

Département des Alpes-Maritimes (6)




DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES ET DE LA MER – DDTM 06

ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DES PPRI DE 10 COMMUNES DES ALPES MARITIMES LOT 1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS

PHASE 1 : ETUDE DE L'ALEA INONDATION

CHAPITRE 2 : HYDROLOGIE

	SIEGE	IMPLANTATION REGIONALE
	6, Rue Grolée 69289 LYON Cédex 02 Téléphone : 04-72-32-56-00 Télécopie : 04-78-38-37-85 E-mail : cabinet-merlin@cabinet-merlin.fr	19, rue Alphonse 1er 06200 NICE Téléphone : 04-93-18-19-98 Télécopie : 0-93-18-15-18 E-mail : cm-nice@cabinet-merlin.fr

GROUPE MERLIN/Réf doc : 173359 - 108 - ETU - ME - 1 - 005

Ind	Etabli par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
A	M.BLANC	F.BOUVIN	Novembre 2017	Etablissement de la note

SOMMAIRE

1	PREAMBULE	4
2	CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS	5
2.1	SECTEUR D'ETUDE	5
2.2	LA BRAGUE ET SES AFFLUENTS.....	6
2.3	VALLONS COTIERS ANTIBES ET VALLAURIS	8
3	COLLECTE DE DONNEES	10
3.1	DONNEES HYDROMETRIQUES.....	10
3.2	DONNEES PLUVIOMETRIQUES	11
3.2.1	COEFFICIENTS DE MONTANA	11
3.2.2	STATIONS PLUVIOMETRIQUES	12
3.2.3	DONNEES RADAR.....	13
3.2.4	DONNEES SHYREG.....	13
4	SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES – DEBITS THEORIQUES	14
4.1	SYNTHESE GENERALE	14
4.2	ANALYSE CRITIQUE DES DEBITS DE POINTE SUR LA BRAGUE ET SES AFFLUENTS.....	17
4.2.1	BRAGUE A BIOT.....	17
4.2.2	AFFLUENTS DE LA BRAGUE – NON JAUGES.....	19
4.2.3	CONCOMITANCE DES CRUES	20
5	SYNTHESES DES ELEMENTS RELATIFS A L'EVENEMENT DU 3 OCTOBRE 2015	21
5.1	INTENSITES PLUVIOMETRIQUES.....	21
5.2	ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE.....	24
5.2.1	METHODE HYMEX.....	24
5.2.2	ETUDE HYDROLOGIQUE - LINDENIA	26
5.2.3	MISSION POST CRUE - CABINET MERLIN.....	26
6	DETERMINATION DE LA CRUE DE REFERENCE.....	29
6.1	CRUE DE REFERENCE SUR LA BRAGUE ET SES AFFLUENTS	29
6.2	CRUE DE REFERENCE SUR LES VALLONS ANTIBOIS.....	29
6.3	CRUE DE REFERENCE SUR VALLAURIS.....	30
7	DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE ET DES HYDROGRAMMES POUR LA CRUE DE REFERENCE	32
7.1	BRAGUE ET AFFLUENTS.....	32
7.1.1	DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE POUR LA CRUE DE REFERENCE.....	32
7.1.2	CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES D'INJECTION POUR LA CRUE DE REFERENCE.....	34
7.2	VALLONS ANTIBES ET VALLAURIS	35
7.2.1	DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE POUR LA CRUE DE REFERENCE.....	35
7.2.1.1	METHODE 1 : CALCUL DES DEBITS DE POINTE PAR LA FORMULE DE MEYER DEPUIS DES BASSINS VERSANTS AYANT FAIT L'OBJET D'ESTIMATIONS DE DEBIT.....	35
7.2.1.2	METHODE 2 : GENERATION DES HYDROGRAMMES A PARTIR DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES RADAR (LAME D'EAU PANTHERE METEO FRANCE) : MODELES PLUIE-DEBIT	36
7.2.1.3	SYNTHESE.....	37
7.2.2	CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES D'INJECTION.....	38
8	DETERMINATION DES DEBITS THEORIQUES DE PERIODES DE RETOUR T30, T100 ET T1000 ..	39
8.1	BRAGUE ET AFFLUENTS.....	39
8.1.1	DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE Q30, Q100 ET Q1000.....	39
8.1.2	CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES D'INJECTION.....	41
8.2	VALLONS ANIBES ET VALLAURIS.....	41
8.2.1	DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE T30, T100 ET T1000.....	41
8.2.1.1	DEBITS DE POINTES T30 ET T100	41

DDTM 06

**ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DE PPRI –
LOT1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS**

8.2.1.2	DEBITS DE POINTE T1000	43
8.2.2	<i>CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES DE CRUE</i>	43
9	SYNTHESE DES DEBITS DE POINTE	44
10	ANNEXE 1 : FORMULES CALCUL DU TEMPS DE CONCENTRATION	47
11	ANNEXE 2 : COEFFICIENTS DE RUISSELEMENT UNITAIRES	48

1 PREAMBULE

L'Etat, par l'intermédiaire de la Direction Départementale des Territoires de la Mer des Alpes-Maritimes (DDTM 06), a missionné le Cabinet MERLIN pour la révision des plans de prévention des risques inondation (PPRI) sur les communes d'Antibes, Biot et Vallauris.

Cette étude entre dans le cadre de la prévention des risques inondation, conformément à l'article R562-1 du code de l'environnement.

Les communes d'Antibes, Biot et Vallauris disposent actuellement de PPRI établis le 29/12/1998 pour Biot et Antibes et le 07/07/2003 pour Vallauris.

Le 3 Octobre 2015, un événement exceptionnel a touché les communes de la zone côtière entre Nice et Mandelieu-la-Napoule. Les intensités pluviométriques et les débits engendrés ont atteint localement des valeurs plus que centennales, causant des dégâts catastrophiques dans les zones urbanisées.

Les hypothèses utilisées pour élaborer les PPRI ayant été largement dépassées lors de cette catastrophe sur les communes de Biot, Antibes et Vallauris, il est nécessaire de les réviser à partir d'un nouvel aléa de référence. L'objectif de cette étude consiste à réviser les PPRI sur les communes de Biot, Antibes et Vallauris, et accompagner la DDTM 06 jusqu'à leur approbation.

L'objectif de l'étude hydrologique est de déterminer les débits caractéristiques et les hydrogrammes de crue pour la **crue de référence** (crue la plus forte entre la crue centennale et la crue du 3 Octobre 2015), **la crue centennale**, **la crue trentennale** et la **crue millénale**.

2 CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS

2.1 SECTEUR D'ETUDE

Le secteur étudié concerne les communes d'Antibes, Biot et Vallauris situées dans le département des Alpes Maritimes. Ces communes côtières présentent une très forte urbanisation et de nombreux enjeux (habitations, zones de loisirs, campings...) les rendant ainsi très sensibles au risque inondation.

Les limites des bassins versants des cours d'eau étudiés sont présentées ci-après.

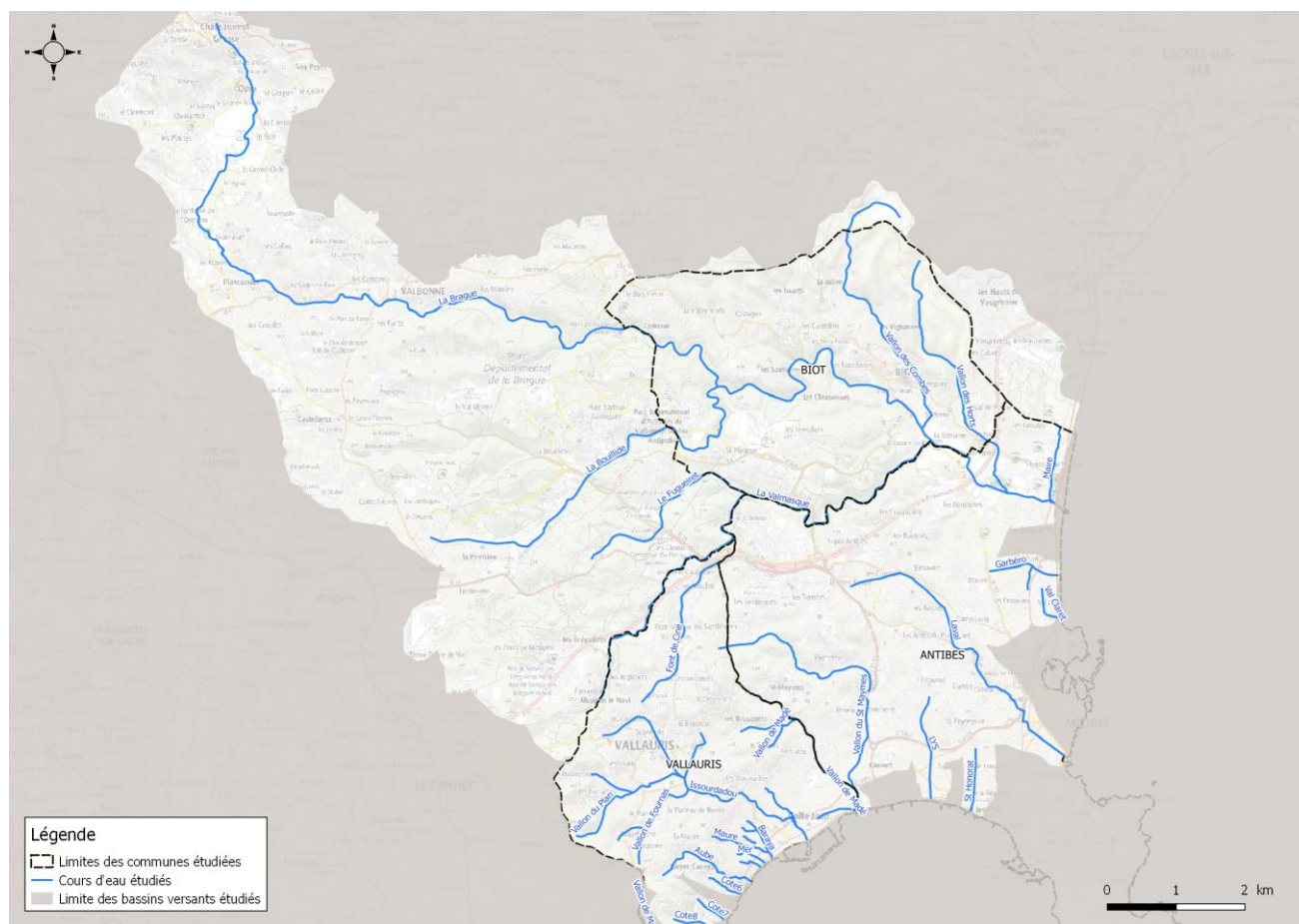


FIGURE 1 : LIMITES DES BASSINS VERSANTS ETUDIES

2.2 LA BRAGUE ET SES AFFLUENTS

La portion de la Brague étudiée dans le cadre de cette étude est comprise entre la limite communale Biot-Valbonne et l'exutoire en mer à Antibes.

Au niveau des communes de Biot et Antibes, la Brague est rejointe par cinq affluents majeurs :

- ◆ La Bouillide,
- ◆ Le Vallon des Combes
- ◆ La Valmasque
- ◆ Le Vallon des Horts
- ◆ Le ruisseau de la Maire

Des petits vallons (Vallon des Clausonnes, Vallon de Funel, Vallon des Prés, Vallon des Groules, Vallons de l'A8) rejoignent également la Brague.

Le bassin versant de la Brague, d'une superficie totale de 68 km², est très urbanisé, hormis sur la commune de Valbonne et l'amont de la commune de Biot où se situe le parc départemental de la Brague. Les caractéristiques détaillées des bassins versants et des cours d'eau sont présentées dans le Chapitre 1 de la présente étude.

Les bassins versants de ces cours d'eau sont présentés sur la figure page suivante.

Nom Bassin versant	Surface BV (km ²)
Bouillide	12.9
Brague amont confluence Bouillide	24.7
Brague à Biot (confluence Bouillide jusqu'à entrée dans Biot)	4.6
Valmasque amont confluence Fugueiret	10.6
Valmasque aval	4.0
Combes amont (confluence Vignasses)	2.4
Horts amont (pont camatte)	1.4
Maire amont Marineland	1.9
Vallon des Clausonnes	0.4
Vallon de Funel	0.8
Vallon Autoroute A8	0.8
Apports amont A8	1.8
Vallon des Prés	0.6
Vallon des Groules	0.4
Apports Aval A8	2.6

TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS - BRAGUE

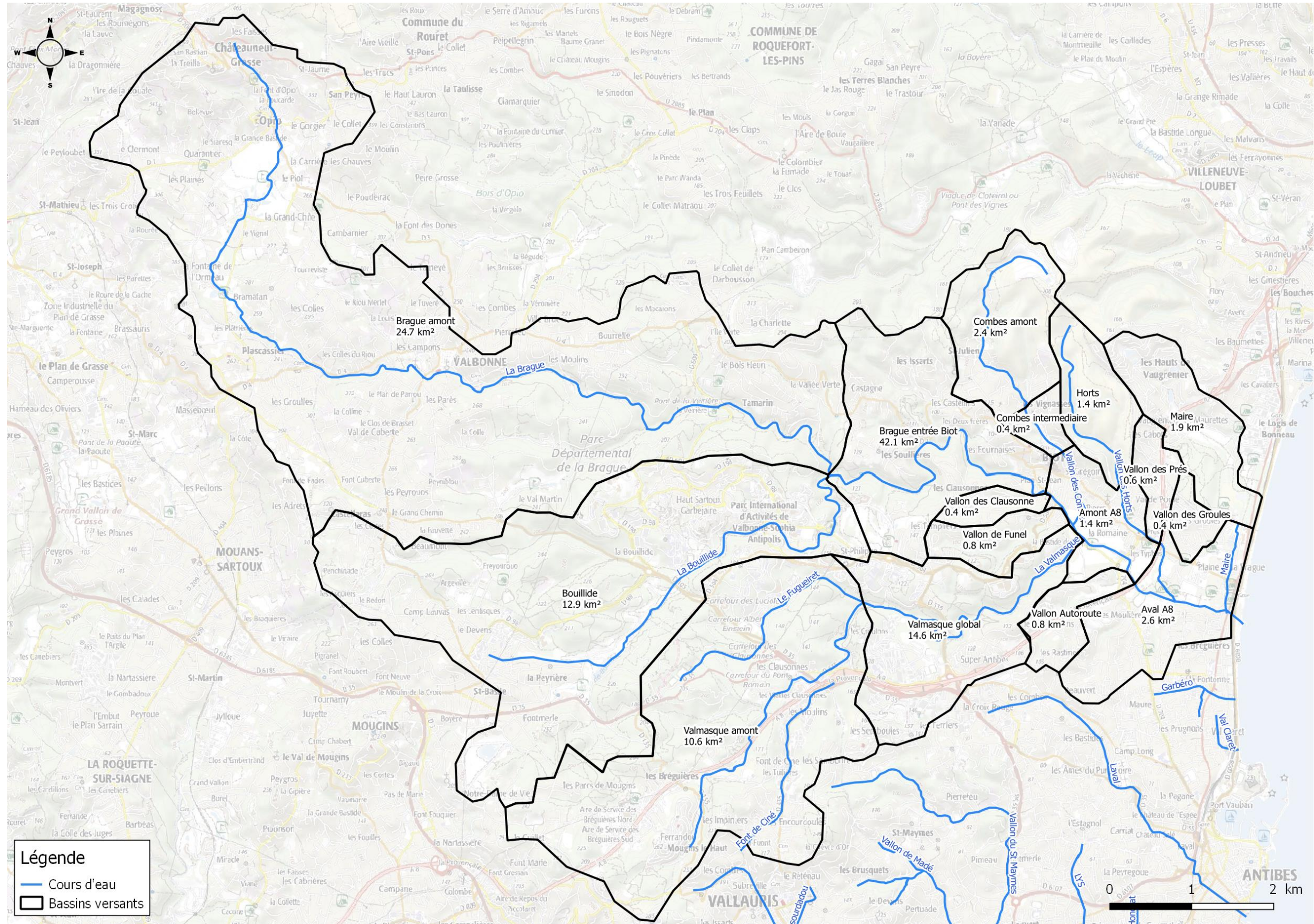


FIGURE 2 : BASSIN ET SOUS BASSINS VERSANTS DE LA BRAGUE

2.3 VALLONS COTIERS ANTIBES ET VALLAURIS

Les communes d'Antibes et Vallauris sont traversées par de nombreux petits vallons côtiers qui se jettent directement en mer. Les bassins versants drainés ont des surfaces inférieures à 10km

Ces bassins versants côtiers sont très urbanisés et réagissent de manière extrêmement rapide en raison de la forte imperméabilisation des sols et de la brutalité des orages qui se produisent sur la côte méditerranéenne. Les cours d'eau sont canalisés ou busés sur la majorité de leur linéaire, hormis en amont. Lors des forts orages, les débits engendrés dépassent largement les capacités des réseaux, engendrant ainsi des débordements fréquents.

Sur la commune d'Antibes, les vallons étudiés sont les suivants :

- ◆ Vallon des Frères Garbéro et du Val Claret,
- ◆ Vallon du Laval
- ◆ Vallon du Lys
- ◆ Vallon St Honorat
- ◆ Vallon de St Maymes
- ◆ Vallon de Madé, cours d'eau frontalier avec Vallauris et affluent du St Maymes

Sur la commune de Vallauris – Golfe Juan, les vallons étudiés sont les suivants :

- ◆ Font de Ciné (affluent de la Valmasque qui la rejoint au niveau de l'autoroute A8)
- ◆ Vallon de Madé frontalier avec la commune d'Antibes
- ◆ L'Issourdadou
- ◆ Vallons du Plan et de Fournas (affluents de l'Issourdadou)
- ◆ Petits vallons côtiers qui se jettent directement en mer

Les bassins versants de ces vallons sont présentés sur la figure page suivante.

	Nom BV	Surface (ha)
Vallauris	Cote8	25.5
	Cote7	27.3
	Cote6	15.3
	Aube	58.5
	Cote3	9.2
	Maure_Baraya	50.9
	Issourdadou	519.7
	Fournas	96.8
	Vallon_du_Plan	125.4
	Font_de_Cine	182.3
	Mayre	45.1
	Mer	8
Antibes	Made	212.3
	St_Maymes	453
	Lys	141.1
	StHonorat	48.8
	Laval	362.4
	Garbero	144.1
	Val Claret	20.8

TABLEAU 2 : CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS – ANTIBES ET VALLAURIS

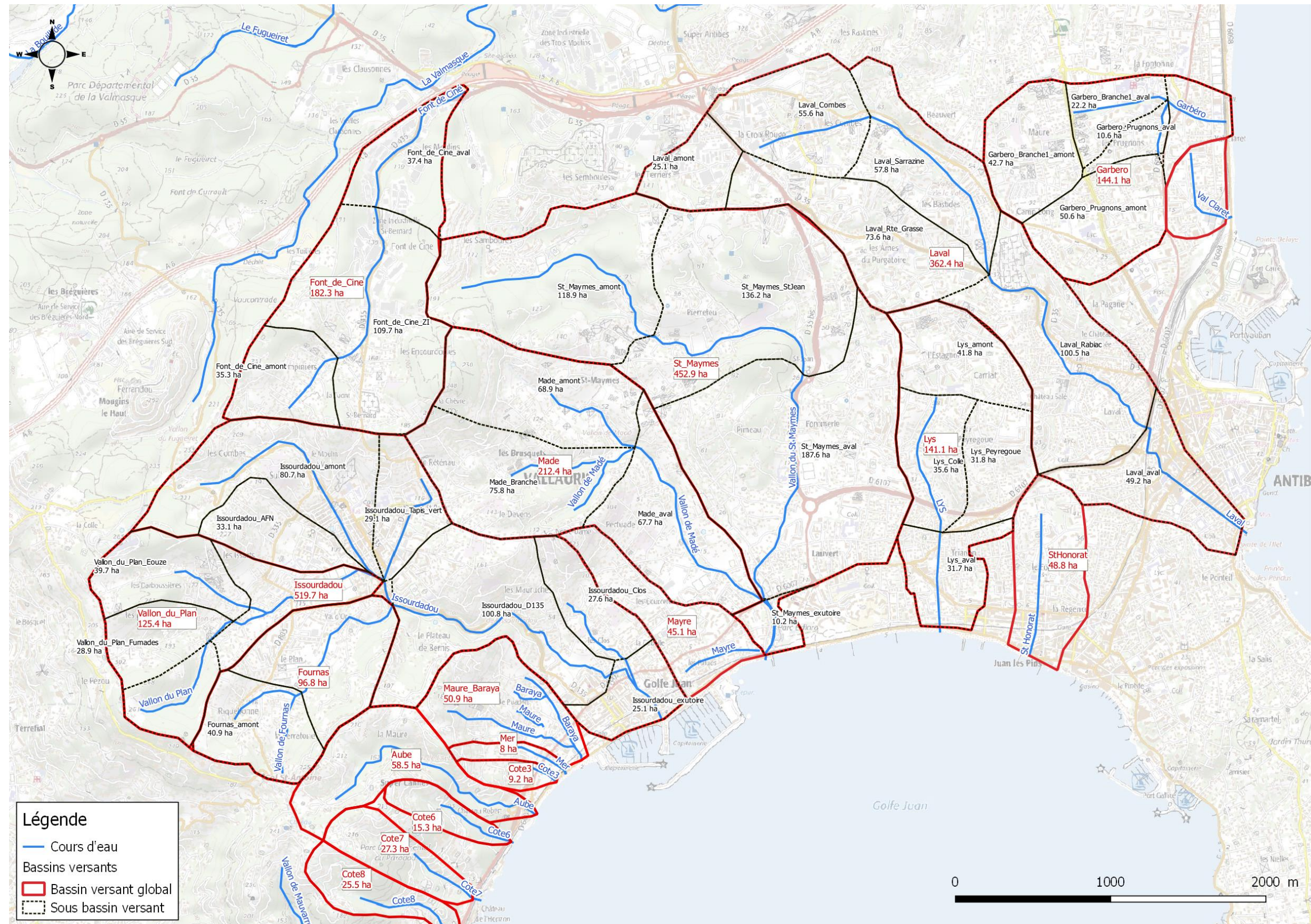


FIGURE 3 : BASSINS VERSANTS DES VALLONS COTIERS ANTIBES ET VALLAURIS

3 COLLECTE DE DONNEES

3.1 DONNEES HYDROMETRIQUES

Une station hydrométrique est présente sur la zone d'étude, il s'agit de la station Y5605210 de la Brague à Biot, gérée par la DREAL. Elle a été mise en service en 1980 et fonctionne encore aujourd'hui. Le bassin versant de la Brague au droit de la station est de 41 km².

La carte suivante permet de la localiser sur la zone d'étude.

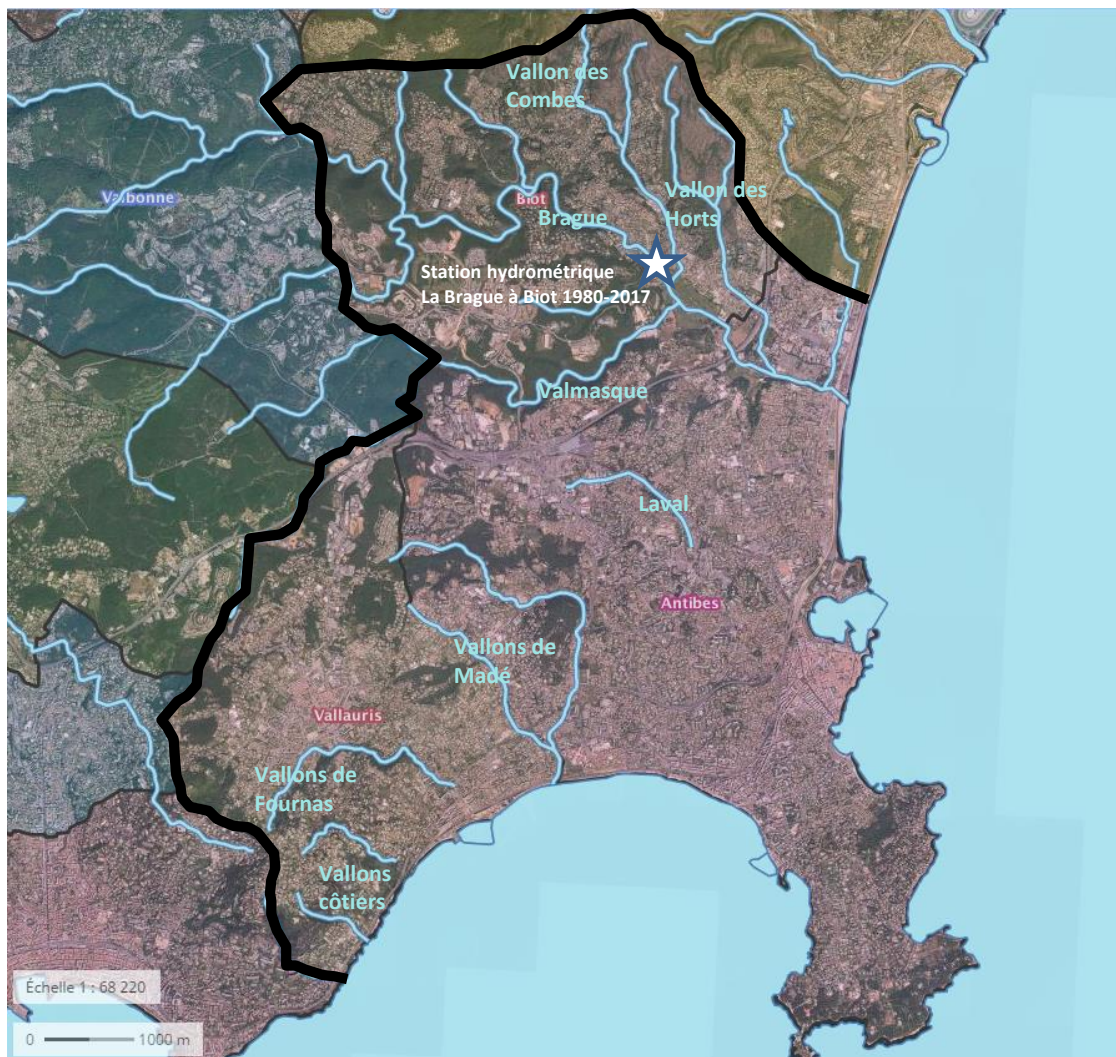


FIGURE 4 : PLAN DE LOCALISATION DE LA STATION HYDROMETRIQUE DE LA BRAGUE

Au cours de l'étude PAPI 1 réalisée par Hydratec en 2012, le bureau d'études avait établi une analyse précise du comportement de la ligne d'eau au droit de cette station afin de réévaluer sa courbe de tarage. En effet, la station est située en amont de 3 ouvrages en cascade, à savoir un seuil, le vieux pont et le pont muratoire. La figure suivante présente la station de jaugeage de la DREAL.



FIGURE 5 : STATION HYDROMETRIQUE DE LA BRAGUE A BIOT (PHOTO AVANT LA CRUE DU 3/10/2015)

L'échelle limnimétrique a été largement dépassée lors de la crue du 3 Octobre 2015 et la station a été endommagée. L'hydrogramme complet n'est donc pas disponible pour cet événement.

Il n'y a pas d'autre station hydrométrique sur les bassins versants étudiés. Les autres stations les plus proches se situent sur le Loup à Villeneuve Loubet, la Mourachone et la Siagne à Pégomas.

3.2 DONNEES PLUVIOMETRIQUES

3.2.1 COEFFICIENTS DE MONTANA

Les données pluviométriques disponibles relatives à la zone d'étude correspondent au poste Météo France de Nice aéroport qui dispose d'une série assez longue (depuis 1966) et d'une bonne précision sur les événements extrêmes (pas de temps enregistreur de 6 min). Les coefficients de Montana, destinés à caractériser les hauteurs de pluie en fonction de leurs durées, sont rappelés dans les tableaux ci-dessous.

La station de Cannes aéroport dispose également d'ajustements mais sur une durée moins longue.

TABLEAU 3: LES COEFFICIENTS DE MONTANA CORRESPONDANT AU POSTE METEO DE NICE AEROPORT DE 1966 A 2012 POUR DES PLUIES DE DUREE 6 MINUTES A 2 HEURES ET 2H

Durée de retour	a	b
5 ans	5.571	0.516
10 ans	6.315	0.508
20 ans	6.979	0.498
30 ans	7.341	0.493
50 ans	7.772	0.485
100 ans	8.338	0.474

Les valeurs « t » désignent la durée de la pluie en minutes et l'intensité de la pluie en mm/minute s'exprime par la formule suivante : **RELATION DE MONTANA** → $i = a t^{-b}$

A partir de cette relation, nous avons calculé les hauteurs de pluie précipitées en millimètres en fonction de la période intense et de la période de retour. Le tableau suivant présente les résultats.

TABLEAU 4: HAUTEURS DE PLUIE PRECIPITEES EN FONCTION DE LA PERIODE INTENSE ET DE LA PERIODE DE RETOUR

Durée (min)	5ans	10ans	20ans	T30ans	T50ans	T100ans
15	20.7	23.9	27.2	29.0	31.3	34.6
30	28.9	33.7	38.5	41.2	44.8	49.9
60	40.4	47.3	54.5	58.5	64.0	71.8
90	49.2	57.8	66.8	71.9	78.9	88.9
120	56.5	66.6	77.2	83.2	91.5	103.4
240	62.4	73.8	86.0	93.6	103.8	118.8
360	69.9	82.1	95.0	103.0	113.6	129.1
720	84.8	98.5	112.7	121.4	132.6	148.8
1440	102.9	118.2	133.6	142.9	154.8	171.5
2880	124.8	141.8	158.5	168.3	180.6	197.7

3.2.2 STATIONS PLUVIOMETRIQUES

Plusieurs stations pluviométriques Météo France sont à proximité de la zone d'étude, à Grasse, Valbonne, Cannes et Antibes. Elles sont situées sur la carte suivante.

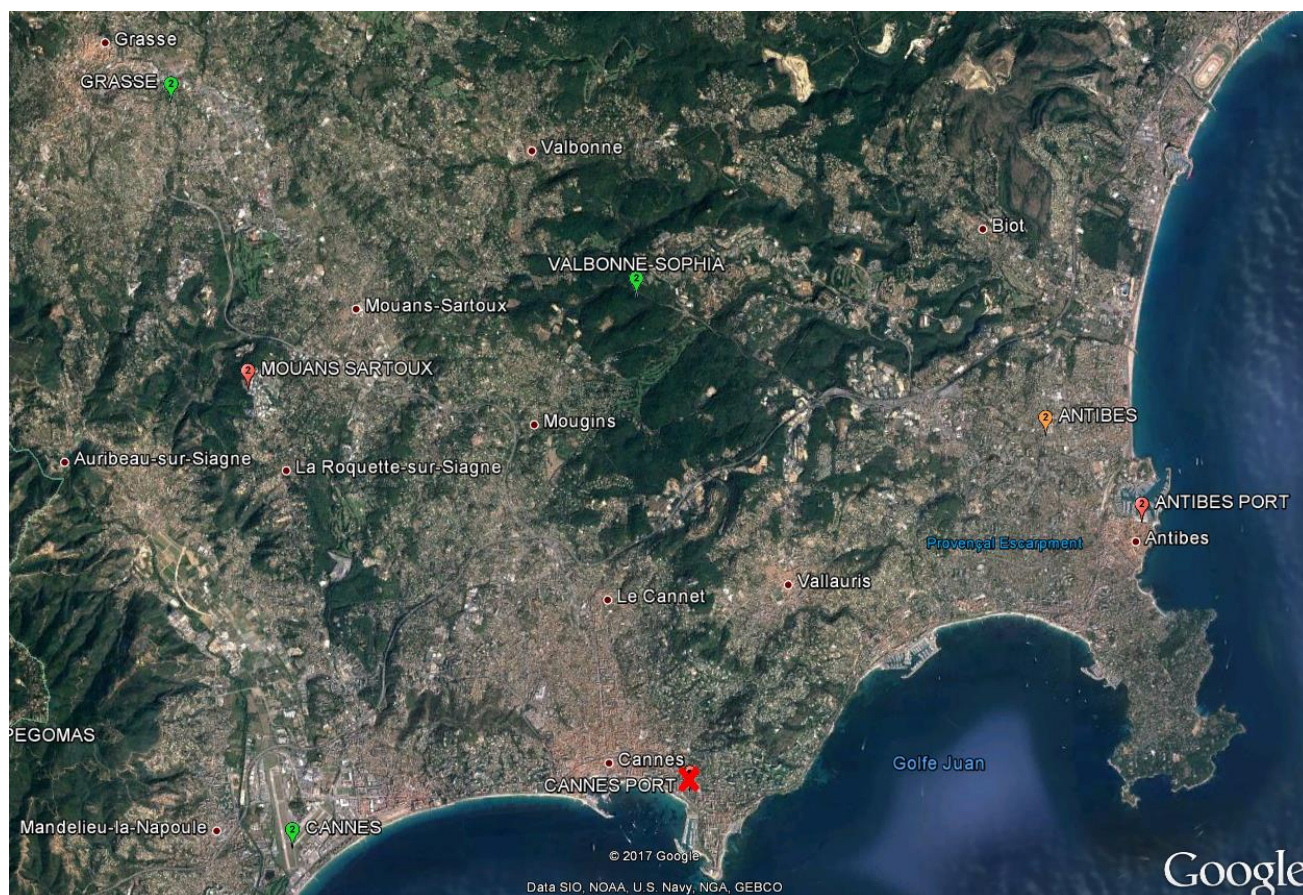


FIGURE 6 : LOCALISATION DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES

Les enregistrements de ces pluviomètres ont été collectés dans le cadre de la caractérisation des crues historiques majeures sur le secteur d'étude (5 Octobre 1993, 3 Octobre 2015 et 10 Novembre 2014).

3.2.3 DONNEES RADAR

Pour les épisodes d'Octobre 2015 et Novembre 2014, les données radar Météo France ont été récupérées. L'image radar permet d'analyser la variabilité spatiale de la pluie et d'obtenir les cumuls de pluies en tout point du secteur d'étude.

Les lames d'eau radar Météo France PANTHERE (cumul au pas de temps 5 min estimé à partir de l'ensemble des radars Météo France, résolution 1km) et ANTILOPE (cumul au pas de temps horaire, issu de la fusion entre les données radar et les pluviomètres, résolution 1km) ont été récupérées.

Pour l'épisode du 3 Octobre 2015, les données du radar HYDRIX par Novimet ont également été collectées. HYDRIX est un radar bande X, Doppler et polarimétrique. Ce radar spécialisé dans la mesure des précipitations, associé au logiciel ZPHI®, offre la précision de 11 000 pluviomètres répartis dans un rayon de 60 km.

Sur notre secteur d'étude, 6 pluviomètres virtuels ont été simulés et comparés aux mesures des pluviomètres réels par la société Novimet. Un ajustement de +20% a été effectué par leur soin sur les données virtuelles pour correspondre aux données mesurées. La figure suivante localise les 6 pluviomètres virtuels sur le secteur d'étude :

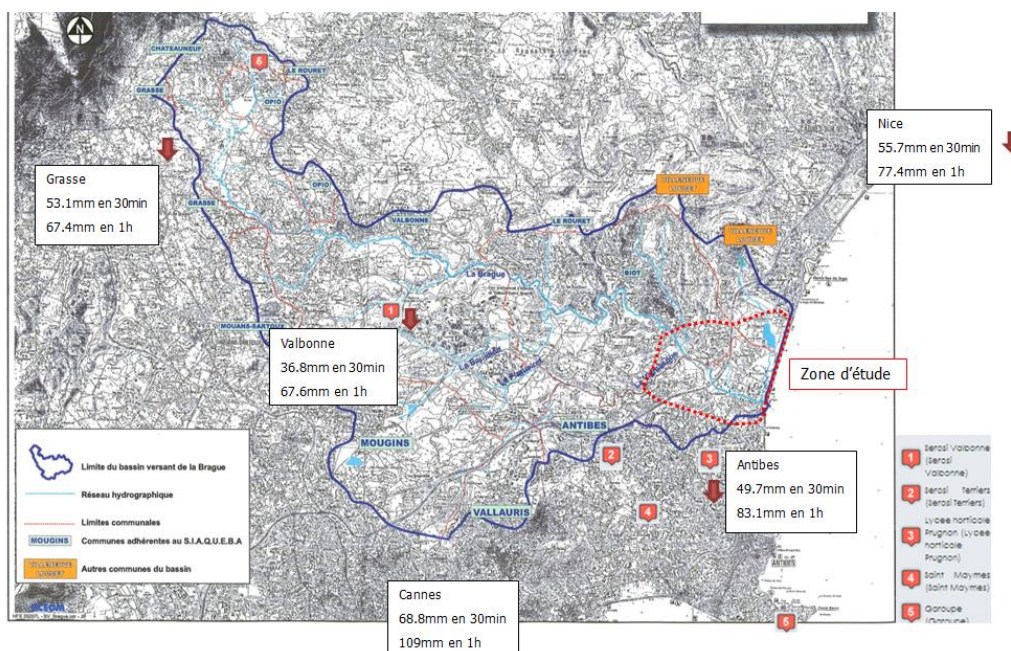


FIGURE 7 : PLUVIOMETRES VIRTUELS – DONNEES RADAR NOVIMET

3.2.4 DONNEES SHYREG

Dans le cadre du retour d'expérience sur les inondations du 03/10/2015, le CEREMA (Centre d'Etudes et d'Expertises sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement) a croisé les cumuls de pluie (lame d'eau ANTILOPE sur 2h) avec les données SHYREG-pluie afin d'évaluer la période de retour de l'événement en tout point de la zone touchée (résolution de 1km²).

Pour rappel, les données SHYREG fournissent une estimation des quantiles de pluie pour des durées comprises entre 1 et 72h et des périodes de retour comprises entre 2 et 100 ans sur une grille de 1km².

Ces données permettent de calculer les périodes de retour de manière spatialisée.

4 SYNTHÈSE DES ÉTUDES ANTERIEURES – DÉBITS THÉORIQUES

4.1 SYNTHÈSE GÉNÉRALE

De nombreuses études ont été réalisées sur le secteur d'étude depuis l'élaboration des PPRI en 1998 et 2001. Les hypothèses et les débits de pointe théoriques issus de ces études sont synthétisés dans le tableau page suivante.

Cette analyse montre que les valeurs de débit de pointe calculées sont assez hétérogènes et issues de méthodes différentes (transposition, modèle pluie- débit, modélisation hydrologique...).

Etude	Cours d'eau	Localisation	BV (km ²)	Q10 (m3/s)	Q30 (m3/s)	Q100 (m3/s)	Commentaire
1998 - PPRI Antibes et Biot - BCEOM	Brague	Vieux pont de Biot	41	90	-	200	Q100 déterminé depuis analyse hydrologique à partir des observations à la station hydrométrique à Biot sur la période 1979-1993 Q10 déterminé à partir de la méthode du Gradex
	Brague	A8	63.4	130	-	260	Déterminé par la formule de Meyer depuis les valeurs de débits à la station de Biot
	Vallon des Combes	Confluence Brague	3.3	-	-	23	Pour le scénario de référence centennal sur la Brague, 10m3/s ont été injectés, soit T=10 ans environ (une concomitance d'une crue centennale sur la Brague et ses affluents aurait une occurrence >100 ans)
	Vallon des Horts	Confluence Brague	2	-	-	18	7m3/s injecté pour le scénario de référence, soit T=10 ans environ
	Valmasque	Confluence Brague	13.5	-	-	82	43 m3/s injectés pour le scénario de référence, soit T=10-20 ans
	Vallons côtiers antibois						Crue de référence = crue du 5 Octobre 1993 Débits non précisés dans le rapport de présentation
2000 - Schéma d'aménagement des Vallons du Madé branche Eucalyptus, Garbéro et St Honorat - BRL	St Honorat bras 1	croisement rue Pauline-Rue Félon		5.8	7 pour T=25 ans	8.7	
		Exutoire en mer		7.9	9.6 pour T=25 ans	12	
	St Honorat bras 2	croisement RN7-rue Courbet		2	2.4 pour T=25 ans	3.1	
		Exutoire en mer		3.8	4.6 pour T=25 ans	5.7	
	Garbéro	RN7		17.7	21.9 pour T=25 ans	28.3	
	Eucalyptus	Chapelle St Jean		23.1	29.5	38.9	
Amont RN7			31.8	38.7	48.2		
2001 - PPRI Vallauris - SUD Aménagement Agronomie	Cote8	Exutoire en mer	0.3			3.4	Crue de référence = crue du 5 Octobre 1993 Création de pluies de projet type double triangle, de durée 4h et de période intense 30 min (15 min pour les vallons côtiers) sur la base des valeurs centennales des coefficients de Montana à la station de Cannes - Mandelieu Construction des hydrogrammes avec la Méthode de Desbordes (réservoir linéaire) pour déterminer les hydrogrammes de crue Coefficients d'imperméabilisation compris entre 0.35 et 0.6
	Cote7	Exutoire en mer	0.2			4.5	
	Cote6	Exutoire en mer	0.2			2.1	
	Aube	Exutoire en mer	0.6			8	
	Cote3	Exutoire en mer	0.1			2.1	
	Maure Baraya	Exutoire en mer	0.5			8.2	
	Issourdadou global	Exutoire en mer	5.1			68	
	Fournas	confluence Issourdadou	0.6			13.9	
	Vallon du Plan	confluence Issourdadou	1.6			19.3	
	Font de Ciné	confluence Valmasque	2.0			17	
	Mayre	confluence Madé	0.6			10.1	
	Vallon de Madé	Confluence Eucalyptus (RN7)	2.4			18.7	
	St Maymes	RN7	4.3			34.8	
	St Maymes+Madé+Mayre total	Exutoire en mer	7.3			66.4	
Mer	Exutoire en mer	0.1			3		
2001- DLE DUP lutte contre les inondations du vallon des Combes - SAFEGE CETIIS	Vallon des Combes	Aval bassin de rétention		6.9		10.8	Solution d'aménagement retenue pour une protection centennale : Bassin de rétention de 15000 m3, recalibrage du vallon pour 15m3/s à l'aval de la Verrerie et 22 m3/s en amont du golf
		Confluence Brague sans bassin de rétention	3.7	17		38	Valeurs issues de l'étude BETEREM en 1992
2002 - Actualisation du schéma directeur de la Brague - BCEOM	Brague	Vieux pont de Biot	41	120	175	230	Mise à jour des données hydrologiques suite aux crues de 1996 et 2000 Détermination du débit décennal depuis les valeurs de la BANQUE HYDRO Détermination du débit centennal par la méthode du Gradex
		A8	63.5	170	230	300	
2003 - Etude hydrologique, hydraulique et d'aménagement du Vallon des Horts et des Prés - RISSER	Vallon des Horts	confluence Brague	2	11	14.9	19.2	Estimation des débits de projet à partir de modèles hydrologiques Solution d'aménagement retenue : bassin de rétention de 10000 m3 permettant une protection centennale : écrêtement du débit centennal de 19 à 15 m3/s Recalibrage du vallon des Horts en aval du bassin pour un débit de 15.2 m3/s

Etude	Cours d'eau	Localisation	BV (km ²)	Q10 (m3/s)	Q30 (m3/s)	Q100 (m3/s)	Commentaire
	Vallon des Prés	confluence Brague	0.52	2		4	
2008 - Dossier PRO construction Bassin des Horts - SAFEGE	Vallon des Horts					14.3 en aval du bassin de rétention	Vérification des résultats du cabinet RISSER Projet : bassin de rétention de 10000m ³ Débit de fuite pour T=100 ans = 14.3 m ³ /s
2012 - PAPI CASA Mission d'étude préalable à la réduction de la vulnérabilité - Hydrologie - HYDRATEC	Brague	station hydrométrique de Biot	41	102		197 (gradex sur 12h) - 234 (gradex sur 6h)	Analyse hydrologique sur le bassin versant de la Brague et du Loup Réajustement de la courbe de tarage de la Brague à Biot pour prendre en compte la perte de charge liée aux ouvrages en aval Ajustements de Gumbel et détermination de Q100 par la méthode du Gradex
	Vallon des Horts	confluence Brague	2.78	5.3		15	Détermination des débits décennaux par formule de Meyer depuis les valeurs de débit du Loup à la station Détermination des débits centennaux par la méthode du Gradex
	Vallon des Combes	confluence Brague	3.2	5.9		17	
	Valmasque	confluence Brague	13.5	19		60	
	Bouillide	confluence Brague	12.5	17.8		56	
	Issourdadou	Exutoire en mer	4.5	7.8		24	
	Madé	Exutoire en mer	2.9	5.6		16	
	St Maymes	Exutoire en mer	4.5	7.5		23	
2012 - Etudes complémentaires des zones d'expansion de crue du bassin versant de la Brague - SIAQUEBA - LINDENIA	Brague	Amont confluence Bouillide		65		168	Construction d'un modèle hydrologique global sur le bassin versant de la Brague sur HEC HMS Calage sur les crues historiques enregistrées au droit de la station de la Brague à Biot
		Amont confluence Valmasque		118		285	
		Au droit de l'A8		166		399	
	Bouillide	confluence Brague	13.2	63		147	
	Valmasque	confluence Brague	14.8	55		133	
2015 - Etude préalable au réaménagement de la Brague - Cabinet MERLIN	Brague à Biot	Vieux pont de Biot	42.1	102 (source HYDRATEC)	135	225	Reprise de la courbe de tarage réajustée dans le cadre de l'étude PAPI et des ajustements de Gumbel réalisés par Hydratec (2012), application de la méthode du Gradex pour les événements extrêmes. Vérification de la cohérence des valeurs avec les coefficients de Montana de la station de Nice aéroport → Cf. détails au §4.2
	Vallon des Combes amont	Aval bassin de rétention	2.3		13.2	22	Application de la formule de Meyer depuis les valeurs de la Brague à Biot réévaluées
	Vallon des Horts amont	Pont des Cabots	1.4		8.9	14.8	
	Maire	Vaugrenier	1.9		11.3	18.9	
	Valmasque	Confluence Brague	14.6		57.9	96.4	
2017 - Création d'un bassin de rétention sur le Vallon des Horts - ANTEA GROUP	Vallon des Horts	Pont des Cabots	1.47	9.1		16.7	Construction d'un modèle hydrologique sur le vallon des Horts avec HEC HMS Calage de l'hydrogramme sur la crue du 3 Octobre 2015, utilisation de la méthode du SCS CN

TABLEAU 5 : SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES

4.2 ANALYSE CRITIQUE DES DEBITS DE POINTE SUR LA BRAGUE ET SES AFFLUENTS

4.2.1 BRAGUE A BIOT

Sur la Brague, les valeurs de débit de pointe du PPRI actuellement en vigueur (1998) ont été réactualisées en 2002 au cours du schéma directeur d'aménagement de la Brague par BCEOM. Le débit de pointe centennal de la Brague est passé de 200 à 230 m³/s au vieux pont de Biot suite à l'intégration des données hydrologiques des crues de 1996 et 2000.

En 2012, dans le cadre du PAPI Brague et Loup pour le compte de la CASA, Hydratec a établi une analyse précise du comportement de la ligne d'eau au droit de la station hydrométrique de la Brague à Biot afin de réévaluer sa courbe de tarage.

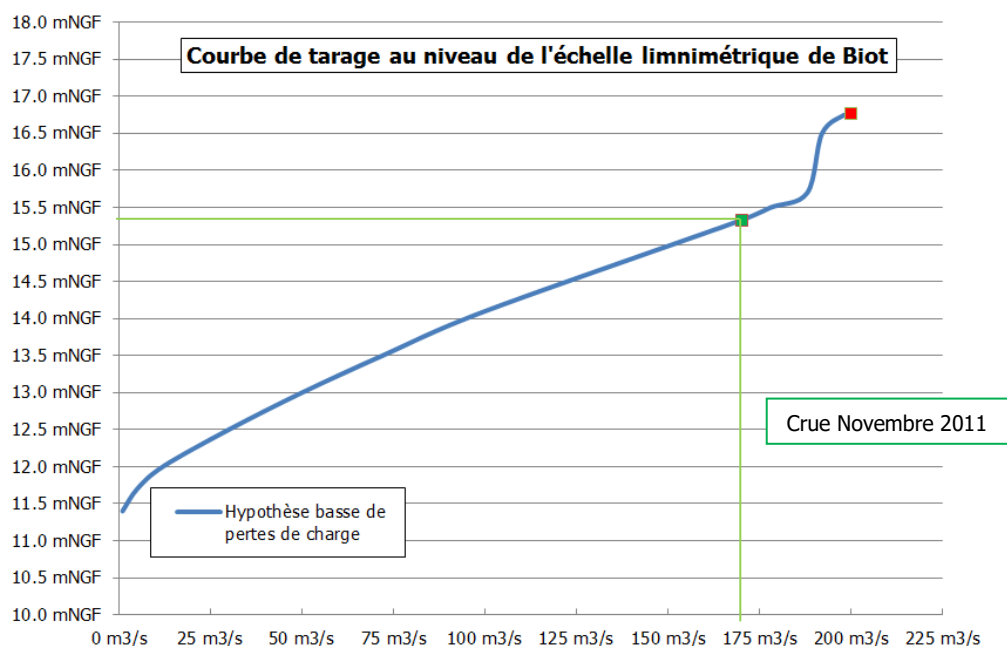


FIGURE 8 : COURBE DE TARAGE DE LA BRAGUE A BIOT – HYDRATEC 2012

Les valeurs de débits max annuels disponibles entre 1981 et 2010 sur cette station ont fait l'objet d'ajustements statistiques (loi de Gumbel) qui ont abouti à la détermination du débit décennal.

La méthode du Gradex a été utilisée afin de déterminer le débit centennal. La méthode du Gradex est fondée sur une analyse statistique de la pluviométrie. Elle utilise comme hypothèse qu'à partir d'une certaine période de retour (=pivot), l'événement pluvieux correspondant est tel que le sol atteint son niveau de saturation et que tout le volume précipité est ruisselé. La fonction de répartition des volumes de crue extrême a donc le même comportement asymptotique que celui de la fonction de répartition des précipitations maximales annuelles.

Dans l'étude PAPI, la période de retour utilisée comme pivot est la période de retour décennale. La formule du Gradex s'écrit alors:

$$Q_{100} = Q_{10} + (U_{100} - U_{10}) \times Gr \times K_p \quad \text{avec} \quad \left| \begin{array}{l} U_T \text{ variable de Gumbel } U_T = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \\ T \text{ période de retour} \\ Gr \text{ gradex des débits} \\ K_p \text{ coefficient de pointe de la crue} \end{array} \right.$$

DDTM 06

ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DE PPRI – LOT1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS

Le Gradex des débits est directement proportionnel au gradex des pluies sur la durée caractéristique de la crue.

Les résultats établis par Hydratec sur la Brague sont les suivants, pour des pluies de durées 6h et 12h :

Cours d'eau	Surface BV (km ²)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Brague à Biot	41	102	197 (gradex sur 12h) – 234 (gradex sur 6h)

En 2015, dans le cadre de l'étude préalable au réaménagement de la Brague, le Cabinet Merlin a repris l'étude hydrologique du PAPI. Une analyse critique des hypothèses a été réalisée. Il est apparu que :

- ➔ L'hypothèse d'un pivot à une période de retour de 10ans dans la méthode du Gradex est défavorable et engendre une surestimation du débit centennal. La période de retour pivot est généralement comprise entre 50 et 100 ans. Au vu des caractéristiques du bassin versant de la Brague (pentes fortes, urbanisation dense) et de la brutalité des orages méditerranéens, la période de retour 50 ans a été choisie comme pivot dans l'analyse.
- ➔ Les durées de pluies de 6h et 12h utilisées dans la méthode du Gradex sont supérieures au temps de base de l'hydrogramme de crue du bassin versant de la Brague qui est de l'ordre de 2h.

A partir de l'ajustement de Gumbel issu des données mesurées à la station de Biot (droite en rouge sur la figure suivante – source Hydratec 2012), la méthode du Gradex a été appliquée avec un point de pivot à T50ans et une base d'hydrogramme de 2h (correspondant à la durée de la crue) afin de réévaluer le débit centennal (droite en bleu sur la figure suivante).

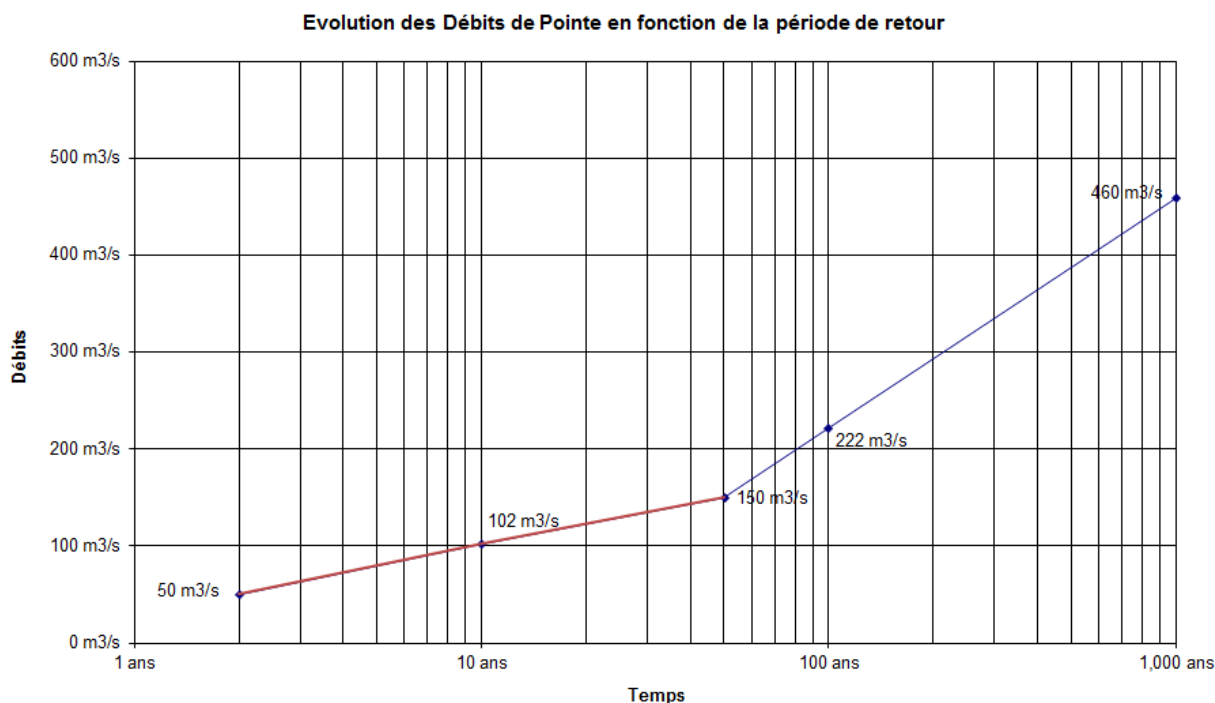


FIGURE 9 : DEBIT DE POINTE DE LA BRAGUE A BIOT EN FONCTION DE LA PERIODE DE RETOUR

Le débit de pointe centennal de la Brague à Biot a donc été réévalué à 225 m³/s. Cette valeur sera conservée dans le cadre de la présente étude.

4.2.2 AFFLUENTS DE LA BRAGUE – NON JAUGES

La Valmasque, le vallon des Combes et le vallon des Horts ne sont pas jaugés. Lors de l'étude hydrologique du bassin versant (Hydratec 2012), l'estimation des débits caractéristiques de crues s'est basée sur :

- ◆ l'application de méthodes empiriques classiquement utilisées sur des bassins versants de taille comparable, pour déterminer la valeur du débit de crue décennal (méthode rationnelle, formule de Meyer depuis les bassins versants jaugés Brague et Loup, Crupédix...)
- ◆ l'application de la méthode du gradex pour l'extrapolation au débit de crue centennal.

Les valeurs de débit décennal retenues dans l'étude PAPI 2012 sont issues de la formule de Meyer qui consiste à faire un ratio de surface à partir d'un débit décennal connu, ici à la station du Loup.

$$Q = Q_{\text{jaugé}} \cdot \left(\frac{S_{\text{BV}}}{S_{\text{jaugé}}} \right)^{0.8} \rightarrow \text{le coefficient } m \text{ traduit l'amortissement du débit de pointe de crue en fonction de la surface. La valeur de } m \text{ est souvent prise égale à } 0,8$$

Le tableau suivant est extrait de l'étude hydrologique de 2012 et présente les caractéristiques des sous bassins versants des cours d'eau non jaugés par rapport aux bassins versants jaugés de la Brague et du Loup.

L'analyse du coefficient d'allongement est intégrée afin de compléter les caractéristiques de chacun des sous bassins versant et les comparer aux deux bassins versants jaugés. Ce coefficient correspond à la longueur divisée par la racine de la surface du bassin versant.

TABLEAU 6: CARACTERISTIQUES DES SOUS BASSINS VERSANTS (SOURCE HYDRATEC 2012)

Cours d'eau	Surface du BV (km ²)	Longueur (m)	Pente moyenne	Coefficient d'allongement (M)
La Brague à Biot (jaugé)	41	16 680	2.75%	2.60
Le Loup amont (jaugé)	140	10 970	6.79 %	0.93
Le Vallon des Horts	2.8	4 333	3.44%	2.60
Le Vallon des Combes	3.2	5 008	3.65%	2.81
La Valmasque	13.5	9 741	2.66%	2.65

Dans l'étude réalisée par le Cabinet Merlin en 2015, au vu des caractéristiques similaires d'allongement et de pente de bassin versant, **les débits décennaux des bassins versants non jaugés ci-dessus ont été établis par la formule de Meyer sur la base du bassin versant de la Brague** et non du Loup amont comme établi par Hydratec en 2012.

TABLEAU 7: ESTIMATION DES DEBITS DECENNAUX DE CHAQUE SOUS BASSIN VERSANT NON JAUGE

Cours d'eau	Surface du BV (km ²)	Estimation de Q10 Hydratec	Estimation de Q10 Cabinet Merlin
La Brague à Biot (jaugé)	41	102 m ³ /s	102 m ³ /s
Le Loup amont (jaugé)	140	123 m ³ /s	123 m ³ /s
Le Vallon des Combes	3.2	5.9 m ³ /s	13 m ³ /s
La Valmasque	13.5	19 m ³ /s	42 m ³ /s
Le Vallon des Horts	2.8	5.3 m ³ /s	12 m ³ /s

Dans l'étude réalisée par le Cabinet Merlin en 2015, les autres débits caractéristiques de périodes de retour 30, 50 et 100 ans de ces cours d'eau ont été établis par la formule de Meyer depuis les valeurs

de la Brague à Biot déterminées par Hydratec (et réajustées par le Cabinet Merlin pour la crue centennale).

TABLEAU 8: ESTIMATION DES DEBITS DES COURS D'EAU NON JAUGES – CABINET MERLIN 2015

Cours d'eau	Surface du BV (km ²)	Estimation de Q30 CM	Estimation de Q50 CM	Estimation de Q100 CM
La Brague à Biot (jaugé)	41	135 m ³ /s	150 m ³ /s	225 m ³ /s
La Valmasque	13.5	55 m ³ /s	62 m ³ /s	92 m ³ /s
Le vallon des Combes global	3.2	17 m ³ /s	19 m ³ /s	29 m ³ /s
Le vallon des Horts global	2.8	16 m ³ /s	17 m ³ /s	26 m ³ /s

Les valeurs de débit de pointe pour les affluents de la Brague établies par le Cabinet Merlin en 2015 seront conservées dans le cadre de cette étude.

4.2.3 CONCOMITANCE DES CRUES

Dans le cadre du PPRI de 1998, pour le scénario de référence (crue centennale), les débits suivants ont été injectés dans les affluents de la Brague, une concomitance d'une crue centennale sur la Brague et ses affluents étant considérée comme un phénomène d'occurrence plus que centennale :

- ◆ 10 m³/s pour les Combes, soit T=10 ans environ
- ◆ 7 m³/s pour les Horts, soit T=10 ans environ
- ◆ 43 m³/s pour la Valmasque, soit T=10-20 ans

Cette hypothèse de non concomitance ne sera pas conservée dans le cadre de cette étude. Ainsi, pour le scénario « crue centennale », des valeurs de débit centennal seront prises sur la Brague et l'ensemble de ses affluents.

5 SYNTHESES DES ELEMENTS RELATIFS A L'EVENEMENT DU 3 OCTOBRE 2015

Suite aux inondations exceptionnelles du 3 Octobre 2015, des études complémentaires et des retours d'expérience ont été réalisés. Les études récupérées et analysées sont les suivantes :

- Retour d'expérience sur les inondations du 3 Octobre 2015 sur la Côte d'Azur – Groupe de travail technique « Analyse et caractérisation du phénomène » - Eléments d'analyse hydrométéorologique – Elaboré par Météo France, DREAL et organismes scientifiques – (Janvier 2016)
- Inondation des 3 et 4 Octobre 2015 dans les Alpes Maritimes - Retour d'expérience sur les inondations - DDTM 06 (Mai 2016)
- Retour d'expérience sur l'événement de crue du 3 Octobre 2015 – Expertise hydrologique – LINDENIA (Février 2016)
- Mission Post-crue 3 Octobre 2015 et étude hydraulique sur la Brague – Cabinet Merlin – Décembre 2015

5.1 INTENSITES PLUVIOMETRIQUES

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

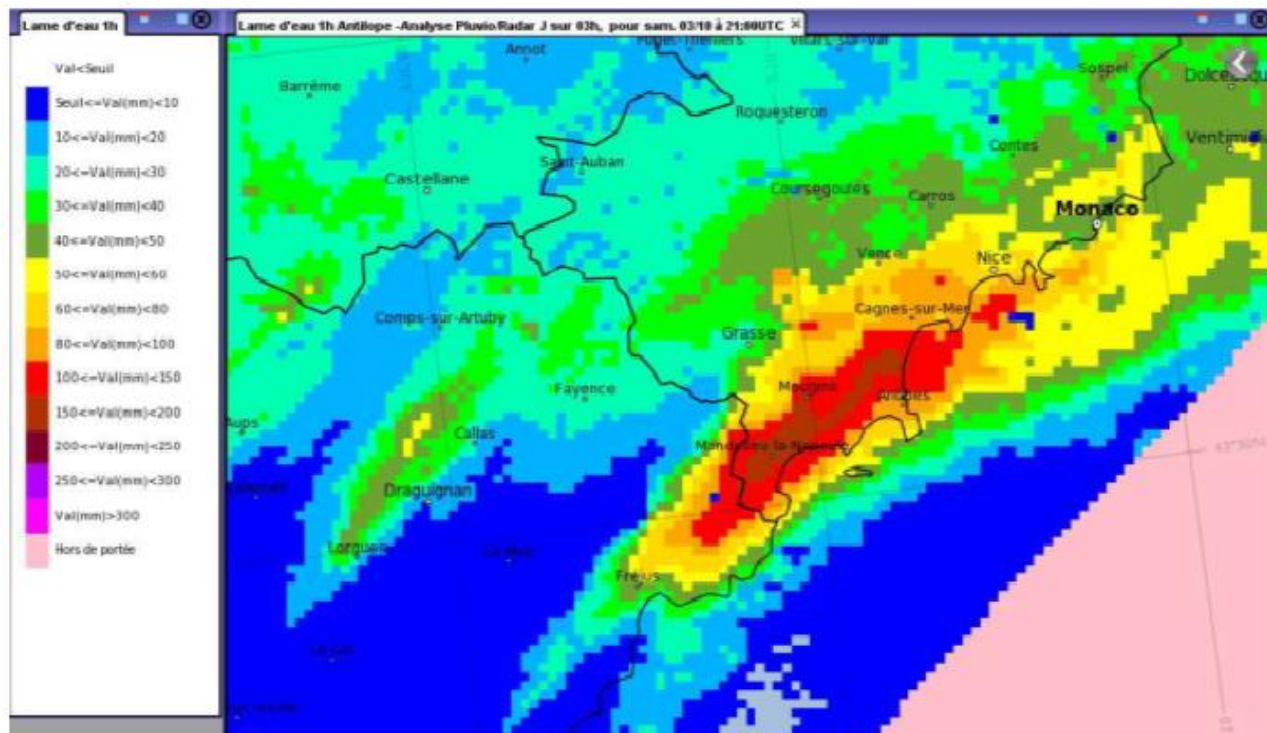


FIGURE 10 : CUMUL DES PRECIPITATIONS (LAME D'EAU ANTILOPE) LE 03/10 ENTRE 20H ET 23H – SOURCE METEO FRANCE

Les intensités pluviométriques observées **ont dépassé les valeurs centennales** sur les stations de Cannes, Mandelieu. Des cumuls jusqu'à 150mm en 2h ont été enregistrés à Cannes. Sur le bassin versant de la Brague, 126 mm sont tombés en 2h15 entre 20h et 22h15. Ces valeurs constituent des records pour le sud est méditerranéen.

L'événement s'est concentré sur la bande littorale, aussi, les grands bassins versants (Var, Loup...) ont peu réagi alors que le débit de la Brague à Biot a atteint des valeurs encore jamais enregistrées.

Pour cet événement, les lames d'eau radar Météo France PANTHERE (cumul au pas de temps 5 min estimé à partir de l'ensemble des radars Météo France, résolution 1km) et ANTILOPE (cumul au pas de temps horaire, issu de la fusion entre les données radar et les pluviomètres, résolution 1km) sont disponibles.

Dans le cadre du retour d'expérience sur ces inondations, le CEREMA a croisé les cumuls de pluie (lame d'eau ANTILOPE sur 2h) avec les données SHYREG-pluie afin d'évaluer la période de retour de l'événement en tout point de la zone touchée (résolution de 1km²). Pour rappel, les données SHYREG fournissent une estimation des quantiles de pluie pour des durées comprises entre 1 et 72h et des périodes de retour comprises entre 2 et 100 ans sur une grille de 1km². Ces données permettent de calculer les périodes de retour de manière spatialisée.

La cartographie présentée sur la figure suivante illustre bien la variabilité spatiale de l'événement et son caractère exceptionnel. Les cumuls de pluie sur 2h ont présenté des périodes de retour supérieures à 100 ans sur toute une bande orientée sud-ouest/nord-est de 5 km de large entre Mandelieu et Antibes.

Sur le secteur d'étude, les précipitations ont été très fortes (période de retour supérieure à 100 ans) sur les crêtes des communes (parties nord d'Antibes et Vallauris et bassin versant de la Valmasque). **D'après la lame radar, les précipitations sur certains bassins versants ont été plus fortes qu'au niveau du pluviomètre à Antibes.** Sur le littoral, les précipitations ont présenté des périodes de retour comprises entre 20 et 50 ans.

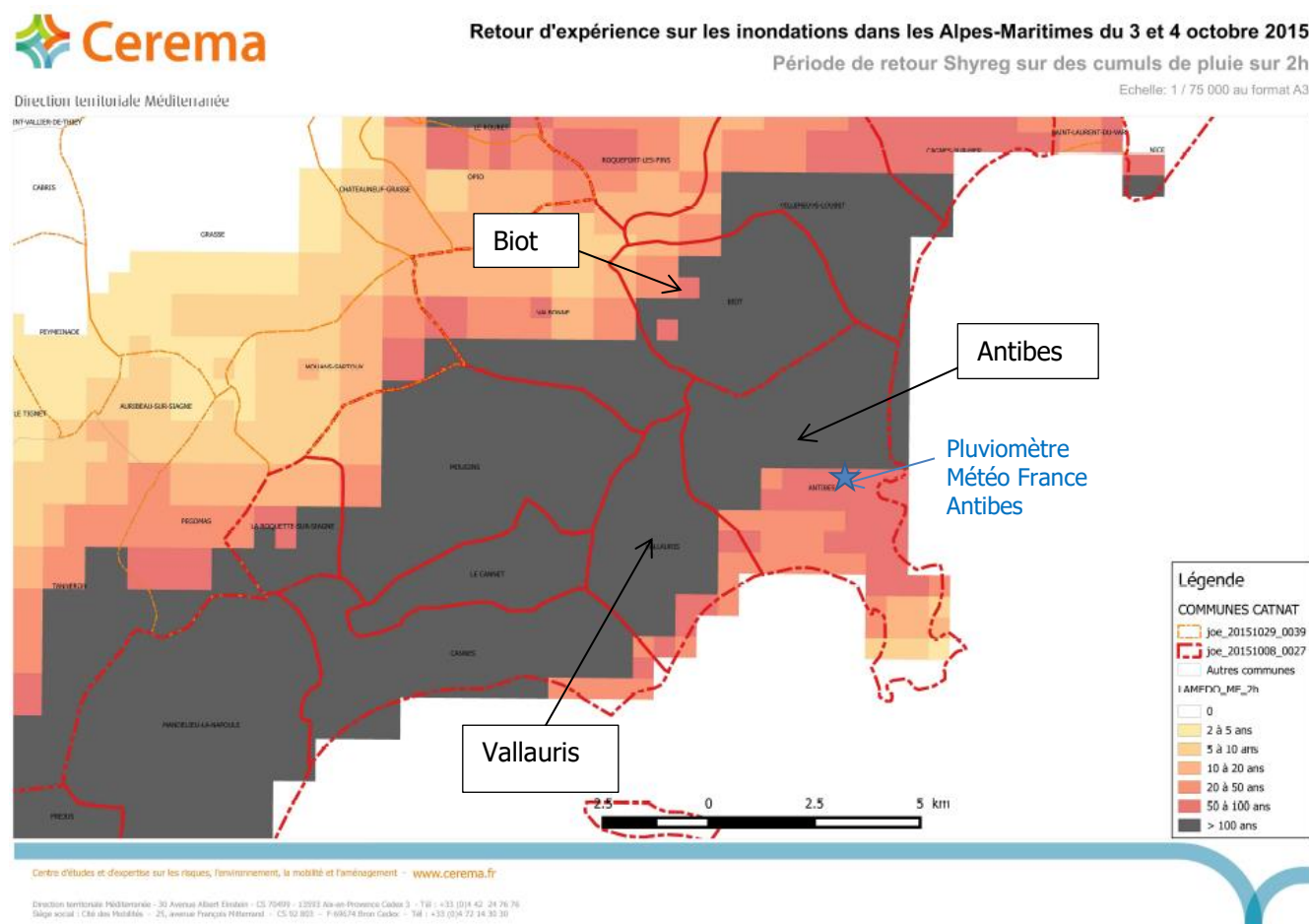


FIGURE 11 : PERIODE DE RETOUR SHYREG SUR LES CUMULS DE PLUIE 2H (LAME D'EAU ANTILOPE) – SOURCE CEREMA

DDTM 06

ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DE PPRI – LOT1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS

L'analyse de l'événement sur le bassin versant global de la Brague faite par Météo France a permis d'estimer **la période de retour moyenne de l'événement de période intense 1h à 250 ans.**

L'image radar superposée avec les sous bassins versants de secteur d'étude souligne la variabilité spatiale de l'événement. La période de retour de l'événement sur la partie basse du bassin versant (Valmasque, Vallon des Combes, Vallon des Horts) est de l'ordre de 300 ans alors qu'elle est estimée à 70 ans sur la partie amont.

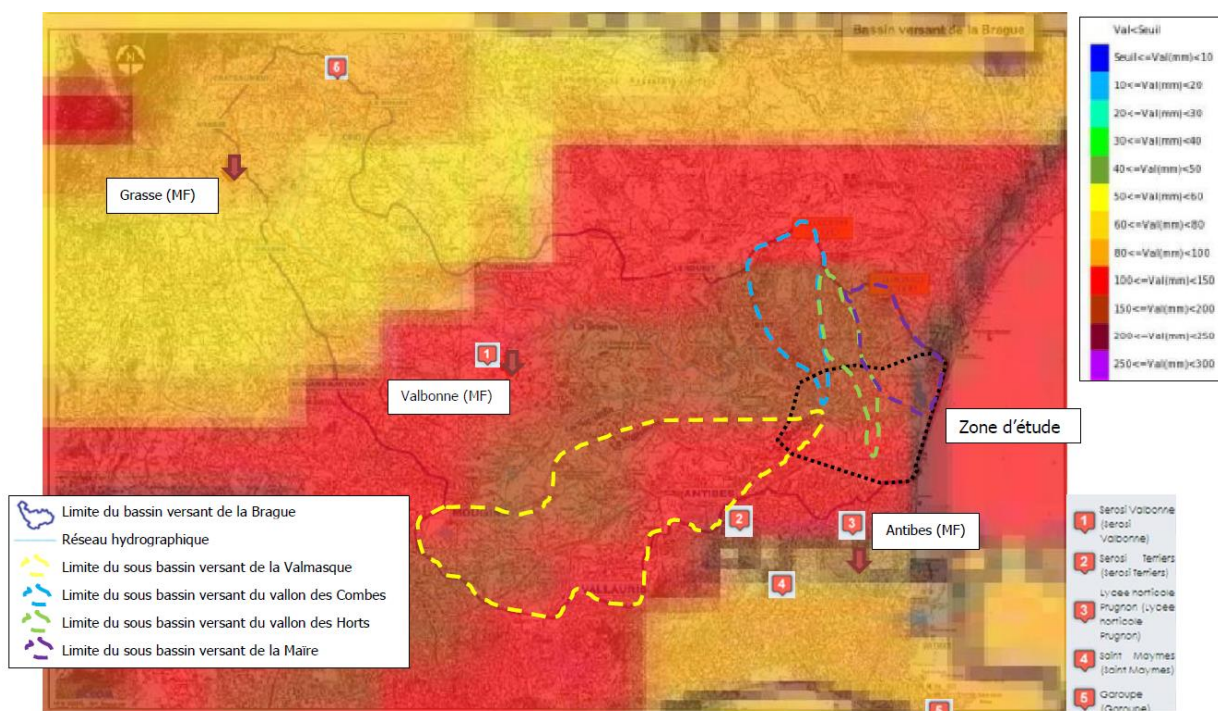


FIGURE 12 : LAME D'EAU ANTILOPE METEO FRANCE LE 03/10/2015 DE 20H A 23H

Station	Cumuls de pluie (mm)							
	15mm		30mm		1h		2h	
Châteauneuf Grasse (MF)	17.3mm	< 5 ans	53.1mm	160 ans	67.4mm	69ans	82.3mm	27 ans
Valbonne (MF)	10.4mm	< 5 ans	36.8mm	15 ans	67.6mm	70ans	97.9mm	75 ans
Antibes (MF)	13.5mm	< 5 ans	49.7mm	100 ans	83.1mm	300ans	105.7mm	120 ans
Garoupe (virtuel)	15.4mm	< 5 ans	29.6mm	6 ans	42.4mm	7ans	58.3mm	6 ans
Saint_Maymes (virtuel)	21.6mm	6 ans	30.5mm	6 ans	61.7mm	40ans	82.5mm	28 ans
Lycee Prugnon (virtuel)	25.8mm	15 ans	29.0mm	5 ans	64.7mm	53ans	87.7mm	38 ans
Serosi_Terriers (virtuel)	19.7mm	< 5 ans	37.3mm	14 ans	65.7mm	58ans	92.7mm	50 ans
Serosi_Valbonne (virtuel)	18.8mm	< 5 ans	31.5mm	7 ans	46.6mm	10ans	75.7mm	18 ans
Chateauneuf-Grasse	18.0mm	< 5 ans	38.9mm	20 ans	50.6mm	15ans	68.6mm	10 ans
Moyenne de Météo-France sur le BV de la Brague	25mm	13 ans	-	-	81mm	250ans	-	-

TABLEAU 9 : ESTIMATION DES PERIODES DE RETOUR A CHAQUE STATION METEOROLOGIQUE – CABINET MERLIN – MISSION POST CRUE

5.2 ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE

Peu de données de débit sont disponibles pour cet événement. En effet, l'orage s'étant concentré sur la bande littorale, les petits bassins versants qui ont le plus réagi ne sont pas jaugés pour la plupart.

Le secteur d'étude dispose d'une station de mesure hydrométrique DREAL sur la Brague à Biot / Plan St-Jean. Le coffret d'enregistrement a été noyé durant l'épisode, après une rapide montée d'eau faisant passer le niveau de 0,43m à 3,15m (dernière valeur transmise) en 45 minutes entre 21h et 21h45.



FIGURE 13 : STATION HYDROMETRIQUE PLAN ST JEAN A BIOT – SOURCE DREAL PACA – 06/10/2015

Les Plus Hautes Eaux (PHE en rouge sur la photo) relevées lors de la crue du 3 Octobre 2015 s'élèvent à 5.60m au-dessus du zéro de l'échelle. Cette valeur est largement supérieure au maximum précédemment connu de la Banque Hydro qui était de 4.16m enregistré le 06/11/2011. Cette hauteur d'eau exceptionnelle est due à la mise en charge des 2 ponts situés en aval immédiat de la station sous l'effet d'embâcles.

Les débits de crue sur les autres cours d'eau et vallons n'ont pas été jaugés. Au regard de ce déficit en données débitométriques, plusieurs analyses hydrologiques ont été menées :

- Le CEREMA, l'IRSTEA et l'IFSTTAR ont conduit des démarches complémentaires pour affiner l'estimation des débits et pour caractériser leur occurrence dans le cadre du retour d'expérience sur ces inondations sur l'ensemble des vallons touchés.
- Le bureau d'études LINDENIA a effectué une expertise hydrologique sur le bassin versant de la Brague afin de simuler l'événement du 3 Octobre 2015 dans leur modèle hydrologique établi en 2013.
- Dans le cadre de la mission Post crue, le Cabinet Merlin a également estimé les débits de pointe de la Brague et ses affluents.

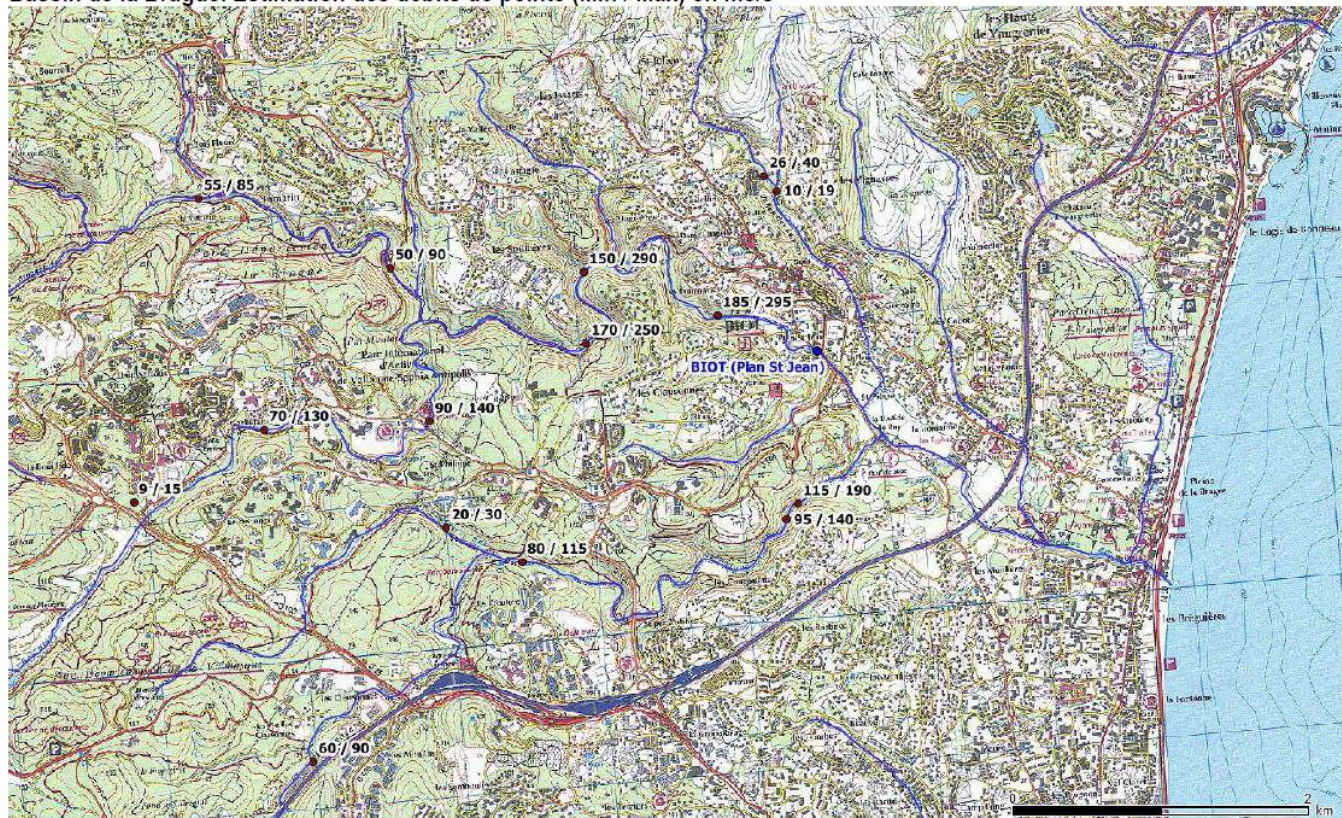
5.2.1 METHODE HYMEX

La Méthode Hymex, portée par l'IFSTTAR, consiste en une enquête de terrain post-événement qui a déjà utilisée à la suite des crues de 1999 dans l'Aude, 2002 dans le Gard, 2010 dans le Var.

Elle consiste en une évaluation hydraulique des débits dans des sections peu débordantes avec relevé de laisses de crue et des caractéristiques géométriques des sections. Ces analyses ont permis de reconstituer un grand nombre de débits sur la Brague et Cannes.

Sur la Brague et ses affluents, les fourchettes de débits estimées sont les suivantes :

Bassin de la Brague. Estimation des débits de pointe (Min / Max) en m3/s



Cours d'eau	Lieu de l'estimation	Surf. amont (km ²)	Débits de pointe en m3/s			Qp/S (m3/s)/km ²	Qp/S ^{0,8} (m3/s)/km ^{1,6}
			QpMin	Qp	QpMax		
BV de la Brague							
La Brague	Valbonne, en amont RD604	19,7	55	70	85	3,6	6,5
La Brague	Biot, Parking Tamarins	23,1	50	70	90	3,0	5,7
La Brague	Biot, les Soullières passage à Gué	38,5	170	210	250	5,5	11,3
La Brague	Biot, gorges proche RD4 au niveau sentier montant à la Rine	39,3	150	220	290	5,6	11,7
La Brague	Biot à l'entrée dans Biot	41,5	185	240	295	5,8	12,2
Affluents de la Brague							
La Bouillide	Mougins, en aval du RD 35, amont du Golf	0,8	5	7	9	9,2	8,7
La Bouillide	Valbonne	10,4	70	100	130	9,6	15,4
La Bouillide	Biot	12,6	90	115	140	9,2	15,2
Affluent de la Bouillide - Vallon de Freyhourou -							
		3,6	9	12	15	3,4	4,3
Vallon des Combes	Biot, en amont de la retenue, aval du piège à embacle	1,7	26	33	40	19,8	22,0
Affluent des combes - Les Vignasses -							
	Biot, 50 m amont de la confluence avec le Vallon des Combes	0,6	10	14	19	23,4	21,1
La Valmasque	Limite Vallauris-Mougins, Les Clausonnes, en bordure A8	4,0	60	75	90	18,5	24,5
La Valmasque	Limite Biot-Antibes, Pont des Harkis	10,6	80	100	115	9,5	15,2
La Valmasque	Biot, dans les Gorges, 250 m amont de la sablière	13,2	95	120	140	9,1	15,3
La Valmasque	Biot, sortie des Gorges, 50 m amont de la sablière	13,2	115	145	190	11,0	18,4
Affluent de la Valmasque - Le Fugueiret -							
	Biot, amont confluence avec Valmasque	2,2	20	25	30	11,6	13,5

FIGURE 14 : ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE 3 OCTOBRE 2015 – METHODE HYMEX

Au niveau de la Brague à la station de Biot, le débit de pointe a été estimé entre 185 et 295 m3/s. Pour rappel, le débit de référence centennal était de 200 m3/s à la station.

Il n'y a pas eu d'estimation de débit sur les vallons Antibois ni sur Vallauris.

5.2.2 ETUDE HYDROLOGIQUE - LINDENIA

En 2013, LINDENIA a construit un modèle hydrologique sur le bassin versant de la Brague sur le logiciel HEC-HMS pour le compte du SIAQUEBA. Ce modèle a été utilisé afin d'estimer les débits de la Brague et ses affluents à partir des données pluviométriques Météo France PANTHERE et ANTILOPE (données radar).

Cours d'eau	Site	Débit Max (m3/s)
Brague	Amont Bouillide	41
	Aval Bouillide	141
	Aval Valmasque	392
	A8	399
	Mer	426
Bouillide	Exutoire	107
Vallon des Combes	Bassin de rétention	54
	Exutoire	70
Valmasque	Exutoire	187
Vallon des Horts	Exutoire	43

TABLEAU 10 : DEBITS ESTIMES PAR LINDENIA- CRUE OCTOBRE 2015

Les valeurs calculées par Lindenia sont légèrement inférieures aux valeurs moyennes calculées dans le cadre de la méthode HYMEX. Elles restent toutefois dans la fourchette d'estimation des débits HYMEX.

5.2.3 MISSION POST CRUE - CABINET MERLIN

Le Cabinet Merlin a effectué une mission post crue au cours de laquelle les débits de pointe de la Brague et ses affluents Valmasque, Combes et Horts ont été estimés.

- **Estimation du débit de pointe de la Brague à Biot**

La hauteur d'eau maximale observée au droit de la station de jaugeage **pour la crue du 3 Octobre 2015 est de 16.77mNGF**. Cette valeur a été reportée sur la courbe de tarage corrigée par Hydratec

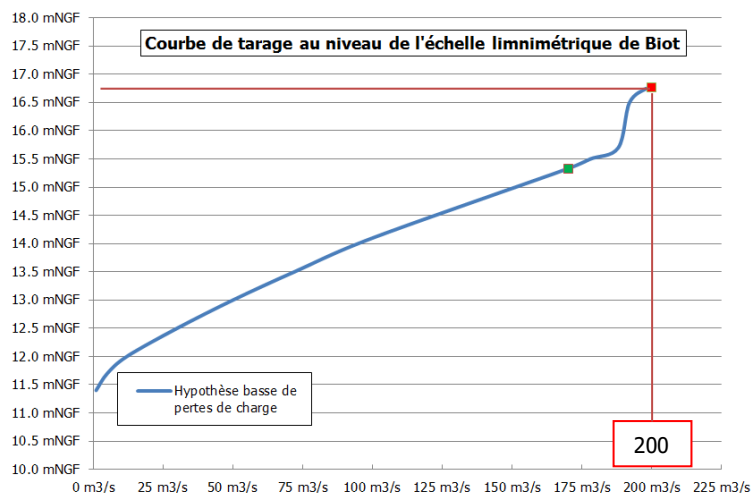


FIGURE 15: COURBE DE TARAGE DE LA STATION DE BIOT REEVALUEE PAR HYDRATEC EN 2012

Il est à noter que la courbe de tarage établie atteint sa limite pour $200\text{m}^3/\text{s}$.

La station hydrométrique de la Brague à Biot a été endommagée et le débit de pointe n'a pas pu être relevé. Des déversements se sont produits en rive gauche le long de la route.

Aussi, afin d'estimer les débits surversés en rive gauche, une modélisation 1D du lit majeur débitant rive gauche a été établie ponctuellement afin d'estimer le débit de pointe transité par la route et au travers des habitations. En effet, la rive droite est stockante en amont du pont mais ne permet pas une évacuation des débits vers l'aval au droit du pont, excepté ponctuellement sur la voirie. La figure ci-dessous présente le modèle HECRAS ponctuel établi sur le lit majeur rive gauche.

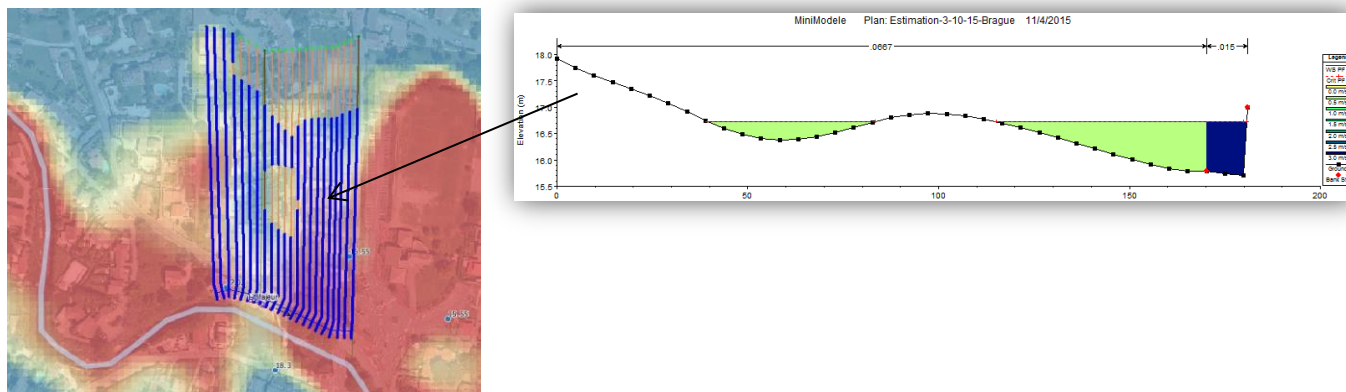


FIGURE 16: MODELE PONCTUEL HECRAS DU LIT MAJEUR RIVE GAUCHE DE LA BRAGUE

L'estimation du débit surversé est de l'ordre de $50\text{ m}^3/\text{s}$.

Cette approche permet d'estimer **le débit de pointe de la Brague** pour l'ensemble de son bassin versant en amont du pont de Biot (41 km^2) **de l'ordre de $250\text{ m}^3/\text{s}$** .

Cette valeur a été reportée sur l'ajustement de Gumbel issu des données mesurées à la station de Biot (en rouge – *source hydratec 2012*) et la méthode du Gradex avec un point de pivot à T50ans et une base d'hydrogramme de 2h (correspondant à la durée de la crue).

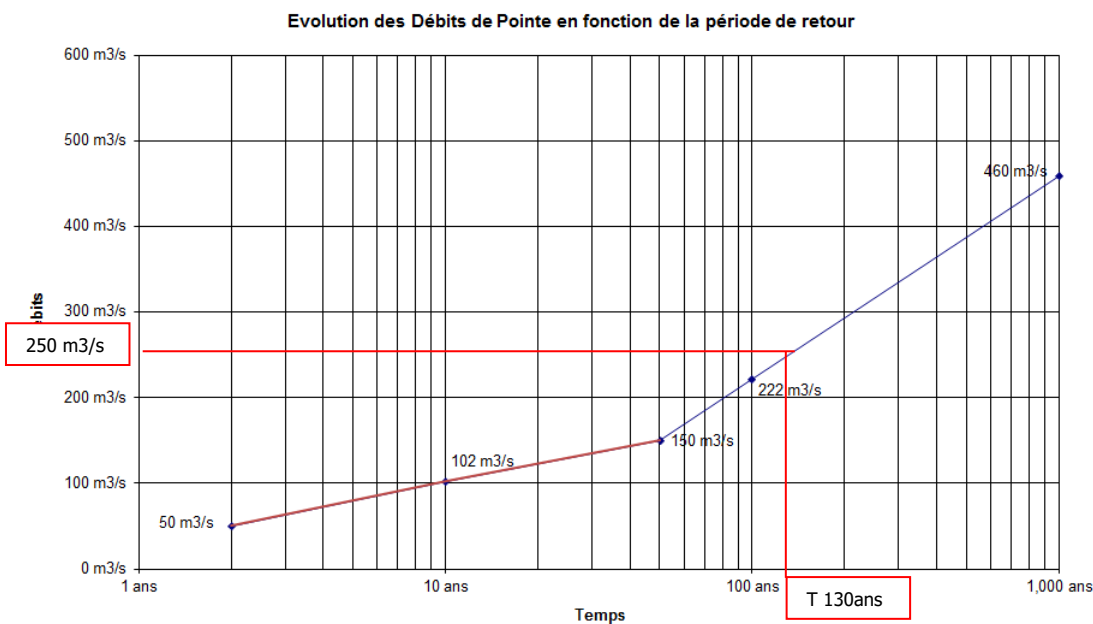


FIGURE 17: EVOLUTION DES DEBITS DE POINTE EN FONCTION DE LA PERIODE DE RETOUR (SOURCE HYDRATEC 2012 POUR T2ANS ET T10ANS)

La période de retour de l'événement est donc estimée à **130 ans** sur la Brague à Biot.

- **Estimation du débit de pointe de la Valmasque**

Le débit de pointe sur la Valmasque a été estimé à l'aide d'un modèle hydraulique au niveau d'un tronçon en amont du golf de Biot où l'ensemble du débit a transité dans le lit mineur sans débordements. **Le débit de pointe estimé est de l'ordre de 125 m³/s pour la Valmasque. Cette valeur est cohérente avec les estimations obtenues par la méthode HYMEX.**

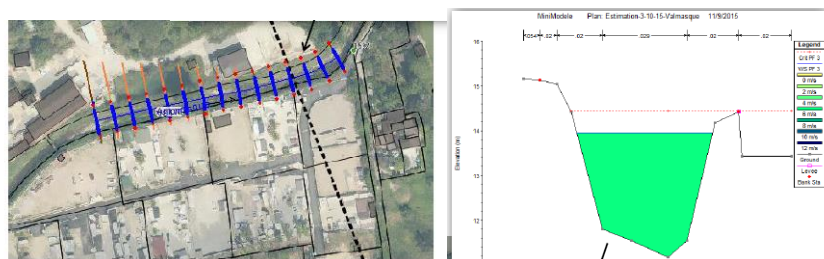


FIGURE 18 : MODELE HYDRAULIQUE DE LA VALMASQUE POUR L'ESTIMATION DU DEBIT DE POINTE

La période de retour de l'événement a été estimée de la même manière que pour la Brague à Biot.

Les débits caractéristiques des crues de périodes de retour 2 ans à 50 ans sur la Valmasque ont été calculés par la formule de Meyer depuis les valeurs de la Brague à Biot établis par Hydratec en 2012

Une loi de Gumbel est établie à partir des débits caractéristiques calculés sur la Valmasque. La méthode du Gradex (pour T=50 ans, temps de base 2h) est utilisée afin d'évaluer la période retour de cet événement pour un débit de pointe de 125 m³/s. **La période de retour de cet événement est estimée à 320 ans sur la Valmasque.**

- **Estimation du débit de pointe du Vallon des Combes et des Horts**

Les vallons des Combes et des Horts ne présentent pas de section en lit mineur non débordante qui aurait permis la détermination du débit de pointe.

Sur le Vallon des Combes et le Vallon des Horts, les débits caractéristiques des crues de périodes de retour 2 à 50 ans ont été calculés par la formule de Meyer depuis les valeurs des débits caractéristiques la Brague à Biot établis par Hydratec en 2012. Ces débits caractéristiques ont fait l'objet d'une loi de Gumbel.

Il a été considéré que la période de retour de l'événement sur les Horts et les Combes est la même que sur la Valmasque, à savoir 320 ans

La méthode du Gradex est utilisée afin de déterminer le débit de pointe correspondant à cette période de retour. **La valeur du débit de pointe ainsi estimée pour la crue du 3 Octobre 2015 est de 34 m³/s sur les Combes et 30 m³/s sur les Horts**

- **Comparaison des résultats sur la Brague**

Le tableau suivant regroupe les valeurs de débits de pointe issues de l'analyse hydrologique réalisée par le Cabinet MERLIN et les fourchettes de valeurs issues de Météo France.

Bassin versant	Qpointe (m ³ /s) Merlin	Qpointe (m ³ /s) HYMEX
Brague à Biot	250	185 - 295
Valmasque aval	125	115 - 190
Vallon des Combes (aval Vignasses)	34	36-59

Les valeurs estimées dans le cadre de l'analyse hydrologique sont donc cohérentes avec les estimations réalisées par Météo France.

6 DETERMINATION DE LA CRUE DE REFERENCE

Pour rappel, la crue de référence constitue la plus forte crue entre la crue centennale et une crue historique connue.

Les événements majeurs s'étant produits sur le secteur d'étude sont rappelés ci-dessous :

- 5 Octobre 1993 : cet événement constitue la crue de référence pour les PPRI actuellement en vigueur sur Antibes, Biot et Vallauris.
- 6 Novembre 2011 : cette crue s'est produite principalement sur la Brague. Les petits vallons côtiers n'ont pas été impactés. La période de retour de cet événement est de l'ordre de 50 ans. Cet événement ne constitue pas la crue de référence sur la Brague.
- 10 novembre 2014 : cet événement nous a été signalé comme particulièrement fort sur les petits vallons côtiers d'Antibes (Lys et St Honorat)
- 3 Octobre 2015 : les pluies et les débits engendrés par cet événement ont largement dépassé les valeurs centennales sur le secteur d'étude.

6.1 CRUE DE REFERENCE SUR LA BRAGUE ET SES AFFLUENTS

Sur la Brague et ses affluents, les retours d'expérience de la crue du 3 Octobre 2015 ont montré qu'au niveau de la Brague à la station de Biot, le débit de pointe a été estimé entre 185 et 295 m³/s. Pour rappel, le débit de référence centennal était de 200 m³/s à la station.

Ainsi, les débits de pointe engendrés par cette crue sont supérieurs aux valeurs centennales.

La crue du 3 Octobre 2015 constitue donc la crue de référence pour le PPRI sur la Brague et ses affluents.

La détermination des débits de pointe pour la crue du 3 Octobre 2015 est présentée dans la suite du rapport.

6.2 CRUE DE REFERENCE SUR LES VALLONS ANTIBOIS

Les petits vallons côtiers Antibois (Lys, St Honorat) ont subi un épisode orageux très intense le 10 novembre 2014 qui a généré des inondations importantes. Cet épisode était très localisé sur le littoral et n'a pas touché les bassins versants plus grands (Laval, St Maymes, Madé) qui ont peu réagi.

Afin de déterminer la crue de référence, les éléments pluviométriques suivants ont été analysés:

- Hauteurs de pluies centennales théoriques sur la base des coefficients de Montana de la station de Nice Aéroport pour des durées de 30 min et 1 heure

Durée (min)	5ans	10ans	20ans	T30ans	T50ans	T100ans
15	20.7	23.9	27.2	29.0	31.3	34.6
30	28.9	33.7	38.5	41.2	44.8	49.9
60	40.4	47.3	54.5	58.5	64.0	71.8
90	49.2	57.8	66.8	71.9	78.9	88.9
120	56.5	66.6	77.2	83.2	91.5	103.4
240	62.4	73.8	86.0	93.6	103.8	118.8

TABLEAU 11: HAUTEURS DE PLUIE PRECIPITEES EN FONCTION DE LA PERIODE INTENSE ET DE LA PERIODE DE RETOUR (NICE AEROPORT)

- Cumuls pluviométriques sur 30min et 1heure pour les épisodes du 3 Octobre 2015 et du 10 novembre 2014 au poste Météo France d'Antibes

Pluviomètre Antibes (données 6min)	Cumul sur 30 min (mm)	Cumul sur 1h (mm)
10/11/2014	51.2	65.9
03/10/2015	49.7	83

TABLEAU 12 : CUMULS PLUVIOMETRIQUES A LA STATION D'ANTIBES POUR NOVEMBRE 2014 ET OCTOBRE 2015

L'épisode de novembre 2014 est équivalent sur 30 min mais est nettement inférieur à l'épisode du 3 Octobre 2015 pour des durées supérieures ou égales à 1heure. Les cumuls pluviométriques pour ces 2 événements sont supérieurs aux valeurs centennales de la station de Nice.

- Cumuls pluviométriques sur 30 min sur chaque bassin versant pour les épisodes du 3 Octobre 2015 et du 10 novembre 2014 (données radar Météo France – Lames d'eau PANTHERE fournie par le CEREMA au pas de temps 5min)

Bassin versant	10 Novembre 2014 -Cumul sur 30min issu des données lame d'eau PANTHERE (mm)	3 Octobre 2015 -Cumul sur 30min issu des données lame d'eau PANTHERE (mm)
Vallon du LYS	40.8	71.5
Vallon du St Honorat	58.3	75.7

**TABLEAU 13 : CUMULS SUR 30 MIN DEPUIS LAME D'EAU PANTHERE POUR LE 10/11/2014 ET LE 03/10/2015 –
 SOURCE CEREMA**

Les cumuls pour l'épisode du 3 Octobre 2015 sur 30 min sur les bassins du Lys et St Honorat sont supérieurs à ceux enregistrés en 2014.

Ainsi, l'épisode d'Octobre 2015 constitue la crue de référence sur les vallons Antibois.

6.3 CRUE DE REFERENCE SUR VALLAURIS

L'analyse des hypothèses hydrologiques du PPRI actuellement en vigueur sur Vallauris et la confrontation avec l'événement du 3 Octobre 2015 ont fait l'objet d'une note spécifique. En effet, suite à l'événement du 3 Octobre 2015, l'Etat a souhaité confirmer de la nécessité de la révision du PPRI sur Vallauris qui n'était pas aussi évidente que sur la Brague ou sur les Vallons Antibois.

Les événements du 5 Octobre 1993 et du 5 Octobre 1993 ont été comparés suivant plusieurs critères :

◆ Pluviométrie

Les 2 événements présentent des périodes de retour supérieures à 100 ans (comparaison avec base de données SHYREG et coefficients de Montana aux stations de Nice et Cannes-Mandelieu)

En termes de cumuls de pluie, d'après les données du pluviomètre d'Antibes, l'événement de 1993 est plus fort pour des durées inférieures à 30 min, mais l'événement de 2015 plus fort pour des durées supérieures à 1h

L'orage de 2015 présente une grande hétérogénéité spatiale. Il s'est concentré sur les crêtes des communes côtières des Alpes maritimes. Les données radar ont montré que les précipitations ont été plus fortes sur les vallons amont de Vallauris qu'au niveau du pluviomètre à Antibes. D'après les données de la lame d'eau PANTHERE, les cumuls de pluie sur les vallons de Vallauris ont été supérieurs aux cumuls enregistrés en 1993 et aux valeurs des pluies de projet du PPRI actuel.

Toutefois, sur les petits vallons côtiers (Cote, Aube, Maure-Baraya, Mer), la pluviométrie pour le 3 Octobre 2015 a été moins importante. Les débits engendrés n'ont pas dépassé ceux du 3 Octobre 2015.

♦ Débits de pointe

Les débits de pointe de 2015 sur les vallons de Vallauris ont été estimés par la formule de Meyer depuis des bassins versant similaires ayant fait l'objet de la méthode HYMEX dans le cadre des retours d'expérience.

Les débits de pointe calculés pour Octobre 2015 sont 10 à 50% supérieurs aux débits de pointe calculés pour l'aléa de référence, notamment sur les vallons amont, ce qui est cohérent avec la pluviométrie observée.

♦ Laisses de crue et retour d'expérience

Sur le vallon de l'Issourdadou, aucun repère de crue ne nous a été transmis pour Octobre 2015. Il n'y a pas de différence d'emprise notable entre les deux événements. Toutefois, au vu des dégâts et des témoignages recueillis, il est probable que les hauteurs d'eau et les vitesses aient atteint des valeurs similaires voire supérieures à celle de 1993.

Sur le vallon de Madé et St Maymes, les PHE de 2015 sont légèrement supérieurs à ceux de 1993 (+10-15cm). Des habitations en rive droite du Madé ont été fortement impactées alors qu'elles sont situées en dehors de l'emprise du PPRI. De plus, des incohérences ont été repérées sur le zonage réglementaire par rapport à la topographie et aux retours d'expérience.

Les cumuls de pluie et les débits exceptionnels générés par l'orage de 2015 sur les vallons amont, les repères de crue de 2015 légèrement supérieurs sur les vallons de Madé et St Maymes ainsi que les incohérences relevés sur le zonage actuel permettent de justifier une révision du PPRI sur la commune de Vallauris sur la base de la crue du 3 Octobre 2015.

De plus cette révision permettra d'assurer une bonne cohérence des cartographies sur le Vallon du Madé qui est limitrophe avec la commune d'Antibes où le PPRI est actuellement en cours de révision.

La crue du 3 Octobre 2015 constitue donc la crue de référence pour le PPRI sur Vallauris sur les vallons suivants :

- **Issourdadou**
- **Vallon du Plan**
- **Vallon de Fournas**
- **Madé**
- **Mayre**

Sur les petits vallons côtiers : Maure, Baraya, Aube, Cote 3, 6, 7, 8 et Mer, les valeurs calculées pour la crue de 1993 dans le cadre du PPRI de 2001 restent les valeurs de référence.

7 DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE ET DES HYDROGRAMMES POUR LA CRUE DE REFERENCE

7.1 BRAGUE ET AFFLUENTS

La crue du 3 octobre 2015 constitue la crue de référence sur la Brague et ses affluents.

7.1.1 DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE POUR LA CRUE DE REFERENCE

Dans le cadre de la modélisation hydraulique réalisée pour l'étude préalable au réaménagement de la Brague en 2016, les estimations des débits de pointe issus de la méthode HYMEX (REX sur les inondations du 3 Octobre 2015 – janvier 2016) ont été réutilisées (*Cf. Figure 14 : Estimation des débits de crue 3 Octobre 2015 – Méthode HYMEX*). Ces valeurs ont été actées en COTECH puis validées lors du calage du modèle. Elles seront donc réutilisées dans le cadre du PPRI.

- ✓ Brague en entrée de Biot : entre 185 à 295 m³/s. Valeur moyenne retenue **de 250 m³/s**
- ✓ Valmasque aval : entre 115 à 190 m³/s. Valeur moyenne **de 145 m³/s**
- ✓ Le vallon des combes en aval de la confluence avec « Les Vignasses » (entrée bassin de rétention: entre 36 à 59 m³/s. Valeur retenue **de 52 m³/s** (correspond à la valeur moyenne majorée de 10%).

Le secteur d'étude du PPRI est plus grand que celui de l'étude préalable au réaménagement de la Brague. Il englobe en effet la partie amont de la Brague et la Bouillide jusqu'à la limite Biot-Valbonne. La détermination des débits de pointe sur ces secteurs s'est également appuyée sur les résultats de la méthode HYMEX. Les valeurs suivantes ont été retenues :

- ✓ La Bouillide à Valbonne: entre 70 et 130 m³/s. Valeur moyenne retenue de **100 m³/s**
- ✓ La Brague au pont des Tamarins : entre 50 et 90 m³/s. Valeur moyenne retenue de **70 m³/s**

Les autres vallons et apports secondaires présents sur le secteur d'étude n'ont pas été analysés dans l'étude de Janvier 2016 (Vallon des Combes, vallon des Horts, petits affluents de la Brague).

La formule de Meyer a été utilisée pour estimer les débits de pointe sur les secteurs non étudiés. Cette dernière permet d'extrapoler une valeur de débit connu en un point du bassin versant à un second point, en appliquant un coefficient m aux surfaces :

$$Q = Q_{\text{jaugé}} \cdot \left(\frac{S_{\text{BV}}}{S_{\text{jaugé}}} \right)^{0.8}$$

→ le coefficient m traduit l'amortissement du débit de pointe de crue en fonction de la surface. La valeur de m est souvent prise égale à 0,8.

Au vu des variations spatiales d'abattement de la pluie très importantes sur l'évènement du 3 Octobre 2015, le sous bassin versant référent pour la formule de Meyer a été choisi au plus proche des conditions du sous bassin versant à estimer (caractéristiques physiques et abattement de la pluie).

Le tableau page suivante synthétise les valeurs de débits de pointe retenues et la provenance des valeurs.

La localisation des différents sous bassins versants est présentée sur la *Figure 2 : Bassin et sous bassins versants de la Brague*.

DDTM 06**ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DE PPRI –
LOT1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS**

Nom bassin versant	Surface km2	Q30Oct 2015 (m3/s)	Commentaire
Brague à Biot (station hydrométrique)	42.1	250	Estimation Cabinet Merlin - valeur retenue en COTECH dans le cadre de l'étude hydraulique préalable au réaménagement de la Brague - Cohérente avec estimations IFFSTAR (méthode HYMEX)
Brague en amont de la confluence avec la Bouillide	24.7	70	Issu des estimations réalisées par la méthode HYMEX - Valeur moyenne du débit de pointe de la Brague au pont des Tamarins
Bouillide à la confluence avec la Brague	12.9	100	Issu des estimations réalisées par la méthode HYMEX - Valeur moyenne du débit de pointe de la Bouillide à Valbonne
Vallon des Combes (en aval de la confluence avec les Vignasses)	2.4	52	Somme des débits de pointe des Combes et des Vignasses en entrée du bassin de rétention issus de la méthode HYMEX - Majoration de 10% par rapport à la valeur moyenne
Vallon des Combes intermédiaire (traversée de Biot)	0.4	15	Meyer depuis le vallon des Combes amont
Vallon des Clausonnes	0.42	11.1	Meyer depuis les Vignasses
Vallon de Funel	0.83	17.2	Meyer depuis les Vignasses
Valmasque amont (aval de la confluence avec le Fugureit)	10.6	100	Issu des estimations réalisées par la méthode HYMEX - Valeur moyenne du débit de pointe de la Valmasque en aval de la confluence avec le Fugureit
Valmasque (à la confluence avec la Brague)	14.6	145	Issu des estimations réalisées par la méthode HYMEX - Valeur moyenne du débit de pointe de la Valmasque à l'entrée de la plaine de la Brague
Vallon des Horts (pont des Cabots)	1.4	35	Meyer depuis le vallon des Combes amont
Vallon Autoroute	0.8	16.6	Meyer sur les Vignasses
Apport sur la zone d'étude amont A8	1.4	20	Meyer sur la Valmasque
Vallon des Prés (à la confluence avec les Horts)	0.6	13.4	Meyer sur les Vignasses
Vallon des Groules	0.4	11.1	Meyer sur les Vignasses
Apport sur la zone d'étude aval	2.6	35.3	Meyer sur la Valmasque
Maire(à l'entrée de Marineland)	1.9	40.3	Meyer sur le Vallon des Combes

TABLEAU 14 : DEBITS DE POINTE RETENUS POUR LA CRUE DE REFERENCE SUR LA BRAGUE ET SES AFFLUENTS

7.1.2 CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES D'INJECTION POUR LA CRUE DE REFERENCE

La forme de l'hydrogramme de la Brague a été calée sur la base de l'évènement de Novembre 2011 car pour la crue du 3 Octobre 2015 la station a été arrachée. Ce calage a permis de fixer les caractéristiques du sous bassin versant amont de la Brague (Surface, pente, Plus Long Parcours Hydraulique et le temps de concentration).

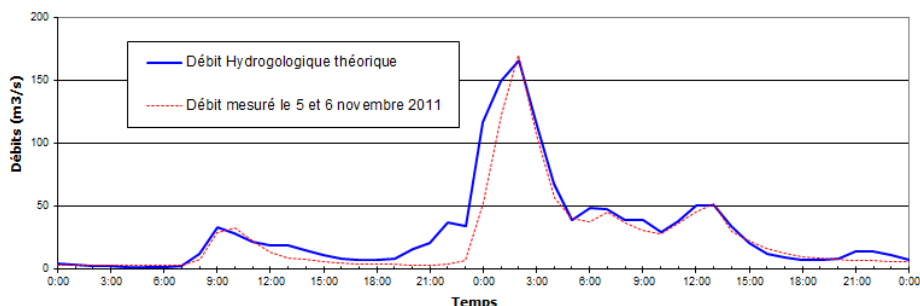


FIGURE 19 : CALAGE HYDROLOGIQUE DE L'HYDROGRAMME DE LA BRAGUE SUR LA CRUE DE NOVEMBRE 2011

Pour obtenir les débits de pointe estimés lors de la crue du 3 Octobre 2015, le coefficient de ruissellement global et les pertes initiales par infiltration ont été ajustés d'un évènement à l'autre. En effet, lors de l'évènement du 3 Octobre 2015, un épisode pluvieux sur 48h de 82mm a précédé le pic orageux. Cela a entraîné de faibles pertes initiales (sols déjà saturés) et des coefficients de ruissellement plus élevés.

L'hydrogramme généré par notre modèle hydrologique a été comparé à la montée d'hydrogramme observée par la station DREAL avant sa destruction le 3 Octobre 2015 ainsi qu'à la forme globale de l'hydrogramme de l'étude Lindénia (hydrogramme extrait au niveau du franchissement de l'autoroute).

La superposition des hydrogrammes obtenus par Lindénia (Attention : hydrogramme au niveau de l'autoroute donc après l'arrivée du vallon des Combes et de la Valmasque) et le Cabinet Merlin (hydrogramme à la station Biot) a été faite sur la figure ci-contre et comparé à la mesure de débit effective à la station de Biot (en pointillé rouge).

La forme de l'hydrogramme issu de l'étude post crue du Cabinet Merlin est donc cohérente avec les mesures à la station et les résultats de l'étude hydrologique de Lindénia.

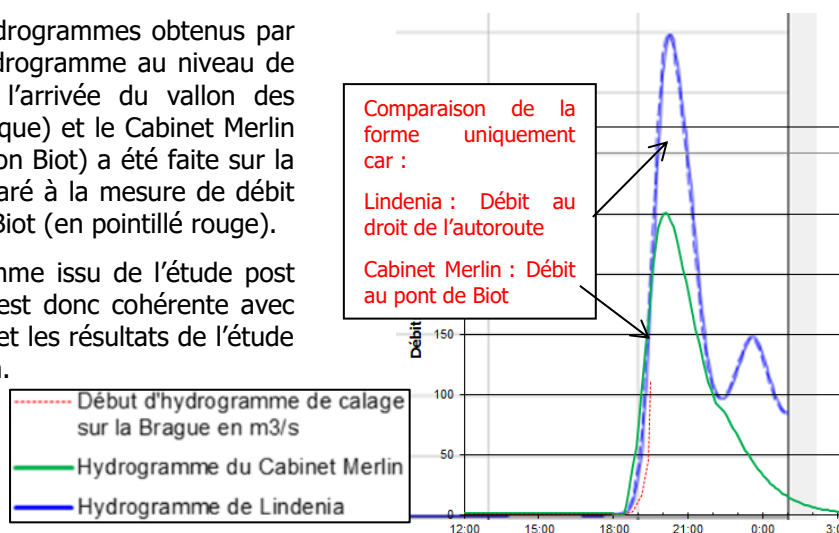


FIGURE 20 : COMPARAISON DES HYDROGRAMMES POUR LA CRUE DU 3 OCTOBRE 2015 SUR LA BRAGUE

Les dates et heures sont exprimées en UTC, soit heure française – 2heures.

Pour les autres sous bassins versants, une démarche similaire a été effectuée : ajustement du coefficient de ruissellement global et des pertes initiales pour obtenir le débit de pointe estimé pour la crue du 3 Octobre 2015 (Cf. Tableau 14).

7.2 VALLONS ANTIBES ET VALLAURIS

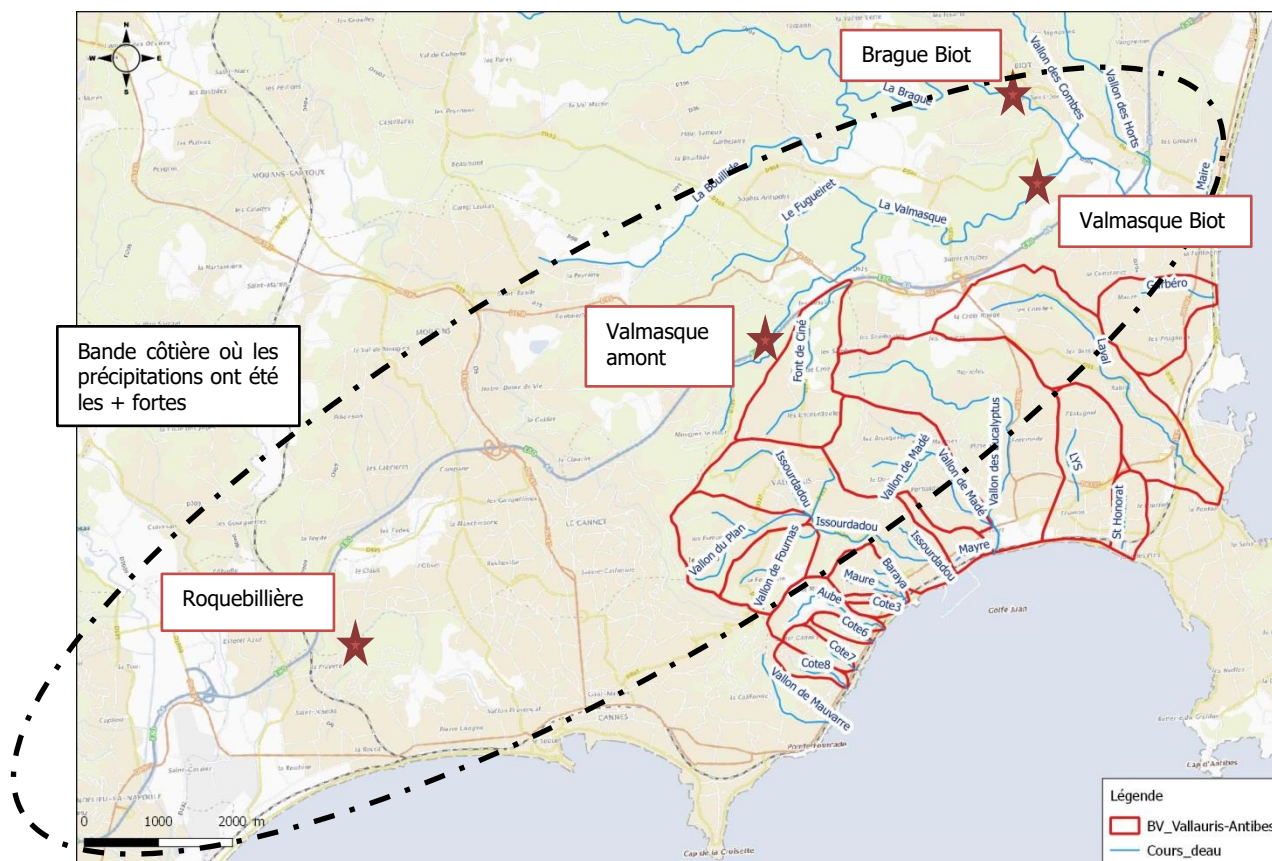
7.2.1 DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE POUR LA CRUE DE REFERENCE

La crue du 3 octobre 2015 constitue la crue de référence sur Vallauris et Antibes. Les petits vallons côtiers de Vallauris et Antibes touchés par l'événement du 3 Octobre 2015 n'ont pas fait l'objet d'estimation de débit dans le cadre des retours d'expériences suite à ces inondations. Deux méthodes ont été utilisées afin de déterminer les débits de pointe sur ces bassins versants.

7.2.1.1 Méthode 1 : Calcul des débits de pointe par la formule de Meyer depuis des bassins versants ayant fait l'objet d'estimations de débit.

De même que pour les petits bassins versants de la Brague, la formule de Meyer a été appliquée afin de déterminer les débits de pointe des vallons d'Antibes et Vallauris.

Les bassins versants de référence ont été choisis pour leurs similitudes avec les bassins versants étudiés (taille, pluviométrie, localisation).



Nom BV	Surface (ha)	Qp min (m3/s)	Qp (m3/s)	Qp max (m3/s)
Valmasque amont (limite Vallauris/mougins, au droit A8)	400	90	75	90
Valmasque aval à Biot	1320	115	145	190
Brague à Biot (jaugé+réestimé)	4210	-	250	-
Roquebillière (Cannes, cours d'eau côtier)	130	20	24	28

FIGURE 21 : BASSINS VERSANTS DE REFERENCE POUR LE CALCUL DES DEBITS DE POINTE

Les bassins versants de référence les plus représentatifs du des bassins étudiés sont :

- ✓ Roquebillière à Cannes : petit cours d'eau côtier présentant des caractéristiques similaires aux vallons de côtiers Vallauris et Antibes et ayant reçu une pluviométrie similaire lors de l'orage du 3 Octobre 2015 (Lys, Garbéro, St Honorat, Mayre, Laval, Madé et St Maymes...)
- ✓ Valmasque amont : cours d'eau situé à proximité des bassins versants de Font de Ciné, Vallon du Plan, Vallon de Fournas et Issourdadou et ayant reçu des précipitations similaires lors de l'orage du 3 Octobre 2015.

Les débits de pointe calculés depuis ces 2 bassins de référence sont présentés ci-dessous :

Nom	SBV (ha)	Q3Oct15 depuis Valmasque amont	Q3Oct15 depuis Roquebillière
Issourdadou	520	92	73
Fournas	97	24	19
Vallon_du_Plan	125	30	23
Font_de_Cine	182	40	31
Mayre	45	13	10
Made	212	45	35
St_Maymes	452	83	65
Laval	362	69	55
Lys	141	33	26
StHonorat	49	14	11
Garbero	144	33	26
Made	212	45	35

TABLEAU 15 : DEBITS DE POINTE CALCULES SUR ANTIBES ET VALLAURIS PAR LA FORMULE DE MEYER – 03/10/2015

7.2.1.2 Méthode 2 : Génération des hydrogrammes à partir des données pluviométriques radar (lame d'eau PANTHERE Météo France) : modèles pluie-débit

Pour l'orage de 2015, les lames d'eau radar Météo France PANTHERE (cumul au pas de temps 5 min estimé à partir de l'ensemble des radars Météo France, résolution 1km) et ANTILOPE (cumul au pas de temps horaire, issu de la fusion entre les données radar et les pluviomètres, résolution 1km) sont disponibles. Ces données fournissent les cumuls pluviométriques pour chaque bassin versant étudié.

Les caractéristiques des bassins versants (surface, pente, plus long parcours hydraulique, coefficient de ruissellement et temps de concentration) ont été calculées.

Les coefficients de ruissellement ont été estimés par bassin versant à partir des données d'occupation du sol (CORINE LAND COVER 2012). Pour chaque type de sol, un coefficient unitaire de ruissellement a été appliqué. Le coefficient de ruissellement global sur le bassin est obtenu par pondération des coefficients unitaires sur la surface. Les valeurs des coefficients unitaires sont présentées en Annexe 2 du rapport.

Ces valeurs des coefficients de ruissellement unitaires sont valables pour des pluies « moyennes », de périodes de retour inférieures à 10 ans. Pour des événements plus rares, les sols étant saturés, les

coefficients de ruissellement sont majorés. Nous avons utilisé la formule préconisée dans le guide technique de l'assainissement routier (SETRA – 2006) permettant de passer d'une valeur de coefficient de ruissellement pour une période de retour 10 ans à une période de retour plus grande :

<p><u>Pour $C_{10} < 0,8$</u> $C_T = 0,8 * (1 - P_0/P_T)$ <p>Avec P_T la pluie journalière de durée de retour T en mm et P_0 la rétention initiale en mm estimée à l'aide de la formule suivante, où C_{10} est le coefficient de ruissellement décennal et P_{10} la pluie journalière décennale :</p> $P_0 = (1 - C_{10}/0,8) * P_{10}$ <p><u>Pour $C_{10} \geq 0,8$</u> $C_T = C_{10}$</p> </p>
--

Plusieurs méthodes de calcul du temps de concentration ont été appliquées et comparées (méthodes de DESBORDES, CHOCAT, PASSINI, KIRPISH). Ces méthodes sont adaptées pour les petits bassins versants urbains et fournissent des résultats similaires. La formule du Lagtime de Desbordes a été retenue puis appliquée dans la méthode du réservoir linéaire pour obtenir les débits de pointe. La pluviométrie utilisée est issue des données radar PANTHERE.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant et comparés avec les débits de pointe obtenus avec la méthode 1 :

BV	S (ha)	Qp 30Oct 2015 méthode du réservoir linéaire (m3/s)	Qp 30Oct 2015 Meyer depuis Valmasque amont (m3/s)	Qp 30Oct 2015 Meyer depuis Roquebillière (m3/s)
St Maymes	453	53	83	65
Font de Cine	182	36	40	31
Fournas	97	22	24	19
Garbero	144	30	33	26
Issourdadou	520	86	92	73
Laval	362	57	69	55
Lys	141	26	33	26
St Honorat	49	13	14	11
Made	212	35	45	35
Vallon du Plan	125	25	30	23
Mayre	45	13	13	10

TABLEAU 16 : COMPARAISON DES VALEURS DE DEBITS DE POINTE AVEC LES 2 METHODES – 03/10/2015

Les débits de pointe calculés depuis la méthode du réservoir linéaire sont cohérents avec les valeurs obtenues par la formule de Meyer depuis les bassins versants de référence (Valmasque amont ou Roquebillière).

7.2.1.3 Synthèse

Afin de conserver une cohérence dans la méthodologie avec la Brague, les valeurs de débits de pointe issues de la formule de Meyer sont retenues pour la crue du 3 Octobre 2015. Les caractéristiques des bassins versants (temps de concentration etc) sont ajustées afin d'obtenir les débits de pointe retenus, permettant ainsi de caler les modèles hydrologiques.

BV	S (ha)	Cr (T100)	PLPH (m)	Pente (%)	T (mn)	Q 30octobre 2015 retenu (m3/s)	Commentaire
St Maymes	453	0.53	5089	3.70%	30	65	Meyer depuis Roquebillière
Font de Cine	182	0.6	2778	3.10%	23	40	Meyer depuis Valmasque amont
Fournas	97	0.54	1564	6.90%	12	24	Meyer depuis Valmasque amont
Garbero	144	0.59	1805	3.00%	21	26	Meyer depuis Roquebillière
Issourdadou	520	0.54	4252	6.00%	23	92	Meyer depuis Valmasque amont
Laval	362	0.61	5559	2.40%	43	55	Meyer depuis Roquebillière
Lys	141	0.59	2316	2.90%	24	26	Meyer depuis Roquebillière
St Honorat	49	0.6	1186	3.00%	15	11	Meyer depuis Roquebillière
Made	212	0.52	2876	8.40%	20	35	Meyer depuis Roquebillière
Vallon du Plan	125	0.49	2134	7.40%	11	30	Meyer depuis Valmasque amont
Mayre	45	0.57	1571	8.34%	21	10	Meyer depuis Roquebillière

TABLEAU 17 : DEBITS DE POINTE RETENUS POUR LA CRUE DU 3 OCTOBRE 2015 SUR LES VALLONS D'ANTIBES ET VALLAURIS

Sur les petits vallons côtiers de Vallauris (Mer, Aube, Baraya ...), la crue du 3 Octobre 2015 n'a pas dépassé les valeurs de l'aléa de référence de l'ancien PPRI. Ces débits de référence sont donc conservés. Les caractéristiques des bassins versants et les débits de pointe de référence sont présentés ci-dessous :

Nom	S (ha)	Cr	PLPH (m)	Pente (%)	T (mn)	Q30Oct2015 (m3/s)	Q de référence PPRI (m3/s)
Cote8	26	0.3	890	17.5	8	3.2	3.4
Cote7	27.3	0.4	990	20.4	6	4.3	4.5
Cote6	15.3	0.3	740	20.8	6	2.1	2.1
Aube	58	0.4	1750	10.4	18	8	8
Cote3	9.2	0.5	370	12.4	6	2.1	2.1
Maure_Baraya	51	0.4	890	15	12	8.2	8.2
Mer	8	0.5	670	18.2	4	2	2.5

TABLEAU 18 : DEBITS DE POINTE DE REFERENCE RETENUS SUR LES VALLONS COTIERS DE VALLAURIS

7.2.2 CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES D'INJECTION

Les bassins versants étudiés sont découpés en sous-bassins versants. Les caractéristiques de chaque sous bassin versant sont calculées (pente, temps de concentration, coefficient de ruissellement) puis intégrées dans les modèles hydrologiques de transformation pluie-débit (méthode du réservoir linéaire) permettant de générer les hydrogrammes de crue à partir des données pluviométriques radar (lame d'eau PANTHERE).

Les pertes initiales et temps de concentration sont ensuite ajustés pour chaque sous bassin versant du BV global afin d'obtenir le débit de pointe à l'exutoire calculé précédemment (Cf. Tableau 17).

Le découpage en sous bassins versants est présenté sur la Figure 3.

Les hydrogrammes de crue obtenus à l'aide des modèles hydrologiques sont ensuite injectés dans les modèles hydrauliques.

8 DETERMINATION DES DEBITS THEORIQUES DE PERIODES DE RETOUR T30, T100 ET T1000

8.1 BRAGUE ET AFFLUENTS

8.1.1 DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE Q30, Q100 ET Q1000

Les débits de pointe de périodes de retour 30, 100 et 1000 ans sur la Brague et ses affluents ont été déterminés dans le cadre de l'étude de réaménagement de la Brague réalisée par le Cabinet Merlin en 2016 et seront réutilisés dans le cadre de cette étude.

Pour rappel, les débits de la Brague à la station de Biot sont issus de l'étude HYDRATEC menée dans le cadre du PAPI de la Brague puis réajustés dans le cadre de la mission post crue 2015 du Cabinet Merlin (Cf. § 4.2 Analyse critique des débits de pointe sur la Brague et ses affluents).

Le débit centennal de la Brague à Biot estimé par la méthode du Gradex avec les coefficients de Montana de Nice est de 225 m³/s. Cette valeur est cohérente avec les études hydrologiques récentes :

- ✓ La DREAL indique que la crue de 2015 est au-delà de T100ans avec un débit à Biot estimé à 240m³/s
- ✓ Lindénia indique un débit T100ans de la Brague entre 168 m³/s (amont de la confluence avec la Bouillide) et 285 m³/s (amont de la confluence avec la Valmasque mais aval de la confluence avec les Combes)

L'ajustement de Gumbel des débits de la Brague à Biot réévalué par le Cabinet Merlin est présenté sur la figure suivante :

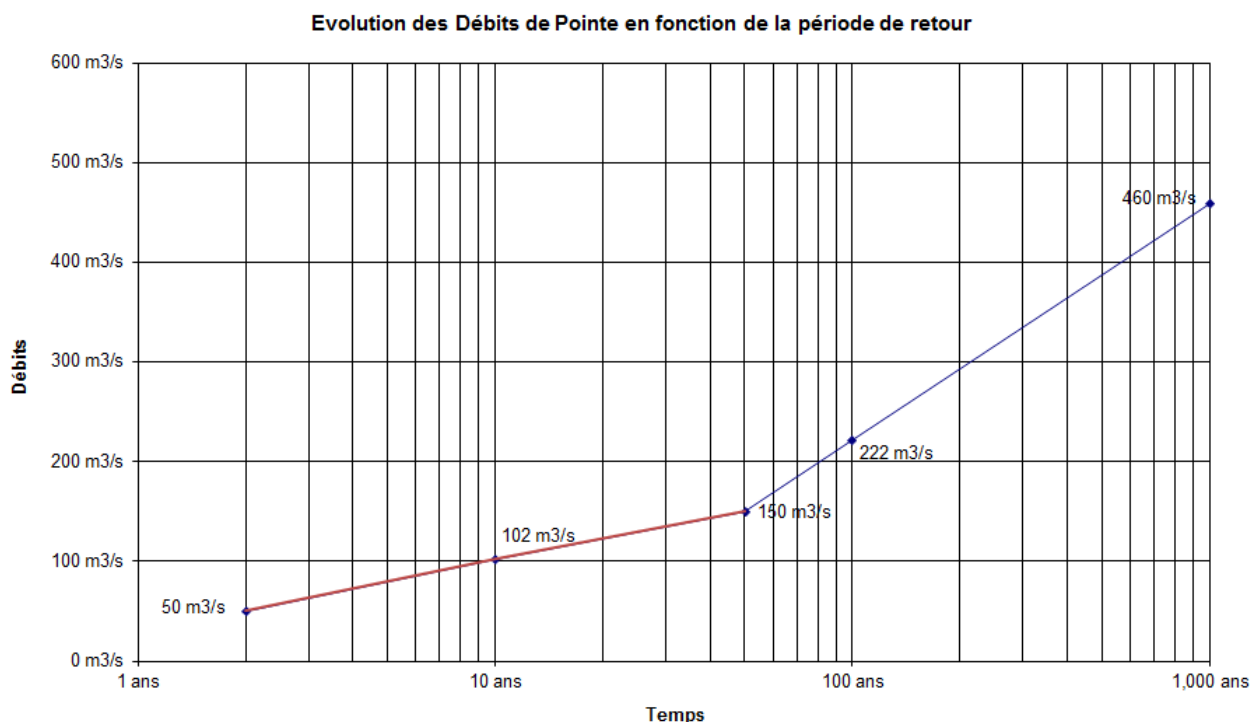


FIGURE 22 : AJUSTEMENT DE GUMBEL – BRAGUE A BIOT

DDTM 06**ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DE PPRI – LOT1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS**

La formule de Meyer a été utilisée à partir de l'information de débit de la Brague pour estimer les débits de pointe des autres sous bassins versants pour T30, T100 et T1000

Le tableau suivant synthétise les résultats de débit de pointe par sous bassins versants sur notre zone d'étude pour un événement trentennal, centennal et millénal.

Nom bassin versant	Surface km2	Q30 (m3/s)	Q100 (m3/s)	Q1000 (m3/s)	Commentaire
Brague à Biot (station hydrométrique)	42.1	135	225	460	Valeurs issues de l'ajustement de Gumbel à la station hydrométrique de Biot
Brague en amont de la confluence avec la Bouillide	24.7	88.1	146.8	300	
Bouillide à la confluence avec la Brague	12.9	52.4	87.3	178	
Vallon des Combes (en aval de la confluence avec les Vignasses)	2.4	13.2	22	46	
Vallon des Combes intermédiaire (traversée de Biot)	0.4	3.3	5	11	
Vallon des Clausonnes	0.42	3.4	5.6	12	
Vallon de Funel	0.83	5.8	9.7	20	
Valmasque amont (aval de la confluence avec leFugureit)	10.6	44.9	75	153	Formule de Meyer depuis les valeurs de la Brague à Biot
Valmasque (à la confluence avec la Brague)	14.6	57.9	96.4	197	
Vallon des Horts (pont des Cabots)	1.4	8.9	15	30	
Vallon Autoroute	0.8	5.6	9.3	19	
Apport sur la zone d'étude amont A8	1.4	8.9	15	30	
Vallon des Prés (à la confluence avec les Horts)	0.6	4.3	7.1	15	
Vallon des Groules	0.42	3.4	5.6	11	
Apport sur la zone d'étude aval	2.6	14.1	23.5	49	
Maire (à l'entrée de Marineland)	1.9	11.3	18.9	39	

TABLEAU 19 : DEBITS DE POINTE T30 – T100 ET T1000 – BRAGUE ET AFFLUENTS

8.1.2 CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES D'INJECTION

Les hydrogrammes de crue sont obtenus à l'aide d'un modèle hydrologique de transformation pluie-débit (méthode du réservoir linéaire - DESBORDES).

Les caractéristiques des sous bassins versants (surface, pente, plus long parcours hydraulique, coefficient de ruissellement, temps de concentration) sont calculées de la même manière que décrite dans le §7.2.1.2 Méthode 2 : Génération des hydrogrammes à partir des données pluviométriques radar (lame d'eau PANTHERE Météo France) : modèles pluie-débit.

Les pluies de projet injectées dans les modèles hydrologiques sont des pluies de type double triangle, de durée totale 4h et de période intense 30 min. Les coefficients de Montana permettant de calculer les hauteurs d'eau précipitées en fonction de la durée et de la période de retour sont issus des valeurs à la station de Nice aéroport. Les pluies de projet sont présentées ci-dessous :

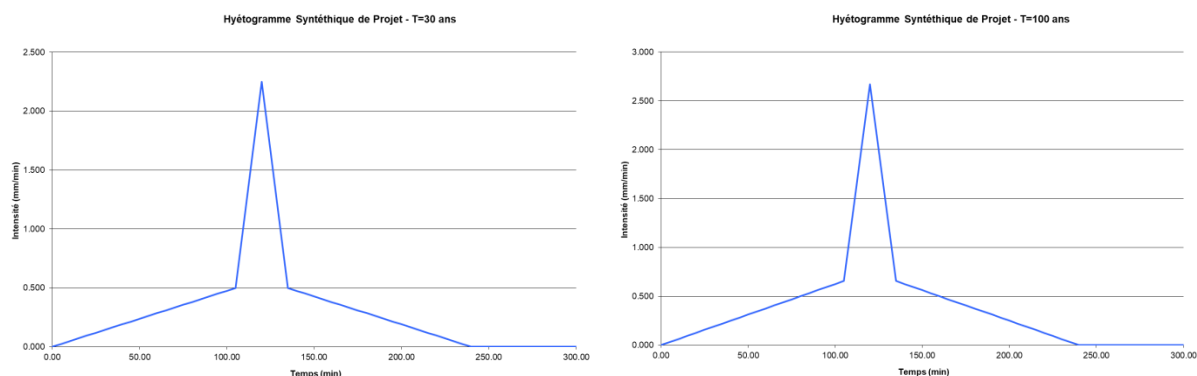


FIGURE 23 : HYETOGRAMMES DE PLUIES DE PROJET – T=30 ANS ET T=100 ANS

Les coefficients de ruissellement et pertes initiales sont ensuite ajustés pour obtenir les débits de pointe des bassins versants (valeurs calculées dans le Tableau 19).

Pour la crue de période de retour 1000 ans, un coefficient multiplicateur est appliqué sur l'ensemble des hydrogrammes obtenus pour la crue centennale afin d'obtenir les débits de pointe millénaux.

8.2 VALLONS ANIBES ET VALLAURIS

8.2.1 DETERMINATION DES DEBITS DE POINTE T30, T100 ET T1000

8.2.1.1 Débits de pointes T30 et T100

Il n'y a pas de station hydrométrique sur les vallons, il n'y a donc pas d'ajustement de Gumbel disponible à proximité.

Pour les crues de période de retour 30 ans et 100 ans, les débits de pointe aux exutoires des bassins versants étudiés sont obtenus à l'aide d'un modèle hydrologique de transformation pluie-débit (méthode du réservoir linéaire - DESBORDES).

Les caractéristiques des bassins versants calculées et ajustées dans le cadre de la détermination des débits de pointe pour la crue du 3 Octobre 2015 (Cf. §7.2.1.2) sont intégrés dans les modèles hydrologiques.

De même que pour la Brague, les pluies de projet injectées dans les modèles hydrologiques sont des pluies de type double triangle, de durée totale 4h et de période intense 30 min (cf. Figure 23).

Les coefficients de ruissellement ont été ajustés pour T30 selon la formule SETRA. (Cf. §7.2.1.2).

DDTM 06**ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DE PPRI –
LOT1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS**

Les débits de pointe calculés pour T100 et T30 aux exutoires des bassins versants étudiés sont les suivants :

BV	S (ha)	Cr (T100)	Cr (T30)	PLPH (m)	Pente (%)	T (mn)	Qp T30 (m3/s)	Qp T100 (m3/s)
St_Maymes	453	0.5	0.47	5089	3.70%	40	36	50
Font_de_Cine	182	0.53	0.5	2778	3.10%	31	18	26
Fournas	97	0.54	0.51	1564	6.90%	15	13	16
Garbero	144	0.59	0.57	1805	3.00%	20	17	21
Issourdadou	520	0.54	0.52	4252	6.00%	27	52	66
Laval	362	0.61	0.58	5559	2.40%	42	29	38
Lys	141	0.59	0.57	2316	2.90%	24	16	20
StHonorat	49	0.62	0.6	1186	3.00%	15	7	9
Made	212	0.52	0.49	2876	8.40%	20	22	28
Vallon_du_Plan	125	0.49	0.45	2134	7.40%	19	15	19
Mayre	45	0.59	0.57	1571	8.34%	13	6	7

TABLEAU 20 : DEBITS DE POINTE T30 ET T100 – VALLONS ANTIBES - VALLAURIS

Les débits de pointe centennaux obtenus sur les vallons de Vallauris sont cohérents avec les valeurs du PPRI de 2001.

Les débits de pointe sur Antibes n'ont pas pu être comparés aux valeurs de l'ancien PPRI de 1998, les valeurs n'étant pas disponibles.

Sur les petits vallons côtiers de Vallauris, les débits trentennaux n'ont pas été calculés dans le cadre de l'ancien PPRI. Ils sont donc calculés de la même manière que pour les autres vallons. Les débits centennaux correspondent à ceux calculés dans le cadre du PPRI de 2001.

Nom	S (ha)	Cr	PLPH (m)	Pente (%)	T (mn)	Q30	Q100
Cote8	25.5	0.3	890	17.5	8	2.2	3.4
Cote7	27.3	0.4	990	20.4	6	2.9	4.5
Cote6	15.3	0.3	740	20.8	6	1.4	2.1
Aube	58.5	0.4	1750	10.4	15	4.8	8
Cote3	9.2	0.5	370	12.4	6	1.4	2.1
Maure_Baraya	50.9	0.4	890	15	10	5	8.2
Mer	8	0.5	670	18.2	4	1.3	2.5

TABLEAU 21 : DEBITS DE POINTE T30 ET T100 SUR LES VALLONS COTIERS DE VALLAURIS

8.2.1.2 Débits de pointe T1000

L'ajustement de Gumbel réalisé sur la Brague présente un ratio entre Q100 et Q1000 de :

$460/222 = 2.07$. Ce ratio est cohérent dans les ajustements statistiques. Il a été appliqué sur les vallons afin de déterminer les débits de période de retour 1000 ans à partir des débits centennaux.

BV	S (ha)	Qp1000
St_Maymes	453	104
Font_de_Cine	182	54
Fournas	97	34
Garbero	144	44
Issourdadou	520	137
Laval	362	79
Lys	141	40
StHonorat	49	18
Made	212	58
Vallon_du_Plan	125	40
Mayre	45	14
Cote8	25.5	7.0
Cote7	27.3	9
Cote6	15.3	4
Aube	58.5	17
Cote3	9.2	4.3
Maure_Baraya	50.9	17
Mer	8	5

TABLEAU 22 : DEBIT DE POINTE T1000 – VALLONS ANTIBES ET VALLAURIS

8.2.2 CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES DE CRUE

De la même manière que pour la Brague, les bassins versants étudiés sont découpés en sous-bassins versants. Les caractéristiques de chaque sous bassin versant sont calculées (pente, temps de concentration, coefficient de ruissellement) puis intégrées dans les modèles hydrologiques de transformation pluie-débit (méthode du réservoir linéaire) permettant de générer les hydrogrammes de crue à partir des pluies de projet (présentées en Figure 23).

Les coefficients de ruissellement, pertes initiales et temps de concentration sont ensuite ajustés pour chaque sous bassin versant du BV global afin d'obtenir le débit de pointe à l'exutoire calculé précédemment (Cf. Tableau 20 : Débits de pointe T30 et T100 – Vallons Antibes - Vallauris).

Pour la crue de période de retour 1000 ans, un coefficient multiplicateur est appliqué l'ensemble des hydrogrammes obtenus pour la crue centennale afin d'obtenir les débits de pointe milléniaux.

9 SYNTHESE DES DEBITS DE POINTE

Les cartes pages suivantes présentent les débits de pointe calculés aux exutoires des différents bassins versants pour les crues de périodes de retour 30 ans, 100 ans, 1000 ans, et pour la crue de référence.

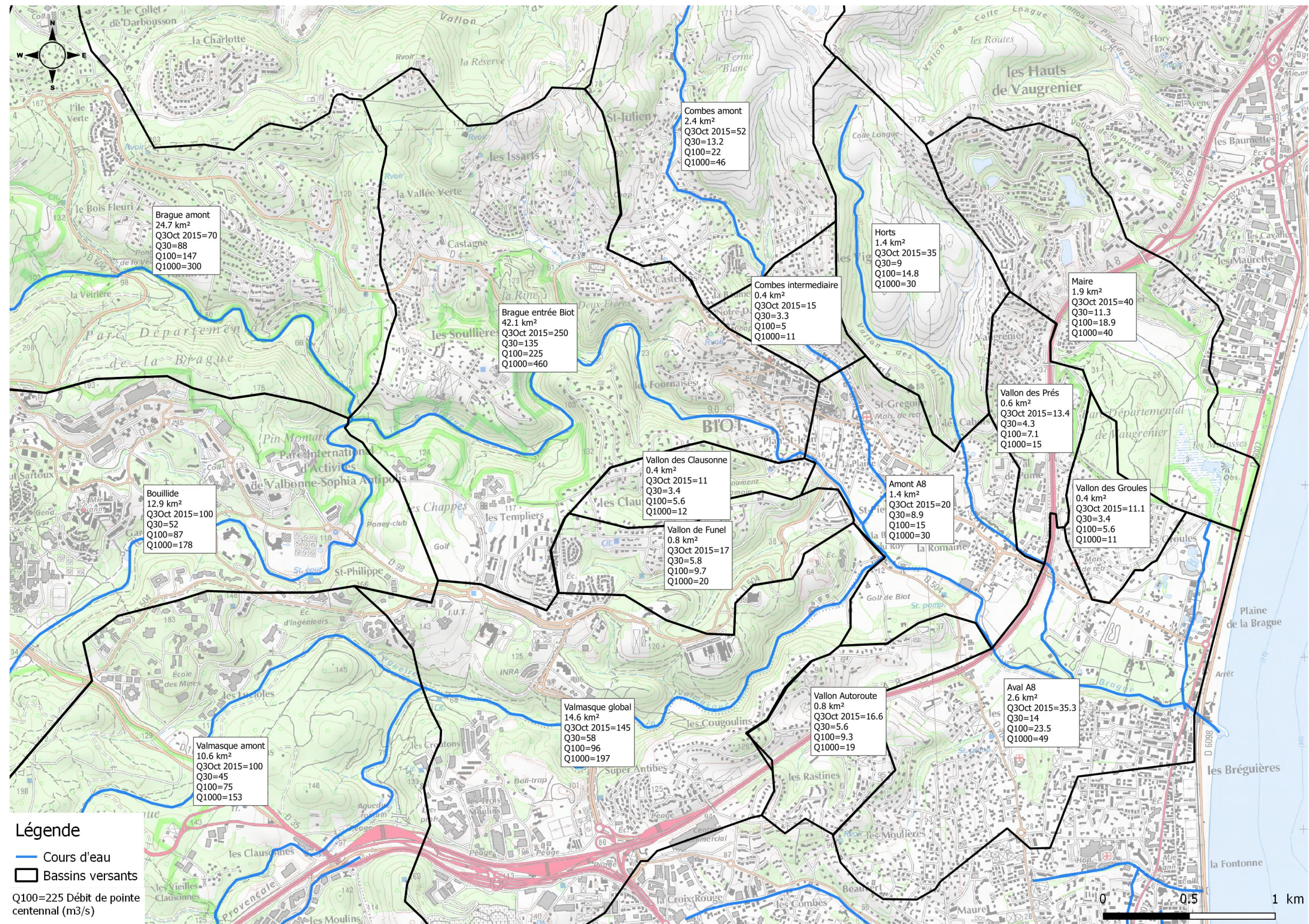


FIGURE 24 : SYNTHESE DES DEBITS DE POINTE SUR LA BRAGUE

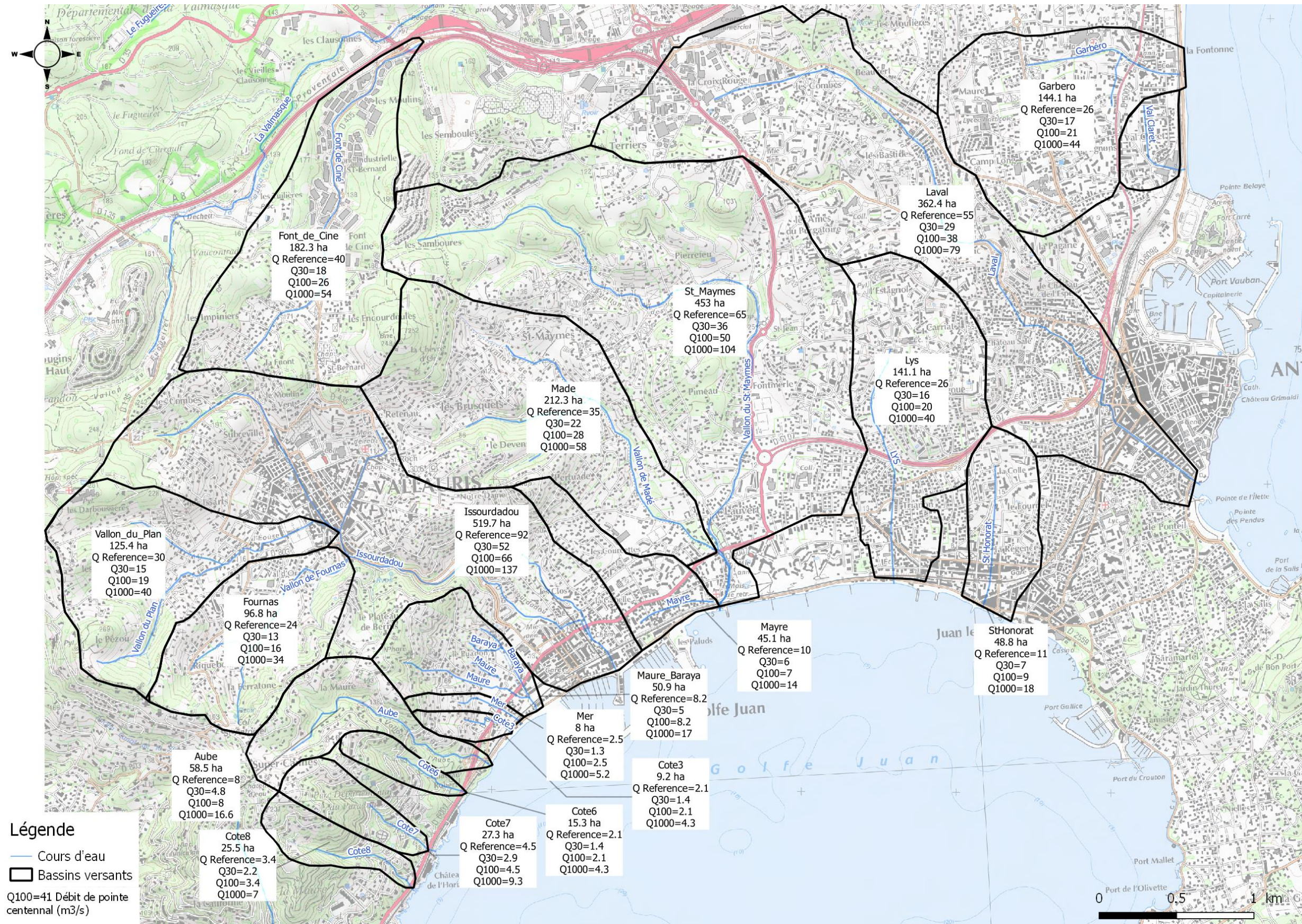



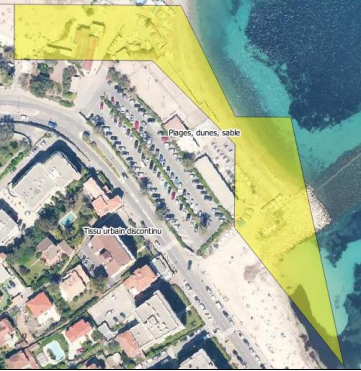


FIGURE 25 : SYNTHESE DES DEBITS DE POINTE SUR LES VALLONS D'ANTIBES ET VALLAURIS

10ANNEXE 1 : FORMULES CALCUL DU TEMPS DE CONCENTRATION





Formule de Desbordes :	<p><i>Desbordes (Hydrolo) :</i></p> $tc = 19,6.S^{0,29} .(1+Cr)^{-1,8} I^{-0,41}$	<p>tc : temps de concentration (min) S : superficie (ha) Cr : Coefficient de Ruissellement I : pente moyenne pondérée du thalweg (m/m)</p>
Formule de Passini	<p><i>Passini :</i></p> $tc = 0.108. \frac{\sqrt[3]{S.L}}{\sqrt{I}}$	<p>tc: temps de concentration (h) S : surface du bassin versant (km²) L : longueur du thalweg le plus long (km) I : pente moyenne pondérée II77 (m/m)</p>
Formule de Kispish	<p><i>Kirpish :</i></p> $tc = 0.0195 .L^{0,77} .I^{-0,385}$	<p>tc: temps de concentration (min) L : longueur totale du cours d'eau (m) I : pente globale du BV, DeltaH/L (m/m)</p>
Formule de Chocat	$K = 0.3175 .S^{-0,0076} .Cr^{-0,512} I^{-0,401} L^{0,608}$	
Formule du Lagtime de Desbordes	<p><i>Lag Time Debordes :</i></p> $K = 0.254 .S^{-0,0076} .Cr^{-0,512} I^{-0,401} L^{0,6}$	<p>K : décalage des centres de gravité, hyétogramme et l'hydrogramme (min) S : superficie (ha) Cr : Coefficient de Ruissellement (%) I : pente moyenne pondérée du thalweg (m/m) L : longueur du thalweg le plus long (m)</p>

11 ANNEXE 2 : COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT UNITAIRES

OCCUPATION DU SOL	CR unitaire	Photo
Forets	0.08 – 0.12	
Espaces verts urbains	0.28	
Maquis et garrigues	0.25	
Plages, dunes, sable	0.15	
Pelouses et paturages naturels	0.2	





DDTM 06

ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DE PPRI – LOT1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS

<p>Terres arables autres que serres, zones a forte densite de serres et rizeries</p>	<p>0.18</p>	
<p>Territoires principalement occupes par l'agriculture avec presence de vegetation naturelle</p>	<p>0.18</p>	
<p>Bati diffus</p>	<p>0.4</p>	
<p>Equipements sportifs et de loisirs</p>	<p>0.5</p>	


DDTM 06

ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DE PPRI – LOT1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS

<p>Tissu urbain discontinu</p>	<p>0.5</p>	
<p>Zones portuaires</p>	<p>0.8</p>	
<p>Zones à forte densité de serres</p>	<p>0.75</p>	
<p>Zones industrielles ou commerciales</p>	<p>0.75</p>	
<p>Roches nues</p>	<p>0.7</p>	
<p>Tissu urbain continu</p>	<p>0.75</p>	

DDTM 06

**ETUDE HYDRAULIQUE ET DOSSIERS NECESSAIRES A L'ELABORATION OU LA REVISION DE PPRI –
LOT1 : ANTIBES – BIOT - VALLAURIS**

<p>Reseaux routier et ferroviaire et espaces associes</p>	<p>0.85</p>	
---	-------------	--