

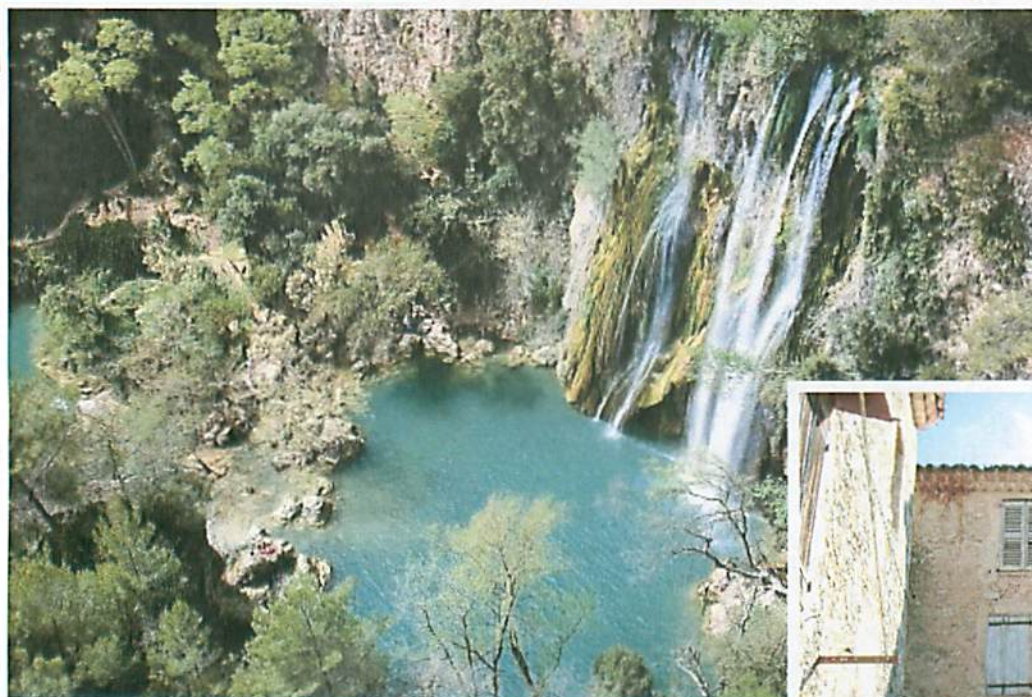
Commune de Sillans-la-Cascade



14

Etude Hydraulique

(projet de la place du 08 Mai)



Vu pour être annexé à la délibération du
Conseil Municipal du ..1.7 JUIN 2013...
approuvant les dispositions du plan local
d'urbanisme


Christian GRIMALDI

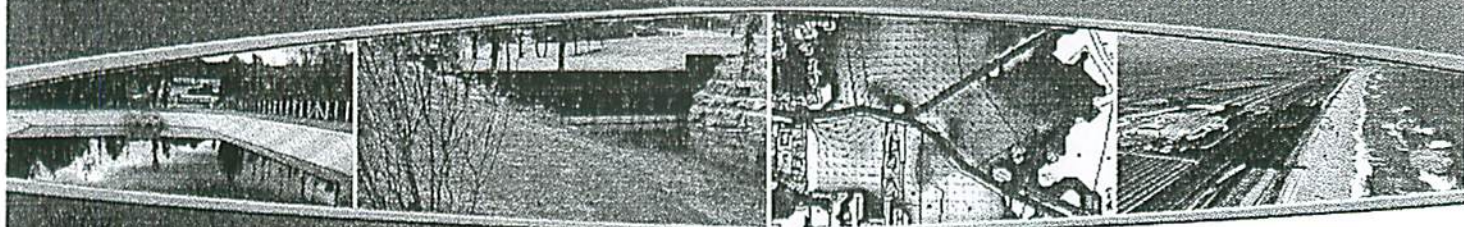


ETUDE MM2634C

ETUDE DE VULNERABILITE

Projet d'aménagement de la
place du 8 Mai sur la
commune de Sillans-la-
Cascade (83)

COMMUNE DE SILLANS-LA-CASCADE



 **INGÉROP**
Conseil & ingénierie

Mars 2012



© une marque
Ingérop Conseil & Ingénierie



® une marque



INGEROP Conseil & Ingénierie ■ Région Méditerranée ■ Agence d'Aix en Provence

Domaine du Petit Arbois ■ Pavillon Laennec ■ B.P 20056 ■ 13 545 AIX EN PROVENCE Cedex 04

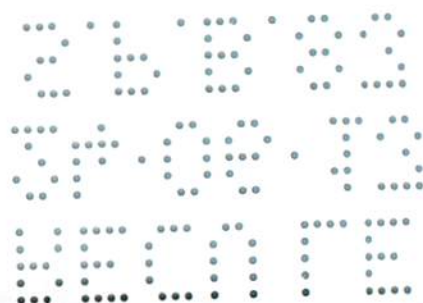
Téléphone : +33 4 42 50 83 00 - Télécopie : +33 4 42 50 83 01

E-mail : ipseau@ingerop.com

Siège Social : 168/172, boulevard de Verdun - 92408 Courbevoie Cedex - France
Téléphone : 33 (0) 1 49 04 55 00 - Télécopie : 33 (0) 1 49 04 57 01 - E-mail : ingerop@ingerop.com
S.A.S. au capital de 5 800 000 € - R.C.S. Nanterre B 489 626 135 - N° Siret 489 626 135 00011 - APE 7112B - Code TVA n° FR 454 895 261 35



Version	Date	Intitulé	Rédaction	Lecture	Validation
1	Mars 2012	Etude hydraulique	AV	SH	SH



SOMMAIRE

1.	PRESENTATION DE L'ETUDE.....	1
1.1.	OBJET.....	1
1.2.	SITUATION.....	2
1.3.	DESCRIPTION DU FUTUR AMENAGEMENT.....	2
1.4.	CONTEXTE D'INONDABILITE.....	3
2.	ANALYSE HYDROLOGIQUE.....	4
2.1.	CLIMATOLOGIE – PLUVIOMETRIE.....	4
2.1.1.	Climat général et pluviométrie annuelle.....	4
2.1.2.	Précipitations maximales journalières.....	4
2.1.3.	Précipitations maximales de courtes durées.....	5
2.2.	RESEAU HYDROGRAPHIQUE LOCAL.....	6
2.3.	ETUDE HYDRAULIQUE EXISTANTE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA BRESQUE.....	7
2.4.	ETUDE HYDROLOGIQUE COMPLEMENTAIRE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA BRESQUE.....	11
2.4.1.	Caractéristiques du bassin versant étudié.....	11
2.4.2.	Estimation des débits caractéristiques de la Bresque.....	12
3.	MODELISATION HYDRAULIQUE DE L'ETAT ACTUEL.....	14
3.1.	DESCRIPTION DU SITE ETUDIE.....	14
3.2.	METHODOLOGIE.....	16
3.3.	PARAMETRES DE LA MODELISATION.....	16
3.3.1.	Géométrie du cours d'eau.....	16
3.3.2.	Débits modélisés.....	16
3.3.3.	Rugosité.....	21
3.3.4.	Conditions aux limites.....	21
3.4.	RESULTATS.....	21
3.4.1.	Crue centennale.....	22
3.4.2.	Crue historique du 7 septembre 1872.....	22
3.4.3.	Commentaires.....	24
4.	CONCLUSIONS ET PRECONISATIONS A RESPECTER.....	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan de situation du projet.....	2
Figure 2 : Zones inondables au droit du projet – Approche Hydrogéomorphologique	3
Figure 3 : Bassin versant et réseau hydrographique local	9
Figure 4 : Pont actuel de la RD560 PR55+500 – vue amont depuis la rive gauche.....	14
Figure 5 : Vue aval du pont, depuis la route.....	15
Figure 6 : A gauche, seuil amont au droit du profil P1 – A droite, seuil aval au droit du profil P-2.....	15
Figure 7 : Laisse de crue du 7 septembre 1872 sur le pont de la RD560.....	17
Figure 8 : Implantation des profils en travers	19
Figure 9 : Profil en long de la Bresque et lignes d'eau modélisées pour une crue centennale et la crue historique de référence.....	23
Figure 10 : Vue en coupe des écoulements sous le pont de la RD560	24
Figure 11 : Zone inondable de la Bresque pour la crue centennale et la crue historique de 1872.....	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Quantiles de pluies en mm à la station de Régusse (Méthode SHYPRE – source : Météo France)	6
Tableau 2 : Données « Etude hydraulique – Sillans-la-Cascade, RTM 2009 »	8
Tableau 3 : Extrait des débits de crue estimés au droit de Sillans-la-Cascade, RTM 2009.....	8
Tableau 4 : Caractéristiques du bassin versant de la Bresque au droit du pont.....	11
Tableau 5 : Coefficients de ruissellement décennaux par type d'occupation du sol.....	11
Tableau 6 : Débits de pointe calculés à l'aide des méthodes CRUPEDIX et RATIONNELLE	13
Tableau 7 : Débits de crue issus de l'étude RTM de 2009	13
Tableau 8 : Débits de pointe retenus au droit du site étudié.....	13
Tableau 9 : Coefficients de Strickler retenus pour la modélisation	21
Tableau 10 : Résultats de modélisation pour la crue centennale	22
Tableau 11 : Résultats de modélisation pour la crue historique de 1872	22

1. PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1. OBJET

La commune de Sillans-la-Cascade souhaite aménager la Place du 8 Mai située en rive gauche de la Bresque, en aval du pont sur la route départementale n°560.

Selon l'Atlas des Zones Inondables réalisé par la DREAL Provence-Alpes-Côte-d'Azur, le terrain d'implantation du projet est situé en lit majeur hydrogéomorphologique de la Bresque.

Néanmoins, selon l'étude réalisée par Ingérop Conseil & Ingénierie en 2010 pour le Conseil Général du Var relative au projet de passerelle piétonne, le terrain n'est, à priori, pas inondable par la crue centennale dans les conditions normales d'écoulement.

Afin d'instruire le permis de construire, la DDTM 83 a souhaité la réalisation d'une étude de vulnérabilité au droit de la future opération, objet du présent rapport.

Les objectifs sont :

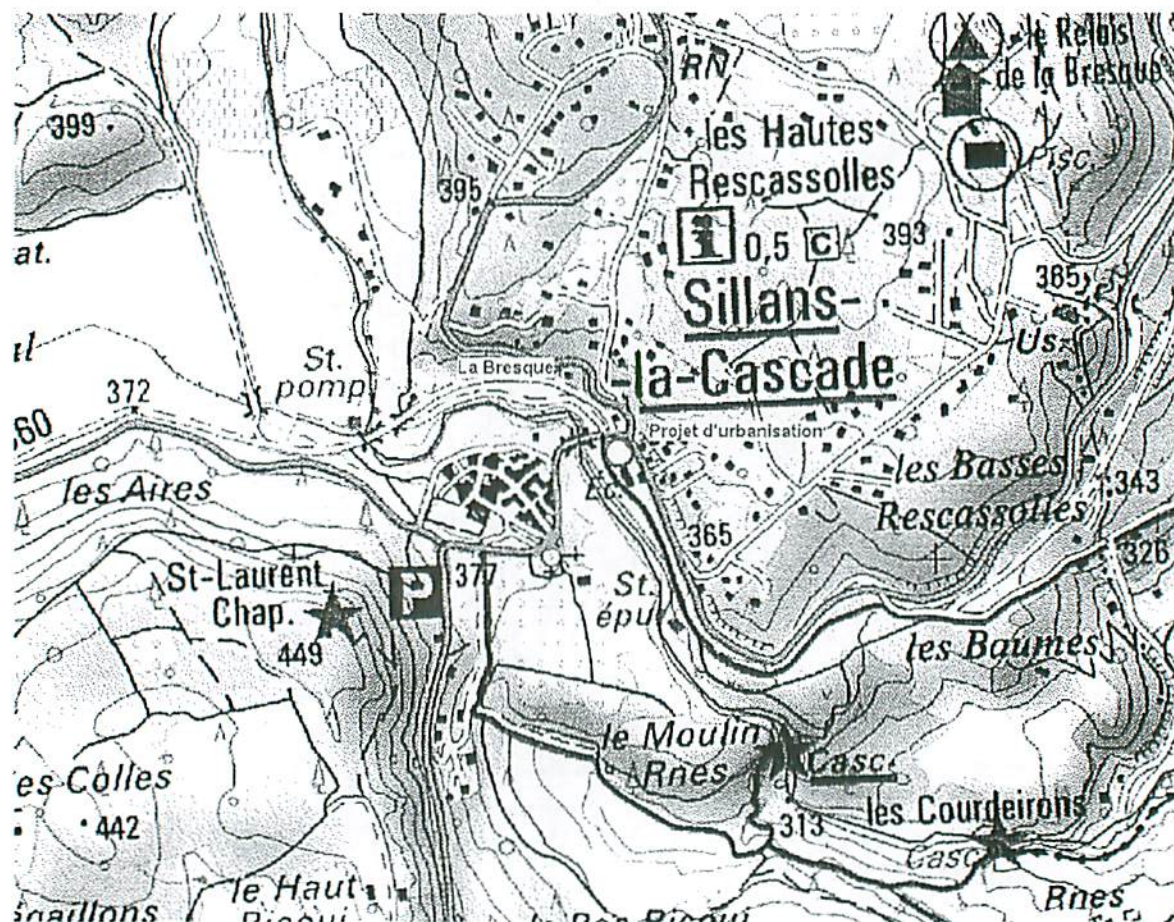
- Identifier et préciser l'aléa inondation au droit du projet,
- Examiner la vulnérabilité du projet au regard de ses activités et équipements envisagés,
- Faire, si besoin, des propositions en matière de mesures de prévention, protection et sauvegarde.



1.2. SITUATION

Le terrain concerné par le projet est localisée en rive gauche de la Bresque, en aval du pont de la RD560 entre la route départementale et l'école.

Figure 1 : Plan de situation du projet



L'altimétrie du site varie entre 363 et 364 m NGF. L'accès au futur bâtiment se fera par la RD560.

Actuellement, le terrain est artificialisé par un revêtement de type enrobés / gravillons.

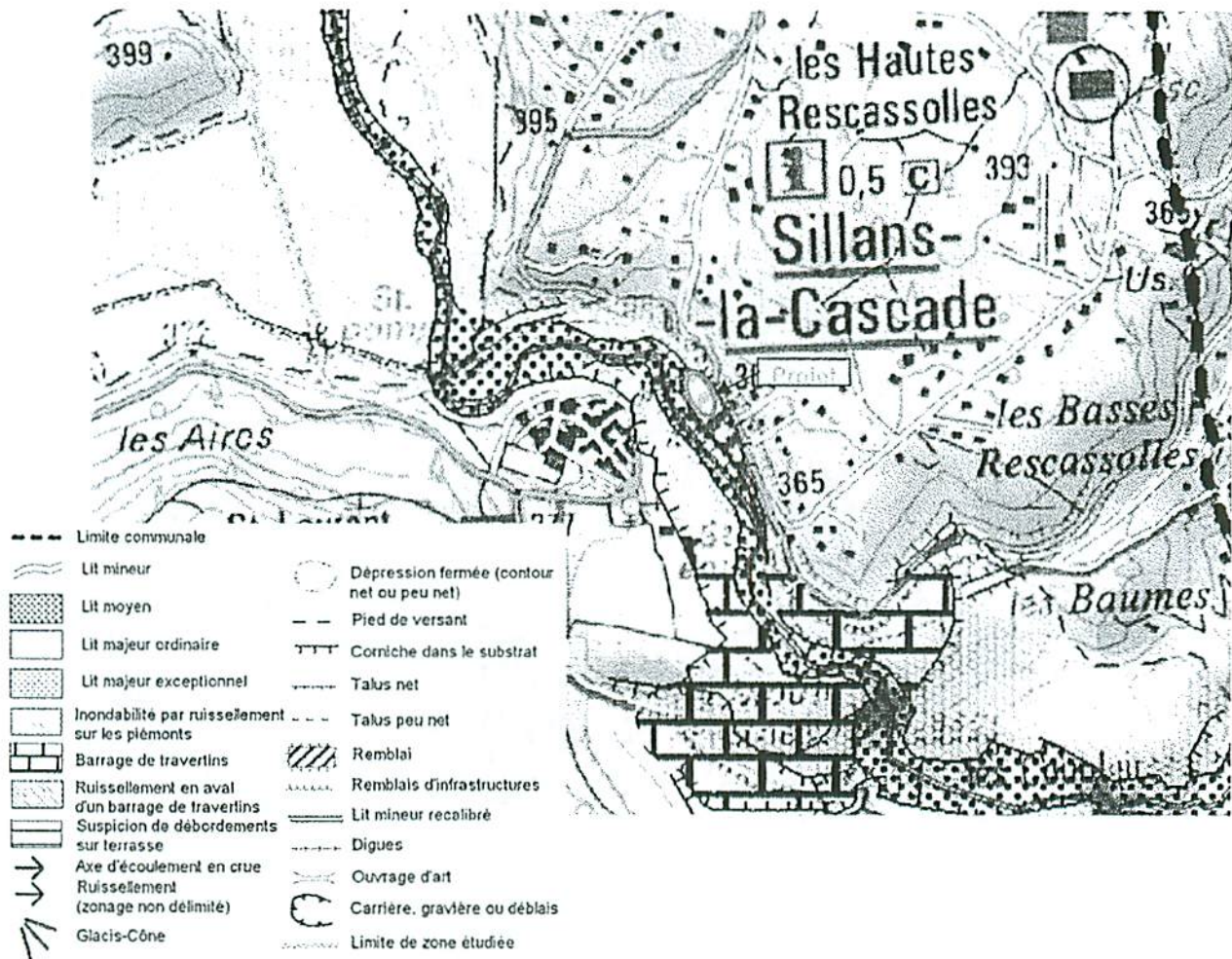
1.3. DESCRIPTION DU FUTUR AMENAGEMENT

Il est projeté de réaliser un bâtiment de type R+1 dont la surface totale sera de l'ordre de 800 m² à 1 000 m². L'occupation des locaux sera diverse : micro-crèche, mairie, supérette, appartements...

1.4. CONTEXTE D'INONDABILITE

La parcelle étudiée est implantée en bordure de la Bresque, au droit d'une zone identifiée comme étant en remblai.

Figure 2 : Zones inondables au droit du projet – Approche Hydrogéomorphologique



2. ANALYSE HYDROLOGIQUE

2.1. CLIMATOLOGIE – PLUVIOMETRIE

2.1.1. Climat général et pluviométrie annuelle

Le secteur d'étude se trouve dans une région au climat méditerranéen. Celui-ci est caractérisé par les fréquentes sécheresses estivales et la violence des précipitations orageuses de la fin de l'été ou automnales.

Les pluies sont souvent très irrégulières tant d'un mois à l'autre que d'une année sur l'autre. Au regard de la lame d'eau moyenne annuellement précipitée, elles sont relativement peu abondantes : elles représentent en effet un total moyen de l'ordre de **850 mm par an**, répartis sur une soixantaine de jours.

Les principaux apports proviennent de violentes averses à la fin de l'été ou durant l'automne. Ces événements, qui peuvent être très localisés dans le temps et dans l'espace, de très forte intensité, provoquent souvent des inondations brèves mais catastrophiques.

2.1.2. Précipitations maximales journalières

Les principales caractéristiques pluviométriques du périmètre d'étude, en ce qui concerne les pluies maximales journalières, peuvent être estimées à partir des postes d'observation locaux ou régionaux pour lesquels on dispose des enregistrements de hauteurs de pluies journalières ainsi qu'à partir de divers documents de référence (analyse des pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes métropolitains, cartes régionales établies par les services de la Météorologie Nationale pour la pluviométrie et les coefficients de tempérance).

Il existe plusieurs stations pluviométriques dans le département du Var, dont la station de Cotignac située à 6 km au sud de Sillans-la-cascade.

Les valeurs obtenues sur les postes pluviométriques de la région conduisent à adopter les valeurs moyennes de pluie décennale journalière suivante :

→ **Pluie décennale journalière non centrée** $P_{10 \text{ (jour)}} = 106 \text{ mm}^*$

La correction de Weiss permet d'estimer la valeur de la précipitation maximale journalière centrée sur l'intensité maximale :

→ **Pluie décennale journalière centrée** $P_{10 \text{ (24h)}} = 121 \text{ mm}^*$

* : Analyse des pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes métropolitains, cartes régionales établies par les services de la Météorologie Nationale Française

Cette station située à proximité du secteur d'étude ne permet cependant pas d'étudier la pluviométrie sur des courtes durées, elle renseigne seulement sur la pluviométrie journalière.

2.1.3. Précipitations maximales de courtes durées

Les précipitations maximales sur des courtes durées (c'est-à-dire des pas de temps inférieurs à la journée) constituent des données fondamentales lorsqu'il s'agit de prévoir le comportement de petits bassins versants sensibles aux précipitations orageuses très intenses, mais d'assez courte durée. Le bassin versant de la Bresque s'étend sur une surface de l'ordre de 110 km². Le bassin versant relativement grand a cependant un temps de concentration inférieur à la journée. L'utilisation des précipitations sur de courtes durées est alors appropriée pour l'estimation des débits de pointe.

Deux stations pluviométriques aux abords du secteur d'étude permettent d'analyser ces précipitations de courtes durées :

- la station du **Cannet des Maures** (période 1973-2002) dans le département du Var : poste situé à environ 30 km de Sillans-la-cascade à une altimétrie de 200 m ;
- la station de **Régusse** (période 1980-1999) dans le Var, située à environ 10 km à une altimétrie de 500 m.

Le contexte géographique et altimétrique du secteur d'étude (370 m NGF) est relativement plus proche de celui de la station de Régusse (500 m NGF), que de celui de la station du Cannet des Maures (200 m NGF). Le comportement pluviométrique de la station de Régusse semble ainsi plus représentatif de la pluviométrie rencontrée sur le site étudié.

Les quantiles de pluies de la station de Régusse ont été collectés auprès de Météo France, ils ont été calculés par le modèle SHYPRE développé par le CEMAGREF.

SHYPRE, acronyme de Simulation d'HYdrogrammes pour la PREdétermination des crues, est une méthode développée au groupement d'Aix-en-Provence du Cemagref.

Initialement, l'étude d'une cinquantaine de postes pluviographiques, situés sur le pourtour méditerranéen français, a permis de déterminer les lois de probabilité théoriques qui reproduisent au mieux les distributions de fréquences empiriques des différentes variables.

Le calage de ces différentes lois de probabilité à chacun des postes permet de définir un modèle local.

Les techniques de simulation permettent de générer de très longues chroniques de pluie

horaire (sur 100 000 ans, par exemple). Un simple classement des pluies et des débits simulés permet de tracer les distributions de fréquence « empiriques » des pluies et des débits de toutes durées et d'en déduire les quantiles pour une large gamme de périodes de retour, de 2 à 1000 ans.

Le Cemagref a établi un maillage (mailles de 1km²) et déduit les quantiles de pluie en différents sites à partir des postes pluviométriques existants.

Les données ci-dessous correspondent donc à la maille centrée sur le secteur d'étude de la commune de Régusse.

Tableau 1 : Quantiles de pluies en mm à la station de Régusse (Méthode SHYPRE – source : Météo France)

Durée	Période de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
6 min	21.1	27.9	34.6	42.0	50.5	56.2
15 min	26.1	34.0	41.5	49.6	59.3	66.1
30 min	30.6	39.5	47.5	56.3	66.9	74.6
1 h	36	46.1	54.7	64.3	76.1	84.9
2 h	41.5	52.6	61.6	71.4	83.8	93.3
3 h	46.5	58.6	68.1	78.9	92.7	103.5
4 h	50.2	63.5	74.2	85.1	100.5	114
6 h	55.7	70.8	82.7	95.6	114.6	137.7
12 h	66.2	83.2	97.5	113.4	144.9	169.3
24 h	76	94.8	110.9	129.7	165.2	193.5

Nota : les valeurs en gris sont extrapolées par la méthode de Montana.

2.2. RESEAU HYDROGRAPHIQUE LOCAL

La Bresque est un affluent rive gauche de l'Argens. Elle prend sa source sur la commune de Fox-Amphoux, à une altitude d'environ 465 m au pied du versant sud du Parc Naturel Régional du Verdon.

Orientée Nord-Ouest – Sud-Est dans sa partie amont, elle reçoit un premier affluent en rive droite, le ruisseau des Rayères sur la commune de Fox-Amphoux, puis plusieurs affluents majeurs en rive gauche qui drainent le versant sud des premiers contreforts des massifs du Verdon :

- le vallon de l'Oure à Sillans-la Cascade,

- le vallon de la Brague et le vallon de Pelcourt à Salernes.

A l'amont de Sillans-la-Cascade, la rivière présente un tracé relativement rectiligne et encaissé, avec une pente moyenne comprise entre 0,8% et 1,5 %. La cascade de Sillans-la-Cascade correspond à une chute d'eau de 42 m de haut.

En amont du pont de la RD 560, la Bresque présente un méandre d'une longueur d'environ 80 m. La rive droite de ce méandre sert potentiellement de zone d'expansion des crues en cas de débordements de la Bresque.

A partir de Salernes, la Bresque prend une orientation globale Nord-Sud, la plaine alluviale s'élargit de façon assez importante du fait des deux affluents importants que sont le vallon de la Brague et le vallon de Pelcourt.

A l'aval d'Entrecasteaux, en limite de la commune du Thoronnet, la Bresque se jette dans l'Argens.

2.3. ETUDE HYDRAULIQUE EXISTANTE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA BRESQUE

Le Conseil Général du Var a fait réaliser en 2009 une étude hydrologique et hydraulique sur la rivière de la Bresque à Sillans-la-Cascade. Le bureau d'étude en charge de l'étude, RTM, avait pour mission :

- une analyse hydraulique de la rivière afin de définir les contraintes hydrauliques à intégrer lors d'aménagements futurs,
- une analyse des possibilités d'aménagement d'une Zone d'Expansion de Crue au niveau des prairies dominant la grande cascade.

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques du bassin versant de la Bresque au droit de Sillans-la-Cascade définies par le bureau RTM.



Tableau 2 : Données « Etude hydraulique – Sillans-la-Cascade, RTM 2009 »

	Bassin versant au droit de Sillans-la-Cascade
Superficie du BV	110 km ²
Altitude du point haut	970 m NGF
Altitude du point bas	350 m NGF
Plus long chemin hydraulique	17 km
Pente pondérée	3.6 %
Temps de concentration décennal	12 h
Coefficient de ruissellement décennal	25 %

L'étude hydrologique de 2009 a également évalué les débits caractéristiques de crues de différentes périodes de retour.

Plusieurs méthodes ont été testées par le bureau d'étude. Les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau 3 : Extrait des débits de crue estimés au droit de Sillans-la-Cascade, RTM 2009.

	Q10 (m ³ /s)	Q 50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Méthode des transferts	30	43	
Méthode de corrélation avec les bassins versants limitrophes	37	54	
CRUPEDIX	69.8		
SOCOSE	42.1		
Méthode SCS	91.8		
Méthode du gradex (Tseuil = 10 ans)		169.3	225.5
Méthode du gradex (Tseuil = 20 ans)		119.6	175.7
Méthode du gradex - Progressif		94.5	134.1
Méthode rationnelle	56		

Les débits retenus par RTM sont les débits calculés par les méthodes de corrélation avec les bassins versants limitrophes. Notamment le bassin versant de l'Argens qui est sujet à d'importantes infiltrations de type karstique. Le débit centennal a été obtenu par des moyennes des méthodes de transformation pluie-débit (Méthode du GRADEX).

Les débits retenus sont les suivants :

- Q₁₀ : 37 m³/s,
- Q₅₀ : 54 m³/s,
- Q₁₀₀ : 150 m³/s.





Conduite forcée

Bassin versant de la Bresque
au droit du projet d'urbanisation
Superficie : 110 km²

Vallon de Romanille

Vallon de l'Oure

Vallon St Jean

Ruisseau des Rayères

2.4. ETUDE HYDROLOGIQUE COMPLEMENTAIRE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA BRESQUE

Source : « *Projet de passerelle piétonne à Sillans-la-Cascade, étude hydraulique de la Bresque – Ingerop Conseil & Ingénierie, 2010* »

2.4.1. Caractéristiques du bassin versant étudié

Les caractéristiques du bassin versant de la Bresque au droit du pont de la RD 560 sont rappelées dans le tableau ci-après :

Tableau 4 : Caractéristiques du bassin versant de la Bresque au droit du pont

	Caractéristiques du bassin versant
Superficie	110 km ²
Longueur du plus long drain hydraulique	17 km
Altitude la plus haute (crête)	970 m NGF
Altitude au droit du pont	350 m NGF
Pente pondérée du bassin versant	3.6 %
Temps de concentration décennal*	12 h
Coefficient de ruissellement décennal	25 %
Coefficient de ruissellement centennal	40 %

Détermination du temps de concentration

Le temps de concentration est déterminé à l'aide de la formule de Passini :

$$t_c = \frac{PLCH}{V_{moy}}$$

Avec :

t_c : Temps de concentration (s),

PLCH : Plus Long Chemin Hydraulique (m),

V_{moy} : Vitesse moyenne de ruissellement estimée (m/s).

Détermination des coefficients de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est déterminé en fonction de la nature des sols (géologie), de la pente et de l'occupation des sols. Les données généralement appliquées sont les suivantes :

Tableau 5 : Coefficients de ruissellement décennaux par type d'occupation du sol

	Zone urbaine	Vignobles et arbres fruitiers	Cultures	Forêts	Espaces ouverts avec peu de végétation
Coefficient ruissellement %	50	40	15	10	35

Dans le cadre du bassin versant de la Bresque, les sols sont relativement peu pentus et sont globalement occupés par des bois et des cultures. Nous préconisons d'utiliser un coefficient de ruissellement décennal de 18%.

L'augmentation du coefficient de ruissellement (40% pour un événement centennal) est due à la prise en compte de l'effet de saturation du sol avec l'augmentation de l'intensité pluvieuse.

2.4.2. Estimation des débits caractéristiques de la Bresque

Différentes méthodes empiriques ou statistiques permettent d'estimer les débits caractéristiques de crue à l'exutoire d'un bassin versant en fonction de la nature même du bassin versant.

L'estimation des débits de pointe du bassin versant de la Bresque au droit du pont de la RD 560 a été réalisée à partir de deux approches adaptées aux bassins ruraux.

Les méthodes statistiques dites sommaires, comme Crupédix, sont des méthodes empiriques issues de synthèses nationales ou régionales ; elles permettent une estimation du débit de pointe instantané décennal des bassins versants ruraux à partir de leurs caractéristiques climatologiques et topomorphométriques. A défaut d'être précises, elles ont l'avantage d'être robustes et validées régionalement mais ne permettent pas toujours de prendre en compte les éventuelles spécificités locales des bassins versants.

$$Q_{i10} = S^{0.8} (P_{j10} / 80)^2 R$$

Avec :

- Q_{i10} : débit instantané maximal annuel décennal,
- S : superficie du bassin versant en km^2 ,
- P_{j10} : pluie journalière maximale annuelle décennale en mm,
- R : coefficient régional que l'on prendra ici égal à 1.

La méthode déterministe dite rationnelle, qui utilise les principales caractéristiques de l'impluvium : superficie, coefficient de ruissellement et morphologie par l'intermédiaire du temps de concentration.

$$Q_T = C S I_T 2,78$$

Avec :

- Q (m^3/s) : débit de pointe en fonction de la période de retour T ,
- S (ha) : superficie du bassin versant,
- C : coefficient de ruissellement,
- I (mm/h) : intensité pluviométrique en fonction de la période de retour T .

Les débits de pointe calculés pour les périodes de retour décennale et centennale à l'aide des méthodes présentées ci-dessus sont les suivants :

Tableau 6 : Débits de pointe calculés à l'aide des méthodes CRUPEDIX et RATIONNELLE

Période de retour	Méthode CRUPEDIX Débit de pointe (m ³ /s)	Méthode RATIONNELLE Débit de pointe (m ³ /s)
10 ans	64	60
100 ans	/	203

Le tableau suivant rappelle les débits retenus dans l'étude de RTM en 2009 :

Tableau 7 : Débits de crue issus de l'étude RTM de 2009

Période de retour	Débit de pointe (m ³ /s)
10 ans	37
100 ans	150

Les débits calculés dans la présente analyse sont plus élevés que ceux retenus dans l'étude de 2009.

L'analyse de 2009 réalisée par RTM a pris en compte la nature karstique du bassin versant de la Bresque. Cependant, en cas de saturation du karst à la suite d'une longue période pluvieuse, l'effet du karst pourrait être « transparent ». Dans une optique sécuritaire, cette hypothèse ne sera pas retenue dans cette étude.

Les débits retenus pour la présente étude sont les suivants :

Tableau 8 : Débits de pointe retenus au droit du site étudié

Période de retour	10 ans	100 ans
Débits de pointe	60 m ³ /s	203 m ³ /s

3. MODELISATION HYDRAULIQUE DE L'ETAT ACTUEL

Source : « *Projet de passerelle piétonne à Sillans-la-Cascade, étude hydraulique de la Bresque – Ingérop Conseil & Ingénierie, 2010* »

Une modélisation hydraulique a déjà été réalisée par Ingérop Conseil & Ingénierie dans le cadre du projet de passerelle piétonne (maîtrise d'ouvrage : CG83).

La modélisation réalisée dans le cadre de la présente étude consiste à reprendre le modèle initial en le prolongeant vers l'aval afin d'étudier plus spécifiquement les écoulements en rive gauche de la Bresque, en amont et en aval du pont.

3.1. DESCRIPTION DU SITE ETUDIE

La zone modélisée s'étend sur environ 225 m de linéaire de la Bresque, soit 80 m à l'amont du pont et 145 m à l'aval.

La rivière présente une largeur en fond d'environ 10 m. La pente d'écoulement sur le tronçon modélisé est de l'ordre de 1 %.

La section hydraulique du pont de la RD 560 PR 55+500 présente une forme en arche de 6.4 m de haut et de 12 m de large (cf. Figure 4). D'une longueur de 6 m, cet ouvrage permet le passage des véhicules et des piétons entre le village de Sillans-la-Cascade et Salernes.

Figure 4 : Pont actuel de la RD560 PR55+500 – vue amont depuis la rive gauche

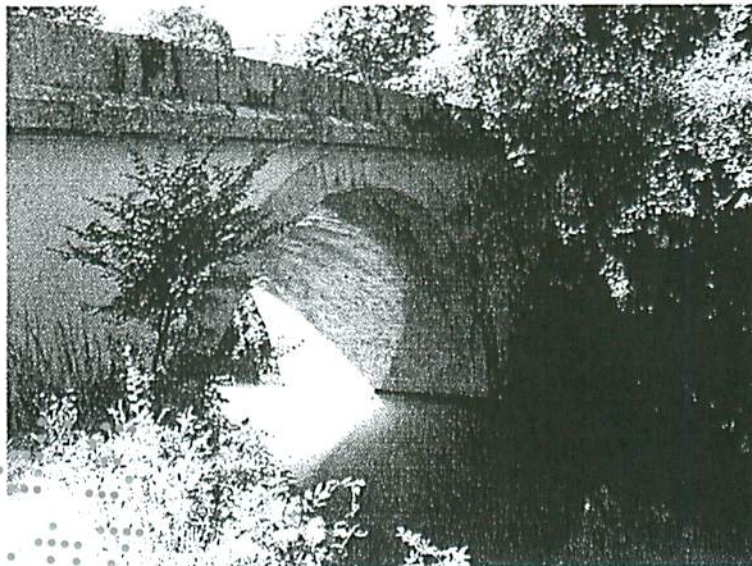
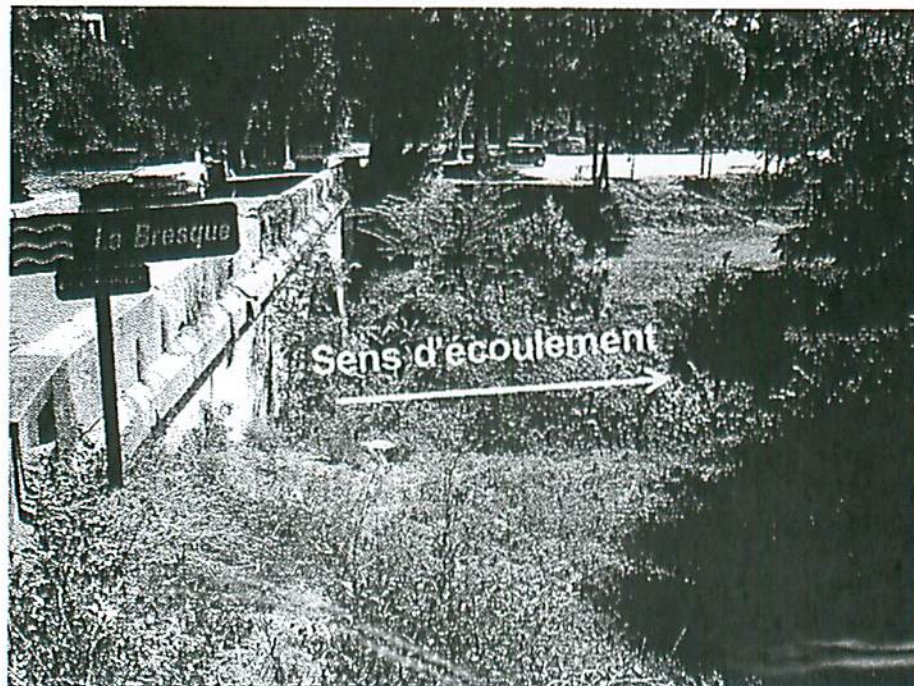


Figure 5 : Vue aval du pont, depuis la route



La végétation des berges du cours d'eau est dense en amont et en aval du pont sauf dans le lit moyen du cours d'eau (prairies). Le lit majeur comprend un parking en rive gauche et la RD 560 en rive droite.

D'autre part, les observations réalisées sur le site ont permis de noter la présence de deux seuils naturels au niveau des profils P1 et P-2. Les dimensions géométriques de ces deux singularités ont été intégrées dans le modèle hydraulique.

Figure 6 : A gauche, seuil amont au droit du profil P1 – A droite, seuil aval au droit du profil P-2



3.2. METHODOLOGIE

Le calcul des lignes d'eau est réalisé par la mise en œuvre du modèle unidimensionnel, **HEC-RAS 3.1.3** (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System). Ce code de calcul a été développé par la cellule hydrologique de l'US Army Corps of Engineers (USA).

Sa finalité est de modéliser les écoulements en régime permanent, rapidement ou graduellement varié en prenant en compte :

- des écoulements en régime fluvial ou torrentiel,
- des écoulements noyés ou dénoyés sur les seuils et déversoirs,
- le franchissement d'ouvrages de traversée,
- les pertes de charge singulière,
- les calculs sont conduits en considérant des conditions normales d'écoulement, l'hypothèse de formation d'embâcles n'est donc pas retenue.

3.3. PARAMETRES DE LA MODELISATION

3.3.1. Géométrie du cours d'eau

La géométrie du cours d'eau est définie par son profil en long et les différents profils en travers.

L'implantation des profils en travers de la Bresque sur laquelle se base la modélisation est présentée sur la figure ci-après. Les profils P1 à P12 ont été levés dans le cadre de l'étude de la passerelle, 4 profils complémentaires (P0 à P-4) ont été réalisés dans la cadre de la présente étude.

La topographie du secteur a été reconstituée à partir des données suivantes :

- les profils en travers des lits mineurs et majeurs du cours d'eau,
- le levé de l'ouvrage à étudier,
- la reconnaissance des berges, des lits mineur et majeurs, permettant d'estimer les coefficients de rugosité nécessaires à la caractérisation et à la modélisation des écoulements.

3.3.2. Débits modélisés

Dans le cadre de la présente étude de vulnérabilité, il est proposé d'étudier le comportement de la Bresque lors d'une crue d'occurrence centennale : $Q_{100} : 203 \text{ m}^3/\text{s}$.

De plus, sur le mur d'assise amont du pont en rive gauche de la Bresque, une laisse de la crue du 7 septembre 1872 est observée.

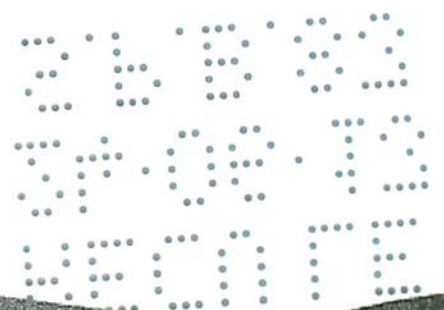
Figure 7 : Laisse de crue du 7 septembre 1872 sur le pont de la RD560

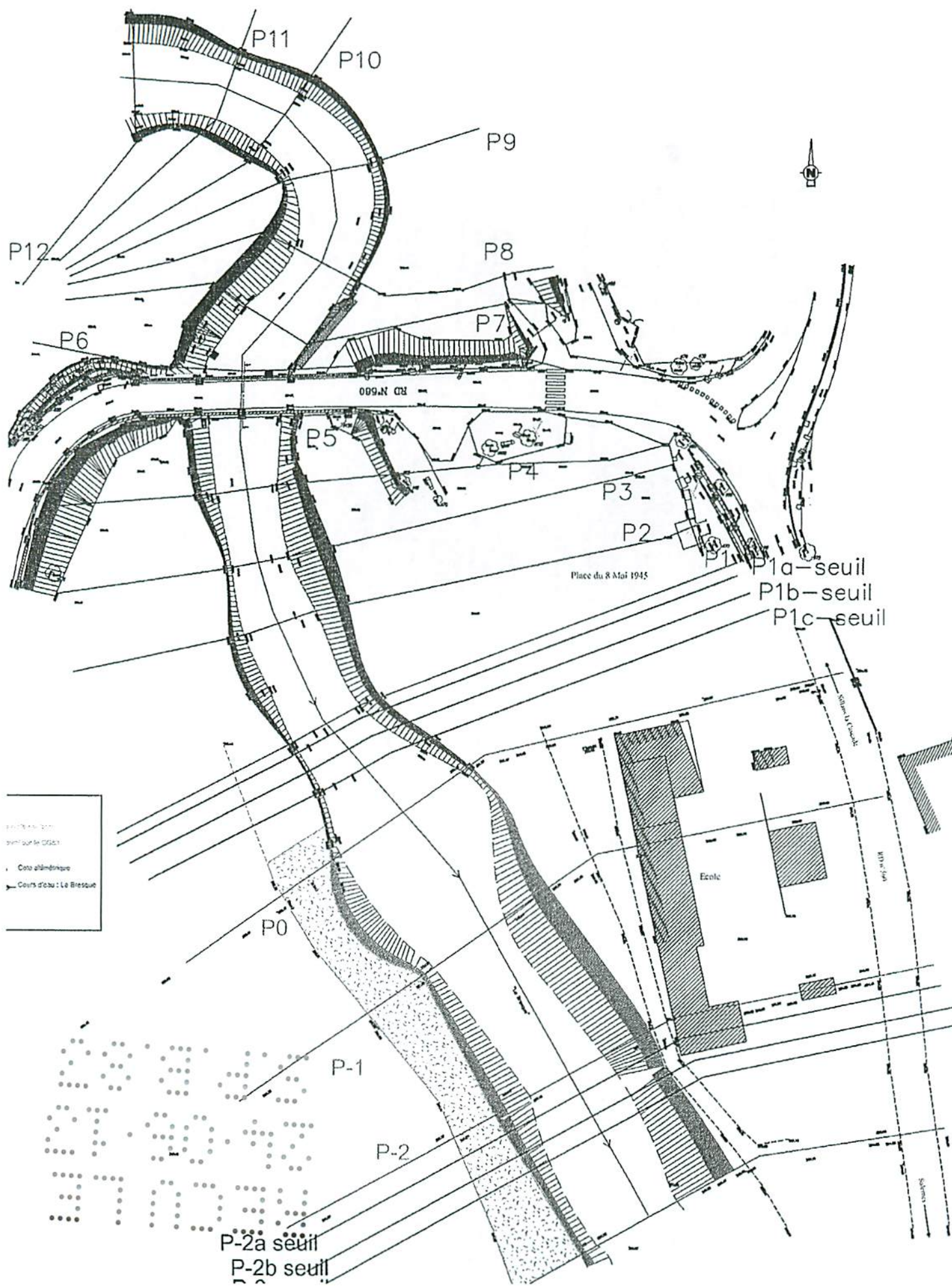


En considérant la cote du terrain naturel au droit de la laisse (362.24 m NGF) et après avoir levé son positionnement par rapport à ce terrain, la cote de référence de la crue de 1872 s'établit à 363.14 m NGF.

Après montage du modèle, le débit sera défini de façon à retrouver cette cote de référence en amont du pont. Le débit historique de cette crue n'étant toutefois pas connu, aucun calage précis ne pourra être réalisé.

Le débit de la Bresque permettant d'atteindre cette cote est de l'ordre de **335 m³/s**, soit environ 1.65 fois le débit centennal de la Bresque.





3.3.3. Rugosité

La grande difficulté du calcul de capacité réside dans la détermination du coefficient de rugosité K_s (coefficient de Strickler).

Les coefficients de Strickler ont été estimés à partir des observations du lit et des berges lors de la reconnaissance sur le terrain.

Tableau 9 : Coefficients de Strickler retenus pour la modélisation

		$K_s (m^{1/3}.s^{-1})$
Lit mineur	Terrain nu non végétalisé	25
	Berges avec broussailles	20
	Berges avec Ripisylve	13
Lit majeur	Zone naturelle	14
	Voûte du pont	50
	Enrochement	50

3.3.4. Conditions aux limites

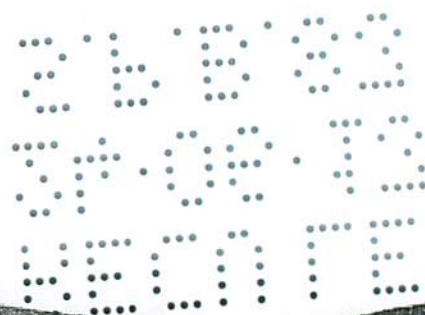
Il a été supposé que les hauteurs d'eau à l'amont et à l'aval du secteur étudié soient la hauteur normale :

- Pente amont : 1.8 %,
- Pente aval : 0.6 %.

3.4. RESULTATS

Les profils en travers modélisés se trouvent en annexe n°1 du présent rapport. Les lignes d'eau et les lignes d'énergie y sont indiquées.

La Figure 11 représente le report des lignes d'eau sur une vue en plan, en considérant la topographie du site.



3.4.1. Crue centennale

Tableau 10 : Résultats de modélisation pour la crue centennale

Profil	Q Total (m3/s)	Z fond (m NGF)	Z eau (m NGF)	Vitesse lit mineur (m/s)	Section mouillée (m2)	Largeur au miroir (m)	Froude
12	203.2	357.61	362.68	2.18	104.72	55.77	0.34
11	203.2	357.43	362.52	2.68	85.8	56.47	0.41
10	203.2	357.09	362.5	2.56	85.39	56.47	0.38
9	203.2	357.12	362.46	2.61	86.53	59.29	0.39
8	203.2	357.1	362.28	3.01	70.82	52.09	0.49
7	203.2	357.04	362.34	2.39	87.19	49.35	0.38
6	203.2	357	361.94	3.49	58.25	19.61	0.52
Pont RD 560							
5	203.2	357.1	361.85	2.82	73.95	23.6	0.46
4	203.2	356.9	361.78	2.92	77.73	37.3	0.48
3	203.2	356.8	361.52	3.49	66.75	38.82	0.61
2	203.2	356.7	361.59	2.89	80.37	43.32	0.49
1	203.2	356.65	361.52	2.94	88.44	48.89	0.49
1a	203.2	357.7	361.25	3.69	68.49	43.59	0.68
1b	203.2	357.7	360.89	4.39	54.17	36.69	0.86
1c	203.2	355.64	359.08	6.96	29.18	13.9	1.53
0	203.2	355.58	360.31	1.85	110.01	28.88	0.3
-1	203.2	355.44	359.7	3.59	56.57	19.43	0.67
-2	203.2	355.28	359.87	2.2	92.18	26.92	0.38
-2a	203.2	356.48	359.01	4.45	45.64	22.84	1.01
-2b	203.2	355.48	357.31	6.9	29.47	18.92	1.76
-2c	203.2	353.78	358.26	2.45	83.07	23.8	0.42
-3	203.2	353.69	358	3.09	65.85	16.97	0.5

3.4.2. Crue historique du 7 septembre 1872

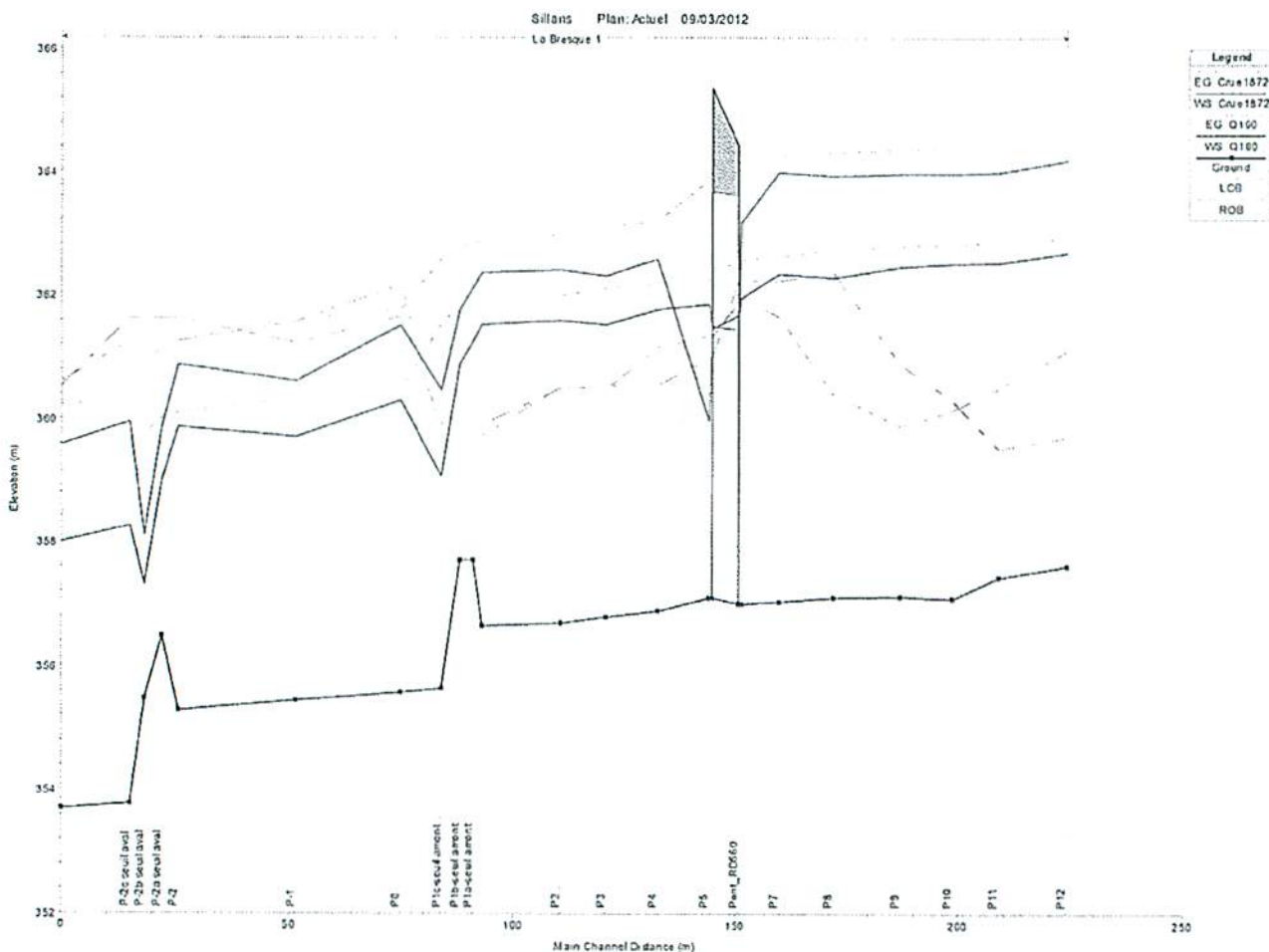
Tableau 11 : Résultats de modélisation pour la crue historique de 1872

Profil	Q Total (m3/s)	Z fond (m NGF)	Z eau (m NGF)	Vitesse lit mineur (m/s)	Section mouillée (m2)	Largeur au miroir (m)	Froude
12	335	357.61	364.2	2.5	158.41	76.98	0.33
11	335	357.43	364	3.11	128.48	73.84	0.41
10	335	357.09	363.96	3.08	123.03	74.26	0.4
9	335	357.12	363.95	3.03	137.08	73.48	0.39
8	335	357.1	363.93	2.99	144.19	80.3	0.41
7	335	357.04	364	2.4	178.89	82.27	0.32
6	335	357	363.17 *	4.44	80.3	45.49	0.6
Pont RD 560							
5	335	357.1	359.97	8.76	38.24	16.35	1.83
4	335	356.9	362.58	3.69	112	47.05	0.55
3	335	356.8	362.31	4.23	103.86	55.81	0.67
2	335	356.7	362.4	3.56	122.75	61.41	0.55
1	335	356.65	362.36	3.51	135.99	65.02	0.53
1a	335	357.7	362.12	4.15	113.78	60.41	0.67

Profil	Q Total (m3/s)	Z fond (m NGF)	Z eau (m NGF)	Vitesse lit mineur (m/s)	Section mouillée (m2)	Largeur au miroir (m)	Froude
1b	335	357.7	361.76	4.82	93.58	53.56	0.82
1c	335	355.64	360.47	6.49	54.79	28.6	1.18
0	335	355.58	361.51	2.28	146.61	33.12	0.35
-1	335	355.44	360.62	4.4	76.16	23.79	0.78
-2	335	355.28	360.88	2.76	121.24	30.64	0.44
-2a	335	356.48	359.87	5.02	66.78	26.11	1
-2b	335	355.48	358.1	7.39	45.35	21.36	1.62
-2c	335	353.78	359.95	2.64	126.73	27.78	0.4
-3	335	353.69	359.58	3.54	94.65	19.33	0.51

* La laisse de crue localisée en amont direct du pont (PT 6) est définie à la cote 363.14 m NGF.

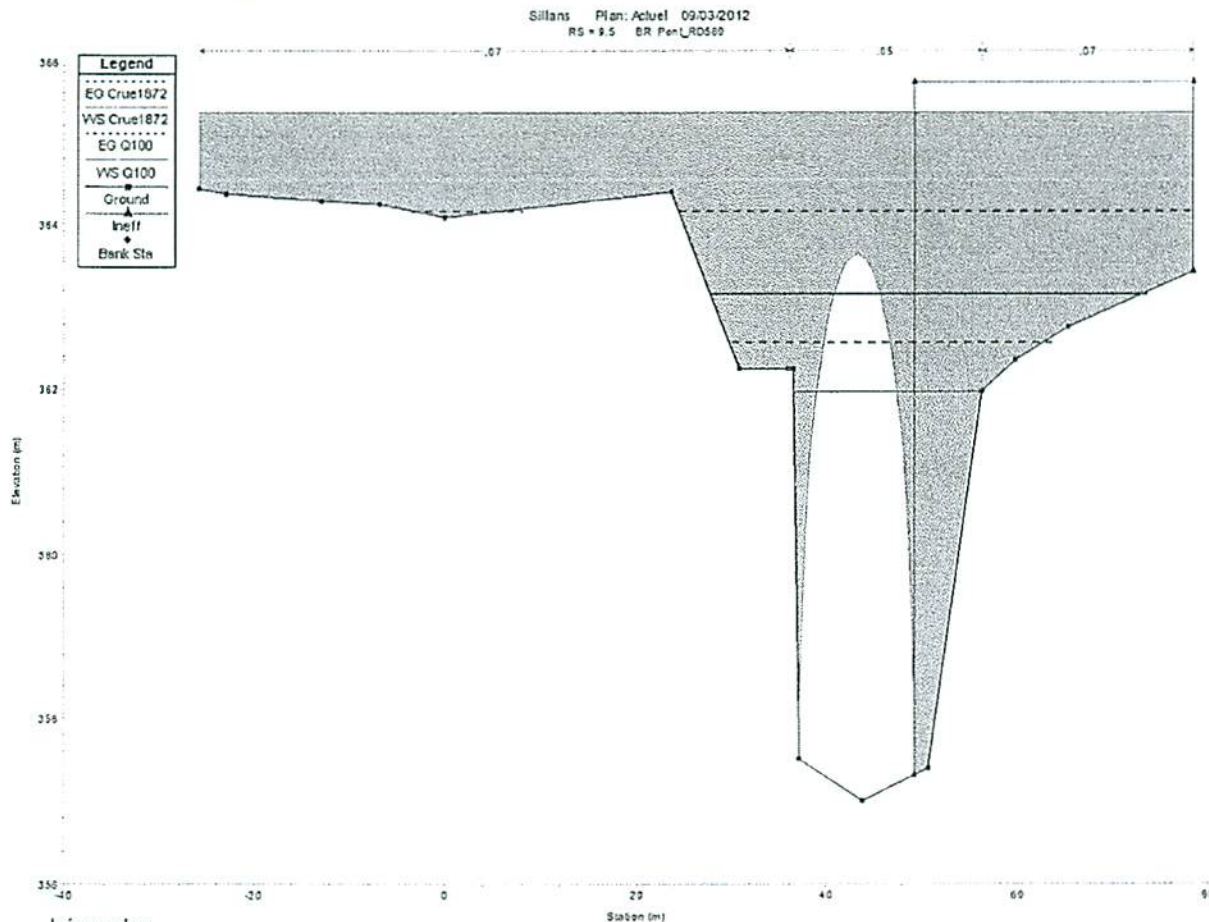
Figure 9 : Profil en long de la Bresque et lignes d'eau modélisées pour une crue centennale et la crue historique de référence



Légende :

EG Q100 : Ligne d'énergie pour la période de retour 100 ans
 WS Q100 : Ligne d'eau pour la période de retour 100 ans
 Ground : fond du lit mineur
 LOB : haut de la berge en rive gauche
 ROB : haut de la berge en rive droite

Figure 10 : Vue en coupe des écoulements sous le pont de la RD560

**Légende :**

EG Q100 : Ligne d'énergie pour la période de retour 100 ans

WS Q100 : Ligne d'eau pour la période de retour 100 ans

Ground : fond du lit mineur

3.4.3. Commentaires

Pour une crue de période de retour centennale, l'ensemble du tronçon est en régime fluvial ($Froude < 1$) à l'exception du franchissement des deux seuils très localement en régime torrentiel. Des ressauts hydrauliques peuvent ainsi être observés au niveau de ces deux ouvrages.

Pour la crue de référence de septembre 1872, le régime passe en torrentiel ponctuellement à l'aval du pont et également des deux seuils.

- En amont du pont de la RD 560, des débordements en rives gauche et droite sont observés.
- Ces zones inondables restent cependant localisées en amont de la route départementale car celle-ci représente une frontière à tout déversement vers l'aval. En effet, les cotes en amont du pont (362.34 m NGF pour la crue centennale et 364 m NGF pour la crue historique)

restent inférieures à la cote minimale de la plateforme (364.29 m NGF).

Les hauteurs d'eau engendrées au niveau des berges varient de 0 à 2.6 m en crue centennale et de 0.7 à 4 m en crue historique en rive droite, et de 0 à 3 m en crue centennale et de 0.5 à 4.5 m en crue historique en rive gauche.

En rive droite, la zone de débordement se situe dans un méandre de la Bresque. Il s'agit d'une zone d'eaux mortes où les vitesses sont quasi-nulles.

Au droit du pont, l'ouvrage permet de transiter le débit centennal vers l'aval avec un tirant de 1.7 m. Il permet également de transiter le débit de la crue historique vers un tirant d'air de 0.45 m. Il est donc suffisant pour évacuer la crue de référence historique.

Les modélisations réalisées montrent que les dimensions du pont sont largement suffisantes pour faire transiter les débits d'une crue centennale de la Bresque (tirant d'air de 1.7 m) ou de la crue historique du 7 septembre 1872 (tirant d'air de 0.45 m).

La section hydraulique du pont (hauteur de plus de 6 m et largeur de 12 m environ) étant importante, l'ouvrage n'est pas propice à la formation d'embâcles réduisant sa section.

En aval de l'ouvrage, le premier seuil en aval du profil P1 induit une hausse de la ligne d'eau. Des débordements localisés sont donc à noter de l'aval.

Les hauteurs d'eau engendrées au niveau des berges sont de l'ordre de 1.1 m en crue centennale et de 1.9 m en crue historique en rive droite, et de 1.2 m en crue centennale et de 2 m en crue historique en rive gauche.

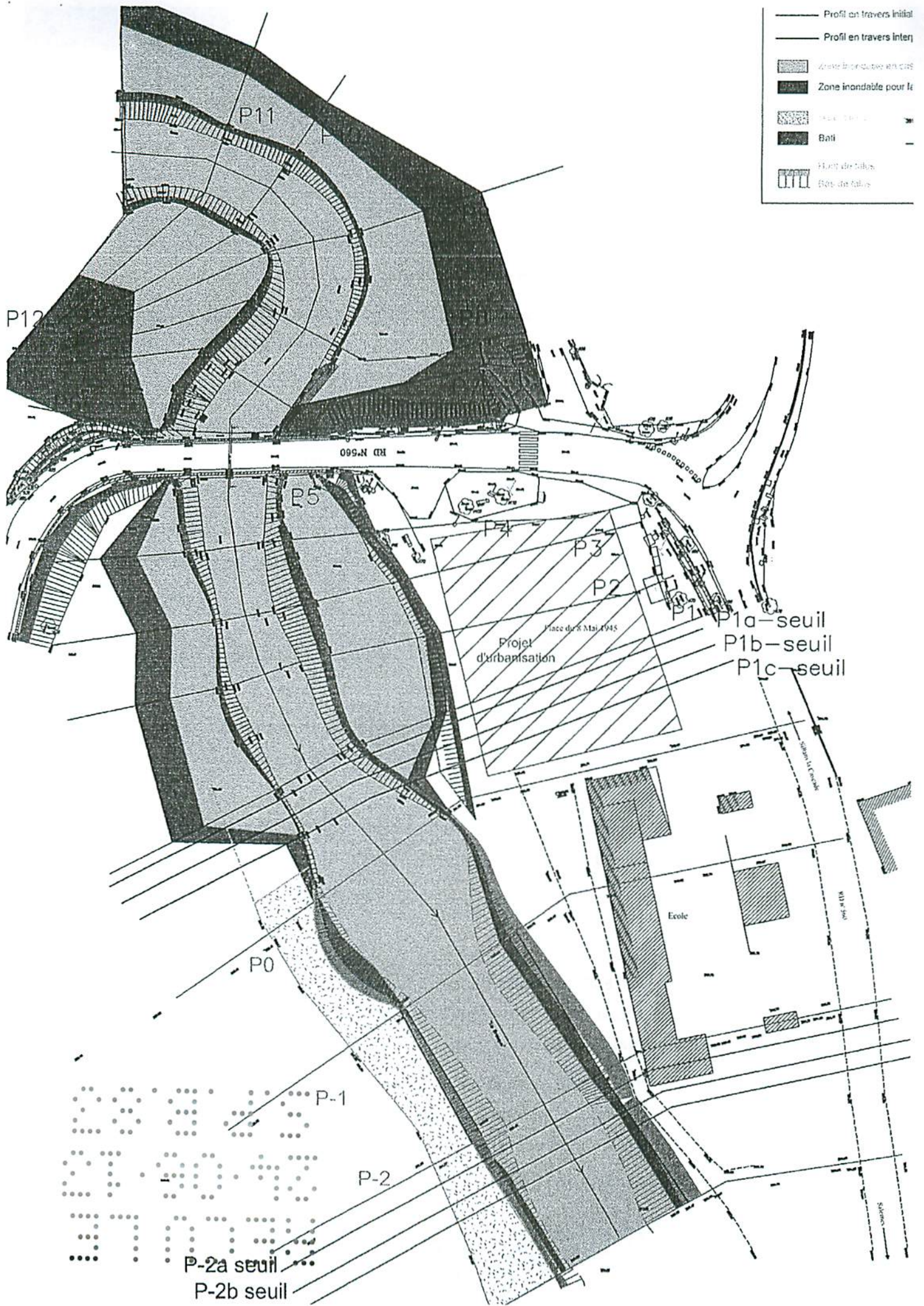
Les écoulements restent cependant localisés entre le remblai de la RD560 en rive droite et le talus longeant la Place du 8 mai 1945 en rive gauche.

A partir de l'école en aval du premier seuil et jusqu'à la fin du linéaire modélisé, il n'y a pas de débordements.

En aval du pont de la RD 560, les débordements localisés entre les profils P5 et P1 restent limités par le remblai de la route départementale en rive droite par le talus au niveau de la Place du 8 Mai 1945 en rive gauche.

La RD560 étant en remblai, elle permet de protéger la Place du 8 Mai 1945 des débordements issus de l'amont du pont. La Place du 8 Mai 1945 n'est donc pas inondable, même pour la crue historique de référence de la Bresque.

Au droit de l'école, aucun débordement n'est à noter.



4. CONCLUSIONS ET PRECONISATIONS A RESPECTER

La commune de Sillans-la-Cascade souhaite urbaniser l'actuelle place du 8 Mai 1945.

D'après l'atlas des zones inondables réalisé pour la DREAL, il apparaît que le site est localisé dans une zone de remblai en lit majeur ordinaire de la Bresque.

L'analyse des écoulements au droit de cette place a été réalisée grâce à la visite du site et la construction d'un modèle unidimensionnel sur la rivière de la Bresque (linéaire modélisé de 225 m).

La particularité du linéaire modélisé est la présence d'un pont sur la RD 560 et des deux seuils naturels. Ces trois singularités conditionnent le comportement hydraulique de la rivière aux abords du site étudié.

Le diagnostic hydraulique réalisé à partir du modèle est rappelé ci-dessous :

- Le pont de la RD 560 est suffisant pour la crue d'occurrence centennale et la crue historique du 7 septembre 1872. La section hydraulique étant suffisante d'un point de vue du tirant d'air, de la largeur et de la hauteur du pont, l'ouvrage modélisé est considéré comme peu propice à la formation d'embâcles.
- Les débordements en amont du pont ne s'écoulent pas vers la Place du 8 Mai 1945 car la route départementale se situe en remblai et empêche l'écoulement des eaux vers les parcelles en aval.
- Entre l'aval du pont de la RD560 et le premier seuil naturel, les débordements sont bornés par le remblai de la route départementale en rive droite et par le talus longeant la Place du 8 Mai 1945 en rive gauche. La place n'est donc pas touchée par les débordements de la Bresque.

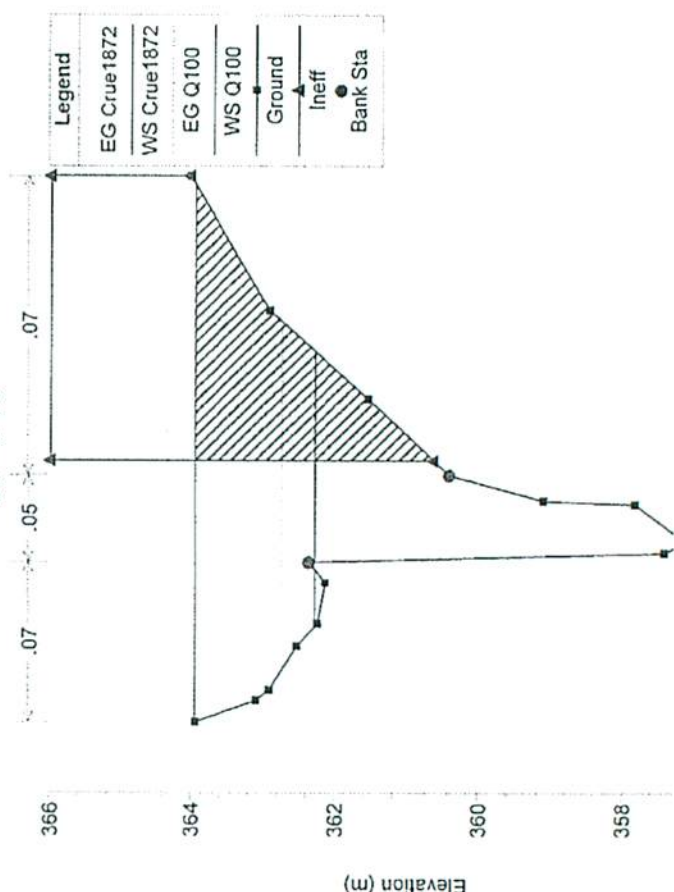
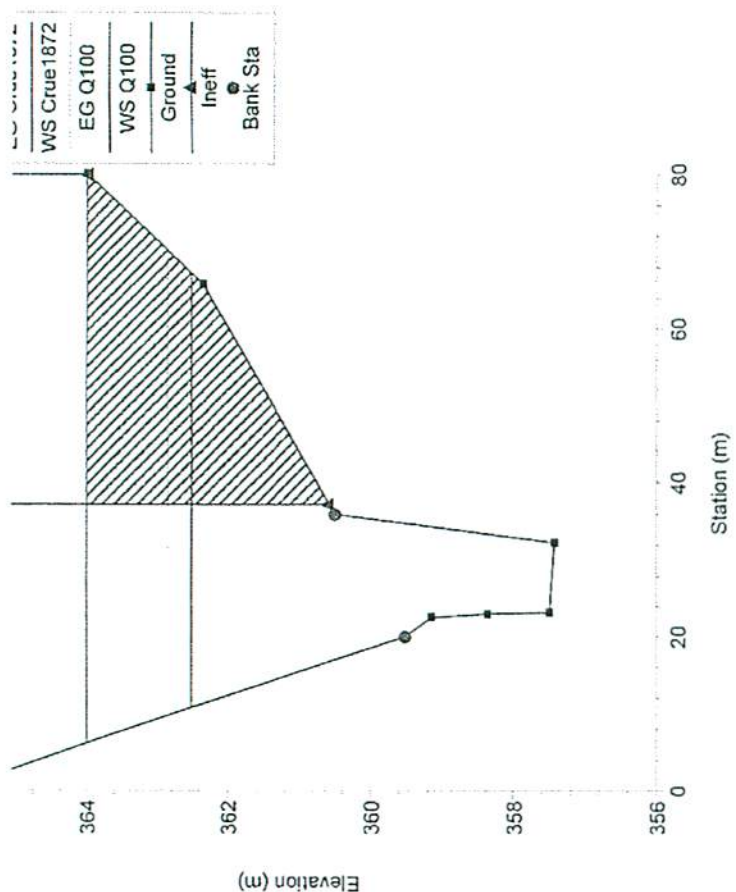
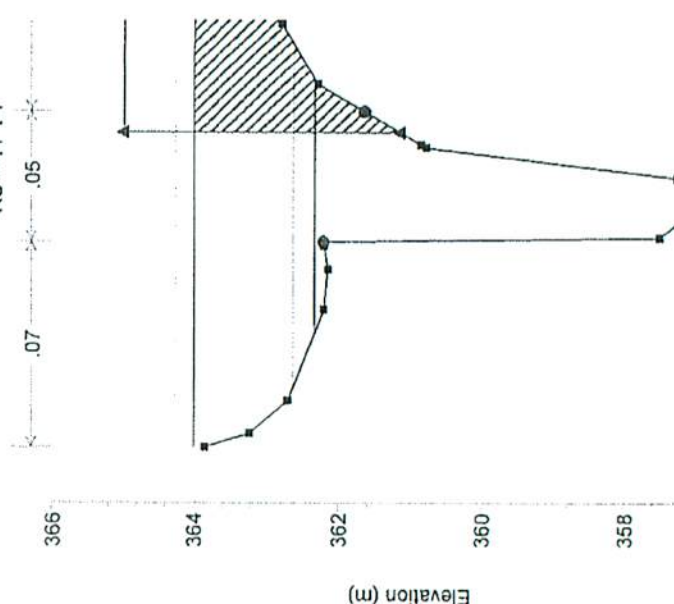
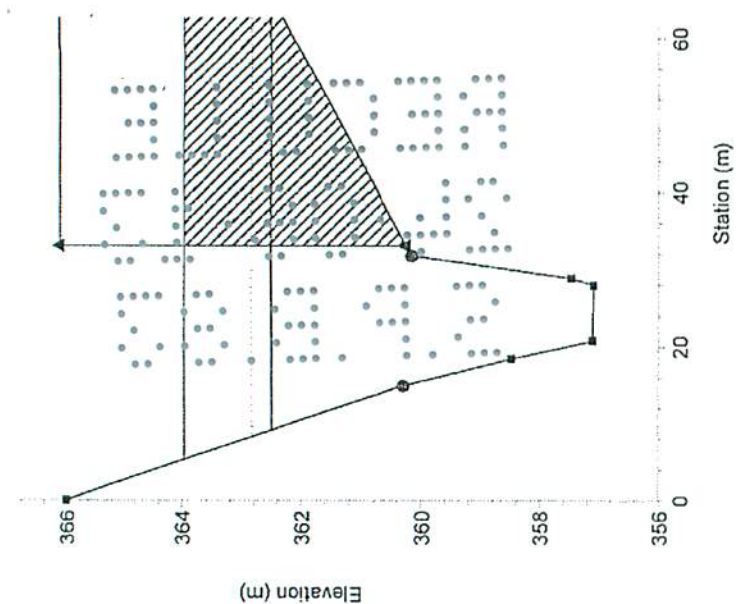
Pour l'occurrence centennale et la crue historique de référence de septembre 1872, la Place du 8 Mai 1945 n'est donc pas concernée par le risque d'inondation et n'est donc pas vulnérable face à ce risque.

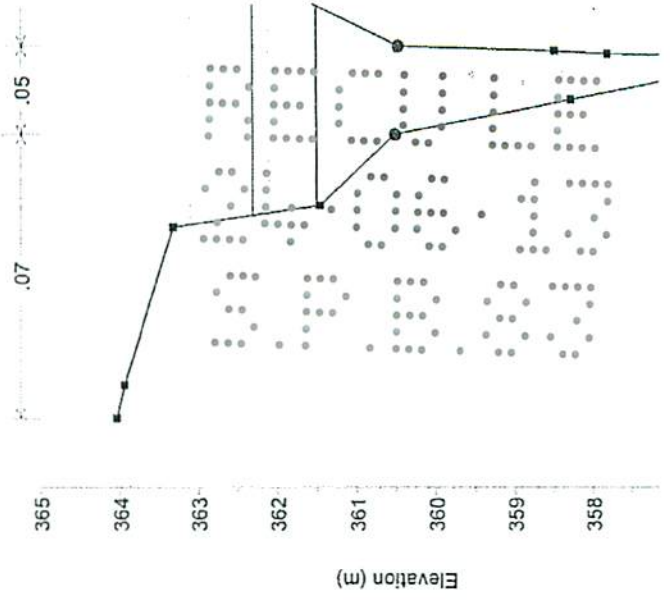
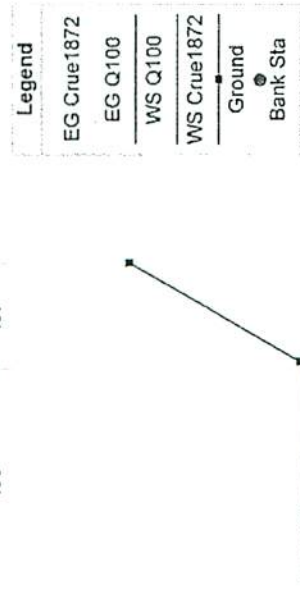
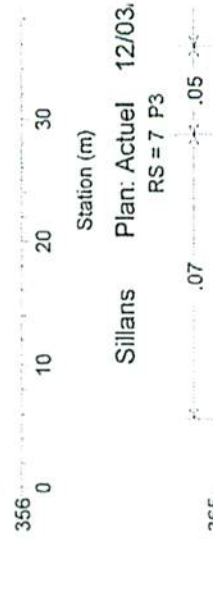
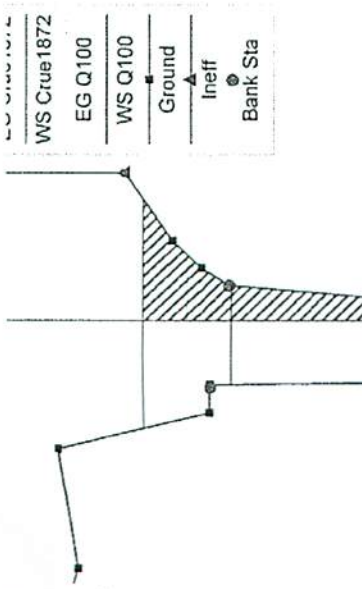
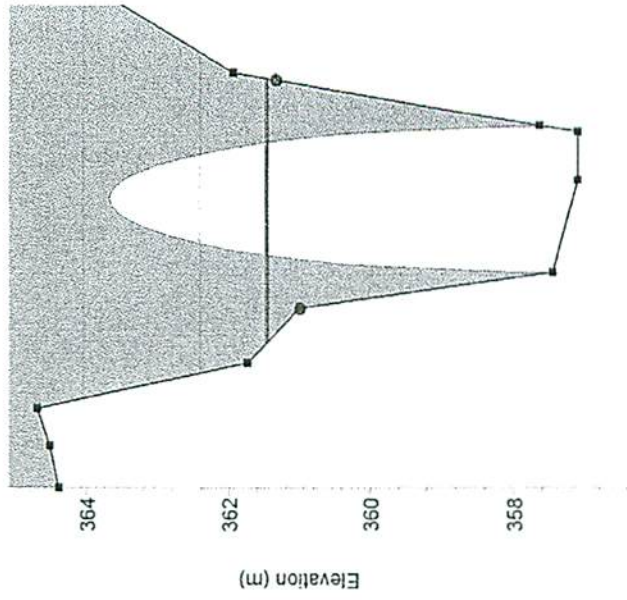
Néanmoins, le niveau de la crue de 1872 en amont du pont ne se situe qu'une vingtaine de cm en dessous de la crête du remblai formé par la RD560.

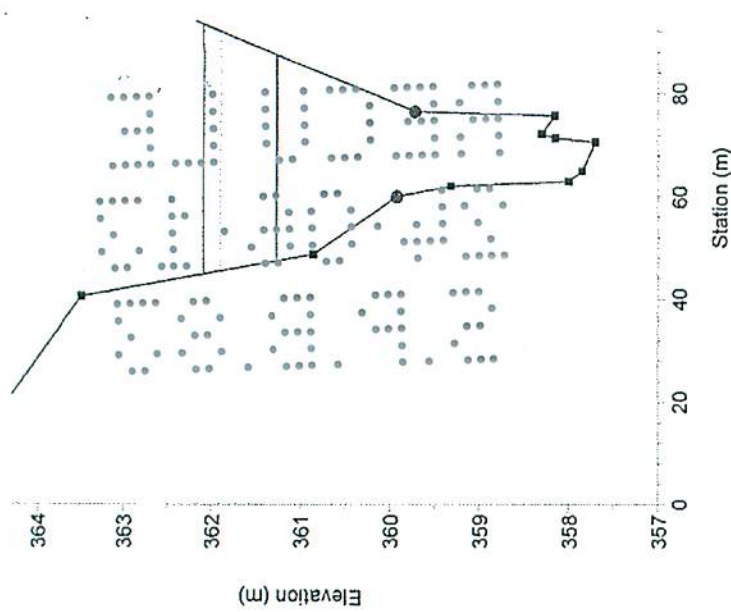
En conséquence, malgré le fait que les résultats de la modélisation ne donnent pas la place inondable pour ce type de crue, compte tenu de la faible marge de sécurité, il est préconisé de surélever les premiers planchers habitables d'une cinquantaine de cm lors de l'aménagement de cette zone.

ANNEXE 1 : PROFILS EN TRAVERS MODELISES EN L'ETAT ACTUEL

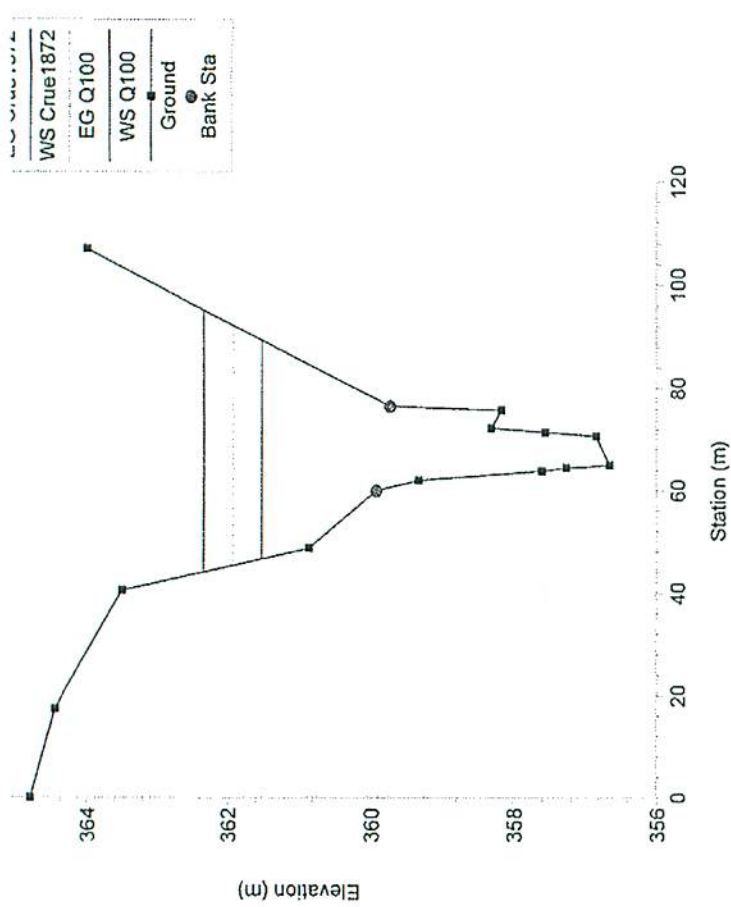
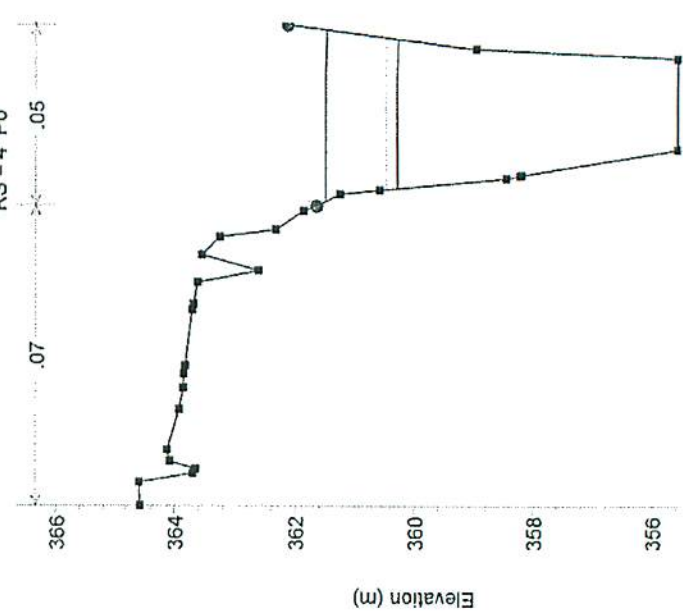




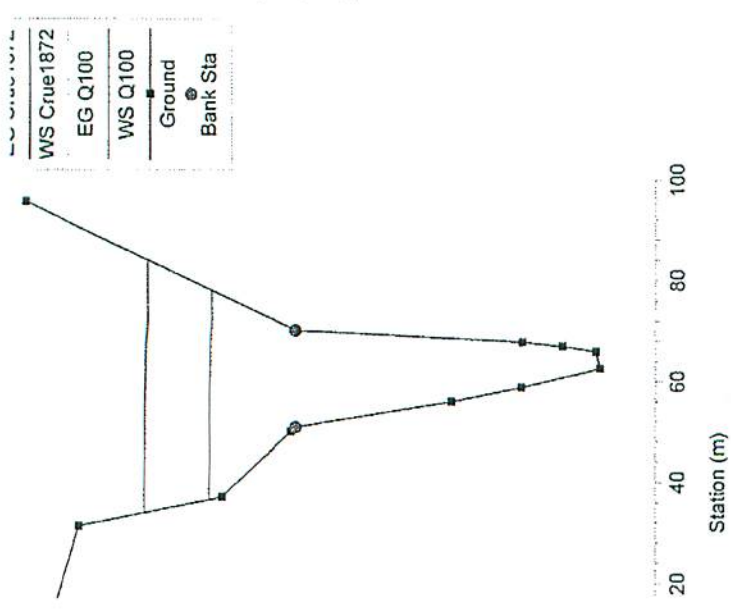
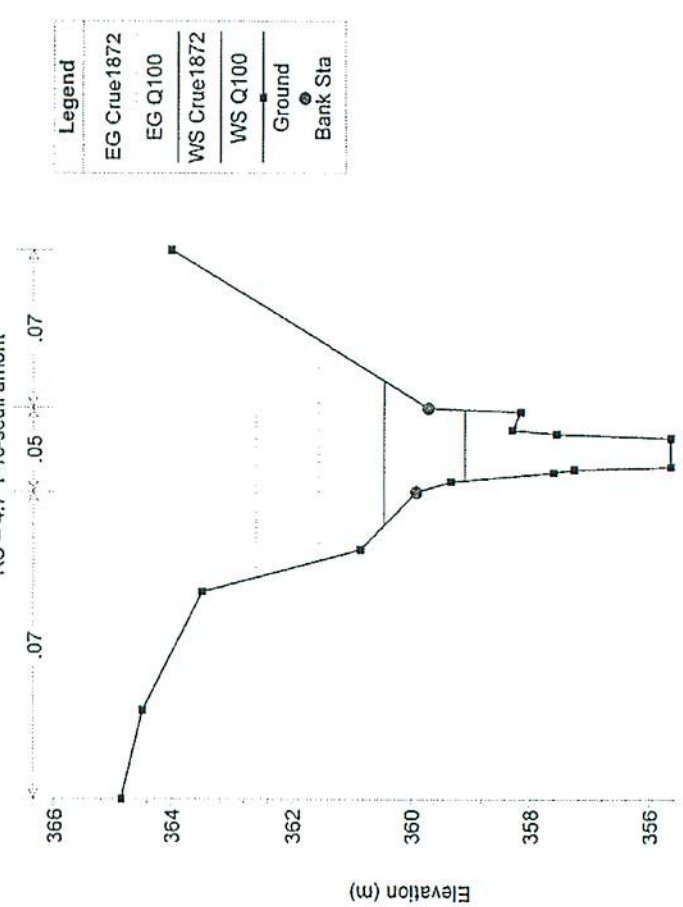




Sillans Plan: Actual 12/03, RS = 4 P0



Sillans Plan: Actual 12/03/2012 RS = 4.7 P1c-seuil amont



Sillans Plan: Actual 12/03/2012 RS = 4.8 P1b-seuil amont

