



# Étude de l'aléa inondation du vallon du Moneghetti

Phase 1 : Analyse et fonctionnement des bassins versants, analyse hydrologique et analyse hydraulique, définition de l'aléa inondation- septembre 2023

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	CONTROLÉ(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
A	Rédaction	SN	FC	FC	Octobre 2023

SMIAGE Maralpin - Direction Ingénierie & Travaux  
147 boulevard du Mercantour CS 23182 06204 NICE Cedex 3 - TEL : 04.89.08.96.50

<b>CONTEXTE, OBJECTIFS ET PERIMETRE DE L'ETUDE</b>	<b>2</b>
<b>1.1. CONTEXTE</b>	<b>2</b>
<b>1.2. ETAT DES LIEUX</b>	<b>2</b>
1.2.1. ALEAS GRAVITAIRES :	2
1.2.2. RISQUE D'INONDATION :	2
<b>1.3. OBJECTIFS DU PROGRAMME</b>	<b>2</b>
<b>1.4. PERIMETRE</b>	<b>3</b>
<b>1.5. PHASAGE DE L'ETUDE</b>	<b>3</b>
<b>1.6. OBJET DU RAPPORT</b>	<b>3</b>
<b>2. CONNAISSANCE DU FONCTIONNEMENT DU BASSIN VERSANT ET ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES</b>	<b>3</b>
<b>2.1. SYNTHESE DES DONNEES EXISTANTES</b>	<b>3</b>
<b>2.2. INFORMATIONS SUR LES CRUES HISTORIQUES</b>	<b>4</b>
<b>2.3. DONNEES TOPOGRAPHIQUES</b>	<b>4</b>
<b>3. QU'EST-CE QUE L'ALEA INONDATION ?</b>	<b>5</b>
<b>3.1. GENERALITES</b>	<b>5</b>
3.1.1. L'INONDATION	5
3.1.2. DEPLACEMENT DES PERSONNES DANS L'EAU	6
<b>3.2. L'ETUDE DES ALEAS</b>	<b>7</b>
<b>4. ANALYSE HYDROLOGIQUE ET DETERMINATION DES DEBITS DE REFERENCES</b>	<b>7</b>
<b>4.1. ANALYSE DE LA PLUVIOMETRIE</b>	<b>7</b>
<b>4.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS</b>	<b>8</b>
<b>4.3. DEBITS DE REFERENCE</b>	<b>8</b>
<b>4.4. HYDROGRAMME DE CRUE</b>	<b>9</b>
<b>5. ETUDE HYDRAULIQUE</b>	<b>9</b>
<b>5.1. METHODOLOGIE GENERALE</b>	<b>9</b>
5.1.1. PRINCIPE	9
5.1.2. CALAGE DES MODELES	10
5.1.3. HYPOTHESES DE CALCUL POUR LA CRUE DE REFERENCE	10
5.1.4. ZONE D'ETUDE	10
<b>5.2. CARACTERISTIQUE HYDRAULIQUE</b>	<b>11</b>
<b>6. CARTOGRAPHIE DU RISQUE D'INONDATION</b>	<b>17</b>
<b>6.1. METHODE DE CLASSIFICATION DE L'ALEA</b>	<b>17</b>
6.1.1. PRINCIPE DE BASE	17
6.1.2. LES HAUTEURS D'EAU	18
6.1.3. LES VITESSES D'ECOULEMENT	18
6.1.4. GRILLE D'ALEAS	18
<b>6.2. INTERPRETATION DE L'ALEA</b>	<b>19</b>

## **CONTEXTE, OBJECTIFS ET PERIMETRE DE L'ETUDE**

### **1.1. CONTEXTE**

À la suite du courrier du 17 février 2022 du SMIAGE informant les communes d'une mission complémentaire et optionnelle relative aux aléas gravitaires (mouvements de terrain, éboulements, laves torrentielles et avalanches), la commune de Beausoleil a souhaité bénéficier de cet accompagnement par courrier du 4 juillet 2022. Une visite de terrain a été réalisée le 25 octobre 2022, en présence du directeur des services techniques, Antonio FORTE ainsi que du responsable juridique de la commune.

### **1.2. ETAT DES LIEUX**

#### **1.2.1. Aléas gravitaires :**

La commune de Beausoleil est soumise à un PPR mouvement de terrain datant de 2001. Le PPR prescrit la mise en place d'un entretien régulier des ouvrages de protection contre les risques de mouvements de terrain. Il recommande la réalisation de travaux et d'ouvrages destinés à réduire les risques ou leurs conséquences (techniques passives et actives).

Selon la commune le secteur du vallon de la Rousse est soumis à un glissement de terrain qu'il conviendrait d'expertiser et de suivre.



Figure 1 : Plan de zonage du PPR Mouvement de terrain de la commune de Beausoleil (2001)

#### **1.2.2. Risque d'inondation :**

A ce jour, aucun PPR inondation n'est présent sur le secteur.

Il est nécessaire de capitaliser l'ensemble de l'historique des vallons présents sur son territoire. La commune aurait besoin d'un recensement cartographique et bibliographique sur le sujet. Les vallons des Moneghetti, de la Rousse et de la Noix sont concernés :

- Etude hydraulique et sédimentaire sur chacun des vallons communaux ;
- Etat et capacité des ouvrages hydrauliques : busages, pièges à embâcles, bassins ;
- Identification de potentielles problématiques (rejets, eaux usées, risque d'embâcles...) et des moyens à mettre en œuvre afin de réduire les risques (ex : plans de gestion, programme d'actions structurelles ...).

### **1.3. OBJECTIFS DU PROGRAMME**

Dans le cadre de la révision du PLU de la commune de Beausoleil et pour donner suite à la demande de la DDTM 06, la CARF a confié au SMIAGE l'établissement des principes de prise en compte de l'aléa Inondation dans le zonage réglementaire du PLU de la commune relatif au vallon des Moneghetti.

## 1.4. PERIMETRE



Figure 2 : situation Projet (extrait carte IGN)

## 1.5. PHASAGE DE L'ETUDE

Le déroulement des prestations concerne l'analyse du fonctionnement du bassin versant et la cartographie de l'aléa. Elle est décomposée en 3 phases :

- **Phase 1 - Etude de l'aléa inondation :**
  - Analyse et fonctionnement des bassins versants (recensement des petits vallons côtiers à étudier au-delà des cours d'eau principaux ; constitution d'une base documentaire et analyse des données historiques ; enquête et étude de terrain ; synthèse des données topographiques existantes ; définition des travaux topographiques éventuellement nécessaires en complément pour réaliser les modélisations) ;
  - Analyse hydrologique ;
  - Modélisation et mise en œuvre des modèles hydrauliques ;
  - Cartographie des aléas inondations.
- **Phase 2 : l'étude hydraulique des projets d'aménagement connus**
- **Phase 3 : proposition d'ouvrage de réduction des aléas**

## 1.6. OBJET DU RAPPORT

L'objet de ce rapport de phase 1 est de présenter l'analyse et le fonctionnement des bassins versants ainsi que l'analyse hydrologique et la réalisation de la cartographie de l'aléa inondation.

## 2. CONNAISSANCE DU FONCTIONNEMENT DU BASSIN VERSANT ET ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES

### 2.1. SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANTES

Une analyse des études existantes a été menée sur le vallon du Moneghetti situé sur la commune de Beausoleil. Il en ressort peu de données concernant à la fois les méthodes utilisées et les résultats obtenus. Cependant, les résultats sont cohérents vis-à-vis du bassin versant de ce vallon.

Par ailleurs, le vallon draine une zone conséquente, avec localement de forte pente en amont. L'anthropisation du cours d'eau se retrouve essentiellement dans la partie aval du BV avec des passages souterrains.

La problématique majeure dans ce cas est le transport de matériaux (flottant, charriage, matériaux anthropiques). Pour contrer ces phénomènes, des ouvrages de type piège à matériaux sont présents à divers endroits stratégiques. Ces ouvrages associés à un entretien régulier du cours d'eau permettent de favoriser un bon écoulement du vallon dans son lit.



Figure 3 : contours du Bassin versant du vallon du Monégghetti

## 2.2. INFORMATIONS SUR LES CRUES HISTORIQUES

L'historique de crue est peu fourni. Le dernier évènement majeur connu s'est produit en 2009. Le RETEX de cet évènement attribue la majorité des débordements à un défaut d'entretien engendrant ainsi une obstruction partielle, voire totale, des ouvrages souterrains, avec comme conséquence immédiate des débordements.

## 2.3. DONNEES TOPOGRAPHIQUES

L'étude hydraulique du cours d'eau modélisé dans le cadre de la détermination de l'aléa s'appuie sur différents relevés topographiques. Les données topographiques utilisées pour la construction de l'outil de modélisation sont :

- Zone de débordement supposée à Beausoleil : relevé LIDAR, IGN RGE ;
- Vallons du Moneghetti : relevé LIDAR ATM 2023.

### **3. QU'EST-CE QUE L'ALEA INONDATION ?**

#### **3.1. GENERALITES**

L'aléa se définit comme la probabilité d'occurrence (c'est-à-dire de la survenance) d'un phénomène naturel.

Dans le cadre d'un PPR inondation, on qualifie l'aléa en fonction de ses principales caractéristiques physiques, que sont les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau.

##### **3.1.1. L'inondation**

C'est la propagation d'un débit supérieur à celui que peut contenir le lit mineur (lit habituel) du cours d'eau.

L'eau déborde et s'étend sur le lit majeur (lit du cours d'eau en crue).

L'inondation est généralement due à une crue, c'est-à-dire à une augmentation (lente ou rapide) et temporaire du débit d'un cours d'eau, mais elle peut présenter d'autres types de débordements : remontées de nappes, ruissellements, ruptures d'ouvrages de protection...

Cette augmentation est le produit d'un ensemble de facteurs : le type de précipitations, le temps de concentration des eaux, la géomorphologie du bassin versant.

Les schémas ci-après présentent une inondation par débordement direct (submersion au-delà des berges).



Figure 4 : cours d'eau en situation ordinaire (Source : MEDD-DPPR).



Figure 5 : cours d'eau en cas d'inondation (Source : MEDD-DPPR)

### 3.1.2. Déplacement des personnes dans l'eau

Le graphique ci-dessous reprend les conclusions d'une étude relative aux déplacements des personnes dans l'eau. Ce document met en évidence les problèmes de protection des personnes en cas de crue.

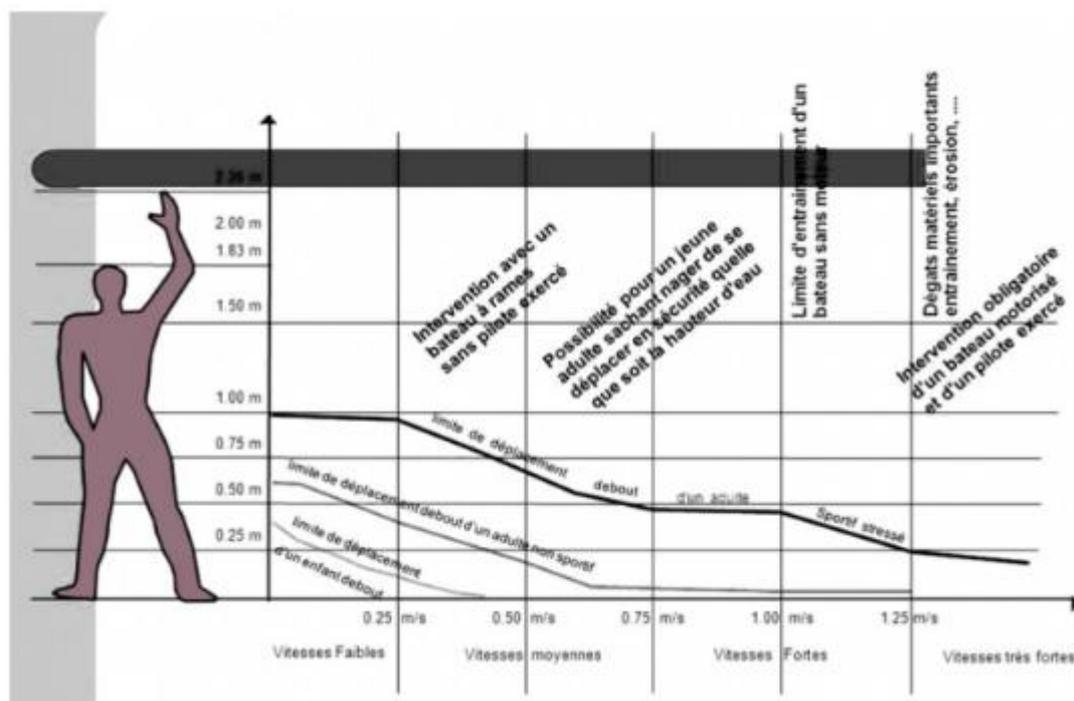


Figure 6 : mobilité en terrain inondé en fonction de la vitesse et de la hauteur d'eau (Source : DDTM 13)

On s'aperçoit que :

- Pour un enfant, au-delà de 0,25 (0,25 m pour la hauteur et 0,25 m/s pour la vitesse), il lui est quasiment impossible de rester debout ;
- Pour un adulte non sportif, ces valeurs sont portées à 0,50 (0,50 m pour la hauteur et 0,50 m/s pour la vitesse) ;
- Pour un adulte sportif (stressé), il lui est difficile de rester debout au-delà de vitesses fortes (vitesse supérieure à 1,25 m/s).

### 3.2. L'ETUDE DES ALEAS

Les deux principaux objectifs sont les suivants :

- Situer et évaluer l'aléa inondation d'un cours d'eau ;
- Établir une cartographie précise de cet aléa.

L'étude consiste donc à déterminer :

- Le fonctionnement du bassin versant ;
- Les caractéristiques des crues historiques.

## 4. ANALYSE HYDROLOGIQUE ET DETERMINATION DES DEBITS DE REFERENCES

L'analyse hydrologique a pour objectif de caractériser le fonctionnement des bassins versants et de définir pour chaque cours d'eau le débit de référence. On rappelle que :

- Le débit de référence est le débit le plus fort observé ou le débit centennal si celui-ci est plus important ;
- Le débit centennal est le débit ayant une chance sur 100 de se produire chaque année.

Ces débits sont ensuite injectés dans les modèles hydrauliques afin de déterminer les emprises inondables et plus généralement l'aléa inondation sur le territoire.

Dans le cadre de l'élaboration des PPRi sur Beausoleil, l'analyse s'est portée sur un secteur prenant en compte la totalité du linéaire hydrographique faisant l'objet de l'élaboration :

- Le vallon du Moneghetti ;

### 4.1. ANALYSE DE LA PLUVIOMETRIE

Les données issues du travail de J.P Laborde en 2003 montre que la pluie journalière décennale sur les côtières de l'est du département des Alpes-Maritimes sont de l'ordre de 120 mm. Ce travail a été réalisé sur l'observation de précipitations ponctuelles entre 1930 et 2000.

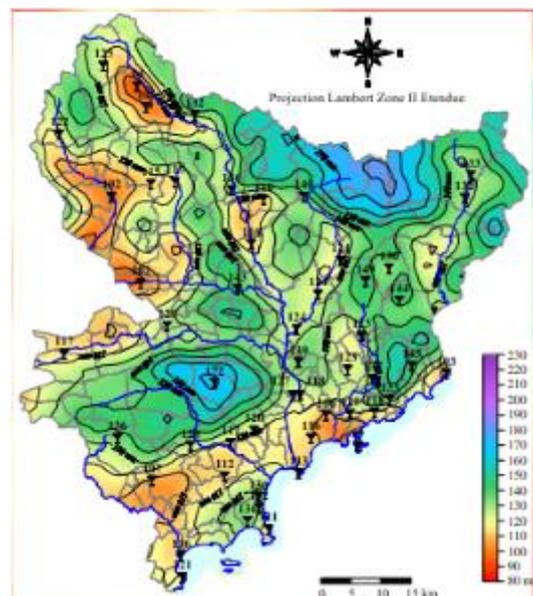


Figure 7 : précipitations journalières décennales. d'après Laborde 2003.

Ce travail a été mis à jour en 2021 dans le cadre de la thèse de Sarah Vigoureux (en cours d'élaboration au SMIAGE). Dans ce travail réalisé sur l'étude des pluies sur une période longue de 1997 à 2020. Les valeurs de pluies caractéristiques sont similaires sur le secteur.

Ainsi, il n'y a pas d'évolution de la pluviométrie sur le secteur d'étude.

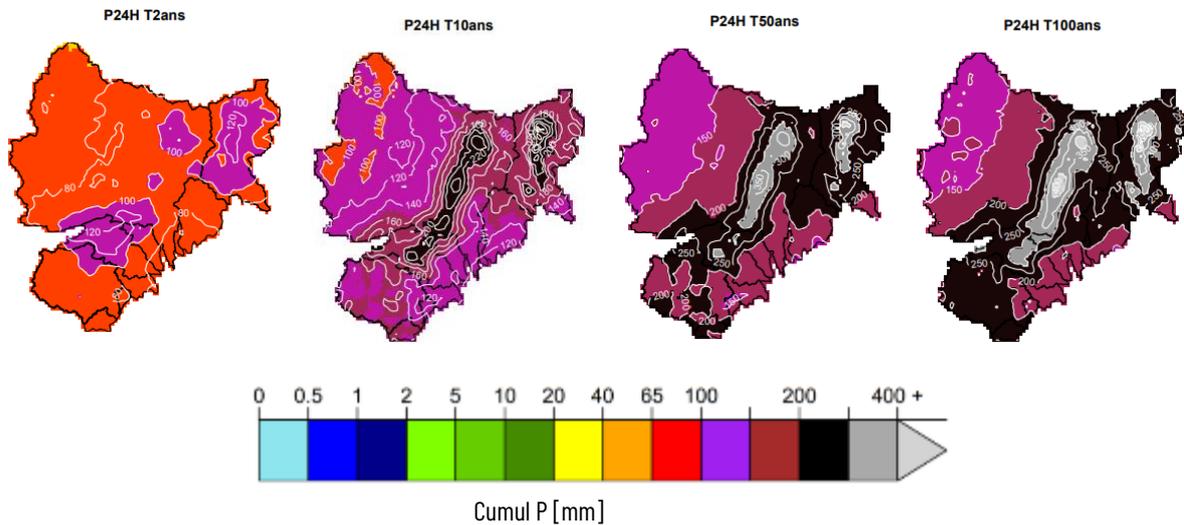


Figure 8 : précipitations journalières de période de retour 2, 10,50 et 100 ans sur la Côte d'Azur (en haut) et sur les Alpes-Maritimes (en bas). Issue de S. Vigoureux 2021

#### 4.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES BASSINS VERSANTS

Les caractéristiques du BV du Monéghetti sont présentées dans Tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques du BV de la Théoulière.

Cours d'eau	Surface (km <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Pente (%)	Tc (min)	PJ 10 (mm)	PJ100 (mm)
Moneghetti	1.6	1587	13 %	47	120	180

#### 4.3. DEBITS DE REFERENCE

Dans une étude du Schéma directeur d'assainissement et du zonage du bassin versant de Monaco réalisée par Safège en 2005, il est montré que le débit centennal est de 28.3 m<sup>3</sup>/s.

Sur la base des données de pluie, avec l'utilisation de la méthode CRUPEDIX associée à la méthode du GRADEX progressif, développée par le CEMAGREF de LYON, la valeur du débit centennal a été recalculée. Il a été obtenu une valeur de 27 m<sup>3</sup>/s.

Cette valeur est cohérente avec la valeur de 2005 précédemment connue.

Les valeurs de débit pour une fréquence centennale fournissent une estimation du débit liquide et seront donc retenues dans la suite de l'étude :

Cours d'eau	Q100
Moneghetti	28.3 m <sup>3</sup> /s

#### 4.4. HYDROGRAMME DE CRUE

Il n'existe pas d'historique de crues permettant de caler les hydrogrammes de la crue de référence. Dans ces conditions, il est retenu la mise en œuvre de la formule empirique de l'Hydrogramme Unitaire du CETEGREF généralisée par Lavabre en 1997 :

$$Q(t) = Qp * \frac{2 * \left(\frac{t}{t_m}\right)^\alpha}{1 + \left(\frac{t}{t_m}\right)^{2\alpha}}$$

Avec  $\alpha$ , paramètre de forme de l'hydrogramme fixé à 4 et  $t_m$  le temps de montée [min]. La valeur du temps de montée est comparable à celle de la durée de crue D (d'après Galéa et al., 1991).

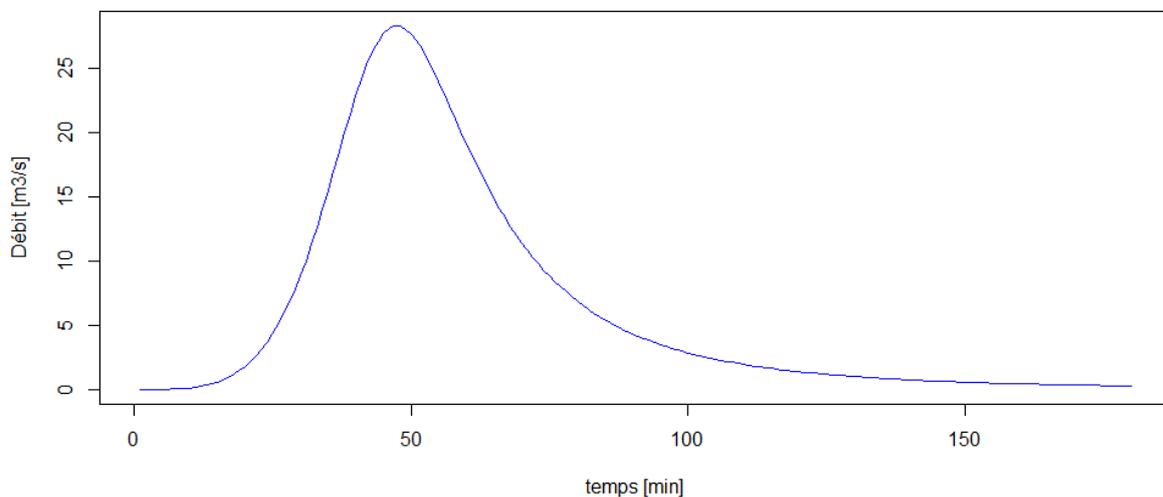


Figure 9 : hydrogramme Q100.

### 5. ETUDE HYDRAULIQUE

#### 5.1. METHODOLOGIE GENERALE

##### 5.1.1. Principe

La modélisation hydraulique a pour but de déterminer la dynamique des écoulements et ainsi de traduire les débits calculés dans la phase d'hydrologie en hauteurs d'eau et vitesses sur le domaine considéré.

HEC-RAS a été utilisé pour la modélisation du vallon du Moneghetti. Ce logiciel développé par le US Army Corps of Engineers permet une approche de modélisation couplée de type « 1D/2D ». L'un des principaux enjeux est en effet ici de modéliser correctement le lit mineur et les nombreux ouvrages (ponts, chemins d'accès, buses, cadres) submergés lors des crues. Toutefois, la modélisation en « 2D pur » des ouvrages n'est pour l'heure gérée que partiellement par les logiciels du marché. C'est pourquoi une approche « 1D/2D » a été adoptée. Un modèle 1D permettant une bonne prise en compte de la topographie et des ouvrages dans le lit mineur est couplé avec un modèle 2D reproduisant fidèlement la propagation des inondations dans le lit majeur. Le modèle résout ici aussi les équations de Barré Saint-Venant.

### **5.1.2. Calage des modèles**

En l'absence de donnée de calage, le modèle est réalisé de manière à obtenir un résultat stable en parfaite cohérence avec les données historiques et l'expérience des personnes œuvrant sur le terrain.

Afin de mieux représenter les débordements, les bâtiments sont pris en compte avec un coefficient de Strickler de 5, les voiries, un coefficient de 50.

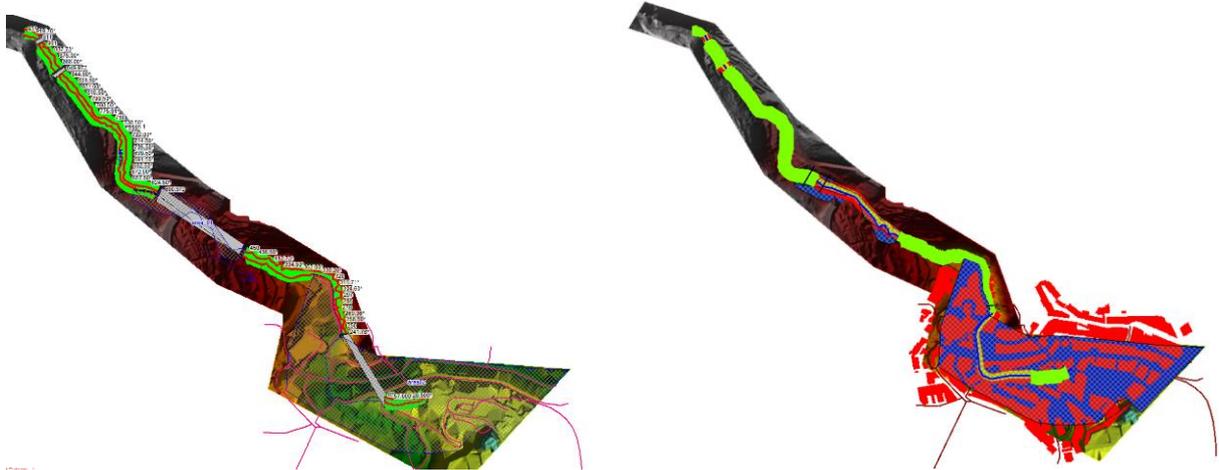


Figure 10 :image du modèle.

### **5.1.3. Hypothèses de calcul pour la crue de référence**

Sur la base des calculs d'hydrologie et du RETEX, la crue centennale sera la référence pour l'élaboration des cartes d'aléa.

### **5.1.4. Zone d'étude**

On rappelle que la zone d'étude couvre la commune de Beausoleil autour du vallon de Moneghetti.



Figure 11 : localisation des ouvrages limitant. Les numérotation permettent de repérer les ouvrages

## 5.2. CARACTERISTIQUE HYDRAULIQUE

- Amont chemin Saint Jean (ouvrage 1)

A la limite communale amont de Beausoleil au niveau du chemin Saint-Jean, se trouve un premier ouvrage hydraulique situé en sortie de gorges. Il s'agit d'un cadre de 2x2.5 m. Son débit capable est de 30 m<sup>3</sup>/s pour un écoulement en charge ce qui correspond à une Q100.



Figure 12 : ouvrage amont.

Quelques mètres en aval, se trouve également un ponceau de 2 x 1 mètre dont le débit capable est de 10 m<sup>3</sup>/s ce qui correspond à une Q<sub>5</sub>.

- Moyenne corniche (ouvrage 3)

A l'amont de la moyenne corniche, le vallon passe en souterrain dans un ponceau de 1.4 x 1 mètre. Son débit capable pour un écoulement à surface libre est de 4.9 m<sup>3</sup>/s pour une mise en charge avant débordement ce débit monte à 5.4 m<sup>3</sup>/s ce qui correspond à une crue quinquennale.



Figure 13 : ouvrage moyenne Corniche

A noter la présence d'un piège à embâcles en amont du ponceau. La courbe de fonctionnement établie d'après les prescriptions de l'INRAE est présentée dans la Figure 14.

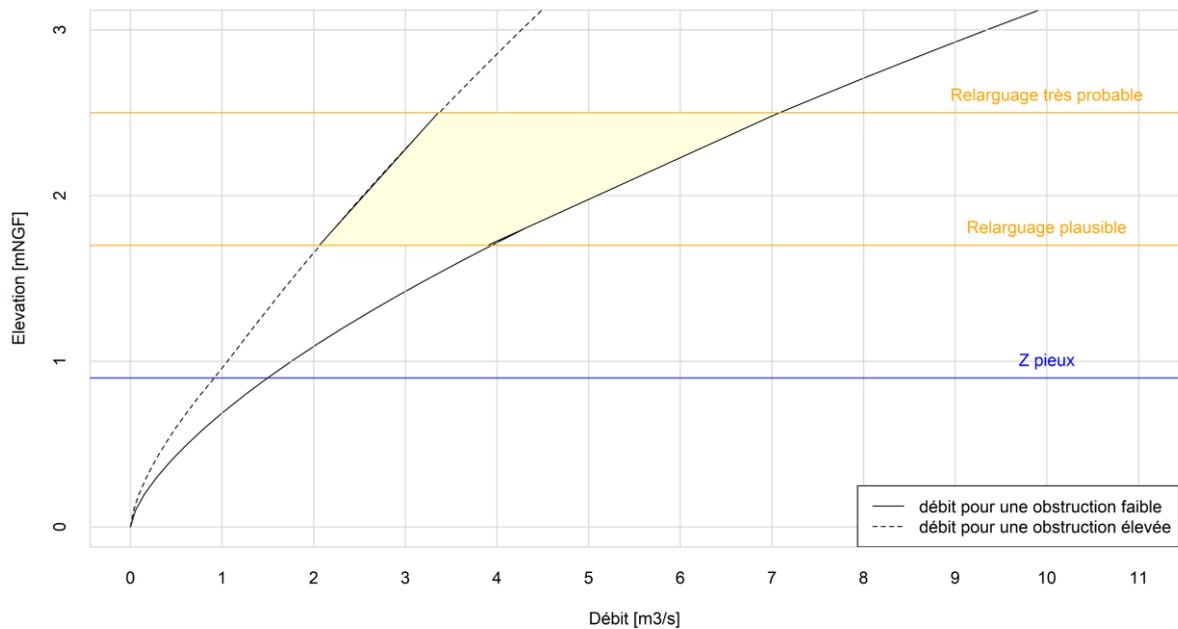


Figure 14 : graphique de fonctionnement du piège de la moyenne Corniche.

Compte tenu de ces informations, un risque d'obstruction est très probable lors d'évènement exceptionnel. Dans le cadre de la présente étude d'aléa, il sera retenu un scénario d'obstruction partiel de l'ouvrage.

- Rue des Martyrs (ouvrages 4 et 5)

En amont de ce cadre se trouve également un peigne à embâcles ainsi qu'une plage de dépôt à matériaux. Le fonctionnement du peigne est décrit dans la Figure 16.



Figure 15 : piège à embâcles rue des Martyrs (ouvrage4).

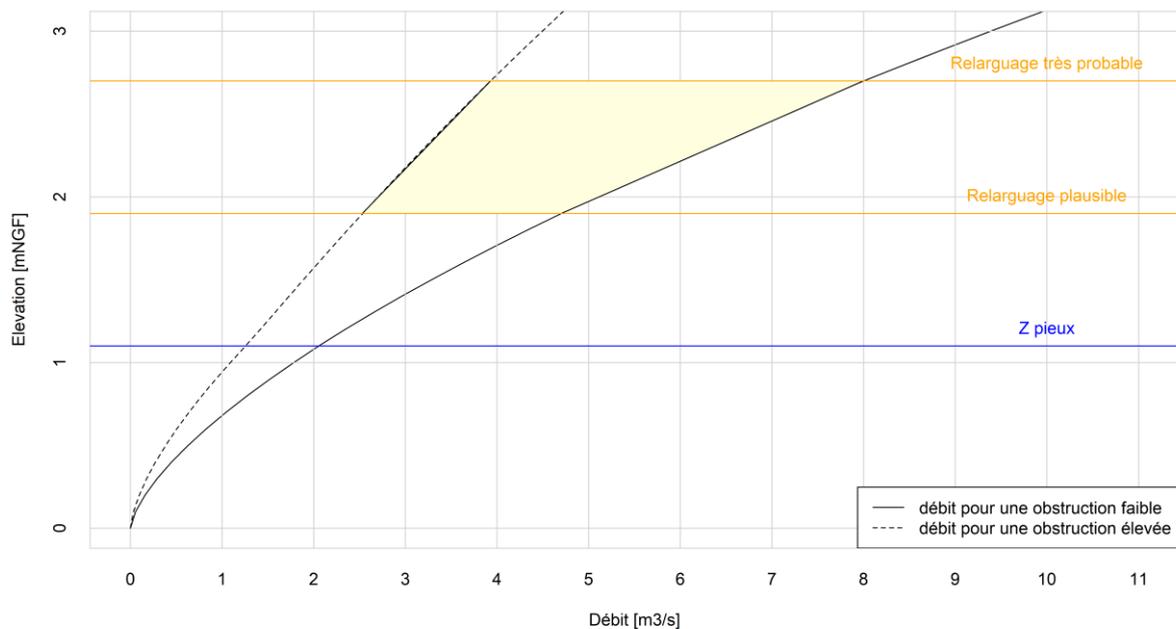


Figure 16 : courbe de fonctionnement du piège à embâcles.

Compte tenu de ces informations, un risque d'obstruction est très probable lors d'évènement exceptionnel. Dans le cadre de la présente étude d'aléa, il sera retenu un scénario d'obstruction partiel de l'ouvrage.

Sur la Figure 17, on constate la présence d'habitation au niveau du fond du lit du vallon. Ces habitation sont concernées par le risque inondation pour des occurrences de crue très faible de l'ordre de Q5.



Figure 17 : maison située au niveau du lit du vallon entre les ouvrages 4 et 5.

L'entrée du souterrain a été élargie ; il s'agit maintenant d'un cadre 2.5x2.5 m. son débit capable est estimé à 30 m<sup>3</sup>/s soit un débit de période de retour 100 ans.



Figure 18 : cadre rue des martyrs (ouvrage 5).

- Rue Pasteur (ouvrage 6)

Avant l'arrivée du vallon à Monaco, un troisième peigne à embâcles est présent. Sa courbe de fonctionnement est présentée au travers de la Figure 20.



Figure 19 : piège situé juste en amont de l'ouvrage monégasque.

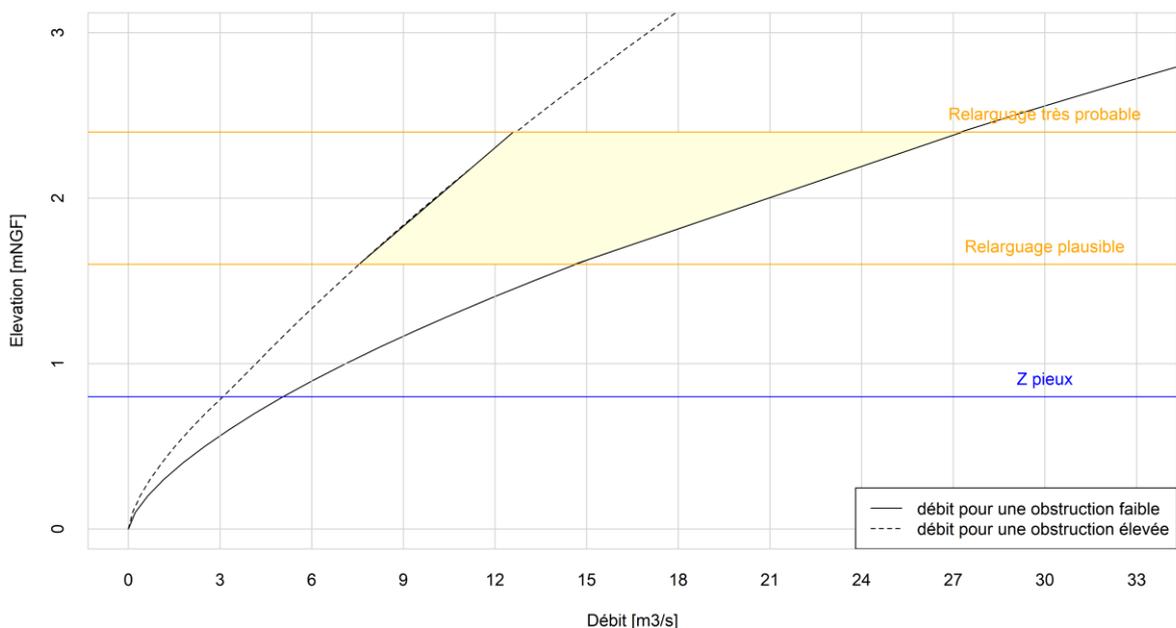


Figure 20 : courbe de fonctionnement du piège à embâcles.

Le vallon se déverse au travers d'un puits d'une quinzaine de mètres de haut et d'un diamètre de l'ordre de 5 m. Cet ouvrage de transition ne présente pas de facteur aggravant d'un point de vue hydraulique concernant l'aléa inondation de la commune de Beausoleil.

## 6. CARTOGRAPHIE DU RISQUE D'INONDATION

### 6.1. METHODE DE CLASSIFICATION DE L'ALEA

#### 6.1.1. Principe de base

La méthode standard de cartographie de l'aléa « inondation » s'appuie sur les données de hauteur d'eau et de vitesse d'écoulement. Cette approche trouve son origine dans l'analyse conduite par des responsables de la sécurité civile sur les conditions d'écoulement susceptibles de mettre en danger les vies humaines (cf. graphique ci-dessous).

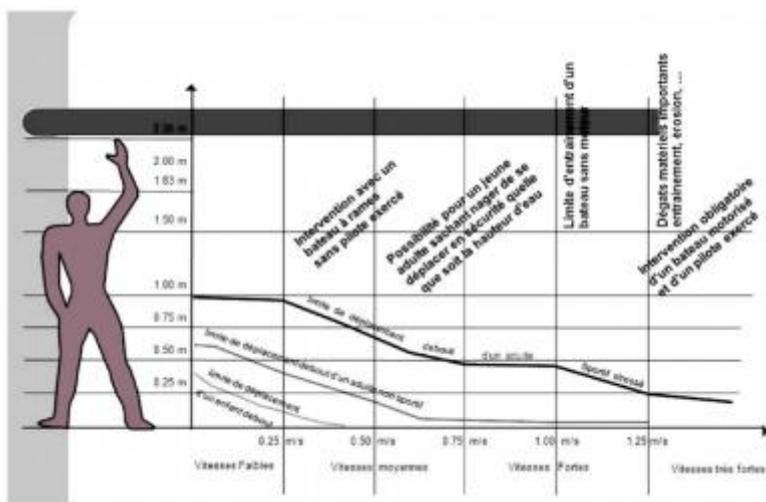


Figure 21 : Mobilité en terrain inondé en fonction de la vitesse et de la hauteur d'eau (Source :DDTM13)

La grille de croisement hauteur - vitesse utilisée dans la carte d'aléa se base sur des éléments physiques qui précisent les capacités d'une personne humaine à évoluer dans un champ d'inondation.

Le schéma de déplacement des personnes dans l'eau a permis de définir des seuils d'intensité utilisés dans le classement de l'aléa.

Au vu de ces critères, la cartographie de l'aléa telle qu'elle figure au présent dossier fait apparaître trois zones.

### 6.1.2. Les hauteurs d'eau

Les hauteurs d'eau sont définies en tous points de la zone inondable. Les hauteurs de submersion ont été classifiées en 5 classes :

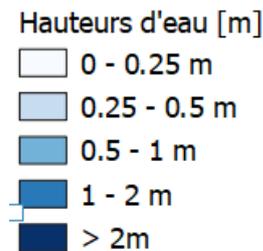


Figure 22 : Grille de lecture des hauteurs d'eau.

La cartographie associée à cette grille de hauteurs est disponible en ANNEXE 1.

### 6.1.3. Les vitesses d'écoulement

Les vitesses d'écoulement sont définies en tous points de la zone inondable. Les vitesses ont été classifiées en 3 classes :

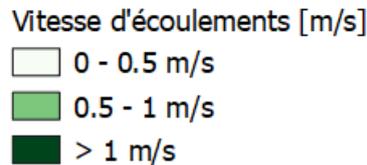


Figure 23 : Grille de lecture des vitesses d'écoulement.

La cartographie associée à cette grille de vitesses est disponible en ANNEXE 2.

### 6.1.4. Grille d'aléas

Cette classification respecte les objectifs fixés en matière de prévention des risques et de gestion des zones inondables déclinées en particulier dans la circulaire interministérielle du 24 janvier 1994.

La classification de l'aléa, basé sur le croisement hauteur / vitesses d'écoulement a permis d'établir la grille d'aléa suivante :

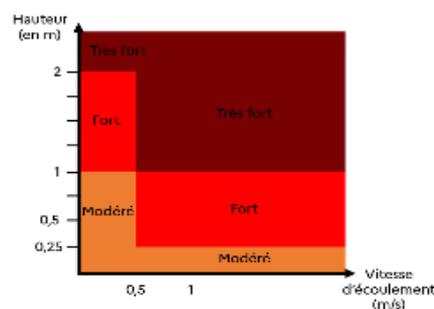


Figure 24 : Grille de lecture des aléas.

Cette classification fait apparaître trois zones, qui sont les suivantes :

- **Zone d'aléa modéré** (orange), où la hauteur d'eau est inférieure à 1 m et la vitesse d'écoulement inférieure à 0,5 m/s ou pour une hauteur d'eau strictement inférieure à 0.25m.
- **Zone d'aléa modéré** (rouge), où la hauteur d'eau est comprise entre 1 et 2 m et la vitesse d'écoulement est strictement inférieure à 0,5 m/s ou pour des hauteurs d'eau comprises entre 0.25 m et 1 m.
- **Zone d'aléa très fort** (rouge foncé) où soit la hauteur d'eau est supérieure à 2m, soit la hauteur d'eau est supérieure à 1 m et la vitesse supérieure à 0,5 m/s.

## 6.2. INTERPRETATION DE L'ALEA

Les résultats brut de la modélisation ne peuvent être exploités comme tel. Un lissage des résultats est nécessaire. En effet, le zonage doit être continu et les artefacts de modélisation doivent être supprimés dans le cadre de l'interprétation des résultats. Les zones de faibles surfaces seront à fusionner avec la zone de qualification de l'aléa voisine la plus adaptée. Une attention particulière doit tout de même être portée à cette étape, afin de ne pas éliminer des zones très localisées de danger accru.

La carte résultante de cette réflexion est présentée en ANNEXE 3.