



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET
DE LA HAUTE-CORSE

Juin
2015

Vu, pour être annexé à
l'arrêté préfectoral n° 601-2016
en date du 8 juillet 2016
Le Chef du SIDPC


Jeanne BREMENER



Plan de Prévention des Risques
d'Inondation concernant le
territoire des communes de
Tomino et Rogliano

Note de présentation


SAFEGE
Ingénieurs Conseils

SIÈGE SOCIAL
PARC DE L'ÎLE - 15/27 RUE DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX
Agence d'Aix en Provence : Aix Métropole Bât. D - 30, avenue Malacrida - 13100 Aix en Provence

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction aux PPRI	4
.1.1 Principes généraux	4
.1.1.1 Objectifs	4
.1.1.2 Qualification des crues et des pluies	4
.1.1.3 Principe de prévention	5
.1.1.4 Notion d'évènement de référence	5
.1.1.5 Évaluation du risque	5
.1.1.6 Classification du risque : notion d'aléa	5
.1.1.7 Notion d'aléa résiduel	6
.1.1.8 Gestion du risque : notion d'enjeux et de zonage	6
.1.1.9 Intervenants à l'établissement d'un PPRI	7
.1.2 Chronologie du PPRI	7
.1.3 Champ d'application des PPRI	9
.1.4 Révision et modification du plan de prévention	10
.1.5 Références réglementaires	10
2 Situation	12
3 Recueil de connaissances existantes	14
.3.1 Visite de terrain	14
.3.1.1 Vitesses de terrain du Gioielli	14
Hypothèses sur le fonctionnement hydraulique :	16
.3.1.2 Visite de terrain du Molinello	18
Hypothèses sur le fonctionnement hydraulique :	19
.3.2 Témoignages	21
.3.3 Etudes disponibles	22
.3.4 Evenements historiques	24
4 Analyse des enjeux	25
5 Etude hydrologique	26
.5.1 Géologie	26
.5.2 Découpage en bassins versants	28
.5.3 Données pluviométriques	29
.5.4 Détermination de l'évènement de référence	31
.5.4.1 Caractéristiques des bassins versants / hypothèses	31
.5.4.1.1 Temps de concentration	31
.5.4.1.2 Temps de réponse ou lag time	33
.5.4.1.3 Coefficients de ruissellement	33
.5.4.1.4 Curve Number et rétention maximale	34
.5.4.2 Méthode rationnelle	35
.5.4.3 Méthode du double réservoir linéaire	36

.5.4.4 Méthode du SCS (Soil Conservative System) intégrée à un modèle Pluie-Débit.....	38
.5.4.5 Méthode du Gradex.....	39
.5.4.6 Synthèse des résultats.....	40
.5.5 Débits retenus pour l'événement de référence.....	41
6 Etude hydraulique.....	43
.6.1 Description de l'outil et des données.....	43
.6.2 Maillage.....	43
.6.3 Rugosité.....	44
.6.4 Résultats de la modélisation.....	46
.6.4.1 Débordements du Gioielli.....	46
.6.4.2 Débordements du Molinello.....	48
.6.5 Tests de sensibilité aux paramètres.....	49
.6.5.1 Rugosité.....	49
.6.5.2 Débit.....	54
.6.5.3 Conclusion sur les tests de sensibilité.....	59

1

INTRODUCTION AUX PPRI

.1.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

Ce chapitre résume de façon générale la vocation d'un PPRI et les méthodes et principes utilisés pour y établir ce document. Les différents points traités sont repris plus en détail dans la suite du rapport.

.1.1.1 Objectifs

Un PPRI, ou Plan de Prévention contre le Risque Inondation, est une procédure réglementaire applicable à une ou plusieurs communes soumises à un risque inondation. L'objet d'un PPRI est de définir les règles d'urbanisation de cette ou ces communes afin de limiter les dommages pour les biens et les personnes en cas d'inondations. Plus précisément, les règles fixées par un PPRI ont pour objectif de :

- ne pas augmenter les risques pour les personnes ;
- ne pas augmenter voire diminuer le nombre de personnes exposées aux risques;
- limiter au mieux la quantité de biens exposés aux risques.

Ces objectifs se traduisent par des interdictions ou des restrictions sur les nouvelles constructions ou l'aménagement de constructions existantes. Seules les parcelles soumises à un risque inondation tel que défini par le PPRI sont concernées.

.1.1.2 Qualification des crues et des pluies

Sur un cours d'eau, différentes crues peuvent survenir, selon la violence, la localisation et la durée des pluies qui en sont à l'origine. Très souvent (et c'est le cas pour les communes de Tomino et Rogliano), peu de données fiables peuvent être mesurées sur le déroulement d'une crue. Cependant, les données de pluies sont bien connues, ce qui permet de caractériser les crues associées.

Comme les stations pluviométriques mesurent des pluies en permanence depuis des décennies, des analyses statistiques peuvent être effectuées sur ces relevés. Ces analyses statistiques permettent de chiffrer la rareté des pluies, et donc des crues qui en découlent.

En conséquence, les crues sont généralement qualifiées par leur occurrence. Par définition, une crue d'occurrence T à 1/T chance de se produire par an. L'occurrence traduit donc la rareté ou la fréquence d'une crue.

.1.1.3 Principe de prévention

La prévention des crues revient à anticiper des phénomènes plus rares que ceux dont on a gardé la mémoire afin de s'y préparer avant qu'ils ne surviennent. Pour évaluer la nature de ces événements qui ne se sont jamais produits de mémoire d'homme, lorsqu'on ne dispose pas de suffisamment d'informations sur les crues moyennes ou rares, on exploite les données pluviométriques disponibles. L'analyse statistique de ces données permet de connaître quelles pluies rares peuvent toucher les cours d'eau concernés. Une fois ces pluies connues, on peut évaluer comment ces pluies ruissellent sur le sol et se propagent pour générer des crues. C'est donc à partir des données pluviométriques fournies que l'on peut déduire quelles crues peuvent survenir et à quelle fréquence.

Lorsque la violence et la rareté des crues pouvant survenir sur un cours d'eau sont connues, il faut choisir contre quel type d'événement l'on décide de se protéger. On parle alors d'événement de référence.

.1.1.4 Notion d'événement de référence

D'un point de vue probabiliste, quelle que soit la crue que l'on considère, il pourra toujours survenir une crue plus forte comme une crue plus faible. Lorsque l'on se protège contre un risque naturel, qu'il s'agisse d'inondation, de séismes ou de tempêtes, il est toujours nécessaire de définir la rareté du risque contre lequel on se protège. **L'événement de référence est l'événement que l'on analyse et pour lequel on prend des mesures pour se protéger.** Il est important de préciser que les mesures prises pour cet événement diminuent également les risques pour les événements plus fréquents ou plus rares.

En France, l'événement de référence retenu pour un PPRI est toujours l'événement le plus intense entre l'événement historique connu et l'événement d'occurrence 100 ans. **L'événement de référence retenu pour le PPRI de Tomino et Rogliano est la crue d'occurrence 100 ans dite centennale.**

.1.1.5 Évaluation du risque

A partir des données pluviométriques et de leur analyse statistique, les débits de la crue de référence peuvent être évalués. Une fois ces débits connus, la propagation de ces débits dans les communes peuvent être étudiés à l'aide de calculs numériques. Ces calculs permettent de connaître **les hauteurs d'eau et les vitesses maximales** survenant lors de l'événement de référence. C'est à partir de la connaissance des hauteurs d'eau et des vitesses (et des dangers qu'elles représentent pour les biens et les personnes) que des mesures adéquates sont prises pour gérer ces risques.

.1.1.6 Classification du risque : notion d'aléa

Deux facteurs sont dangereux dans les inondations : les hauteurs d'eau, qui peuvent causer la noyade et dégrader les biens en les inondant et les vitesses d'écoulements, qui peuvent emporter les personnes, les véhicules, et dégrader les structures (comme éroder les sols). Les personnes évaluent souvent mal la vitesse des écoulements et se font parfois surprendre par ce facteur qui peut être dangereux même pour des hauteurs d'eau faibles. Il est donc essentiel de qualifier le risque en prenant en compte à la fois les hauteurs et les vitesses d'écoulements.

Afin de différencier la gravité des risques, les hauteurs d'eau et les vitesses sont agrégées en un unique paramètre nommé *aléa* qui synthétise les informations relatives aux hauteurs et aux vitesses.

L'aléa est déterminé suivant la grille suivant :

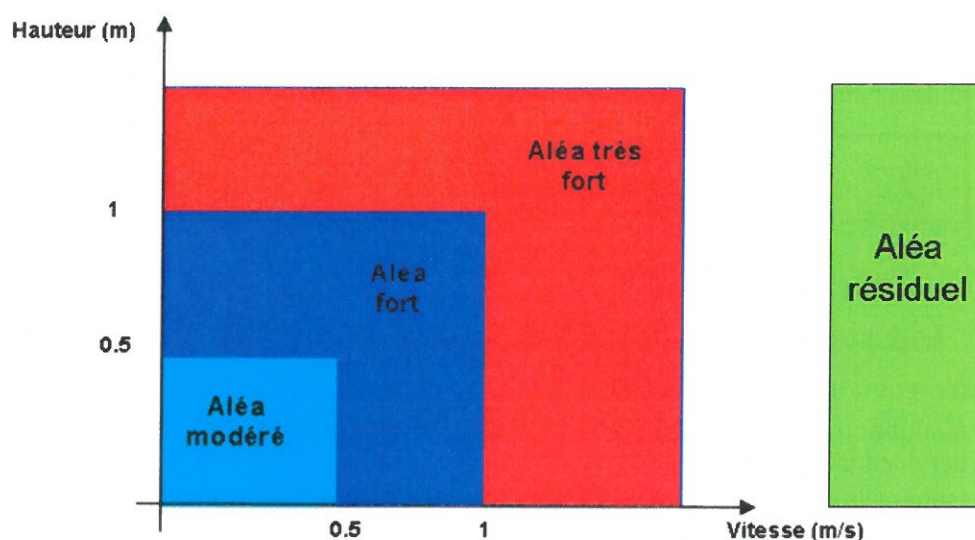


Figure 1 : Grille d'aléa

L'aléa est donc un paramètre de synthèse servant à caractériser le risque inondation. Les mesures de prévention contre les inondations diffèrent selon la nature de l'aléa.

.1.1.7 Notion d'aléa résiduel

Il existe un risque plus grand que celui de l'événement de référence. Il est nécessaire de prendre également des mesures pour ce risque. L'aléa résiduel correspondant donc à un risque d'occurrence supérieure à l'aléa de référence (centennale), les restrictions imposées en zones d'aléa résiduel sont bien moindres que celles imposées dans les autres zones d'aléas.

.1.1.8 Gestion du risque : notion d'enjeux et de zonage

Un PPRI impose un certain nombre de règles aux habitants d'une commune et limite ainsi les possibilités d'urbanisation. L'unique objet de ces restrictions est de protéger contre les inondations. Les constructions nouvelles ou les aménagements de biens existants jugés comme n'aggravant pas le risque inondations sont permis¹.

Comme la dynamique des inondations et la nature des constructions diffèrent entre les zones urbaines denses et le reste de la commune, ces deux secteurs sont différenciés. On parle alors d'*Enjeux*. Les enjeux traduisent la nature de l'urbanisation des sites considérés. On distingue les zones urbanisées des autres zones.

Pour intégrer ce paramètre, il faut agréger les notions d'aléa et d'enjeux. La synthèse de ces deux informations est appelée zonage. Le zonage traduit donc le risque d'inondation ainsi que (au travers des enjeux) la densité de personnes et de biens.

La réglementation à appliquer sur un secteur dépend uniquement du zonage de ce secteur.

La finalité du PPRI est de définir ce zonage et la réglementation associée.

La grille de croisement est donnée ci-après :

¹ Se référer au Règlement du PPRI où sont listés les aménagements autorisés ou interdits

	Aléa très fort	Aléa fort	Aléa modéré	Aléa résiduel
Enjeux forts				
Enjeux faibles				

Tableau 1 : Classification du risque

.1.1.9 Intervenants à l'établissement d'un PPRI

L'établissement d'un PPRI se fait par :

- évaluation des risques par un bureau d'étude spécialisé contrôlé par les services de l'État ;
- concertation entre les services de l'État, les élus des communes concernées et le bureau d'étude spécialisé ;
- concertation entre les services de l'État, les élus et les habitants des communes concernées et le bureau d'étude spécialisé.

La contribution de chacun des intervenants d'un PPRI est essentielle à l'établissement d'un PPRI garantissant la meilleure sécurité possible pour tous sans contraindre exagérément les possibilités d'urbanisation de la commune.

.1.2 CHRONOLOGIE DU PPRI

L'élaboration des PPRI est conduite sous l'autorité du préfet du département conformément au décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 modifié par le décret 2005-3 du 4 janvier 2005. Ce dernier prescrit le PPR par arrêté qui définit son périmètre et son objet, et désigne alors le service déconcentré de l'État qui sera chargé d'instruire le projet.

Ainsi le PPRI fait l'objet d'un travail technique associant les collectivités concernées. Il fait l'objet d'une concertation dont les modalités sont décrites dans l'arrêté préfectoral prescrivant son élaboration ou sa révision.

Ensuite, le PPR est transmis pour avis aux communes et personnes publiques associées.

Enfin, il fait l'objet d'une enquête publique à l'issue de laquelle, après prise en compte éventuelle des observations formulées, il est approuvé par arrêté préfectoral.

Le logigramme à la page suivante décrit ces différentes phases.

Arrêté préfectoral – Phase d'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques Naturels Inondation

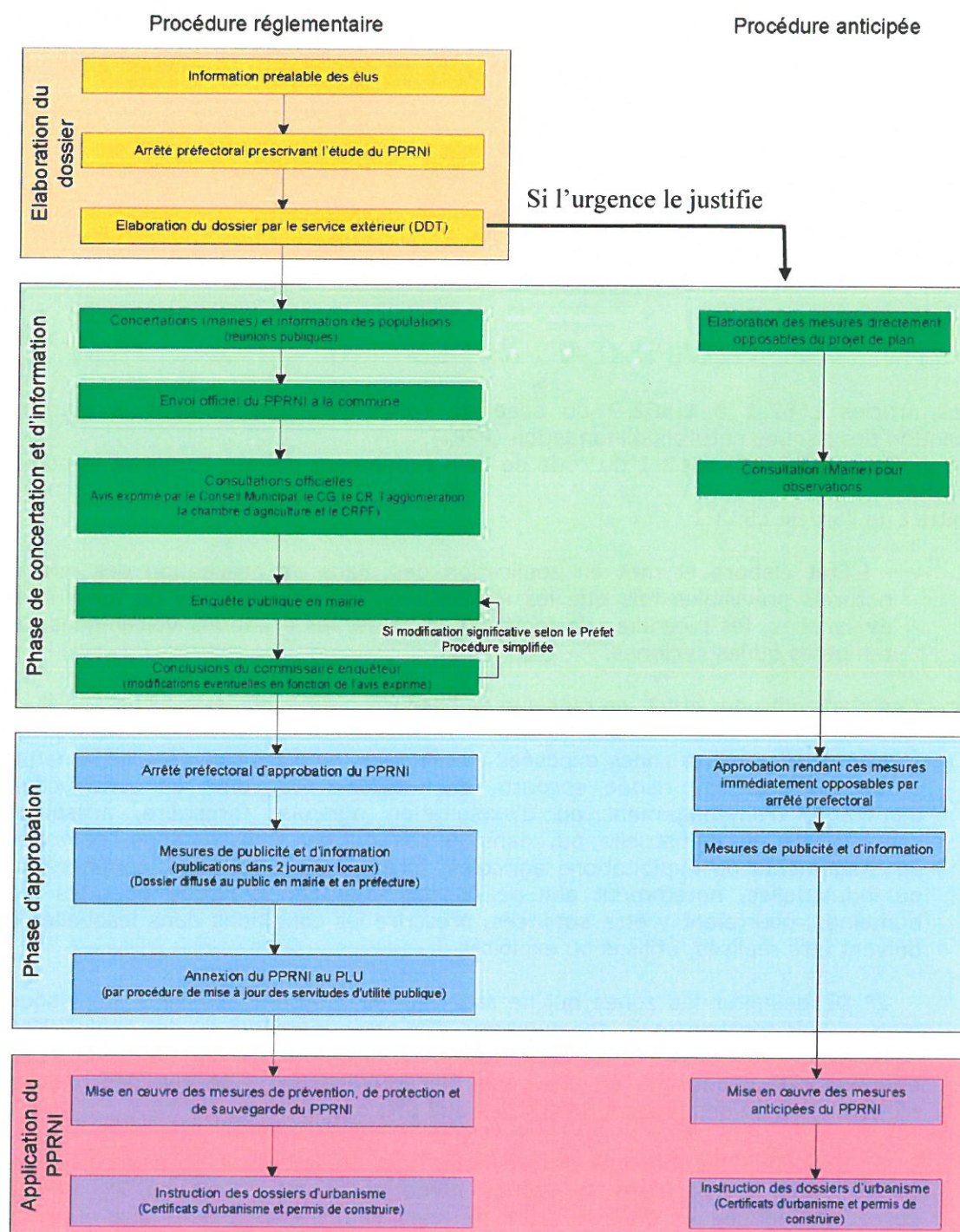


Figure 2 : Synoptique des phases d'élaboration d'un PPRi

La chronologie du PPRi des communes de Rogliano et Tomino est :

Prescription du PPRI sur le territoire de la commune de Tomino : AP n° 2012026-0011 en date du 26 janvier 2012 modifié par l'AP n°22012048-0012 du 17 février 2012

Prescription du PPRI sur le territoire de la commune de Rogliano : AP n° 2012026-0010 en date du 26 janvier 2012

Concertation : Réunions du 8 décembre 2011, 12 Février 2013, 14 Février 2014, 26 novembre 2014

Réunion publique : 15 avril 2015

Enquête publique : 2 mai 2016 au 4 juin 2016

Arrêté d'approbation : AP n° 601-2016 en date du 8 juillet 2016

.1.3 CHAMP D'APPLICATION DES PPRI

Les articles L562-1 à L.562-9 du code de l'environnement fondent le plan de prévention des risques naturels d'inondation (PPRI).

En particulier, l'article L562-1 du code de l'environnement précise l'objet et la portée des PPRN:

Extrait de l'article L562-1

I. - L'État élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.

II. - Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :

1° De délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, notamment afin de ne pas aggraver le risque pour les vies humaines, pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;

2° De délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;

3° De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

4° De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

La réalisation des mesures prévues aux 3° et 4° du II peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. A défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur.

.1.4 RÉVISION ET MODIFICATION DU PLAN DE PRÉVENTION

Un plan de prévention des risques peut être révisé, si les contraintes de l'aléa physique ou de la vulnérabilité des biens et des personnes ont évolué de manière significative.

Depuis la loi du 12 Juillet 2010 (Loi Grenelle II), le PPR peut également être modifié à condition que la modification ne porte pas atteinte à l'économie générale du plan. Le décret du 28 Juin 2011 précise les conditions et modalités de cette procédure de modification.

.1.5 RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES

Ce chapitre liste l'ensemble des références réglementaires traitant des PPRI.

Les PPRI sont régis par les articles L.562-1 à L.562-9 et R.562-1 à R.562-10-2 du code de l'environnement. Les circulaires du 24 janvier 1994 (prévention des inondations et gestion des zones inondables), du 24 avril 1996 (dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zone inondable), du 30 avril 2002 (gestion des espaces urbanisés situés derrière les digues) et du 21 janvier 2004 (maîtrise de l'urbanisation et des constructions en zones inondables) complètent le cadre nécessaire à l'élaboration des PPRI.

- **Loi du 2 février 1995** relative au renforcement de la protection de l'environnement instituant les PPR et loi sur l'Eau du 2 janvier 1992 (Articles L 110-1 et L 562-1 à 8 du Code de l'environnement - partie législative),
- **Loi Solidarité et Renouvellement Urbain du 13 décembre 2000 (SRU)**, instituant les Schémas de Cohérence Territoriaux (SCOT) et les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU),
- **Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.**
- **Décret n°95-1089 du 5 octobre 1995 modifié par décret n°2005-3 du 4 janvier 2005, relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles,**
- **Circulaire du 24 janvier 1994 relative à la prévention des inondations et à la gestion des zones inondables,**
- **Circulaire du 24 avril 1996 relative aux dispositions applicables au bâti et ouvrages existants en zones inondables,**
- **Guide méthodologique pour l'élaboration des Plans de prévention du risque inondation publié à La Documentation Française en 1999,**

- **Circulaire du 30 avril 2002 sur la politique de l'État en matière de risques naturels et la gestion des espaces situés derrière les digues,**
- **Circulaire du 1er octobre 2002 relative au plan de prévention des inondations,**
- **Circulaire du 4 novembre 2003 relative à la politique de l'État en matière d'établissement des atlas des zones inondables,**
- **Circulaire du 21 janvier 2004 relative à la maîtrise de l'urbanisme et l'adaptation des constructions en zone inondable,**
- **Circulaire du 3 juillet 2007 relative à la consultation des acteurs, la concertation avec la population et l'association des collectivités territoriales dans les P.P.R,**
- **La circulaire du 25 juin 2010 qui s'inscrit dans le cadre de la circulaire du 21 juin 2004,**
- **Le plan de submersion rapide, diffusé le 17 février 2011.**
- **Circulaire du 27 juillet 2011 relative à la prise en compte du risque de submersion marine dans les plans de prévention des risques naturels littoraux**

2 SITUATION

Le PPRI concerne les communes voisines de Tomino et Rogliano, situées sur la côte est au nord du cap Corse.

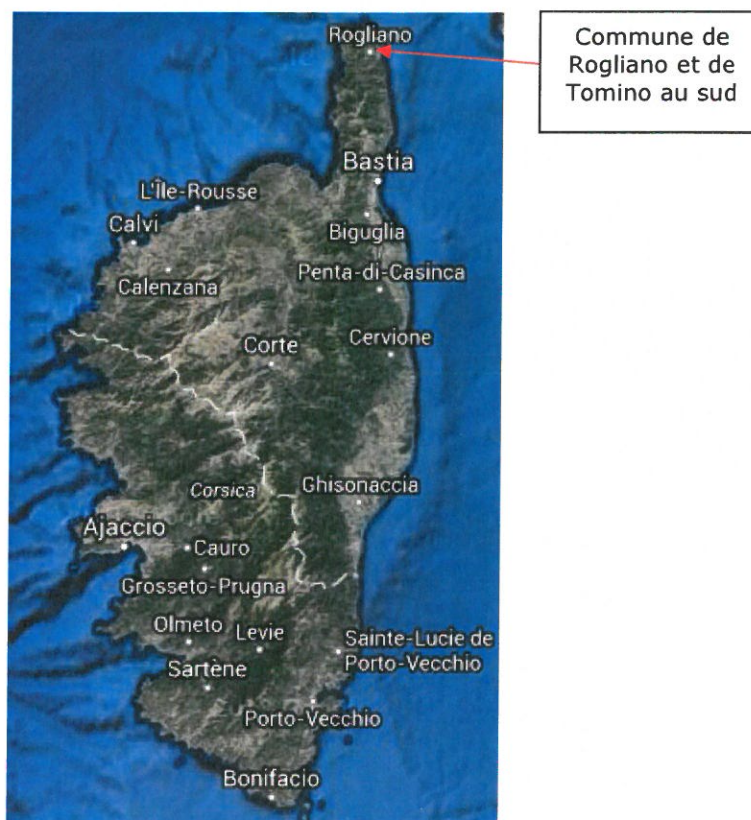


Figure 3: Localisation générale des communes de Tomino et Rogliano

Cette étude se focalise sur les cours d'eau Gioielli et Molinello.

Le Gioielli est un petit cours d'eau qui se jette dans la mer au niveau du port de Macinaggio. Il est très proche de la frontière entre les communes de Rogliano et Tomino.

Le Molinello est un petit cours d'eau de la commune de Rogliano qui se jette dans la Baie de Macinaggio.

La zone inondable de ces deux cours d'eau, obtenue par approche hydrogéomorphologique², est donnée ci-dessous :



Figure4 : Zones inondables déterminées par approche hydrogéomorphologique

Cet aléa est défini en analysant la topographie et la nature géologique des sols du site. L'hydrogéomorphologie revient à étudier l'histoire du cours d'eau sur une très grande échelle de temps. Il n'est donc pas possible de relier cet aléa à une occurrence.

² Source : Atlas des zones inondables des départements de Haute-Corse et Corse du Sud par approche hydrogéomorphologique, Carex Environnement, Mars 2003

3 RECEUIL DE CONNAISSANCES EXISTANTES

L'enquête de terrain s'est déroulée les 12 et 13 février 2013.

.3.1 VISITE DE TERRAIN

.3.1.1 Vitesses de terrain du Gioielli

En amont du cimetière :

Sur ce tronçon, le cours d'eau est relativement encaissé. Les écoulements restent concentrés à proximité du lit mineur. Le lit mineur est constitué de petites chutes naturelles et est bordé par une végétation importante. On note que la plaine est d'abord développée sur la rive gauche du cours d'eau, puis, plus en aval, sur la rive droite. Sur ce tronçon, il a été recensé 4 ouvrages de franchissement du cours d'eau.



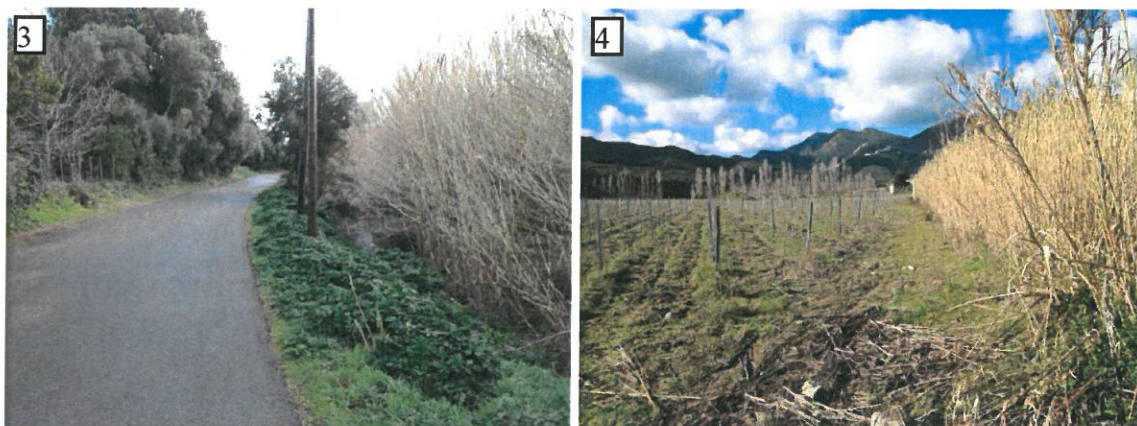


Figure 5 :Tronçon en amont du cimetière

A l'aval du cimetière :

On note un élargissement de la plaine en rive gauche. La ripisylve du cours d'eau reste importante, avec notamment des cannières. Sur ce tronçon, l'urbanisation à proximité du cours d'eau se densifie à mesure que l'on approche de la mer.

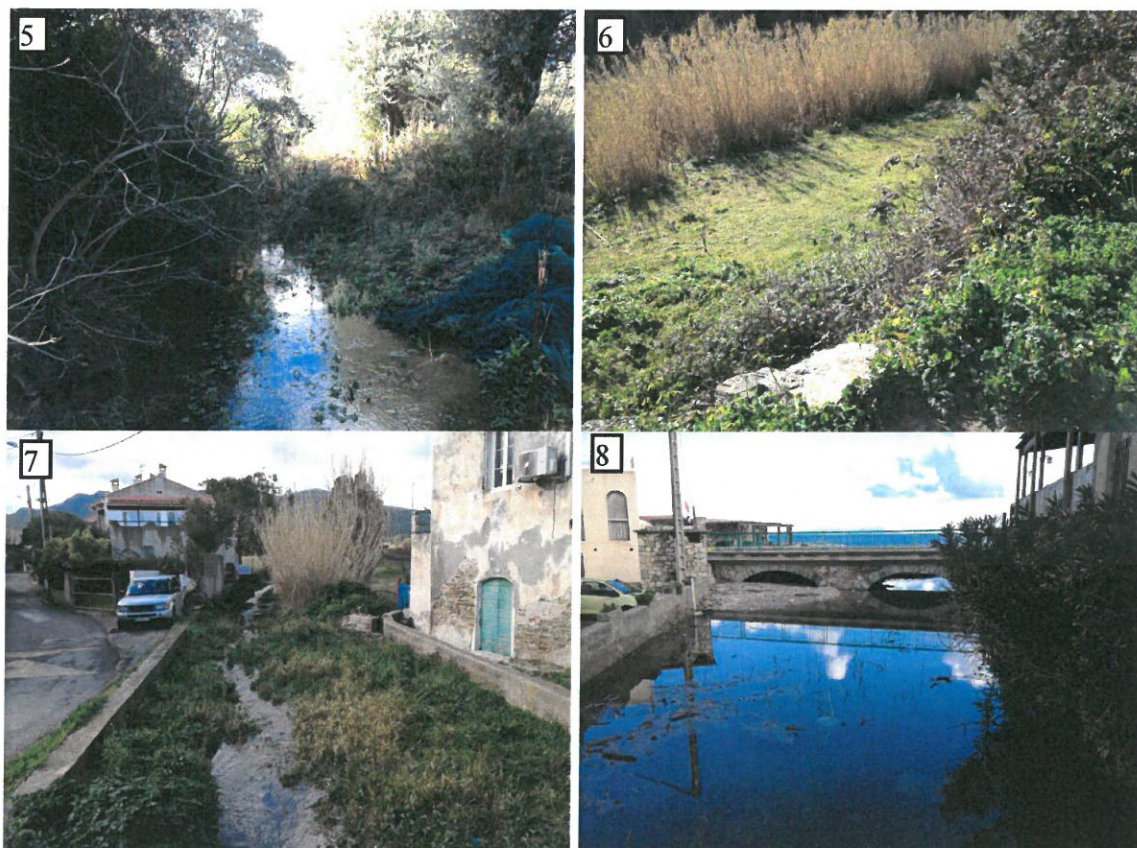


Figure 6 :Tronçon en amont du cimetière

Le secteur urbanisé est essentiellement localisé en rive gauche du cours d'eau. L'urbanisation est composée de pavillons souvent entourés par un mur ou muret faisant obstacle aux écoulements. Au niveau de l'exutoire, on note des rangées continues de bâtiments constituant un véritable barrage aux écoulements.

On recense deux ouvrages de franchissement sur ce tronçon. Ils sont localisés au niveau du débouché en mer. L'ouvrage de franchissement de la RD 80 (deux arches) est obstrué par la le cordon littoral.

Hypothèses sur le fonctionnement hydraulique :

En cas de crue du Gioielli :

- sur le tronçon amont :
 - les écoulements doivent être violents ;
 - la zone inondable reste peu étendue ;
- en rive gauche, des débordements surviennent au niveau des premières maisons. Ces eaux sont canalisées par la route longeant le cours d'eau puis par la RD 80 (légèrement en déblai par rapport au terrain naturel). A partir de l'école, les eaux de la route s'étalent de part et d'autre ;
- en rive droite, les débordements du tronçon amont retournent dans le lit mineur en amont du secteur urbanisé.

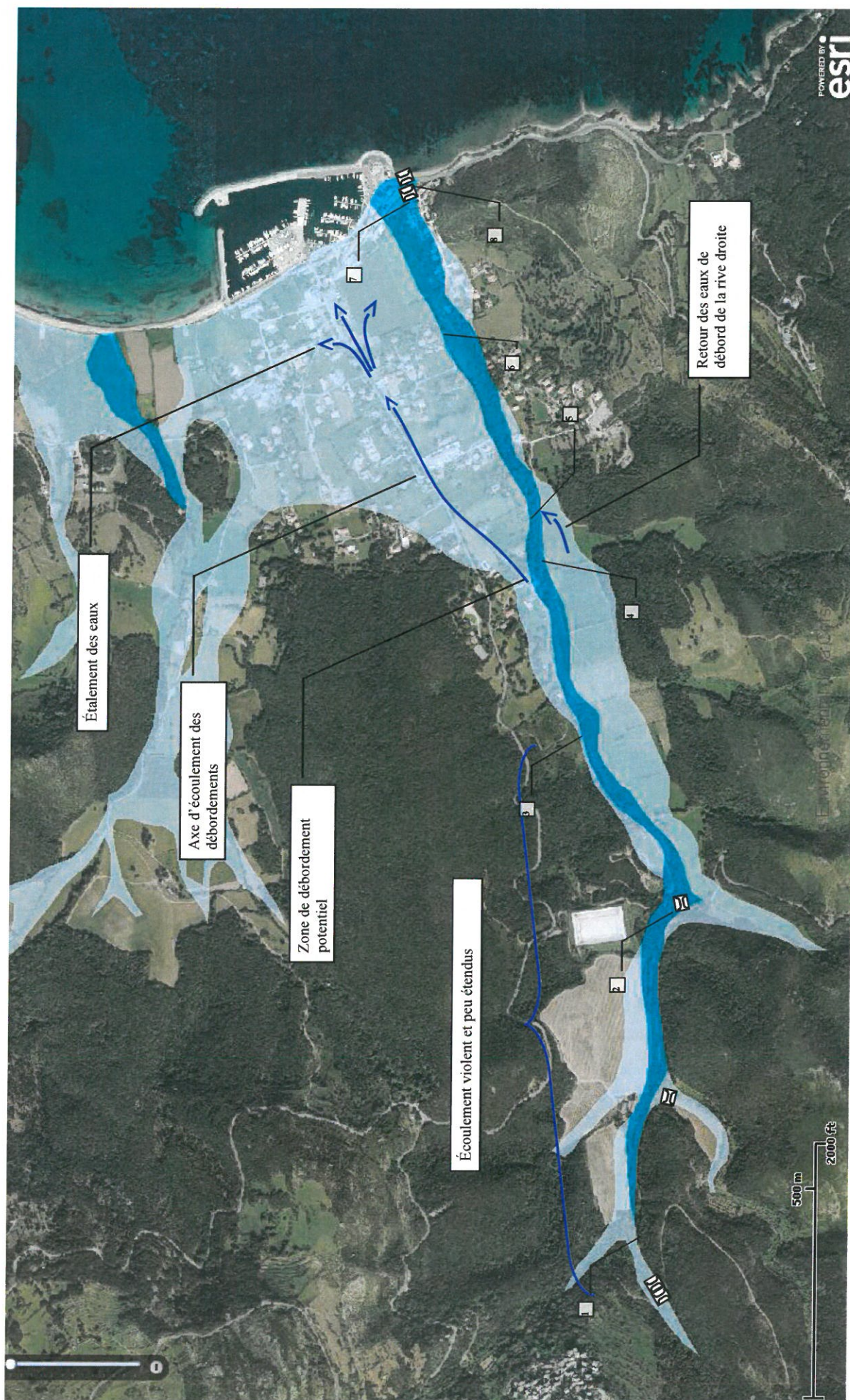


Figure 7 : Plan de synthèse de la visite de terrain du Gioielli

.3.1.2 Visite de terrain du Molinello

Sur la partie amont :

Le ruisseau de Molinello traverse une plaine relativement bien formée et reçoit les apports de plusieurs petits talwegs. Le ruisseau prend la forme d'un fossé. La topographie étant peu marquée, les écoulements des apports peuvent « divaguer » avant de rejoindre le ruisseau de Molinello.

On note que le tracé du cours d'eau au niveau de la « photo 6 » semble avoir été dévié par rapport au tracé « naturel ».

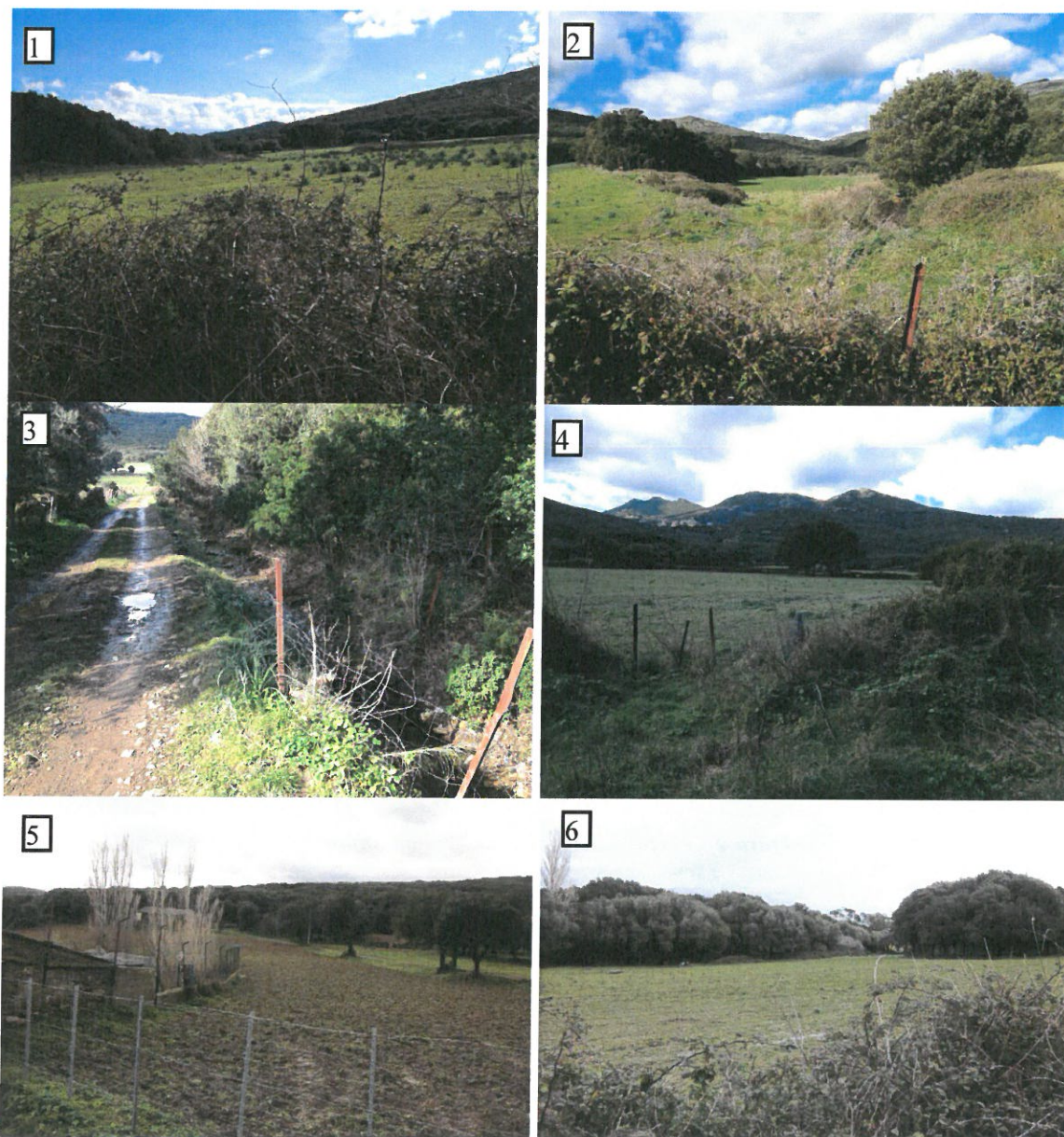


Figure 8 : Partie amont du ruisseau de molinello

Sur la partie aval :

Le ruisseau de Molinello rejoint la plaine littorale où on note la présence d'une lagune. Ce secteur reçoit également les eaux d'un talweg en provenance du Camping U Stazzu.

Au sud du ruisseau, une partie des eaux de débordement contourne par le sud une petite colline. Ces débordements sont repris par un petit fossé. Ces eaux rejoignent ensuite la plaine littorale.

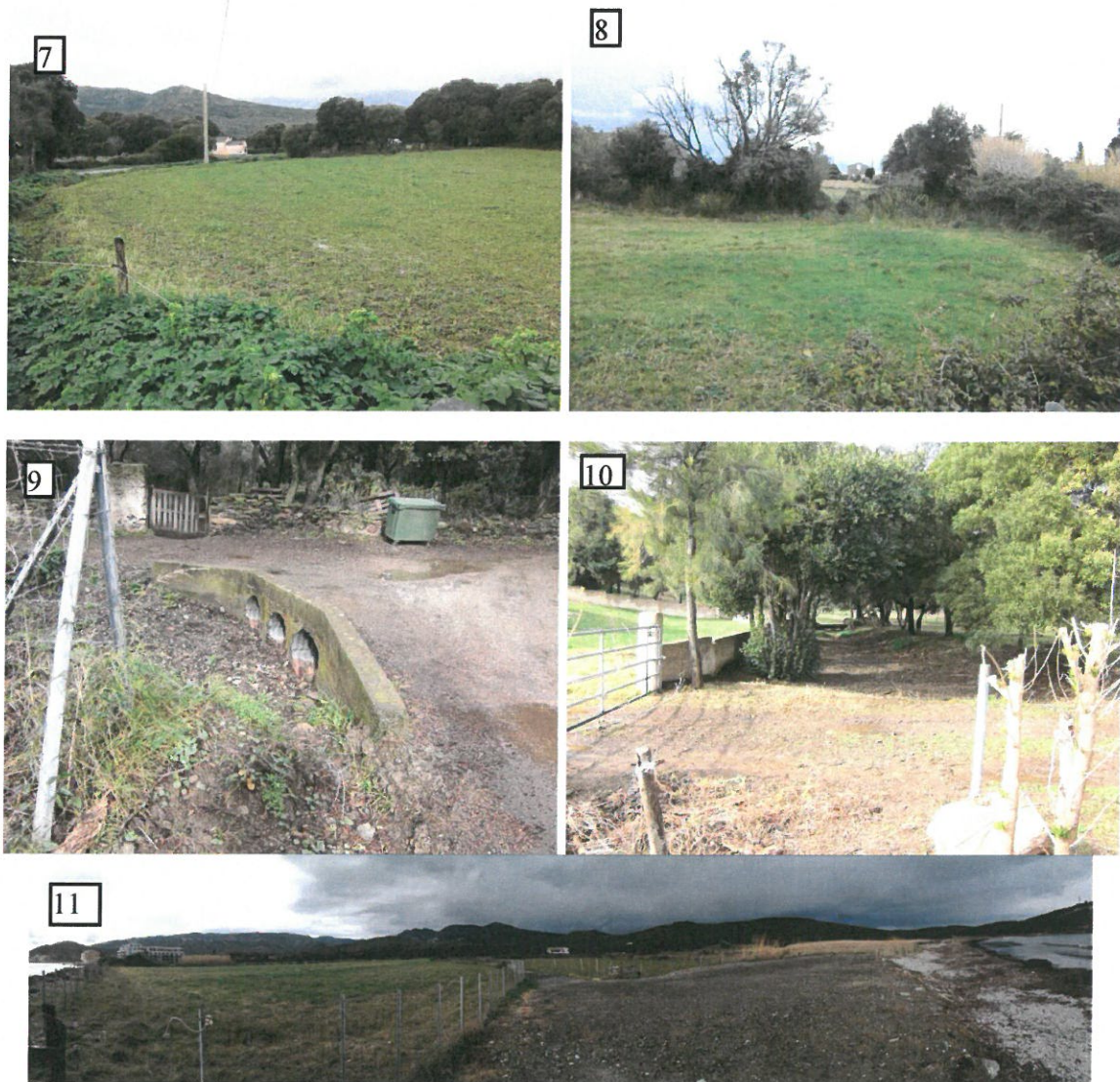


Figure 9 : Partie amont du ruisseau de molinello

Hypothèses sur le fonctionnement hydraulique :

En cas de crue du Molinello :

- les écoulements sur le tronçon amont divaguent avec des hauteurs d'eau faibles ;
- la plaine littorale est inondée par plusieurs axes d'écoulements. Les écoulements s'étalent dans la plaine.

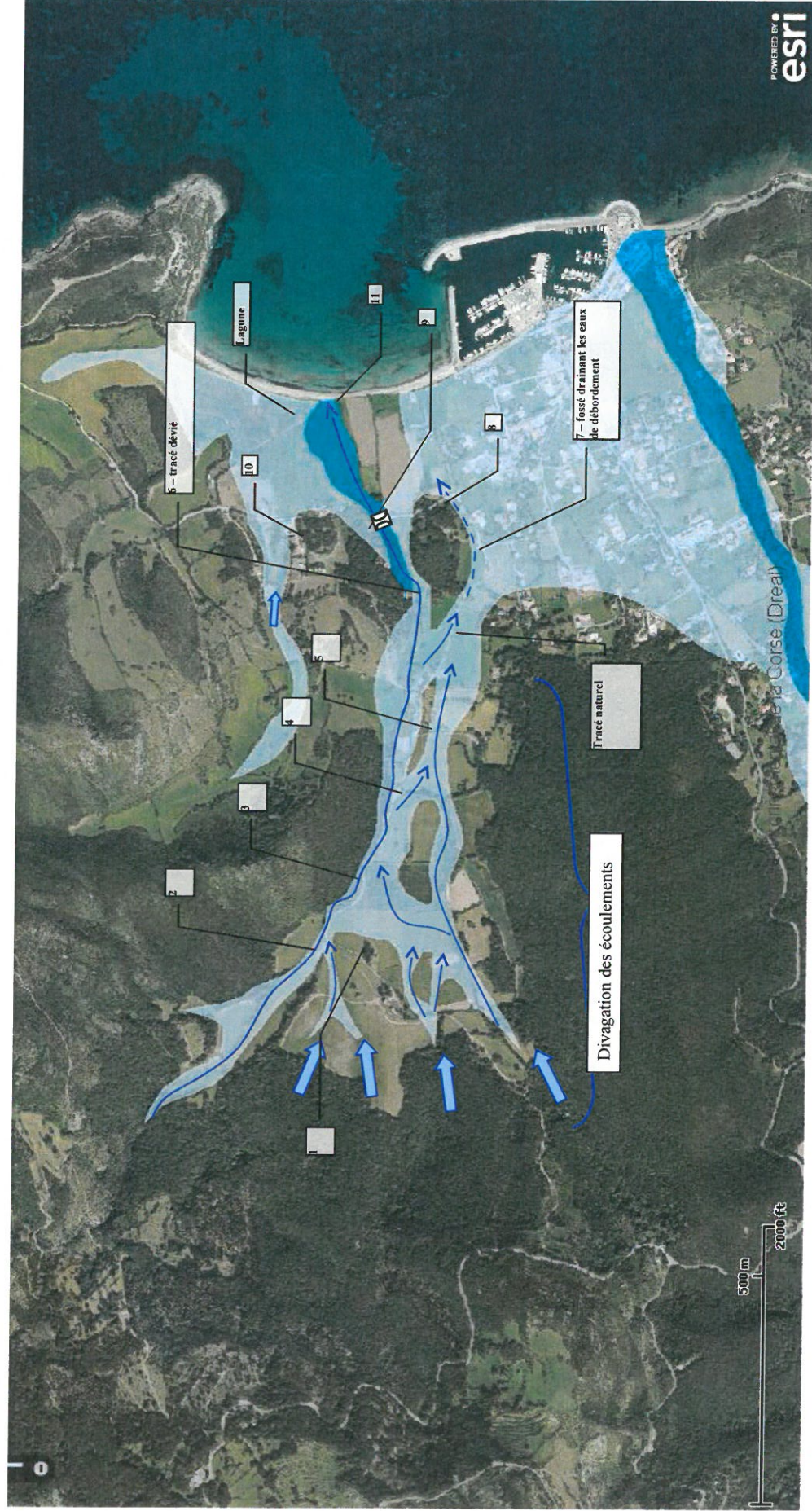


Figure 10 : Plan de synthèse de la visite de terrain du Molinello

.3.2 TÉMOIGNAGES

D'après les témoignages de la mairie et des riverains reçus lors de l'enquête de terrain, la commune de Rogliano aurait été touchée par des débordements du cours d'eau du Gioielli en 1993. Lors de cette crue :

- les parapets du pont auraient été emportés (point 1) ;
- des débordements du cours d'eau auraient été observés au niveau des premières maisons longeant le ruisseau (point 2) ;
- la partie aval du cours aurait inondée la partie urbanisée le long de la RD 80 (point 3) ;
- l'extrémité aval (au niveau du pont de la RD 80) aurait été entièrement inondée (point 4).

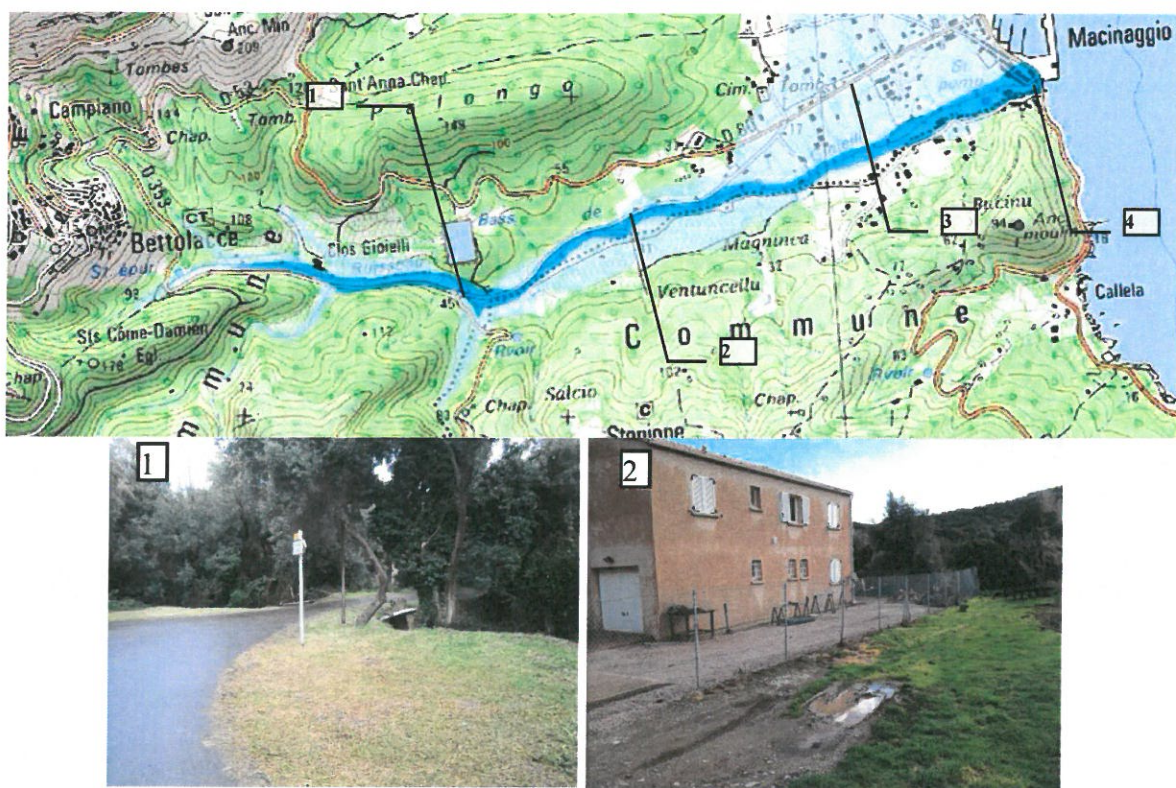




Figure 11 Localisation des informations obtenues sur la crue d'octobre 1993

Remarque : Nous ne disposons pas de données de débit ou de pluie³ pour cette crue. Les informations récoltées permettront de contrôler qualitativement la pertinence des résultats qui seront obtenus dans les phases futures.

.3.3 ETUDES DISPONIBLES

Un seul document traite du risque inondation sur les communes de Tomino et Rogliano : l'Atlas de zones inondables des départements de Haute-Corse et Corse du Sud Par approche hydrogéomorphologique », rédigé par Carex Environnement en mars 2003.

Les résultats et principes exposés dans ce chapitre sont issus de cette étude.

Concernant le Gioielli, ont retenu notre attention les remarques suivantes :

- la section d'écoulement est réduite au niveau du bassin de rétention ;
- entre le bassin de rétention et le commencement de la zone urbanisée, la pression agricole en rive droite et le remblai routier en rive gauche réduisent la section d'écoulement du lit, favorisant les débordements ;
- les débordements en zone urbaine sont importants, et rejoignent la zone inondable du Molinello. A noter l'existence d'une « crête » structurant les écoulements entre le Gioielli et le Molinello ;
- le cordon littoral limite l'évacuation des débits à l'exutoire lors des fortes crues.
- Les informations suivantes sur le profil en long du cours d'eau, le bassin versant et les débits ont été relevées :

³ Au pas de temps infrahoraire
SAFEGE-Unité MHY

Caractéristiques physiques

Longueur du cours d'eau (km)	4.36
Pente moyenne (m/m)	0.133
Superficie (km ²)	8.76

Données hydrologiques

DÉBIT	100 ans	10 ans	2 ans
Débit de pointe m ³ /s	40.3	15	6.5

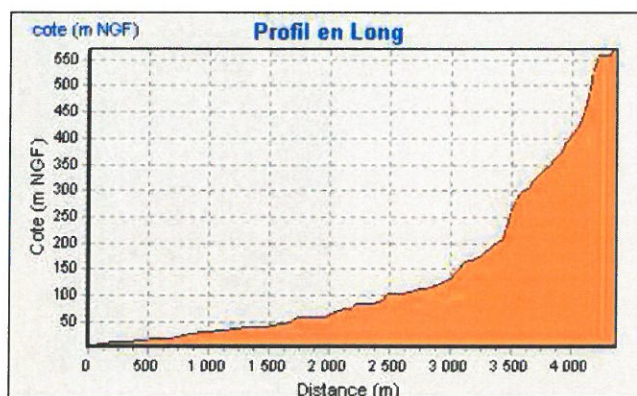


Figure12 : Données caractéristiques du Gioielli

Important : Les débits seront revus dans l'étude hydrologique.

Concernant le Molinello, ont retenu notre attention les remarques suivantes :

- entre la bergerie de San Giorgio et la zone urbanisée, les débordements et les érosions de berges sont prononcés ;
- les écoulements se répartissent entre deux talwegs ;
- les débordements en zone urbaine sont importants, et rejoignent la zone inondable du Gioielli. A noter l'existence d'une « crête » structurant les écoulements entre le Gioielli et le Molinello ;
- le cordon littoral limite l'évacuation des débits à l'exutoire lors des fortes crues.

Les informations suivantes sur le profil en long du cours d'eau, le bassin versant et les débits ont été relevées :

Caractéristiques physiques

Longueur du cours d'eau (km)	3.09
Pente moyenne (m/m)	0.13
Superficie (km ²)	4.87

Données hydrologiques

DÉBIT	100 ans	10 ans	2 ans
Débit de pointe m ³ /s	22	8.8	3.9

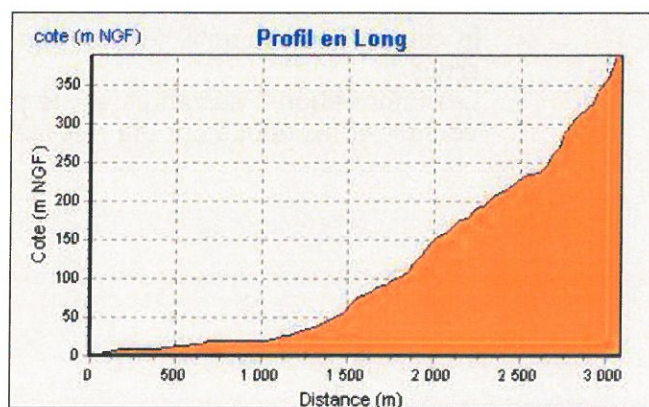


Figure 13 :Données caractéristiques du Molinello

Important : Les débits seront revus dans l'étude hydrologique.

.3.4 EVENEMENTS HISTORIQUES

D'après ses arrêtés de catastrophe naturelle, la commune de Rogliano a subi des Inondations et coulées de boue aux dates suivantes :

- du 4 au 6 novembre 2011 ;
- le 14 septembre 2006 ;
- du 31 au 2 novembre 1993 ;
- du 28 au 29 octobre 1985.

D'après ses arrêtés de catastrophe naturelle, la commune de Tomino a subi des Inondations et coulées de boue aux dates suivantes :

- le 14 septembre 2006 ;
- du 28 au 29 octobre 1985.

Sur ces événements, seules des informations sur la crue de 1993 ont été obtenues (lors des rencontres avec riverain). Il se peut que les inondations de 2006 et 2011 ne provinssent pas du Gioielli ou du Molinello.

On remarque que toutes les inondations sont survenues en automne.

4

ANALYSE DES ENJEUX

Les enjeux (géographiés ci-dessous) ont été définis d'après les documents d'urbanisme des communes de Rogliano et de Tomino disponibles fin 2012.

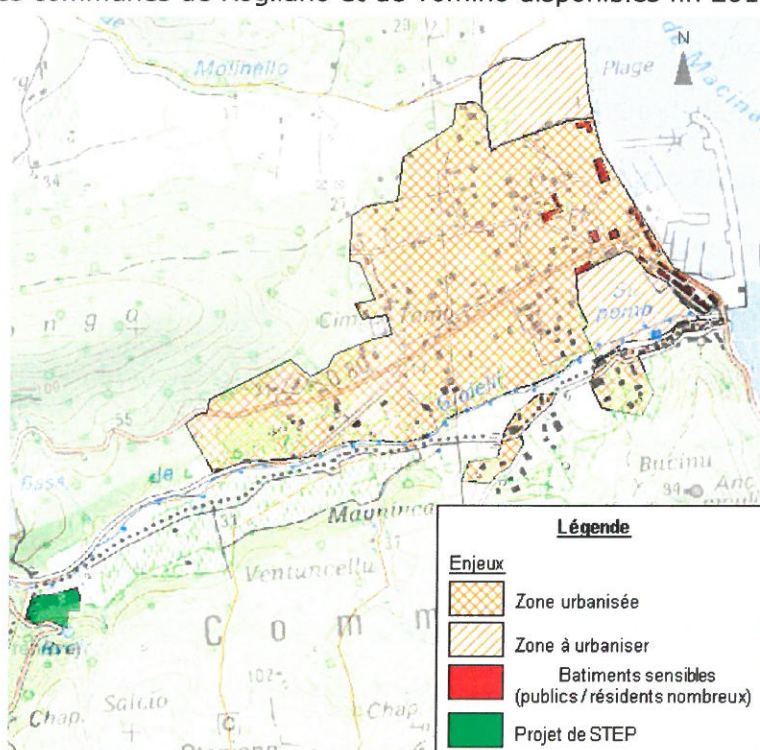


Figure14 : Carte des enjeux

D'après les analyses du terrain et des données d'entrées, les enjeux sont situés dans la partie la moins pentue des cours d'eau. La pression anthropique sur la largeur du lit mineur, l'urbanisation et le cordon littoral sont autant d'éléments favorisant les inondations dans ce secteur.

Les zones à urbaniser ont été considérées comme des zones urbanisées, puisqu'elles le seront prochainement.

5

ETUDE HYDROLOGIQUE

.5.1 GÉOLOGIE

Les sols des bassins versants du Gioielli et du Molinello sont majoritairement imperméables. Les rares surfaces perméables correspondent aux dépôts alluvionnaires récents (dont une grande partie est urbanisée) et les sols classés quaternaire indifférencié, qui correspondent à des terres cultivées ou couverte par le maquis. Le reste du bassin versant est constitué de roche assez peu fissurées ou stratifiées. La surface imperméabilisée du bassin versant est donc très importante.



Figure 15 : Carte géologique du secteur d'étude (source : site InfoTerre)

.5.2 DÉCOUPAGE EN BASSINS VERSANTS

Les bassins versants des deux cours d'eau ont été découpés en les sous bassins versants localisés ci-dessous :

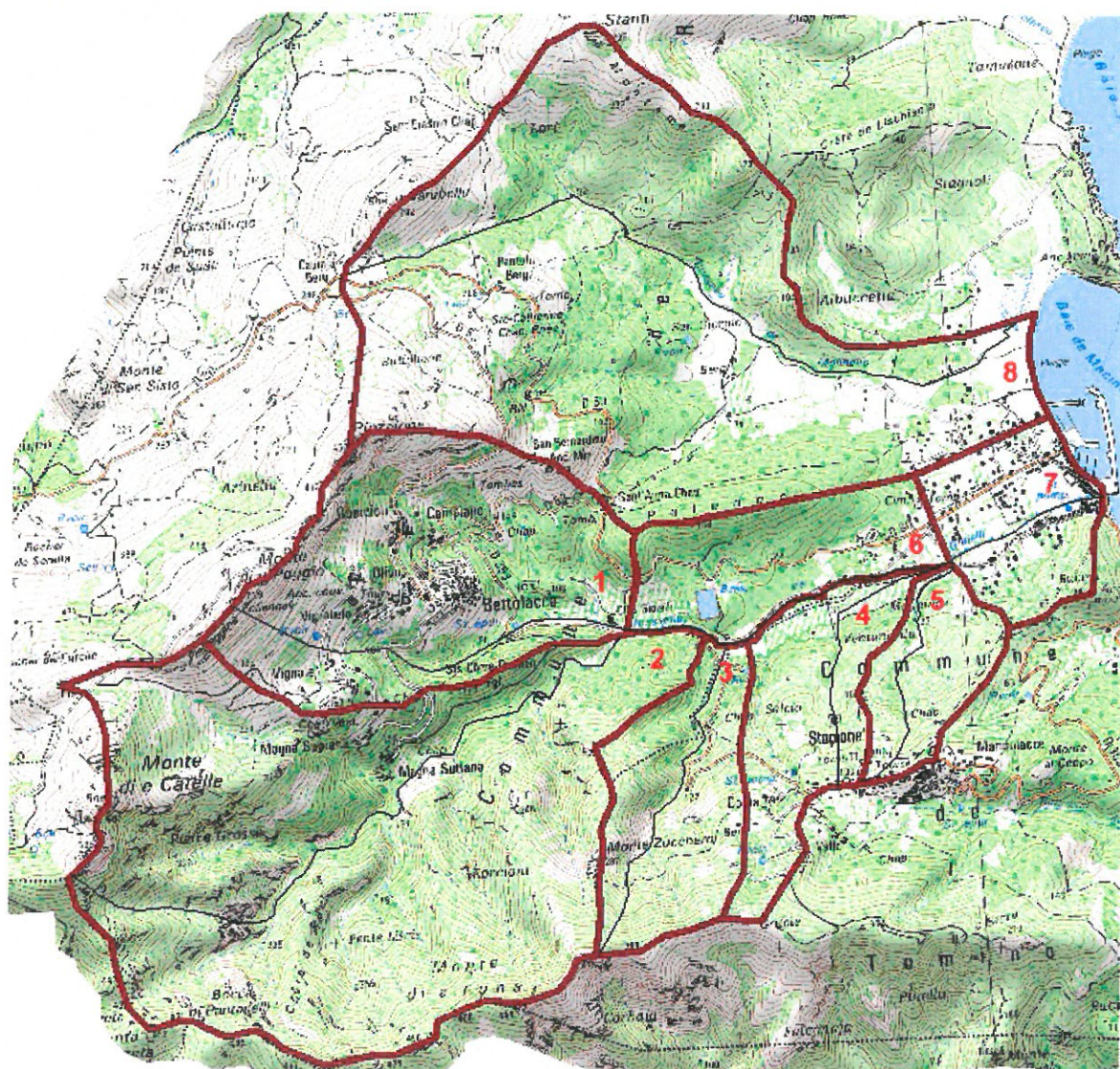


Figure 16 : Découpage en sous-bassins versants

BV	Numéro de BV	Surface BV (km²)	Plus long chemin hydraulique (km)	Pente moyenne	Pente moyenne pondérée
Gioielli amont	1	1.7	1.92	0.24	0.190
Gioielli RD av 1	2	3.7	3.32	0.14	0.080
Gioielli RD av 2	3	0.7	1.61	0.23	0.150
Gioielli RD av 3	4	0.7	1.30	0.14	0.130
Gioielli RD av 4	5	0.4	1.23	0.14	0.120
Gioielli central	6	0.7	1.59	0.02	0.020
Gioielli aval	7	0.5	0.77	0.03	0.030
Gioielli total		8.3	4.90	0.09	0.048
Molinello	8	3.9	3.58	0.07	0.040

Tableau 2 Découpage en bassins versants

La pente moyenne pondérée se calcule en découpant, dans un sous-bassin versant, le plus long linéaire en plusieurs tronçons de pente homogène. La pente pondérée de ce sous-bassin versant vaut alors :

$$Pente\ pondérée = \left(\frac{Longueur\ totale}{\sum_{i=1}^n L_i \sqrt{p_i}} \right)^2 \quad \text{Avec } n \text{ le nombre de tronçons de pente homogènes}$$

Cette pente est plus représentative que la pente moyenne pour les bassins versants où la pente varie fortement entre l'amont et l'exutoire.

5.3 DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

L'analyse hydrologique du Gioielli et du Molinello soulève les problèmes suivants :

- les bassins versants ont un temps de concentration inférieur à l'heure, et peu de données existent pour les courtes pluies ;
- les pluies en Corse sont très dépendantes de l'altitude et de la localisation, ce qui complexifie l'interprétation des données disponibles.

Afin de pallier à ces difficultés, nous avons relevé les données suivantes :

- coefficients de Montana de la station de Bastia pour des pluies infrahoraires et journalières ;
- cumul pluviométriques Shyreg aux centres des bassins versants du Gioielli et du Molinello.

Les données Shyreg, issues d'études d'Irstea, correspondent à une spatialisation des données pluviométriques prenant en compte les particularités météorologiques de la région (dont l'altimétrie et la topographie). Ces résultats sont intéressants pour la Corse où les pluies varient énormément en fonction de l'altitude. Par contre, ces résultats ne sont disponibles qu'à un pas de temps horaire.

Concernant les relevés des pluviomètres, la station de Bastia a été retenue car elle est la plus proche station pour laquelle des données infrahoraires sont disponibles. Il est néanmoins important de préciser que les données infrahoraires ne sont relevées que depuis 2005 et que la station se situe à une altitude de 10 m.

Ces données sont regroupées dans le tableau suivant :

	Données Shyreg		Données station
	Gioielli	Molinello	Bastia
Durée de la pluie (en h)	Cumul Pluviométrique (en mm)		
1	75.9	75.2	82.1
2	87.4	85.7	110.3
3	98.5	96.3	131.0
4	109.0	106.4	148.1
6	127.2	123.8	176.1
12	166.5	160.8	236.5
24	208.0	199.0	317.8
48	242.0	229.5	426.9
72	254.8	241.0	507.4

Tableau 3 Données pluviométriques

Malgré l'altitude basse de Bastia, les cumuls pluviométriques sont nettement plus importants que les cumuls Shyreg, notamment pour les pluies longues. Cela s'explique par le fait que les sommets des montagnes du Cap Corse sont moins élevés qu'ailleurs et retiennent donc moins les nuages transporté par le vent de l'est. Utiliser les données pluviométriques de Bastia pour le Gioielli et le Molinello revient donc à surestimer les pluies. Néanmoins, nous ne disposons pas de relevés plus proches pour les pluies de courte durée. Nous retiendrons donc l'approche suivante pour évaluer les pluies sur les bassins versants du Gioielli et du Molinello :

- détermination du temps de concentration des deux bassins versants (environ 1h dans le cas des bassins versants du Gioielli et du Molinello);
- Définition d'un coefficient correcteur correspondant au rapport des cumuls pluviométriques centennaux Shyreg du Gioielli et du Molinello avec les mêmes cumuls à Bastia, pour une durée d'une heure (correspondant au temps de concentration des bassins versants). Ce coefficient correcteur traduit la variabilité géographique des pluies (en termes de latitude et de longitude et d'altimétrie).
- Ajustement des cumuls infrahoraires du poste de Bastia par le coefficient correcteur pour définir la pluviométrie infrahoraire sur la zone d'étude

Cette approche permet de prendre en compte, dans la mesure du possible, l'importance de la durée de la pluie et de sa localisation. Seuls davantage de relevés pluviométriques permettraient d'affiner les estimations faites ici.

Nous n'effectuerons pas de comparaisons entre les débits que nous évaluerons sur le cap Corse avec ceux connus en dehors, car les dynamiques climatiques sont différentes.

Nous ne disposons pas d'autres études hydrologiques sur le cap Corse, ce qui aurait été utile pour comparer les résultats retenus.

Remarque : Après calcul des temps de concentration (voir chapitre suivant), les temps de concentration sont de l'ordre de l'heure. Les pluies retenues correspondent aux pluies tombées à Bastia, auxquelles un coefficient correcteur de 0.92 a été appliqué, correspondant au rapport entre les données Shyreg sur le Gioielli et au niveau de la

station de Bastia. Les différences sur les pluies entre le Gioielli et le Molinello sont très faibles : elles ont été négligées.

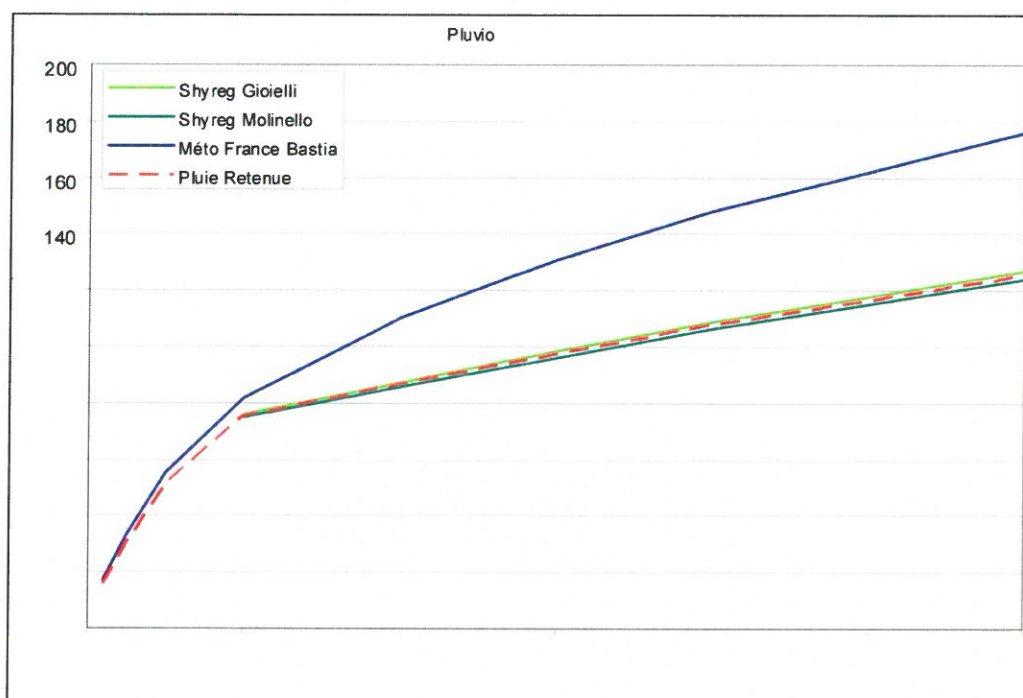


Figure 17 Pluies retenues pour l'étude

.5.4 DÉTERMINATION DE L'ÉVÉNEMENT DE RÉFÉRENCE

.5.4.1 Caractéristiques des bassins versants / hypothèses

Nous indiquons ici les caractéristiques des bassins versants retenues pour l'application des méthodes employées dans ce chapitre. Elles s'appuient sur les informations topographiques du « Tableau 2 Découpage en bassins versants », ainsi que sur l'appréciation du terrain par l'ingénieur.

.5.4.1.1 Temps de concentration

Le temps de concentration correspond à la durée que met la goutte d'eau tombée au point le plus éloigné du bassin versant pour parvenir à l'exutoire où l'on cherche à calculer le débit. Cette durée caractéristique est employée dans l'application des différentes méthodes hydrologiques.

Méthode	Formule	Données d'entrée
Méthode du cheminement hydraulique	$T_c = \frac{\text{Longueur}}{60 * \text{Max}(0.14, k \sqrt{p})}$	Tc temps de concentration en heures L longueur en m P pente K coefficient dépend de la nature des écoulements Cette formule s'applique sur des tronçons

		de pente homogène. Le temps de concentration total s'obtient en sommant les temps de concentration des tronçons successifs.
Giandotti	$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5 L}{0,8\sqrt{H_{\max} - H_{\min}}}$	Tc temps de concentration en heures A surface du bassin versant en km ² L longueur du plus long cheminement hydraulique en km H _{max} - H _{min} dénivelé du bassin versant
Passini	$T_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$	Tc temps de concentration en heures A surface du bassin versant en km ² L longueur du plus long cheminement hydraulique en km P pente moyenne sur le plus long cheminement en m/m
Ventura	$T_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$	Tc temps de concentration en heures A surface du bassin versant en km ² P pente moyenne sur le plus long cheminement en m/m

Tableau 4 Formules étudiées pour le calcul des temps de concentration

Nous avons retenu comme temps de concentration par bassin versant la moyenne des résultats de ces formules. Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Dénomination	Numéro de BV	Formule Ventura	Formule Passini	Formule Giandotti	Cheminement hydraulique	Temps moyen (en minutes)	Vitesses correspondantes (en m/s)
Gioielli amont	1	23	22	28	53	31	1.0
Gioielli RD av 1	2	52	53	45	139	72	0.8
Gioielli RD av 2	3	17	17	23	49	26	1.0
Gioielli RD av 3	4	17	17	28	45	27	0.8
Gioielli RD av 4	5	14	15	24	42	24	0.9
Gioielli central	6	41	44	71	67	56	0.5
Gioielli aval	7	34	30	67	67	49	0.3
Gioielli total		105	112	95	271	146	0.6
Molinello	8	75	78	83	214	113	0.5

Tableau 5 Temps de concentration

Remarque : Le « Gioielli total » correspond à l'ensemble du bassin versant du Gioielli.

Le calcul du cheminement hydraulique aboutit, sur le Gioielli et le Molinello, à des temps de concentrations plus importants que l'application des autres formules. Néanmoins, cette approche se base sur des principes plus physiques (tandis que les autres formules découlent d'observations et de déductions empiriques). Le temps obtenu par le calcul du chemin hydraulique est intégré au calcul de la moyenne du temps de concentration.

La colonne vitesses correspondantes indique la vitesse moyenne des écoulements sur le bassin versant. Ces valeurs sont satisfaisantes. Sans l'intégration de la méthode du cheminement hydraulique, elles seraient plus fortes et moins réalistes.

.5.4.1.2 Temps de réponse ou lag time

Le temps de réponse, ou lag time, correspond à la durée que les eaux mettent à se propager dans un bassin versant. Cette variable est employée lors de l'application de la méthode du SCS (Soil Conservative System). Elle est généralement égale à 0.6 fois le temps de concentration. Nous appliquerons également cette formule.

Dénomination	Temps de concentration (en min)	Temps de réponse ou lag time (min)
Gioielli amont	31	19
Gioielli RD av 1	72	43
Gioielli RD av 2	26	16
Gioielli RD av 3	27	16
Gioielli RD av 4	24	14
Gioielli central	56	33
Gioielli aval	49	30
Gioielli total	146	87
Molinello	113	68

Tableau 6 Temps de réponses

.5.4.1.3 Coefficients de ruissellement

Le coefficient de ruissellement d'une surface est employé dans la méthode rationnelle. Ce coefficient représente, sur une surface donnée, la part de pluie qui ruissellera sur cette surface et s'accumulera à l'exutoire de cette surface. Le reste de la lame d'eau tombant sur cette surface s'infiltre dans le sol, est retenue par la végétation, s'évapore, etc... Cette variable dépend du couvert du sol (urbain, végétation), de la nature géologique du sol et des pentes du terrain.

Les types de terrains ont été divisés en 5 catégories :

- Surfaces boisées (pentes moyennes) :
 - Coefficient de 0.45 pour un événement centennal;
 - Coefficient de 0.25 pour un événement décennal;
- Surfaces urbanisées (pente faible) :
 - Coefficient de 0.9 pour tout type d'évènement
- Surfaces Découvertes (végétation rase, pentes moyennes) :
 - Coefficient de 0.6 pour un événement centennal;
 - Coefficient de 0.4 pour un événement décennal;
- Surfaces montagneuses (couvert rocheux, pentes fortes) :
 - Coefficient de 0.8 pour un événement centennal;
 - Coefficient de 0.6 pour un événement décennal;
- Surfaces autres (couvert végétal léger, pentes moyennes) :
 - Coefficient de 0.5 pour un événement centennal;
 - Coefficient de 0.3 pour un événement décennal.

La géologie étant semblable suivant les différentes surfaces, il n'a pas été fait de différence suivant la nature géologique du sol.

Sur la base de ces valeurs, on calcule les coefficients de ruissellement par sous-bassins versants. Ils sont donnés dans les tableaux suivants:

Dénomination	Numéro de BV	Surface boisée	Surface urbanisée	Surface découverte	Surface montagneuse	Surface autre (couvert végétal léger)	Coefficient ruissellement moyen 100 ans
Gioielli amont	1	0.93	0.08	0.06	0.13	0.40	0.52
Gioielli RD av 1	2	0.87	0.02	0.01	2.32	0.50	0.68
Gioielli RD av 2	3	0.16	0.00	0.02	0.54	0.00	0.22
Gioielli RD av 3	4	0.20	0.01	0.14	0.00	0.32	0.51
Gioielli RD av 4	5	0.28	0.00	0.03	0.00	0.06	0.42
Gioielli central	6	0.42	0.00	0.11	0.00	0.12	0.49
Gioielli aval	7	0.02	0.11	0.17	0.00	0.25	0.61
Gioielli total		2.91	0.22	0.53	2.98	1.65	0.61
Molinello	8	2.21	0.03	0.63	0.51	0.42	0.53

Tableau 7 Coefficient de ruissellement par sous-bassin- versant pour un événement centennal

Dénomination	Numéro de BV	Surface boisée	Surface urbanisée	Surface découverte	Surface montagneuse	Surface autre (couvert végétal léger)	Coefficient ruissellement moyen 10 ans
Gioielli amont	1	0.93	0.08	0.06	0.13	0.40	0.33
Gioielli RD av 1	2	0.87	0.02	0.01	2.32	0.50	0.41
Gioielli RD av 2	3	0.16	0.00	0.02	0.54	0.00	0.45
Gioielli RD av 3	4	0.20	0.01	0.14	0.00	0.32	0.29
Gioielli RD av 4	5	0.28	0.00	0.03	0.00	0.06	0.27
Gioielli central	6	0.42	0.00	0.11	0.00	0.12	0.31
Gioielli aval	7	0.02	0.11	0.17	0.00	0.25	0.52
Gioielli total		2.91	0.22	0.53	2.98	1.65	0.48
Molinello	8	2.21	0.03	0.63	0.51	0.42	0.32

Tableau 8 Coefficient de ruissellement par sous-bassin- versant pour un événement décennal

.5.4.1.4 Curve Number et rétention maximale

Le *Curve Number* est une variable traduisant la capacité de rétention du bassin versant. Plus cette variable est forte, moins la capacité de rétention du bassin versant sera importante, et plus les débits seront élevés. Ce coefficient dépend des mêmes facteurs que le coefficient de ruissellement. Pour cette raison, les bassins versants ont été divisés suivant les mêmes catégories :

- Surfaces boisées (pentes moyennes) : coefficient de 75 ;
- Surfaces urbanisées (pente faible) : coefficient de 88 ;
- Surfaces Découvertes (végétation rase, pentes moyennes) : coefficient de 77 ;
- Surfaces montagneuses (couvert rocheux, pentes fortes) : coefficient de 84 ;
- Surfaces autres (couvert végétal léger, pentes moyennes) : coefficient de 80.

La capacité de rétention maximale traduit la lame d'eau maximale qu'un bassin versant peut retenir. Dans cette méthode, elle s'évalue par la formule

$$\text{Capacité rétention max imale} = \frac{25400 - 254 \text{ CN}}{\text{CN}}$$

Sur la base de ces valeurs, on calcule les Curve Number par sous-bassins versants. Ils sont donnés dans le tableau suivant :

Dénomination	Numéro de BV	Surface boisée	Surface urbanisée	Surface découverte	Surface montagneuse	Surface autre (couvert végétal léger)	Curve Number	Capacité de rétention maximale (en mm)
Gioielli amont	1	0.99	0.08	0.06	0.13	0.40	77.4	74.1
Gioielli RD av 1	2	0.87	0.02	0.01	2.32	0.50	81.1	69.1
Gioielli RD av 2	3	0.16	0.00	0.02	0.54	0.00	81.5	57.7
Gioielli RD av 3	4	0.20	0.01	0.14	0.00	0.32	77.8	72.4
Gioielli RD av 4	5	0.26	0.00	0.03	0.00	0.06	75.9	60.8
Gioielli central	6	0.42	0.00	0.11	0.00	0.12	76.1	79.9
Gioielli aval	7	0.00	0.11	0.17	0.00	0.25	80.5	61.2
Gioielli total		2.91	0.22	0.53	2.98	1.65	76.9	76.1
Molinello	8	2.21	0.03	0.63	0.51	0.47	79.5	65.6

Tableau 9 Curve Number et capacité de rétention maximale par sous-bassin- versant

5.4.2 Méthode rationnelle

Source bibliographique *Recommandation pour l'Assainissement Routier.*

LCPC - SETRA - Ministère des Transports - Direction des Routes - 1982.

Le débit de pointe est donné par la relation suivante :

$$Q(F) = C.i(F,t).A$$

Avec C : Coefficient de ruissellement instantané (sans unité),
i (F,t) : Intensité moyenne de la pluie en fonction de la durée t et de la fréquence F de cette pluie
A : Surface du bassin
Q(F) : Débit de pointe de fréquence F

Les coefficients de ruissellement ont été donnés « Tableau 5 Temps de concentration ».

La formule précédente n'est valable que lorsque la durée t de la pluie est égale au temps de concentration du bassin versant. Lorsque la pluie est plus longue que le temps de concentration, l'intensité pluviométrique est plus faible, et le débit n'est pas le débit maximum pour cette occurrence sur le bassin versant considéré.

Nous retiendrons pour l'application de la méthode rationnelle la pluie suivante :

- sur le Gioielli, pluie de durée égale au temps de concentration du bassin versant global du cours d'eau ;
- sur le Molinello, pluie correspondant au temps de concentration du seul bassin versant considéré.

Les Gioielli et Molinello étant indépendants, les débits de pointe sont calculés en considérant des pluies maximisant les débits aux exutoires de ces cours d'eau. Ils sont résumés dans le tableau suivant :

Résultats de la méthode rationnelle		
Cours d'eau	Molinello	Gioielli
Débit décennal en (m ³ /s)	18	28
Débit spécifique décennal (en m ³ /s/km ²)	4.6	3.4
Débit pseudo-spécifique décennal (en m ³ /s/km ^{1.6})	6.1	5.2
Débit centennal en (m ³ /s)	32	64
Débit spécifique centennal (en m ³ /s/km ²)	8.3	7.7
Débit pseudo-spécifique centennal (en m ³ /s/km ^{1.6})	10.9	11.7

Tableau 10 Résultats de l'application de la méthode rationnelle à l'exutoire du Gioielli et du Molinello

5.4.3 Méthode du double réservoir linéaire

Principe du simple réservoir linéaire :

La méthode du simple réservoir linéaire revient à assimiler le bassin versant à un bassin de stockage dans lequel arrive la pluie et dont le débit de fuite représente le débit ruisselé à l'exutoire :

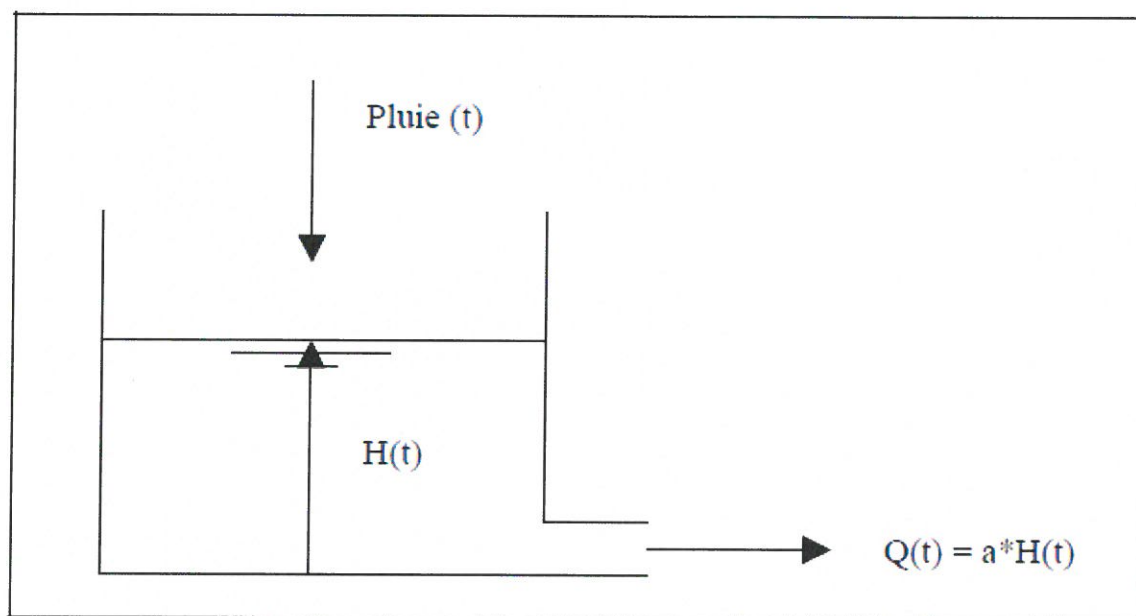


Figure 18 : Schéma de principe de la méthode du simple réservoir linéaire

Les bassins versants peuvent être vus comme des réservoirs qui temporisent l'arrivée des pluies de façon linéaire en stockant une partie du volume tombant et en restituant un débit de sortie proportionnel au volume stocké.

Ces deux hypothèses se traduisent par ces équations :

- conservation du volume : $V(t) = KQ_s(t)$
- linéarité du débit de sortie en fonction du volume retenu dans le bassin :

$$\frac{dV(t)}{dt} = Q_e(t) - Q_s(t)$$

Avec t le temps, V le volume stocké dans le réservoir, Q_e et Q_s respectivement les débits entrant et sortant du bassin, K le coefficient de linéarité, homogène à une durée, généralement appelé temps de réponses.

L'intégrale de ces deux équations donne la relation suivante du débit de sortie :

$$Q_s(t) = Q_0 \cdot \exp\left(\frac{-(t - t_0)}{K}\right) + \frac{1}{K} \int_0^t Q_e(u) \cdot \exp\left(\frac{-(t - u)}{K}\right) \cdot du$$

Avec Q_0 le débit entrant à l'instant initial. Il est pris nul dans le cas les pluies antérieures sont négligées.

La discrétisation de cette équation donne :

$$Q_s(t+dt) = \frac{dt}{2K+dt} Q_e(t+dt) + \frac{dt}{2K+dt} Q_e(t) + \frac{2K-dt}{2K+dt} Q_s(t)$$

Le temps de réponse a été évalué au chapitre .5.4.1.2.

Les débits entrants dans le réservoir sont calculés suivant la méthode rationnelle (sur la base des mêmes coefficients de ruissellement). Cette méthode permet d'obtenir des hydrogrammes en fonction des pluies retenus.

Principe du double réservoir linéaire :

La méthode **du double réservoir linéaire** consiste à appliquer deux fois la méthode précédente (en considérant deux bassins successifs dont le temps de réaction de chacun est égal à la moitié du temps de réaction global). Cela revient à considérer que le stockage s'effectue en deux temps. Cette méthode est généralement appliquée aux bassins versants ruraux, où les dépressions et la propagation lente des eaux de pluies augmentent l'effet du stockage et le temps de réponse. C'est cette méthode là que nous avons appliqué, plus cohérente avec la topographie de nos bassins versants.

Pluies retenues :

La méthode a été appliquée à plusieurs pluies de type doubles triangles. Ces pluies ont été construites sur la base des coefficients de Montana de la station de Bastia, multiplié par un coefficient correcteur (cf chap. 2.4). Des pluies de type *double triangle* ont été testées, avec des durées intenses de 30, 60, 90 et 120 minutes, et des durées de base de 120, 180, et 240 minutes.

Résultats obtenus :

Le tableau suivant présente les résultats maximums obtenus aux exutoires du Gioielli et du Molinello :

Résultats de la méthode du double réservoir linéaire		
Cours d'eau	Molinello	Gioielli
Débit décennal en (m ³ /s)	12	32
Débit spécifique décennal (en m ³ /s/km ²)	3.1	3.9
Débit pseudo-spécifique décennal (en m ³ /s/km ^{1.6})	4.0	6.0
Débit centennal en (m ³ /s)	31	67
Débit spécifique centennal (en m ³ /s/km ²)	8.1	8.1
Débit pseudo-spécifique centennal (en m ³ /s/km ^{1.6})	10.6	12.4

Tableau 11 Résultats de l'application de la méthode du double réservoir linéaire à l'exutoire du Gioielli et du Molinello

Remarque : Les débits maximums sont obtenus pour une durée de pluie intense de 30 min pour une durée de base de 4 h.

Ces résultats sont très proches que ceux obtenus par application de la méthode rationnelle.

5.4.4 Méthode du SCS (Soil Conservative System) intégrée à un modèle Pluie-Débit

Un modèle *Pluie Débit* a été construit sur le logiciel *HEC-HMS* pour analyser comment des pluies homogènes se propageaient sur l'ensemble des bassins versants. Cet outil permet de mieux intégrer la propagation des hydrogrammes pour diverses durée de pluie, les crues concomitantes, etc...

La méthode utilisée pour la transformation de la pluie brute (précipitée) en pluie nette (ruisselée) et la construction des hydrogrammes est du type « **hydrogramme unitaire SCS** (Soil Conservation Service) ». Cette méthode permet dans un premier temps le calcul du volume d'eau ruisselé, via le coefficient CN (Curve Number), et dans un second temps la construction d'un hydrogramme unitaire.

La méthode SCS-CN estime la pluie ruisselée comme une fonction de la pluie totale précipitée, de l'occupation du sol, de la géologie et du taux d'humidité initial, à partir de l'équation suivante :

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Où:

Pe= ruissellement à l'instant t

P= pluie totale à l'instant t

Ia = pertes initiales

S = rétention potentielle maximale, qui mesure la capacité du bassin versant à retenir et stocker les précipitations.

Le ruissellement ne se produit donc qu'à partir du moment où le cumul des précipitations P dépasse les pertes initiales Ia.

Le SCS a développé une relation empirique liant Ia à S à partir de l'analyse des résultats de nombreux petits bassins versants :

$$I_a = 0.2 S$$

Par conséquent, à l'instant t, la quantité d'eau ruisselée est:

$$P_e = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S}$$

Le ruissellement pour un intervalle de temps est calculé comme la différence entre les ruissellements cumulés au début et à la fin de la période.

La capacité de rétention maximale S est reliée aux caractéristiques du bassin versant par l'intermédiaire d'un coefficient CN (Curve Number)

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

Les valeurs de CN sont comprises entre 30 (pour les sols perméables à taux élevé d'infiltration) à 100 (pour les masses d'eau).

Différentes pluies homogènes sur tous les bassins versants ont été injectées dans le modèle hydrologique, découpé en bassin versant comme indiqué à la « Figure 16 : Découpage en sous-bassins versants », p

On remarquera que le Molinello n'est pas découpé en sous-bassin versant. Les résultats présentés dans ce chapitre correspondent simplement à l'application de la méthode SCS sur le bassin versant du Molinello.

Des pluies homogènes de durées comprises entre 6 min et 1 h 30 ont été testées. Les débits maximums aux exutoires correspondent à une pluie de 54 minutes.

Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau suivant :

Résultats de la méthode SCS		
Cours d'eau	Molinello	Gioielli
Débit centennal en (m ³ /s)	31	83
Débit spécifique centennal (en m ³ /s/km ²)	7.9	10.0
Débit pseudo-spécifique centennal (en m ³ /s/km ^{1.6})	10.4	15.2

Tableau 12 Résultats de l'application de la méthode SCS à l'exutoire du Gioielli et du Molinello

Les résultats sont du même ordre qu'avec les méthodes rationnelles et du double réservoir linéaire.

5.4.5 Méthode du Gradex

La méthode du Gradex consiste à estimer un *débit pivot*, généralement supposé d'occurrence décennale, et à supposer que, pour les événements plus rares, l'intégralité de la pluie qui tombe, ruisselle et se retrouve à l'exutoire du bassin versant.

Il faut donc connaître : le débit décennal, les pluies décennales et centennales pour la durée correspondant au temps de concentration des bassins versants étudiés, ainsi que la surface de ces bassins versants.

Les méthodes *Crupeidix* et *Socose*, fréquemment utilisées pour l'estimation des crues décennales, ont été écartées car elles sont basées sur l'exploitation de données de bassins versant plus grands, et retranscrivent mal les pluies brèves et intenses pouvant se produire dans le secteur d'étude.

Le débit de pointe décennal retenu est le maximum des débits de pointe obtenu avec les méthodes rationnelle et du double réservoir linéaire.

L'application de la méthode du Gradex aux Gioielli et au Molinello donne les résultats suivants :

Résultats de la méthode du Gradex		
Cours d'eau	Molinello	Gioielli
Débit centennal en (m ³ /s)	42	78
Débit spécifique centennal (en m ³ /s/km ²)	10.8	9.5
Débit pseudo-spécifique centennal (en m ³ /s/km ^{1.6})	14.2	14.4

Tableau 13 Résultats de l'application de la méthode du Gradex à l'exutoire du Gioielli et du Molinello

.5.4.6 Synthèse des résultats

Synthèse des résultats (débits centennaux en m ³ /s)		
Méthode \ Cours d'eau	Molinello	Gioielli
Rationnelle	32	64
Double réservoir linéaire	31.2	67.2
SCS	30.5	82.8
Gradex	42	78
Maximum retenu	42	83
Débit spécifique centennal retenu (en m ³ /s/km ²)	10.8	10.0
Débit pseudo-spécifique centennal retenu (en m ³ /s/km ^{1.6})	14.1	15.2

Tableau 14 Synthèses des résultats hydrologiques

Les caractéristiques géographiques des bassins versants sont rappelées ici pour faciliter l'analyse des résultats.

BV	Numéro de BV	Surface BV (km ²)	Plus long chemin hydraulique (km)	Pente moyenne
Gioielli total		8.3	4.90	0.09
Molinello	8	3.9	3.58	0.07

Tableau 15 Rappel des caractéristiques des bassins versants

Dans l'ensemble, les méthodes donnent des résultats assez proches. Pour le Molinello, la méthode du Gradex aboutit à un débit sensiblement plus important que les autres méthodes. Nous retiendrons quand même la méthode du Gradex pour le Molinello, car les débits spécifiques correspondant sont des valeurs réalistes et cohérentes avec celles du Gioielli.

Nous retiendrons les résultats obtenus maximums, soit l'application de la méthode du double réservoir linéaire et du Gradex respectivement pour le Gioielli et le Molinello.

.5.5 DÉBITS RETENUS POUR L'ÉVÉNEMENT DE RÉFÉRENCE

La modélisation d'une crue avec comme hydrogrammes d'entrées ceux obtenus par la méthode du double réservoir linéaire a permis d'analyser les *phénomènes transitoires*.

Il existe deux types de phénomènes transitoires :

- L'écrêtement des crues, qui correspond à un stockage du volume de crues dans des dépressions, en amont de remblais, dans des zones d'expansion de crues prévues à cet effet, dans des secteurs ne participant pas aux écoulements (les vitesses deviennent nulles après leurs remplissages).
- La propagation de l'onde de crue. Lors du déroulement d'une crue, les niveaux d'eau montent peu à peu dans le lit mineur puis majeur des cours d'eau. Lors de la montée de la crue, le débit en amont augmente de plus en plus, mais les niveaux d'eau augmentant également en aval peuvent freiner la propagation de ce débit et le diminuer. Ce phénomène est d'autant plus important que les pentes du cours d'eau sont faibles (lorsque le régime d'écoulement est fortement fluvial).

Pour le Gioielli et le Molinello, il n'y a pas assez de volume disponible permettant l'écrêtement des crues. D'autre part, les pentes fortes avant l'arrivée dans la zone urbanisée ne permettent pas de diminution du débit de pointe lors de la propagation de l'onde de crue. Ainsi, les phénomènes transitoires ne réduisent pas les débits de pointe.

Sont affichés ici uniquement les débits de pointes, l'évolution du débit dans le temps n'influençant pas les résultats. Les débits injectés pour la crue de référence sont indiqués dans le tableau suivant (le numéro des sources est indiqué sur la carte) :

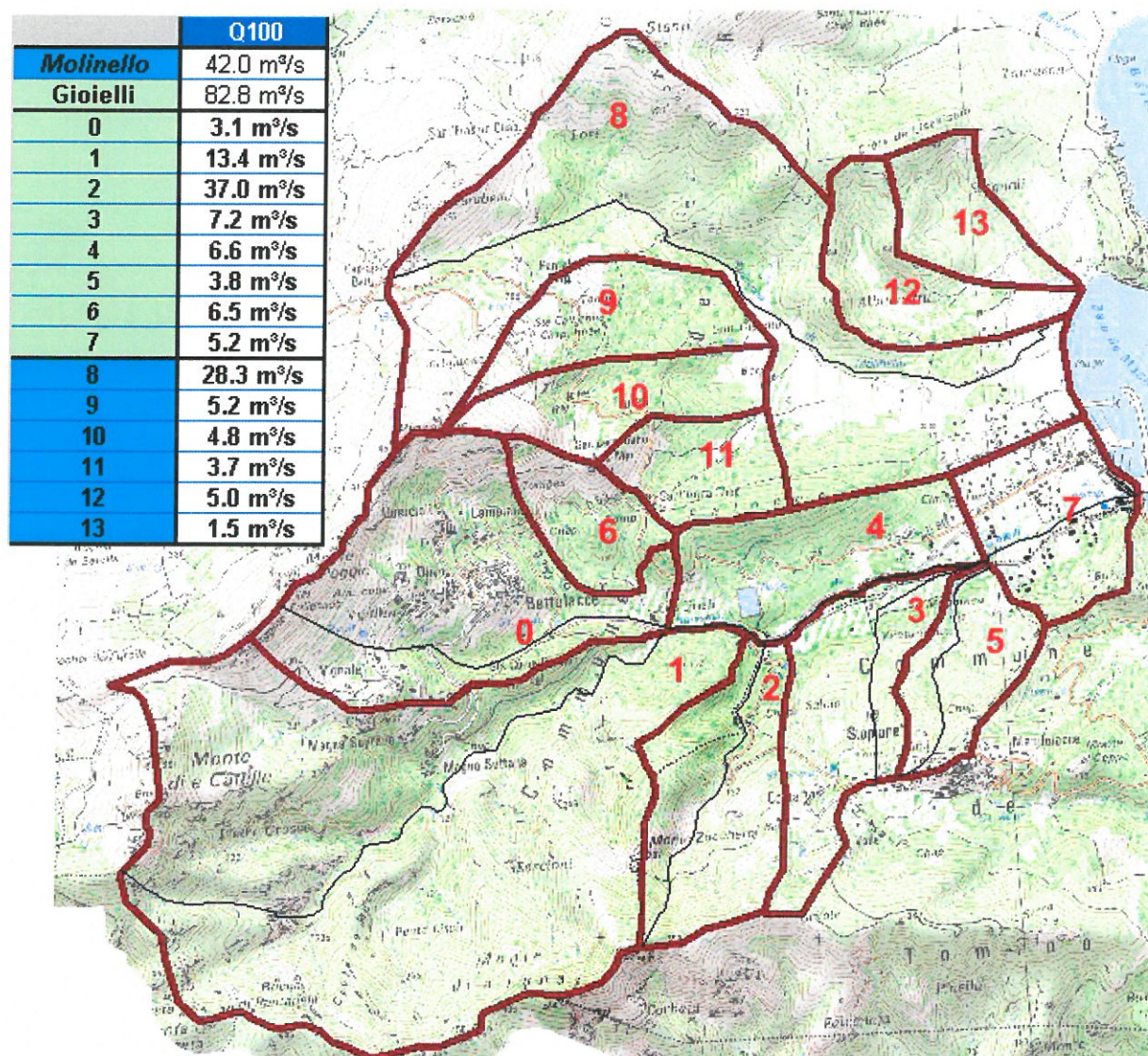


Figure 19 : Débits de pointe injectés dans le modèle hydraulique

Par rapport à l'analyse hydrologique, d'autres sous-bassins versants ont été ajoutés afin de mieux représenter les phénomènes hydrauliques (en injectant des débits en davantage de points). Les débits de pointes des sous-bassins versants ont été déterminés en supposant le débit spécifique constant sur l'ensemble du bassin versant (ce qui revient à supposer les débits de pointes des sous-bassins versants proportionnels à leur surface).

6

ETUDE HYDRAULIQUE

.6.1 DESCRIPTION DE L'OUTIL ET DES DONNÉES

Les écoulements pour la rupture ont été modélisés avec le logiciel TELEMAC 2D. Ce logiciel résout les équations de Barré Saint-Venant suivant la méthode des éléments finis appliquée à un maillage triangulaire, c'est-à-dire à une discrétisation spatiale de l'emprise modélisée en triangles de dimensions variables. L'altitude des mailles est calculée à partir des données topographiques.

Les données hydrologiques retenues sont celle exposées au chapitre.

Le **niveau de la mer** simulé pour l'étude est de **1 m NGF durant toute la crue**.

Les données topographiques utilisées sont :

- pour le lit majeur, des données de type LIDAR, d'une densité d'un point tous les mètres ;
- pour le lit mineur, des relevés terrestres d'une soixantaine de profils en travers ainsi que les levés des ouvrages de franchissement du cours d'eau.

Remarque : pour les levés LIDAR, la végétation particulièrement dense sur une partie des rives des cours d'eau (hors secteurs urbains) ne permettait pas de déduire le niveau du terrain naturel sur ces secteurs. Ces sites étaient également inaccessibles à pied, rendant impossible tout relevé terrestre sans défrichement. Ces secteurs ont été traités en interpolant les niveaux du terrain naturel à partir des données connues voisines.

.6.2 MAILLAGE

Le maillage est triangulaire. Dans le lit majeur, la longueur des arêtes des triangles varient de 20 m dans les secteurs non construits peu sensibles à 5 m au niveau des points clés (remblais, axes d'écoulements privilégiés, secteurs urbanisés, etc...). Les lits mineurs sont discrétisés en 6 mailles dans la largeur. Les mailles sont étirées suivant le sens du courant, et mesurent de 3 à 6 m de l'amont vers l'aval. Au total, l'emprise étudiée est divisée en 100 000 mailles.

Le niveau du terrain naturel des mailles a été interpolé à partir des données Lidar en lit majeur et à partir des profils terrestres en lit mineur. La topographie du lit mineur a du être traitée via un *Système d'Information Géographique* pour reconstituer la topographie de tout le lit mineur à partir des profils en travers relevés.

Les ouvrages sont paramétrés directement sous Telemac 2D.

Ci-dessous est visible, à titre indicatif, une vue du *Modèle Numérique de Terrain* retenu pour les calculs (avec la densité du maillage utilisé sous Telemac 2D) :

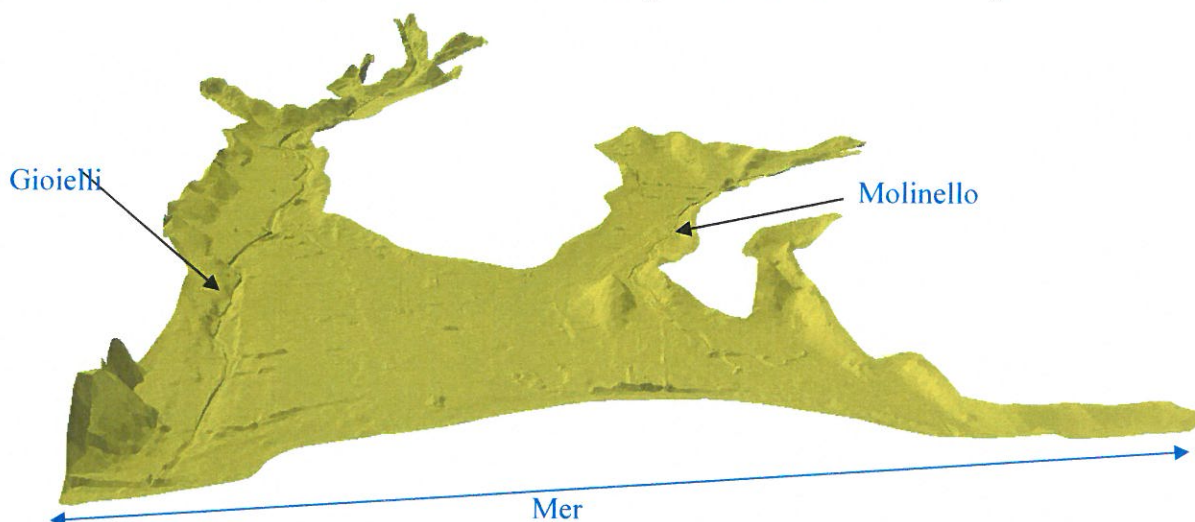


Figure 20 : Modèle numérique de terrain obtenu sur le maillage utilisé pour les calculs hydrauliques

.6.3 RUGOSITÉ

La rugosité est une caractéristique d'un matériau définissant ses pertes de charge linéaires lors d'un écoulement en charge ou à surface libre. La rugosité est définie par le coefficient K intervenant dans la formule de Manning-Strickler qui donne l'expression de la vitesse moyenne en régime uniforme.

La rugosité est représentée par les coefficients de Manning-Strickler, Manning étant l'inverse du Strickler.

La rugosité du sol a été exprimée suivant une *loi de Strickler*, dans les coefficients ont été adaptés à la nature du sol. Les valeurs retenues sont les suivantes :

- $10 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ pour les surfaces boisées ;
- $15 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ pour les surfaces découvertes ;
- $25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ pour le lit mineur ;
- $50 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ pour les routes principales.

L'image ci-dessous résume ces informations :

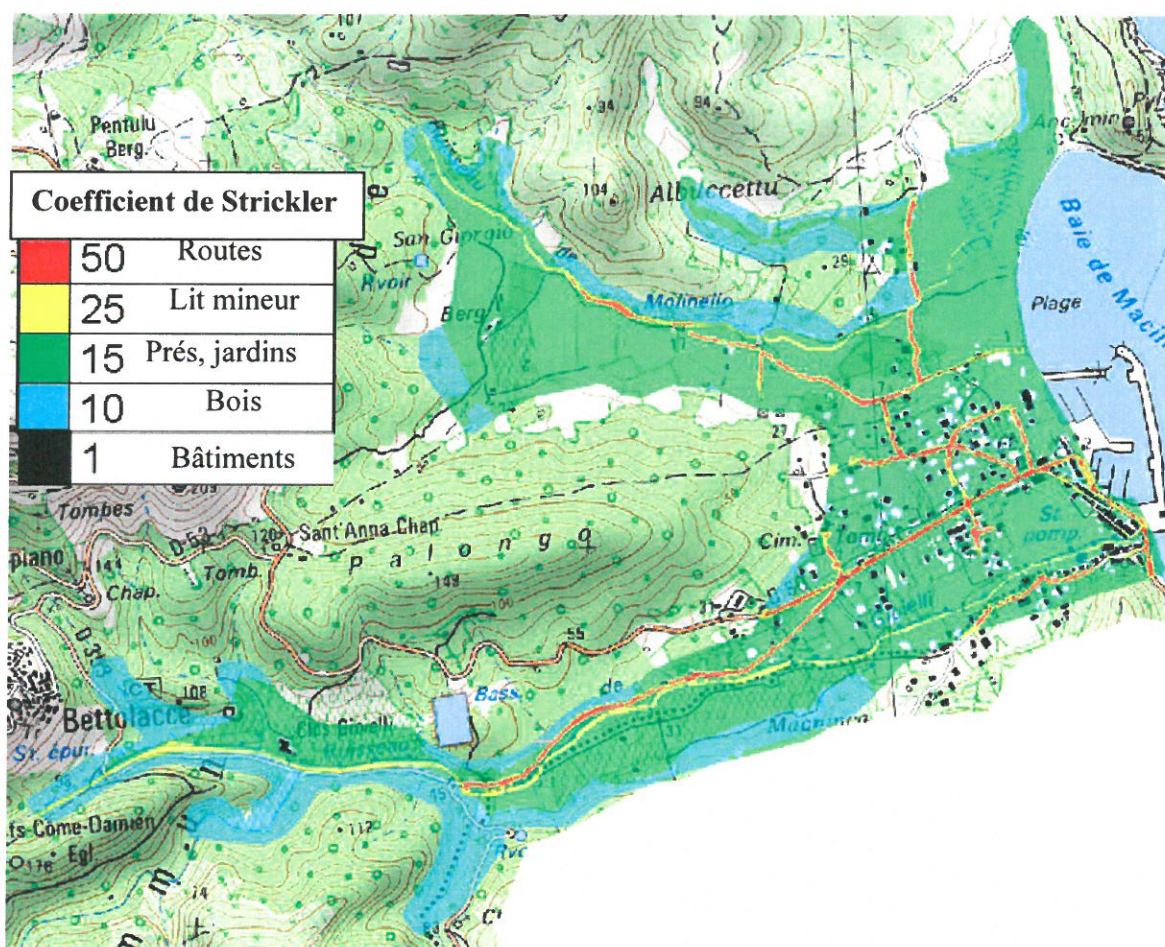


Figure 21 Coefficients de Strickler utilisés pour les calculs hydrauliques

Remarque : Les écoulements au travers des bâtiments ont été représentés en donnant aux bâtiments une rugosité très faible, de $1 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$. Cela revient à permettre dans le modèle la transition d'eau au travers des bâtiments avec de très faibles vitesses.

.6.4 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

.6.4.1 Débordements du Gioielli

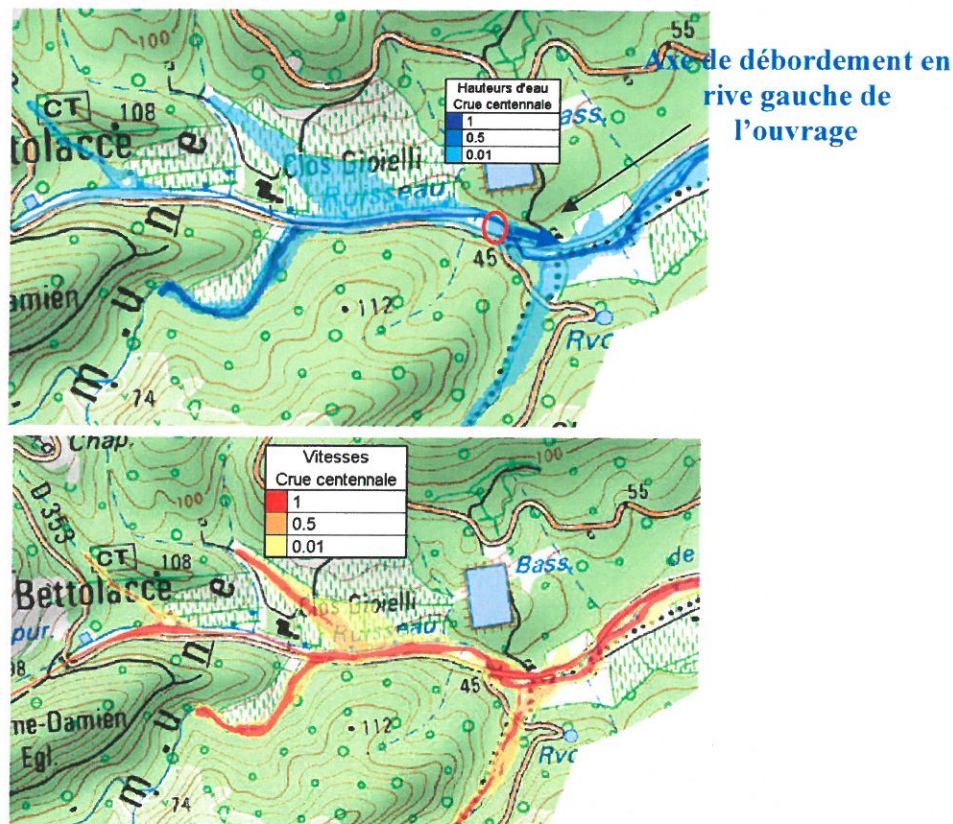


Figure 22 : Emprise des débordements amont du ruisseau Gioielli

En amont, le lit Gioielli est très encaissé. La zone inondable s'étend peu, mais les vitesses et les hauteurs atteignent des valeurs importantes, pouvant respectivement aller jusqu'à 3 m/s et 2.5 m. Tous les ouvrages sont submergés. La violence des écoulements est susceptible d'éroder le lit et de causer des dégâts, notamment sur la route longeant le cours d'eau.

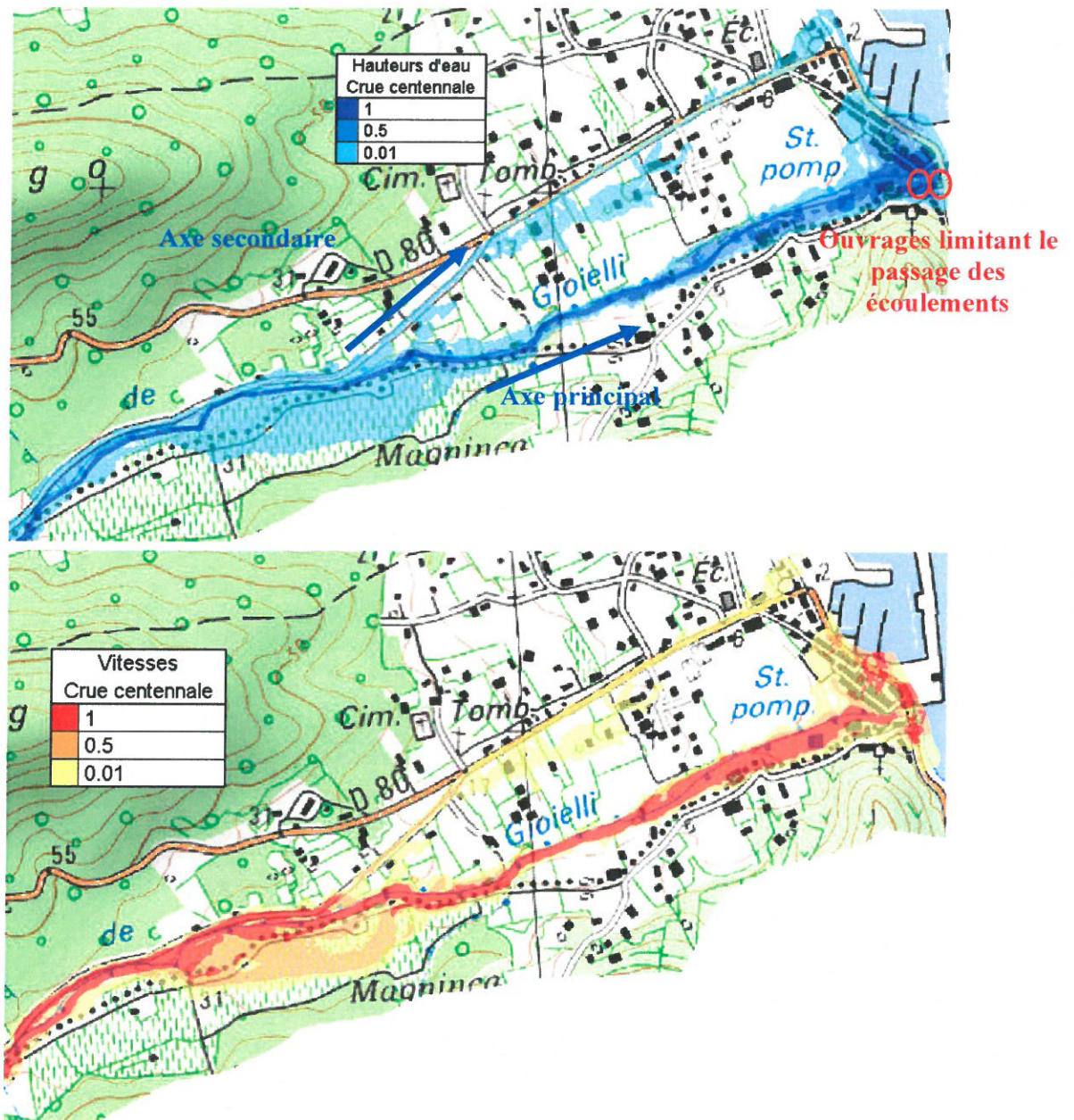


Figure 23 : Emprise des débordements aval du ruisseau Gioielli

Plus en aval, le Gioielli déborde sur la route en rive gauche et les écoulements se séparent en deux axes :

- les écoulements en lit mineur, qui restent concentrés et violents (avec des vitesses pouvant atteindre 3 m/s) ;
- les écoulements sur la route qui sont lents et de faible hauteur.

A l'aval, les deux axes se rejoignent avant de rejoindre la mer.

La passerelle piétonne et l'ouvrage de franchissement routier juste à l'amont de l'exutoire ralentissent les écoulements. Les habitations touchées le long des quais le sont dangereusement, avec, pour certaines, des hauteurs d'eau de 1.5 m et des vitesses de 1.5 m/s.

.6.4.2 Débordements du Molinello

Comparativement au Gioielli, les écoulements s'étalent beaucoup plus dans le lit majeur du Molinello.

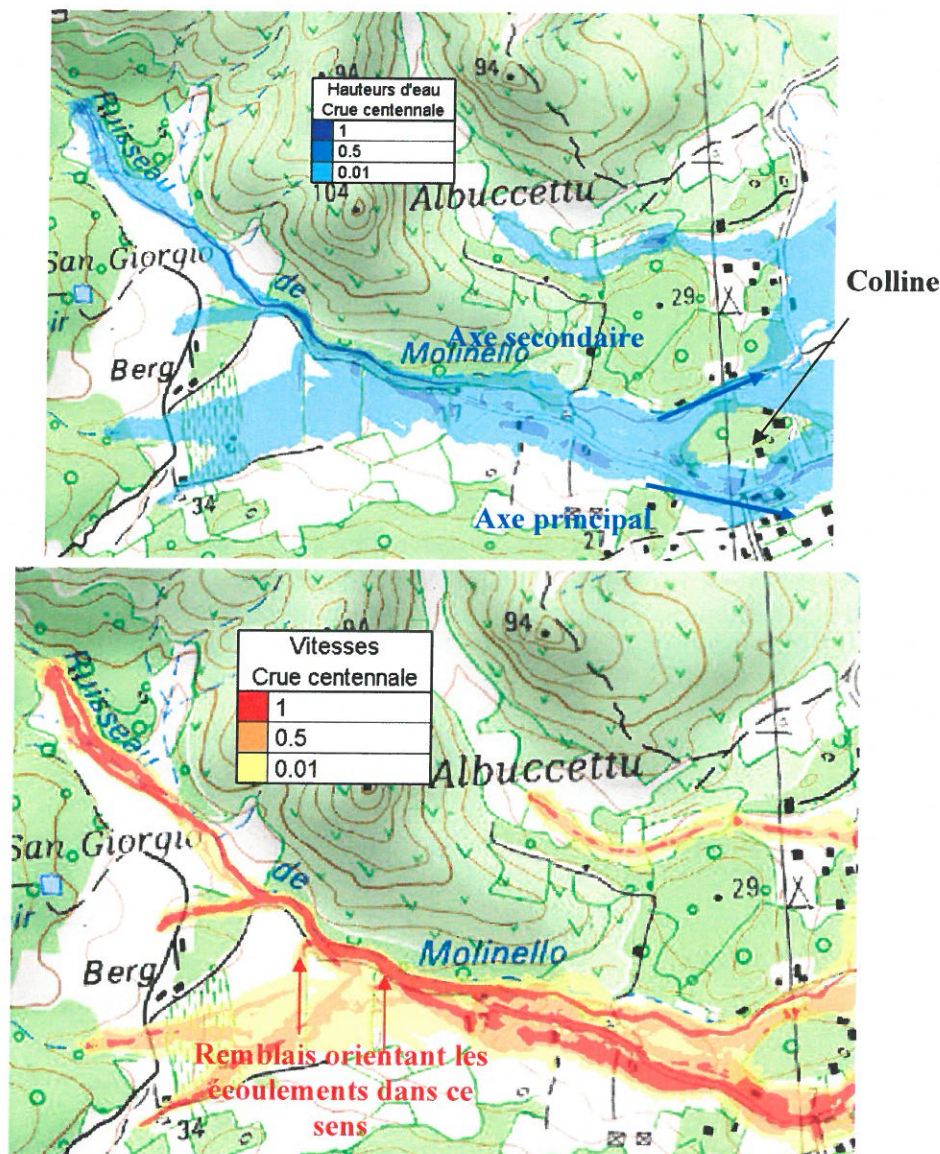


Figure 24 : Emprise des débordements amont du ruisseau Molinello

Dans sa partie amont, le Molinello est d'abord concentré dans son lit mineur, puis déborde rapidement en lit majeur. La présence de remblais discontinus en lit majeur réoriente les écoulements vers le lit mineur, notamment ceux des bassins versants situés le plus au sud-ouest.

Ensuite, deux axes d'écoulements se forment, de part et d'autre de la colline.

Les vitesses sont élevées en amont et au sud de la colline, jusqu'à 2 m/s. Au nord de la colline, les vitesses dépassent 1 m/s uniquement dans le lit mineur.

Les hauteurs d'eau dépassent 1 m seulement dans la partie amont encaissée. En aval, l'étalement des eaux fait diminuer les hauteurs.

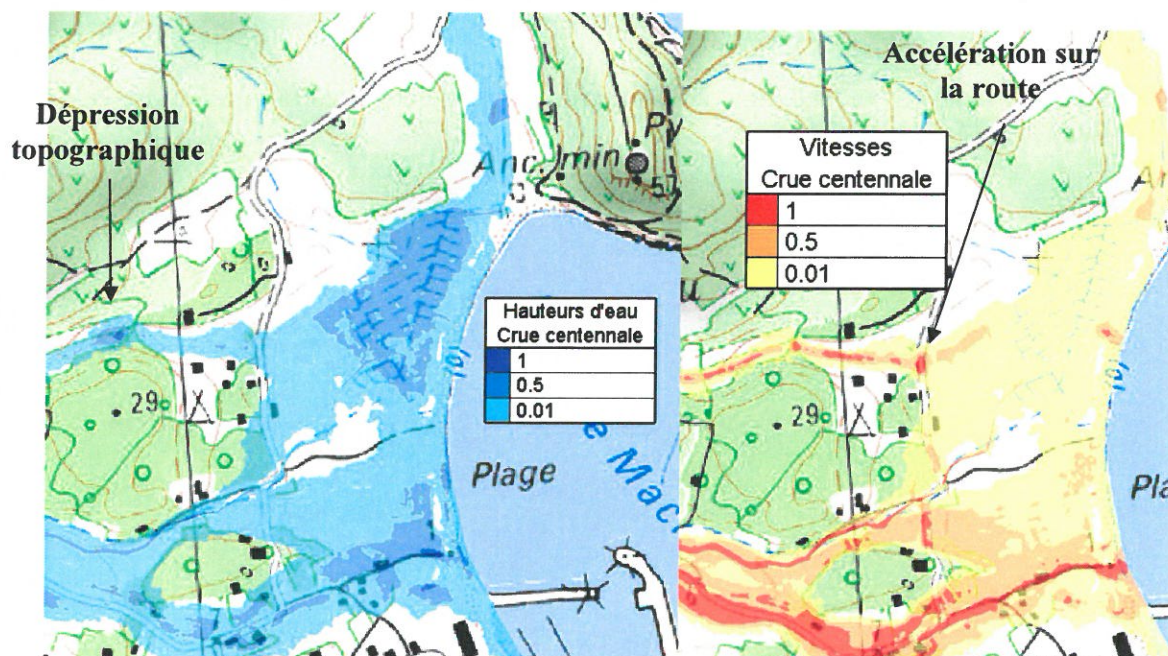


Figure 25 : Emprise des débordements aval du ruisseau Molinello

Dans sa partie aval, les eaux du Molinello s'étalement sur une très grande emprise. Les deux axes d'écoulement se rejoignent. Les hauteurs et vitesses restent inférieures à 1 m, exceptées sur la route au sud de la colline, où quelques constructions sont touchées par des vitesses de l'ordre de 1 m/s.

6.5 TESTS DE SENSIBILITÉ AUX PARAMÈTRES

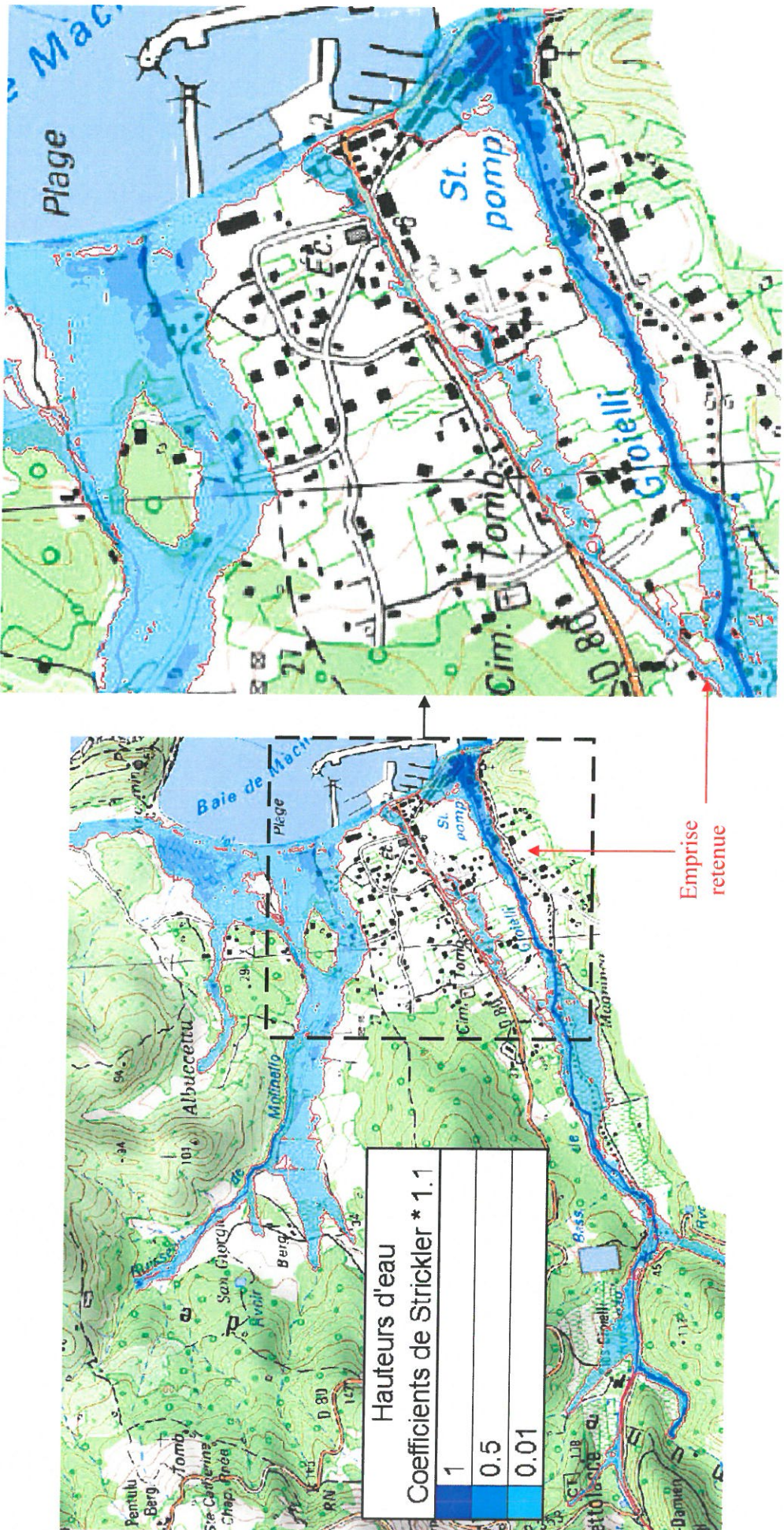
Afin de vérifier la qualité des résultats de la modélisation, des tests de sensibilité ont été réalisés sur les paramètres du modèle (rugosité, débit).

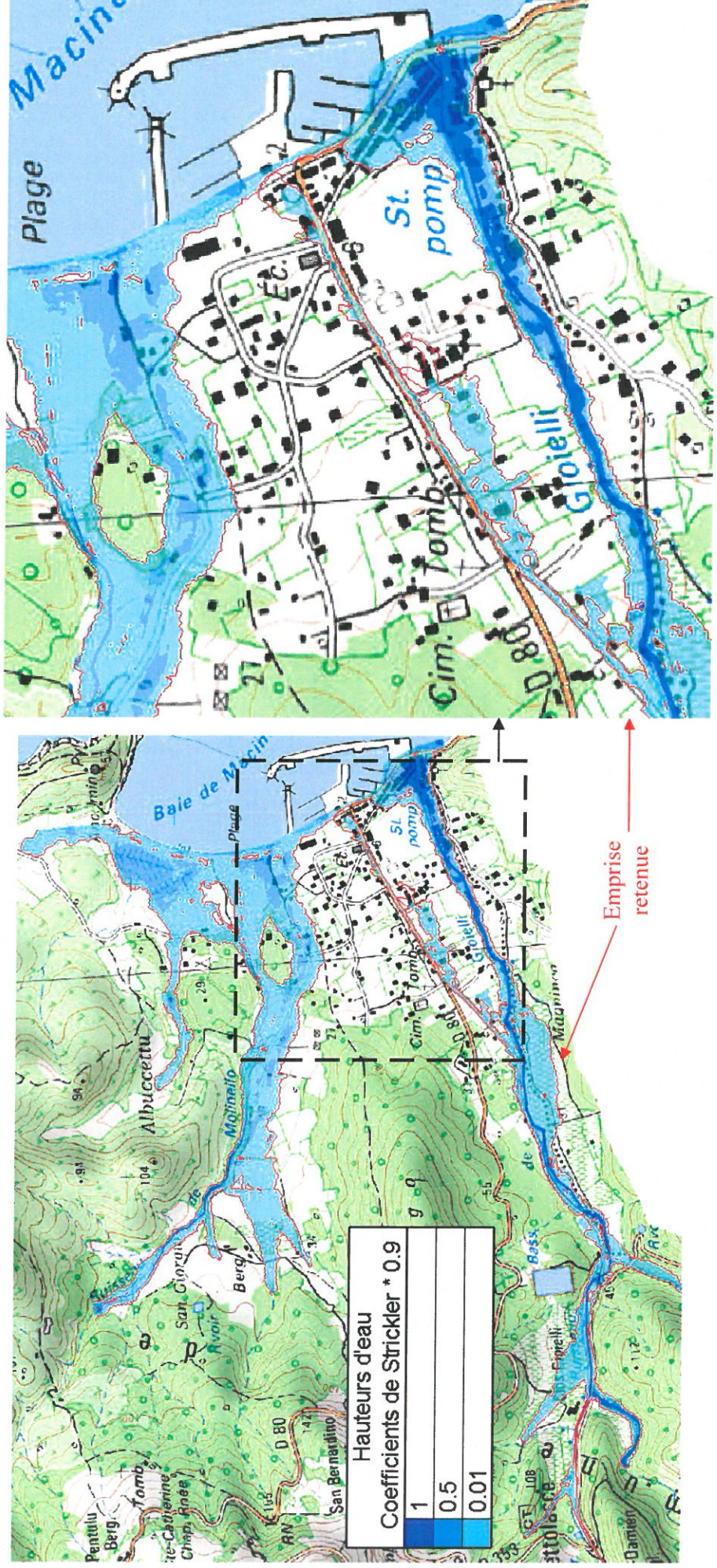
6.5.1 Rugosité

En augmentant ou diminuant la rugosité de 10 %, l'emprise inondable varie très peu.

Les tests montrent un faible impact de ce paramètre (+ /- 10 cm sur les hauteurs d'eau). L'impact est surtout localisé au niveau du lit mineur, notamment lorsque les écoulements se concentrent, aux endroits où le lit est très encaissé.

Les cartes suivantes illustrent ces résultats :





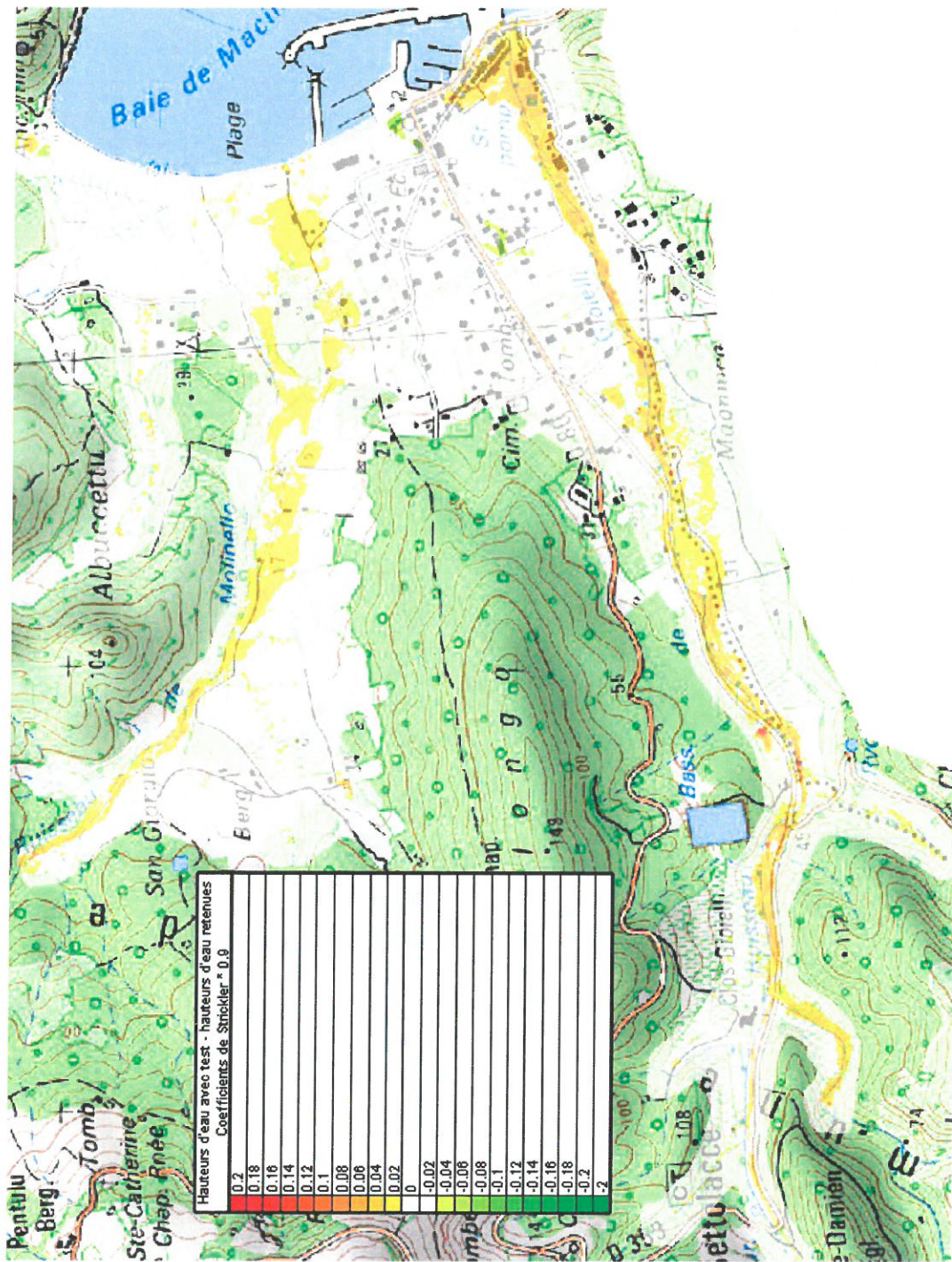


Figure 27 : Test de sensibilité sur la rugosité : augmentation des frottements, diminution des coefficients de Strickler de 10 %

.6.5.2 Débit

De la même façon que pour les coefficients de rugosité, les débits injectés ont été augmentés ou diminués de 10 % afin d'observer la sensibilité de l'emprise inondable par rapport aux résultats hydrologiques retenus.

Les tests de sensibilité valeur de débit pris en compte montre un faible impact de ce paramètre (+/- 8 cm). L'impact est surtout localisé au niveau du lit mineur, notamment lorsque les écoulements se concentrent, aux endroits où le lit est très encaissé.

Les cartes suivantes illustrent ces résultats :

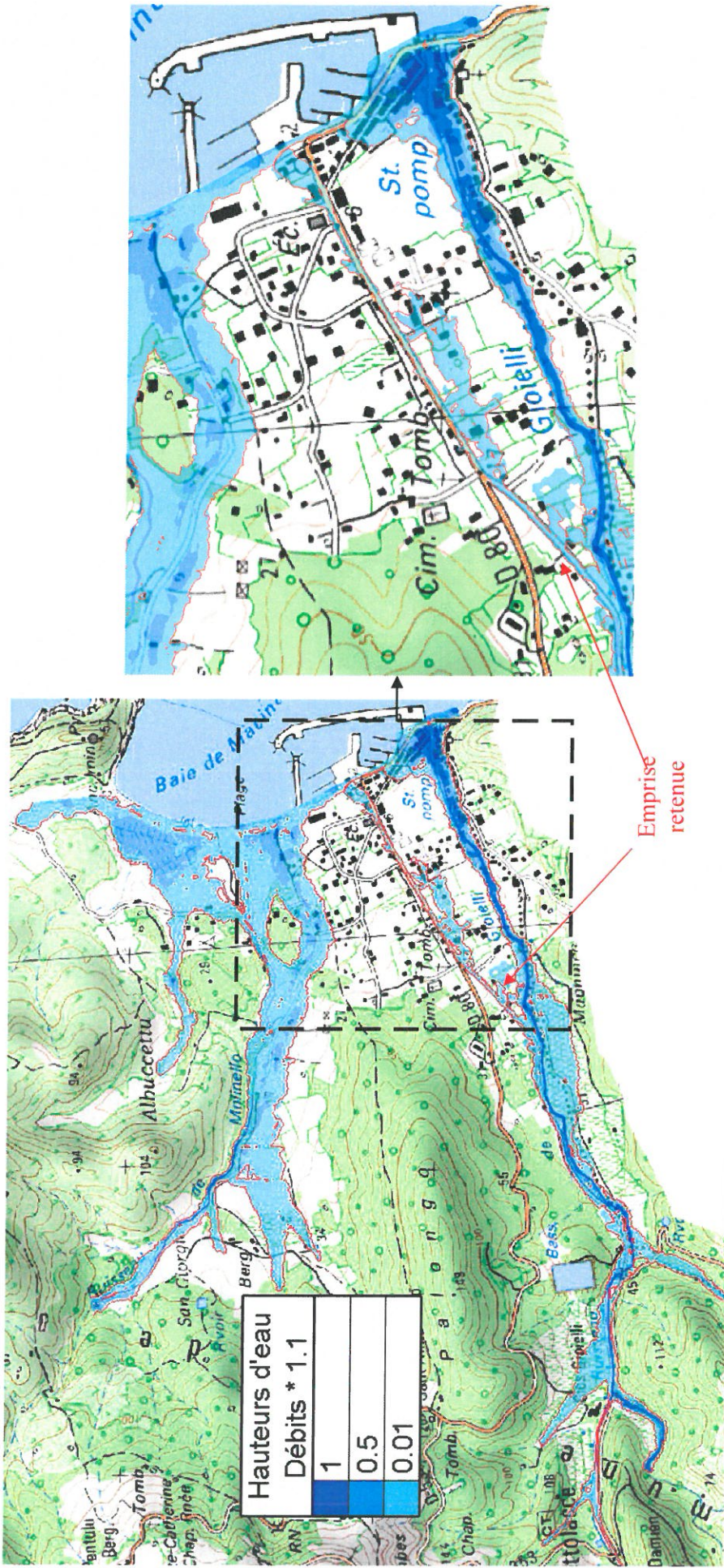




Figure 28 : Test de sensibilité sur les débits : augmentation des débits retenus de 10 %

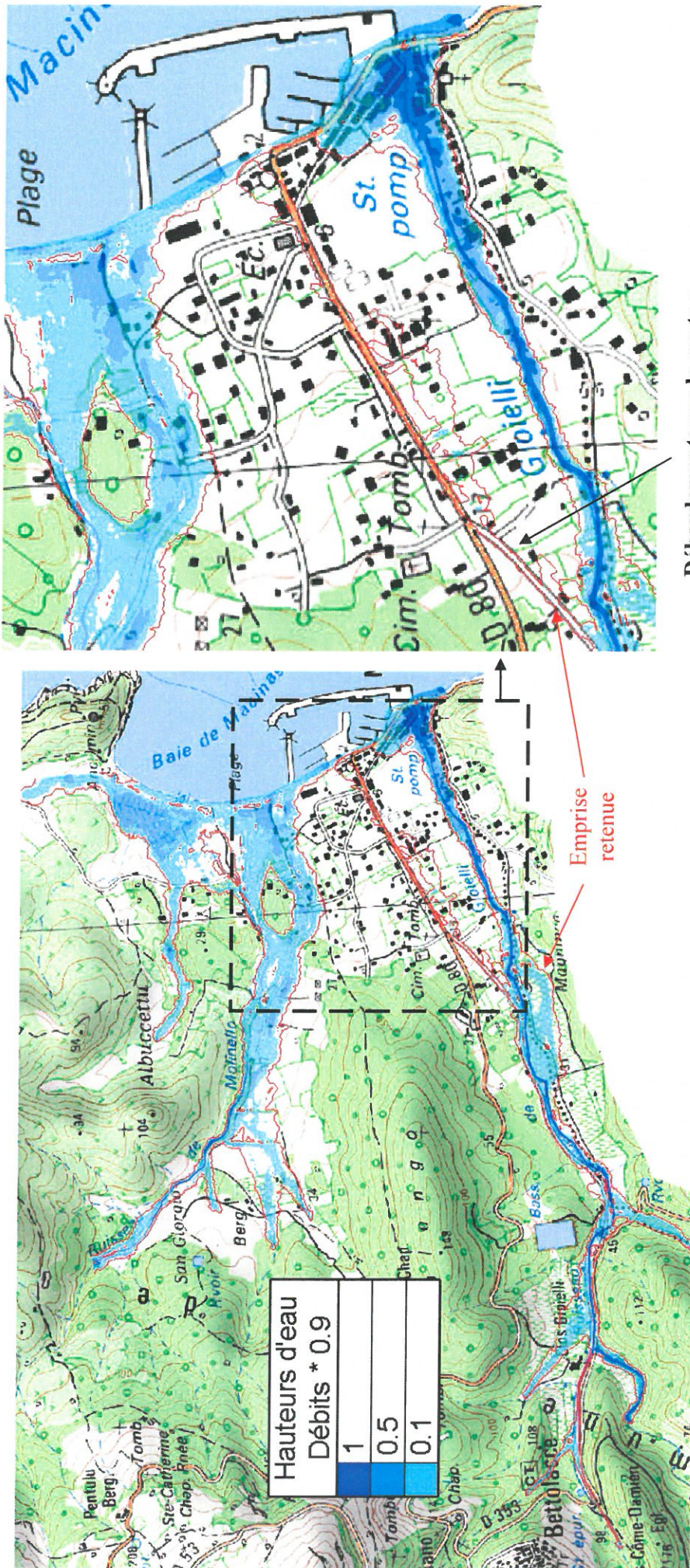




Figure 29 : Test de sensibilité sur les débits : diminution des débits retenus de 10 %

Ce test de sensibilité sur les débits met en évidence le fait que les débordements sur la route (*Chiersa Stecaja*) en rive gauche du Gioielli correspondent à un *effet de seuil* : en dessous d'un certain débit, cette route n'est pas inondée. Pour les débits supérieurs, les écoulements inondent cette route et l'empruntent jusqu'à la mer, mettant en eau une emprise bien plus importante pour un débit à peine plus fort.

.6.5.3 Conclusion sur les tests de sensibilité

Les tests de sensibilité au débit à et la rugosité montrent que l'emprise inondée varie peu avec ces paramètres. L'emprise retenue intègre une situation qui ne se produit qu'à partir de crues très rare : l'inondation de la *Chiersa Stecaia*, en rive gauche du Gioielli.

Annexe : Lexique

Aléa

Phénomène naturel d'occurrence et d'intensité donnée.

Crue de référence

Dans le présent document, la crue de référence ayant servi à l'élaboration de la cartographie réglementaire est la crue centennale.

ERP (Établissement Recevant du Public)

Les ERP sont définis par l'article R. 123-2 du code de la construction et de l'habitation comme étant tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation payante ou non.

Établissement sensible

Établissement nécessitant un accès permanent pour l'évacuation des occupants ou l'évolution des services de secours, tels les ERP, les centres de secours, les établissements sanitaires ou médico-sociaux

Étude hydraulique

Étude d'impact déterminant les effets d'un projet sur le fonctionnement hydraulique du cours d'eau et de ses annexes.

Personnes vulnérable

Les populations vulnérables courent davantage de risque que les personnes non vulnérables en cas d'inondations. Il s'agit des enfants, des personnes âgées, handicapées, malades ou incarcérées.

Terrain naturel (TN)

Il s'agit du terrain avant travaux, sans remaniement apporté préalablement pour permettre la réalisation du projet de construction.

La rugosité

La rugosité est une caractéristique de l'état de surface d'un matériau solide. C'est aussi un paramètre d'un écoulement se produisant sur ce matériau. Elle est susceptible de recevoir plusieurs acceptions techniques. Elle peut être en hydraulique :

- une longueur caractéristique ϵ (exprimée en μm) intervenant dans l'équation de Colebrook qui caractérise les pertes de charge linéaires dans un écoulement aussi bien en charge qu'à surface libre ;
- un nombre sans dimension intervenant dans l'Équation de Hazen-Williams qui caractérise les pertes de charge linéaires ;
- le coefficient K intervenant dans la formule de Manning-Strickler qui donne l'expression de la vitesse moyenne en régime uniforme.

