suit une évolution à l'exhaussement quasi généralisé avec des valeurs croissantes vers l'aval comprise entre 30 cm à 90 cm vers l'embouchure. A noter et pour rappel que le levé topographique sur cette zone date d'avant les crues de novembre 2014 et ne rend donc pas compte de l'évolution du profil en long suite à ces dernières crues très morphogènes. En l'absence de crue significative, ce dernier tronçon se comporte donc comme un piège à sable.

Cette dynamique observée est similaire entre 2002 et 2015 et entre 2011 et 2015. Seule l'amplitude du phénomène varie légèrement avec une plus forte dynamique sur la période 2011-2015.

L'élément marquant sur cette zone est le fait que, a contrario des zones amont qui fonctionnent comme un piège à sable avec un surstockage clairement visible entre 2002 et 2011 ou 2015, cette dernière zone suit une dynamique inverse avec une hauteur de sable globalement équivalente sur une moitié amont et largement inférieure sur le dernier kilomètre. Ce dernier linéaire étant sous influence marine avec une cote de fond évoluant autour de "0" NGF. Ce constat laisse penser que l'ensablement de la partie amont de cette zone est peu sous influence des évènements hydrologiques, forts ou moyens, et que la partie aval possède un dynamique propre contrôlée par l'interaction entre le système fluvial et marin.

En parallèle à ces données, les observations visuelles suite à la crue de novembre 2014 nous ont permis de constater que les sables ont pu être remobilisés dans leur ensemble sur une épaisseur d'environ -1 m en moyenne. Toutefois, cet effet de "purge" causé par un évènement hydrologique important n'a pas duré longtemps puisque, très rapidement après, le sable s'est réaccumulé sur cette zone grâce au maintien d'un débit suffisant pour le faire transiter depuis les tronçons amont du Préconil jusqu'à ce dernier. Pour des périodes de hautes eaux (de l'ordre du débit à plein bord) des sédimentations de l'ordre de 20 à 40 cm sont observés.

## Zone 6 : le Couloubrier aval



Il n'existe pas de données antérieures à 2011 sur ce site.

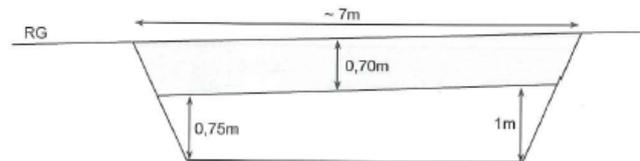
Le Couloubrier entre 2011 et 2015 n'a que peu évolué. Les différences constatées rendent plus compte d'un déplacement d'atterrissements que d'une évolution notable du profil en long. Ce d'autant plus que la succession des méandres sur cette portion de cours d'eau le rend très propice à évoluer dans ces ordres de grandeur par modification de l'axe du lit au gré des crues morphogènes. Il ne semble donc pas possible d'extraire de ces données une tendance à l'incision ou à l'exhaussement mais plutôt de conclure à une stabilité du profil en long.

### VII.2.2.2. Comparaison du profil en long avec des éléments non cotés

Comme indiqué précédemment, Sogreah a réalisé une approche hydraulique du cours d'eau en 2002 dans le cadre d'une étude de travaux d'aménagements. En plus du profil en long coté mais ne touchant que le tiers aval du Préconil, le document est illustré d'un certain nombre de prises de vue sur des ouvrages et donne des cotes indicatives de la profondeur du lit. Cette donnée nous permet ainsi de reconstruire ponctuellement l'altimétrie du lit du Préconil en 2002. La marge d'erreur sur cette appréciation des photographies est évidemment importante mais donne malgré tout une indication importante. Certains ouvrages ont pu être reconstruits ou détruits et ne figurent donc pas dans cette analyse. La comparaison se fait exclusivement avec des clichés pris au premier semestre 2015.

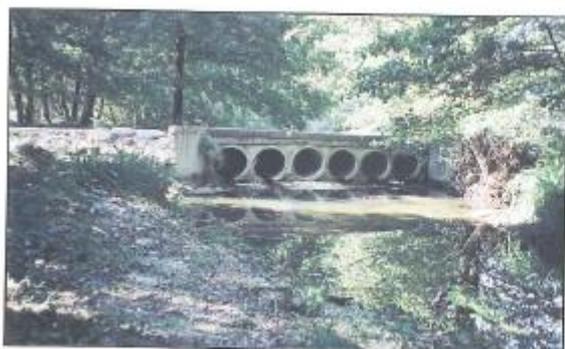
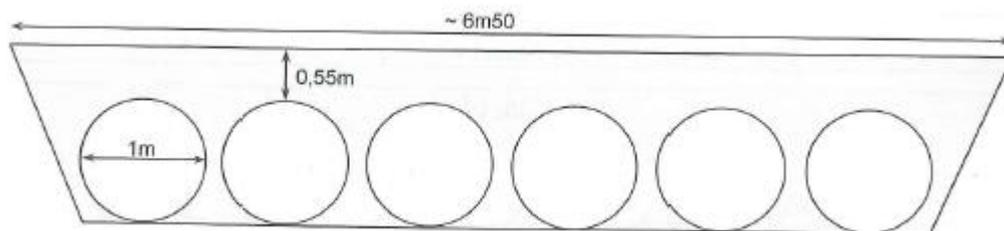
Globalement, le couvert végétal est beaucoup plus important sur les clichés de 2002.

#### Ouvrage du Mas de Cocody (PRE3)



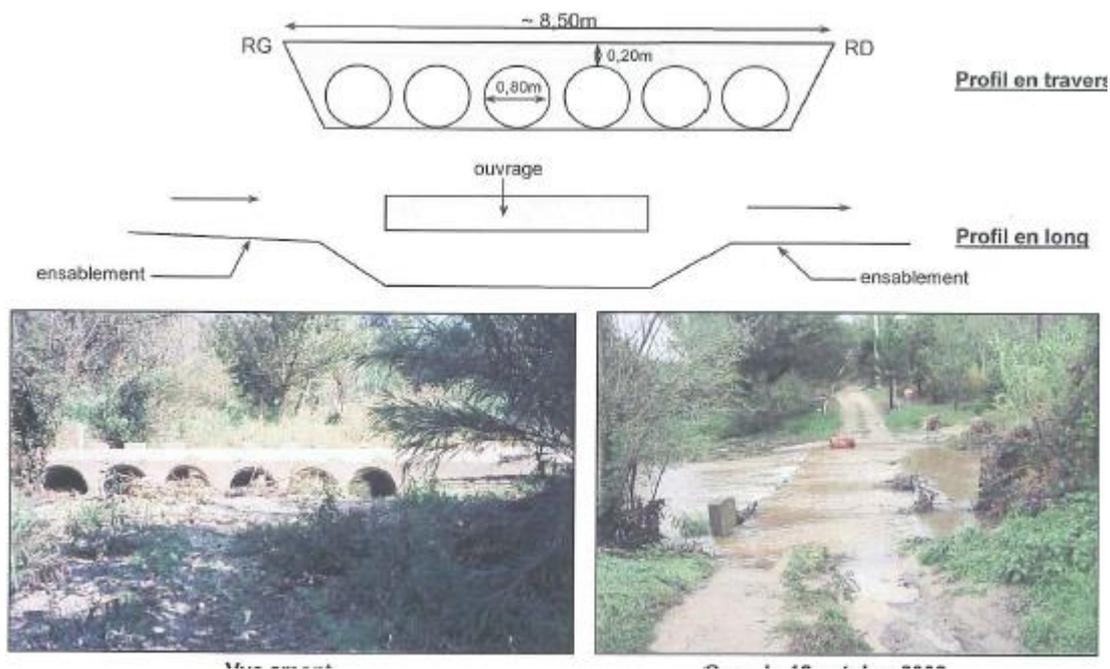
Un exhaussement du fond de lit est visible sur cette photographie. Ce dernier est de l'ordre de 50 cm. La dynamique sur cette zone semble donc inverse à celle observée par la comparaison des profils en long en aval, au niveau de Camp Ferrat.

## Ouvrage de Trévires (PRE3)



Ce second ouvrage se situe à 130 m environ en aval du précédent. La dynamique y est similaire avec un exhaussement du fond de lit du même ordre de grandeur (50 cm). La dynamique sur cette zone reste inverse à celle observée sur la comparaison des profils en long en aval, au niveau de Camp Ferrat.

## Ouvrage sur la limite communale entre le Plan de la Tour et Sainte-Maxime (PRE3)



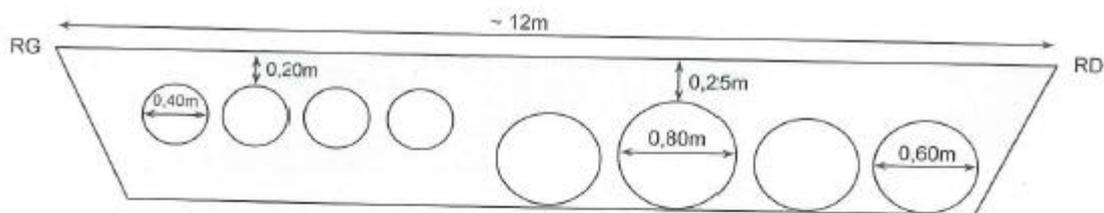
Ce troisième ouvrage se situe à 450 m environ du précédent, dans une secteur au lit mineur élargi avec des berges basses et avec une rupture de pente. La dynamique reste similaire mais avec un exhaussement du fond qui semble accru, de l'ordre de 0.8 à 1.0 m. La dynamique globale jusqu'à ce site reste donc inverse à celle observée sur la comparaison des profils en long en aval, au niveau de Camp Ferrat qui se situe 1700 m en aval.

### Ouvrage entreprise MGM (PRE3)



Cet ouvrage se situe à l'entrée de Camp Ferrat sur la commune de Sainte Maxime. Le fond du lit semble être à une altimétrie similaire sur cette zone. Hors, la comparaison des profils en long sur cette même zone fait apparaître une différence de -40 cm entre 2002 et 2015. Vu la précision du cliché, il n'apparaît pas possible de tirer de conclusion.

### Ouvrage Brisach (PRE5)



Vue avant





La comparaison des deux clichés laisse apparaître une situation similaire en terme de profil en long puisqu'on observe une ouverture similaire sur la buse en rive droite et un fond de lit quasi équivalent entre la buse rive droite et la zone d'écoulement principal en rive gauche. Cette situation est similaire à celle observée sur les profil en long.

### VII.2.2.3. Conclusions sur la comparaison des profils en long

La dynamique d'évolution du profil en long apparaît différente en fonction de la période observée et de l'occurrence des crues sur ces périodes. Considérant que le profil de 2002 rend compte d'une situation de faible hydrologie et les profils en long de 2011 et 2015 de fortes hydrologies, les conclusions suivantes peuvent être ébauchées :

- Sur la zone amont du Préconil, entre Mas Cocody et "Le Rivet" (700 m en amont de l'entrée de Camp Ferrat), le cours d'eau s'est globalement exhaussé entre 2002 et 2015. Cette dynamique rend compte d'un charriage plus important depuis 2009, début d'une succession de crues morphogènes. Ces crues ont donc charrié en quantité importante des sédiments dont une partie s'est trouvée stockée sur cette première zone. Les photos des ouvrages rendent compte d'une transparence quasi totale au charriage, la hauteur de sédiments étant aussi élevée en amont de ces derniers qu'en aval. Une évaluation grossière de ce stock ( $2700 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  de large et  $0.5 \text{ m}$  de haut) donne un accroissement du volume de sédiment stocké de  $13\,500 \text{ m}^3$ .

Cette zone correspond à une zone de plus forte pente où les crues depuis 2009 ont accumulé des matériaux plus grossiers et dans laquelle les sables ont préférentiellement transité vers l'aval.

La comparaison plus précise des données entre 2011 et 2015 sur une zone centrale de fort élargissement longue d'environ 500 m indique néanmoins que cet exhaussement

se réduit depuis 2011. Cette dynamique semble traduire la cicatrisation des bassins versant incendiés en 2003 et 2007 et une certaine résilience.

- Entre Camp Ferrat et le chemin des Virgiles, le Préconil semble avoir réagi comme un piège à sédiments jusqu'aux premières crues morphogènes de 2009 ; piège d'autant plus important que l'on se dirige vers l'aval. Cette dynamique s'est clairement inversée depuis 2009 et les premières crues morphogènes avec une incision continue du profil en long traduit par les données topographiques de 2011 et 2015. Seul le secteur compris entre la confluence avec le Couloubrier et Brisach présente une dynamique moins forte et reste globalement stable sur cette période de 2002 à 2015. Les apports du Couloubrier en sont très probablement la cause. Sur ce secteur d'environ 3500 m, le déstockage peut être estimé grossièrement à  $17\,500\text{ m}^3$  ( $3500 \times 10 \times 0.5$ ).
- Sur la partie terminale le Préconil possède une dynamique double : sous influence fluviale jusqu'aux entrepôts de Véolia et sous une double influence, fluviale et marine en aval.

Sur le linéaire amont, le système est globalement à l'équilibre si l'on compare 2002 et 2015. On observe toutefois que le profil de 2011 était globalement plus bas d'une trentaine de centimètres. Cette différence peut s'expliquer soit par le fait que les crues de 2014 ont apporté plus de sédiments sur cette zone que les crues de 2009 et 2010, soit que les crues de 2009 et 2010 ont provoqué un transport plus important de sédiments vers l'aval. Sur cette distance d'environ 1 km, le surstockage entre 2011 et 2014 est estimé à  $300\text{ m}^3$ .

Sur le linéaire aval, les observations faites suites aux crues de 2014 et l'analyse des profils en long indiquent que la dynamique semble étroitement corrélée aux épisodes marins et ne semblent pas répondre uniformément à une même crue. Même si le constat d'un exhaussement reste visible sur la comparaison des profils en long, il ne semble pas être plus la résultante de débits forts que de débits faibles, ces derniers transportant le sable jusqu'à cette zone de forte sédimentation.

### VII.2.3. Analyse comparée des profils en travers

Les profils en travers les plus récents sur le bassin du Préconil sont issus des relevés topographiques d'OPSIA de janvier 2015 établis dans le cadre de cette étude.

Ces profils sont comparés à des relevés ponctuels réalisés dans le cadre d'une étude menée par IDRA en 2011. Ces données sont donc postérieures à la crue de 2009 (dernière crue majeure après celle de 1959) et antérieures aux crues morphogènes de novembre 2014. Ainsi cette comparaison permet d'apprécier les modifications engendrées par le passage des crues d'ampleur importantes sur les dernières années.

Les éléments qui ressortent de cette analyse sont les suivants :

**Zone 1 : Préconil en aval du ruisseau du Plan (affluent rive droite) – zone de replat en amont de camp Ferrat. Première zone de faible pente.**

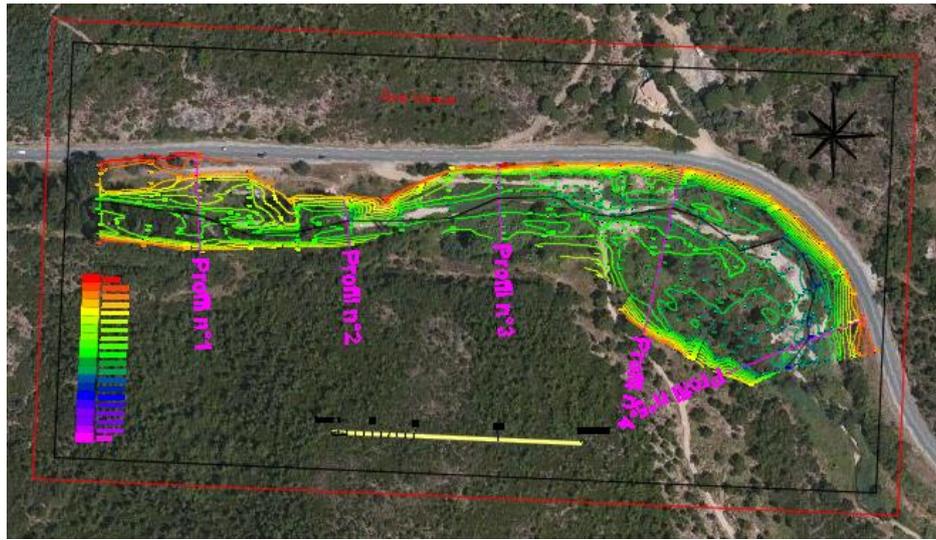


Figure 45 : Localisation des PT - Zone 1

Sur cette zone, l'analyse des profils en long a fait ressortir le fait que le profil actuel est globalement plus bas qu'en 2011 avec une différence altimétrique de l'ordre de 45 cm en moins en 2015.

La comparaison des profils en travers de 2011 et 2015 met en évidence de faibles variations morphologique du lit mineur :

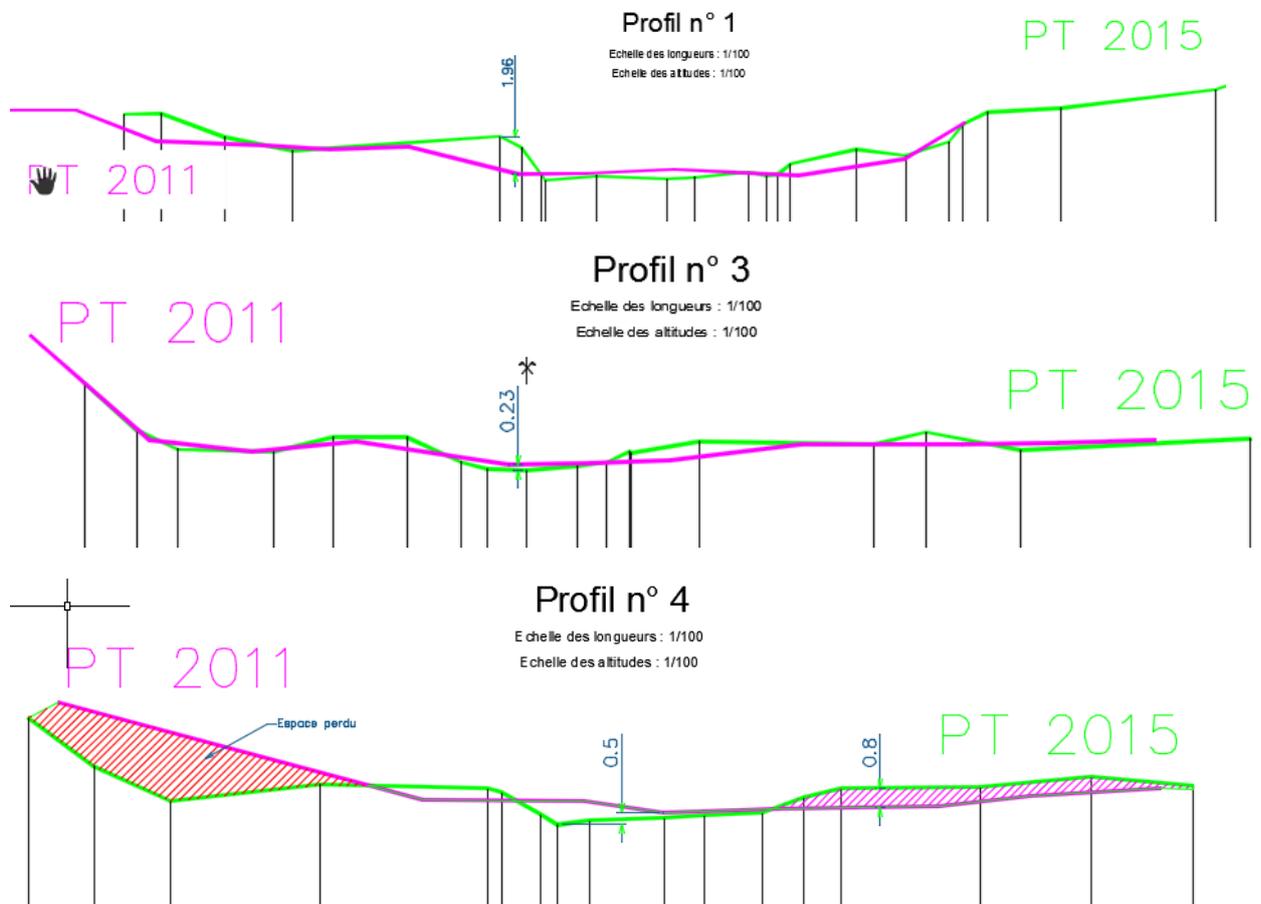


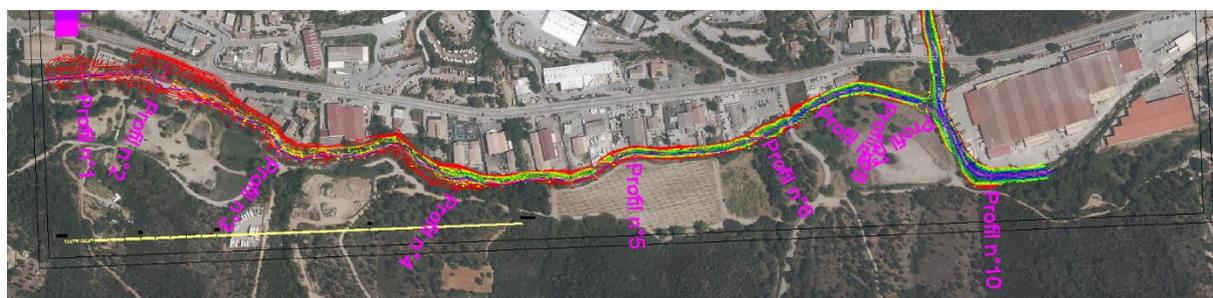
Figure 46 : PT - Zone 1

Le profil 1 rend compte d'un remblai récent en rive gauche, remblai s'étant aggravé depuis la date des levés.



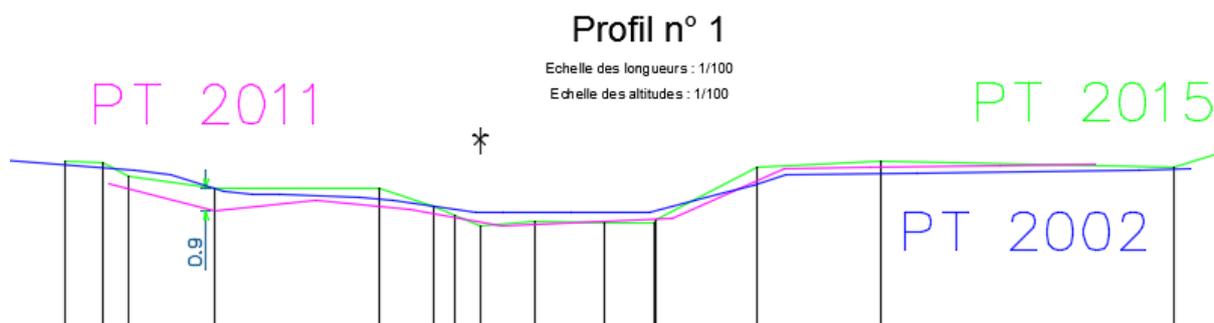
Les profils 3 et 4 rendent compte d'une faible variation du profil en travers malgré les évolutions altimétriques du fond de lit mineur et des risbermes. Seule une nouvelle érosion apparaît clairement sur le profil 4 en 2015.

### **Zone 2 : Préconil au niveau du Couloubrier – Camp Ferrat**



*Figure 47 : Localisation des PT - Zone 2*

De façon encore plus marquée que sur la zone précédente, les différences de profils entre 2011 et 2015 sur ce secteur sont très faibles. Ce constat corrobore le postulat énoncé dans l'analyse des profils en long, à savoir que la zone fait apparaître un équilibre établi depuis 2011. Par rapport à 2002, le constat de l'incision du lit en 2015 par rapport à 2002 ne s'accompagne pas de changement notable sur les profils en travers.



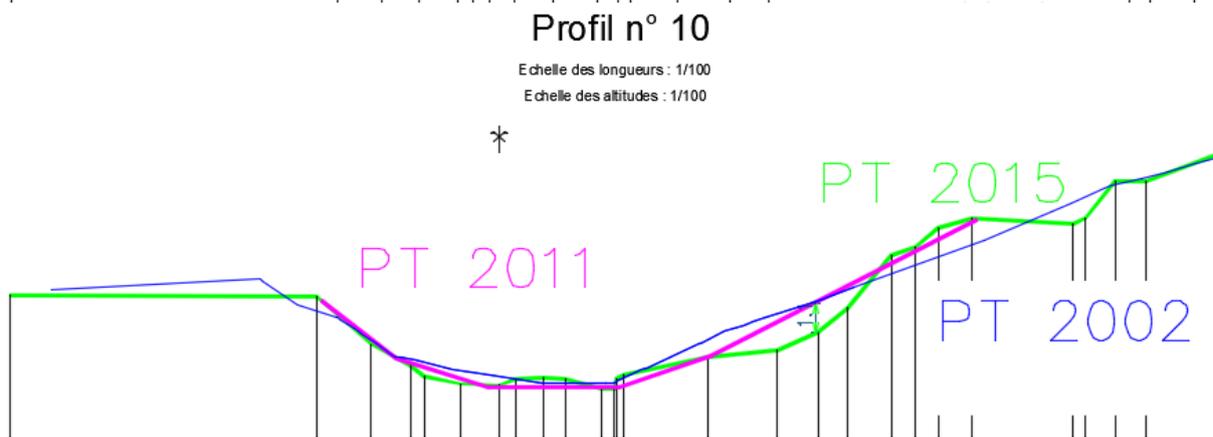
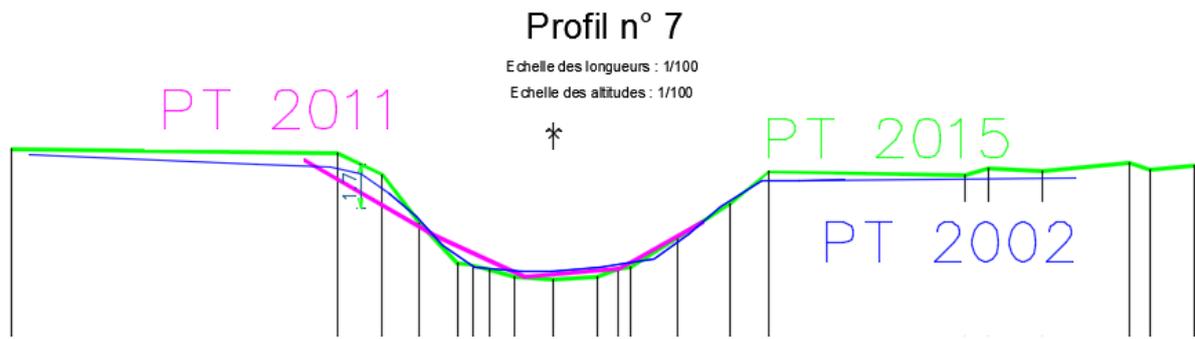


Figure 48 : PT - Zone 2

**Zone 3 : Préconil au niveau du ruisseau Le Roux – entre Brisach et le centre commercial**

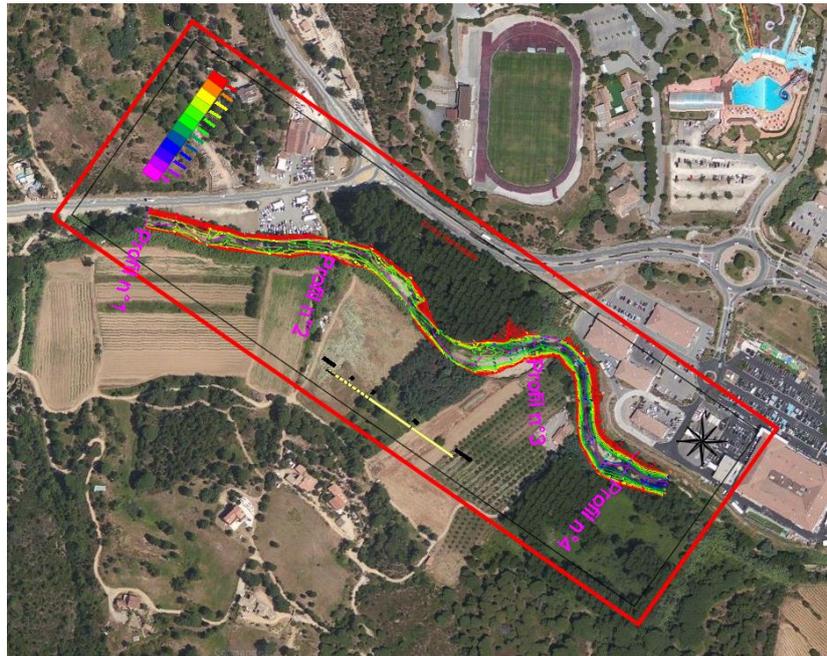
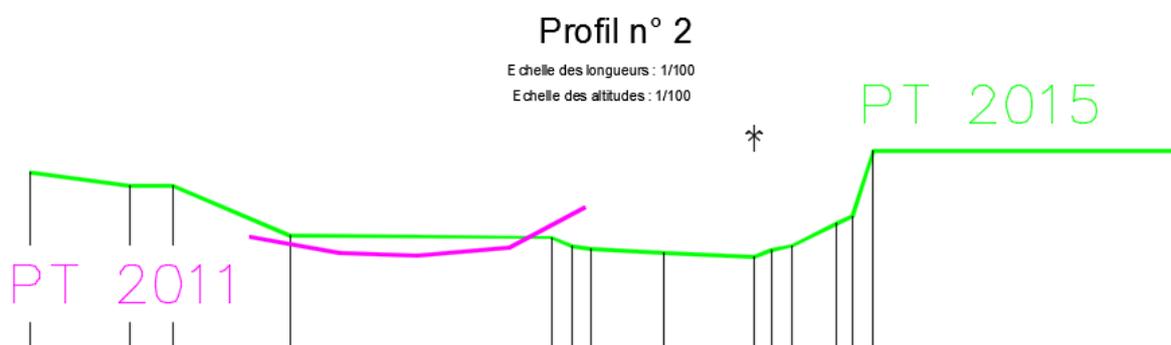
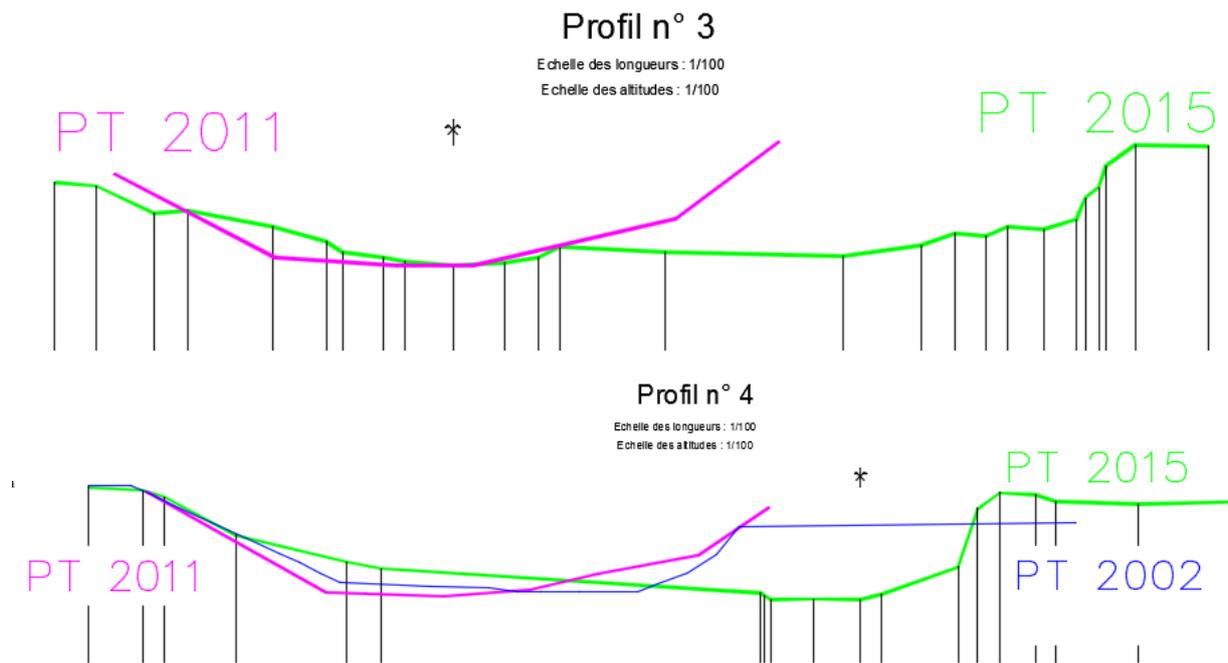


Figure 49 : Localisation des PT - Zone 3

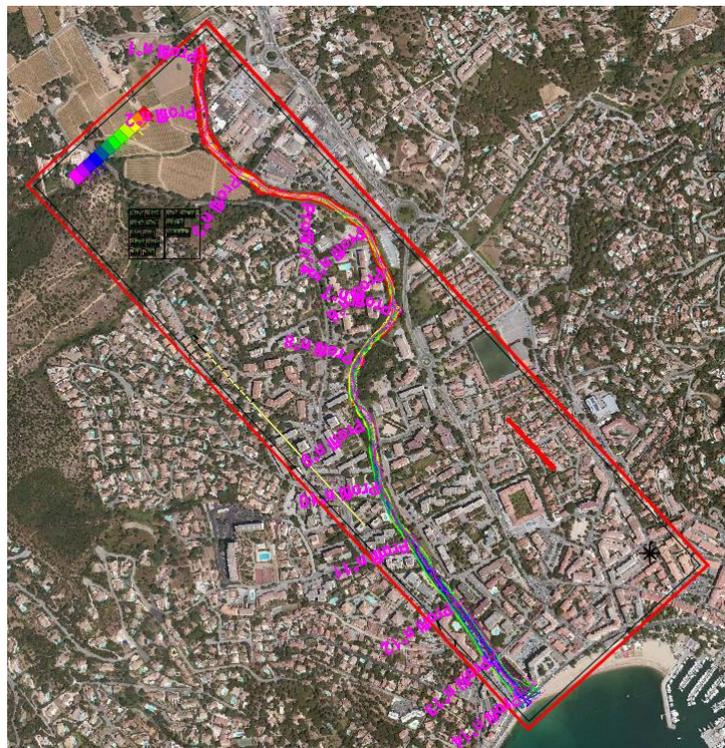




*Figure 50 : PT - Zone 3*

Les profils en travers 2 à 4 traduisent la forte dynamique latérale visible sur ce secteur, conséquence des crues de novembre 2014. Vu la courbure des méandres, cette dynamique ne peut que perdurer.

#### **Zone 4 : secteur Aval du Préconil jusqu'à la confluence**



*Figure 51 : Localisation des PT - Zone 4*

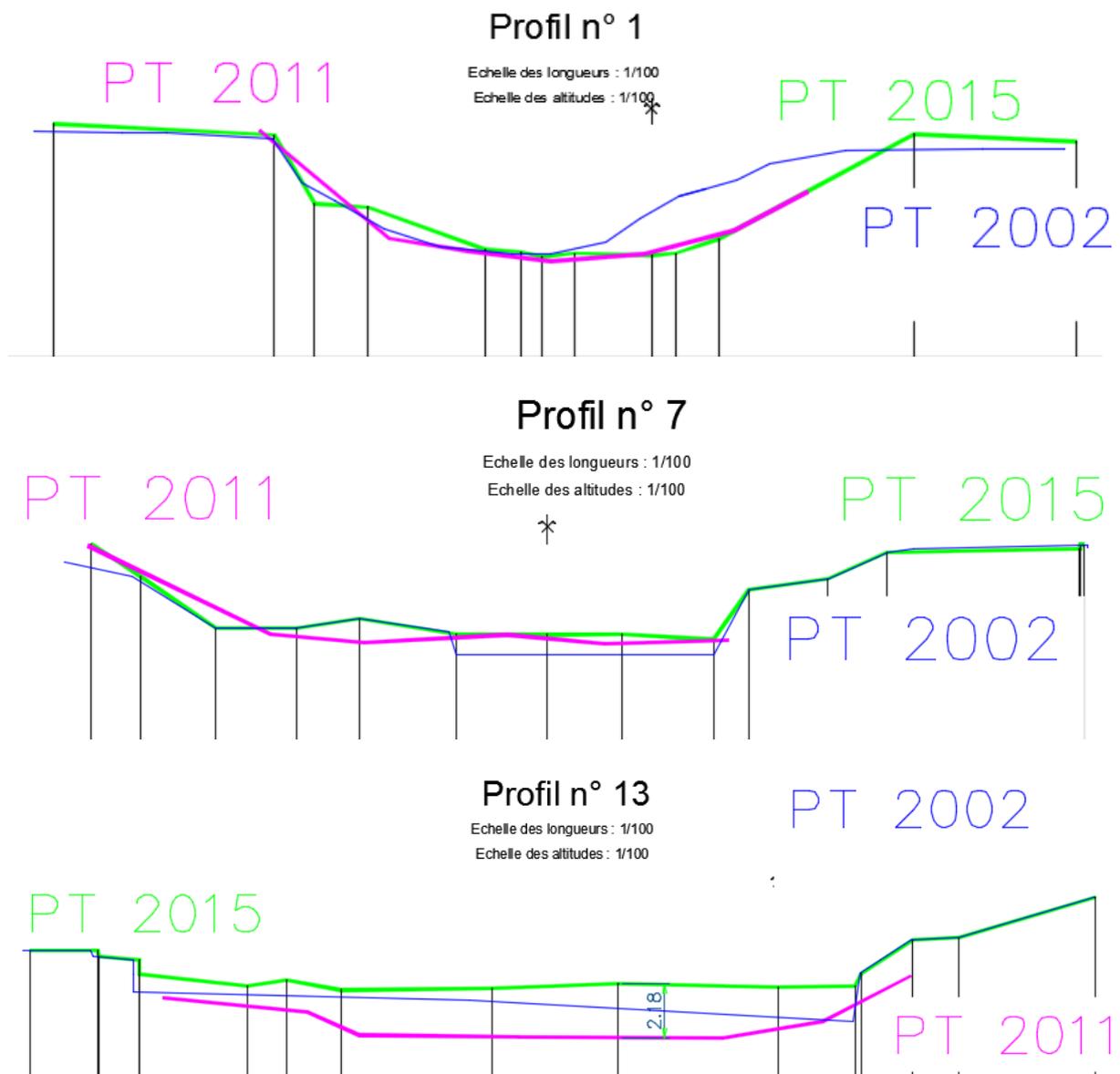


Figure 52 : PT – Zone 4

Le seul profil présentant un élargissement de la section est le profil 1 qui se trouve dans une zone où la berge rive droite a été fortement érodée sur environ 200 m. Cette érosion a été provoquée par les événements de novembre 2014.

Pour le reste du linéaire et à l'exception de la partie la plus aval du Préconil qui a connu de fortes variations entre 2002 et 2011 puis entre 2011 et 2015, l'ensemble des profils de la zone ne présentent pas de modifications marquées de leur profil en travers sur la période 2002-2015.

Concernant l'extrémité aval (Profil n°13) l'évolution altimétrique du lit est importante. L'exhaussement est toutefois à relativiser, en cas de crues morphogènes un effet de chasse est observé.

### **Zone 5 : Couloubrier aval**

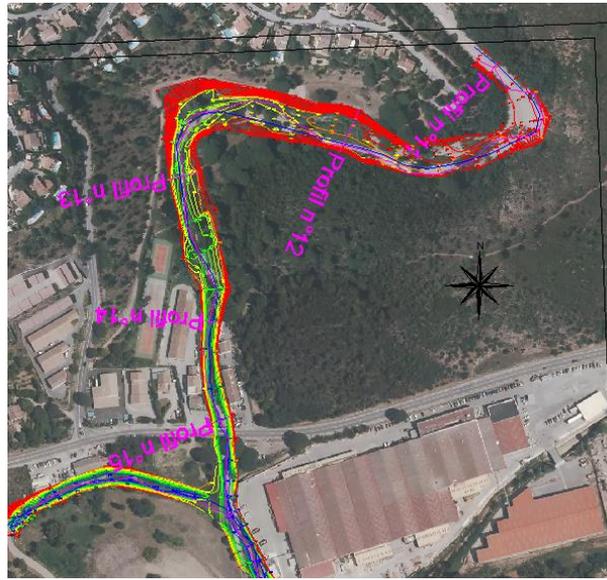


Figure 53 : Localisation des PT - Zone 5



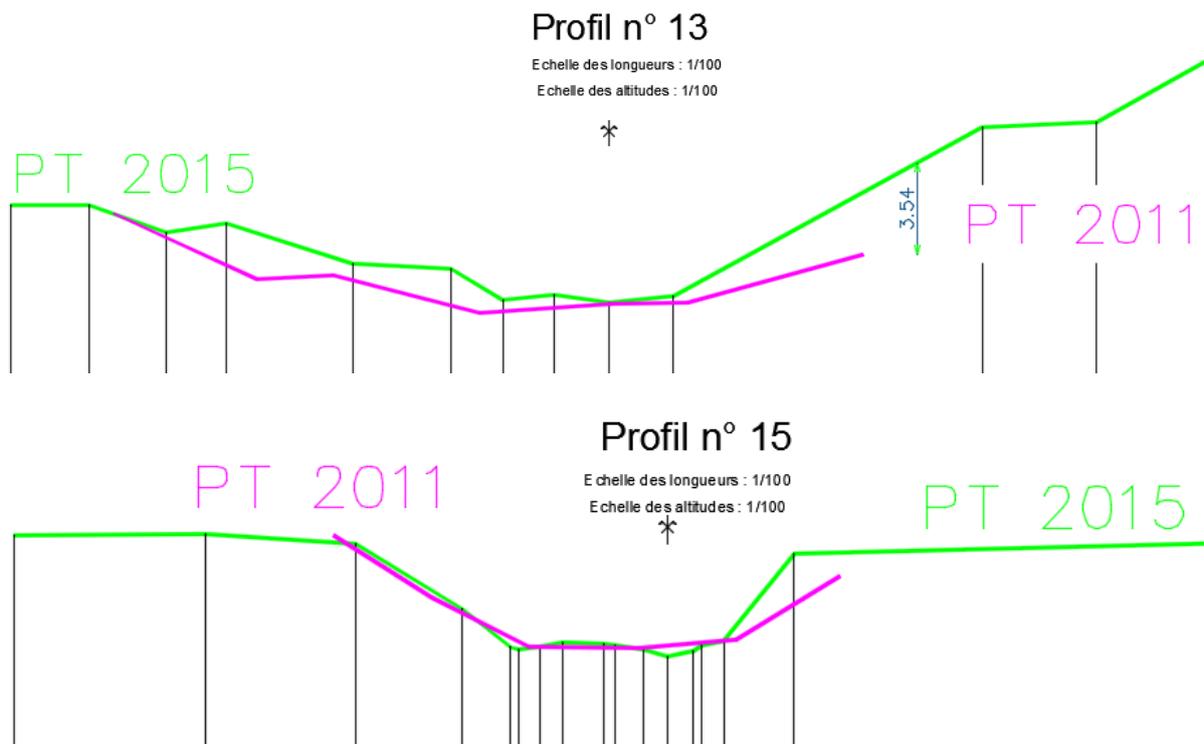


Figure 54 : PT - Zone 5

Les profils apparaissent très semblables sur la période considérée à ceci près du profil 13 qui se situe en sortie de méandre et où les écoulements ont modifié plus fortement le profil en travers. A noter toutefois que si le trait du profil en travers rive gauche semble correspondre à la réalité, le remblai qu'indique le trait rive droite nous apparaît faux.

### VII.2.3.1. Conclusions d'analyse des profils en travers

La donnée disponible ne nous permet pas de mettre en avant les changements les plus marquants sur ces cinquante dernières années, à savoir le remblaiement généralisé du lit majeur du Préconil sur les tronçons PRE3 à 7.

Les modifications traduites dans la superposition des profils en travers ne rendent compte que d'une dynamique latérale réduite ou concentrée sur des secteurs restreints. D'un point de vue morphodynamique, ces derniers traduisent clairement un manque d'espace de liberté du cours d'eau, actuellement trop contraint entre des berges artificiellement surélevées ou stabilisées.

L'exhaussement du lit est observable sur plusieurs Tronçons. Toutefois ce n'est pas une tendance générale et continue, de nombreux tronçons sont stables ou incisés et l'évolution par effet de chasse peut être rapide.

## VII.2.4. Analyse des signes d'incisions ou d'exhaussements

L'évolution du profil en long ne saurait traduire à lui seul une dynamique d'incision ou d'exhaussement. Comme présenté précédemment, l'analyse comparée entre 2002 et 2015 des profils en long traduit un abaissement du lit mineur sur les tronçons PRE3 à 5 et un exhaussement sur les tronçons PRE 6 et 7.

Hors, la morphodynamique observée sur cette période ne laisse pas apparaître de signe d'incision révélateur d'un dysfonctionnement et d'un manque d'apport de sédiments. A l'inverse, sur la période considérée, la tendance est plutôt révélatrice d'un apport excessif et d'un surstockage de matériaux à l'échelle du bassin versant.

Les signes "d'incisions" visibles (déchaussement de pied d'ouvrage ou de stabilisation) traduisent plus simplement un problème de calage de ces aménagements ou le fait que leur date de construction correspond à une période de hauteur de sables plus importante que celle actuelle.

Sur deux sites sur lesquels des sondages ont pu être réalisés dans le cadre de travaux de stabilisation de berges (Brisach et la passerelle en aval des services techniques de la ville de Sainte-Maxime), la hauteur de sable atteint respectivement plus de 3.5 m et 2.5 m de profondeur. Le substratum se présente sous la forme d'argiles noires très compactes.

Aussi, l'état morpho-dynamique du Préconil à ce jour nous semble plus refléter un ajustement très variable du profil en long en fonction de l'importance des crues dans un contexte d'apports de sédiments trop importants provoqués par les usages et les incendies.

## VII.2.5. Conclusions sur la géométrie du lit mineur

La dynamique d'évolution du profil en long semble étroitement corrélée au régime hydrologique compte tenu de la proportion de sables transitant dans le lit mineur :

- En période de faible hydrologie et de faibles crues, le lit du Préconil en aval de la limite avec le Plan de la Tour a tendance à s'exhausser par une accumulation de sables. En amont le profil est stable.
- En périodes de fortes précipitations et donc de fortes crues, la partie amont de la limite communale recueille les matériaux grossiers des têtes de bassin versant et la partie aval se purge des sables accumulés. Le profil en long sur cette seconde partie a ainsi tendance à s'inciser dans les sables accumulés.

L'illustration présentée ci-dessous donne ces tendances pour le Préconil en fonction de l'occurrence des crues.

L'amplitude d'équilibre du profil en long apparaît ainsi très importante, en relation avec la forte mobilité du sable qui constitue l'apport principal en charge solide.

S'agissant des profils en travers, l'état des lieux fait clairement apparaître un déficit d'espaces de mobilité, en lien avec la très forte anthropisation du bassin versant.

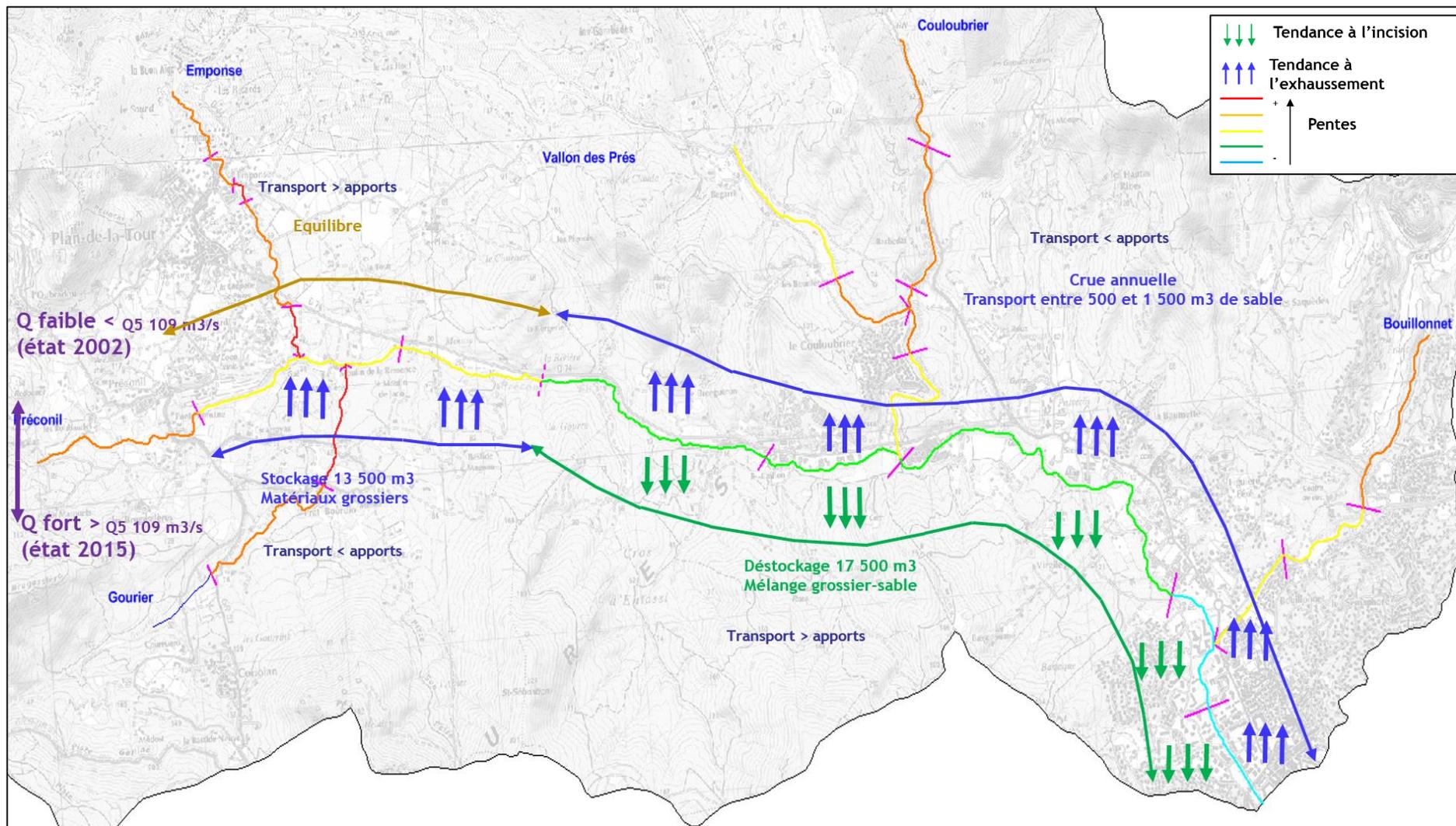


Figure 55 : Tendance de l'évolution du lit du Préconil en fonction de l'occurrence des crues

## VIII. INCIDENCE DES OUVRAGES SUR LA CONTINUITÉ SÉDIMENTAIRE ET ECOLOGIQUE

### *VIII.1. Méthodologie*

Afin de caractériser l'incidence des ouvrages sur la continuité sédimentaire et écologique, l'ensemble des obstacles pouvant présenter une incidence sur les flux sédimentaires ou constituer une entrave à la libre circulation a été caractérisé et géolocalisé sur le terrain au moyen d'un GPS.

Les paramètres caractérisés sont les suivants :

- Type d'ouvrage
- Etat
- Dimension
- Hauteur de chute
- Remous
- Volume de sédiment stocké
- Impact en aval immédiat
- Position par rapport au cours d'eau
- Franchissabilité piscicole

Les ouvrages ne présentant pas d'incidence sur le transit des sédiments ou la libre circulation piscicole ne font pas partie de la présente analyse. Ils sont toutefois repris sur la cartographie afin d'avoir une vision complète de l'ensemble des ouvrages présents sur le bassin.

Lors de la prospection de terrain, et au vu du nombre important d'affleurements rocheux constituant des seuils naturels, il est apparu pertinent d'ajouter cette catégorie d'obstacle à l'analyse. L'incidence de ces seuils sur la continuité écologique doit être prise en compte afin de pouvoir analyser réellement les altérations de cette continuité. Dans le présent rapport, la dénomination d'obstacles a donc été retenue pour évoquer les ouvrages plus les seuils naturels.

Chaque ouvrage inventorié, à l'exception des seuils naturels et des ouvrages non impactant a fait l'objet d'une fiche de présentation regroupée dans un document annexe.

### *VIII.2. Incidence sur la continuité sédimentaire*

L'incidence sur la continuité sédimentaire est évaluée suivant différents paramètres. Dans un premier temps, la densité et le type d'ouvrage présent sur le bassin sont analysés puis l'incidence en termes de stockage est évaluée par croisement des données sur les hauteurs de chute, distance de remous et surtout volume de sédiment stocké.

## VIII.2.1. Obstacles et ouvrages du bassin versant

Le tableau ci-dessous reprend les principales données issues de la prospection de terrain

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire prospecté	Nbre d'obstacle	Nbre d'obstacle par Km	Nbre d'ouvrage	Nbre d'obstacle par Km	Nbre de Seuil naturel	Nbre de Seuil	Nbre de passage à gué	Nbre de passage busé	Nbre de Couverture	Nbre de Pont	Nbre de Ponceau
Préconil	TH PRE 1	1310.33	7.00	5.34	4.00	3.05	3.00	4.00					
	TH PRE 2	1538.18	2.00	1.30	2.00	1.30		2.00					
	TH PRE 3	2806.90	4.00	1.43	3.00	1.07	1.00		1.00	2.00			
	TH PRE 4	1024.75	1.00	0.98	1.00	0.98			1.00				
	TH PRE 5	2714.50	1.00	0.37	1.00	0.37			1.00				
	TH PRE 6	888.11											
	TH PRE 7	674.96	1.00	1.48	1.00	1.48						1.00	
Préconil		10957.73	16 - 20.3 %	10.9 - 13.8 %	12 - 23.1 %	8.2 - 15.9 %	4 - 5.1 %	6 - 11.5 %	3 - 5.8 %	2 - 3.8 %	0 - 0 %	1 - 1.9 %	0 - 0 %
Emponse	TH EMP 1	544.31	5.00	9.19	4.00	7.35	1.00	2.00	1.00	1.00			
	TH EMP 2	291.47	2.00	6.86	2.00	6.86		2.00					
	TH EMP 3	157.61	2.00	12.69	1.00	6.34	1.00	1.00					
	TH EMP 4	834.36	10.00	11.99	10.00	11.99		10.00					
	TH EMP 5	353.10	3.00	8.50	1.00	2.83	2.00	1.00					
Emponse		2180.85	22 - 27.8 %	49.2 - 62.3 %	18 - 34.6 %	35.4 - 68 %	4 - 5.1 %	16 - 30.8 %	1 - 1.9 %	1 - 1.9 %	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %
Gourier	TH GOU 1	505.79	2.00	3.95	2.00	3.95				1.00		1.00	
	TH GOU 2	1122.51	8.00	7.13	4.00	3.56	4.00	2.00		1.00			1.00
	TH GOU 3	769.94	15.00	19.48	2.00	2.60	13.00			1.00			1.00
Gourier		2398.24	25 - 31.6 %	30.6 - 38.7 %	8 - 15.4 %	10.1 - 19.5 %	17 - 21.5 %	2 - 3.8 %	0 - 0 %	3 - 5.8 %	0 - 0 %	1 - 1.9 %	2 - 3.8 %
Vallon des Prés	TH VPR 1	1111.92	3.00	2.70	3.00	2.70			2.00			1.00	
	TH VPR 2	638.75	1.00	1.57			1.00						
Vallon des Prés		1750.67	4 - 5.1 %	4.3 - 5.4 %	3 - 5.8 %	2.7 - 5.2 %	1 - 1.3 %	0 - 0 %	2 - 3.8 %	0 - 0 %	0 - 0 %	1 - 1.9 %	0 - 0 %
Couloubrier	TH COU 1	715.60	3.00	4.19	3.00	4.19		1.00				1.00	1.00
	TH COU 2	922.75	4.00	4.33	4.00	4.33					2.00	1.00	1.00
	TH COU 3	418.92	1.00	2.39			1.00						
	TH COU 4	1031.04											
Couloubrier		3088.31	8 - 10.1 %	10.9 - 13.8 %	7 - 13.5 %	8.5 - 16.4 %	1 - 1.3 %	1 - 1.9 %	0 - 0 %	0 - 0 %	2 - 3.8 %	2 - 3.8 %	2 - 3.8 %
Bouillonnet	TH BOU 1	1189.14	2.00	1.68	2.00	1.68		2.00					
	TH BOU 2	735.35	1.00	1.36	1.00	1.36						1.00	
	TH BOU 3	721.79	1.00	1.39	1.00	1.39						1.00	
Bouillonnet		2646.28	4 - 5.1 %	4.4 - 5.6 %	4 - 7.7 %	4.4 - 8.5 %	0 - 0 %	2 - 3.8 %	0 - 0 %	0 - 0 %	0 - 0 %	2 - 3.8 %	0 - 0 %
	Total :		79.0		52.0		27.0	27.0	6.0	6.0	2.0	7.0	4.0
	Total (%)		100.0%		65.8%		34.2%	34.2%	7.6%	7.6%	2.5%	8.9%	5.1%

Tableau 18 : Synthèse des données sur les obstacles et ouvrages du bassin versant

La cartographie donnée en page suivante ainsi que l'atlas cartographique (Cf. Planches 39 à 45) permettent de localiser et de caractériser les différents obstacles.

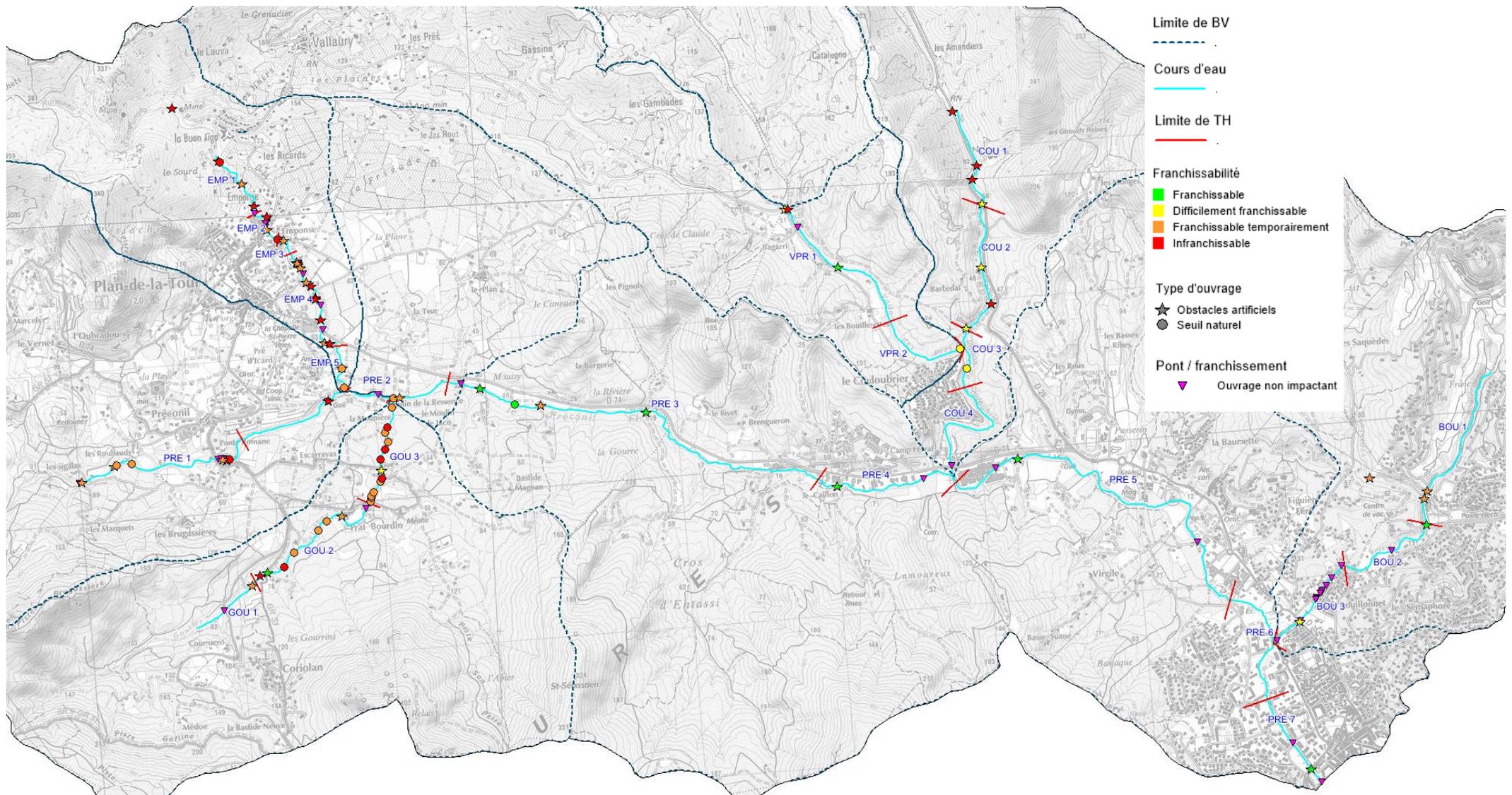


Figure 56 : Obstacles naturels et ouvrages du bassin versant du Préconil

### Type d'ouvrage présent sur le bassin :

Le graphique ci-après met en évidence l'importance des seuils naturels et des seuils, ils représentent chacun environ un tiers des obstacles présents sur le réseau hydrographique. A noter que les seuils, pour une très large majorité, sont des ouvrages anciens de faible hauteur, souvent édifiés sur un affleurement et ne présentant plus d'usage particulier mais un caractère patrimonial.

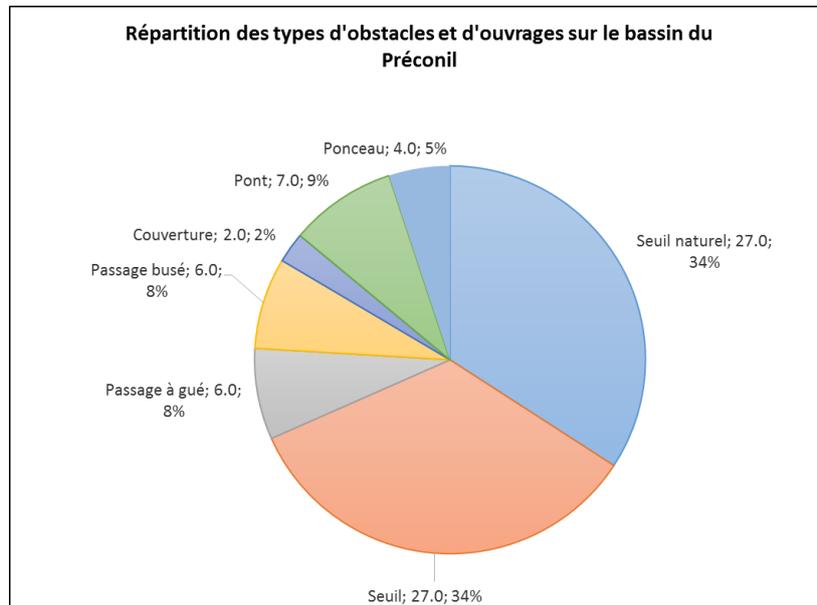


Figure 57 : Types d'obstacles présents sur le bassin du Préconil (Etiquette : Type ; Nbre ; %)

Le tiers des ouvrages restant concerne les ouvrages de franchissement (ponts, ponceaux, passages busés ou passages à gué).

A noter le recensement de deux ouvrages de couverture de cours d'eau présent sur le TH COU 2. Compte tenu de son état de dégradation, ce dernier fait l'objet d'un chapitre particulier.

### Etat de conservation des ouvrages :

L'état de conservation des ouvrages présents sur le bassin du Préconil est globalement moyen. Seuls 40 % des ouvrages présentent un bon état, près de 20 % sont dans un état de conservation mauvais.

Ce constat s'explique par l'ancienneté de nombreux ouvrages, principalement les seuils et par l'absence d'entretien rendu inutile suite à l'abandon de leur usage.

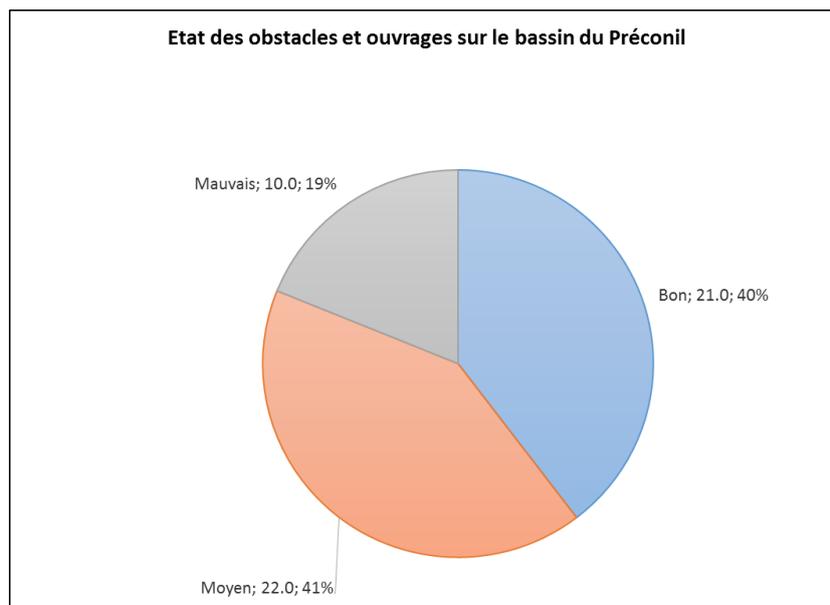


Figure 58 : Etat des obstacles et ouvrage (Etiquette : Type ; Nbre ; %)

### Densité d'ouvrages par sous bassin :

Le graphique ci-dessous reprend par sous bassin le nombre d'ouvrages et d'obstacles (ouvrages et seuils naturels).

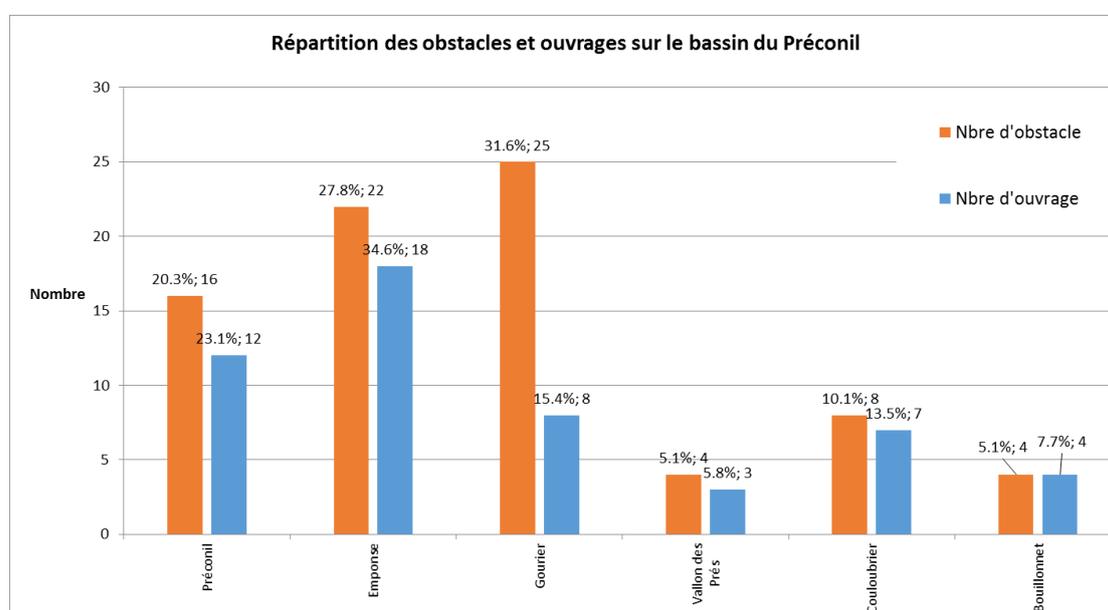


Figure 59 : Répartition des obstacles et ouvrages par sous bassins

Le Préconil, malgré un long linéaire, apparaît relativement peu aménagé. Seulement 12 ouvrages sont dénombrés ainsi que 4 seuils naturels.

Le ruisseau d'Emponse présente le nombre d'ouvrages le plus important. Compte tenu du faible linéaire de ce ruisseau, la densité observée témoigne de la présence historique de moulins et de prises d'eau destinées à l'irrigation.

Les autres affluents (Gourier, Vallon des Prés, Couloubrier et Bouillonnet) présentent comparativement peu d'ouvrages, à noter une importante densité de seuils naturels sur le Gourier. Ce cours d'eau, compte à lui seul près du tiers des obstacles du bassin.

### VIII.2.2. Analyse de l'incidence morphodynamique

Le tableau ci-dessous reprend les paramètres permettant d'évaluer l'incidence des ouvrages sur le transport solide.

Cours d'eau	Tronçon Homogène	Linéaire (m)	Nbre d'ouvrage	Cumul des hauteurs de chute (m)	Hauteur de chute moyen	Cumul des remous (m)	Remous moyen (m)	Volume stocké (m3)
Préconil	TH PRE 1	1310.33	4.00	1.70	0.43	87.00	21.75	27.40
	TH PRE 2	1538.18	2.00	3.30	1.65	160.00	80.00	264.00
	TH PRE 3	2806.90	3.00	0.50	0.17	70.00	23.33	10.00
	TH PRE 4	1024.75	1.00	0.10	0.10			
	TH PRE 5	2714.50	1.00					
	TH PRE 6	888.11						
	TH PRE 7	674.96	1.00					
Préconil		10957.73	12.00	5.60	0.47	317.00	26.42	301.40
Emponse	TH EMP 1	544.31	4.00	12.00	3.00	85.00	21.25	413.00
	TH EMP 2	291.47	2.00	1.60	0.80			
	TH EMP 3	157.61	1.00	0.30	0.30	3.00	3.00	0.90
	TH EMP 4	834.36	10.00	8.40	0.84	184.00	18.40	212.43
	TH EMP 5	353.10	1.00	1.60	1.60	35.00	35.00	56.00
Emponse		2180.85	18.00	23.90	1.33	307.00	17.06	682.33
Gourier	TH GOU 1	505.79	2.00					
	TH GOU 2	1122.51	4.00	1.30	0.33	50.00	12.50	19.63
	TH GOU 3	769.94	2.00	0.20	0.10	8.00	4.00	1.60
Gourier		2398.24	8.00	1.50	0.19	58.00	7.25	21.23
Vallon des Prés	TH VPR 1	1111.92	3.00	0.80	0.27	60.00	20.00	31.50
	TH VPR 2	638.75						
Vallon des Prés		1750.67	3.00	0.80	0.27	60.00	20.00	31.50
Couloubrier	TH COU 1	715.60	3.00	3.00	1.00	75.00	25.00	75.00
	TH COU 2	922.75	4.00	0.50	0.13			
	TH COU 3	418.92						
	TH COU 4	1031.04						
Couloubrier		3088.31	7.00	3.50	0.50	75.00	10.71	75.00
Bouillonnet	TH BOU 1	1189.14	2.00	1.40	0.70	9.00	4.50	4.73
	TH BOU 2	735.35	1.00					
	TH BOU 3	721.79	1.00	0.50	0.50	25.00	25.00	12.50
Bouillonnet		2646.28	4.00	1.90	0.48	34.00	8.50	17.23
<b>Total :</b>			<b>52.0</b>	<b>37.2</b>	<b>0.7</b>	<b>851.0</b>	<b>16.4</b>	<b>1128.7</b>

Tableau 19 : Synthèse des données d'ordre morphodynamique

Au préalable, il faut rappeler que compte tenu de la problématique actuelle du bassin du Préconil (fort ensablement, exhaussement des lits,...) les ouvrages peuvent être perçus comme ayant un rôle bénéfique sur la rétention des sédiments (tout particulièrement les sédiments fins). Aussi une intervention visant à les effacer aurait pour conséquence de libérer une quantité supplémentaire de matériaux susceptibles de participer au transport solide,

d'augmenter le volume des stocks en transit et ainsi renforcer la problématique majeure observée sur le Préconil.

### **Incidences à l'échelle du bassin :**

Un extrait du tableau présenté ci-avant permet de dresser les observations suivantes :

Sur l'ensemble des cours d'eau du bassin-versant, l'incidence des ouvrages apparait faible. Les hauteurs de chute moyenne sont de l'ordre de quelques dizaines de centimètres (à l'exception du ruisseau d'Emponse dont la moyenne est artificiellement rehaussée par le seuil de la mine présentant une hauteur de 10 m. Les remous moyens sont de l'ordre d'une quinzaine de mètres ce qui confirme la faible incidence sur la dynamique du cours d'eau.

Enfin, le volume stocké, estimé à environ 1200 m<sup>3</sup> apparait également très faible au regard des apports annuels du bassin versant (environ 17000 m<sup>3</sup>). Rappelons également que le volume de stockage s'est constitué sur une longue période, par conséquent la part de matériaux soustraite au transport solide était trop faible pour induire un dysfonctionnement d'ordre morphodynamique.

A l'échelle du bassin versant, l'incidence globale des ouvrages apparait donc faible.

Cours d'eau	Nbre d'ouvrage	Cumul des hauteurs de chute (m)	Hauteur de chute moyen	Cumul des remous (m)	Remous moyen (m)	Volume stocké (m3)
Préconil	12	5.60	0.47	317.00	26.42	301.40
Emponse	18	23.90	1.33	307.00	17.06	682.33
Gourier	8	1.50	0.19	58.00	7.25	21.23
Vallon des Prés	3	0.80	0.27	60.00	20.00	31.50
Couloubrier	7	3.50	0.50	75.00	10.71	75.00
Bouillonnet	4	1.90	0.48	34.00	8.50	17.23
	<b>52.00</b>	<b>37.20</b>	<b>0.54</b>	<b>851.00</b>	<b>14.99</b>	<b>1128.68</b>

*Tableau 20 : Extrait du tableau de synthèse*

### **Incidences à l'échelle des Tronçons :**

Le graphique donné ci-après reprend par TH les hauteurs de chute et remous cumulés ainsi que les volumes stockés. Cette approche permet de mettre en évidence d'éventuels dysfonctionnements ponctuels par effet cumulatif induit par l'incidence d'une multiplicité de petits ouvrages.

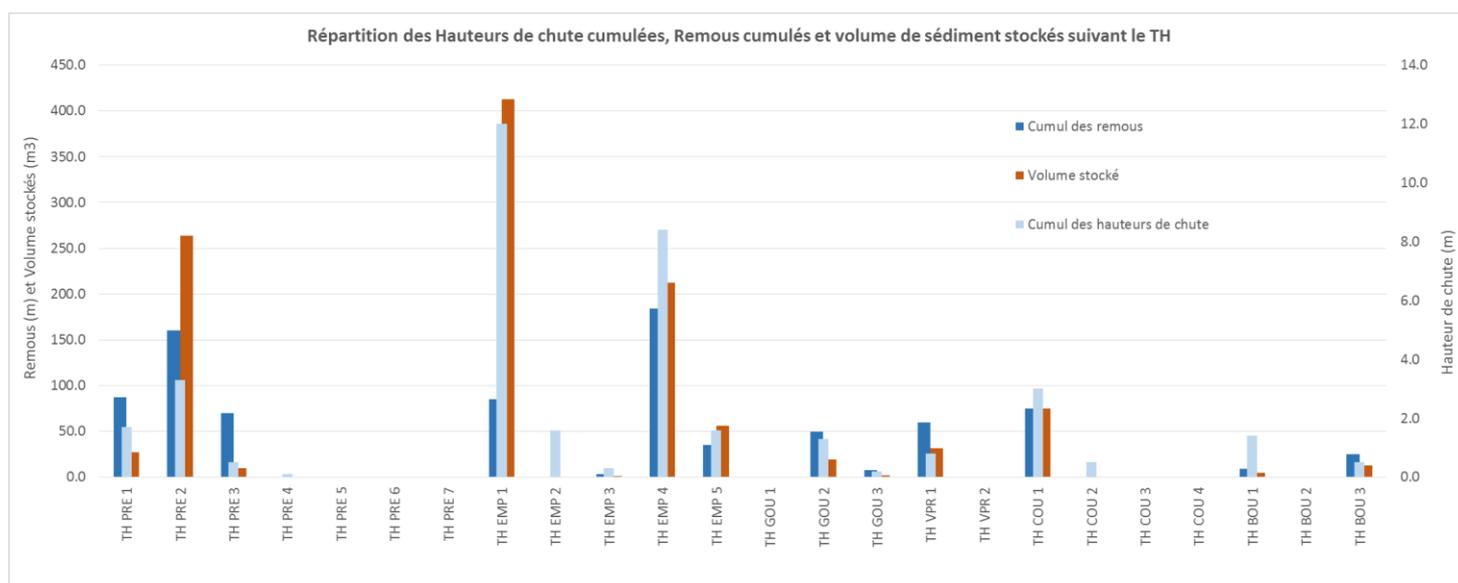


Figure 60 : Hauteurs de chute, remous et volumes stockés par TH

Parallèlement, les ouvrages dont la hauteur de chute est significative (une valeur de 1 m a été arbitrairement retenue) ont été isolés de la matrice de données afin d'affiner l'analyse et d'expliquer certaines valeurs cumulées élevées. Ces ouvrages sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Cours d'eau	TH	Type d'ouvrage	Hauteur de chute	Remous	Volume de stockage
Préconil	TH PRE 2	Seuil	2.5	80	200.0
Emponse	TH EMP 1	Seuil	10	15	375.0
Emponse	TH EMP 4	Seuil	1.1	20	22.0
Emponse	TH EMP 4	Seuil	2.2	35	77.0
Emponse	TH EMP 4	Seuil	1.3	50	65.0
Emponse	TH EMP 5	Seuil	1.6	35	56.0
Couloubrier	TH COU 1	Seuil	1.2	15	27.0

Tableau 21 : Extrait du tableau de données : seuils présentant une hauteur de chute > 1m.

Pour l'ensemble des cours d'eau, les Tronçons Homogènes présentant les valeurs les plus élevées correspondent à ceux pour lesquels un ouvrage significatif est présent. Par exemple, dans le cas du Préconil, les données apparaissent faibles hormis pour le TH PRE 2. Sur ce tronçon, un seuil (situé près de la STEP de la commune du Plan-de-la-Tour ; Cf. Fiche Ouvrage OH-PRE-5) présente une hauteur de 2,5m et est plein de sable. A l'exception de ce tronçon, le Préconil ne présente pas d'ouvrage ou un cumul d'ouvrages pouvant avoir une incidence sur le transport solide.

En ne tenant pas compte de ces 7 ouvrages, les hauteurs de chute cumulées ainsi que les volumes de sédiments stockés apparaissent faibles pour l'ensemble des Tronçons Homogènes et pour la totalité des cours d'eau. Il y a donc une absence d'effet cumulatif et aucune incidence d'ordre morphodynamique induite par la multiplicité des petits ouvrages n'est mise en évidence sur les cours d'eau étudiés.

Concernant les cas particuliers des 7 ouvrages les plus importants, il faut préciser que l'incidence locale reste faible, les volumes stockés étant très modestes (822 m<sup>3</sup>).

### VIII.2.3. Conclusion

L'incidence des ouvrages sur la continuité sédimentaire apparaît donc faible. Les perturbations du transport solide induit par ces ouvrages peuvent être dans leur globalité considérées comme négligeables et transparentes.

Concernant la problématique générale d'ensablement et d'exhaussement localisé des lits sur les cours d'eau du bassin, il apparaît clairement que les ouvrages ne peuvent être identifiés comme une cause possible de ces désordres. Ces derniers n'affectent en rien le transport solide actuel au vu des faibles valeurs de volume de sédiments stockés.

L'incidence d'ordre morphodynamique peut toutefois être perceptible localement (a minima au droit des 7 ouvrages les plus importants) mais elle reste modeste comme en atteste les faibles volumes de sédiment stockés (les ouvrages sont tous pleins et ne peuvent plus rien stocker) et les faibles distances de remous.

Aussi, la question du devenir des ouvrages n'apparaît pas réellement en lien avec la problématique de continuité sédimentaire qui n'est pas impactée significativement. L'incidence des seuils sur la continuité écologique est donc le paramètre clé permettant de statuer sur l'utilité d'une intervention sur ces ouvrages.

Certains ouvrages ont une incidence morphodynamique localisé, c'est particulièrement le cas de l'ouvrage PLA 1 à la confluence entre le ruisseau du Plan et le Préconil qui provoque un dépôt important de sables et de l'ouvrage VRP1 sur le vallon des prés qui déborde très rapidement sur la voirie et condamne l'accès à cette voie de circulation.

## VIII.3. Incidence sur la continuité écologique

### VIII.3.1. Les enjeux sur le bassin du Préconil

Le bassin du Préconil n'a pas fait l'objet d'un classement en Liste 1 ou Liste 2 au titre du 2° du I de l'article L214-17 du Code de l'Environnement et ne constitue pas, à ce titre, un axe migratoire majeur du département.

Le bassin du Préconil n'est également pas identifié dans les différents programmes de sauvegarde de l'Anguille.

En l'absence de suivi sur les peuplements piscicoles du bassin, les seules données disponibles sont celles fournies par la Maison Régionale de l'eau (Cf. Chapitre VI.2.1 Faciès d'écoulement

et richesse écologique). En synthèse, les enseignements apportés par ces inventaires sont les suivants :

- Les peuplements piscicoles apparaissent assez peu denses et peu diversifiés ce qui est peu surprenant compte tenu du contexte hydrologique et de la sévérité des assecs observés.
- Deux espèces patrimoniales sont néanmoins présentes : le Barbeau méridional (*Barbus meridionalis*) espèce protégée au niveau national et l'Anguille (*Anguilla anguilla*) espèce migratrice menacée.
- Le Barbeau méridional est une espèce sédentaire capable d'accomplir un cycle de vie sur un faible linéaire de cours d'eau. Ainsi les populations identifiées sur le Vallon des Prés sont très certainement sédentaires et isolées des populations présentes sur le Préconil.
- L'amont du Couloubrier apparait apiscicole, aucun poisson n'ayant été inventorié.
- L'Anguille est présente sur la totalité du linéaire du Préconil, ainsi que sur le Gourier. Elle n'a pas été recensée sur le Couloubrier et le Vallon des Prés. Aucune information n'est disponible sur le ruisseau d'Emponse et le Bouillonnet, aucun inventaire n'ayant été réalisé.
- Compte tenu du faible nombre de pêche réalisée et d'une absence de suivi pluriannuel, l'absence des espèces patrimoniales sur certains cours d'eau ou tronçons ne signifie pas qu'elles ne puissent pas être présentes.

### VIII.3.2. Méthodologie

L'évaluation de la continuité écologique est basée sur le recensement des ouvrages ou seuils naturels susceptibles de perturber la libre circulation piscicole. La franchissabilité des obstacles a été évaluée en fonction de la hauteur de chute, de la présence d'une fosse d'appel en pied d'ouvrage et de la longueur de l'obstacle à franchir.

En fonction de ces paramètres observés sur le terrain, quatre classes ont été définies. Ces classes sont basées sur des capacités de franchissement d'espèces de type cyprinidés d'eau vive :

- Franchissable : l'obstacle ne constitue pas une gêne notable à la mobilité de la faune piscicole,
- Difficilement franchissable : l'obstacle perturbe la libre circulation mais cette dernière reste possible,
- Franchissable temporairement : l'obstacle est infranchissable hormis pour certaines conditions hydrologiques favorables,
- Infranchissable : l'obstacle constitue un verrou et entrave la libre circulation piscicole.

Il faut préciser que pour l'espèce Anguille, l'évaluation du caractère franchissable d'un obstacle est particulièrement difficile. En effet cette espèce peut franchir par reptation ou déplacement sur les berges, des ouvrages qui apparaissent infranchissables au vu de leurs dimensions. Concernant l'Anguille, seuls des inventaires peuvent permettre d'évaluer précisément leur présence et par conséquent leur capacité migratoire.

### VIII.3.3. Analyse de la continuité écologique à l'échelle du bassin versant

Sur l'ensemble du bassin, près d'un tiers des obstacles apparaissent infranchissables et seuls 15% ne perturbent pas la libre circulation piscicole.

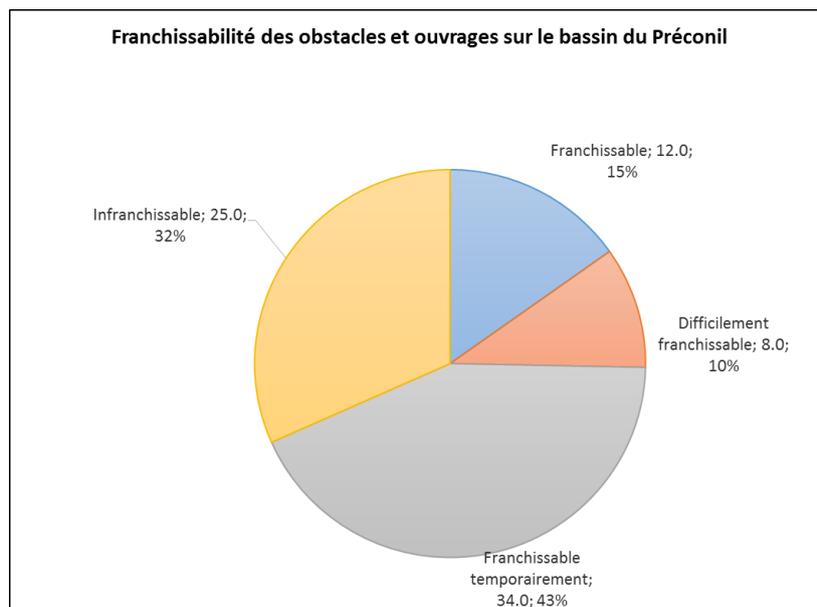


Figure 61 : Franchissabilité des obstacles présents sur le bassin du Préconil (Etiquette : Nbre ; %)

La majorité des obstacles (43%) sont franchissables sous certaines conditions de débits c'est-à-dire en période de hautes eaux ou de crues.

### VIII.3.4. Analyse de la continuité écologique par cours d'eau

#### **Le Préconil :**

Sur le Préconil, seuls les Tronçons Homogènes PRE 1 et PRE 2 sont concernés par une rupture de la continuité écologique, les Tronçons plus aval ne présentant pas d'obstacle.

Sur ces deux Tronçons, peu d'obstacles sont présents. Deux d'entre eux sont classés en infranchissable : un seuil sur le TH PRE 2 et un seuil naturel sur le TH PRE 1.

Le caractère infranchissable peut expliquer l'absence du Barbeau méridional ou d'autres espèces autres que l'Anguille sur l'amont du bassin. Les possibilités de colonisation sont nulles à partir du seuil situé sur le TH PRE 2.

Malgré ce caractère infranchissable, l'espèce Anguille est présente sur l'extrémité amont de la zone d'étude et le nombre d'individu pêché témoigne d'une migration en apparence efficace.

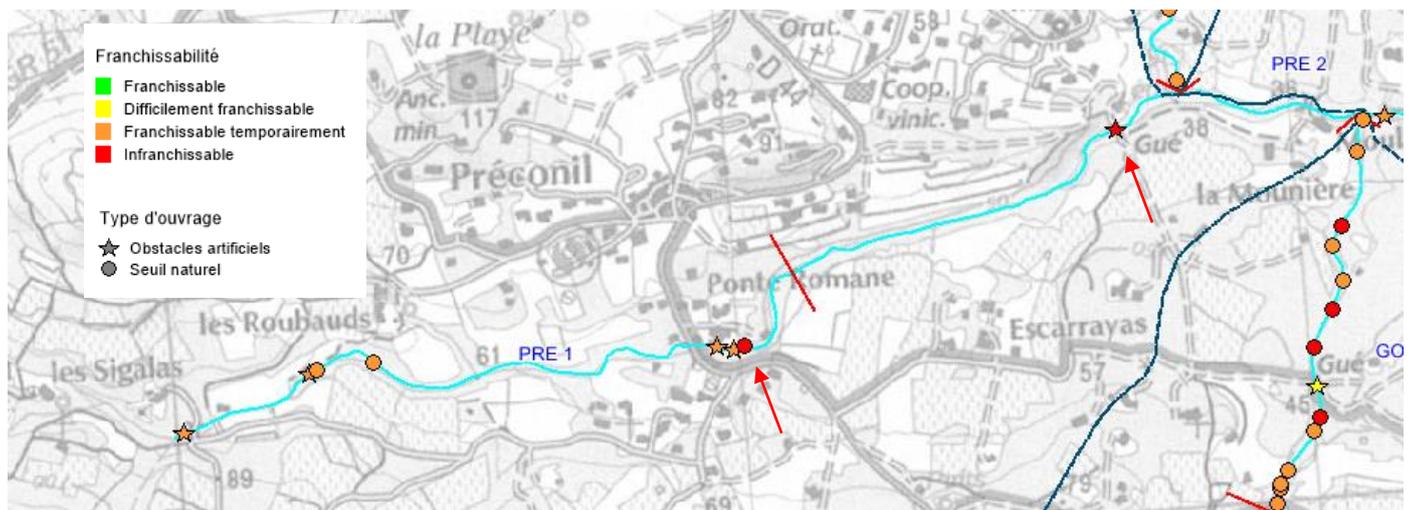


Figure 62 : Extrait cartographique de la répartition des obstacles - Tronçons PRE 1 et PRE 2

### **Le Ruisseau d'Emponse :**

Le ruisseau d'Emponse est fortement aménagé et la densité des ouvrages est importante. De nombreux seuils sont classés infranchissables tout au long du cours d'eau.

Aucune pêche ne permet de préciser les populations piscicoles présentes, il est cependant probable qu'il y ait une absence de poisson y compris d'Anguille. Des investigations complémentaires apparaissent nécessaires afin de s'en assurer.

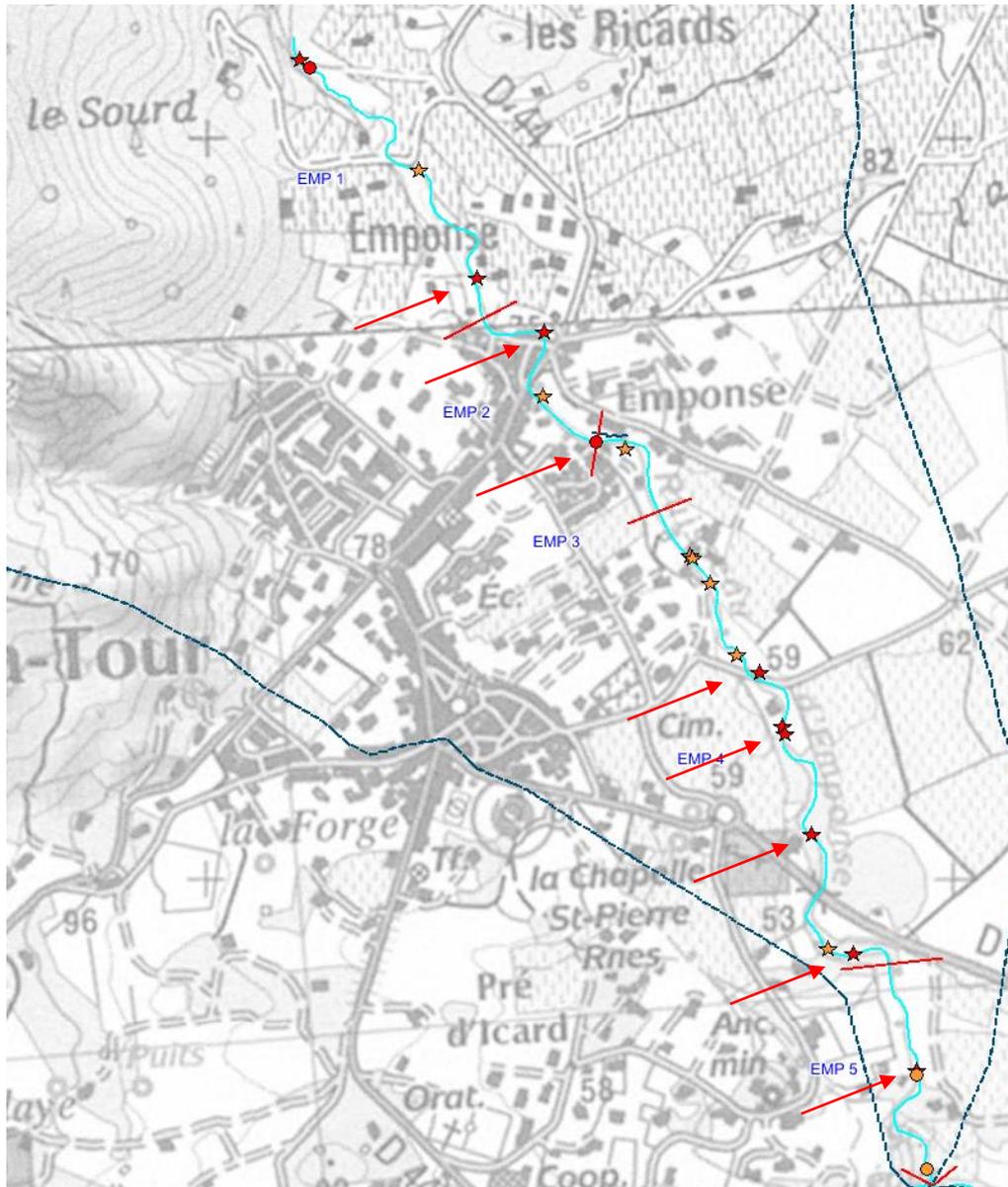


Figure 63 : Extrait cartographique de la répartition des obstacles - Tronçons EMP 1 à EMP 5

## Le Gourier :

Le Gourier est marqué par la présence sur le Tronçon aval (TH GOU 3) de nombreux affleurements rocheux classés en infranchissable ou temporairement franchissable. Cette configuration est très pénalisante pour la libre circulation piscicole puisque le Gourier apparaît déconnecté du Préconil dès la confluence.

Sur le linéaire plus amont, seuls deux ouvrages sont classés infranchissables. Le cloisonnement sur l'amont du bassin apparaît donc peu important.

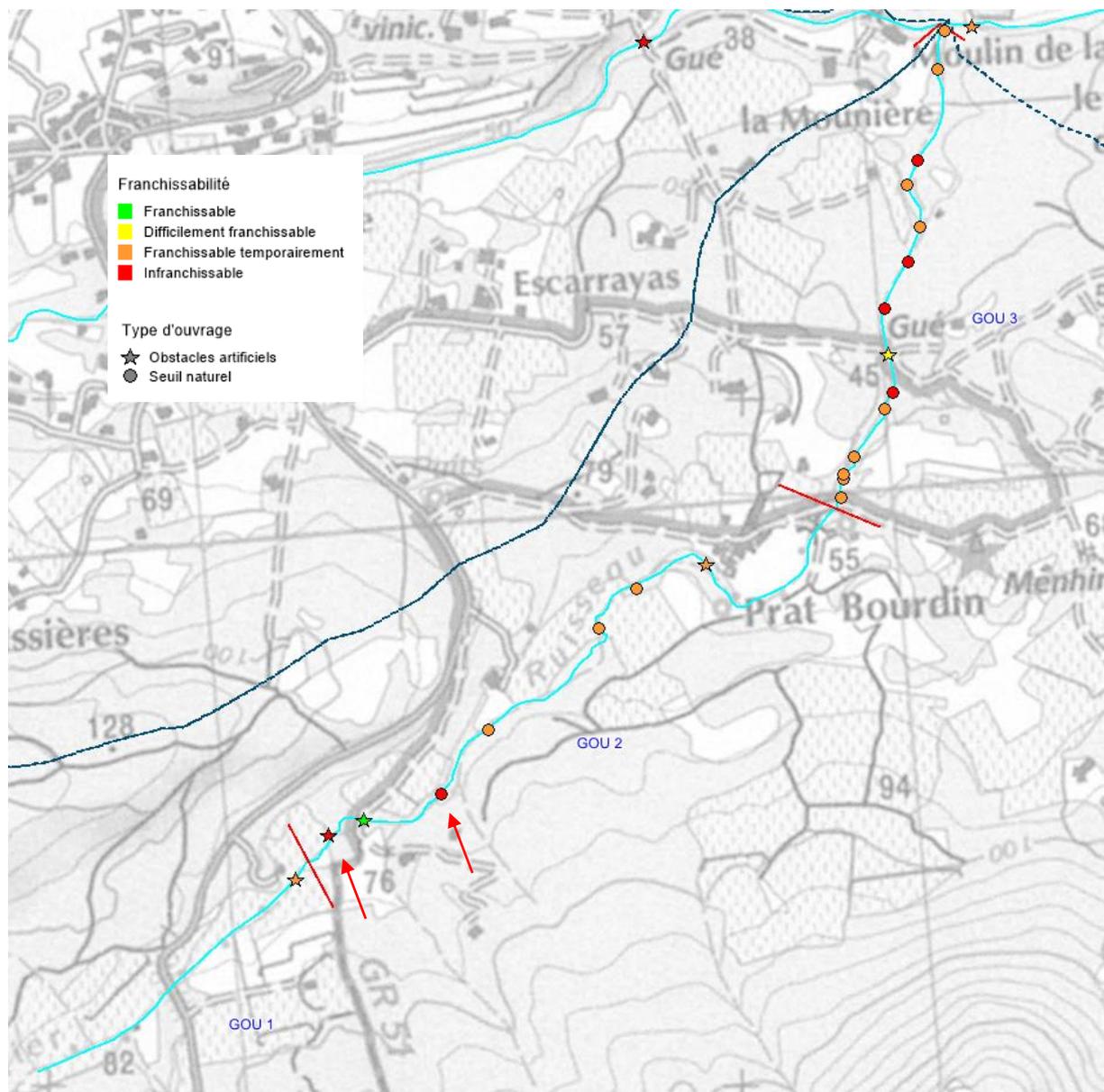


Figure 64 : Extrait cartographique de la répartition des obstacles - Tronçons GOU 1 à GOU 3

La densité d'obstacles à la migration et à la libre circulation explique sans doute l'absence d'espèces piscicoles autre que l'Anguille. Concernant cette espèce, le faible nombre d'individus inventoriés (4) témoigne des difficultés de migration.

## Le Vallon des Prés :

Sur le Vallon des Prés, un seul obstacle infranchissable se situe à l'extrémité amont du linéaire étudié. La rupture de la continuité écologique ne semble pas être le facteur limitant au développement des peuplements piscicoles.

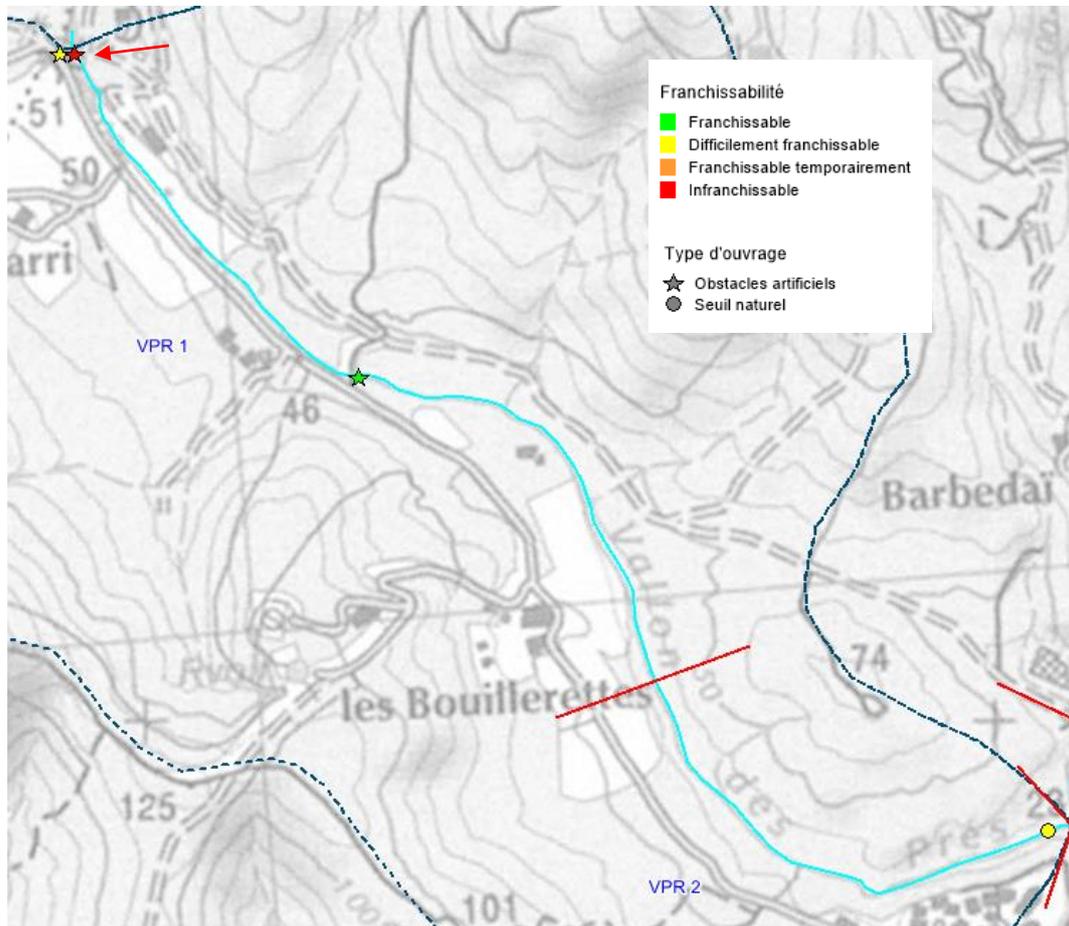


Figure 65 : Extrait cartographique de la répartition des obstacles - Tronçons VPR 1 et VPR 2

Pour mémoire, le Barbeau méridional a été observé sur ce cours d'eau et les pêches ont révélées la présence de chevaines.

## Le Couloubrier :

Le Couloubrier présente globalement peu d'obstacles infranchissables. Il faut cependant mentionner la rupture que constitue le TH COU 2. Compte tenu de son exceptionnel état de dégradation et d'artificialisation, ce secteur n'offre aucune possibilité de libre circulation.

Ce fait peut expliquer en grande partie le caractère apiscicole de l'amont du Couloubrier.

Sur la partie aval (TH COU 3 et TH COU 4), aucune information n'est disponible sur l'état des peuplements piscicoles. Cependant compte tenu du fort taux de matériaux exogènes dans le cours d'eau et de la dégradation induite de la qualité des habitats, il est peu probable de retrouver sur ces tronçons une faune piscicole patrimoniale.



Figure 66 : Extrait cartographique de la répartition des obstacles - Tronçons COU 1 à COU 4

Cependant des investigations seraient intéressantes et permettraient de statuer sur l'intérêt de la zone aval du Couloubrier.

## Le Bouillonnet :

Le Bouillonnet ne présente pas d'obstacle infranchissable et pouvant impacter fortement la continuité écologique.

En l'absence de pêche, l'état des peuplements piscicoles est inconnu. Bien que les investigations de terrain aient permis l'observation de Chevaines en nombre assez important, des investigations complémentaires sont nécessaires afin de vérifier la présence d'espèces patrimoniales.

Toutefois, la médiocre qualité physique du milieu ainsi que les nombreuses perturbations observées sur le Bouillonnet permettent d'émettre des réserves sur la présence possible du Barbeau méridional ou de l'Anguille.

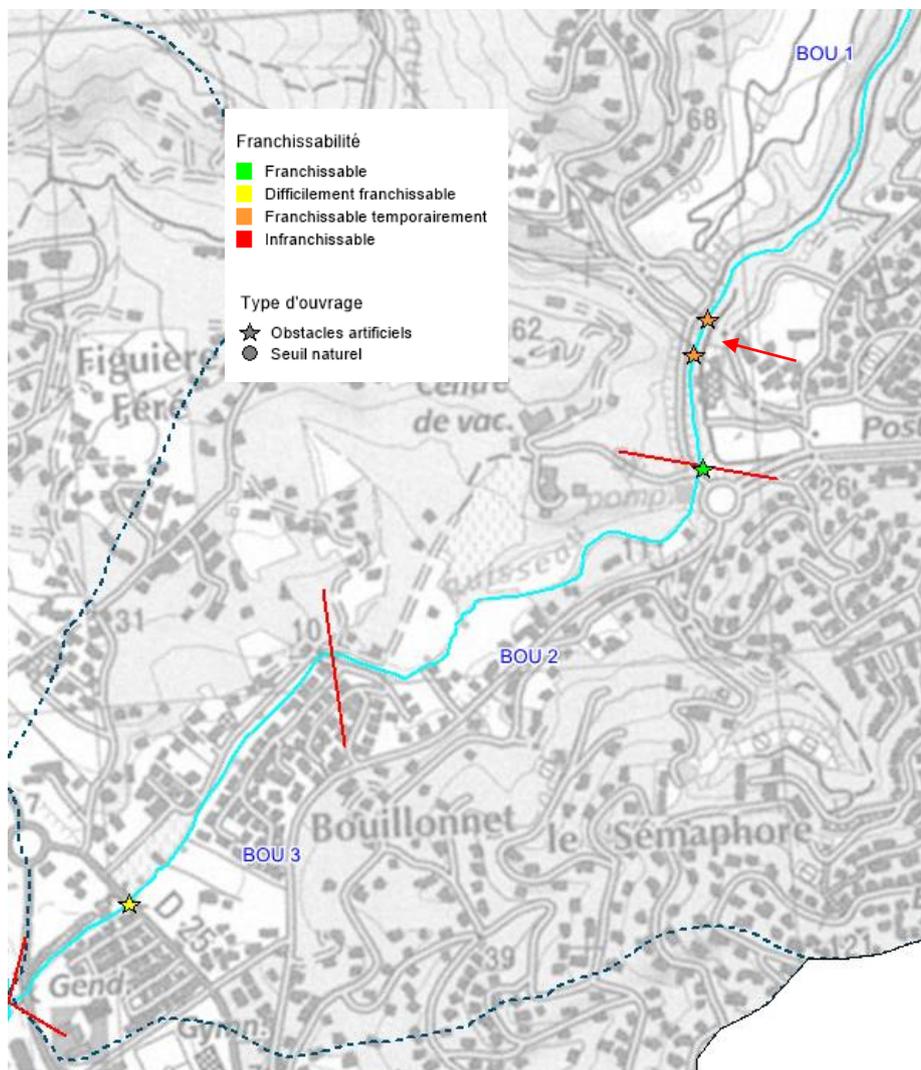


Figure 67 : Extrait cartographique de la répartition des obstacles - Tronçons BOU 1 à BOU 3

### VIII.3.5. Conclusion

Les obstacles présents sur le bassin du Préconil impactent de manière variable les différents éléments du réseau hydrographique. Le Préconil, le Vallon des Prés et le Bouillonnet présentent peu d'obstacles et la continuité écologique est mieux préservée comme en attestent la présence d'un peuplement piscicole et la présence d'espèces patrimoniales (à valider toutefois pour le Bouillonnet).

Le ruisseau d'Emponse et le Gourier sont plus impactés, le nombre d'obstacles étant beaucoup plus important.

Le Couloubrier présente une densité d'obstacles faible mais semble apiscicole. L'impact du tronçon COU 2 en est sans doute la cause.

## ***VIII.4. Analyse croisée des incidences et proposition des ouvrages à retenir pour les phases 3 et 4***

### VIII.4.1. Limites de l'approche actuelle

La définition d'un programme spécifique à la restauration de la continuité écologique suppose au préalable un complément d'investigation piscicole afin de statuer sur la présence d'espèces emblématiques. Aucune donnée n'est disponible sur le ruisseau d'Emponse, le Bouillonnet ou les zones aval des autres affluents.

D'autres types de suivi seraient également à envisager et permettraient de préciser la pertinence d'un programme de restauration :

- Suivi fin de l'hydrologie du Préconil et des affluents en période estivale afin de définir les potentialités réelles d'accueil d'une faune piscicole ;
- Suivi thermique estival afin de s'assurer que les conditions sont compatibles avec le maintien d'une population piscicole.

### VIII.4.2. Analyse multicritère

Le choix des ouvrages à intégrer dans la future programmation est basé sur une grille de lecture synthétique réunissant les critères suivants :

- Usage de l'ouvrage : usage actuel ou historique (prise d'eau, franchissement,...) ;
- La persistance actuelle de l'usage : usage en activité ou non ;
- L'enjeu hydraulique présent localement : présence d'un enjeu hydraulique local (habitat, voie de circulation, sécurité du franchissement,...) ;
- L'incidence sur la continuité sédimentaire locale : stockage significatif en amont, dépôts importants au droit de l'ouvrage ou en aval,...) ;

- L'incidence sur la continuité piscicole : possibilité de franchissement ;
- L'enjeu piscicole présent sur le cours d'eau et le TH concerné ;
- La proximité d'un seuil naturel impactant la franchissabilité ;
- L'enjeu patrimonial porté par l'ouvrage : évalué en fonction de l'ancienneté de l'ouvrage, de son importance, de son usage et de son état.

Parallèlement, les objectifs suivants ont été poursuivis :

- Privilégier une restauration de la continuité piscicole sur les axes de migration de l'Anguille (Préconil, Gourier),
- Sur les cours d'eau sans données piscicoles (Emponse, Bouillonnet), envisager une intervention sur les ouvrages ne présentant pas d'usage et pas ou peu de valeur patrimoniale,
- Intégrer les ouvrages présentant un fort impact local sur la continuité sédimentaire,
- Retenir les ouvrages de type franchissement s'ils apparaissent sous-dimensionnés, présentant un enjeu hydraulique ou provoquant une rupture de la continuité sédimentaire localement.

Code ouvrage	Cours d'eau	TH	Type d'ouvrage	Usage	Usage en activité	Enjeu hydraulique	Continuité sédimentaire	Continuité piscicole	Enjeu piscicole	Proximité d'un seuil naturel impactant la franchissabilité	Enjeu patrimonial	Prise en compte de l'ouvrage pour les phases 3 et 4
OH-PRE-1	Préconil	TH PRE 1	Seuil	Prise d'eau	Non	Faible	Moyen	Fort	Moyen	Non	Nul	Oui
OH-PRE-2	Préconil	TH PRE 1	Seuil	Prise d'eau	Non	Faible	Moyen	Fort	Moyen	Non	Nul	Oui
OH-PRE-3	Préconil	TH PRE 1	Seuil	Maintien niveau d'eau	Oui	Faible	Moyen	Fort	Moyen	Oui	Moyen	Oui
OH-PRE-4	Préconil	TH PRE 1	Seuil	Maintien niveau d'eau	Oui	Faible	Moyen	Fort	Moyen	Oui	Moyen	Oui
OH-PRE-5	Préconil	TH PRE 2	Seuil	Franchissement	Oui	Faible	Fort	Fort	Moyen	Non	Fort	Oui
OH-PRE-6	Préconil	TH PRE 2	Seuil	Prise d'eau	Non	Faible	Moyen	Fort	Moyen	Non	Fort	Oui
OH-PRE-7	Préconil	TH PRE 3	Passage busé	Franchissement	Oui	Faible	Nul	Nul	Assez Fort	Non	Nul	Non
OH-PRE-8	Préconil	TH PRE 3	Passage busé	Franchissement	Oui	Faible	Faible	Fort	Assez Fort	Non	Nul	Oui
OH-PRE-9	Préconil	TH PRE 3	Passage à gué	Franchissement	Oui	Faible	Nul	Nul	Assez Fort	Non	Nul	Non
OH-PRE-10	Préconil	TH PRE 4	Passage à gué	Franchissement	Oui	Faible	Nul	Nul	Assez Fort	Non	Nul	Non
OH-PRE-11	Préconil	TH PRE 5	Passage à gué	Franchissement	Non	Moyen	Nul	Nul	Assez Fort	Non	Nul	Non
OH-PRE-12	Préconil	TH PRE 7	Pont	Franchissement	Oui	Faible	Faible	Nul	Assez Fort	Non	Nul	Non
OH-EMP-1	Emponse	TH EMP 1	Passage à gué	Franchissement	Oui	Nul	Nul	Moyen	Faible	Non	Nul	Non
OH-EMP-2	Emponse	TH EMP 1	Seuil	Prise d'eau	Oui	Faible	Moyen	Fort	Faible	Oui	Moyen	Non
OH-EMP-3	Emponse	TH EMP 2	Seuil	Pas d'usage, réseau ?	Non	Moyen	Nul	Fort	Faible	Oui	Nul	Non
OH-EMP-4	Emponse	TH EMP 2	Seuil	Pas d'usage, réseau ?	Non	Moyen	Nul	Fort	Faible	Oui	Nul	Non
OH-EMP-5	Emponse	TH EMP 3	Seuil	Prise d'eau	Non	Nul	Faible	Fort	Faible	Non	Moyen	Oui
OH-EMP-6	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Maintien niveau d'eau	Oui	Faible	Faible	Fort	Faible	Non	Nul	Oui
OH-EMP-7	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Maintien niveau d'eau	Oui	Faible	Faible	Fort	Faible	Non	Nul	Oui
OH-EMP-8	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Franchissement	Oui	Faible	Moyen	Fort	Faible	Non	Moyen	Oui
OH-EMP-9	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Maintien niveau d'eau	Oui	Faible	Faible	Fort	Faible	Non	Nul	Oui
OH-EMP-10	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Prise d'eau	Non	Moyen	Fort	Fort	Faible	Non	Moyen	Oui
OH-EMP-11	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Prise d'eau	Non	Moyen	Fort	Fort	Faible	Non	Fort	Non
OH-EMP-12	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Prise d'eau	Non	Moyen	Fort	Fort	Faible	Non	Fort	Non
OH-EMP-13	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Prise d'eau	Non	Moyen	Fort	Fort	Faible	Non	Fort	Oui
OH-EMP-14	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Prise d'eau	Non	Faible	Fort	Fort	Faible	Non	Moyen	Non
OH-EMP-15	Emponse	TH EMP 4	Seuil	Prise d'eau	Non	Faible	Fort	Fort	Faible	Non	Moyen	Non
OH-EMP-16	Emponse	TH EMP 5	Seuil	Prise d'eau	Non	Faible	Fort	Fort	Faible	Oui	Moyen	Oui
OH-EMP-17	Emponse	TH EMP 1	Passage busé	Franchissement	Oui	Faible	Moyen	Fort	Faible	Oui	Nul	Oui
OH-EMP-18	Emponse	TH EMP 1	Seuil	Prise d'eau	Non	Faible	Fort	Fort	Faible	Oui	Fort	Non
OH-GOU-1	Gourrier	TH GOU 1	Passage busé	Franchissement	Oui	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Non	Nul	Non
OH-GOU-2	Gourrier	TH GOU 2	Seuil	Prise d'eau	Non	Faible	Faible	Fort	Moyen	Non	Moyen	Oui
OH-GOU-3	Gourrier	TH GOU 2	Passage busé	Franchissement	Oui	Moyen	Nul	Faible	Moyen	Oui	Nul	Non
OH-GOU-4	Gourrier	TH GOU 2	Seuil	Prise d'eau	Non	Faible	Nul	Moyen	Moyen	Oui	Nul	Oui
OH-GOU-5	Gourrier	TH GOU 3	Passage busé	Franchissement	Oui	Moyen	Moyen	Fort	Moyen	Oui	Nul	Oui
OH-VPR-1	Vallon des Prés	TH VPR 1	Pont	Franchissement	Oui	Fort	Faible	Moyen	Moyen	Non	Nul	Oui
OH-VPR-2	Vallon des Prés	TH VPR 1	Passage à gué	Franchissement	Oui	Nul	Faible	Fort	Moyen	Non	Nul	Oui
OH-VPR-3	Vallon des Prés	TH VPR 1	Passage à gué	Franchissement	Oui	Nul	Nul	Nul	Moyen	Non	Nul	Non
OH-COU-1	Couloubrier	TH COU 1	Pont	Franchissement	Oui	Nul	Nul	Fort	Faible	Non	Nul	Non
OH-COU-2	Couloubrier	TH COU 1	Ponceau	Franchissement	Oui	Moyen	Nul	Fort	Faible	Non	Nul	Non
OH-COU-3	Couloubrier	TH COU 1	Seuil	Prise d'eau	Non	Nul	Moyen	Fort	Faible	Non	Nul	Oui
OH-COU-4	Couloubrier	TH COU 2	Pont	Franchissement	Oui	Faible	Nul	Moyen	Faible	Non	Nul	Non
OH-COU-5	Couloubrier	TH COU 2	Couverture	Couverture	Oui	Fort	Faible	Fort	Faible	Oui	Nul	Oui
OH-COU-6	Couloubrier	TH COU 2	Couverture	Couverture	Oui	Fort	Faible	Fort	Faible	Oui	Nul	Oui
OH-COU-7	Couloubrier	TH COU 2	Passage busé	Franchissement	Oui	Moyen	Faible	Fort	Faible	Oui	Nul	Oui
OH-BOU-1	Bouillonnet	TH BOU 1	Seuil	Réseau possible	Oui	Nul	Nul	Moyen	Moyen	Oui	Nul	Non
OH-BOU-2	Bouillonnet	TH BOU 1	Seuil	Réseau possible	Oui	Nul	Nul	Moyen	Moyen	Oui	Nul	Non
OH-BOU-3	Bouillonnet	TH BOU 2	Pont	Franchissement	Oui	Nul	Nul	Faible	Moyen	Non	Nul	Non
OH-BOU-4	Bouillonnet	TH BOU 3	Pont	Franchissement	Oui	Nul	Nul	Moyen	Moyen	Non	Nul	Non
OH-PLA-1	Plan	TH PLA 1	Passage busé	Franchissement	Oui	Moyen	Fort	Faible	Faible	Non	Nul	Oui

Tableau 22 : Tableau d'analyse multicritère des ouvrages présents sur le bassin

Sur les 52 ouvrages présents sur le bassin, 26 ont été proposés et feront l'objet d'une programmation d'intervention (phases 3 et 4 de la présente étude).

Au stade du diagnostic, le tableau suivant définit les orientations d'intervention souhaitable pour chaque ouvrage. Ces dernières répondent aux objectifs suivants :

- Privilégier un dispositif de passe à poisson sur un ouvrage présentant un usage en activité et/ou un intérêt patrimonial.
- Privilégier un arasement sur les ouvrages présentant un fort impact local sur la continuité sédimentaire.
- Proposer une adaptation ou un nouvel ouvrage sur les franchissements sous-dimensionnés ou provoquant des désordres.

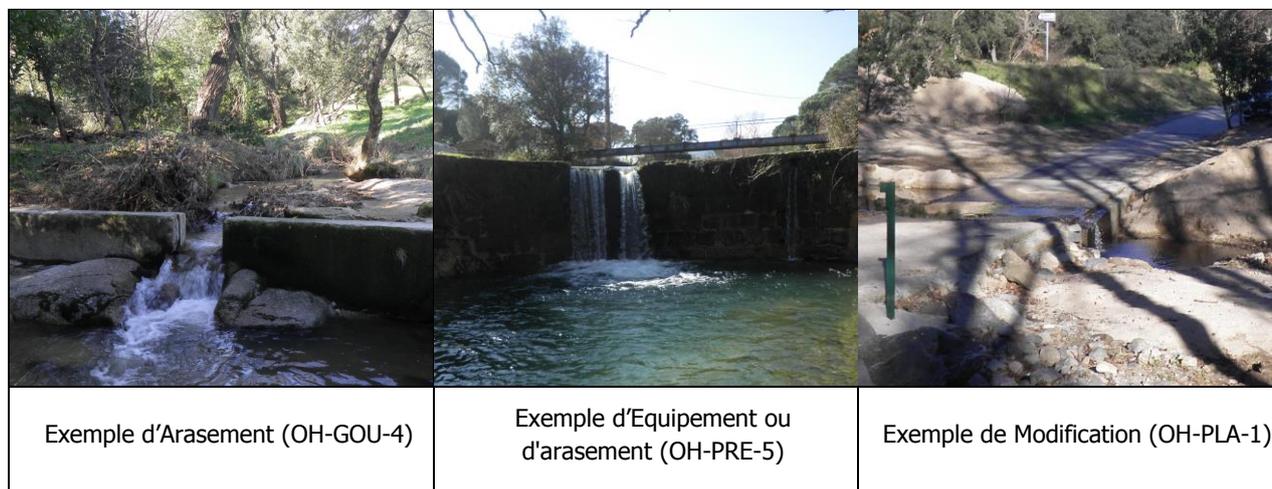
Code ouvrage	Cours d'eau	TH	Type d'ouvrage	Orientation		
				Arasement	Equipement	Modification
OH-VPR-1	Vallon des Prés	TH VPR 1	Pont			X
OH-VPR-2	Vallon des Prés	TH VPR 1	Passage à gué		X	
OH-COU-3	Couloubrier	TH COU 1	Seuil	X		
OH-COU-7	Couloubrier	TH COU 2	Passage busé			X
OH-EMP-5	Emponse	TH EMP 3	Seuil	X		
OH-EMP-6	Emponse	TH EMP 4	Seuil	X		
OH-EMP-7	Emponse	TH EMP 4	Seuil	X		
OH-EMP-8	Emponse	TH EMP 4	Seuil			X
OH-EMP-9	Emponse	TH EMP 4	Seuil	X		
OH-EMP-10	Emponse	TH EMP 4	Seuil	X		
OH-EMP-13	Emponse	TH EMP 4	Seuil	X		
OH-EMP-16	Emponse	TH EMP 5	Seuil	X		
OH-EMP-17	Emponse	TH EMP 1	Passage busé			X
OH-GOU-2	Gourrier	TH GOU 2	Seuil	X		
OH-GOU-4	Gourrier	TH GOU 2	Seuil	X		
OH-GOU-5	Gourrier	TH GOU 3	Passage busé			X
OH-PRE-1	Préconil	TH PRE 1	Seuil	X		
OH-PRE-2	Préconil	TH PRE 1	Seuil	X		
OH-PRE-3	Préconil	TH PRE 1	Seuil	X		
OH-PRE-4	Préconil	TH PRE 1	Seuil	X		
OH-PRE-5	Préconil	TH PRE 2	Seuil		X	
OH-PRE-6	Préconil	TH PRE 2	Seuil		X	
OH-PRE-8	Préconil	TH PRE 3	Passage busé			X
OH-COU-5	Couloubrier	TH COU 2	Couverture			X
OH-COU-6	Couloubrier	TH COU 2	Couverture			X
OH-PLA-1	Plan	TH PLA 1	Passage busé			X

Tableau 23 : Ouvrages proposés pour la programmation et orientation des interventions

**L'Arasement** (partiel ou total) permet de restaurer tout ou partie de la continuité sédimentaire et d'améliorer ou de restaurer la continuité piscicole. L'arasement, compte tenu des faibles volumes stockés, n'est pas de nature à modifier le bilan sédimentaire observé sur le bassin.

**L'Équipement** permet de réaliser une passe à poisson tout en conservant l'ouvrage et ainsi de restaurer la continuité piscicole.

**La Modification** envisage une adaptation technique de l'ouvrage (principalement les franchissements) afin d'en améliorer l'hydraulique et de restaurer la continuité sédimentaire.



*Exemples d'orientations d'intervention*

## IX. DÉFINITION DE L'ESPACE DE LIBERTÉ

L'étude des espaces de mobilité du cours d'eau va essentiellement permettre de définir quels ont été les espaces de divagation historiques des cours d'eau du bassin versant du Préconil et identifier ceux pour lesquels une mobilité latérale pourrait encore s'exprimer.

### IX.1. Méthodologie

La définition des espaces de mobilité est réalisée sur la base du guide technique n°2 de novembre 1998 de l'Agence de l'Eau. La méthodologie du guide parfois non adaptée au contexte particulier du bassin du Préconil a été modifiée tel que présenté ci-dessous.

#### IX.1.1. Détermination de l'espace de mobilité maximal

L'espace de mobilité maximal (E-max) définit l'espace dans lequel le cours d'eau a évolué à l'échelle géologique. Il est principalement délimité à partir des couches géologiques Fz et Fy (alluvions récentes et anciennes). L'espace peut parfois être étendu à des formations géologiques riveraines.

Le contexte géologique du bassin versant du Préconil est particulier, conduisant parfois à un espace de mobilité maximal inférieur à l'espace de mobilité fonctionnel. Dans ces cas-là, les différents espaces peuvent être adaptés pour supprimer ces erreurs et se rapprocher au mieux de la réalité de terrain.

#### IX.1.2. Détermination des enjeux

Sont digitalisés, sur la base des orthophotoplans et des Scan25 :

- Les zones urbaines et péri-urbaines comprenant tous types d'infrastructures susceptibles de recevoir du public ou présentant un enjeu particulier (STEP, entrepôts, bâtiments industriels ou d'exploitations agricoles, espace sportif, etc.)
- Les habitations isolées et parcelles attenantes identifiées comme étant directement liées aux habitations (jardins, pelouses, piscines, abris, etc.)
- Les routes et chemins communaux.

Ces espaces où la divagation du lit n'est plus admissible en première analyse sont volontairement intégrés en préalable à la définition des espaces fonctionnels de façon à délimiter l'espace d'amplitude d'équilibre en tenant compte des contraintes majeures du bassin versant. La hiérarchisation de ces enjeux suit le canevas proposé en annexe 3.

### IX.1.3. Détermination de l'espace de mobilité fonctionnel

L'espace de mobilité fonctionnel est l'estimation de l'espace optimal à laisser au cours d'eau. Il définit un espace de liberté élargi tenant compte des enjeux présents sur le territoire. Son appréciation se fait au travers de la délimitation d'une série d'espaces différents :

#### 1. L'espace de divagation historique (EDH)

Cet espace est délimité sur la base des différents lits mineurs digitalisés à partir des photos aériennes disponibles. Il s'apprécie donc de façon partielle dans le sens où il n'est pas possible de tenir compte des tracés antérieurs aux clichés les plus anciens retenus ou existants (1955-2011 pour cette étude). Cet espace est tracé à partir des bords externes des différentes bandes actives.

Cette enveloppe adaptée à un cours d'eau large de plaine peut manquer de pertinence pour la taille du Préconil dans le sens où ce tracé peut intercepter des versants non érodables au pas de temps d'un plan de gestion. L'enveloppe est donc volontairement contrainte au niveau de ces points dur géologiques.

#### 2. Les espaces de divagation restreintes (EDR)

L'EDR matérialise les espaces soustraits à L'E-max du fait d'aménagements anthropiques du type digues, ouvrages, protections de berges, remblais ou autre et dont l'objet a été, ou est, de bloquer la divagation du cours d'eau.

Les zones à enjeux et les EDR délimitent ainsi tous les espaces où le Préconil, le Couloubrier et le Bouillonnet ne peuvent plus divaguer à ce jour. Les zones à enjeux concernent des secteurs considérés comme prioritaires en bord du cours d'eau ou éloignés. Les EDR digitalisés dans un second temps sur la base des protections de berges délimitent des espaces compris entre le cours d'eau et les zones à enjeux ou l'E-max.

L'E-max du bassin versant du Préconil est très large sur certain secteur, notamment sur sa partie aval. Dans ces cas, il n'apparaît pas vraisemblable de soustraire l'emprise des aménagements anthropiques à cet espace, ainsi l'EDR est soustrait à l'espace de mobilité fonctionnel et non plus à l'E-max.

#### 3. Délimitation des espaces perdus sur l'EDH

Le croisement de la couche de l'espace de divagation historique avec les zones à enjeux et les espaces de divagation restreints permet de définir les espaces perdus par les cours d'eau du bassin versant du Préconil au cours des dernières décennies au profit de l'homme et de ses activités.

#### 4. L'espace de mobilité fonctionnel par l'analyse de l'amplitude d'équilibre

Le concept d'amplitude d'équilibre est utilisé comme base de définition de l'espace de mobilité fonctionnel.

Ce concept d'espace d'amplitude d'équilibre est ainsi volontairement réalisé suite à la définition des zones contraintes de manière à intégrer dans sa définition les contraintes majeures présentes sur le bassin versant. La largeur retenue de l'espace d'amplitude est de 10 fois la largeur de plein bord (estimation proposée par le guide méthodologique). Cet espace varie donc vers l'aval en fonction de l'accroissement de la largeur du lit. Il est également réparti sur

les deux rives sauf contrainte majeure naturelle (versant rocheux, verrou naturel, etc.) ou anthropique (franchissements, routes nationales, départementales ou communales si elles sont le seul accès à des habitations, zone urbaine, etc). Dans ce dernier cas, l'enveloppe est décalée sur la rive opposée ou réduite si l'espace foncier ne permet pas de divagation (versant ou enjeux). La largeur est réduite à la largeur du lit sous les ponts présentant un enjeu significatif.

Dès ce niveau d'analyse, l'espace d'amplitude d'équilibre devient l'espace de mobilité fonctionnel. Par définition, cet espace s'étend en de très nombreux secteurs au-delà de l'espace de divagation historique mais ne peut aller au-delà des zones à enjeux du bassin versant. En revanche, cet espace pourra s'étendre, au cas par cas et en fonction de la prospection de terrain, au-delà des EDR compte tenu que certaines protections n'apparaissent plus utiles ou non stratégiques aux regards des zones qu'elles protègent. Il est important de noter que cette dernière analyse est subjective en fonction de celui qui la réalise : morphologue, riverain, propriétaire, exploitant, gestionnaire, politique, etc.

Sur certains secteurs du Préconil, la largeur retenue au droit du cours d'eau est supérieure à 10 fois la largeur de plein bord. Au vue des restrictions globales sur l'ensemble du linéaire du fait des contraintes naturelles mais surtout des contraintes anthropiques, ces zones ont été conservées en l'état puisqu'il s'agit des derniers secteurs où le Préconil peut encore divaguer.

### **L'espace ainsi délimité représente l'espace de liberté optimal pour le Préconil, le Couloubrier et le Bouillonnet.**

Cet espace qui tient déjà compte des enjeux présents sur le territoire se confond avec l'espace de mobilité minimal décrits dans le guide technique n°2 de l'AE RM. En effet, au regard du caractère très urbain du territoire, l'ensemble des enjeux sont regroupés et aucun enjeu secondaire n'est présent sur le territoire (habitations isolées intégrée dans l'EFONC, aucun captage, etc.).

#### **IX.1.4. Détermination de l'espace de mobilité préférentiel**

Cet espace est approché au travers des espaces érodables à 50 ans et de l'espace de mobilité « récent » du cours d'eau. Joints, **ces deux espaces constituent la base de définition de l'espace de mobilité préférentiel des cours d'eau qu'il conviendrait de prendre en compte en premier lieu dans le cadre d'aménagements futurs.** En effet, cet espace est celui dans lequel les cours d'eau ont le plus de chance d'être amenés à divaguer sur les décennies à venir. Le détail de définition de ces espaces est décrit ci-dessous :

##### **1. Détermination des espaces érodables (ER50)**

Les espaces érodables à 50 ans caractérisent, sur la base d'un taux d'érosion annuel moyen, l'espace foncier qui pourra être consommé au profit de la bande active sur les 50 années à venir. Cet espace ne tient pas compte des évènements exceptionnels dont les conséquences ne sont pas prévisibles.

Cette approche prospective est construite à partir :

- Des taux d'érosion moyens constatés entre 1955 et 2011, notamment ceux récents suites aux crues de novembre 2014 dont nous avons pu enregistrer les traces GSP.

- De l'analyse par secteur ou par érosion de la présence des affleurements de roches, de la nature pédologique des érosions, de leur situation par rapport aux écoulements impliquant une dynamique érosive variable.

## **2. L'espace de mobilité Récent (EMR)**

L'espace de mobilité récent est l'espace dans lequel le cours d'eau a déjà été amené à divaguer récemment (anciennes bandes actives depuis 1955) auquel sont soustraits les zones à enjeux et les espaces bloqués par des protections (EDR). Cet espace constitué des anciens chenaux constitue un fuseau préférentiel dans lequel les cours d'eau sont amenés à divaguer avec plus de facilité que dans des terrains non remaniés lors des précédents siècles.

Cet espace est caractérisé finement là où la bande active a pu être digitalisée. Cette couche n'est donc pas disponible en amont du bassin versant où la mobilité n'a pu être caractérisée sur les clichés photographiques.

## ***IX.2. Analyse des données***

Le rendu cartographique de la définition de l'espace de mobilité du bassin versant du Préconil est consultable dans l'atlas cartographique (Cf. Planches 46 à 49).

L'analyse des données sur les espaces de mobilité nous permet d'apprécier les éléments suivants :

- Quelle part représentent les espaces perdus sur l'espace de divagation historique au profit des usages et de l'urbanisation ?
- Quelle surface représente l'espace de liberté optimal (E-FONC) ?
- Quelle surface représente l'espace dans lequel les cours d'eau sont amenés à évoluer au cours des décennies à venir ?
- Quels sont les secteurs où la dynamique érosive est la plus importante ?

## IX.2.1. Evaluation des espace perdus depuis 1955

Il s'agit de caractériser au travers de cette analyse quelle est la pression actuelle sur l'espace de divagation historique. Cette pression est exprimée en % des espaces perdus de cet EDH. Il est considéré que ces espaces sont soustraits à très long terme dans le sens où ils touchent des zones urbaines ou des usages à long terme (agricoles, industriels, etc.).

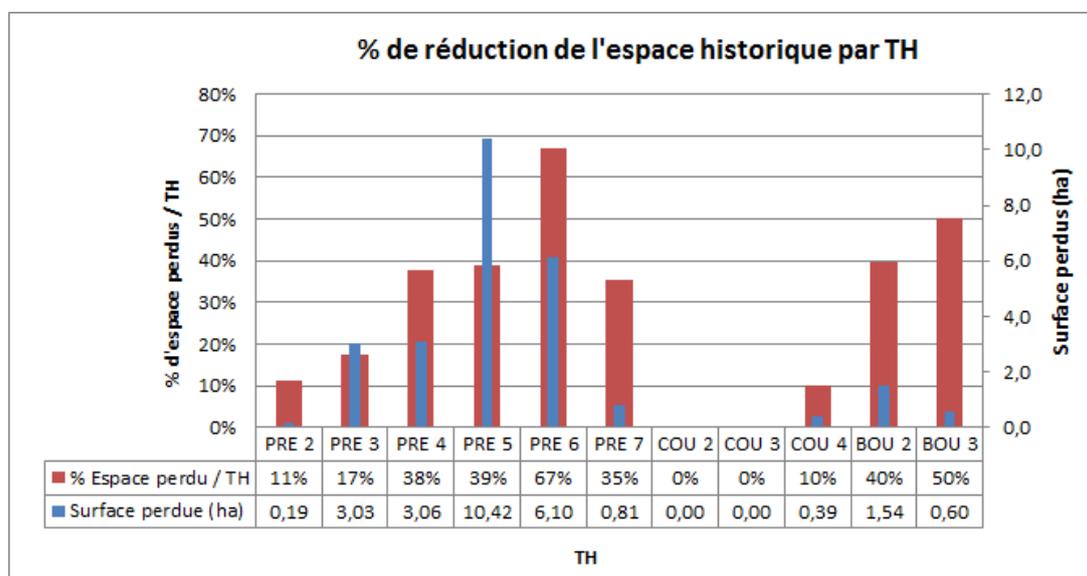


Figure 68 : Surfaces et pourcentages de réduction de l'espace historique par TH

Les TH 1 des trois cours d'eau ne sont pas représentés du fait de l'absence de possibilité de déterminer avec exactitude les bandes actives et donc l'espace de divagation historique.

Il ressort de cette analyse que l'ensemble des cours d'eau est soumis à une forte pression, pression d'autant plus forte sur la partie aval du bassin versant très urbanisée, parfois dès le haut de berge.

Les espaces perdus sont principalement le fait de l'extension de Sainte-Maxime qui s'est réalisée au détriment des cours d'eau. Sur ces espaces, les pressions d'anciennes et de nouvelles constructions (apparition au début des années 1980 d'habitations, de zones industrielles et commerciales, etc.) limitent l'espace dans lequel le Préconil, le Couloubrier et le Bouillonnet auraient pu être amenés à divaguer. Ces derniers impactent de fait, directement et durablement l'espace de liberté le plus proche du cours d'eau.

Si tous les tronçons aval des cours d'eau sont concernés de façon importante par les pertes d'espaces, le PRE 6 se démarque avec une perte d'espace de 67 % due à une urbanisation de masse.

Les tronçons amont du Couloubrier n'ont pas subi de perte de surface par rapport à l'espace historique, ces derniers s'écoulant dans des vallons très encaissés et dans un contexte non anthropisé.

## IX.2.2. Quel espace de liberté pour les cours d'eau ?

L'espace de liberté optimal délimite un espace de divagation à long terme (siècles à venir) tandis que l'espace de liberté préférentiel délimite un espace dans lequel le cours d'eau peut éventuellement évoluer à l'échelle des cinquante années à venir.

Dans les deux cas, ces espaces constituent une limite spatiale dans laquelle il est possible d'envisager la divagation du cours d'eau sans toucher aux enjeux humains et stratégiques (routes, bâtiments industriels ou municipaux) du bassin versant. En revanche cet espace peut empiéter directement sur les friches, prairies ou cultures agricoles (notamment les vignes) en bord de cours d'eau. A noter toutefois que des enjeux actuels peuvent être remis en question et supprimés pour restaurer un espace au cours d'eau dans le sens où le rapport coût/bénéfice est favorable.

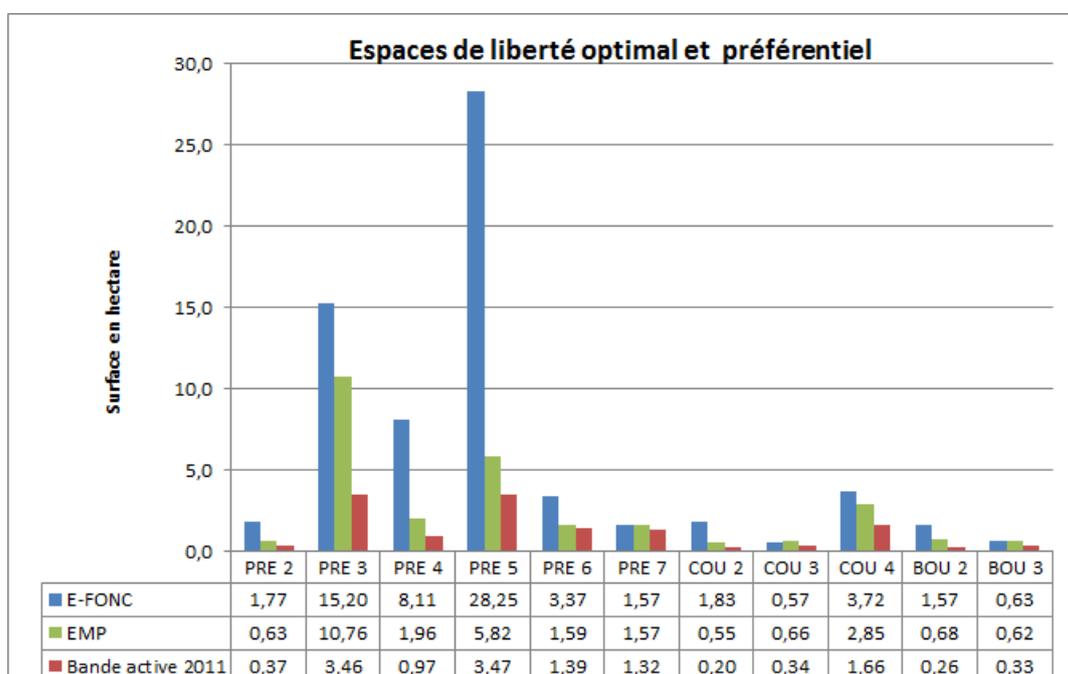


Figure 69 : Espaces de liberté optimal et préférentiel du Préconil, du Couloubrier et du Bouillonnet

La différence entre les espaces optimum (en bleu) et préférentiel (en vert) est notable sur l'ensemble des TH voire importante sur certains tronçons en particulier. Cette différence traduit le pas de temps dans lequel est envisagée la divagation des cours d'eau dans ces deux espaces : de cinquante à plusieurs centaines d'années.

L'espace de liberté optimal représente entre 1,2 et 8,4 fois l'espace de la bande active en 2011 en fonction des TH. Les tronçons PRE 4 et PRE 5 du Préconil présentent les taux les plus importants.

L'espace de liberté préférentiel représente de 0,3 à 3,1 fois l'espace de la bande active en 2011 et entre 20,6 et 116,4 % de l'espace de liberté optimum. En effet, le tronçon aval du Préconil et les tronçons du Bouillonnet ont des espaces de liberté optimums et préférentielles très proches.

L'espace préférentiel disponible par kilomètres de cours d'eau est variable suivant les tronçons. Il se situe en moyenne autour de 2 ha/km. Le Bouillonnet dispose d'une surface disponible inférieure avec des valeurs proche d'un hectare. Le tronçon présentant l'espace préférentiel disponible le plus important est le PRE 3 avec 3,83 ha/km.

Globalement, l'espace optimal disponible par kilomètre de cours d'eau évolue de façon croissante d'amont en aval sur les trois cours d'eau. Pour le Préconil, ce constat est valable jusqu'au PRE 5 où l'on observe une diminution brutale de l'espace de liberté préférentiel. Ce constat est en adéquation avec les résultats précédents témoignant d'une perte d'espace due à l'urbanisation massive des secteurs aval du Préconil. Il en est de même sur le Bouillonnet.

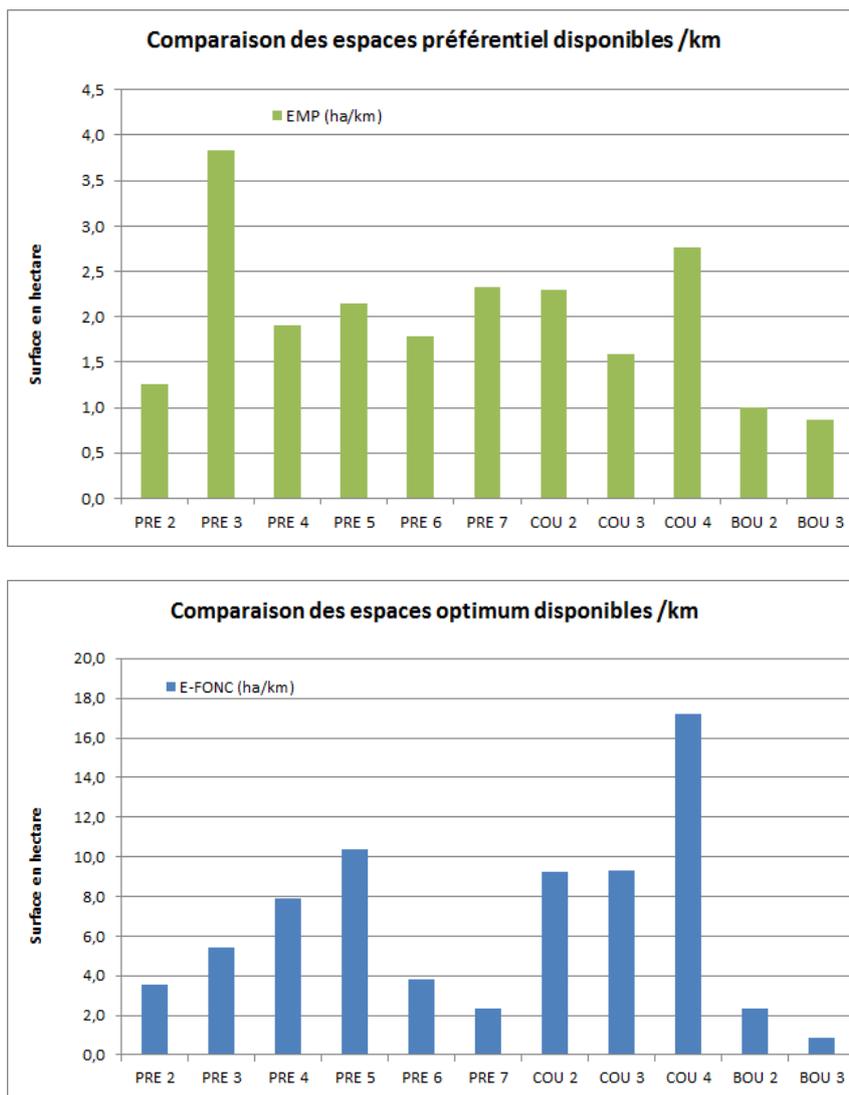


Figure 70 : Espaces de liberté préférentiel et optimal / Km et par TH

Ces espaces indiquent les zones dans lesquelles le bien fondée d'aménagements futurs (urbains, industriels ou agricoles) devrait être analysé au regard de l'évolution probable des cours d'eau.

### IX.2.3. Quels aléas érosifs sur les cours d'eau ?

Les espaces érodables à 50 ans représentent entre 0 et 10 % de la bande active, soit des surfaces variant entre 0 et 0,35 ha, à l'exception des tronçons PRE 4, PRE 5 et BOU 2. Ces derniers sont compris entre 21 et 36 %.

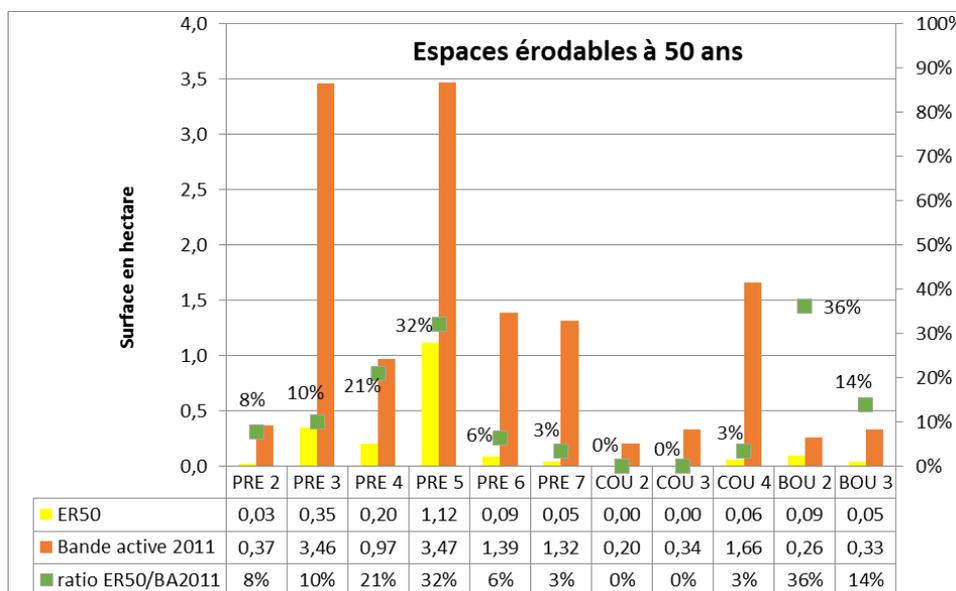


Figure 71 : Espaces érodables à 50 ans

L'aléa sur le Préconil est croissant vers l'aval avec une surface de terrain érodable évoluant de 500 à 4000 m<sup>2</sup> par kilomètre du PRE 2 au PRE 5. A partir du PRE 6, l'aléa érosif chute à environ 1000 m<sup>2</sup> de surface érodable. Cet aléa retranscrit une dynamique dont la divagation et la capacité érosive est croissante depuis l'amont vers l'aval, jusqu'à ce que le cours d'eau soit bloqué par les protections de berges et les enjeux humains. Sur le Bouillonnet, l'aléa érosif est plus important sur le tronçon amont moins contraint par la pression anthropique.

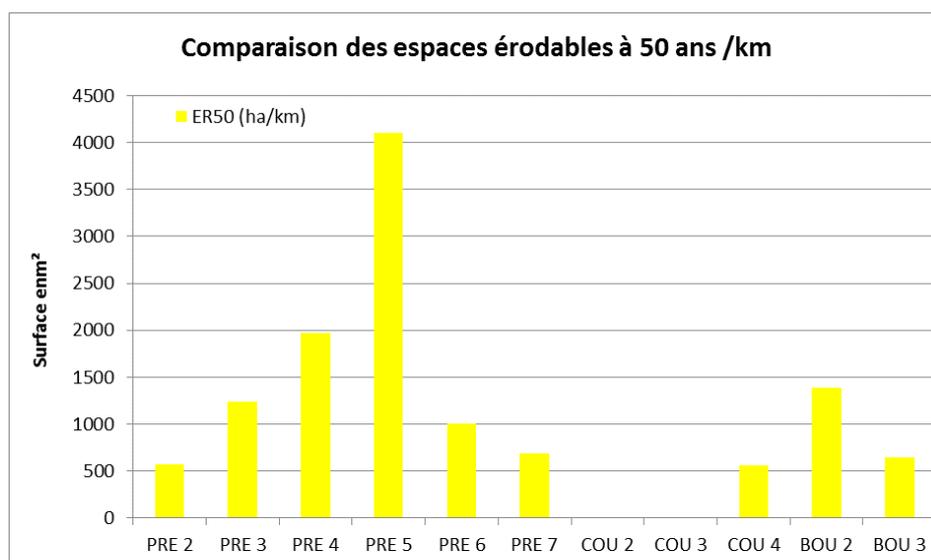


Figure 72 : Comparaison de l'aléa érosif par km de cours d'eau et par TH

### ***IX.3. Conclusion***

L'urbanisation massive au plus près des cours d'eau qu'a connue le bassin versant du Préconil au début des années 1980 a conduit à une perte importante d'espaces de divagation pour les rivières. Le phénomène est accentué sur l'aval du bassin versant.

Toutefois, certains espaces non occupés sont encore présents. Il apparaît nécessaire de préserver ces espaces dans lesquels les cours sont amenés à divaguer.

Cette analyse des espaces de mobilité peut être un outil qui permet d'apporter des éléments de choix dans les projets d'aménagements en bordure de cours d'eau. Elle peut aussi être un outil permettant de remettre en question certains enjeux et usages associés même si les activités actuelles s'opposent à la dynamique du cours d'eau. Dans ce derniers cadre, une analyse coût/bénéfice peut être révélatrice des gains à attendre de la reconsidération d'un enjeu actuel.

## X. SYNTHÈSE DE L'ETAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC

L'analyse de détail des données présentées précédemment nous permet de répondre aux questionnements suivants :

### *X.1. D'où viennent les matériaux et comment sont-ils transportés ?*

- La production primaire naturelle est importante. Elle est aggravée par des usages anthropiques (parcelles agricoles, pistes à nu et coupes feu) dans des proportions non négligeables (+ 20% soit 2700 m<sup>3</sup>) pour atteindre 16 000 m<sup>3</sup>. Cette production primaire apporte localement des matériaux grossiers en tête de bassin versant et des matériaux fins à dominante sableuse de façon globale et généralisée à l'ensemble du bassin versant. Autre facteur aggravant : les incendies. Leur contribution dans la variation des apports de sable au cours d'eau apparaît comme plus forte que les apports issus des vignes et des pistes à nu.
- Malgré la présence étendue d'érosions (étroitement corrélée avec les zones de remblais et la présence de cannes de Provence), la production secondaire de sédiments reste réduite et ne participe pas de façon primordiale aux apports de matériaux au cours d'eau. Les espaces de divagation du cours d'eau restent très limités. Ces apports peuvent être estimés annuellement entre 500 et 2000 m<sup>3</sup> au maximum.
- Les apports de sables pour des crues de faible récurrence (crue annuelle) sont très importants et s'accumulent notamment sur les tronçons urbanisés aval du Préconil (PRE 4 à 7). A l'inverse, pour des crues fortes, les sables stockés sur les parties aval du Préconil sont massivement et efficacement évacués vers la mer.
- Les stocks de sédiments en transit sont du même ordre de grandeur que les volumes estimés de production primaire (environ 17 000 m<sup>3</sup>). Ces stocks comportent une fraction grossière apparaissant dans une matrice sableuse en surface et une majorité de sable en sous-couche. Plus on se dirige vers l'aval du bassin versant, plus cette proportion de sable est importante.
- Les formules de transport solides semblent atteindre des limites d'application compte tenu de cette forte disparité granulométrique, elles traduisent :
  - Que pour une granulométrie grossière, le Préconil et ses affluents transportent peu de matériaux,
  - Que pour une granulométrie forcée sur du sable, les volumes transportés sont très importants.

Dans les faits, le transport des éléments grossiers se fait en même temps que les éléments fins qui les entourent à des vitesses évidemment moindres mais impossibles à apprécier. Ces derniers ne posent pas de problèmes morphologiques. S'agissant des éléments fins, ils sont très vite transportés vers l'aval dès lors qu'ils sont emportés par les eaux. Leur

blocage ne peut se faire qu'au niveau de la source de production : parcelles à nues, pistes et versants incendiés.

## ***X.2. Quelle est la dynamique des sables à l'embouchure ?***

- Le contrôle de la ligne d'eau à l'embouchure est sous la double influence des phénomènes fluviaux et marins. L'incidence d'une haute mer sur la ligne d'eau remonte au maximum jusqu'à la confluence avec le Bouillonnet pour une crue de type Q2 avec une hauteur de mer de récurrence centennale. Pour une concomitance de crues supérieure à Q30 et de niveau marin de type centennal, l'influence est très limitée et ne remonte pas au-delà de la RD 25. Pour ces dernières crues, la dynamique fluviale prend le dessus sur la dynamique marine.
- La dynamique du bouchon sableux est sous cette même double influence des phénomènes fluviaux et marins. Sa remobilisation est probable et progressive entre Q5 et Q20 et certaine pour des crues de l'ordre de la trentennale (cas de la crue de novembre 2014). La mer participe par ailleurs à la déstructuration du bouchon en cas de houle forte par les phénomènes de courant de fond qui déstabilisent rapidement la base de ce bouchon (l'entrée de mer se fait plutôt en surface et le retour avec les écoulements fluviaux plutôt par le fond). Compte tenu de la capacité de plein bord supérieure à Q30 en amont de l'embouchure, le bouchon sableux ne peut pas induire de surcote significative des hauteurs d'eau en amont immédiat (Cf. Rapport « Interactions entre l'hydraulique du fleuve Préconil et l'hydromorphologie littorale de la bordure Nord du Golfe de Saint-Tropez » ; F.BOUCHETTE).
- Même après une forte crue remobilisant ces sables en amont de l'embouchure, il est observé un retour rapide de cet ensablement sur le dernier kilomètre de cours d'eau 5pre 6 ET 7°. Cette dynamique vient des fortes capacités de transport du sable pour une très large gamme de faibles débits : transport quasi continu. Cette accumulation de sable peut poser des problèmes d'augmentation de la fréquence des premiers débords dans le cadre d'une concomitance de fait à la probabilité réduite. Le décompactage du lit sur le PRE6 en fin d'été peut réduire ce risque de façon plus durable qu'un curage.
- L'évolution du trait de côte semble s'approcher d'un équilibre dans le sens où sa progression apparaît plus limitée sur les photos aériennes récentes. Toutefois, une appréciation fine de cette progression (tout comme l'analyse fine de l'interaction entre les systèmes fluvial/marin) ne peut se faire sans l'aide d'une instrumentation des deux systèmes (bouée marine et suivi des hauteurs d'eau fluvial). A l'identique, cette instrumentalisation apparaît indispensable pour statuer définitivement sur les solutions efficaces à mettre en œuvre pour réduire l'ensablement du port. Cette thématique est traitée par ailleurs dans le détail dans le rapport « Interactions entre l'hydraulique du fleuve Préconil et l'hydromorphologie littorale de la bordure Nord du Golfe de Saint-Tropez » de Frédéric Bouchette dans le cadre de cette étude. En l'absence, les solutions d'épis proposées précédemment apparaissent aléatoires, voire aggravant les phénomènes contre lesquels il est proposé de lutter.

### ***X.3. Quels apports en sédiments sont acceptables ?***

Les réponses aux deux premières questions mettent en avant l'importance en volume des apports de sables et la part non négligeable de ceux d'origine anthropiques. Si ces sédiments ne causent pas de problèmes insolubles sur les niveaux d'eau en crues débordantes pour les raisons détaillées aux chapitres correspondants, ils sont en revanche très impactant d'un point de vue de la qualité écologique du cours d'eau et participent à une dégradation marquée des habitats piscicoles d'espèces patrimoniales emblématiques.

#### **Quelle proportion de sédiments fins apparait dès lors acceptable ?**

Cette part nous paraît être simplement la part naturelle. Cela nous permet de mettre en avant le fait que tous les apports favorisés par les activités humaines sont un ajout qui n'apparaît pas acceptable et contre lequel il est nécessaire d'agir (parcelles à nues, pistes et coupe-feu) sans remettre en question leurs intérêts et les usages (viticulture/économie agricole et lutte DFCI).

De cette notion d'apports naturels découle le fait qu'il n'y a donc pas de volumes à fixer dans le sens où ces derniers sont variables naturellement en fonction de l'état des sols et de l'hydrologie. Le facteur principal d'évolution de cette production primaire étant la densité du couvert végétal, elle met notamment en avant l'importance de la lutte contre les incendies à l'échelle du bassin versant et la nécessité de modifier les pratiques agricoles.

S'agissant des apports excédentaires d'origines anthropiques il apparaît de façon claire que tous les sédiments fins non maintenus sur les zones à nues et emportés par les eaux sont très rapidement transportés sur des distances importantes vers l'aval, voire, en partie ou en totalité, directement évacués vers la mer pour des crues au-delà de la Q5 (de façon d'autant plus importante que la crue est forte). Pour ce sable, le principe de gestion doit donc retenir le fait que si les matériaux fins ne sont pas maintenus sur place, au niveau de la zone de production, leur gestion dans le flux de la crue apparaît comme impossible. Le point d'apport et la vitesse de déplacement de ces sédiments fins apparaît dès lors secondaires.

### ***X.4. Que retranscrit l'évolution du profil en long ?***

- L'étude du profil en long apparaît comme la source la plus riche en enseignements sur la dynamique du Préconil. Elle met en avant la dynamique suivante :
  - En présence de crues faiblement morphogènes (état de 2002), les zones amont (en amont du TH PRE3 amont) s'incisent tandis que les zones aval s'exhaussent. Cette dynamique semble traduire la seule capacité du cours d'eau à mobiliser des sables, provoquant leur déstockage des zones et leur sur-stockage sur les zones aval.
  - En présence de crues fortement morphogènes (depuis 2009), les zones amont (même découpage) se trouvent globalement exhaussées avec le transport d'une granulométrie plutôt grossière et les zones aval globalement incisées avec ce qui est pressenti comme étant un départ massif des sables accumulés (très

probablement aggravé par le resserrement historique du lit, l'augmentation de la hauteur des berges et de la capacité de transport).

Ce double constat traduit clairement le double fonctionnement du Préconil en fonction de l'importance de la crue considérée et donc des matériaux transportés. Elle confirme les craintes quant à l'analyse simple du transport solide par l'application des formules usuellement pratiquées qui ne peuvent traduire que partiellement ce fonctionnement et introduire une erreur notable sur les volumes de matériaux transportés.

Cette analyse met par ailleurs en avant le fait que les ouvrages sur les parties amont et aval sont globalement transparents aux débits solides et qu'ils ne causent, d'un strict point de vue morphodynamique, que des dysfonctionnements très localisés.

- D'un point de vue de la qualité physique des cours d'eau, appréhendée par l'analyse des faciès d'écoulement, l'ensablement apparaît comme un élément très défavorable. Il réduit l'alternance potentielle des faciès et banalise les habitats. Ce constat est néanmoins partagé entre la moitié amont du Préconil où la présence de sable reste réduite et la partie aval où elle devient rapidement prédominante. Sur les affluents, les sables remplissent rapidement les gours et banalisent, là aussi, les habitats.

### ***X.5. Quelle évolution en plan suit le Préconil depuis 50 ans et quel devenir ?***

- Les analyses diachroniques démontrent la capacité du cours d'eau à élargir considérablement sa bande active lors d'évènements majeurs (1959, 2009, 2010, 2014). Cette dynamique est essentiellement possible du fait de la faible cohésion des sables accumulés en lit mineur et majeur.
- A contrario, elles rendent visibles la capacité de résilience suite à ces modifications majeures avec une recolonisation, rapide et étendue, de la bande active par une végétation rivulaire globalement adaptée, exception faite de la canne de Provence.
- Le Préconil conserve, là où la possibilité lui en est laissée, une dynamique latérale notable avec, localement, une progression de méandre importante. Cette dynamique qui subsiste encore en secteur périurbain nous paraît essentielle quant à la diversité des habitats qu'elle crée sur ces zones où les enjeux écologiques sont importants.
- Elles montrent la présence de cette dynamique sur le Préconil et sa faible importance sur ses affluents globalement plus contraints, notamment par les affleurements rocheux ou/et de plus fortes pentes.

- Elles démontrent en dernier lieu l'importance sur le profil en travers des remblaiements anciens et actuels en lit majeur et mineur, qui constituent à ce jour la cause principale des dysfonctionnements les plus impactant d'un point de vue morphodynamique :
  - augmentation de la capacité de plein bord,
  - réduction de section hydraulique,
  - suppression de zones d'expansion de crues,
  - accroissement des phénomènes érosifs,
  - transport plus rapides des sables vers l'aval,
  - banalisation des faciès d'écoulements et des habitats.

### **L'espace de mobilité, un outil cartographique d'aide à la décision.**

Fortement contrainte dans son lit mineur, l'évolution par divagation latérale de ce dernier est étroitement reliée aux enjeux en présence et à l'espace de liberté qu'il apparait possible de laisser ou restaurer au Préconil.

Cet espace est cartographié dans les cartes associées aux espaces de mobilité jointes au rapport. Elles représentent les enjeux et indiquent :

- les espaces dans lesquels il est estimé que le Préconil a le plus de chance de divaguer dans les 50 ans à venir (ER50),
- les espaces dans lesquels il apparait possible de le laisser divaguer à long terme en contribuant à la préservation des enjeux forts du bassin versant et en respectant la dynamique naturelle du cours d'eau (EMR).

## ***X.6. Quel objectif de profil en long et en travers ?***

### **X.6.1. Quel profil en long d'objectif ?**

Malgré les fortes modifications des profils en travers, il est montré que le profil en long ne traduit pas à ce jour de dysfonctionnements morphodynamiques majeurs sur le Préconil. Ce dernier se caractérise par une amplitude d'équilibre beaucoup plus large qu'un cours d'eau classique du fait de la nature de la charge solide et de sa très forte proportion de sédiments fins. En de très nombreux points, ce profil en long est par ailleurs bloqué par la roche mère (dernier affleurement à 1.5 km de la mer). En l'état, ce profil apparait donc en équilibre et en ajustement permanent en fonction de l'importance des crues.

## X.6.2. Quels profils en travers types ?

A l'inverse, le profil en travers du Préconil et de ses affluents a été fortement modifié du fait des activités humaines et d'une forte pression foncière. Des espaces autrefois naturels et où le cours d'eau divaguait librement présentent aujourd'hui des enjeux importants. Les érosions et débordements sur ces espaces deviennent problématiques.

### **Quelle morphologie type doit être appliquée aux espaces qu'il est possible de laisser au cours d'eau ?**

Un cours d'eau naturel répond à de grandes règles régissant son profil en travers (à de très nombreuses exceptions prêt). Dans le contexte anthropisé qui nous intéresse, ces règles ne sont pas applicables. Le profil en travers qui sera modifié devra alors répondre à d'autres contraintes :

- hydraulique pour baisser la ligne d'eau en crue,
- stabilité en cas d'érosion d'une zone à enjeux,
- écologique et morphodynamique pour une restauration du profil d'origine avant remblai par exemple,
- Etc.

Chaque cas devra être ainsi analysé sous l'angle de l'objectif à atteindre. S'il apparaît dès lors impossible de dresser un profil type d'un strict point de vue morphologique, il est néanmoins possible de dresser un certain nombre de règles à respecter dès lors que le profil en travers du cours d'eau devra être modifié :

- Respect du gabarit du cours d'eau pour les débits d'étiages et débits moyens, notamment pour garantir le transport du sable lors des petites crues : création de lits emboîtés,
- Respect d'une "continuité" des débits de plein bord pour éviter des phénomènes locaux d'incision ou d'exhaussements,
- Ajuster le débit hydraulique d'objectif entre élargissement du lit et création d'endiguements,
- Evacuation des remblais en zone inondable jusqu'au terrain naturel d'origine, notamment sur les zones de faibles enjeux.

Sans oublier les prescriptions particulières suivantes :

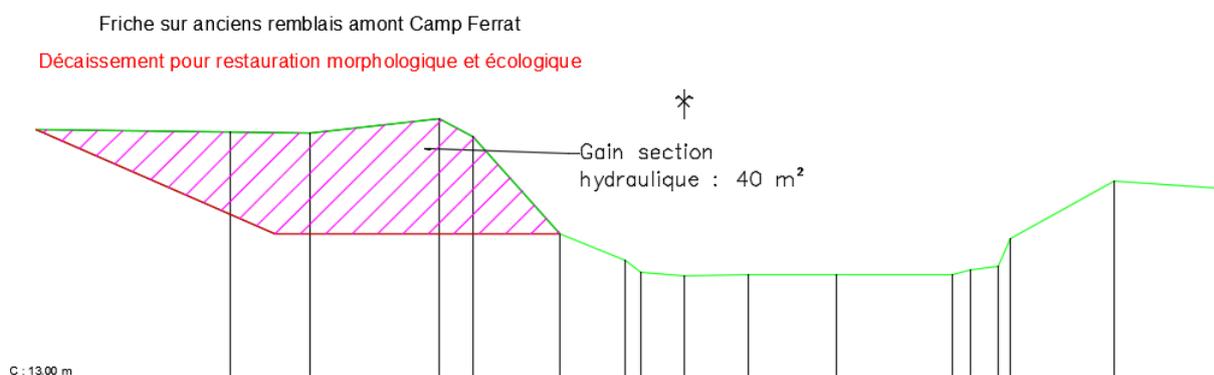
- Adaptation des ouvrages transversaux et longitudinaux à la nature des sédiments et aux cotes d'affouillement théoriques,
- Mise en œuvre autant que possible de techniques du génie végétal pour favoriser un ralentissement des vitesses en crues sur les berges.

Ces cas généraux souffrent de nombreuses exceptions qui devront être appréciées au cas par cas par des experts. Par exemple pour la création d'un bassin de dessablage, ou d'un fort élargissement de la section hydraulique pour favoriser l'expansion des crues et le stockage au-delà de ce qui est naturellement concevable.

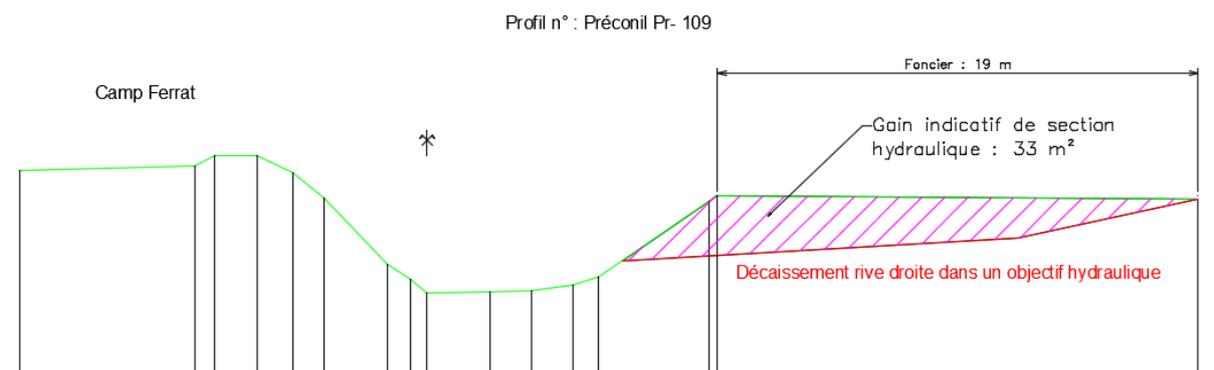
Exemple de profil en travers type à rechercher :



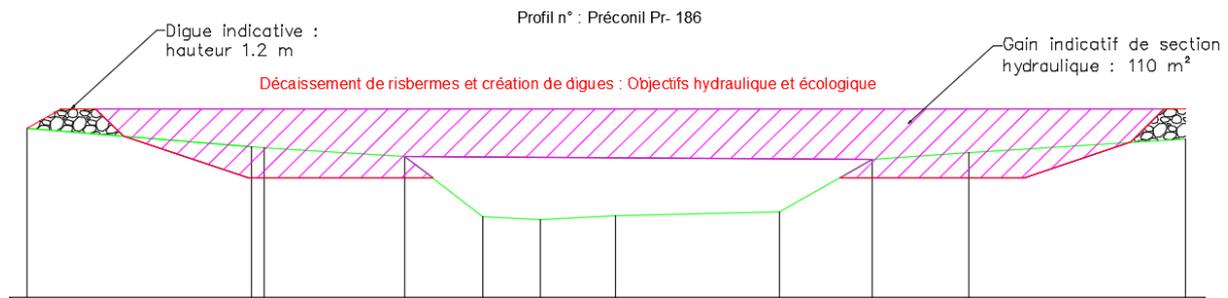
Profil en limite communale au droit de remblais anciens, enjeux faible à nul.



Profil en amont de Camp Ferrat au droit de remblais anciens, enjeux faible à nul.



Profil au droit de Camp Ferrat, enjeux fort, objectif hydraulique prépondérant.



Profil au droit de la zone urbaine, enjeux fort, objectif hydraulique prépondérant.

Figure 73 : Exemple de profil en travers type en fonction des enjeux présents et objectifs fixés

Attention, ces profils sont indicatifs et ne fixent en rien la géométrie à atteindre qui devra être fixée dans le cadre d'études à venir de restauration écologique et dimensionnement hydraulique en phase de maîtrise d'œuvre, ni les choix d'aménagements à intégrer dans le schéma global du Préconil.

La planche 50 le bilan des linéaires de cours d'eau où la dynamique morphologique reste naturelle et doit être conservée tel quelle et là où des déséquilibres sont constatés et doivent être appréhendés au regard des enjeux en présence.

## ***X.7. Perspectives d'actions à l'issue du diagnostic***

Il ressort donc de ces éléments les lignes directrices suivantes pour réduire les dysfonctionnements morphodynamiques à l'échelle du bassin versant :

1. Il est proposé que la gestion des sables soit réalisée au plus près de la zone de production et si possible avant qu'elle ne se trouve emportée dans les fossés, talweg ou tout autre vecteur vers le cours d'eau :
  - a. enherbement des parcelles de vignes, piège à sable en bout de parcelle, mise en place de bande enherbée le long des cours d'eau.
  - b. augmentation de la fréquence des jets d'eau vers le couvert forestier pour les pistes, ajustement dans la gestion des abords des pistes par les périodes de broyages, les surfaces concernées, etc.
  - c. accroissement des moyens de lutte contre les incendies, une piste DFCI supplémentaire produisant beaucoup moins qu'un massif incendié.
2. Restitution au cours d'eau d'un maximum d'espaces de divagation pour favoriser la sédimentation des sables sur les zones amont :
  - a. Restitution des espaces de divagation par la suppression des protections et des digues non utiles,
  - b. Suppression des remblais non autorisés et restauration d'un profil en travers avec des berges peu pentues et plus basses,
  - c. Décaissement d'espaces à proximité de la zone urbaine pour favoriser un épanchement des eaux et un dépôt des sables avant leur stockage sur la zone aval du Préconil (en fonction des objectifs hydrauliques à venir).
3. Agir sur les problèmes ciblés posés par des ouvrages pour régler des problèmes ponctuels. Il est rappelé qu'aucun ouvrage n'interfère notablement avec le transport solide à l'échelle du bassin versant.
4. Résoudre des « points noirs » tels que le tronçon COU2 ou bien les problèmes de remblais récent observés sur le ruisseau du Pilon.

## ***X.8. Proposition d'une notation morphologique des tronçons du Préconil et de ses affluents.***

Il est proposé en synthèse du diagnostic une notation qualitative des tronçons du Préconil et de ses affluents dans les tableaux suivants. Ces derniers mettent en avant les facteurs dégradants l'équilibre morphodynamique et orientent les thématiques qui sont développées dans les phases 3 et 4 du rapport de restauration hydromorphologique (solutions et travaux).

### X.8.1. Le Préconil :

<b>Tronçon</b>	<b>Notation</b>	<b>Dysfonctionnements hydromorphologiques</b>
<b>PRE 1</b>	Moyenne	Zone périurbaine, urbanisation et activité agricoles riveraines, - Protection de berges et remblaiement en lit majeur, - Limitation des espaces de divagation.
<b>PRE 2</b>	Bonne	Linéaire préservé, dynamique naturelle respectée, - Présence du seuil le plus important du bassin versant.
<b>PRE 3</b>	Moyenne	Espace majoritairement naturel ou en friche et agricole, - Remblaiements anciens et récents sur une majorité du TH, - Limitation importante des zones d'expansions de crues et de divagation latérale, - Protection de berges anarchiques, endiguements en aval, - Activités polluantes en aval.
<b>PRE 4</b>	Mauvaise	Zone de Camp Ferrat en RG et zone industrielle et agricole en RD, Enjeu forts. - Remblaiements anciens et total de la rive gauche, plus localisé de la rive gauche, - Fortes limitations des espaces de divagations, - Erosions importantes et protections anarchiques des berges, - Endiguement localisés.
<b>PRE 5</b>	Moyenne	Espace de transition péri-urbain. Maintien localisés d'espaces remarquables de divagation latérale - Remblaiements localisés très importants (Brisach, espaces commerciaux, parcelle agricoles dans une moindre mesure), - Erosions importantes et protections en génie civil entretenues de secteurs à enjeux, - Protections de berges et modification non autorisées du lit mineur,

<b>PRE 6</b>	Mauvaise	Centre-ville de Sainte-Maxime. Espace fortement urbanisé. Enjeux très forts.
<b>PRE 7</b>	Mauvaise	- Remblaiement anciens de l'ancien delta du Préconil, - Urbanisation au plus proche du lit mineur, protections de berges nombreuses, rehausse et verticalisation des berges - Sections de lit mineur variable, débordements très rapides en centre urbain.

### X.8.2. Le ruisseau d'Emponse

Tronçon	Notation	Dysfonctionnements hydromorphologiques
<b>EMP 1</b>	Moyenne	Zone amont naturelle, zone aval périphérique du centre-ville, présence de jardins, - Remblais du lit majeur et présence de protection de berges, - Limitation des espaces de divagation.
<b>EMP 2</b>	Mauvaise	Centre-Ville du Plan de la Tour, - Espace totalement aménagé et protégé en génie civil, - Morphodynamique inexistante.
<b>EMP 3</b>	Moyenne	Linéaire très courts, périurbain immédiat, pente très importante. - Habitations riveraines, protection de berges étendues et remblaiement anciens, - Limitation de l'espace de divagation,
<b>EMP 4</b>	Moyenne	Secteur périurbain, proximité d'activités agricoles. - Très nombreuses protections de berges, remblaiements anciens et récents des berges, - Endiguements localisés,
<b>EMP 5</b>	Moyenne	Secteur périurbain et naturels. - Protections de berges, - Remblaiements localisés anciens très probables.

### X.8.3. Le Gourrier

Tronçon	Notation	Dysfonctionnements hydromorphologiques
<b>GOU 1</b>	Moyenne	Zone à dominante agricole, globalement remaniée. Espaces naturels présents préservés. - Protections de berges limitées, - Remblaiements anciens probables pour l'accroissement des activités agricoles.
<b>GOU 2</b>	Bonne	Secteur à moitié agricole et naturel, linéaire globalement préservé et dynamique naturelle respectée, - Quelques protections de berges,
<b>GOU 3</b>	Bonne	Espace naturels préservé. Très belle diversité morphodynamique. - Ensablement des gours en relation avec les parcelles à nues sur les tronçons amont.

### X.8.4. Le Couloubrier et le Vallon des près

Tronçon	Notation	Dysfonctionnements hydromorphologiques
<b>COU 1</b>	Moyenne	Zone amont naturelle, proximité de la RD. - Route en bordure du cours d'eau, en remblai dans le lit majeur, voire mineur, - Protection de berges en génie civil pour la route.
<b>COU 2</b>	Mauvaise	Secteur spécifique totalement réaménagé. - Espace totalement aménagé arbitrairement et sans objectifs, - Remblai permanent et déversement de gravats et déchets dans le cours d'eau. - Destruction totale de la morphodynamique naturelle.
<b>COU 3</b>	Moyenne	Secteur de gorges, proximité de la décharge très ancienne de Sainte-Maxime. - Remblai du lit en amont, - pollution par les lixiviats de la décharge, - Présence de très nombreux déchets en lien avec le TH précédent.
<b>Cou 4</b>	Bonne	Secteur naturel encaissé et globalement préservé. - Présence de très nombreux déchets en lien avec le TH 2.

<b>VPR 1</b>	Moyenne	Secteur de friches agricoles, pâtures et naturels. - Présence de la route en remblai dans le lit majeur, voire le lit mineur, - Protection des berges en génie civil contre la route, - Endiguements des parcelles agricoles et friches ou prairies. - Fort ensablement
<b>VPR 2</b>	Bonne	Secteur naturels encaissé très préservés. Dynamique naturelle. - Ensablement notable.

### X.8.5. Le Bouillonnet

Tronçon	Notation	Dysfonctionnements hydromorphologiques
<b>BOU 1</b>	Moyenne	Zone amont à dominante naturelle à l'exception du golf. - détournement du ruisseau dans le golf, - Déversement de sables dans le secteur naturel, - Protections de berges et remblaiements localisés.
<b>BOU 2</b>	Moyenne	Secteur périurbains, pression foncière importante. - nombreuses protections de berges, - Remblaiements anciens très probables et récents constatés. - fortes érosion des berges très abruptes et linéaires,
<b>BOU 3</b>	Mauvaise	Espace urbain très modifiés. Quasi absence de berges naturelles. - Forte densité de protection de berges, - Remblaiement généralisé du lit majeur et localement du lit mineur, - berges très verticales et hautes, pression foncière très fortes..

La planche 50 de l'atlas cartographique décline une synthèse de ces altérations et de l'état constaté de l'équilibre morphodynamique.

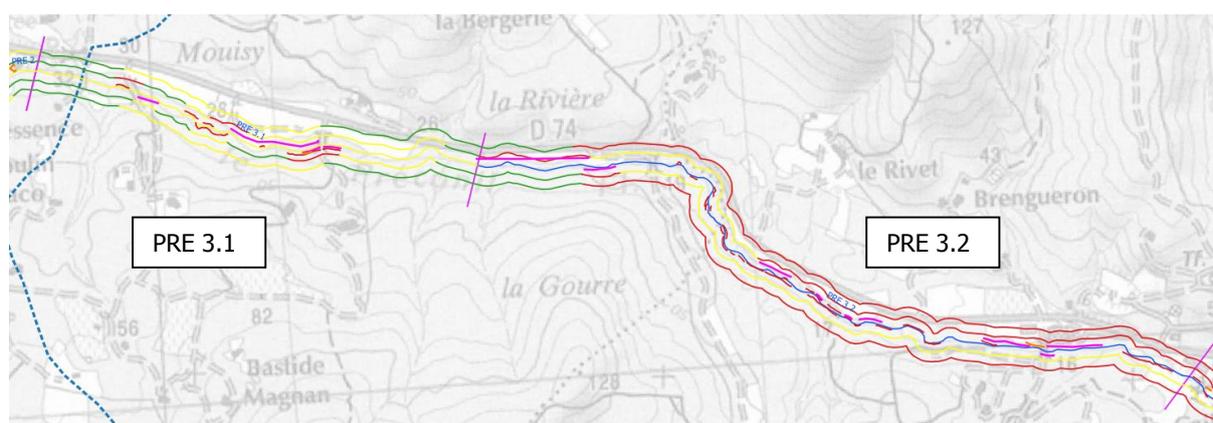
## X.8.6. Analyse du découpage en Tronçons Homogènes et proposition d'adaptation

Le découpage en Tronçons Homogènes, proposé pour l'établissement du diagnostic, présente globalement une bonne cohérence et homogénéité.

Afin de valider le découpage, une cartographie synthétisant les principales problématiques et éléments du diagnostic a été réalisée sur l'ensemble du bassin (Cf. Atlas cartographique Planche 51).

Pour l'ensemble des TH concernés, il existe une bonne corrélation entre le découpage proposé et les caractéristiques du cours d'eau cartographiées.

Toutefois, pour le Tronçon TH PRE 3, une distinction peut être faite entre l'amont (TH PRE 3.1) qui présente un profil en long plus fort et l'aval (TH PRE 3.2) où le profil en long est plus faible. La qualité de la ripisylve et des berges est également différente entre la zone amont et aval, cette dernière étant jugée beaucoup plus mauvaise sur le Tronçon PRE 3.2.



### Légende

— Protection de berge	Etat des berges (Trait intermédiaire)
— Ramblai	— Bon état
— Limite des TH	— Etat moyen
— Sous bassin versant	— Mauvais état
<u>Profil en long (Trait intérieur)</u>	<u>Ripisylve (Trait extérieur)</u>
— Equilibre	— Bon état
— Erosion	— Etat moyen
— Sédimentation	— Mauvais état

Il est donc proposé de conserver, pour les phases 3 et 4 de l'étude, le découpage en TH utilisé pour la phase Diagnostic en subdivisant toutefois le TH PRE3 et deux Tronçons : TH PRE 3.1 et TH PRE 3.2.

## XI. CAS PARTICULIER DU TRONÇON COU2

### *XI.1. Présentation du Tronçon COU2*

Compte tenu de la dégradation particulièrement importante du Tronçon COU 2 et des dysfonctionnements observés (remblaiement, couverture du cours d'eau, sous-dimensionnement hydraulique, érosion des remblais, apport de gravats et déchets,...) ce tronçon a été volontairement retiré des approches et des analyses réalisées sur le réseau hydrographique. Les dysfonctionnements sont trop importants et le tronçon trop artificialisé pour que les méthodologies mise en œuvre soient adaptées et fournissent des résultats exploitables en terme de diagnostic.

#### XI.1.1. Sectorisation du Tronçon

Le Tronçon COU 2 présente sur quelques centaines de mètres une multitude de dégradations bien spécifiques. Un diagnostic doit donc être établi à une échelle plus fine que celle du Tronçon, une sectorisation est indispensable.

L'extrait cartographique donné en page suivante présente les différents secteurs proposés.

##### XI.1.1.1. Secteur 1 : Linéaire remblayé (435 ml)

Le premier secteur débute au débouché de l'ouvrage de franchissement de la route du Muy. En rive gauche l'incidence de la route est perceptible sur la qualité de la berge. La proximité du cours d'eau a nécessité localement un remblaiement en lit majeur et un enrochement du linéaire de berge. La ripisylve présente également des signes de dégradation : végétation peu dense, peu diversifiée et présence de Canne de Provence.

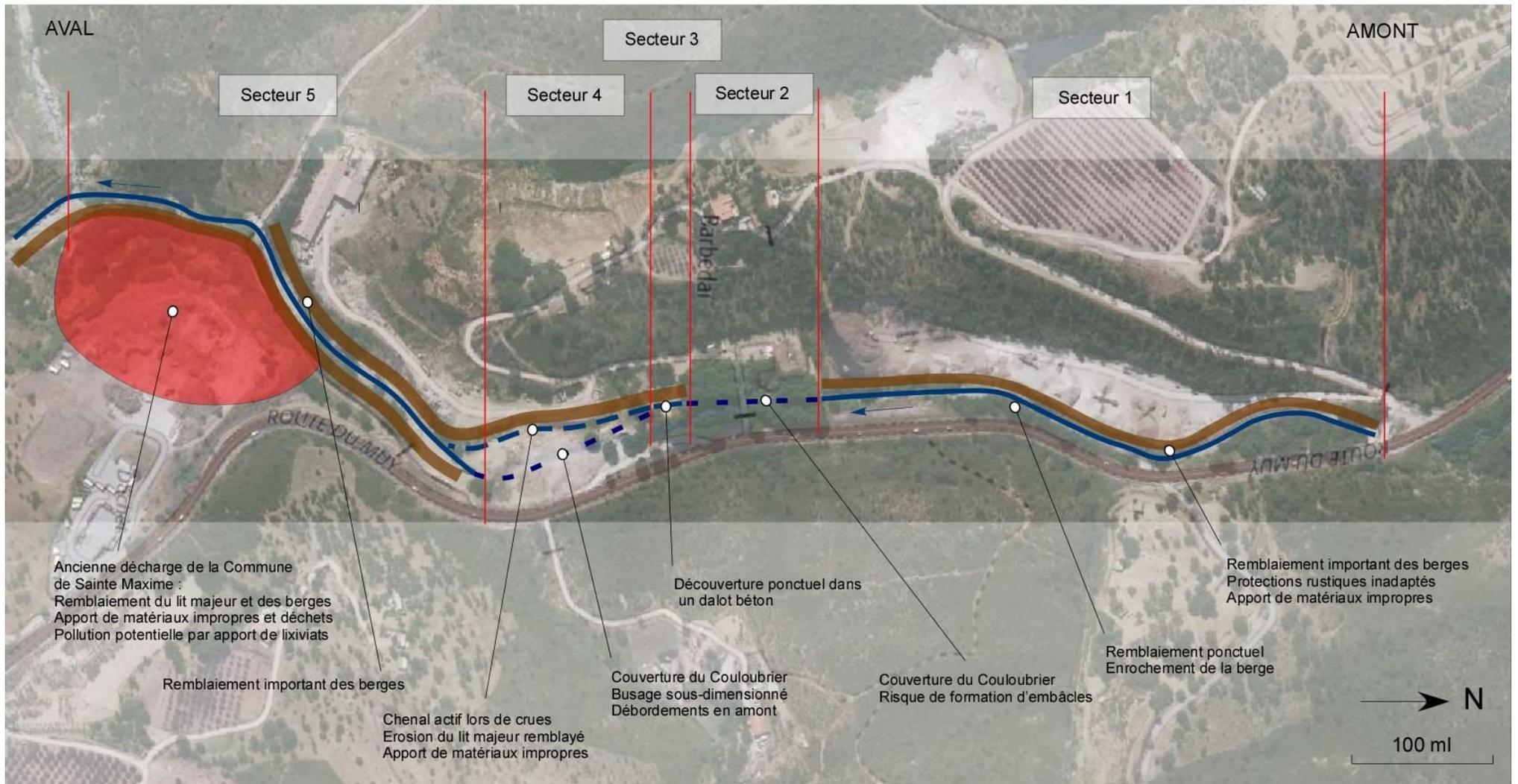


Figure 74 : Sectorisation du Tronçon COU 2

La rive droite a été probablement remblayée afin de créer une plateforme et une zone de stockage. Les matériaux de remblaiement sont de mauvaise qualité et la berge est particulièrement instable.

L'instabilité des berges et la nature des remblais empêchent l'implantation d'une végétation pionnière et stabilisatrice.

A noter que la modélisation hydraulique n'indique pas de débordement pour une Q100 sur ce tronçon. Toutefois, la présence de l'ouvrage sur l'extrémité aval du Tronçon et le risque important de formation d'embâcles, peuvent occasionner des débordements en rive gauche.



### XI.1.1.2. Secteur 2 : Linéaire couvert (125 ml)

Le secteur 2 a été couvert par le propriétaire du site dans les années 70. La couverture a été réalisée en dalot de béton banché (3,8 \* 2,4 m) de façon artisanale et sans dimensionnement particulier.

L'incidence de la couverture sur le transport solide nécessiterait une inspection de l'ouvrage. Le transit du sédiment semble toutefois perturbé, une accumulation de matériaux grossiers ayant été observée par la propriétaire.

En période de crue, le risque de formation d'embâcle est important et peut générer des débordements en rive gauche et entrainer la coupure de la route du Muy.



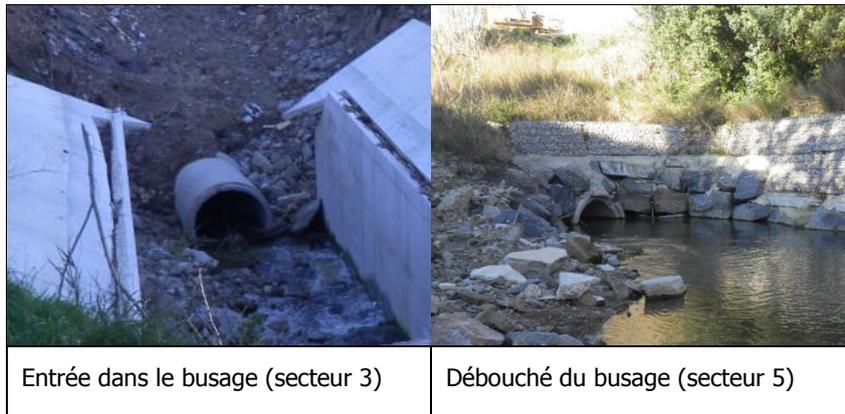
### XI.1.1.3. Secteur 3 : Secteur découvert (40 ml)

Ce court linéaire découvert est fortement dégradé, les berges et le lit ont été bétonnés suites aux violentes crues.



### XI.1.1.4. Secteur 4 : Linéaire busé (125 ml)

Les eaux du Couloubrier sont dérivées dans une buse nettement sous-dimensionnée (D1000) et ne permettant pas l'écoulement de la totalité des débits de crue.



Au-delà des dysfonctionnements profonds générés par le busage du Couloubrier, le sous-dimensionnement de la buse provoque d'importants écoulements en surface qui érodent les terrains remblayés et créent un nouveau lit temporaire. Les quantités de matériaux impropres apportés au cours d'eau se chiffrent en milliers de mètres cubes.



Importante érosion des remblais et création d'un lit temporaire	Apports de matériaux impropres
-----------------------------------------------------------------	--------------------------------

### XI.1.1.5. Secteur 5 : Linéaire remblayé (450 ml)

Ce linéaire est fortement contraint en rive gauche et droite. La rive droite a été fortement remblayée et rehaussée de façon à aménager une plate-forme et une voie de circulation d'engins. Les matériaux sont de nature impropre, peu stables et sont facilement érodés. Il en résulte un apport important de gravats et/ou déchets au cours d'eau. La ripisylve est quasiment absente du fait de l'instabilité des berges et du remblaiement continu.

En rive gauche, la problématique de remblaiement et d'apports de matériaux impropres au cours d'eau est accentuée par la présence de l'ancienne décharge de la commune de Sainte-Maxime. Par endroit, le cours d'eau érode les déchets stockés (Cf. Photographie ci-dessous). Le risque de pollution par lixiviation des remblais est également important.

Le lit est fortement impacté par les apports en matériaux exogènes, par endroit ces matériaux dominent très largement sur les sédiments naturels. En termes de qualité physique, le resserrement du lit tend à homogénéiser les faciès d'écoulements et la qualité des alternances. Les habitats présents apparaissent également pauvres et peu diversifiés.

Sur ce tronçon l'état de dégradation est important et impacte l'ensemble des compartiments physique et biologique du cours d'eau.



### XI.1.2.

### XI.1.3. Dysfonctionnements observés

Le tableau suivant synthétise pour les différents secteurs les dysfonctionnements observés :

Disfonctionnement	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Secteur 5
Dégradation / suppression de la ripisylve	Fort	Total	Total	Total	Fort
Dégradation / artificialisation des berges	Fort	Total	Total	Total	Fort
Remblaiement du lit majeur, des berges	Fort	Total	Total	Total	Fort
Apport de matériaux impropres	Fort	Non	Non	Fort	Fort
Risque de pollution	Fort	Non	Non	Possible	Avéré
Perturbation du transport solide	Faible	Moyen	Fort	Fort	Fort
Dégradation des habitats	Moyen	Total	Total	Total	Fort

La totalité des secteurs présente de lourds dysfonctionnements d'ordres morphodynamique et hydro-écologique.

### XI.1.4. Incidences sur les cours d'eau

Le Tronçon COU 2 présente, compte tenu des nombreux dysfonctionnements observés, un impact fort sur le Couloubrier mais également sur le Préconil.

Sur le plan morphodynamique, la multitude d'aménagements successifs (remblaiement, couverture du cours d'eau, artificialisation des berges,...) a une incidence forte sur le transport solide et sur la nature des matériaux transportés. La mobilité des sédiments entrants sur le Tronçon ne semble pas perturbée de façon significative, la prospection de terrain n'a pas mis en évidence de dépôts importants de sédiments et une rétention de matériaux.

L'altération du transport solide concerne les apports potentiels au cours d'eau. L'artificialisation et le remblaiement des berges ne permettent pas, sur ce secteur, une recharge sédimentaire naturelle et efficace. Au contraire, les apports sont de nature exogène, impropres et en inadéquation avec la constitution d'un lit de cours d'eau susceptible de permettre le développement d'une faune aquatique intéressante.

Il en est de même concernant la qualité du milieu physique, la rectification et le remblaiement du Couloubrier sur ce Tronçon, ont conduit à une homogénéisation des faciès d'écoulement ainsi qu'à une destruction ou une dégradation des habitats.

Concernant le volet hydro-biologique, l'incidence est majeure, la qualité des berges et du lit ainsi que l'important linéaire de couverture impactent fortement et durablement le développement d'une flore et d'une faune équilibrée et diversifiée.

Les secteurs couverts et tout particulièrement le passage busé (Secteur 4) entraînent une rupture de la continuité écologique du Couloubrier isolant ainsi distinctement le secteur amont bien préservé du secteur aval où certaines espèces patrimoniales telles que l'Anguille ou le Barbeau méridional sont potentiellement présentes.

## ***XI.2. Enjeux et objectifs de gestion sur le Tronçon COU2***

Sur le Tronçon COU 2, les enjeux présents sont les suivants :

Enjeux humains : En période de crues les débordements préférentiels s'observent en rive gauche et menacent directement la route du Muy. Rappelons que cette voie de circulation est l'axe majeur reliant les communes du Plan de la Tour et de Sainte Maxime vers le Nord et le réseau autoroutier. Au-delà du risque inondation, il faut souligner le fonctionnement hydraulique totalement anarchique de ces secteurs, induit par la juxtaposition d'aménagements non réfléchis, non dimensionnés, sans prise en compte du milieu naturel et ayant pour seule finalité de faciliter l'exercice de certaines activités.

Enjeux environnementaux : Bien que la richesse écologique apparaisse assez pauvre sur le Couloubrier (absence d'espèce piscicole ou d'une microfaune patrimoniale), l'état de dégradation du cours d'eau justifie que l'enjeu environnemental soit fort et qu'une restauration puisse permettre d'envisager un retour d'espèces patrimoniales.

Compte tenu de l'importance des dysfonctionnements et des dégradations observées, l'orientation à poursuivre est une reconquête et une renaturation totale du cours d'eau sur l'ensemble du linéaire du Tronçon.

Le gain attendu est de nature écologique mais également hydraulique.

Les objectifs retenus seront les suivants :

- Restaurer une cohérence hydraulique en supprimant les couvertures sous-dimensionnées,
- Restaurer la continuité écologique par la suppression des obstacles,
- Rétablir le transport solide par la suppression des remblais érodables et par le nettoyage du cours d'eau (y compris les matériaux ayant dévalés),
- Assurer la stabilité des berges par des techniques appropriées et prioritairement par des techniques issues du génie végétal,
- Restaurer une ripisylve équilibrée et diversifiée par le traitement des remblais et la réalisation de plantations,
- Améliorer la qualité physique du milieu en créant, sur les secteurs où l'emprise le permet, une sinuosité favorisant la diversification des faciès,
- Supprimer les apports polluants en isolant les remblais de la décharge et en gérant les arrivées de lixiviats.

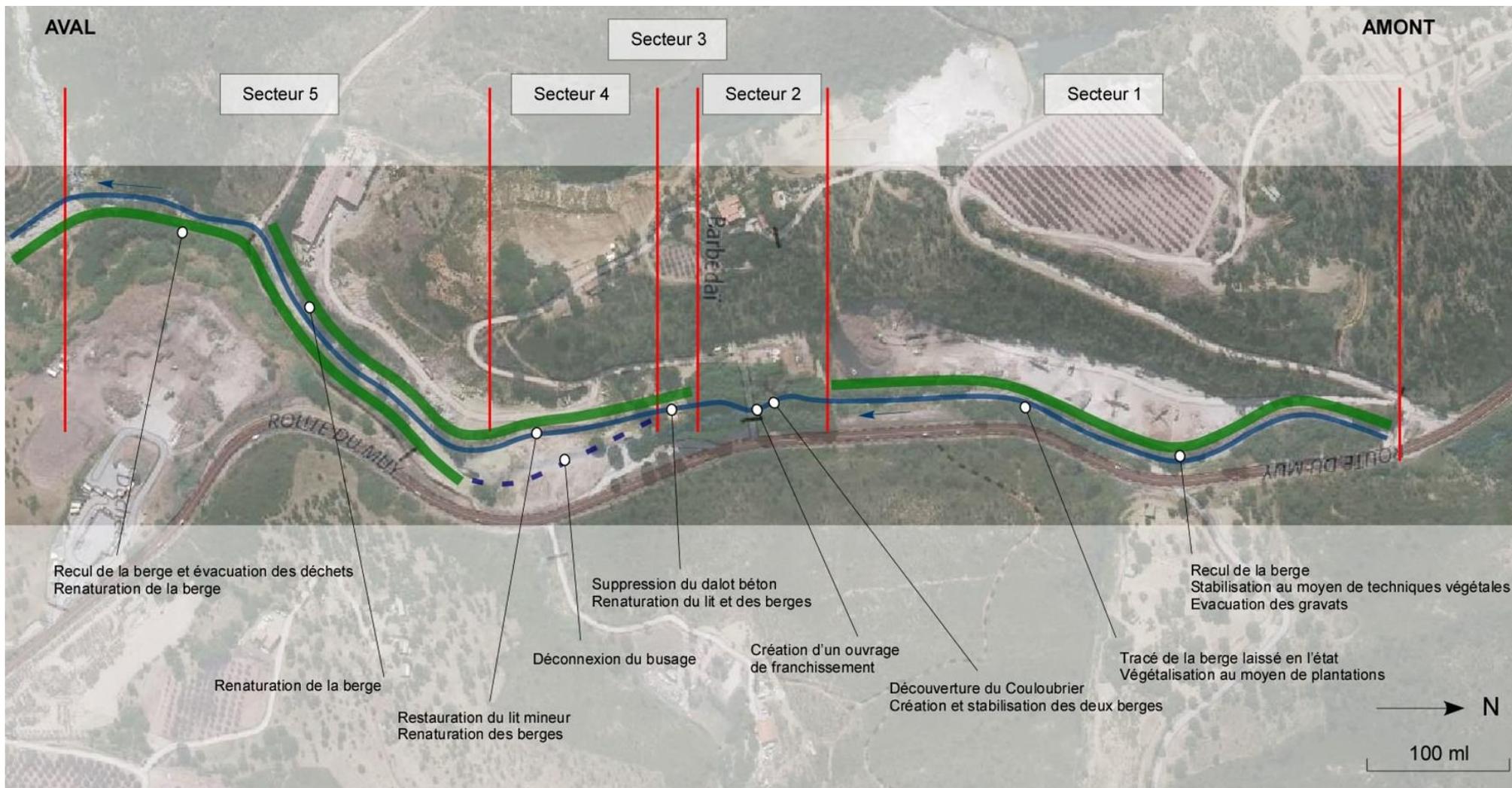


Figure 75 : Objectifs et principes de restauration du Tronçon COU 2



## XII. BIBLIOGRAPHIE

Schéma d'aménagement et d'entretien du Préconil, IPSEAU, mai 1998.

Etude des travaux d'aménagement du Préconil soumis à autorisation, SOGREAH, juin 2003.

Travaux d'entretien de la ripisylve du Préconil et de ses affluents – Programme 2005-2013, GREN février 2005.

Recueil des laisses de crue de l'événement du 18 septembre 2009 sur le bassin du Préconil, EGIS EAU, décembre 2009.

Etude préalable à la réalisation de travaux de curage du Préconil et de ses affluents IDRA ENVIRONNEMENT, mars et août 2011.

Actualisation de l'étude des travaux d'aménagement du Préconil, SOGREAH, août 2010.

Mission sur les inondations de Sainte-Maxime, les 18 et 19 septembre 2009, Conseil Général service de l'Environnement et du Développement Durable MM. Pauc et Le Quentrec MEEDDM, octobre 2009.

Aménagements de protection du littoral à l'embouchure du Préconil, Dossier d'utilisation des dépendances du Domaine Public Maritime, ERAMM Commune de Sainte-Maxime, janvier 2009.

Embouchure du Préconil, Evaluation des risques liés aux dépôts alluvionnaires en mer, ERAMM Commune de Sainte-Maxime, décembre 2009.

Aménagements de protection à l'embouchure du Préconil, Dossier de déclaration au titre du Code de l'environnement (articles L.214-1 et suivants), CEC Commune de Sainte-Maxime, juillet 2007.

Etude hydraulique des conséquences de l'ensablement du Préconil, HGM/ACRI-IN, mai 2014

Plan de Prévention du Risque Inondation de Sainte - Maxime, décembre 2000 (en cours de révision).

Dossier de candidature au PAPI complet

Recensement des zones de frayères du Barbeau Méridional sur le cours inférieur du Préconil, IDRA, 2013.

Etude d'impact de l'étude de liaison hydraulique Verdon/Saint-Cassin – Sainte-Maxime, BARTH Environnement, 2012.

Réalisation d'un diagnostic environnemental sur le secteur du Moulin, EGIS France, 2012.

Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau, Guide Technique n°2, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, novembre 1998.

GREN, Déclaration d'intérêt général Document d'incidence Travaux d'entretien de la ripisylve du Préconil et de ses affluents (2005).

CEEP, Gestion et conservation post incendie des mares et ruisseaux (2010).

PDPG du Var, FDPPMA du Var.

Levers LIDAR (territoire partiellement couvert).

Profils en travers du Préconil et d'une partie de ses affluents (livraison prévue pour novembre 2014).

Etude et cartographie de l'érosion des sols dans un vignoble du Sud-est de la France ; Dennis FOX, Claude MARTIN, Julien GROSSO et Jean MORSCHER ; 2008

## **XIII. ANNEXES**

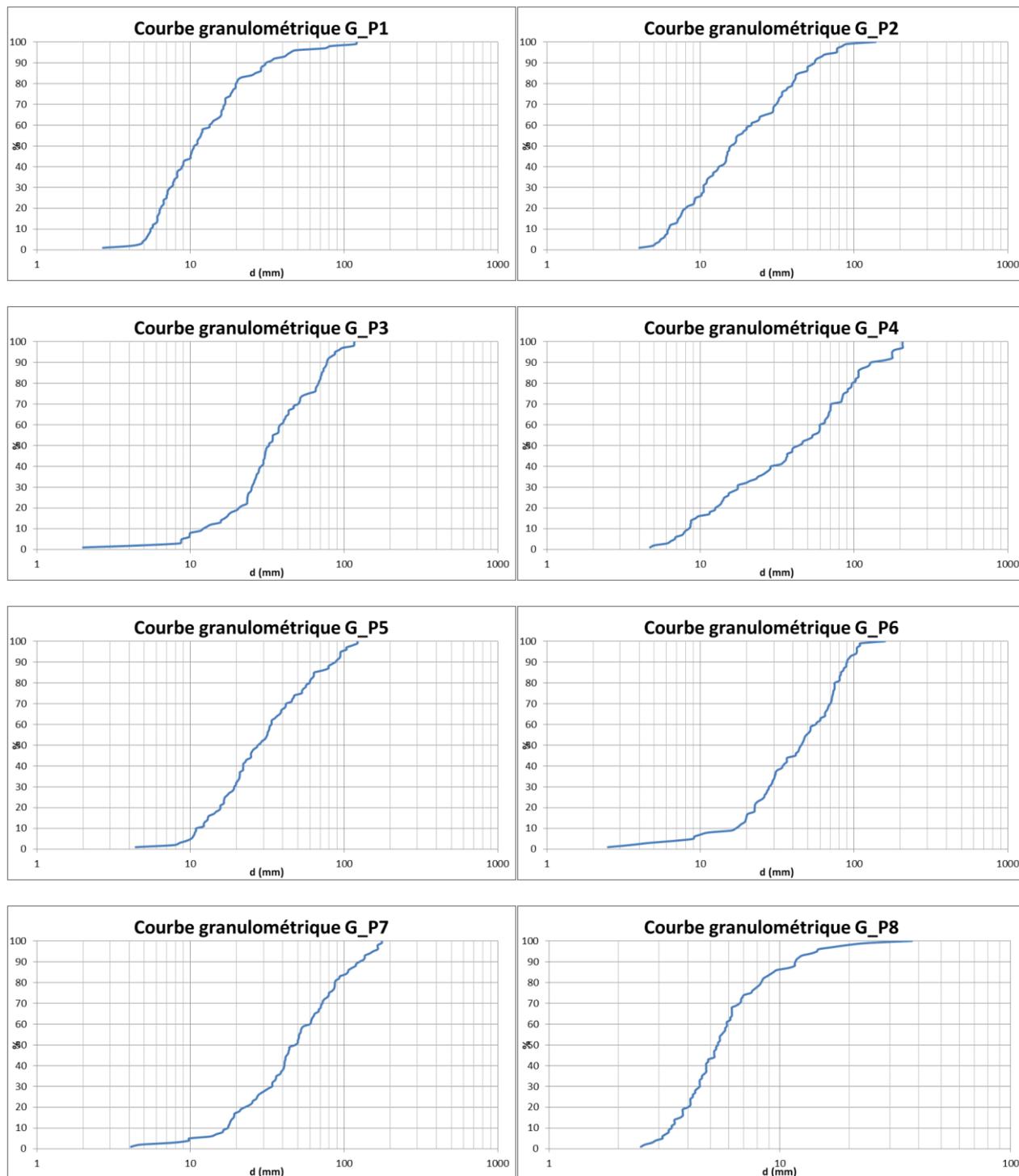
# ANNEXE 1 : ETUDE HYDRO\_MORPHODYNAMIQUE LITTORALE

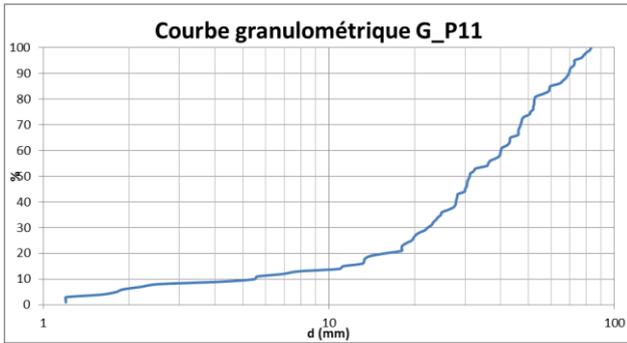
Cf. rapport indépendant

"Interactions entre l'hydraulique du fleuve Préconil et l'hydro-morphodynamique littorale de la bordure Nord du Golfe de Saint Tropez – Frédéric Bouchette – 2015."

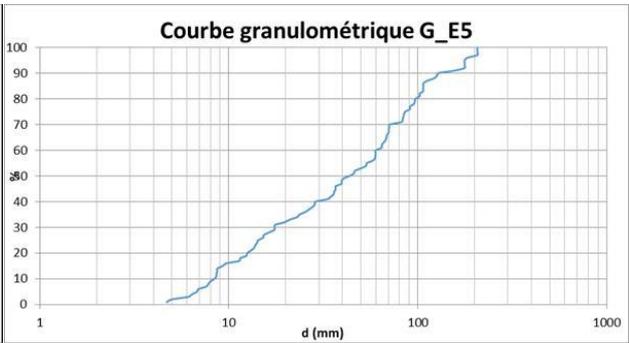
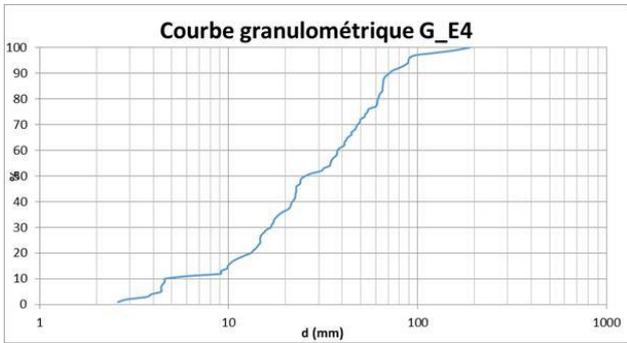
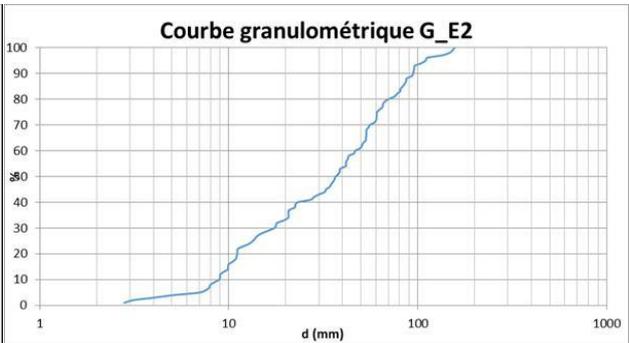
# ANNEXE 2 : GRANULOMETRIE

## PRECONIL :

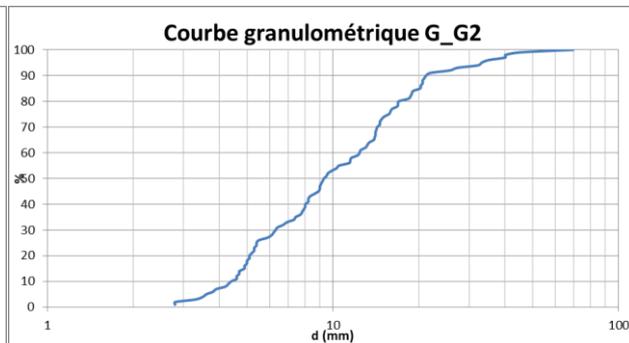
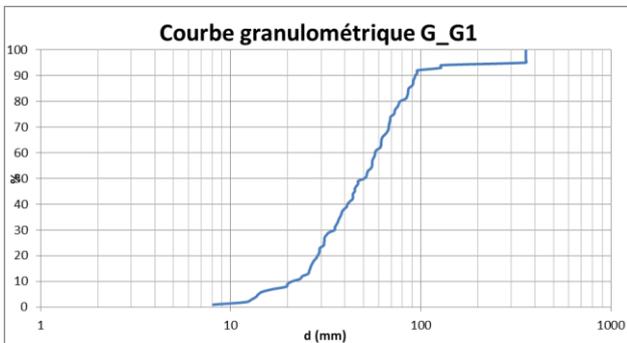


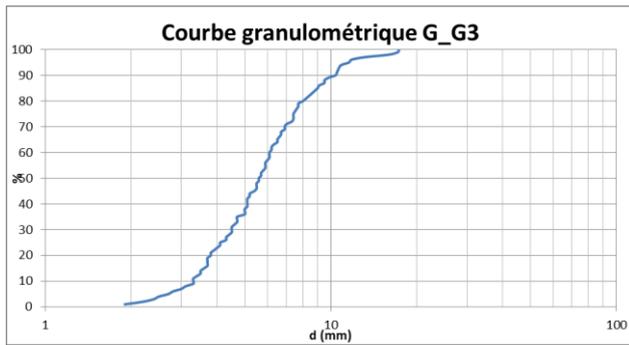


**EMPONSE :**

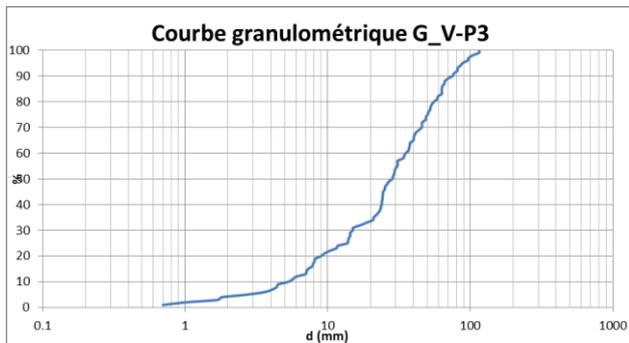
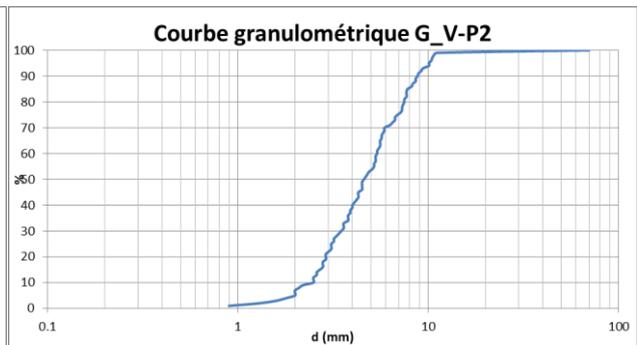
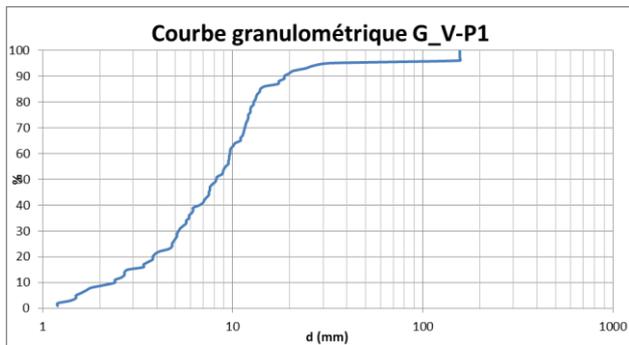


**GOURIER :**

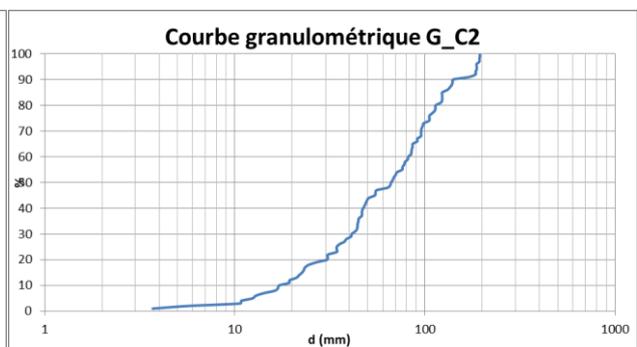
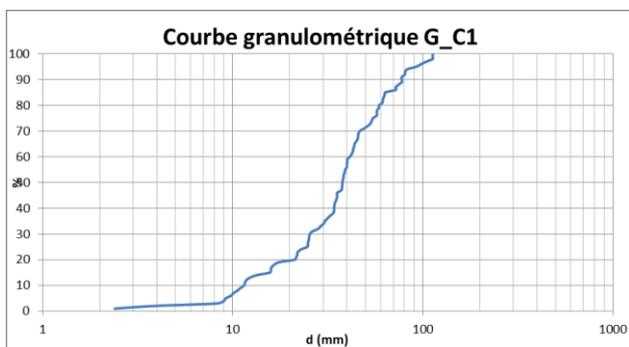


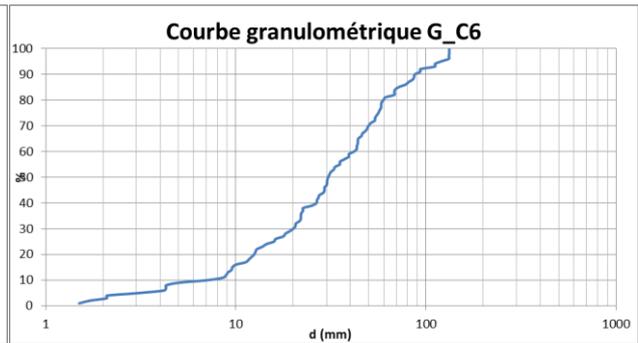
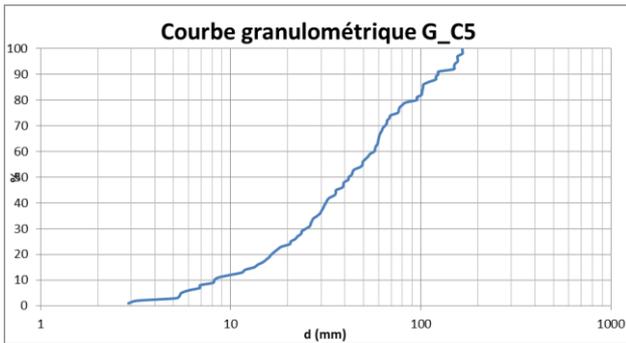
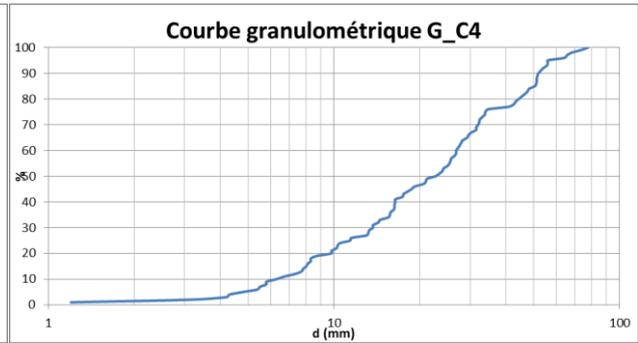
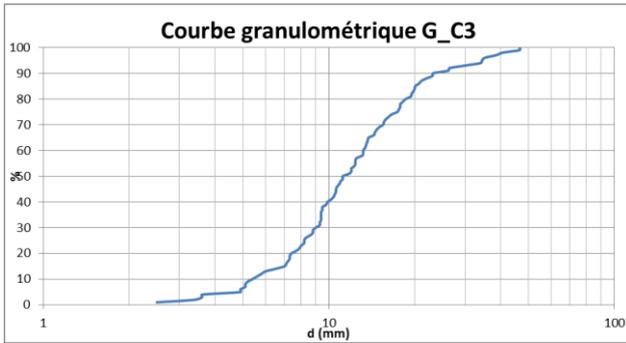


**VALLON DES PRES :**

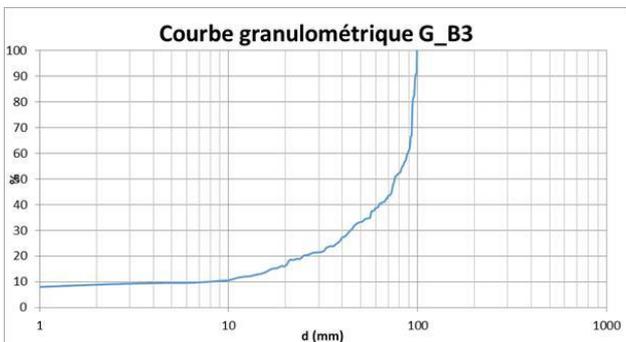
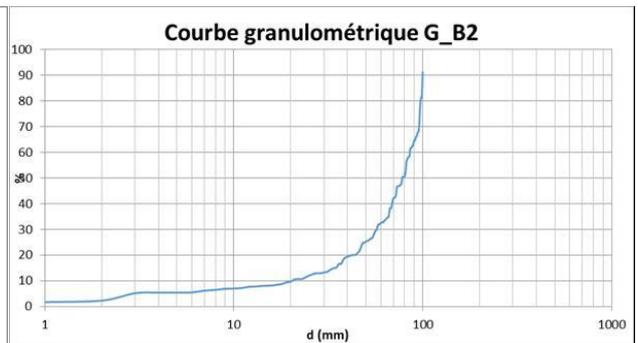
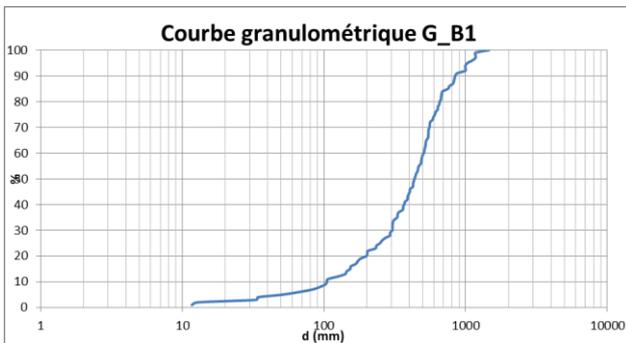


**COULOUBRIER :**





**BOUILLONNET :**



## ANNEXE 3 : CANEVAS D'APPRECIATION DES ENJEUX

Classe d'enjeu	Définition de l'enjeu	Niveau d'enjeu
<b>Humain</b>	Zone urbaine, infrastructures à forte fréquentation (routes départementales, autoroutes, voie ferrée)...	4
	Habitations groupées, Routes communales	3
	Habitation isolée, Route isolée peu usitée, ...	2
<b>Socio-économique</b>	Zones industrielles et commerciales, Réseaux (lignes majeur : collecteurs principaux, lignes HT, canalisation AEP principales et captages...)	4
	Exploitations agricoles (bâtiments et installations), réseaux secondaires, Stations d'épuration, déchetterie, zone à forte fréquentation touristique...	3
	Réseaux de desserte individuelle, espace vert, cultures à forte valeur ajoutée (vignobles, vergers, installations d'irrigation, serres, pépinières...)	2
	Cultures à faible valeur ajoutée (cultures annuelles : céréales, maraichages, prairies...)	1
<b>Environnementaux</b>	Habitats prioritaires (Directive Habitat), Espèce protégée ou à forte valeur patrimoniale et son habitat, Zones humides d'importance, circulation piscicole d'espèces cibles...	2
	Habitats dont l'altération induirait une atteinte généralisée à l'équilibre et la richesse écologique en place (mosaïque d'habitats, corridor, bras morts...).	1
	Autre (bois et friches)	0