

# Étude pour l'aménagement du vallon des Clausonnes Commune de BIOT



Rapport hydraulique

## ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE MODÉLISATION DE L'ÉCOULEMENT

## Références du document

Émetteur	Code affaire	Type de document
<b>CSo</b>	NCA171050	Étude hydraulique : Simulation des écoulements dans le vallon des Clausonnes – Commune de Biot

## Suivi documentaire

Indice	Date	Description	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
<b>A</b>	15/11/17	Note de calcul hydraulique	AM	WM	WM
<b>B</b>	28/11/17	Maj remarque MO	WIM		
<b>C</b>	03/09/18	MAJ réunion 04/07/18	CSo	WIM	WIM

## Liste des intervenants

<b>MAITRE D'OUVRAGE</b>	<p><b>SYNDICAT MIXTE POUR LES INONDATIONS, L'AMÉNAGEMENT ET LA GESTION DE L'EAU MARALPIN (SMIAGE)</b></p> <p>147, bd du Mercantour Centre administratif Départemental BP n°3007</p> <p>06201 NICE Cedex 3</p>	<b>MAITRE D'OEUVRE</b>	<p><b>TPF Ingénierie</b> Direction des Opérations Nice Côte d'Azur</p> <p>4, Chemin du Château Saint-Pierre CS 50531 06 359 NICE Cedex 4</p>
<b>AMO</b>		<b>SPS/CONTROLE TECHNIQUE / ...</b>	

## SOMMAIRE

<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>1</b>
<b>LISTE DES TABLES</b> .....	<b>1</b>
<b>I. OBJET DE L'ÉTUDE</b> .....	<b>2</b>
<b>II. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DU PROJET</b> .....	<b>2</b>
<b>III. APERÇU GÉOLOGIQUE</b> .....	<b>4</b>
<b>IV. LOCALISATION DU PROJET VIS-À-VIS DU PPR INONDATIONS DE BIOT</b> .....	<b>5</b>
<b>V. ANALYSE HYDROLOGIQUE</b> .....	<b>6</b>
V.1 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU BASSIN VERSANT AU DROIT DU SITE DE PROJET .....	6
V.2 ANALYSE DE LA PLUIE DU 3 OCTOBRE 2015 .....	8
V.3 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE : ESTIMATION DES PLUIES HORAIRES DE LA STATION DE NICE-AEROPORT .....	10
V.4 ESTIMATION DU DEBIT DE POINTE AU DROIT DU PROJET .....	11
<b>VI. CALCULS HYDRAULIQUES</b> .....	<b>13</b>
VI.1 LOGICIEL UTILISE DANS LES CALCULS HYDRAULIQUES.....	13
VI.2 SCHEMA DE CANALISATION DES EAUX PLUVIALES DU VALLON SOUS LE LOGICIEL SWMM.....	14
VI.3 SIMULATION NUMERIQUE DES ECOULEMENTS ET RESULTATS OBTENUS POUR UNE CRUE D'OCCURRENCE CENTENNALE .....	15
VI.4 INCIDENCE AVAL DE LA BRAGUE.....	17
VI.4.1 <i>Pluie centennale – Niveau de La Brague avant débordement</i> .....	18
VI.4.2 <i>Pluie octobre 2015 – Niveau de La Brague avant débordement</i> .....	19
VI.4.3 <i>Pluie octobre 2015 – Niveau de La Brague octobre 2015</i> .....	20
VI.5 AMENAGEMENT D'UN DEVERSOIR DE SECURITE .....	21
<b>VII. CONCLUSION</b> .....	<b>22</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation du projet d'aménagement du vallon des Clausonnes sur un extrait de la carte topographique de l'IGN au 25000ème .....	2
Figure 2. Extrait de la Photographie aérienne de l'IGN au droit du projet.....	3
Figure 3. Extrait de la carte géologique Grasse-Cannes du BRGM au 1/50000.....	4
Figure 4. Extrait du plan de zonage réglementaire du PPRI de la commune de Biot au 1/2000 au droit du projet (novembre 1998) .....	5
Figure 5. Délimitation du bassin versant au droit du quartier des Clausonnes (en amont immédiat du projet) – Commune de Biot .....	7
Figure 6. Localisation de la zone du projet par rapport aux postes pluviométriques au pas horaire .....	9
Figure 7. Profil en long des ouvrages projetés (SWMM) .....	16
Figure 8. Profil en long des aménagements avec taux de remplissage maximal lors d'une crue d'occurrence centennale.....	16
Figure 9. Profil en long - Influence aval de La Brague uniquement (Avant débordement).....	18
Figure 10. Profil en long - Pluie de période de retour T =100 ans, avec influence aval.....	18
Figure 11. Profil en long - Pluie octobre 2015, influence aval de La Brague avant débordement	19
Figure 12. Profil en long - Influence aval de La Brague uniquement (niveau octobre 2015) .....	20
Figure 13. Profil en long - Pluie événement octobre 2015, avec influence aval.....	20

## LISTE DES TABLES

Tableau 1. Principaux caractéristiques physiques du bassin versant des Clausonnes en amont du projet d'aménagement – Commune de Biot .....	6
Tableau 2. Estimation des pluies horaires à la station de Nice-Aéroport.....	10
Tableau 3. Estimation des volumes d'eau et débits de pointe fréquentiels du bassin versant des Clausonnes – Commune de Biot .....	12
Tableau 5. Élévation Brague.....	17
Tableau 6. Caractéristiques BV Clausonnes et Brague.....	21

Le Maître d'Ouvrage envisage d'aménager la partie terminale du vallon des Clausonnes par la mise en place des ouvrages hydrauliques sur un linéaire d'environ 180 m.

Ce projet d'aménagement est motivé par les désordres hydrauliques récurrents dans ce quartier lors des épisodes pluvieux intenses.

## I. OBJET DE L'ÉTUDE

La présente étude a pour objectifs ce suit :

- ✓ Étude hydrologique avec délimitation des bassins versants amont du secteur du projet et estimation des débits de pointe ;
- ✓ Dimensionner les ouvrages hydrauliques nécessaires pour canaliser les eaux du vallon des Clausonnes jusqu'à la Brague ;
- ✓ Estimer la capacité hydraulique des ouvrages à mettre en place.

## II. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DU PROJET

Le vallon des Clausonnes sujet de cette étude est situé principalement sur le territoire communal de Biot.

Le projet d'aménagement de ce cours d'eau est situé au droit de la route communale des Clausonnes sur un linéaire de 180 m environ, à partir de l'intersection des deux chemins des Clausonnes et de la Brague.

Le projet est localisé au Sud du centre-ville de Biot à 610 mètres sur la rive droite de la Brague (Cf. *Figures n°1 et 2*).

Le vallon des Clausonnes au droit du projet draine un bassin versant total de 39,25 hectares, de l'Ouest vers l'Est sur un linéaire de 1400 m environ, avant de se jeter dans la Brague.

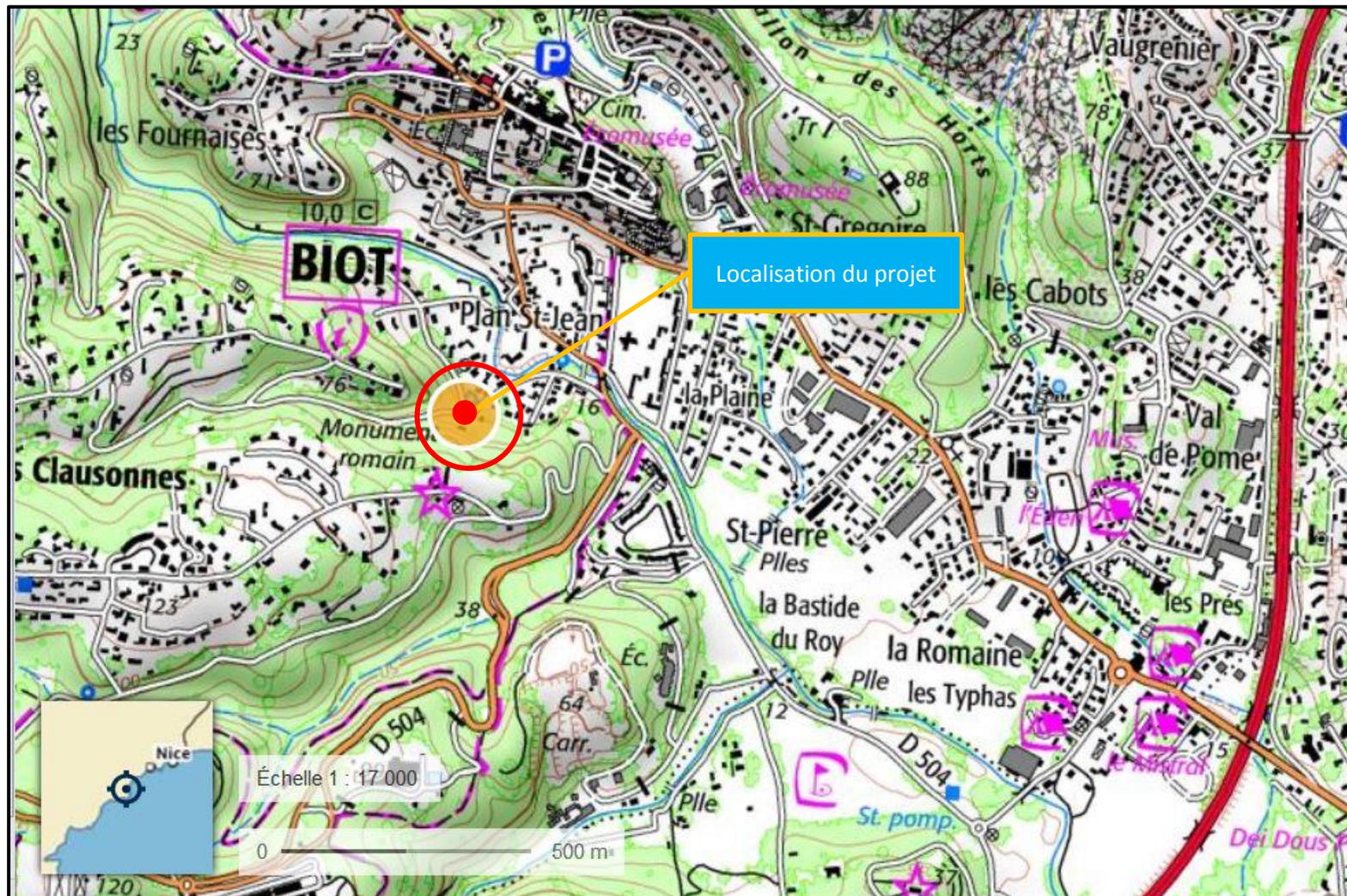


Figure 1. Localisation du projet d'aménagement du vallon des Clausonnes sur un extrait de la carte topographique de l'IGN au 25000ème

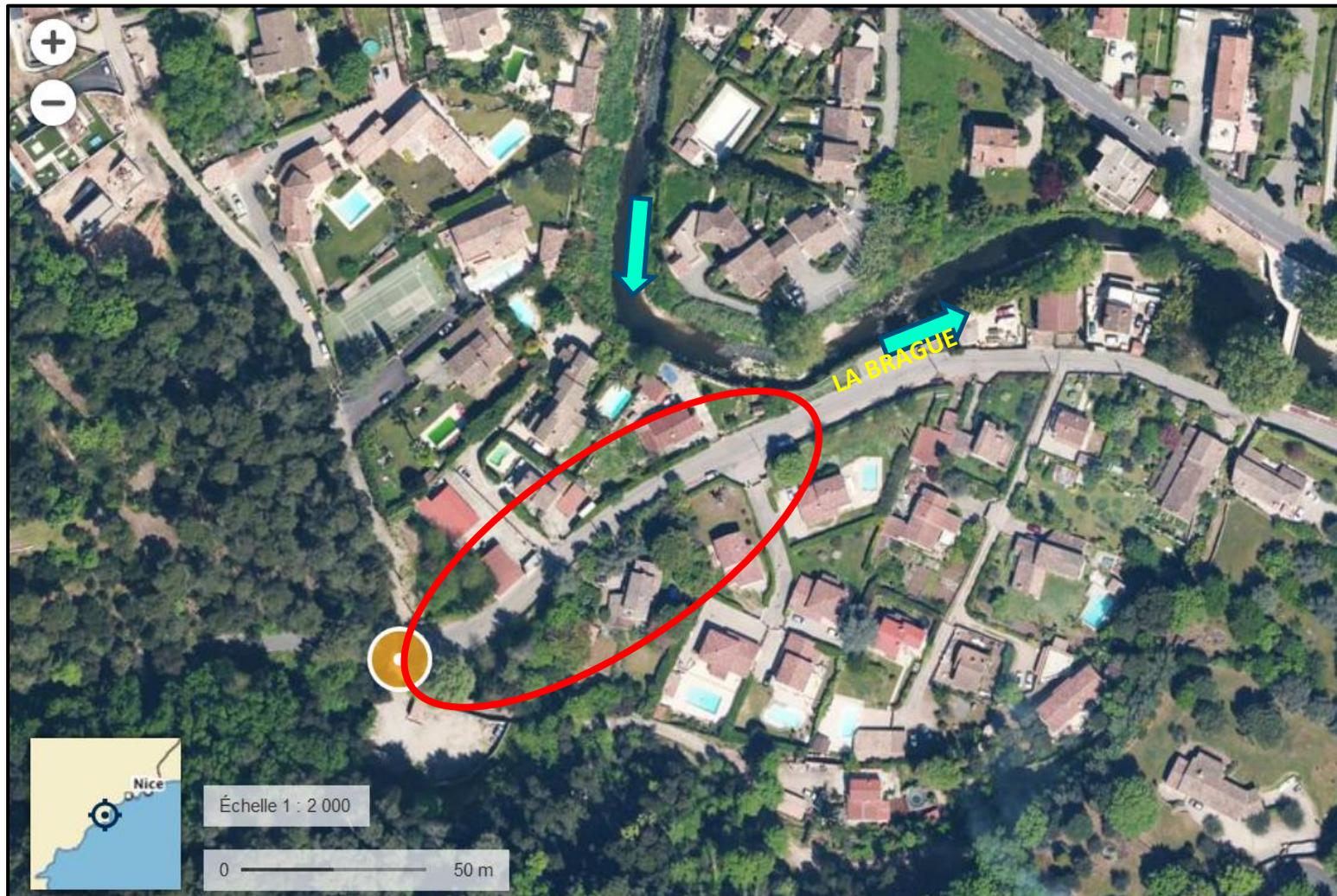


Figure 2. Extrait de la Photographie aérienne de l'IGN au droit du projet

### III. APERÇU GÉOLOGIQUE

D'un point de vu géologique, la carte du BRGM de NICE-MENTON au 1/50000 (Cf. *Figure n°3*) localise le bassin versant des Clausonnes (amont immédiat du projet) au niveau des formations géologiques du Jurassique à faciès dolomitique.



## IV. LOCALISATION DU PROJET VIS-À-VIS DU PPR INONDATIONS DE BIOT

La commune de Biot dispose d'un Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles d'Inondations (PPRI), réalisé en novembre 1998 (*Figure n°4*).

D'après la carte réglementaire du PPRI, la zone du projet est concernée par deux zones réglementaires :

- Une zone à risque fort dénommé zone rouge (R) ;
- Une zone à risque modéré dénommée zone bleue (B).

Quant à la partie amont du projet il n'est pas concerné par ces zones à risque d'inondation. Cette partie s'étend sur un linéaire de 86 mètres environ.



Figure 4. Extrait du plan de zonage réglementaire du PPRI de la commune de Biot au 1/2000 au droit du projet (novembre 1998)

## V. ANALYSE HYDROLOGIQUE

### V.1 Caractéristiques physiques du bassin versant au droit du site de projet

La connaissance des surfaces participant au ruissellement est importante pour une bonne estimation des volumes d'eau et par conséquent un bon dimensionnement des différents ouvrages hydrauliques.

Le relief (représenté le plus souvent par l'altitude, l'exposition et la pente), la nature lithologique et la tectonique jouent un rôle important sur de nombreux facteurs hydroclimatiques influençant le cycle de l'eau et qui influence les temps de concentration des eaux, l'infiltration, développement du karst, etc.

L'aspect actuel du réseau hydrographique du bassin versant du vallon des Clausonnes découle de son histoire géologique (nature lithologique et tectonique), du relief et du climat typique essentiellement méditerranéen.

Le bassin versant du vallon des Clausonnes se caractérise par un relief modéré. Le bassin versant a été délimité à partir de la carte topographique au 1/25000 de l'IGN (Cf. *Figure n°5*).

Le bassin versant (en amont immédiat du projet) est de forme allongée, d'une pente moyenne de 8,6 % environ et d'une longueur du plus long thalweg de 1400 mètres. Ces principales caractéristiques physiques favorisent une concentration plus au moins rapide des eaux vers le cours d'eau. En effet, le temps de concentration du bassin versant a été estimé à 17 minutes environ par la méthode de Ventura.

Les principales caractéristiques physique du bassin versant du vallon des Clausonnes sont récapitulées dans le tableau ci-après (Cf. *tableau n°1*).

**Tableau 1. Principaux caractéristiques physiques du bassin versant des Clausonnes en amont du projet d'aménagement – Commune de Biot**

	<b>BV des Clausonnes</b>
<b>Surface (ha)</b>	39,25
<b>Altitude max. (m)</b>	143
<b>Altitude min. (m)</b>	22,3
<b>Longueur du thalweg (m)</b>	1400
<b>Pente (m/m)</b>	0,086
<b>TC (min)</b>	16,3

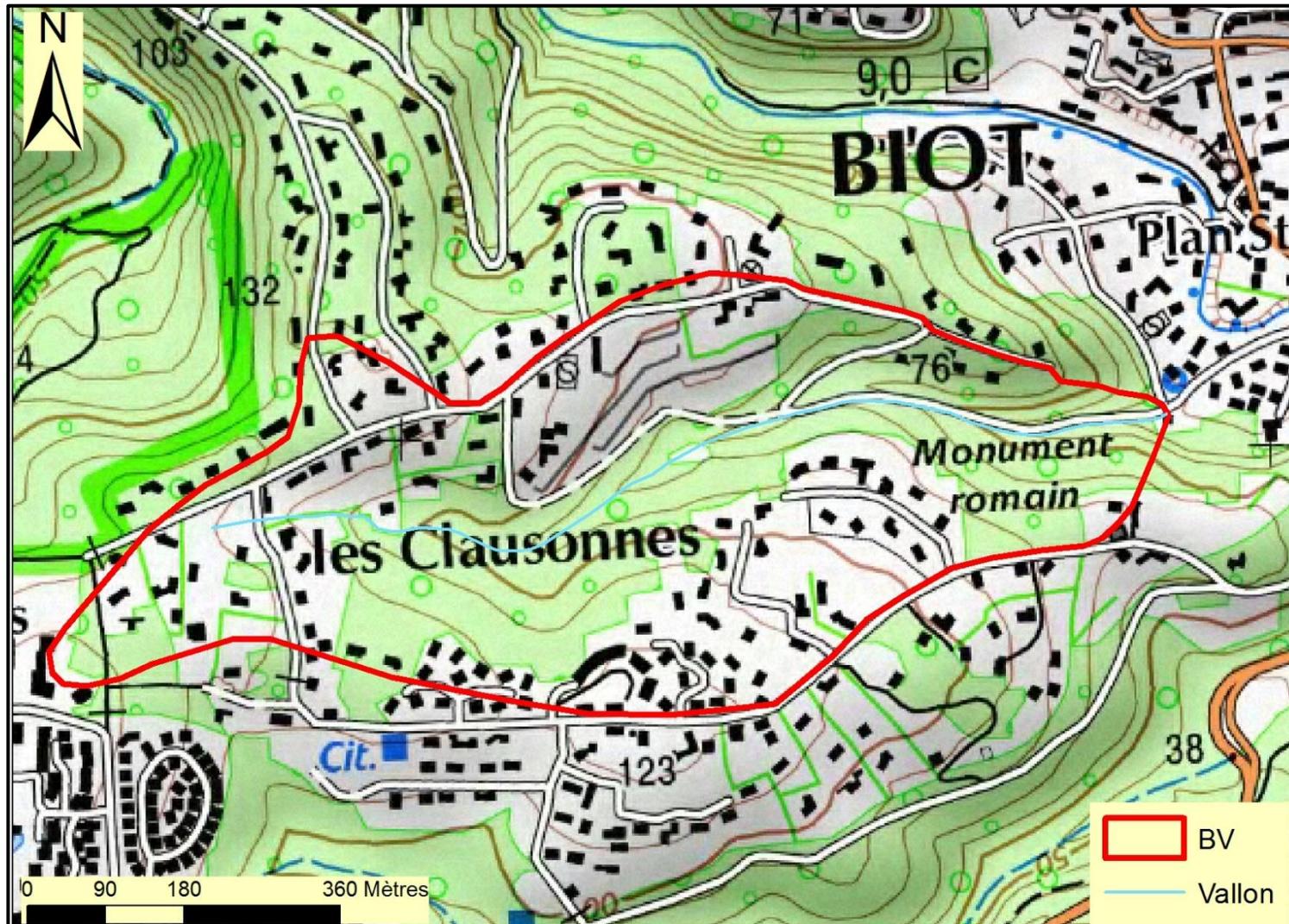


Figure 5. Délimitation du bassin versant au droit du quartier des Clausonnes (en amont immédiat du projet) – Commune de Biot

## V.2 Analyse de la pluie du 3 octobre 2015

Le samedi 3 octobre 2015, les communes de la zone côtière entre Mandelieu et Nice ont subi un épisode orageux intense, entre 20h et 21h45.

Cet épisode, relativement inhabituel par sa violence et son extension était centré sur la zone littorale où les enjeux humains et économiques sont les plus importants du département des Alpes Maritimes.

Une ligne orageuse marquée s'est développée sur l'extrême Est du Var. Lors de son passage sur le massif de l'Estérel, son activité s'est renforcée par une configuration spécifique : effet orographique et alimentation en basses couches d'air chaud et humide en provenance de la mer. Elle s'intensifie le long du littoral, selon un axe Mandelieu-la-Napoule – Cannes – Antibes à partir de 20h et termine son développement vers Nice peu après 21h45.

Seule une bande côtière de 35 km de long par 10 km de large environ est fortement impactée par cet épisode pluvieux.

Les intensités pluviométriques sur des pas de temps courts présentent un caractère exceptionnel pour les plus fortes valeurs observées (durée de retour supérieure aux valeurs centennales).

Les intensités pluviométriques observées sont les suivantes : intensité maximale à Cannes est de 17,8 mm en 6 mn.

**En 30 minutes** : 69 mm à Mandelieu et Cannes

Ces intensités en 30 minutes sont de l'ordre de grandeur des ex-records d'intensité en 1 heure, 69 mm/1h, à Mandelieu en octobre 1993 et à Cannes en septembre 2009.

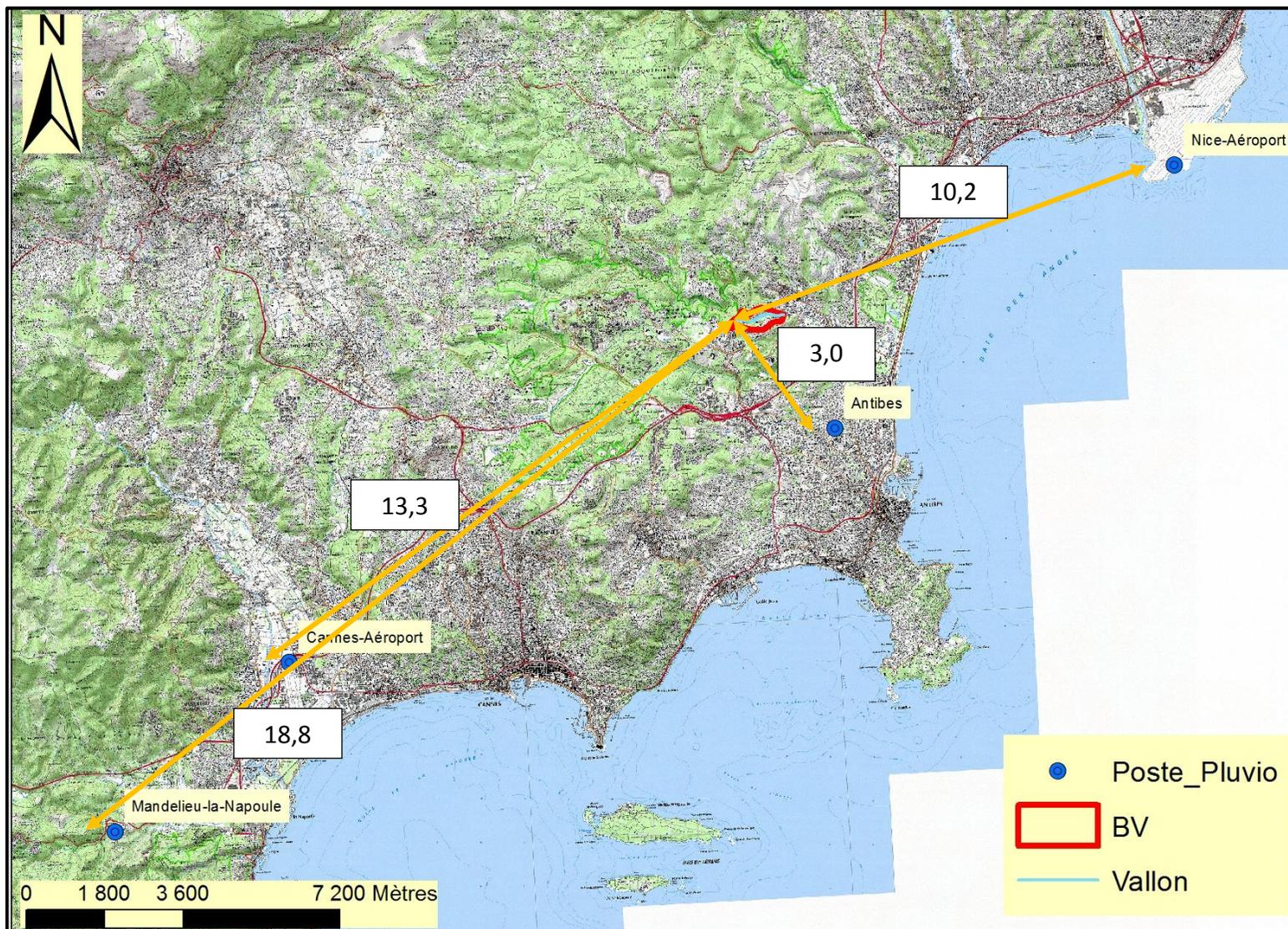
**En 1 heure** : valeur record pour les stations concernées :

- 98,5 mm à Mandelieu-la-Napoule ;
- 109 mm à Cannes ;
- 82,4 à Antibes ;
- 77,2 à Nice.

**En 2 heures** : valeur record pour les stations concernées :

- 175,3 mm à Cannes ;
- 156 mm à Mandelieu-la-Napoule ;
- 105,7 à Antibes ;
- 88,2 à Nice.

La figure suivante localise le projet par rapport à ces 4 pluviomètres. Nous constatons donc que les postes pluviométriques les plus proches et les plus représentatifs des précipitations au droit du projet sont Antibes et Nice, situées à des distances de 3 et 10 km respectivement.



### V.3 Analyse pluviométrique : estimation des pluies horaires de la station de Nice-Aéroport

En absence d'une série de données longue de la station d'Antibes (la plus proche du secteur du projet), nous avons pris pour hypothèse que la station de Nice-Aéroport est la plus représentative des précipitations à Biot.

Sur la base d'une période d'observation de 34 ans au niveau de la station de Nice-Aéroport (de 1966 à 1999), nous avons admis que l'intensité de la pluie variait comme une fonction puissance de la durée, suivant la formule suivante :

$$I(d) = a(t) \times d^{b(t)}$$

Où

- $I$  : intensité de la pluie [mm/min] ;
- $a$  et  $b$  : paramètres de Montana ;
- $d$  : durée de l'intensité de la pluie [min] ;
- $t$  : période de retour.

Cette méthode permet d'évaluer la pluie à la station de Cannes-Mandelieu sur différentes durées et différentes périodes de retour.

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau ci-après (Cf. *Tableau n°2*).

**Tableau 2. Estimation des pluies horaires à la station de Nice-Aéroport**

Période de retour (année)	Pluie de durée de : 2 heures (mm)	Pluie de durée de : 4 heures (mm)
10	61,3	72,5
20	66,3	79,6
50	80,0	93,1
100	<b>87,7</b>	101,8

Cette étape d'étude montre que les pluies extrêmes de courte durée de 2 heures, dans le secteur du projet, varient entre 61,3 mm et 87,7 mm pour les pluies de fréquence décennale et centennale respectivement et entre 72,5 (pour une décennale) et 101,8 mm (pour une centennale) pour des pluies de durée de 6 heures.

Sur la base d'une pluie de 105,7 mm en 2 heures (stations d'Antibes), nous constatons que l'évènement pluvieux du 3 octobre 2015 est d'une occurrence supérieure à la centennale.

## V.4 Estimation du débit de pointe au droit du projet

La modélisation des processus de ruissellement est abordée par des modèles conceptuels permettant de transformer une averse (définie par son hyétogramme) en un hydrogramme de crue (évolution du débit en fonction du temps). Ces modèles reposent essentiellement sur la connaissance empirique, expérimentale, du cycle hydrologique. Il faut reconnaître que cette étape est certainement la plus sensible : les concepts ne sont pas toujours adaptés et les paramètres sont parfois difficilement accessibles.

En effet, l'absence de mesures à l'exutoire de ce bassin versant nous ne permet pas de valider nos valeurs. De ce fait les valeurs obtenues ne sont que des estimations.

L'estimation des volumes d'eau et des débits a été approchée par la méthode du SCS (Soil Conservation Service). Cette méthode estime la fonction de production et ainsi détermine le ruissellement par la formule suivante :

$$Qr = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

Où :  $Qr$  : le ruissellement (mm) ;  $P$  : précipitation (mm) ;  $Ia$  : infiltration initiale (ou l'interception) en mm ;  $S$  : capacité totale d'infiltration (en mm).

La partie de la pluie interceptée par les dépressions et les végétaux ( $Ia$ ) est étroitement liée à la capacité d'infiltration des sols par la relation suivante :

$$Ia = 0,2 \times S$$

Ce qui donne pour fonction de production du SCS :

$$Qr = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

La capacité totale d'infiltration ( $S$ ) est fonction de la nature du sol, de son couvert végétal et de son état d'humectation initial. Elle est déterminée par la relation suivante :

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Où :  $CN$  est la valeur du Curve Number du SCS, déterminée à partir d'un tableau en fonction de la nature du sol et du couvert végétal.

Dans la présente étude, la valeur Curve Number du SCS ( $CN$ ) des terrains imperméabilisés (bâti, voiries) a été fixée à 95 et une valeur 70 pour les terrains non imperméabilisés. L'infiltration potentielle des terrains naturels a été fixée donc à 109 mm. Le pourcentage d'imperméabilisation du bassin versant considéré est de 10 %.

Après l'estimation des volumes ruisselés sur la surface considérée, la manière de transition de cette quantité d'eau à l'exutoire (fonction de transfert) a été modélisée par la méthode de l'Hydrogramme Unitaire (HU).

Les résultats de cette analyse sont récapitulés dans le tableau ci-après (Cf. *Tableau n°3*).

**Tableau 3. Estimation des volumes d'eau et débits de pointe fréquents du bassin versant des Clausonnes – Commune de Biot**

Pluie de T : année	cumul de pluie de 2 h (mm)	Volume précipité (m <sup>3</sup> )	Volume ruisselé (m <sup>3</sup> )	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	% de ruissellement
10	61,3	24076,7	5824,3	2,3	24
20	66,3	26034,9	6841,5	2,9	26
50	80,0	31392,9	9915,3	4,5	32
100	<b>87,7</b>	34424,6	11814,4	5,5	34
Pluie du 03/10/2015 (Antibes)	<b>105,7</b>	41487,3	16594,0	<b>6,4</b>	40

Nous constatons que les volumes d'eau de ruissellement de tout le bassin versant sont d'environ 5824 à 11814 m<sup>3</sup> en 2 heures pour les pluies d'occurrence décennale et centennale respectivement et des débits de pointe de 2,3 et 5,5 m<sup>3</sup>/s pour des pluies d'occurrence décennale et centennale respectivement.

## VI. CALCULS HYDRAULIQUES

La modélisation des processus hydrauliques est bien connue et les hypothèses explicitement définies. Par contre, la mise en œuvre pratique reste délicate, du fait de la complexité des réseaux (diamètres des collecteurs, branchements, ouvrages singuliers, etc.) et du manque d'observations permettant de caler ces modèles.

Afin d'assurer l'évacuation des eaux pluviales dues à des épisodes pluvieux d'une période de retour donnée (10 ans, 100 ans ou exceptionnelle.), le dispositif installé et/ou à installer doit être capable de laisser s'écouler les quantités d'eaux pluviales sans se mettre en charge.

Le but principal de cette étape de l'étude hydraulique est de dimensionner les ouvrages nécessaires à mettre en place pour ce projet d'aménagement et d'estimer leur capacité hydraulique.

### VI.1 Logiciel utilisé dans les calculs hydrauliques

Les calculs hydrauliques ont été réalisés par le logiciel SWMM. Le Modèle SWMM (Storm Water Management Model) de la Division U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory (EPA) est un modèle de simulation précipitations-ruissellement, appliqué à un seul événement pluvieux ou à long terme pour la simulation des ruissellements dans les milieux urbains (quantité et qualité).

SWMM a été développé pour la première fois dans les années 70 et a subi depuis, plusieurs mises à jour majeures. Il est largement utilisé à travers le monde pour la planification, l'analyse et la conception des eaux pluviales, les égouts combinés, les égouts sanitaires, et autres systèmes de drainage dans les milieux urbain et rural.

Le SWMM fonctionne sur un ensemble de bassins versants recevant les précipitations et génèrent un ruissellement. Il utilise deux principaux modèles :

#### **A- Modèles d'infiltration**

L'estimation de la part infiltrée des précipitations au niveau des bassins versants est modélisée selon 3 modèles :

- Horton ;
- Green-Ampt ;
- Curve Number.

#### **B- Modèles d'écoulement**

Le débit écoulé dans les conduites est approché par l'équation du principe de la conservation de la masse, en cas des régimes graduellement varié et transitoire (par l'application de l'équation de Saint-Venant).

SWMM dispose de 3 routines, utilisées pour résoudre ces équations :

- routage en régime stationnaire ;
- routage onde cinématique ;
- routage onde dynamique : en régime transitoire (par la résolution l'équation de Saint Venant à 1 dimension. Elle consiste en l'équation de continuité).

Il nous semble que l'utilisation de cet outil de calculs numériques (avec un réglage correcte des différents paramètres des bassins versants et du réseau) est tout à fait capable d'obtenir des résultats fiables.

## VI.2 Schéma de canalisation des eaux pluviales du vallon sous le logiciel SWMM

Contrairement au volet hydrologique qui souffre de nombreuses incertitudes, les modèles mathématiques et plus particulièrement ceux qui utilisent les équations de BARRÉ-DE-SAINT-VENANT donnent des résultats satisfaisants. Certains outils, comme les logiciels Mouse ou Canoë, permettent de simuler des écoulements en surface libre et en charge tout en intégrant les variations de régime. La diffusion des ondes de crue ainsi que les effets d'amortissement, peuvent être simulés à partir de la résolution des schémas implicites des différences finies. Ces modèles possèdent aussi leurs limites puisqu'ils supposent, dans le cadre d'une représentation filaire des réseaux, que les écoulements sont unidirectionnels.

La conception du modèle a été réalisée sous le logiciel SWMM. On a adopté un modèle Hortonien pour l'estimation des parts de ruissellement et d'infiltration (fonction de production) et un modèle de type onde dynamique pour la simulation des écoulements dans le réseau de collecte des eaux pluviales.

Les réseaux hydrauliques existants ou à mettre en place ont été modélisés dans un contexte unidimensionnel. Les hauteurs de lignes d'eaux ainsi que les vitesses d'écoulement sont approchées en tout point du réseau grâce à un schéma de différences finies, qui résout les équations complètes de Barré-de-Saint-Venant. Les modèles réalisés permettent ainsi d'étudier et d'observer la propagation des ondes de crue pour des régimes graduellement et rapidement variés.

Afin de pouvoir étudier la capacité hydraulique du réseau d'évacuation à mettre en place, nous avons procédé à la schématisation du projet sous le logiciel SWMM en respectant la topographie.

Les hypothèses pris en compte lors de la réalisation du schéma de collecte des eaux pluviales du vallon des Clausonnes sur la commune de Biot sont :

- En amont : la pente moyenne considérée est de 8,7 % ;
- La partie médiane du secteur : pente moyenne de 4 % ;
- La partie terminal (avant le rejet dans la brague) : pente de 0,5 % ;
- Le coefficient de rugosité de Manning des conduites de : 0,016, pour les conduites en béton à mettre en place ;
- Des coefficients de pertes de charges appliqués pour la partie terminale du projet, où sera installé un système de dissipation d'énergie.

Les indices A et B de la présente étude hydraulique ont présenté les scénarii suivants :

- Scénario 1 : réalisation des aménagements par la mise en place des ouvrages hydrauliques en béton et sans rétention ;
- Scénario 2 : réalisation des aménagements avec la prise en compte d'une rétention en amont immédiat du projet. En effet, cette solution est tout à fait envisageable du fait que la topographie du terrain le permet, en réduisant les dimensions des ouvrages à mettre en place.

Suite à la présentation des résultats, la solution avec aménagement d'un bassin de rétention a été abandonnée. Cet aménagement, d'un volume estimé à 500 m<sup>3</sup> permettait un taux d'écrêtement de la pointe de l'hydrogramme de crue de seulement 10 %.

### VI.3 Simulation numérique des écoulements et résultats obtenus pour une crue d'occurrence centennale

Les hauteurs de lignes d'eau ainsi que les vitesses d'écoulement dans les aménagements proposés (pour des pluies de projet d'occurrence centennale ou exceptionnelles) sont approchées en tout point du réseau, grâce à un schéma de différences finies qui résout les équations complètes de Barré de Saint-Venant. Les modèles réalisés permettent ainsi d'étudier et d'observer la propagation des ondes de crue pour des régimes graduellement et rapidement variés.

Pour le scénario retenu suite à la présentation des indices A et B au Maître d'Ouvrage, les ouvrages projetés sont les suivants (*Figure n°7*) :

- Cadres en béton de dimensions 1,2 x 1,0 m (largeur x hauteur) sur un linéaire de 153,4 m ;
- Cadre en béton de dimensions 2,8 x 1,0 m (largeur x hauteur), équipé au fond d'un système de dissipation d'énergie (enrochements bétonnés ou autres) sur un linéaire de 11,75 mètres.

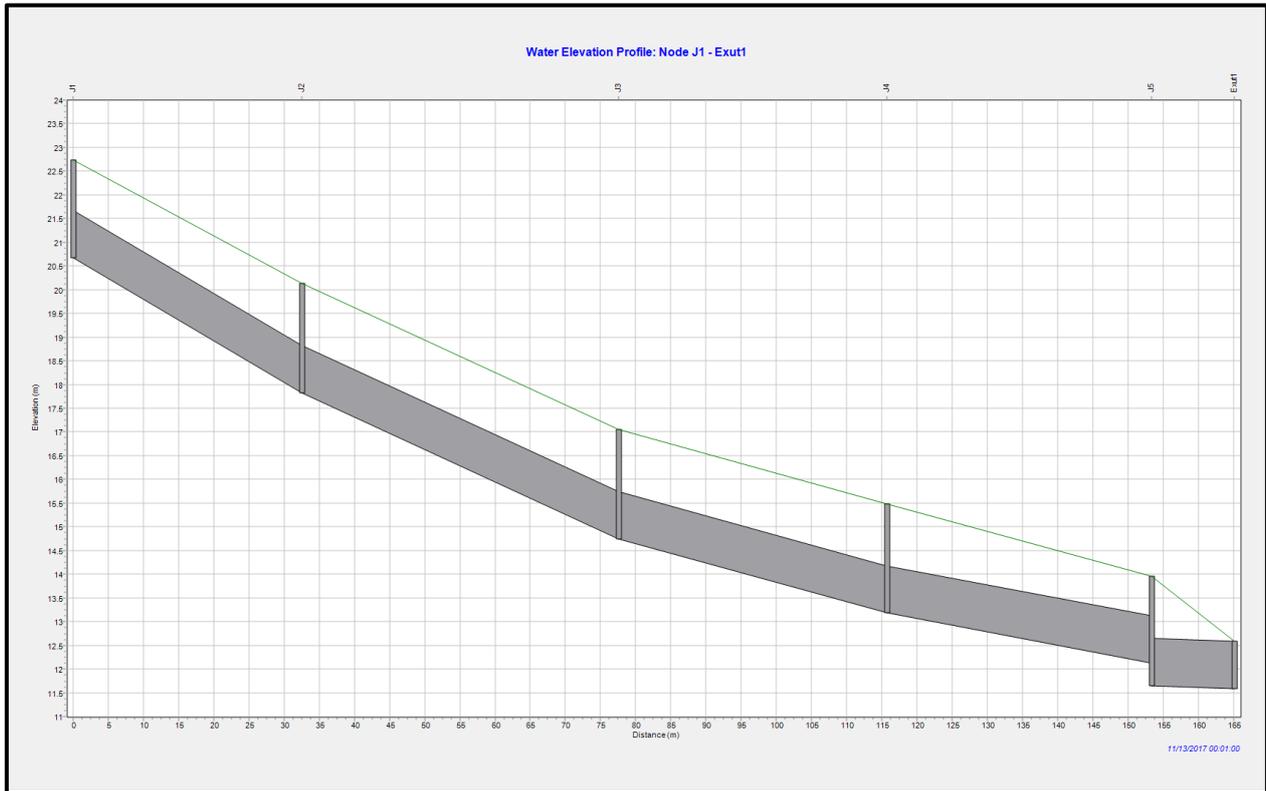


Figure 7. Profil en long des ouvrages projetés (SWMM)

Les calculs hydrauliques (*Figure n°8*) montrent une capacité de remplissage des conduites à hauteur de 60 % en amont à 87 % en aval (pente plus faibles 2 %).

Les vitesses d'écoulement sont estimées à 7,8 m/s en amont et de 2,3 m/s dans la partie aval avant rejet dans la Brague. Nous rappelons que ce scénario ne prend pas en considération la possible influence aval de La Brague.

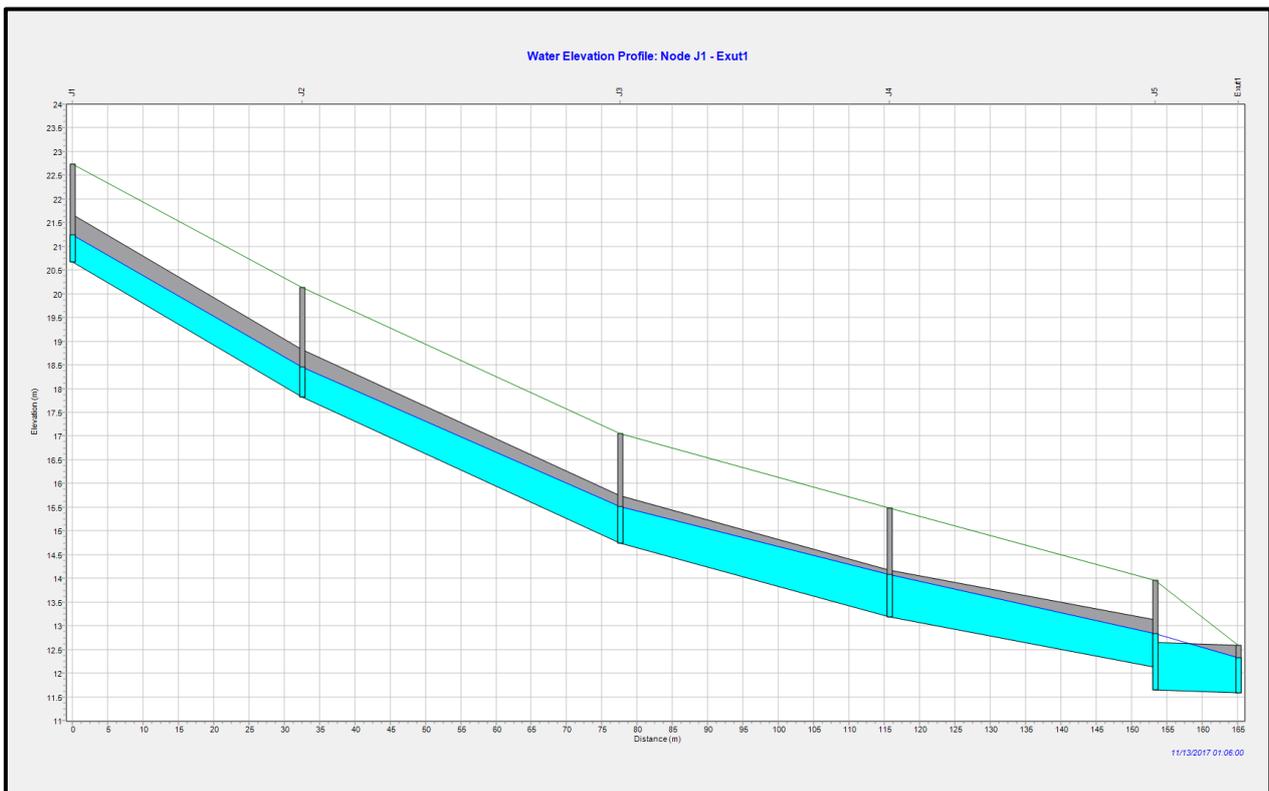


Figure 8. Profil en long des aménagements avec taux de remplissage maximal lors d'une crue d'occurrence centennale

## VI.4 Incidence aval de La Brague

Suite à la réunion du 04 juillet 2018, le Maître d'Ouvrage a émis le souhait que l'étude hydraulique soit complétée avec la simulation des écoulements pour une période de retour centennale et pour l'épisode d'octobre 2015, avec la prise en compte des hauteurs maximales de la Brague lors d'épisodes de crues. Ces hauteurs sont présentées dans le *Tableau n°5* et ont été imposées comme condition aval au modèle.

Tableau 4. Élévation Brague

	Élévation Influence aval (m)
Niveau de La Brague avant débordement	13,00
Pluie épisode octobre 2015	16,73 <sup>*1</sup>

<sup>\*1</sup> Hauteur indiquée sur le porter à connaissance publié en février 2018 (DDTM 06, Cabinet Merlin)

Trois scénarios ont été étudiés :

- Pluie centennale – Niveau de La Brague avant débordement ;
- Pluie octobre 2015 – Niveau de La Brague avant débordement ;
- Pluie octobre 2015 – Niveau de La Brague octobre 2015.

### VI.4.1 Pluie centennale – Niveau de La Brague avant débordement

Sur la *Figure n°9*, nous observons que la Brague met en charge l'ouvrage de rejet et fait augmenter la hauteur d'eau dans le tronçon en amont de l'ouvrage, sans mise en charge de celui-ci. Aucun débordement n'est observé au niveau du tronçon aménagé.

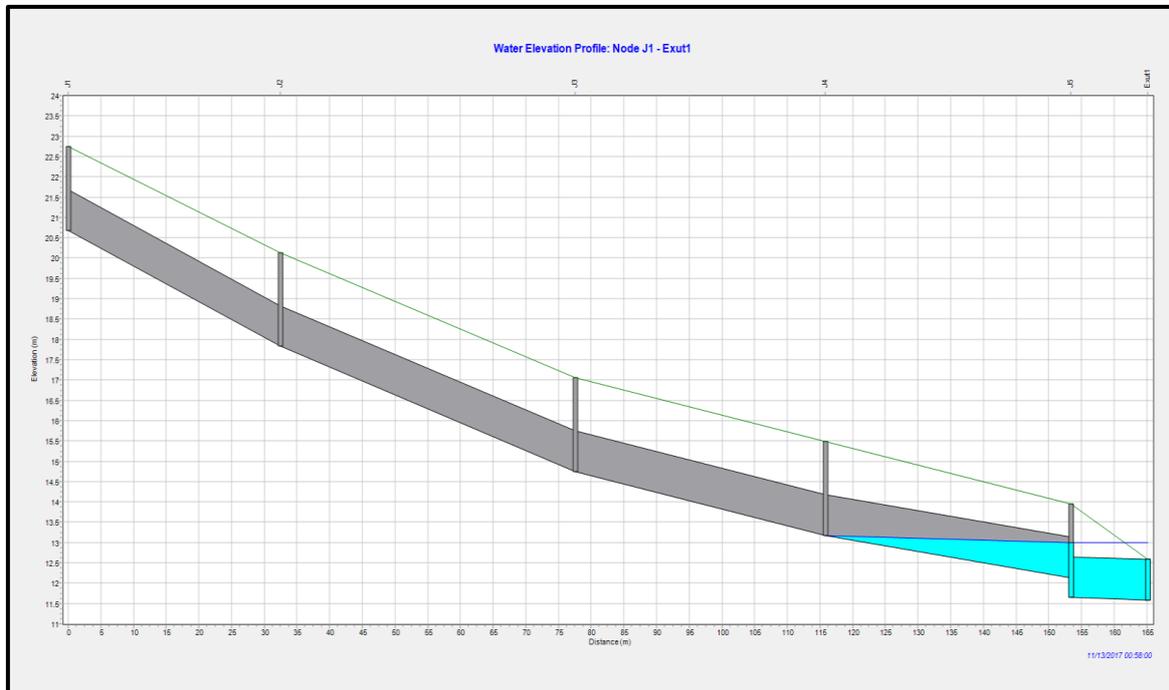


Figure 9. Profil en long - Influence aval de La Brague uniquement (Avant débordement)

Lorsque la pluie centennale est également appliquée au niveau du bassin versant des Clausonnes (*Figure n°10*), nous observons la mise en charge du tronçon terminal, mais aucun débordement n'est observé.

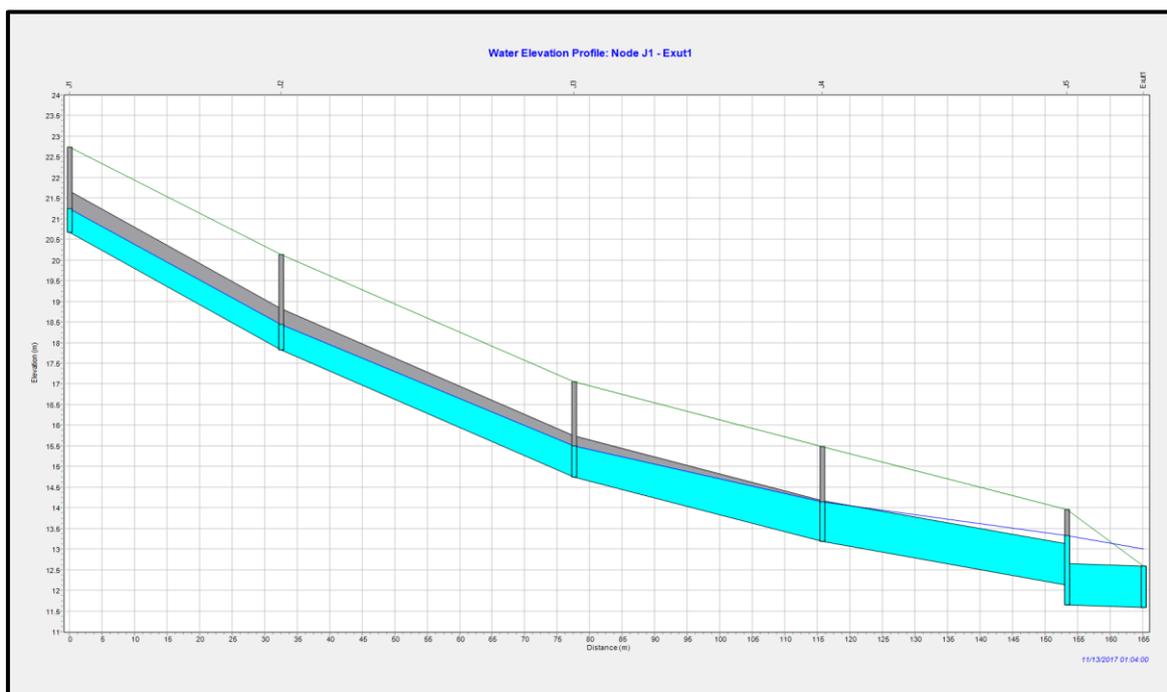


Figure 10. Profil en long - Pluie de période de retour T=100 ans, avec influence aval

#### VI.4.2 Pluie octobre 2015 – Niveau de La Brague avant débordement

La Figure n°11 montre le profil en long avec uniquement l'impact de la hausse du niveau de La Brague, pour simuler l'événement d'octobre 2015. Nous notons la mise en charge de l'ouvrage de rejet, ainsi que la mise en charge des  $\frac{3}{4}$  du tronçon aménagé. Des débordements sont localisés au niveau du nœud J3.

Nous rappelons que l'événement d'octobre 2015 est assimilé à une période de retour supérieure à la centennale.

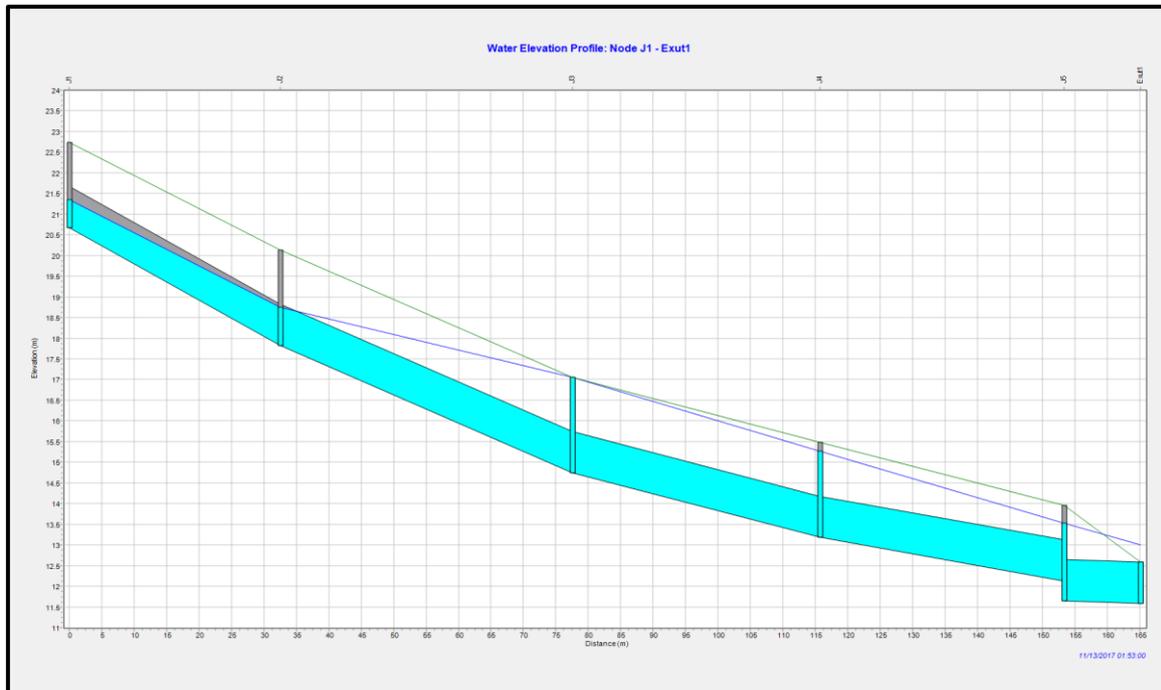


Figure 11. Profil en long - Pluie octobre 2015, influence aval de La Brague avant débordement

### VI.4.3 Pluie octobre 2015 – Niveau de La Brague octobre 2015

La Figure n°12 montre le profil en long avec uniquement l'impact de la hausse du niveau de La Brague, pour simuler l'événement d'octobre 2015. Nous notons la submersion de l'ouvrage de rejet, ainsi que la mise en charge des  $\frac{3}{4}$  du tronçon aménagé.

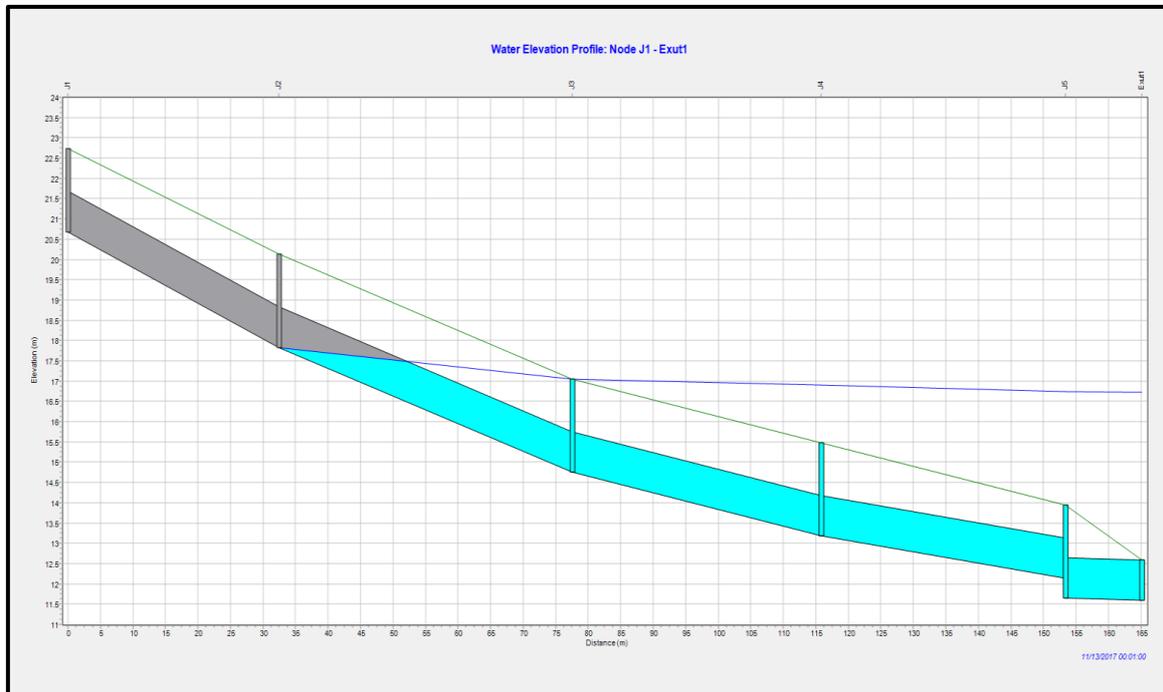


Figure 12. Profil en long - Influence aval de La Brague uniquement (niveau octobre 2015)

En appliquant la pluie d'octobre 2015 au niveau du bassin versant des Clausonnes, nous observons la mise en charge de la totalité de l'ouvrage, avec des débordements atteignant la route juste avant la jonction de la route des Clausonnes avec le Chemin de La Brague (Figure n°13).

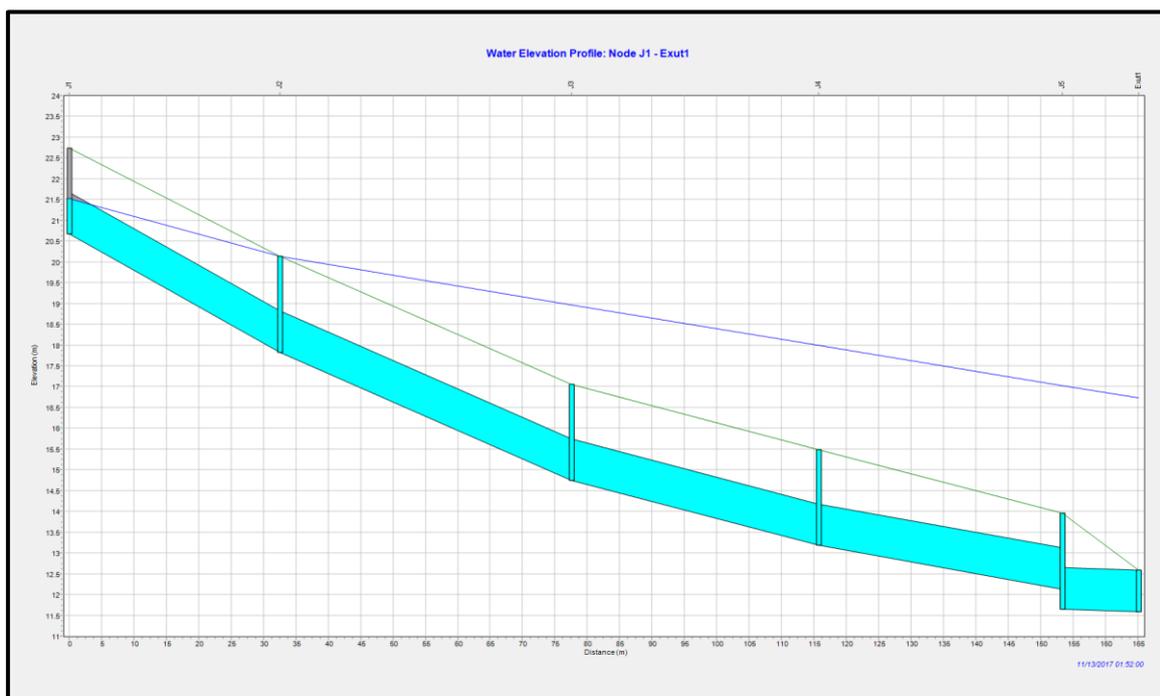


Figure 13. Profil en long - Pluie événement octobre 2015, avec influence aval

Nous tenons à préciser que les scénarios présentés, considérant une influence aval de La Brague, correspondent aux situations les plus pessimistes.

En effet, le temps de montée (correspondant au temps observé entre le début du ruissellement et la pointe de crue) n'est pas le même entre le bassin versant des Clausonnes et celui de la Brague (*Tableau n°6*).

**Tableau 5. Caractéristiques BV Clausonnes et Brague**

	Surface (ha)	PLCH (m)	Pente (m/m)	Tc (min)	Tr (min)
BV Clausonnes	39,25	1400	0,086	16,3	6,1
BV Brague	4 100	16 680	0,0275	294,2	110,3

Nous observons que le temps de montée du bassin versant de la Brague est 18 fois supérieur à celui du bassin versant des Clausonnes. Cela signifie que lorsque que la pointe de crue (niveau d'eau le plus haut ou débit le plus fort) est atteinte pour le bassin versant des Clausonnes, la pointe de crue au niveau de La Brague sera atteinte 1h et 46 minutes plus tard.

## VI.5 Aménagement d'un déversoir de sécurité

Les aménagements proposés dans le cadre de cette étude sont conçu pour la gestion des débits générés par une pluie centennale de 2 heures (débit de pointe estimé à 5,58 m<sup>3</sup>/s), au-delà de ces débits il faudrait un ouvrage de surverse pour diriger les volumes d'eau supplémentaires vers la route des Clausonnes.

Les dimensions de ce déversoir de sécurité latéral sont 2,0 x 0,5 m (largeur x hauteur). Il aura pour rôle l'évacuation des débits supplémentaires (jusqu'à 1,9 m<sup>3</sup>/s) : débit supplémentaire semblable à celui généré par la crue du 3 octobre 2015. Les eaux de ce déversoir latéral seront dirigées vers la route des Clausonnes.

## VII. CONCLUSION

Cette étude hydraulique du vallon des Clausonnes sur la commune de Biot a été réalisée à partir des estimations hydrologiques et des calculs hydrauliques basés sur les débits de pointe d'occurrence centennale, générés par une pluie de durée totale de 2 heures et d'une période intense de 15 minutes. Le choix de cette pluie de projet a été motivé par comparaison avec la pluie du 3 octobre 2015, d'une occurrence supérieure à la centennale, mais pratiquement avec un épisode pluvieux intense comparable.

Le bassin versant du vallon des Clausonnes au droit du site projet d'aménagement est caractérisé par une superficie totale de 39,25 hectares, d'un temps de concentration de 17 minutes environ et un débit de pointe d'occurrence centennale estimé  $5,58 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Les simulations des écoulements dans les ouvrages hydrauliques à mettre en place ont été réalisées avec le logiciel SWMM selon plusieurs scénarii. Le scénario avec aménagement d'un bassin de rétention a été abandonné, celui-ci permettant l'écrêtement de la pointe de l'hydrogramme de crue de seulement 10 %.

Les scénarii étudiés lors de la présente étude (indice C) considèrent l'aménagement d'un ouvrage cadre  $1,2 \times 1,0 \text{ m}$  (largeur x hauteur) et sont les suivants :

- Pluie centennale, sans prise en compte de l'incidence aval de La Brague ;
- Pluie centennale avec prise en compte du niveau de La Brague (correspondant au niveau avant débordement sur terrains avoisinants, soit 13 m) ;
- Pluie événement Octobre 2015 avec prise en compte du niveau de La Brague (correspondant au niveau avant débordement sur terrains avoisinants) ;
- Pluie événement Octobre 2015 avec prise en compte du niveau de La Brague atteint lors de cet événement, soit 16,73 m.

Les résultats issus des quatre simulations démontrent qu'un ouvrage cadre de  $1,2 \times 1,0 \text{ m}$  (largeur x hauteur) suffit pour gérer une pluie centennale, en acceptant la mise en charge de l'ouvrage de rejet induite par l'élévation du niveau de La Brague (13 m ou 16,73 m). Au-delà d'une fréquence centennale, nous pouvons accepter des débordements sur la route communale des Clausonnes.

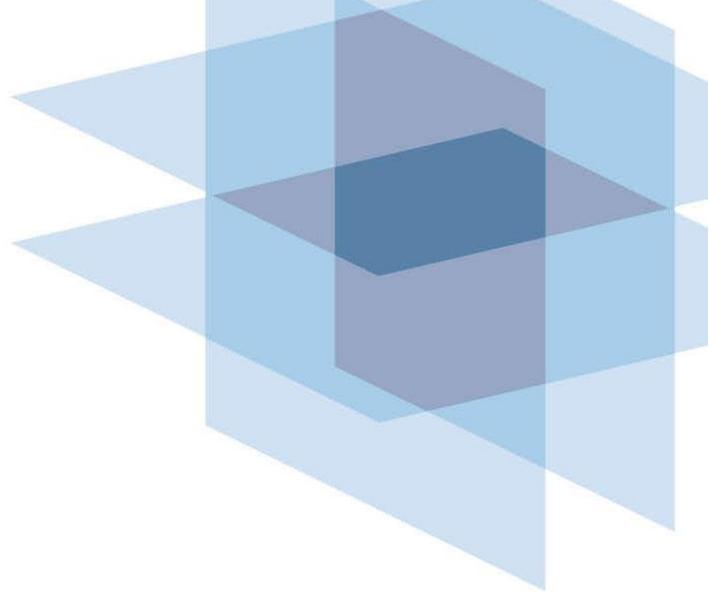
Nous rappelons que les inondations observées et induites par les crues de La Brague sont indépendantes de l'aménagement du vallon des Clausonnes.

Les vitesses d'écoulement dans les ouvrages hydrauliques sont très fortes en amont (supérieure à  $7 \text{ m/s}$ ) et plus faible en aval. Ce constat nécessite la mise en place d'un système de dissipation d'énergie dans la partie terminale de cet aménagement avant rejet dans la Brague. Ce système de dissipation d'énergie pourra être réalisé avec des enrochements bétons au fond de l'ouvrage. Il favorise de baisser considérablement les vitesses d'écoulement et limite les risques d'érosion des berges de la Brague.

Nous préconisons également la mise en amont immédiat des ouvrages hydraulique un système de surverse de sécurité. Ce système aura pour rôle de gérer les débits supplémentaires (en cas de crues exceptionnelles) et de les diriger vers la route des Clausonnes. Il aura les dimensions de  $2,0 \times 0,5 \text{ m}$  (largeur x hauteur) et une capacité d'évacuation de  $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**tpf.i**  
L'INGÉNIERIE CO-CRÉATIVE



### **Siège social**

Immeuble Le Balthazar – 2 Quai d'Arenc  
BP 60025  
13202 MARSEILLE Cedex 2  
Tél. : 04 91 23 77 50 – Fax : 04 91 25 29 87  
[siege@tpfi.fr](mailto:siege@tpfi.fr)

### **Agence de Nice**

4, chemin du château Saint-Pierre  
CS 50531  
06359 NICE CEDEX 4  
Tél. : 04 93 27 66 30 – Fax : 04 93 27 66 39