

DEMANDEUR :

DIRECT INVESTISSEMENT

PROJET DE LOTISSEMENT « LE MONGE » A OPIO

ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE
EXPOSITION DU QUARTIER DU MONGE AUX CRUES DU VALLON
DE LA FONT D'OPIO

LIEU :

Commune d'OPIO
Quartier du Monge

eau & perspectives
géologie hydrogéologie hydrologie hydraulique

DOSSIER N° 373/18

Indice	Date d'édition	Etude et Rédaction	Vérification
a	19 Avril 2019	E. MIGNER	P. CHAMPAGNE



E.U.R.L. EAU ET PERSPECTIVES

Siège social : 540 Chemin de la Plaine 06250 MOUGINS

Tél. : 04.92.28.20.32. - Fax : 04.92.92.10.56. - e-mail : contact@eauetperspectives.fr

S.A.R.L. au capital de 8.000 Euros - R.C.S. CANNES 409 415 114 - APE 7112B - SIRET : 409 415 114 00043

SOMMAIRE

TEXTE :

1. AVANT PROPOS	2
2. SITUATION GEOGRAPHIQUE – CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	2
3. HYDROCLIMATOLOGIE	6
4. HYDROLOGIE DES BASSINS VERSANTS A L’ETAT ACTUEL.....	7
4.1. CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS DU VALLON	7
4.2. ESTIMATION DES DEBITS DE POINTE.....	10
4.3. APPROCHE DU DEBIT DU 3 OCTOBRE 2015	14
5. HYDRAULIQUE DU VALLON DE LA FONT D’OPIO	15
5.1. GEOMETRIE DU VALLON AU DROIT DU SECTEUR D’ETUDE.....	15
5.2. CONSTRUCTION DU MODELE	15
5.3. RESULTATS DE LA MODELISATION HYDRAULIQUE.....	16
5.4. SYNTHESE DE LA MODELISATION	17
5.5. ECOULEMENT PROVENANT DES VERSANTS NORD ET SUD	21
5.6. SYNTHESE DES ECOULEMENTS AU DROIT DES TERRAINS ETUDIES.....	22
6. PROPOSITION D’AMENAGEMENT A L’ETAT PROJETE.....	22
6.1. PROPOSITION D’AMENAGEMENT DU VALLON.....	22
6.2. PRESCRIPTION DE PROTECTION DES AMENAGEMENTS PROJETES	23

FIGURES :

Figure 1 : Situation géographique	4
Figure 2 : Contexte géologique	5
Figure 3 : Découpe du bassin versant BV sur fond de carte IGN	12
Figure 4 : Découpe du bassin versant BV sur fond de carte satellite	13
Figure 5 : Carte des hauteurs d’eau calculées et positions des profils en travers.....	18
Figure 6 : Carte des vitesses	19
Figure 7 : Carte des aléas	20
Figure 8 : Plan des propositions d’aménagements projetés.....	24
Figure 9 : Profil en long et profils en travers des aménagements projetés proposés.....	24

TABLEAUX :

Tableau 1 : Coefficients de Montana pour des pluies de durées 6 à 60 minutes	6
Tableau 2 : Répartition des surfaces dans les bassins versants	7
Tableau 3 : Temps de concentration décennal des bassins versants.....	9
Tableau 4 : Caractéristiques et débits de pointe issus du bassin versant BV _{Vallon}	10
Tableau 5 : Caractéristiques et débits de pointe issus du bassin versant BV _{Nord}	11
Tableau 6 : Caractéristiques et débits de pointe issus du bassin versant BV _{Sud}	11
Tableau 7 : Résultats de la modélisation hydraulique pour une période de retour T = 100 ans.....	16
Tableau 8 : Calcul des hauteurs d’eau provenant des bassins versants BV _{Nord} et BV _{Sud}	21

1. AVANT PROPOS

Dans le cadre de la création d’un lotissement situé dans le quartier du Monge sur la commune d’OPIO, traversé par le vallon de la Font d’Opio, l’exposition de ce projet aux crues de ce cours d’eau doit être vérifiée.

Le diagnostic de l’inondabilité du quartier du Monge porte sur un secteur intégrant à l’amont les lieudits « Le Monge » et « La Font d’Opio » limité par le chemin du Siaresq et le chemin du Village au Sud et la RD3 à l’Est (limite aval du secteur d’étude).

L’objectif recherché est de définir pour l’état actuel les aléas hauteurs et vitesses dans le champ d’expansion de la crue à l’intérieur du secteur d’étude.

La société DIRECT INVESTISSEMENT a missionné la société Eau et Perspectives pour réaliser les études hydrologiques et hydrauliques afin de connaître l’exposition du terrain aux débordements du vallon de la Font d’Opio.

2. SITUATION GEOGRAPHIQUE – CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les terrains du projet se situent au Nord-Est de la commune d’Opio, en contrebas du village d’Opio. L’accès du site se fait par une voie donnant sur la RD3 à proximité d’un garage automobile Peugeot.

Les terrains du projet sont cadastrés en section OA sous les numéros 471, 479, 484, 485, 486, 709 et 1.101 pour une superficie d’environ 16.200 m²

Le projet concerne la réalisation d’un lotissement de part et d’autre du vallon traversant le site. Le vallon d’axe nord-ouest/sud-est rejoint la Brague au-delà de la RD3.

Le vallon traversant les terrains du projet est répertorié en tant que cours d’eau d’après la cartographie des cours d’eau de la DDTM 06.

D’après la carte géologique de la France Feuille GRASSE / CANNES au 1/50.000 (BRGM), le terrain repose sur les formations géologiques du Keuper (t₃, voir le contexte géologique en figure 2).

Cet étage d’une épaisseur d’une centaine de mètres est constitué à sa base d’une alternance de dolomies et de marnes surmontée par un ensemble argilo-marneux versicolore emballant des masses de dolomie, de cargneules ou de gypses.

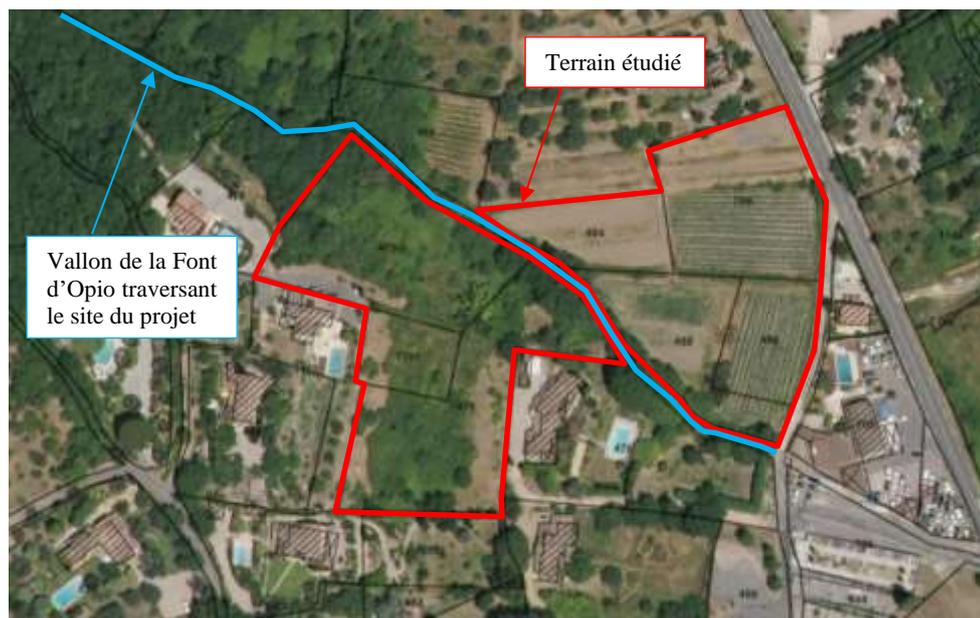
A la surface du terrain, les colluvions quaternaires se présentent sous la forme d’un sol argileux à cailloutis centimétriques à décimétriques.

Le terrain n’est concerné par aucun périmètre de protection de captage d’Alimentation en Eau Potable.

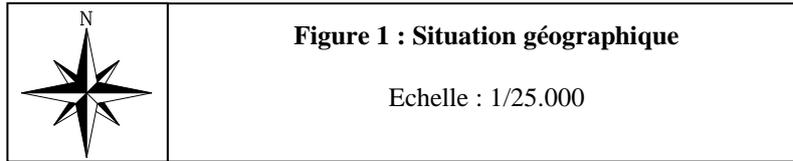
DEMANDEUR : DIRECT INVESTISSEMENT

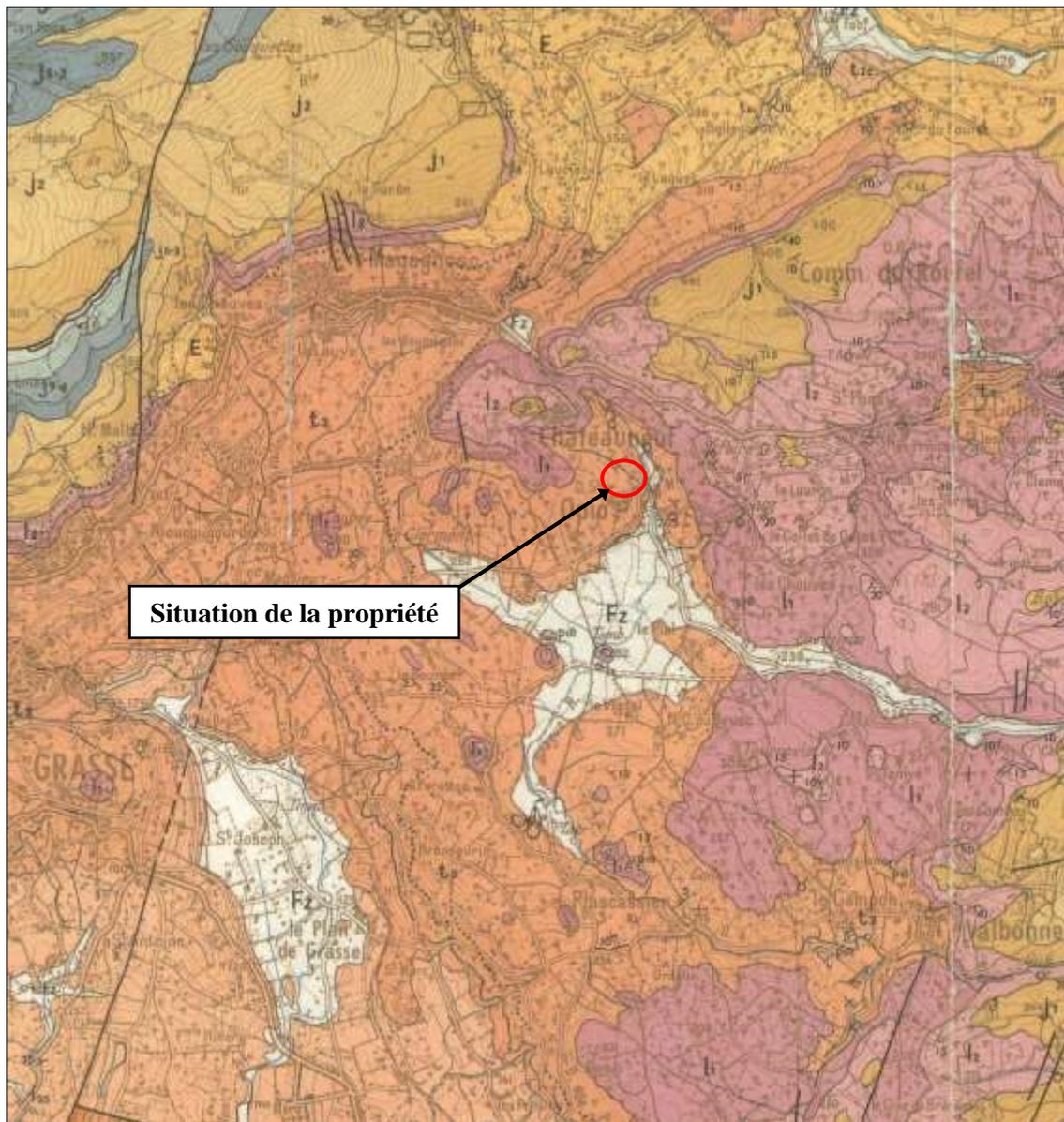
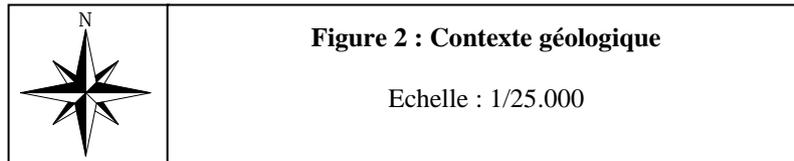
PROJET : Projet de lotissement « Le Monge » à Opio

OBJET : Etude hydrologique et hydraulique – Exposition du quartier du Monge aux crues du vallon de la Font d’Opio



Photographie : Vue satellite du site





3. HYDROCLIMATOLOGIE

Les précipitations se caractérisent par une relation reliant les paramètres suivants : hauteur précipitée durant l’averse, durée de l’averse, fréquence de l’averse. Ces paramètres sont reportés sur des courbes hauteur/durée/fréquence.

A fréquence d’apparition fixée, la précipitation qui donnera lieu au plus fort débit à l’exutoire du bassin versant sera celle dont la durée sera proche du temps de concentration de ce bassin versant. Le temps de concentration correspond au temps que mettra le ruissellement pour aboutir à l’exutoire du bassin versant depuis le point qui en est le plus éloigné.

Les précipitations de projet sur lesquelles nous réaliserons nos simulations hydrologiques seront comprises entre 6 minutes et 24 heures. Les traitements statistiques ont été effectués sur les données pluviographiques de la station de NICE sur la période 1966-2012.

Les intensités précipitées peuvent être abordées selon la formule de Montana qui exprime pour une période de retour donnée, la relation reliant l’intensité des précipitations au pas de temps d’enregistrement des données pluviométriques :

$$I = a.t^{-b}$$

I = Intensité de la précipitation correspondant au pas de temps (mm/mn)

t = pas de temps en minutes.

Dans cette formulation en hauteur d’eau de la formule de Montana, les coefficients a et b pour des temps de concentration de 6 à 60 mn et de 60 à 360 mn sont les suivants :

Station de NICE (06) – Période 1966 – 2012		
Pluies de durée 6 à 60 minutes		
Période de retour T	Coefficients de Montana	
	a	b
5 ans	4,765	0,456
10 ans	5,417	0,449
20 ans	5,991	0,440
30 ans	6,311	0,434
50 ans	6,685	0,427
100 ans	7,184	0,417

Tableau 1 : Coefficients de Montana pour des pluies de durées 6 à 60 minutes (Station de NICE pour les périodes 1966-2012)

Ces valeurs seront utilisées dans les calages hydrologiques effectués selon la méthode rationnelle.

4. HYDROLOGIE DES BASSINS VERSANTS A L’ETAT ACTUEL

4.1. CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS DU VALLON

Superficie du bassin versant du vallon au droit du terrain étudié :

La découpe du bassin versant du vallon de la Font d’Opio traversant le terrain du projet, au droit des parcelles, nommé BV_{vallon} est présentée en figures 3 et 4.

Cette découpe a été réalisée à partir de la carte IGN, la carte satellite et des observations réalisées sur le terrain.

Le vallon au droit du projet draine un bassin versant réparti entre zones semi urbanisé et grandes surfaces boisées.

La superficie du bassin versant drainée par le vallon au droit du terrain est d’environ 38,9 ha.

Le bassin versant est constitué de :

- 85 % d’espaces boisés naturels
- 15 % de surfaces imperméabilisées.

La particularité de ce bassin versant est sa forme allongée d’Ouest en Est présentant un axe d’écoulement à forte pente en son centre, impliquant un faible temps de concentration.

Une sous découpe du bassin versant BV_{vallon} a été réalisée afin de déterminer localement au droit des futurs aménagement les débits provenant latéralement des versants aboutissant sur le projet. Ces bassins versants sont nommés BV_{Nord} et BV_{Sud}.

Le bassin versant BV_{vallon} intègre les superficies des bassins versants BV_{Sud} et BV_{Nord}.

Les superficies du bassin versant du vallon de la font d’Opio, nommé BV sont détaillées dans le tableau suivant :

	BV_{vallon}	BV_{Nord}	BV_{Sud}
Surface totale (m²)	398.700	12.980	26.400
Surface imperméabilisée (m²)	60.000	300	6.600
Surface naturelle (m²)	338.700	12.680	19.800

Tableau 2 : Répartition des surfaces dans les bassins versants

Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement sur l’ensemble du bassin versant a été pondéré suivant les coefficients de ruissellement des zones boisées ou partiellement urbanisées.

Le coefficient de ruissellement décennal est tabulé dans le Guide Technique de l’Assainissement Routier (G.T.A.R.) de 2006, selon les paramètres suivants :

Pour les espaces boisés :

- Terrain limoneux.
- Pente moyenne entre 5 et 10 %.
- Couverture végétale boisé.

Le coefficient de ruissellement instantané décennal des espaces boisés est de $C_{10\text{ nat}} = 0,35$.

Pour les espaces urbanisés :

- Terrain limoneux.
- Pente moyenne < 5 %.
- Couverture végétale pâturage.

Le coefficient de ruissellement instantané décennal des espaces boisés du est de $C_{10\text{ nat}} = 0,30$.

Le coefficient de ruissellement instantané décennal moyen retenu pour l’ensemble des bassins versants sont les suivant :

- BV_{vallon} est de $C_{10\text{ nat}} = 0,34$
- BV_{nord} est de $C_{10\text{ nat}} = 0,35$
- BV_{sud} est de $C_{10\text{ nat}} = 0,34$

La valeur du coefficient de ruissellement naturel croît avec l’intensité de la précipitation pour les périodes de retour supérieures à $T = 10$ ans.

La variabilité du coefficient de ruissellement naturel est fonction de la rétention initiale P_0 du bassin versant.

Pour $C_{10\text{ nat}} \geq 0,80$, on a : $P_0 = 0$ et $C_{T\text{ nat}} = C_{10\text{ nat}}$

Pour $C_{10\text{ nat}} < 0,80$, on a : $P_0 = \left(1 - \frac{C_{10\text{ nat}}}{0,8}\right) \times P_{10}$

et

$$C_{T\text{ nat}} = 0,8 \times \left(1 - \frac{P_0}{P_T}\right)$$

avec :

P_0 = Rétention initiale (mm)

P_{10} = Hauteur de la pluie journalière décennale (mm)

P_T = Hauteur de la pluie journalière de période de retour T (mm)

Le coefficient de ruissellement des surfaces imperméabilisées est constant : $C_{\text{imp}} = 1$.

Ainsi, le coefficient de ruissellement global de l’ensemble du bassin versant pour une période de retour T est calculé au prorata des surfaces naturelles (S_{nat}) et des surfaces imperméabilisées (S_{imp}) :

$$C_T = \frac{(C_{T\text{ nat}} \times S_{\text{nat}}) + (C_{\text{imp}} \times S_{\text{imp}})}{S_{\text{total}}}$$

Temps de concentration

Le temps de concentration du bassin versant face à une précipitation décennale est approché au travers de la vitesse d’écoulement des ruissellements comme décrit dans le G.T.A.R. de 2006 :

$$t_{c10} = \frac{1}{60} \sum_j \frac{L_j}{V_j}$$

avec : t_{c10} = temps de concentration pour la période de retour décennale (minutes).
 L_j = longueur d’écoulement (en m) sur un tronçon où la vitesse d’écoulement est V_j (cheminement de pente constante).

Pour les zones de bassin versant à écoulement en nappe, les valeurs de vitesse sont établies par :

$$V = 1,4 \times p^{1/2}$$

avec : p = Pente en m/m
 V = Vitesse en m/s

Pour les zones de bassin versant à écoulement concentré, les valeurs de vitesses sont établies par :

$$V = k \times p^{1/2} \times R_h^{2/3}$$

avec : k = Coefficient de rugosité
 p = Pente en m/m
 R_h = Rayon hydraulique
 Les valeurs $k = 15$ et $R_h = 1$ sont généralement admises pour les études de faisabilité.

	BV		BV Nord	BV Sud
L_j et V_j	<u>Écoulement en nappe :</u> $L_1 = 580$ m $V_1 = 0,58$ m/s	<u>Écoulement concentré :</u> $L_2 = 830$ m $V_2 = 5,2$ m/s	<u>Écoulement en nappe :</u> $L_1 = 165$ m $V_1 = 0,62$ m/s	<u>Écoulement en nappe :</u> $L_1 = 240$ m $V_1 = 0,76$ m/s
t_{c10}	19 minutes		4 minutes	5 minutes

Tableau 3 : Temps de concentration décennal des bassins versants

Pour des périodes de retour supérieures à décennale, la valeur du temps de concentration est adaptée par :

$$t_{c(T)} = t_{c10} \left(\frac{P_{(T)} - P_0}{P_{10} - P_0} \right)^{-0,23}$$

Avec t_{c10} = Temps de concentration pour la période de retour décennale
 $t_{c(T)}$ = Temps de concentration pour la période de retour correspondante au calcul et supérieure à décennale
 $P_{(T)}$ = Pluie journalière de période de retour T, en mm
 P_0 = Rétention initiale, en mm



4.2. ESTIMATION DES DEBITS DE POINTE

Calcul du débit de pointe de période de retour $T \geq 10$ ans :

Le débit de pointe est défini au travers de la méthode rationnelle, valable jusqu’à 10 km² sur la façade méditerranéenne et répondant à la formulation suivante :

$$Q_T = C_T * I_T * A$$

Avec :

Q_T : Débit de période de retour T (m³/s)

C_T : Coefficient de ruissellement global du bassin versant.

I_T : Intensité pluviométrique de période de retour T pour le temps de concentration $t_{c(T)}$ (m/s).

A : Superficie du bassin versant (m²).

Calcul du débit de pointe de période de retour $T < 10$ ans :

Le passage du débit décennal à des débits de périodes de retour inférieures se fait au travers des coefficients multiplicateurs suivants :

$$Q_1 = 0,43 * Q_{10}$$

$$Q_2 = 0,57 * Q_{10}$$

Les caractéristiques et les débits de pointe issus du bassin versant BV sont reportés dans le tableau suivant :

P ₀ (mm)	tc ₁₀ (min)	C _{10 nat}	C _{imp}	S _{tot} (m ²)	S _{imp} (m ²)	S _{nat} (m ²)
67,1	19,0	0,34	1,00	398.700	60.000	338.700
T	P _{24h} (mm)	C _{T nat}	C _T	tc (min)	I (m/s)	Q (L/s)
1 an		0,15	0,28	19,0		1.813
2 ans		0,15	0,2	19,0		2.445
5 ans		0,34	0,44	19,0	2,07 10 ⁻⁰⁵	3.633
10 ans	116,7	0,34	0,44	19,0	2,41 10 ⁻⁰⁵	4.216
20 ans	133,1	0,40	0,49	17,8	2,81 10 ⁻⁰⁵	5.468
30 ans	143,2	0,43	0,51	17,2	3,06 10 ⁻⁰⁵	6.239
50 ans	156,5	0,46	0,54	16,6	3,36 10 ⁻⁰⁵	7.212
100 ans	175,5	0,49	0,57	15,9	3,78 10 ⁻⁰⁵	8.595

Tableau 4 : Caractéristiques et débits de pointe issus du bassin versant BV Vallon

Le coefficient de ruissellement centennal obtenu est de 0,57 ; soit selon le GTAR un débit centennal de **8,59 m³/s** pour le bassin versant du vallon au droit du projet.

P₀ (mm)	tc₁₀ (min)	C_{10 nat}	C_{imp}	S_{tot} (m²)	S_{imp} (m²)	S_{nat} (m²)
T	P_{24h} (mm)	C_{T nat}	C_T	tc (min)	I (m/s)	Q (L/s)
65,6	6,0	0,35	1,00	12.980	300	12.680
1 an		0,15	0,17	6,0		82
2 ans		0,15	0,17	6,0		111
5 ans		0,35	0,37	6,0	3,51 10 ⁻⁰⁵	166
10 ans	116,7	0,35	0,37	6,0	4,04 10 ⁻⁰⁵	191
20 ans	133,1	0,41	0,42	6,0	4,54 10 ⁻⁰⁵	247
30 ans	143,2	0,43	0,45	6,0	4,83 10 ⁻⁰⁵	280
50 ans	156,5	0,46	0,48	6,0	5,18 10 ⁻⁰⁵	321
100 ans	175,5	0,50	0,51	6,0	5,67 10 ⁻⁰⁵	377

Tableau 5 : Caractéristiques et débits de pointe issus du bassin versant BV Nord

P₀ (mm)	tc₁₀ (min)	C_{10 nat}	C_{imp}	S_{tot} (m²)	S_{imp} (m²)	S_{nat} (m²)
T	P_{24h} (mm)	C_{T nat}	C_T	tc (min)	I (m/s)	Q (L/s)
67,1	6,0	0,34	1,00	398.700	60.000	338.700
1 an		0,15	0,36	6,0		232
2 ans		0,15	0,36	6,0		312
5 ans		0,34	0,51	6,0	3,51 10 ⁻⁰⁵	468
10 ans	116,7	0,34	0,51	6,0	4,04 10 ⁻⁰⁵	538
20 ans	133,1	0,40	0,55	6,0	4,54 10 ⁻⁰⁵	656
30 ans	143,2	0,43	0,57	6,0	4,83 10 ⁻⁰⁵	726
50 ans	156,5	0,46	0,59	6,0	5,18 10 ⁻⁰⁵	811
100 ans	175,5	0,49	0,62	6,0	5,67 10 ⁻⁰⁵	929

Tableau 6 : Caractéristiques et débits de pointe issus du bassin versant BV Sud

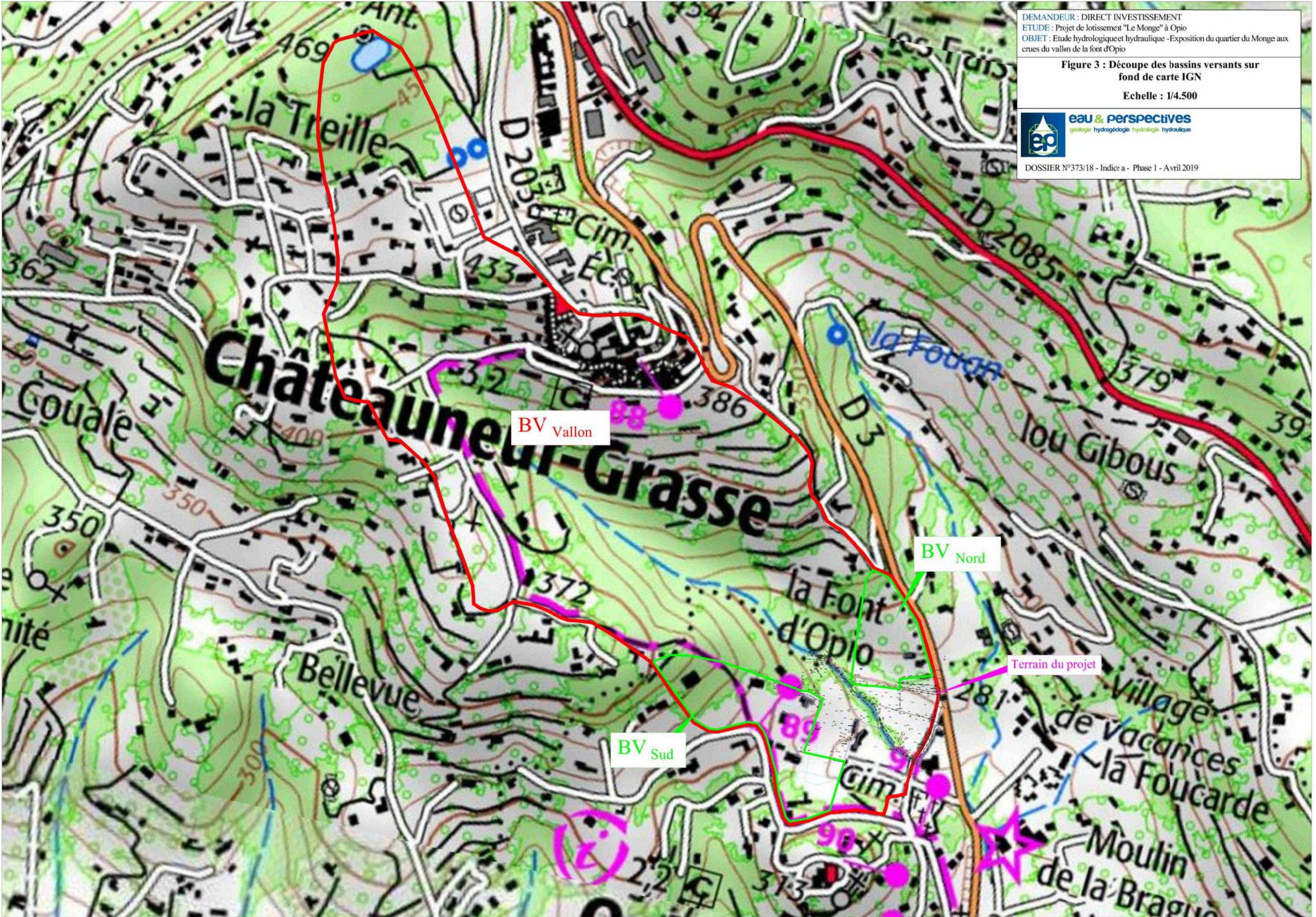
DEMANDEUR : DIRECT INVESTISSEMENT
ETUDE : Projet de lotissement "Le Monge" à Opio
OBJET : Etude hydrologique et hydraulique - Exposition du quartier du Monge aux crues du vallon de la font d'Opio

Figure 3 : Découpe des bassins versants sur fond de carte IGN

Echelle : 1/4.500



DOSSIER N°373/18 - Indices a - Phase 1 - Avril 2019



DEMANDEUR : DIRECT INVESTISSEMENT
ETUDE : Projet de lotissement "Le Monge" à Opio
OBJET : Etude hydrologique et hydraulique - Exposition du quartier du Monge aux crues du vallon de la font d'Opio

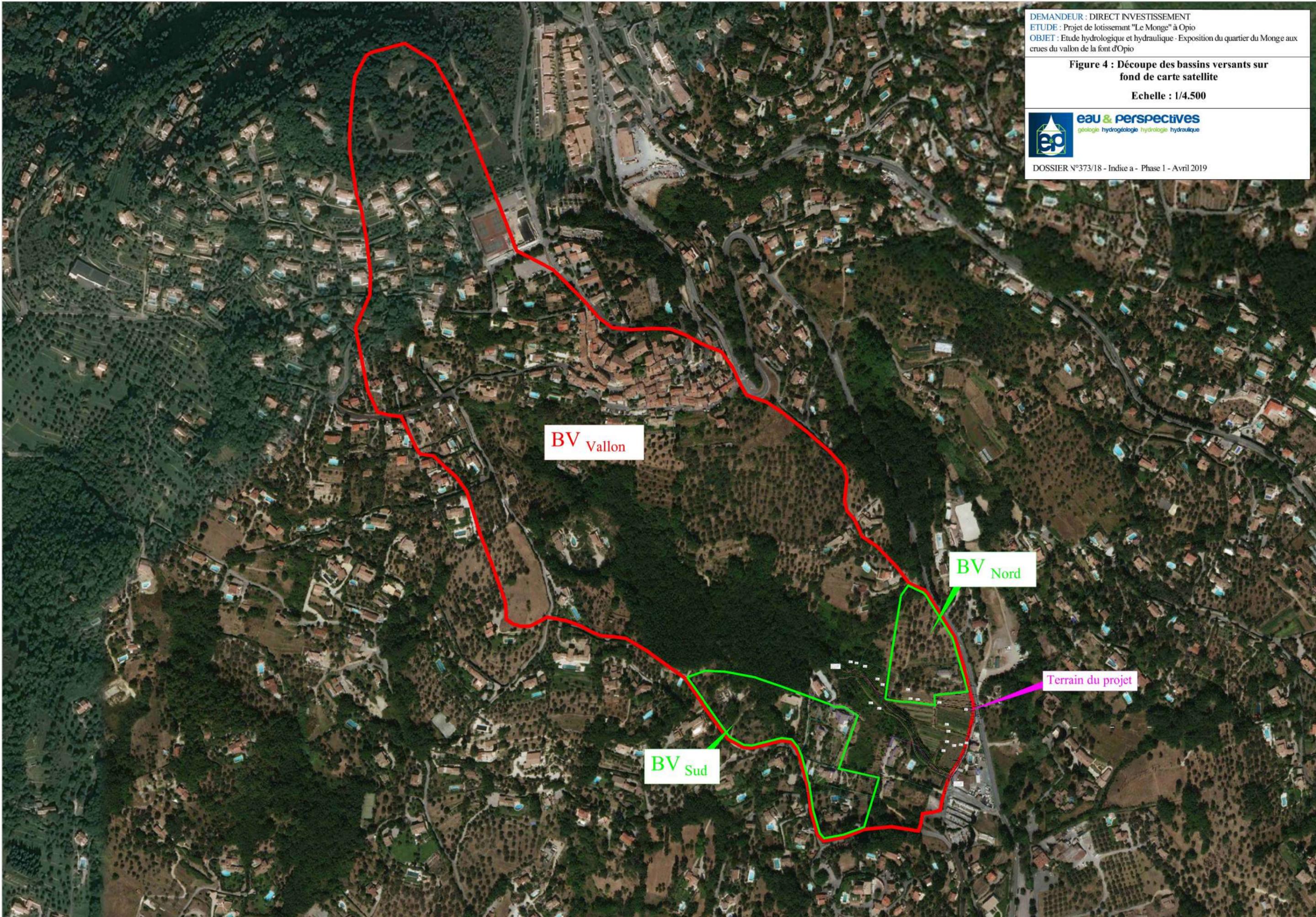
Figure 4 : Découpe des bassins versants sur fond de carte satellite

Echelle : 1/4.500



eau & perspectives
géologie hydrogéologie hydrologie hydraulique

DOSSIER N°373/18 - Indice a - Phase 1 - Avril 2019



4.3. APPROCHE DU DEBIT DU 3 OCTOBRE 2015

La carte Météo-France de lame d’eau provenant du radar ANTILOPE publiée dans le rapport final du Retour d’Expérience des inondations des 3 et 4 octobre 2015 dans les Alpes Maritimes présentant le cumul des précipitations en millimètres sera également utilisée afin de définir un débit de pointe adapté à cet événement. Cette carte est reportée en annexe 1.

Dans le secteur Grasse – Opio – Châteauneuf-Grasse la hauteur d’eau précipitée sur 1 heure est comprise entre 60 et 80 mm.

La hauteur précipitée retenue dans une approche sécuritaire sera donc de 80 mm pour 1 heure.

Le temps de concentration centennal du BV du vallon de la font d’Opio obtenu au travers du GTAR est $t_c (100 \text{ ans}) = 16$ minutes.

Les hauteurs d’eau cumulées mesurées sur un pas de temps 6 minutes par Météo-France le 3 octobre 2015 sont disponibles pour la station météo la plus proche, la station de Mandelieu-la-Napoule (Station 06079002 – Mandelieu la Napoule – alt. 104m).

D’après cette station la hauteur d’eau précipitée sur 1 heure est de 115,1 mm.

Ainsi entre le secteur d’Opio et la station de Mandelieu-la-Napoule, les précipitations n’ont pas été de même intensité, et présentent un rapport de 0,7 entre elles.

L’intensité retenue sur la station de Mandelieu-la-Napoule est l’intensité maximale cumulée sur la durée du temps de concentration du bassin versant, soit sur un pas de temps de 18 minutes (6 x 3), l’intensité retenue sur la station est de 45,9 mm.

Cette valeur, par un facteur de 0,7 est de 31,9 mm en 18 minutes dans le secteur d’Opio, soit une intensité pluviométrique calculée de $I_T = 2,95 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

L’intensité pluviométrique obtenue au travers de la méthode rationnelle est de $I_{100} = 3,78 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, soit une intensité pluviométrique plus importante que la pluie du 3 octobre 2015.

Dans une approche sécuritaire nous retenons le débit centennal obtenu par la méthode rationnelle, soit $Q_{100} = 8,59 \text{ m}^3/\text{s}$.

5. HYDRAULIQUE DU VALLON DE LA FONT D’OPIO

5.1. GEOMETRIE DU VALLON AU DROIT DU SECTEUR D’ETUDE

Le vallon de la Font d’Opio traversant les terrains de l’étude est intégralement à ciel ouvert dans ce secteur.

En aval du terrain, le vallon est busé en diamètre Ø 800 mm, en partie sous le parking du cimetière et sous le garage automobile, avant de rejoindre le vallon de la Brague

Le lit mineur du vallon est constitué de blocs plus ou moins grossiers.

Au droit du terrain étudié le vallon présente des ruptures de pente, correspondant à deux passages à gué. En aval, la rive gauche est plus basse topographiquement que la rive droite

5.2. CONSTRUCTION DU MODELE

Le logiciel de modélisation utilisé est HEC-RAS, développé par l’US Army Corps of Engineers. Il s’agit d’un modèle 1D filaire, nous avons fait fonctionner ce modèle en régime permanent graduellement varié.

Les simulations sont basées sur une représentation géométrique du vallon de la Font d’Opio, à partir du plan topographique du géomètre SARL Ange-Marie FLAUGNATI en date du 10 Avril 2018, ainsi que les observations de terrain. Les simulations sont également basées sur la détermination des coefficients de rugosité (coefficients de Manning-Strickler) permettant de rendre compte de la capacité d’écoulement des différents secteurs.

La représentation géométrique du vallon est composée de profils en travers établis sur la base des levés de géomètre.

Les numéros de profils correspondent à une distance métrique depuis le profil P000 situé à l’aval des simulations.

Un ouvrage hydraulique a été intégré au modèle. Il s’agit du vallon busé en aval immédiat des terrains étudiés. Le vallon de la Font d’Opio est busé dans sa partie aval, passant en partie sous le garage Peugeot et le parking du cimetière, puis traversant la route de Chateauneuf pour rejoindre la Brague. Cet ouvrage se situe entre le profil P000 et P086 (P000 = profil aval et P086 = profil amont).

Le débit centennal provenant du bassin versant de la Font d’Opio a été injecté au premier profil amont (profil P304).

Les caractéristiques hydrauliques adoptées pour la modélisation hydraulique sont les suivantes :

- Coefficients de Manning-Strickler :
 - Pour le fond du lit mineur du vallon k compris entre 15 et 20
 - Pour les berges du vallon naturelles k compris entre 15 et 20
 - Pour les espaces verts non entretenus k compris entre 20 et 25
 - Pour les espaces verts – jardin k compris entre 30 et 35
 - Pour les murs en pierres ou en enrochement k compris entre 40 et 50
 - Pour les murs maçonnés $k = 70$
 - Pour les voiries $k = 65$.
- Débit testé :
 - Débit généré par une pluie centennale du bassin versant, soit Q_{100} de BV 8,59 m³/s.

- Conditions aux limites : les hauteurs d’eau aux sections extrêmes sont les hauteurs critiques.
- Géométrie du vallon de la Font d’Opio modélisée : géométrie du lit mineur du vallon et des abords du vallon à l’état actuel
Les sections modélisées ont été calées d’après le plan topographique transmis ainsi que sur les observations faites sur le terrain.
- Linéaire modélisé : 304 mètres

5.3. RESULTATS DE LA MODELISATION HYDRAULIQUE

Une synthèse des résultats obtenus lors de la modélisation hydraulique du vallon traversant les terrains du projet est présentée en tableau 5. Les cotes données sont issues du référentiel du plan topographique transmis par le géomètre (m NGF).

La ligne d’énergie correspond à la hauteur augmentée de la dissipation d’énergie cinétique sur un obstacle ponctuel, autrement dit au niveau maximum que pourrait atteindre la hauteur d’eau en cas de rencontre avec un obstacle (embâcles, mur, pierre).

Profils	Fil d’eau du vallon (m NGF)	Ligne d’eau calculée (m NGF)	Ligne d’énergie (m NGF)	Vitesse dans le lit mineur (m/s)
P304	281,35	282,25	282,54	2,39
P292	279,98	280,94	281,70	3,87
P284	279,27	280,59	280,99	2,81
P262	278,66	279,62	279,78	1,75
P252	278,64	279,27	279,48	2,03
P233	277,57	278,57	278,75	2,47
P230	276,80	277,39	278,43	4,52
P223	276,68	277,34	277,58	2,16
P203	275,39	276,56	276,84	2,54
P195	274,83	275,84	276,43	3,64
P189	273,85	274,73	275,71	4,40
P175	273,72	274,49	274,63	1,79
P165	272,97	273,81	274,16	3,09
P154	272,19	273,44	273,65	2,18
P126	271,04	272,12	272,30	1,87
P115	270,52	271,65	271,97	2,53
P098	269,48	271,17	271,30	1,63
P092	269,22	270,79	271,19	2,81
P086	268,90	270,52	270,54	0,47
P000	266,40	267,42	267,57	1,86

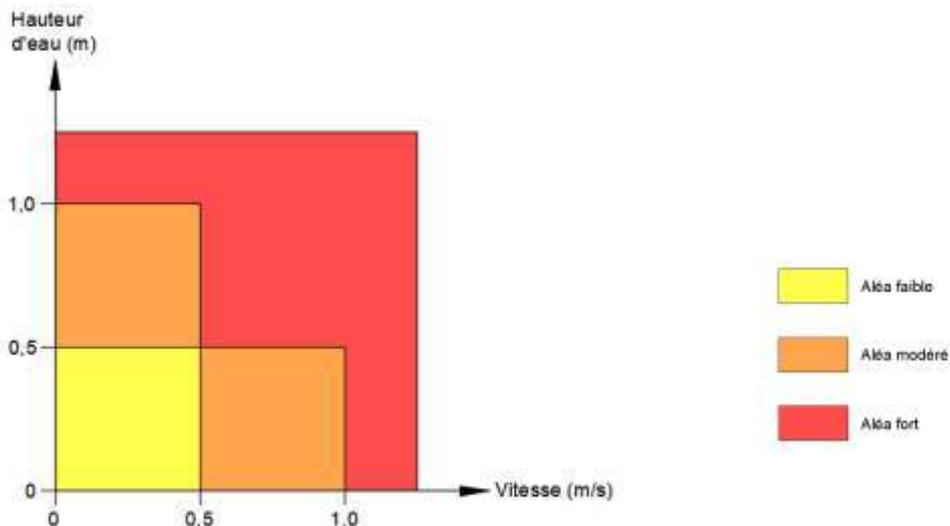
Tableau 7 : Résultats de la modélisation hydraulique pour une période de retour $T = 100$ ans

5.4. SYNTHESE DE LA MODELISATION

Les résultats des modélisations pour une crue d’une période de retour $T = 100$ ans ($8,59 \text{ m}^3/\text{s}$) sont présentés sur les figures 5, 6 et 7 correspondants respectivement à la carte des hauteurs d’eau, la carte des vitesses et la carte des aléas (croisement des hauteurs et des vitesses).

Les hauteurs d’eau retenues correspondent à la ligne d’eau calculée au travers de la modélisation hydraulique.

Le zonage retenu pour la définition des aléas (faible, modéré et fort) est basé sur la directive simplifiée appliquée dans les PPRI :



L’ouvrage busé, en aval immédiat du terrain du projet, conduit à des débordements en crue centennale avec des hauteurs d’eau de l’ordre de 0,70 m au niveau de la voie d’accès, au niveau du garage Peugeot se situant dans l’axe d’écoulement.

Les vitesses au niveau de cet ouvrage sont comprises entre 0,5 et 1,0 m/s.

Au droit des parcelles du projet, les débordements en crue centennale affectent essentiellement la rive gauche du vallon de la font d’Opio, celle-ci étant plus basse topographiquement que la rive droite.

Une partie des terrains en rive gauche sont inondables, les hauteurs d’eau sont comprises entre 0,20 et 0,50 m et couplées à des vitesses supérieures à 1,0 m/s.

Ces débordements sont dus aux deux passages successifs créant des chutes et des sections ne permettant pas le transit du débit centennal.

La figure 7 reporte le croisement des aléas hauteurs et vitesse (carte selon la grille d’établissement des aléas d’inondation des PPRI).

DEMANDEUR : DIRECT INVESTISSEMENT
 ETUDE : Projet de lotissement "Le Monge" à Opio
 OBJET : Etude hydrologique et hydraulique - Exposition du quartier du Monge aux crues du vallon de la font d'Opio

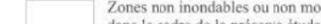
Figure 5 : Carte des hauteurs d'eau calculées et positions des profils en travers

Echelle : 1/700



DOSSIER N°373/18 - Indice a - Phase 1 - Avril 2019

Légende :

-  Profils
-  Axe du vallon
-  Zones non inondables ou non modélisées dans le cadre de la présente étude
-  Hauteurs d'eau inférieures à 0,50 m
-  Hauteurs d'eau comprises entre 0,50 et 1,00 m
-  Hauteurs d'eau supérieures à 1,00 m
-  Cote de crue

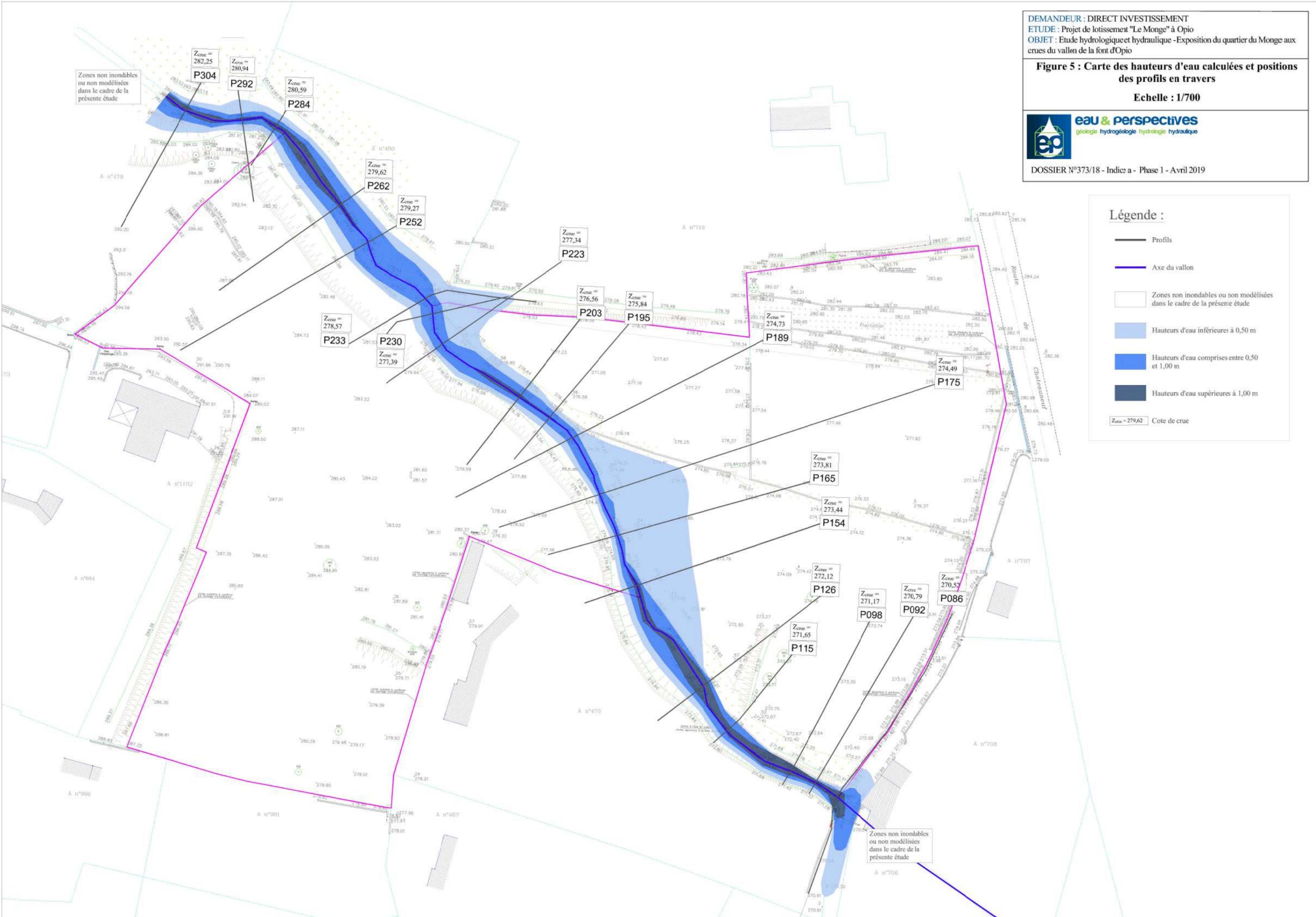


Figure 6 : Carte des vitesses

Echelle : 1/700



DOSSIER N°373/18 - Indice a - Phase 1 - Avril 2019

Légende :

-  Profils
-  Axe du vallon
-  Zones non inondables ou non modélisées dans le cadre de la présente étude
-  Vitesse 0 - 0,5 m/s
-  Vitesse 0,5 - 1 m/s
-  Vitesse supérieure à 1 m/s
-  Cote de crue



Zones non inondables ou non modélisées dans le cadre de la présente étude

Zones non inondables ou non modélisées dans le cadre de la présente étude

5.5. ÉCOULEMENT PROVENANT DES VERSANTS NORD ET SUD

Les débits centennaux provenant respectivement des bassins versants BV_{Nord} et BV_{Sud} au droit des aménagements projetés sont de 377 et 929 L/s.

La hauteur d’eau provenant des bassins versants au droit des aménagements projetés est calculé au travers de la formule de Manning-Strickler :

$$Q = k \cdot i^{1/2} \cdot S \cdot R_h^{2/3}$$

Et

$$R_h = \frac{S}{P}$$

$$P = L + 2h$$

$$S = L \cdot h$$

Avec :

- Q : débit provenant du bassin versant amont (m³/s)
- k : coefficient de Manning (k = 20 pour des terrains naturels)
- i : pente au droit des aménagements projetés (m/m)
- S : Section hydraulique (m²)
- R_h : Rayon hydraulique (m)
- P : Périmètre mouillé (m)
- L : Longueur au droit des aménagements projetés (m)
- h : Hauteur d’eau au droit des aménagements projetés (m)

	BV Nord	BV Sud
Q 100 ans (L/s)	377 L/s	929 L/s
K coefficient de manning	25	25
Pente de l’avenue du golf au droit des terrains du projet (m/m)	0,02 m/m	0.02 m/m
Longueur au droit des terrains étudiés (m)	100 m	70 m
Hauteur d’eau au droit des terrains étudiés (m)	0,02 m	0,04 m
Vitesse au droit des terrains étudiés (m/s)	0,26 m/s	0,34 m/s

Tableau 8 : Calcul des hauteurs d’eau provenant des bassins versants BV_{Nord} et BV_{Sud}

Au droit des aménagements projeté, la hauteur d’eau pouvant provenir des ruissellements des bassins versants BV_{Nord} et BV_{Sud} est de 2 à 4 cm pour des vitesses d’écoulement de moins de 0,50 m/s.

Ces résultats ne prennent pas en compte des axes d’écoulement préférentiels, localement ces valeurs peuvent être supérieures.

En appliquant les critères de délimitation de l’aléa inondation retenu dans l’établissement des PPR inondation (croisement des hauteurs et des vitesses, chapitre 5.4.), nous pouvons considérer que le terrain du projet au nord et au sud (hors débordement du vallon de la Font d’Opio) est soumis à un aléa faible du fait des hauteurs et des vitesses modérées.

5.6. SYNTHÈSE DES ÉCOULEMENTS AU DROIT DES TERRAINS ÉTUDIÉS

Les terrains étudiés sont soumis à un aléa inondation par deux types de phénomènes :

- La crue du vallon de la font d’Opio qui a été modélisée et cartographiée pour un évènement centennal
- Les ruissellements issus des bassins versant latéraux s’écoulant vers le projet.

Les terrains concernés par le risque de ruissellement provenant des bassins versants amont BV_{Nord} et BV_{Sud} sont classés en zone d’aléa faible (voire négligeable) du fait des faibles hauteurs d’eau calculées.

Les parcelles en rive gauche du vallon de la Font d’Opio sont en partie soumises à un aléa fort à modéré par débordement du vallon imputable aux passages à gué et localement entre le profil P175 à P154 à un rétrécissement de la section du vallon.

6. PROPOSITION D’AMÉNAGEMENT À L’ÉTAT PROJÉTÉ

6.1. PROPOSITION D’AMÉNAGEMENT DU VALLON

Afin de réduire l’emprise de la zone inondable sur le terrain du projet de lotissement, des aménagements du vallon sont envisageables.

Ces travaux relèveront d’une procédure de déclaration au titre des articles L.214-1 à L.241-6 du Code de l’Environnement.

Une modification du profil en long et en travers du vallon sur une longueur de 63 mètres est projetée entre les profils P189 et P12. Cette modification permet de réduire considérablement la zone inondable s’étalant sur le lit majeur en la contenant dans le lit mineur du vallon.

Cette modification porte sur un nettoyage et décapage des sédiments en fond de vallon sur une hauteur comprise entre 0,75 à 0,55 m pour les profils P175 à P154 et de rattraper le fil d’eau actuel de P189 à P175 et de P154 à P126.

Cette modification permet de régulariser la pente.

Le trait de berge de la rive gauche est déplacé en réalisant un élargissement de vallon en repoussant la berge par rapport à l’axe du vallon d’une distance de l’ordre de 1,50 à 0,90 m selon le profil de P175 à P154.

Cette modification est présentée en figure 8. Les profils en travers P175, P165 et P154 sont présentés en figure 9, permettant de comparer l’état actuel et l’état projeté.

Le passage à gué au niveau du profil P233 implique des débordements en rive gauche, il convient localement à ce profil de curer les sédiments en fond de vallon, afin de maintenir les écoulements dans le lit mineur et d’empêcher les défluences vers le lit majeur.

Cette modification de la section en travers portera sur un linéaire de 3 m.

La modification du profil en long et en travers du vallon permettant de maintenir les écoulements dans le lit mineur conduira à une augmentation de débit à l’aval, il sera nécessaire de mettre en place une mesure compensatoire, afin de ne pas augmenter le risque de submersion à l’aval (déjà présent à l’état actuel).

Le report de la berge de rive gauche vers l’intérieur des terrains devra être accompagné par des modalités de confortement de ces talus ainsi que l’avis d’un écologue concernant la possibilité d’arbres à abattre pour la réalisation de cette modification.

6.2. PRESCRIPTION DE PROTECTION DES AMENAGEMENTS PROJETES

Fossé de collecte :

Les ruissellements issus des bassins versants BV_{Nord} et BV_{Sud} seront collectés par l’intermédiaire de fossés trapézoïdaux permettant le transit des débits centennaux.

Ces fossés présenteront des pentes faible (possibilité de fractionnement des fossés par paliers) qui permettra un écrêtement avant que les ruissellements rejoignent le vallon de la Font d’Opio au travers des terrains du projet.

Les ouvrages de collecte de ces bassins versants seront entièrement réalisés à l’intérieur de la propriété.

Ces fossés de collecte devront faire l’objet d’un entretien régulier : coupe de la végétation, curage et l’enlèvement des branches.

Cote d’implantation des premiers niveaux aménageables des bâtiments :

La cote du premier niveau aménageable devra être portée au minimum à la cote de la ligne d’énergie (profil amont le plus proche) augmentée d’une revanche de 20 cm.

Figure 9 : Profil en long et profils en travers des aménagements projetés



Légende :

- Etat actuel
- Etat projeté

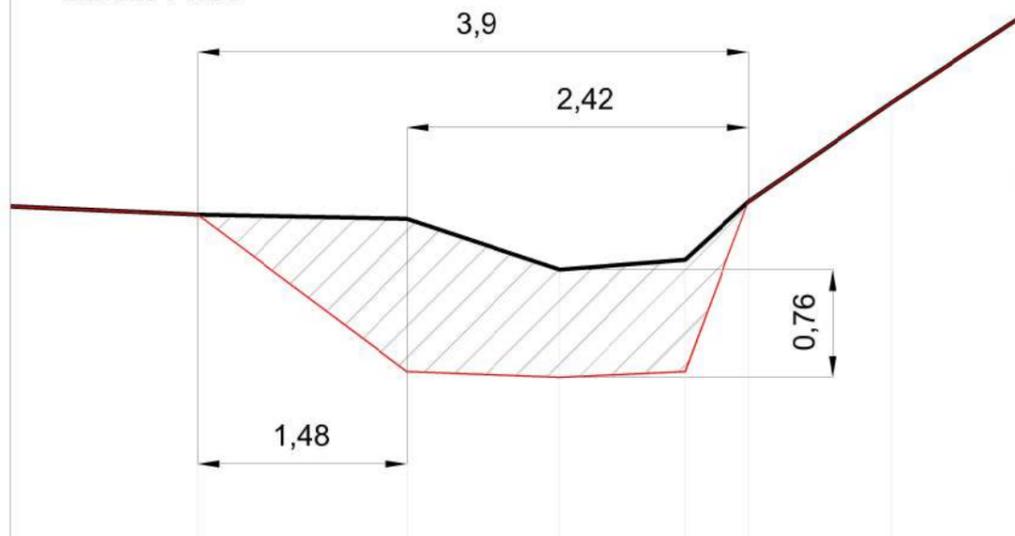
Profil en long

Echelle horizontale : 1/250
 Echelle verticale : 1/75



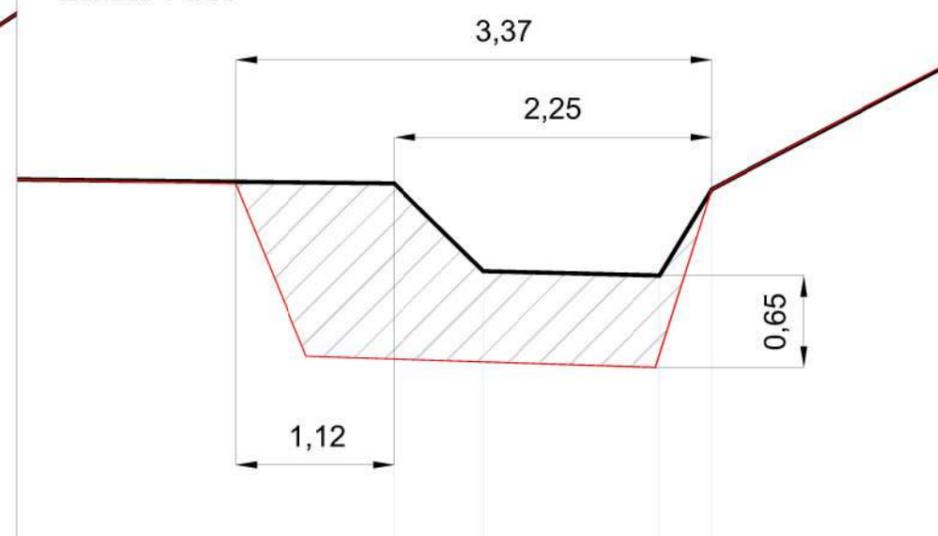
P175

Echelle : 1/50



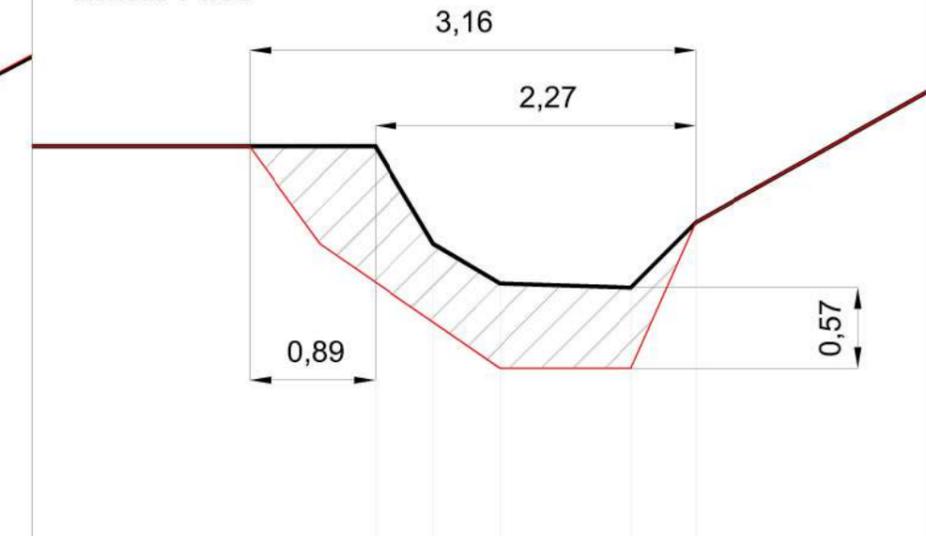
P165

Echelle : 1/50



P154

Echelle : 1/50



Annexe 1 : Cumul des précipitations en mm (analyse combinée des données Radar et des pluviomètres le 3 octobre 2015 entre 20h et 23h, données METEOFRACTANCE®)

Rapport final du Retour d’Expérience des Inondations des 3 et 4 octobre 2015 dans les Alpes- Maritimes

