

DOLCI Architectes

Grandson

Plan de quartier du Bas du Grandsonnet

Analyse locale du danger d'inondation



Auteur
Michaël Rusconi

Stucky SA
Rue du Lac 33, case postale
CH-1020 Renens VD 1
Suisse
téléphone +41 21 637 15 13
fax +41 21 637 15 08
stucky@stucky.ch
www.stucky.ch

N° du document
5563 / 4003

Date
16 juillet 2018

Grandson

Plan de quartier du Bas du Grandsonnet
Analyse locale du danger d'inondation

Feuille de contrôle

Auteur	Michaël Rusconi	Fonction	Ingénieur de projet
Contrôlé par	Michaël Rusconi	Fonction	Chef de projet
Validé par	Stéphanie André	Fonction	Comité de projet

Historique des modifications

La dernière version annule et remplace les précédentes.

Version	Modifications	Date	Réalisé / modifié par
-	Version de base	16.07.18	MRU
a			

Sommaire

	page
1 Introduction	1
1.1 Localisation	1
1.2 Description du projet	2
1.3 Documents de base	3
1.4 Méthodologie et cadre réglementaire	3
1.5 Objectifs de protection	6
2 Situation de danger	8
2.1 Analyse du fonctionnement hydraulique	8
2.2 Hydrologie	11
2.3 Scénarios d'inondation	12
2.4 Répartition des débits dans le réseau urbain – état actuel	13
2.5 Répartition des débits dans le réseau urbain – état aménagé	14
3 Recommandations et mesures de protection	16
3.1 Concept général	16
3.2 Mesures recommandées	17
4 Conclusion	21

Annexe

A. Mesures de protection

1 Introduction

Le bureau Dolci Architectes a été mandaté par la commune de Grandson afin de préparer un plan de quartier (PQ) au lieu-dit le Bas du Grandsonnet.

Le ruisseau le Grandsonnet qui s'écoule sous la zone concernée est susceptible de générer un danger d'inondation.

Le bureau Dolci Architectes a mandaté le bureau Stucky afin d'établir une mise à jour de la note de 2012 (voir [1]) qui visait à quantifier le danger inondation sur la zone d'étude et à établir des recommandations constructives à mettre en œuvre dans l'aménagement afin de protéger le futur quartier contre les inondations.

1.1 Localisation

La localisation du périmètre du PQ du Bas du Grandsonnet est donnée à la Figure 1.

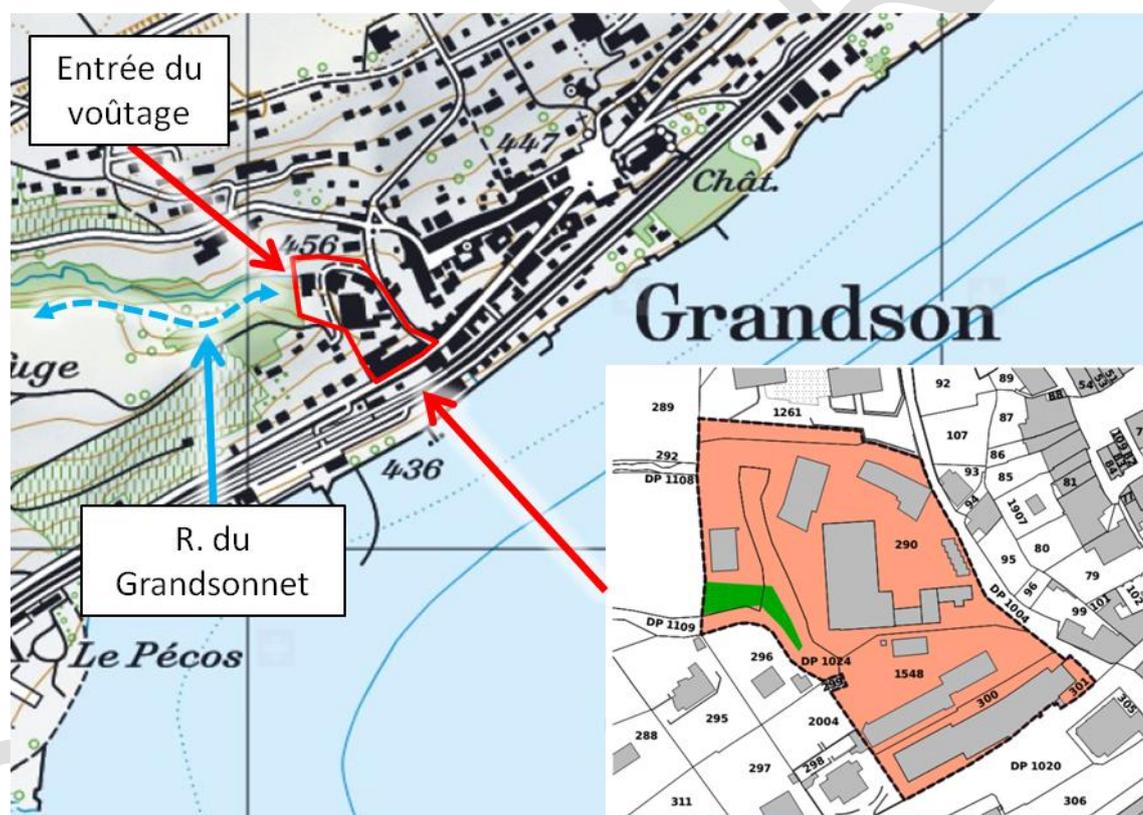


Figure 1 : Localisation du périmètre du Plan de Quartier du Bas du Grandsonnet

1.2 Description du projet

Le PQ du Bas du Grandsonnet a pour but de réaménager la zone existante qui comporte notamment les installations des entreprises de Cand Landi (matériaux de construction et génie civil) et Sbarro (conception automobile). Cette zone est donc actuellement dévolue à l'industrie.

A terme, le PQ du Bas du Grandsonnet devra voir la zone reconvertie en une zone mixte d'habitation à moyenne densité et d'activité tertiaire (voir Figure 2).

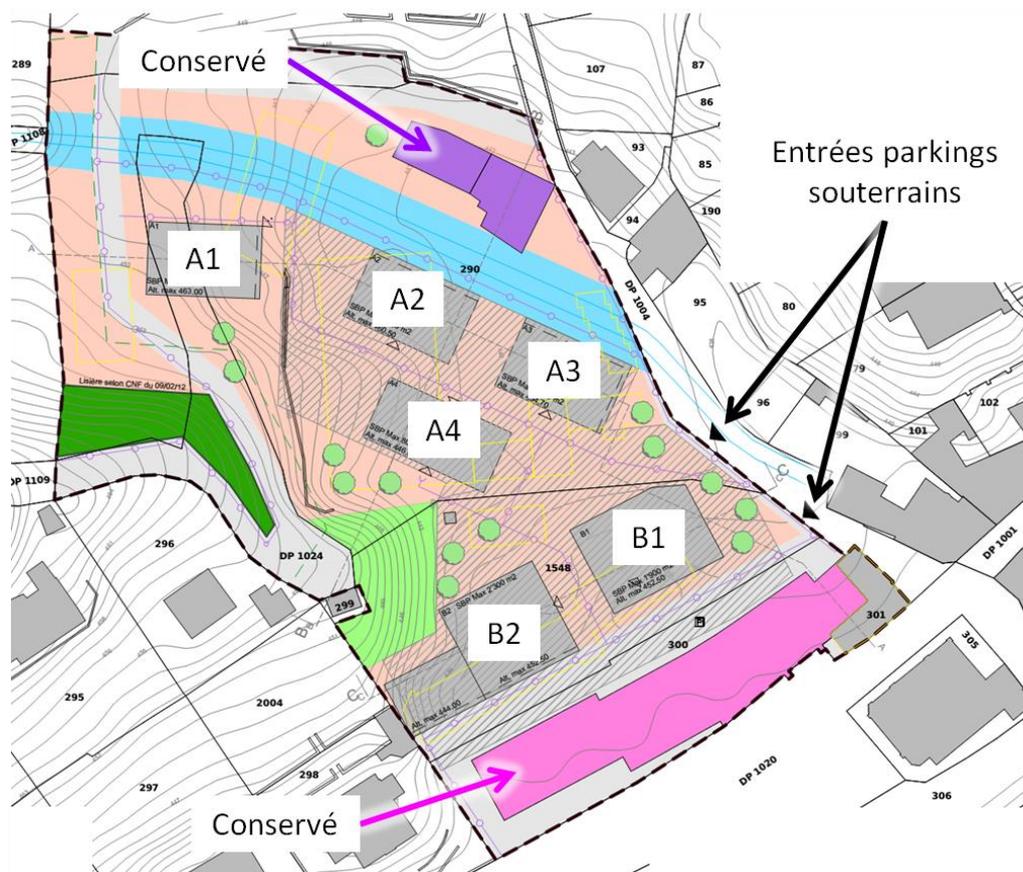


Figure 2 : Plan de quartier du Bas du Grandsonnet (source : [4])

Le projet prévoit la création de six nouveaux bâtiments en deux groupes : bâtiments A1 à A4 au nord et B1 et B2 au sud. Deux bâtiments ayant un caractère patrimonial seront quant à eux transformés et conservés.

Un ensemble de parkings souterrains sera aussi bâti. Ils disposeront de deux entrées véhicules au niveau du chemin du Grandsonnet, au sud-est du périmètre.

En l'état actuel des réflexions, la partie sud du périmètre devrait être réaménagée en premier en commençant par la transformation des bâtiments historiques puis la réalisation des nouveaux bâtiments B1 et B2. A plus long terme, la partie nord (bâtiments A1 à A4) serait réalisée.

1.3 Documents de base

La présente étude se base sur les documents suivants :

- [1] Plan de Quartier Grandsonnet - Etude de dangers hydrologiques et recommandations constructives - Note technique Stucky n°5153/4001, avril 2012.
- [2] Rapport Stucky-Geotest, « Cartographie intégrale des dangers naturels, danger INO », Lot 16 Jura-Arnon, 21 mai 2014.
- [3] Avis de l'examen préalable du Service du développement territorial, courrier daté du 8 mars 2016.
- [4] Plan de situation du plan de quartier "Bas du Grandsonnet", mai 2018, datée du 20 mars 2018.
- [5] Offices fédéraux du développement territorial, des eaux et de la géologie et de l'environnement, de la forêt et du paysage, Recommandation, « Aménagement du territoire et dangers naturels », 2005
- [6] Canton de Vaud « Prévention des dangers naturels, Transcription des données relatives aux dangers naturels (DDN) dans l'aménagement du territoire (en zone à bâtir) », 18 juin 2014
- [7] Prise en compte des dangers naturels dans l'aménagement du territoire et les permis de construire – Guide pratique, Etat de Vaud, novembre 2014
- [8] Recommandations AEAI – Protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels, 2005 – Protection des objets contre les dangers météorologiques, 2007

1.4 Méthodologie et cadre réglementaire

Afin de prendre en compte les dangers naturels liés à l'eau dans le PQ du Bas du Grandsonnet, la carte de danger Eau est superposée à ce plan d'affectation.

Des objectifs de protection pour les personnes et les biens sont déterminés. Ces objectifs sont fonction du degré de sensibilité et de valeur des bâtiments et installations, de leur vulnérabilité (nombres d'occupants, durée de l'occupation, produits stockés, activités) ainsi que l'analyse des processus d'inondation (hauteur d'eau, cheminement et vitesse des écoulements). Par la suite, sur la base de ces objectifs, un catalogue de mesures et de recommandations pour minimiser les impacts des inondations est proposé.

La méthodologie s'appuie notamment sur la directive cantonale du 18 juin 2014 [6] et sur le guide pratique de l'Etat de Vaud [7] qui s'appliquent aux zones à bâtir et aux zones spéciales. Elle tient également compte des recommandations fédérales [5] et des directives de l'Association des Etablissements cantonaux d'Assurance Incendie (AEAI) [8].

La transcription des dangers liés à l'eau dans le PQ du Bas du Grandsonnet se concrétise par l'intégration d'objectifs de protection, de mesures constructives et de recommandations. La délivrance du permis de construire est alors conditionnée par l'application de ces dernières.

Le Tableau 1 suivant résume les directives d'aménagement du territoire en fonction des dangers.

Niveau de danger	Zone à bâtir totalement ou partiellement construite	Zone à bâtir non construite	Nouvelle ou agrandissement d'une zone à bâtir
Danger élevé (rouge)	<p>Maintien en zone à bâtir, mais restrictions pour ne pas accroître les risques actuels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - aucune nouvelle construction si le danger ne peut pas être réduit par des mesures de protection adéquates contre les crues - exceptionnellement, les agrandissements et transformations d'un immeuble existant sont autorisés s'il est prouvé qu'il n'y a aucun accroissement du risque pour les personnes, animaux et biens de valeur. 	Réaffectation en zone non constructible.	Aucune nouvelle zone à bâtir.
Danger moyen (bleu)	Maintien en zone à bâtir, cependant toutes nouvelles constructions ou agrandissements et transformations ne sont autorisés que si des mesures de protection pour limiter les dangers aux personnes et aux biens sont intégrées.	Maintien en zone à bâtir à titre exceptionnel si des mesures de protection réalisables techniquement et dont le financement peut être garanti réduisent le niveau de danger à faible.	Nouvelle zone à bâtir admise à titre exceptionnel si des mesures de protection réalisables et financées réduisent le niveau de danger à faible.
Danger faible (jaune)	Maintien en zone à bâtir ou nouvelle zone à bâtir admis. Des mesures simples doivent être prises pour limiter les dangers aux personnes et aux biens. Les installations sensibles (hôpitaux, école, etc.) sont admises au cas par cas, après une pesée des intérêts basée sur une analyse de détail des risques.		
Danger résiduel (rayé)	Zone sans restriction à l'exception des installations sensibles (hôpitaux, école, etc.) qui sont soumises aux mêmes conditions que pour les zones en danger faible.		

Tableau 1 : Interprétation des directives d'aménagement du territoire en fonction des dangers naturels en zone à bâtir [6].

Il est rappelé, dans la Figure 3, les caractéristiques de la matrice représentant les dangers liés à l'eau.

Le Canton de Vaud a introduit une nuance pour les dangers moyens d'inondation qui sont caractérisés par une faible intensité (classes 2b et 3), représentés en bleu clair dans la matrice ci-dessous. Pour ces deux classes, les dangers moyens d'inondation de faible intensité peuvent, généralement, être réduits par des mesures constructives simples et sans participation publique.

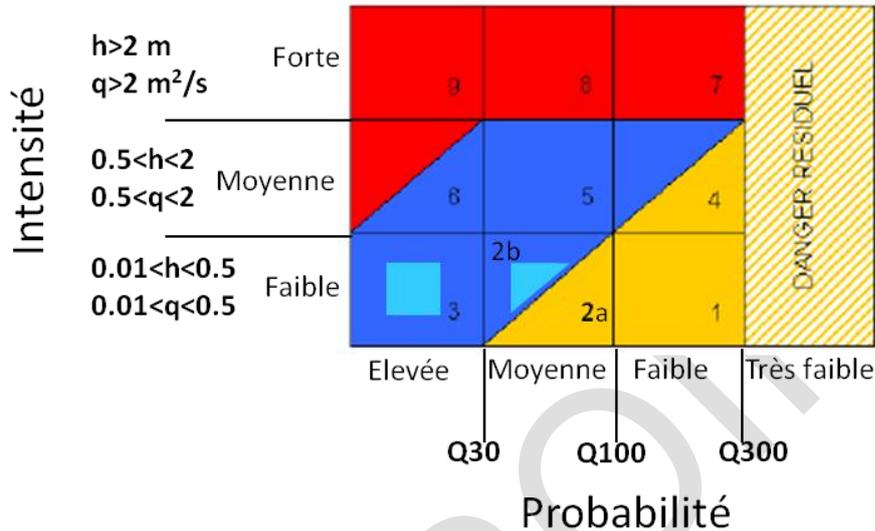


Figure 3 : Caractéristiques de la matrice de danger lié à l'eau
(h : hauteur des eaux débordées, $q=v.h$: débit spécifique des eaux débordées avec v : vitesse, Qx : Débit du cours d'eau pour un temps de retour x)

La superposition du PQ du Bas du Grandsonnet et de la carte des dangers liés à l'eau (voir Figure 4) permet de déterminer les dangers Eau à transcrire dans les zones à bâtir.

Pour l'ensemble des zones, l'objectif de protection principal et primordial est de garantir la survie des personnes ainsi que de minimiser les dommages sur les biens.

Il est précisé que pour les nouvelles constructions, les transformations ainsi que les extensions en zone de danger, une évaluation locale de risque est conseillée pour fixer au stade du projet d'ouvrage, les limites de construire, les cotes minimales précises à respecter pour être hors eau ainsi que pour déterminer le danger après que les nouvelles constructions, extensions, transformations soient réalisées.

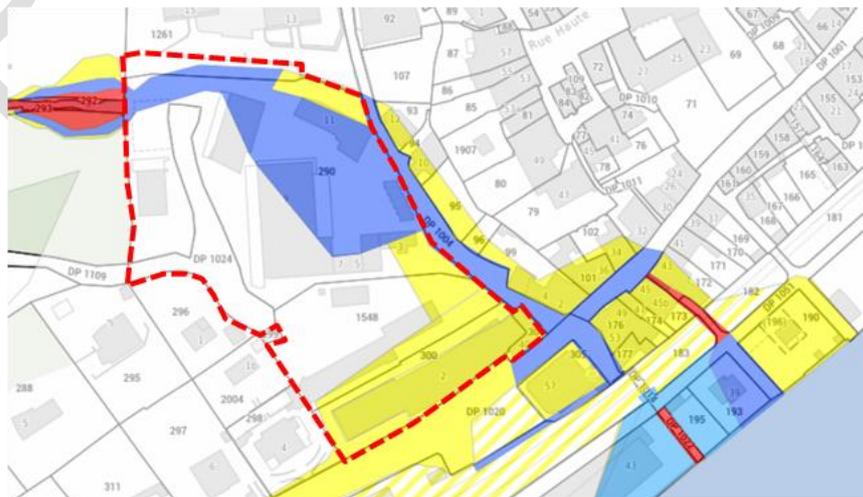


Figure 4 : Carte des dangers liés à l'eau (en rouge périmètre du PQ) (source : geo.vd.ch)

1.5 Objectifs de protection

Les objectifs de protection ont pour but de garantir la sécurité des personnes à l'intérieur des bâtiments, ou sur une infrastructure, et des biens s'y trouvant. Les objectifs de protection sont fonctions du type d'objet à protéger, c'est-à-dire de sa destination, et non de l'affectation de la zone.

Les recommandations fédérales [5] définissent quatre principales catégories d'objet à protéger :

- Les zones d'habitation
- L'industrie et l'artisanat
- Les infrastructures
- Les objets sensibles

Seules les deux premières catégories sont, a priori, pertinentes dans le cas du présent projet.

Dans le cadre des dangers liés à l'eau, la directive cantonale du 18 juin 2014 [6] renvoie à la matrice définie dans les recommandations fédérales pour la transcription des dangers naturels dans l'aménagement du territoire.

Pour les objets relevant de la zone d'habitation, les recommandations fédérales indiquent un objectif de protection contre les inondations suivant :

- Aucune inondation pour des événements de probabilité élevée et moyenne ;
- Intensité faible admise pour un événement de probabilité faible ;
- Intensité moyenne admise pour un événement de probabilité très faible.

Sur cette base, l'acceptation du risque proposée pour le PQ du Bas du Grandsonnet est résumée dans le Tableau 2.

Type d'objet	Type d'évènement (temps de retour)		
	probabilités élevée et moyenne (inférieur à 100 ans)	probabilité faible (entre 100 et 300 ans)	probabilité très faible (supérieur à 300 ans)
Rez et étages des bâtiments	Intensité nulle	Intensité faible	Intensité moyenne
<i>Locaux en souterrain (parking, abris PCi privé)</i>	<i>Intensité nulle</i>	<i>Intensité nulle</i>	<i>Intensité forte (seulement si possibilité d'évacuation)</i>
<i>Etablissement d'accueil et de vie de personnes vulnérables (EMS, appartement/foyer protégé, école, etc.)</i>	<i>Objets sensibles (analyse au cas par cas)</i>		

Tableau 2 : Acceptation du risque en fonction de l'objet ; *en italique, acceptation du risque adaptée par rapport aux recommandations fédérales*

Pour les locaux situés en sous-terrain, il peut être proposé d'adapter les objectifs de protection directement issus des recommandations fédérales en admettant une protection totale jusqu'aux événements de probabilité faible compris et aucun objectif de protection pour les événements de probabilité très faible pour autant que les personnes se trouvant dans les souterrains puissent avoir une possibilité d'évacuation sûre.

L'augmentation de l'objectif de protection pour l'événement de probabilité faible (c.à.d. protection totale) est motivée par, en général, la présence de nombreux véhicules (potentiel de dégâts matériels importants) et qu'il est généralement impossible de limiter l'intensité de l'inondation dans un souterrain une fois qu'il a commencé à être inondé.

Pour les objets liés à l'artisanat et à l'industrie, et plus généralement les locaux commerciaux occupés de manière permanente (y.c. bureau, atelier, stockage, etc.), on applique les mêmes objectifs que pour les zones d'habitation.

En complément de ces objectifs de protection, les utilisateurs de locaux d'artisanat, d'industrie et plus généralement d'activité économique devraient aussi évaluer la nécessité de se fixer des objectifs de protection plus importants en fonction du dommage qu'une inondation pourrait leur causer (perte d'activité et/ou d'outils de production).

Le stockage de matières dangereuses et/ou polluantes doit aussi faire l'objet d'une analyse au cas par cas au même titre que les autres objets potentiellement sensibles¹.

¹ Cette catégorie regroupe de nombreuses installations définies comme ayant des « *risques spéciaux, vulnérabilité particulière ou dommages secondaires* ». On y retrouve donc les écoles, hôpitaux, services de secours, etc., dont le fonctionnement doit être garanti pendant et/ou après un événement, mais aussi les industries et autres centres d'activités pour lesquels le potentiel de dommages secondaires pourrait s'avérer très important (pollution, services vitaux au fonctionnement de la société, etc.).

2 Situation de danger

La situation de danger avait été initialement étudiée dans le cadre de la première étude de 2012 (voir [1]). En 2014, lors de la cartographie intégrale des dangers naturels (voir [2]), la situation de danger a été étudiée à nouveau et a confirmé l'analyse de la première étude qui est donc reprise dans le présent document.

2.1 Analyse du fonctionnement hydraulique

A l'amont de la zone d'étude, le Grandsonnet s'écoule dans un fond de vallon moyennement encaissé (voir Figure 1). Les berges sont boisées et des bois morts ont été observés sur les berges lors de reconnaissance de terrain. Ce cours d'eau est donc soumis à l'apport de flottants.

Le ruisseau s'écoule ensuite dans un voûtage entre l'amont de la zone du PQ du Bas du Grandsonnet et l'aval de la voie CFF Yverdon-Neuchâtel. Le voûtage est rectangulaire, de section HxL = 1.8 m x 2 m. Le niveau du radier du voûtage est situé environ 5 m sous le terrain existant de la zone industrielle actuelle.



Figure 5 : Canal en aval de la herse (à gauche) et entrée du voûtage (à droite)

Différentes conduites passent également dans le voûtage.

Ce dernier est protégé des bois flottants et des débris par une grille située à l'entrée de l'ouvrage ainsi qu'une herse située à 60 m à l'amont de l'ouvrage. Entre la herse et l'ouvrage, le cours d'eau s'écoule dans un canal bétonné (voir Figure 5). La hauteur de mise en charge de l'ouvrage avant déversement vers la zone industrielle est de 5 m. Le volume de rétention dans le lit du cours d'eau avant débordement en cas d'obstruction est d'environ 1'300 m³.

Le danger hydrologique peut provenir d'une insuffisance de capacité du voûtage et/ou d'une obstruction de ce dernier par des bois flottants. En cas d'évènement important, l'ouvrage va se mettre en charge, le niveau de l'eau va monter dans le vallon jusqu'à atteindre la cote du déversement dans la zone d'étude. Les écoulements dans la zone d'étude emprunteront les chemins définis par les plus grandes pentes. L'eau se frayera ainsi un chemin à travers les rues avant de rejoindre le lac en aval de la voie CFF par la ruelle Walter. Sur la route cantonale, le niveau d'eau sera contrôlé par l'écoulement dans la ruelle Walter.

La Figure 6 montre le cheminement des débordements. La Figure 7 montre la position des photographies et la Figure 8 montre les photographies du site.

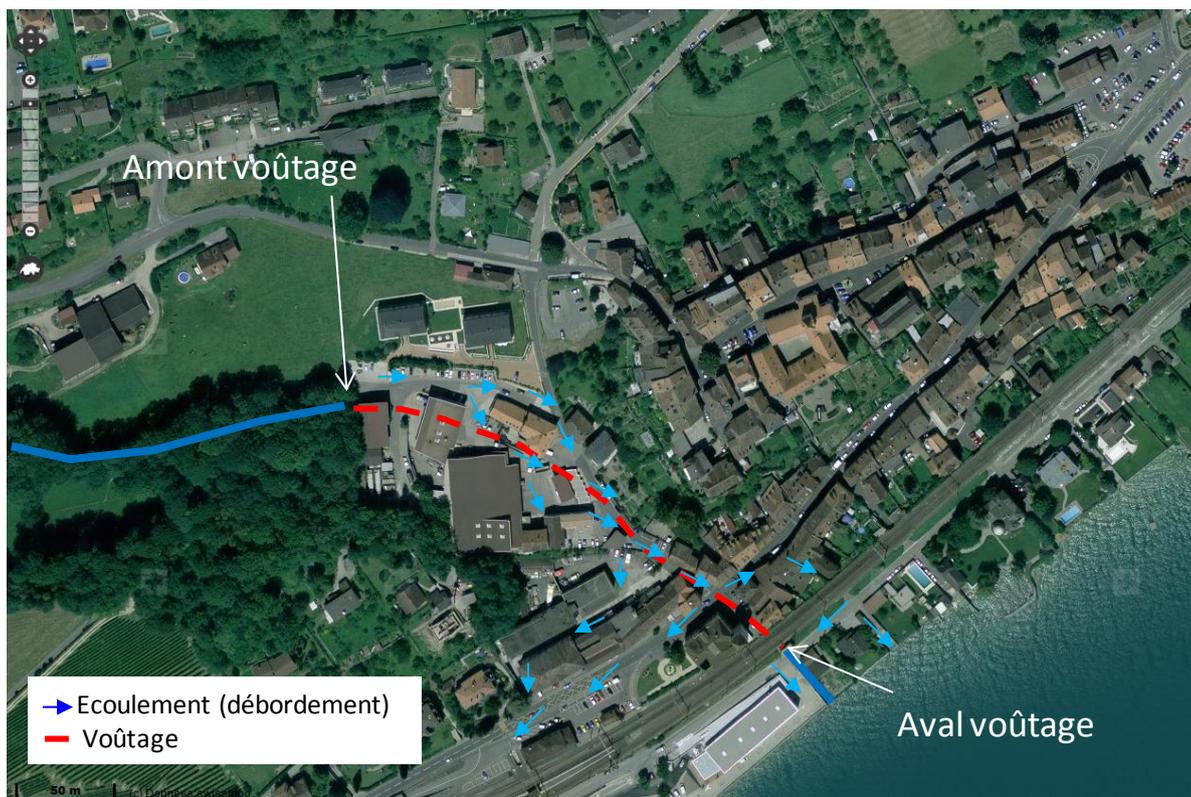


Figure 6 : Cheminement des écoulements

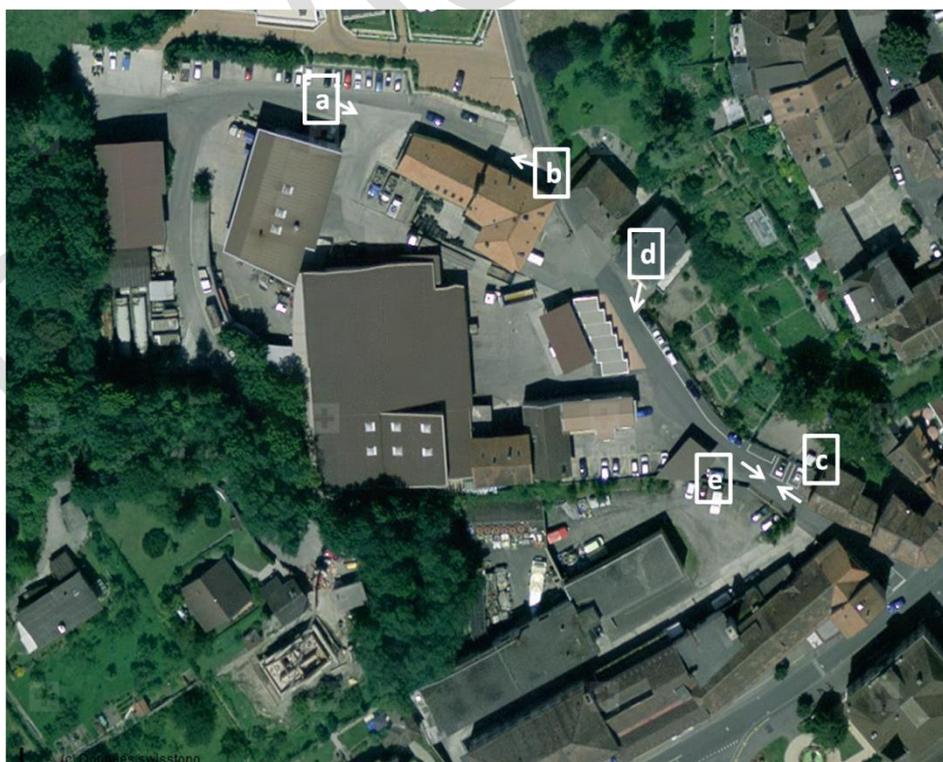


Figure 7 : Emplacement des photographies de la Figure 8

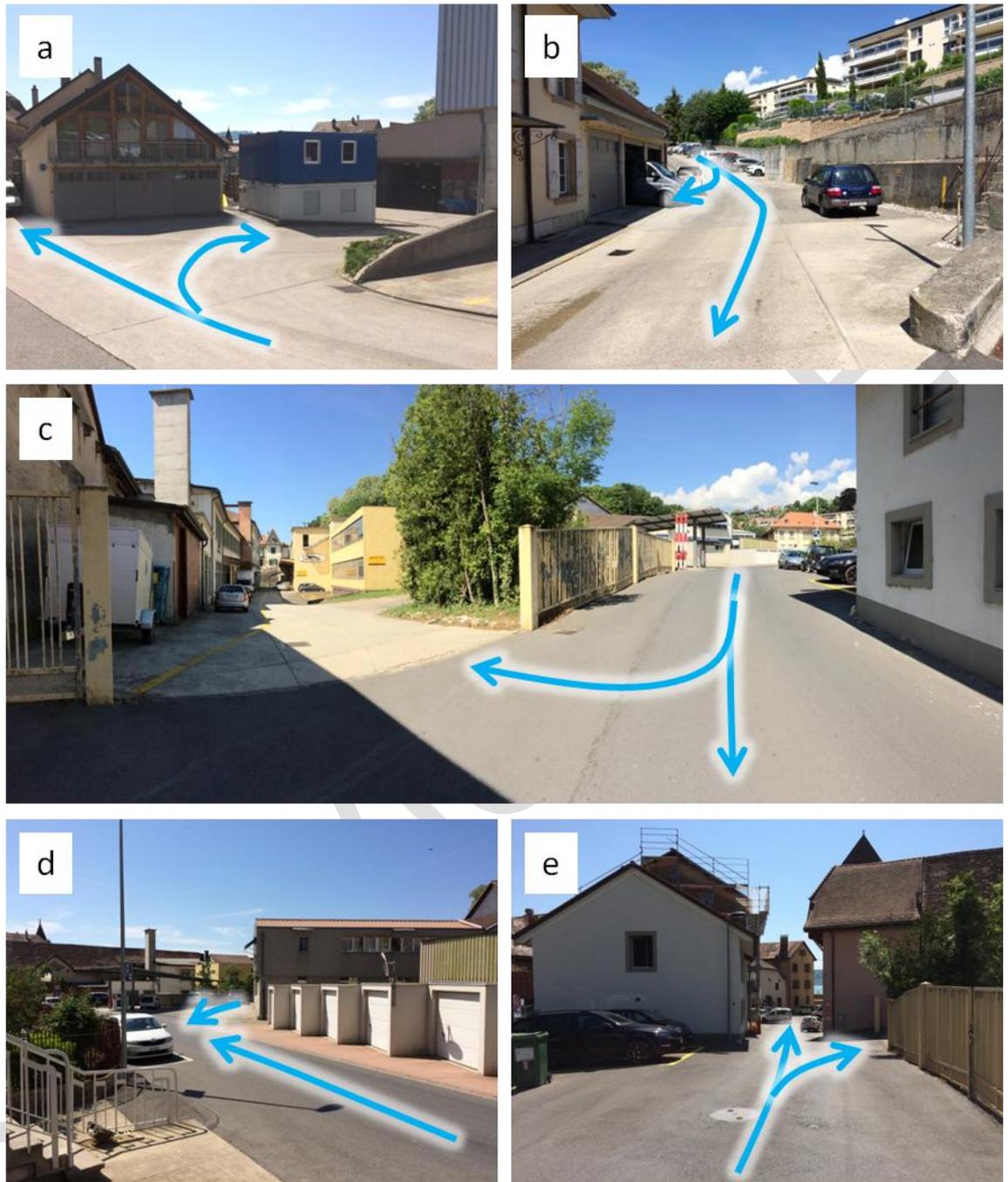


Figure 8 : Photographies sur site

2.2 Hydrologie

Le bassin versant du Grandsonnet est de 4.6 km².

Les valeurs des débits obtenus par la méthode GESREAU ont été retenues. Ces débits ont été calculés sur la base d'une méthode rationnelle et sont utilisés pour l'élaboration de la carte des dangers (voir [2]).

Le temps de concentration, déterminé par une formule régionale de GESREAU (temps entre le début de l'évènement pluvieux et la pointe de la crue) est de 75 minutes.

Les débits pour différentes périodes de retour sont donnés au Tableau 3 ci-dessous :

Cours d'eau	Temps de retour			
	30 ans	100 ans	300 ans	Extrême
Grandsonnet	8.9 m ³ /s	10.9 m ³ /s	12.7 m ³ /s	20.0 m ³ /s

Tableau 3 : Débits de crue considérés dans la carte des dangers [2]

Les hydrogrammes de crue ont été obtenus par l'ajustement des débits de pointe à un hydrogramme de Nash (avec un coefficient de forme n=3). Ces derniers sont présentés à la Figure 9.

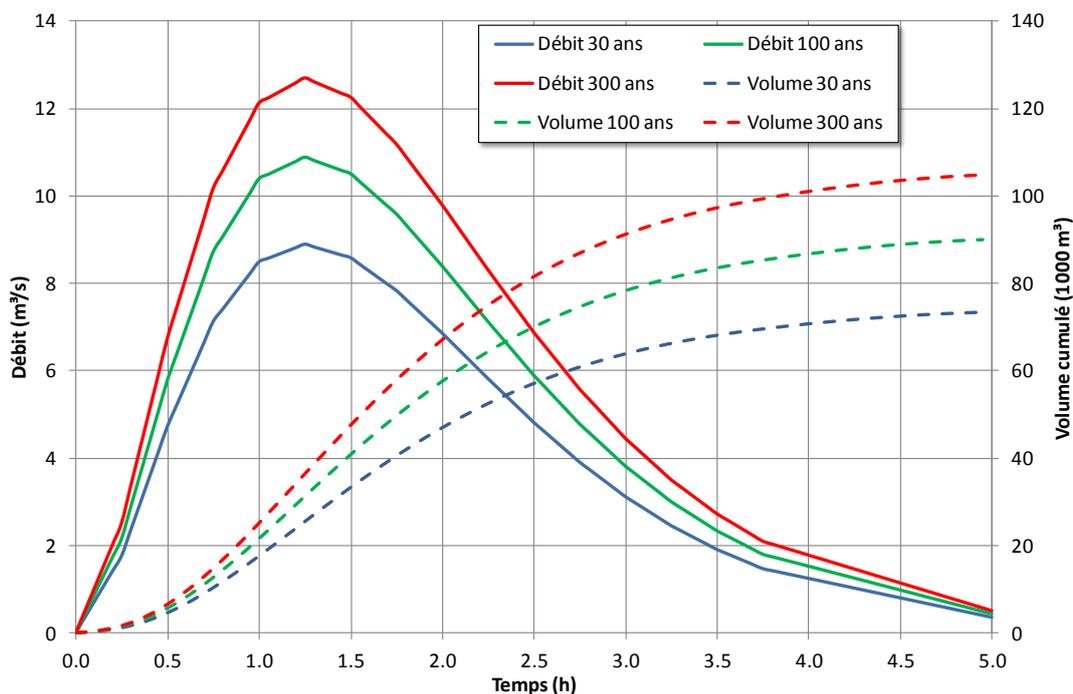


Figure 9 : Hydrogrammes de crues

Le volume des crues centennale et tricennale sont estimés à respectivement 90'000 m³ et 105'000 m³.

2.3 Scénarios d'inondation

La présence de nombreux bois flottants sur les berges boisées à l'amont a été constatée lors des reconnaissances de terrain de 2012 et 2018. D'autre part, des zones de glissement permanent sont situées dans le vallon du cours d'eau en amont et au niveau de l'ouvrage d'entrée du voûtage (voir Figure 10).

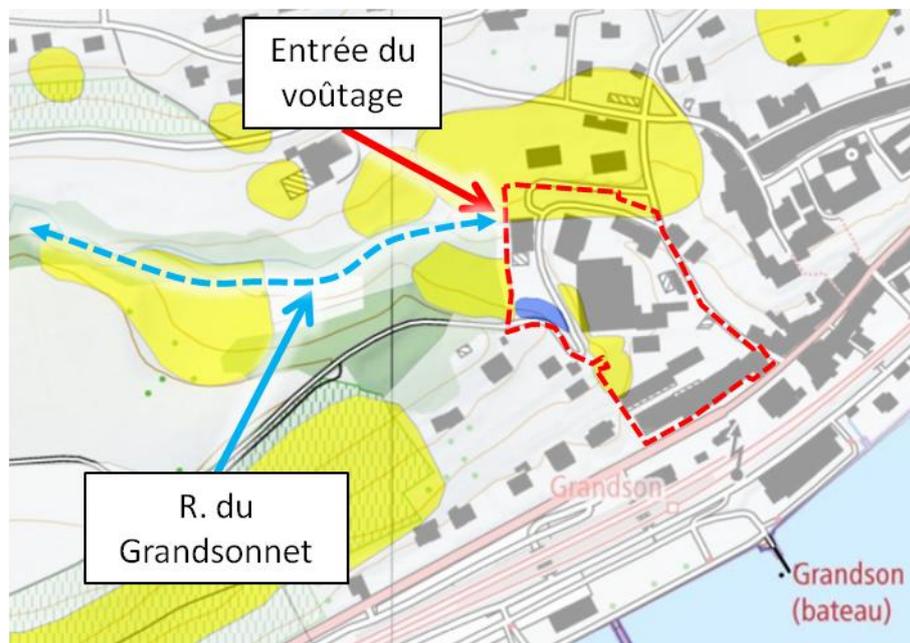


Figure 10 : Carte des dangers des glissements de terrain permanents (en rouge péricimètre du PQ) (source : geo.vd.ch)

Le voûtage a une capacité suffisante pour transiter les crues (estimée à $24.5 \text{ m}^3/\text{s}$ dans l'étude [2]). Cependant, les éléments énoncés ci-dessus indiquent qu'une obstruction totale de l'ouvrage est un scénario envisageable.

Dans la carte des dangers de 2014 [2], seul ce scénario (obstruction puis débordement du voûtage) de probabilité faible (temps de retour compris entre 100 et 300 ans) génère des dangers au niveau de la zone d'étude (intensité moyenne et faible). Pour un événement de probabilité très faible, l'étude de la carte des dangers considère le même scénario, et ce, avec une emprise identique au niveau du PQ du Bas du Grandsonnet. Les intensités sont cependant plus importantes.

Ainsi, dans la présente étude, le scénario de référence retenu pour l'analyse de danger est une crue avec une période de retour de 100 ans associée à une obstruction complète de l'ouvrage et un débordement sur le péricimètre du PQ du Bas du Grandsonnet [2].

2.4 Répartition des débits dans le réseau urbain – état actuel

Le volume de rétention dans le lit du cours d'eau à l'amont du voûtage est d'environ 1300 m³. Comparé aux volumes des crues et aux hydrogrammes de la Figure 9, ce volume est insuffisant. Il apparaît donc très probable qu'au moment où la pointe de crue arrive dans le canal en amont du voûtage, celui-ci soit déjà plein (c.à.d au niveau de déversement).

Les débits déversés maximaux à l'amont de la zone d'étude sont donc considérés égaux aux débits de pointes (pas de laminage).

Après débordement, l'eau empruntera la voirie en suivant préférentiellement les plus grandes pentes.

La totalité du débit débordé empruntera la rue qui descend vers le chemin du Grandsonnet. La pente est très forte, d'environ 12%, puis s'atténue à 1.5% après l'intersection 1 avec la voirie qui mène à droite aux ateliers Cand-Landi. A cette intersection 1 (Figure 8-a), une séparation du débit se produit. Le calcul de la répartition des débits tient compte notamment des largeurs et des pentes des chaussées : une partie continue en direction du chemin du Grandsonnet et la majeure partie continue vers l'actuel atelier de Cand-Landi. A l'aval des ateliers Cand-Landi sur le chemin du Grandsonnet, les deux débits se retrouvent. Plus à l'aval sur le chemin du Grandsonnet, au niveau de l'entrée de l'usine Sbarro, une partie du débit est dérivé vers cette dernière (intersection 2, Figure 8-c).

L'écoulement est torrentiel sur toutes les voiries. La Figure 11 montre la répartition des débits sur fond de plan cadastral pour l'évènement de probabilité faible (temps de retour compris entre 100 et 300 ans).

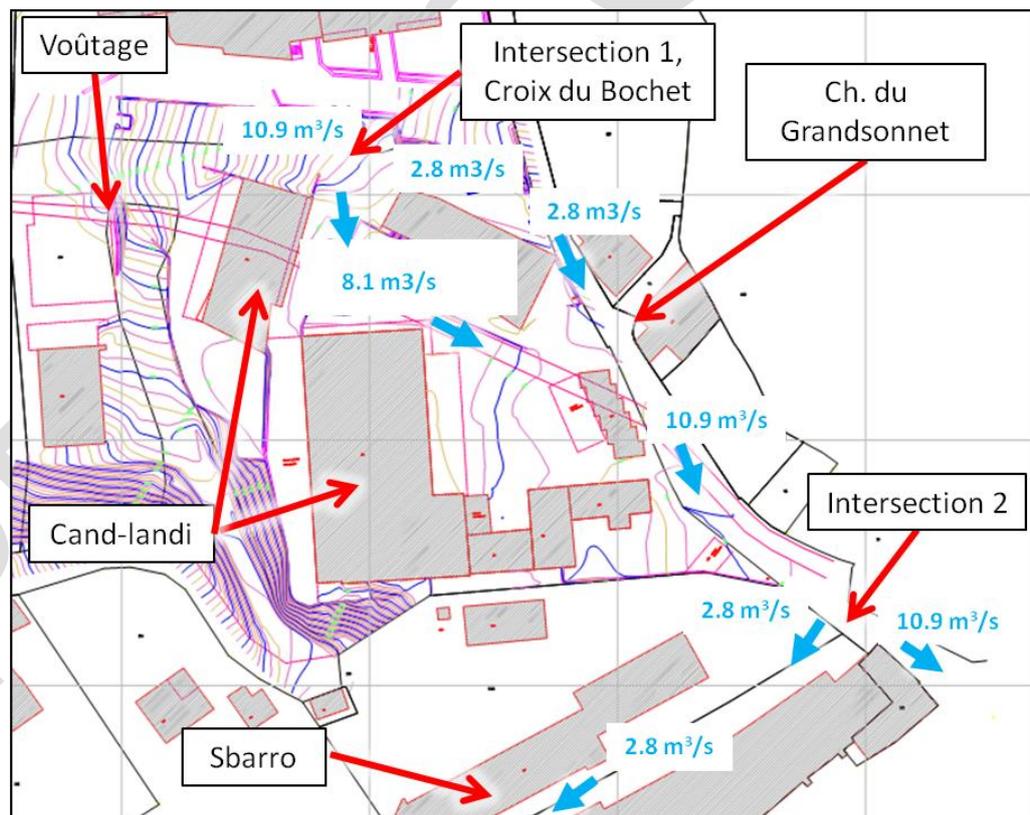


Figure 11 : Répartition des débits à l'état actuel – événement de probabilité faible

2.5 Répartition des débits dans le réseau urbain – état aménagé

En l'état du projet (stade de l'aménagement du territoire), il n'est pas possible de donner une répartition claire et univoque des débits sur le périmètre à l'état aménagé. En effet, l'emprise des bâtiments, les aménagements extérieurs, les pentes et les niveaux à l'état aménagé ne sont pas connus de manière suffisamment détaillée.

Néanmoins, à l'état aménagé, la répartition des débits devrait tendre vers celle de l'état actuel (voir Figure 12). En effet, la topographie du site en pente ne permet pas d'envisager une refonte complète de la situation de danger. De plus, du point de vue du report du risque sur les parcelles situées en dehors du PQ du Bas du Grandsonnet, il n'est pas souhaitable de modifier la répartition des débits et la situation de danger à l'échelle globale.

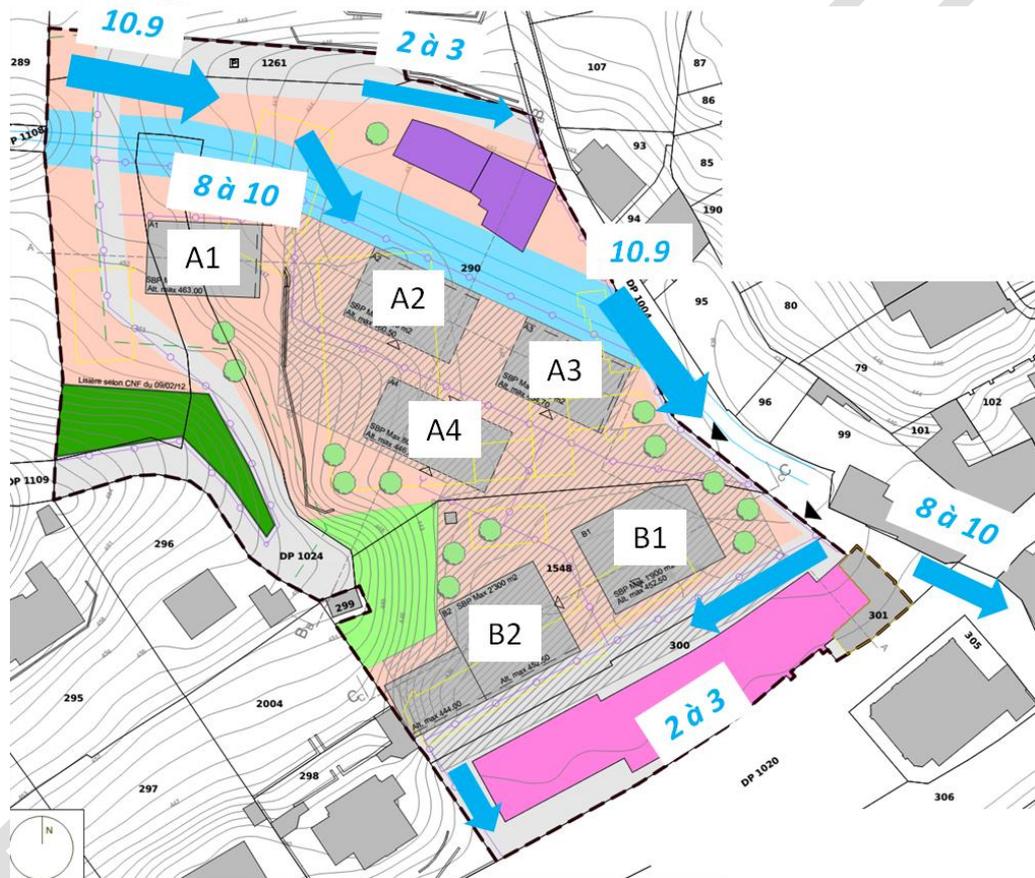


Figure 12 : Répartition des débits en m^3/s estimés (en bleu) à l'état aménagé
– événement de probabilité faible ; en bleu clair, « l'aire du Grandsonnet »

Ainsi, il est possible d'estimer les hauteurs d'eau et d'énergie sur les portions de réseau routier existant (Croix du Bochet et chemin du Grandsonnet) qui ne seront, a priori, pas modifiées. L'estimation de ces valeurs est donnée au Tableau 4 et leur localisation à la Figure 13.

Point de contrôle	Probabilité élevée	Probabilité moyenne	Probabilité faible
1. Croix du Bochet	Pas d'inondation	Pas d'inondation	Env. 25 cm / 275 cm
2. Croix du Bochet			Env. 20 cm / 40 cm
3. Ch. du Grandsonnet			Env. 15 cm / 150 cm
4. Ch. du Grandsonnet			Env. 35 cm / 100 cm
5. Ch. du Grandsonnet			Env. 40 cm / 110 cm
6. Ch. du Grandsonnet			Env. 30 cm / 285 cm

Tableau 4 : Estimation des hauteurs d'eau / hauteurs d'énergie sur les rues adjacentes au site du projet et dans la cour intérieure

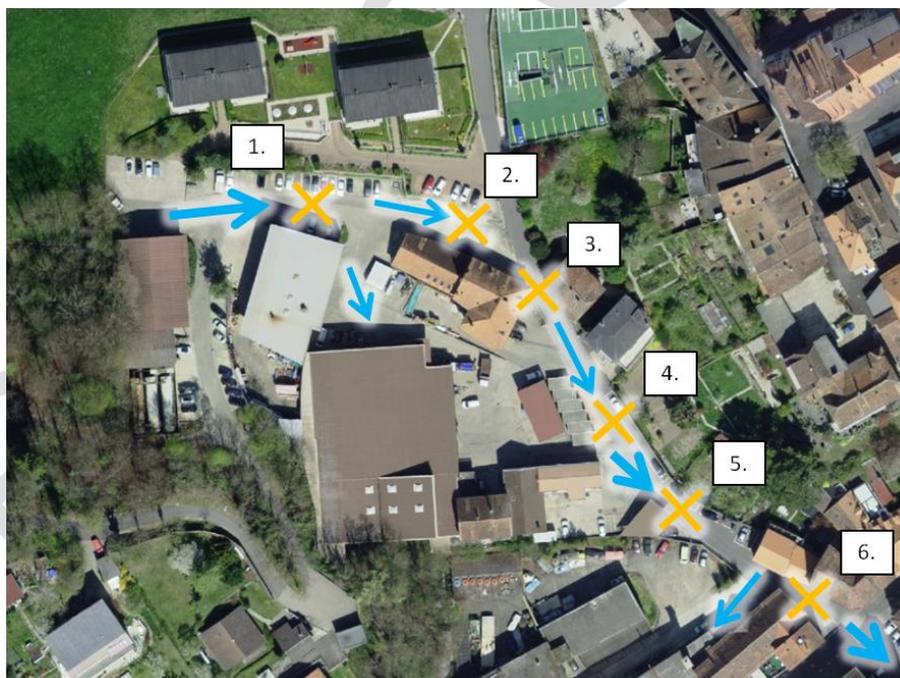


Figure 13 : Localisation des points de contrôles des intensités d'inondation du Tableau 4

Il est important de noter que le milieu urbain est favorable aux variations locales de l'écoulement qui peuvent être très importantes (contraction, obstacles, etc.). De plus, le site a des pentes qui varient de manière importante et atteignent des pourcentages élevés (>10%). Cela favorise aussi les changements locaux importants dans les conditions d'écoulements et, d'une manière générale, les hauteurs d'énergie très importantes.

3 Recommandations et mesures de protection

3.1 Concept général

Le concept de protection globale repose sur les principes suivants :

1. Favoriser l'écoulement des eaux débordées sur le réseau routier en maintenant une répartition des débits similaire à l'état actuel.
2. Empêcher que les eaux ne pénètrent dans les sous-sols directement (ex. rampe de parking) et indirectement (ex. cage d'escalier).
3. Empêcher que les rez-de-chaussée ne soient inondés avec des intensités moyennes (objectif de protection pour les zones d'habitations, voir §1.5).
4. Empêcher la destruction des bâtiments ou de grave dommage à leur structure.
5. Permettre une évacuation sûre des personnes se trouvant dans les sous-sols.
6. Diminuer le potentiel de dommage matériel.

Le groupe de bâtiments A2, A3 et A4 devrait ainsi se trouver au même niveau et légèrement en dessus de « l'aire du Grandsonnet » représentée en bleu sur la Figure 12. Cette dernière fera donc office de chenal d'écoulement préférentiel sur le nord du périmètre. Le débit s'écoulant sur le chemin de la Croix du Bochet au nord du bâtiment conservé ne devrait aussi pas augmenter afin de modifier la situation de danger sur les parcelles situées en dehors du périmètre et le long du chemin du Grandsonnet.

En aval, les routes réaménagées devront permettre de maintenir la répartition actuelle, c'est-à-dire à environ un tiers du débit total de s'écouler sur la route cantonale par le coin sud-ouest.

En outre en raison du phasage du projet, l'aménagement du site ne devrait pas permettre aux eaux de s'écouler de la zone nord (secteurs des bâtiments A1 à A4) à la zone sud (bâtiments B1 et B2) sans passer par le réseau routier.

En effet, il apparaît peu judicieux de devoir protéger complètement les bâtiments de ce secteur uniquement pour la période transitoire pour un débit de l'ordre de $10.9 \text{ m}^3/\text{s}$ alors que la cible, à terme, est de voir un débit inférieur de l'ordre de $2 \text{ à } 3 \text{ m}^3/\text{s}$ s'écouler entre les bâtiments et quitter le périmètre du PQ du Bas du Grandsonnet. De surcroît, si la totalité du débit venait à s'écouler entre les bâtiments B1 et B2, la situation de danger augmenterait sur les parcelles situées le long de la route cantonale et la gare (rue de la gare).

De plus, les rampes d'accès aux parkings souterrains sont particulièrement vulnérables et situées en bordure d'écoulement avec une importante hauteur d'énergie en raison de la pente des chaussées. Elles devraient donc être placées là où la pente de la chaussée est plutôt faible. En outre, les différents aménagements ne devraient en aucun cas diriger les eaux en direction des rampes d'accès aux souterrains.

3.2 Mesures recommandées

Les mesures qui peuvent l'être sont représentées à l'annexe A.

Compte tenu du phasage du projet (aménagement de la partie sud, puis de la partie nord), il y a lieu de prévoir un concept de protection en deux parties pour le premier principe (voir §3.1). Les mesures découlant des autres principes s'appliquent par analogies à l'entier du périmètre, de ses bâtiments (nouveaux ou transformé) et de ses aménagements (mobilier urbain, espaces extérieurs, etc.).

Sur la partie amont (nord, secteur Cand-landi) du périmètre, afin de favoriser l'écoulement des eaux débordées sur le réseau routier en maintenant une répartition des débits similaire à l'état actuel, les mesures de protection suivantes doivent être intégrées aux futurs projets d'aménagement :

- M1.** Aménager un corridor, un espace, d'écoulement entre les bâtiments A2, A3 et le bâtiment historique. Le corridor devra permettre de canaliser un débit de $10.9 \text{ m}^3/\text{s}$ sans que les eaux débordées n'inondent les espaces situés entre les bâtiments A2, A3 et A4 ainsi que le sud du périmètre. En outre, afin de ne pas augmenter le danger sur les parcelles situées au nord du chemin du Grandsonnet (parcelles 93, 94, 95, 96 et 99), le corridor aura une pente maximale comparable à celle de l'état actuel (environ 3.5%). L'extrémité aval sera aménagée de sorte à diriger les eaux sur la chaussée et non sur les parcelles situées au nord. Dans cet espace, des aménagements extérieurs légers peuvent être réalisés pour autant qu'ils ne perturbent pas l'écoulement et ne réduisent pas le gabarit hydraulique efficace.
- M2.** Les aménagements routiers doivent être conçus de manière à ce que le débit s'écoulant au nord du bâtiment historique conservé, en cas de débordement de probabilité faible au niveau de l'entrée du voûtage, soit au maximum comparable à l'état actuel ($2 \text{ à } 3 \text{ m}^3/\text{s}$). Cette mesure peut, par exemple, prendre la forme d'un dévers de la route.

Sur la partie aval du périmètre (sud, secteur Sbarro), afin de favoriser l'écoulement des eaux débordées sur le réseau routier en maintenant une répartition des débits similaire à l'état actuel, les mesures de protection suivantes doivent être intégrées aux futurs projets d'aménagement :

- M3.** La chaussée au droit de l'entrée de la cour entre les futurs bâtiments B1 et B2 et le bâtiment historique au sud devra être aménagée de sorte à conserver une répartition des débits entre l'équivalent de l'actuelle cour Sbarro et la rue du Grandsonnet similaire à celle de l'état actuel.
- M4.** Aménager un chemin corridor, espace, entre les bâtiments B1 et B2 et le bâtiment historique au sud. Le chenal devra permettre de canaliser un débit de $3 \text{ m}^3/\text{s}$ en direction du coin sud du périmètre (rue de la Gare) sans que les eaux n'inondent le nord du périmètre. Dans cet espace, des aménagements extérieurs légers peuvent être réalisés pour autant qu'ils ne perturbent pas l'écoulement et ne réduisent pas le gabarit hydraulique efficace.

Dans le cas où la partie amont et la partie aval du périmètre ne seraient pas réaménagées en même temps, la mesure suivante doit être intégrée aux futurs projets d'aménagement :

- M5.** Maintenir une séparation entre les actuelles parcelles 290 et 1548 qui puissent empêcher et/ou contenir le débordement de probabilité faible du Grandsonnet sur l'une ou l'autre des deux parcelles. Cette séparation pour prendre la forme d'un mur ou d'une différence de niveau adéquate (dimensionnement au niveau de la ligne d'énergie).

Afin d'empêcher les eaux d'entrer dans les parkings souterrains directement et indirectement, les mesures de protection suivantes doivent être intégrées aux futurs projets d'aménagement :

- M6.** Mise en place d'un système de fermeture automatique du haut de la rampe (voir Figure 14). Le système doit protéger l'entrée du parking dans le cas où un débit de $10.9 \text{ m}^3/\text{s}$ s'écoulerait sur la rue du Grandsonnet (dimensionnement au niveau de la ligne d'énergie, env. 1.5 m). La protection ne doit pas pouvoir être contournée par les eaux, elle se prolongera donc autour de la rampe et le long de la chaussée en conséquence.
- M7.** Les éventuels accès extérieurs directs aux sous-sols doivent être protégés avec un niveau analogue à celui de l'entrée du parking souterrain (dimensionnement au niveau de la ligne d'énergie).
- M8.** Les sauts-de-loup sont d'une manière générale à éviter sur l'entier du périmètre. Dans le cas où ceux-ci devaient être indispensables, ils doivent, ainsi que les autres systèmes d'aération, être positionnés/surélevés de sorte à être hors d'eau (dimensionnement au niveau de la ligne d'énergie). Alternativement et en dernier recourt, un système de fermeture automatique peut aussi être mis en place (voir Figure 15).
- M9.** Toutes les ouvertures (portes, portes-fenêtres, baies vitrées, etc.) donnant sur des accès intérieurs aux sous-sols doivent être protégées. Cette protection peut prendre la forme d'une surélévation, d'un renforcement ou d'une étanchéification (dimensionnement au niveau de la ligne d'énergie). Si les objectifs de protection du parking et des rez-de-chaussée sont garantis, des suintements sont tolérables, mais les ouvertures et autres fenêtres ne doivent en aucun cas céder brusquement.

Afin d'empêcher que les rez-de-chaussée ne soient inondés avec une intensité moyenne, les mesures suivantes doivent être intégrées aux futurs projets d'aménagement :

- M10.** Les rez-de-chaussée doivent se trouver à un niveau correspondant au minimum au niveau de la crue (niveau de la ligne d'énergie) minoré de 50 cm. Dans le cas où une surélévation n'est pas possible, une protection des ouvertures peut être mise en place. Cette protection peut prendre la forme d'une surélévation, d'un renforcement ou d'une étanchéification (dimensionnement au niveau de la ligne d'énergie). Si les objectifs de protection du parking sont garantis, des suintements sont tolérables, mais les ouvertures et autres fenêtres ne doivent en aucun cas céder brusquement.



Figure 14 : Exemple de système de protection mobile d'une rampe d'accès ; le système présenté ne nécessite pas d'alimentation électrique et est automatique (source : watersave.ch)



Figure 15 : Exemple de fenêtre se fermant automatiquement au fond d'un saut-de-loup
(source : watersave.ch)

En outre, les mesures suivantes sont aussi nécessaires :

M11. Toutes les canalisations, conduites et câbles connectant les bâtiments aux réseaux extérieurs doivent être étanchéifiés et, si nécessaire, munis de systèmes antiretour (voir exemples Figure 16).



Figure 16 : Systèmes de clapet antiretour pour eaux usées et eaux pluviales
(source : watersave.ch)

M12. Les éventuelles citernes à mazout, ou à carburant, doivent être ancrées et conçues de sorte à ne pas fuir en cas d'inondation de la zone. Leurs tuyaux de purges et/ou d'aération doivent avoir une extrémité supérieure à la cote d'inondation (dimensionnement au niveau de la ligne d'énergie de l'événement de probabilité faible majoré de 10 cm).

M13. Les fondations du bâtiment doivent être dimensionnées afin d'éviter que le bâtiment ne se soulève en cas d'inondation de la parcelle et de ses environs (résistance à la poussée d'Archimède).

En compléments des mesures constructives énoncées ci-dessus, les mesures d'exploitation suivantes doivent être appliquées :

- M14.** Les chemins d'évacuation des sous-sols en cas d'inondation doivent être clairement indiqués. Les portes et différents accès à utiliser doivent être libres d'obstacles et non verrouillés.
- M15.** Les fenêtres, portes et autres ouvertures « inondables » donnant sur les parties communes des bâtiments doivent être maintenues fermées (c.à.d fermeture permanente/définitive ou mise en place d'un dispositif de fermeture automatique comme un ferme-porte).

De plus, il est possible de limiter le potentiel de dommage en cas d'événement d'inondation en appliquant la mesure recommandée suivante :

- M16.** Les futurs habitants, utilisateurs et propriétaires du site devront être avertis du risque d'inondation, afin de pouvoir prendre les mesures qu'ils jugent nécessaires dans le but de ne pas entreposer de biens de grande valeur ou particulièrement sensibles (par ex. serveur informatique, archives importantes, etc.) dans les locaux situés en sous-sol.

4 Conclusion

La zone du plan de quartier Le Grandsonnet est affectée par un danger d'inondation moyen à faible (classe de danger 1 à 4) qui provient d'une mise en charge du voûtage du cours d'eau le Grandsonnet situé sous le périmètre d'étude.

A l'état aménagé, la situation de danger devrait être comparable à la situation actuelle, mais l'incertitude sur la détermination des débits et leur répartition sur le réseau routier doit être soulignée. Les phénomènes hydrauliques sont complexes et dépendants de facteurs externes comme le stationnement des véhicules dans la rue. En outre, le projet de l'état aménagé n'est pas connu en détail que cela soit pour les niveaux, la position des bâtiments et les aménagements extérieurs.

Un concept de protection général à l'échelle du PQ du Bas du Grandsonnet est néanmoins proposé. Compte tenu de la rapidité de la montée de la crue et de la nature du processus (embâcle) entraînant le danger, la mise en place de mesures temporaires (sacs de sable, batardeau, etc.) n'est pas envisageable pour protéger le site du PQ du Bas du Grandsonnet.

Le concept de protection implique donc des mesures permanentes qui ont pour objectifs de favoriser l'écoulement des débordements sur le réseau routier en maintenant une répartition des débits comparable à la situation actuelle, d'empêcher les eaux d'atteindre les souterrains et d'inonder les rez-de-chaussée avec des intensités moyennes, de garantir la robustesse des bâtiments, de permettre l'évacuation des souterrains en cas d'inondation et de diminuer le potentiel de dommage matériel.

La mise en place de ce concept de protection ne devra en aucun cas augmenter ou reporter le danger sur les parcelles voisines.

Etant donné les incertitudes sur la topographie et les aménagements finaux ainsi que, par conséquent, sur les conditions hydrauliques en cas d'inondation de la zone, lors des phases d'aménagement du quartier, une évaluation locale de risque restera indispensable afin de déterminer en détail la situation de danger à l'état aménagé et définir un concept de protection adéquat. La présente étude permettra cependant de faciliter ce travail.

Finalement, il est à noter qu'une réflexion générale sur la gestion des risques liés au Grandsonnet pourrait être menée par la Commune et/ou la Canton. Dans le cadre de ce processus, il serait envisageable qu'une solution globale à l'échelle du cours d'eau, comme la mise en place d'une herse performante, pour la rétention des corps flottants à l'amont puisse être développée.

Stucky SA

Stéphanie André
Comité de projet

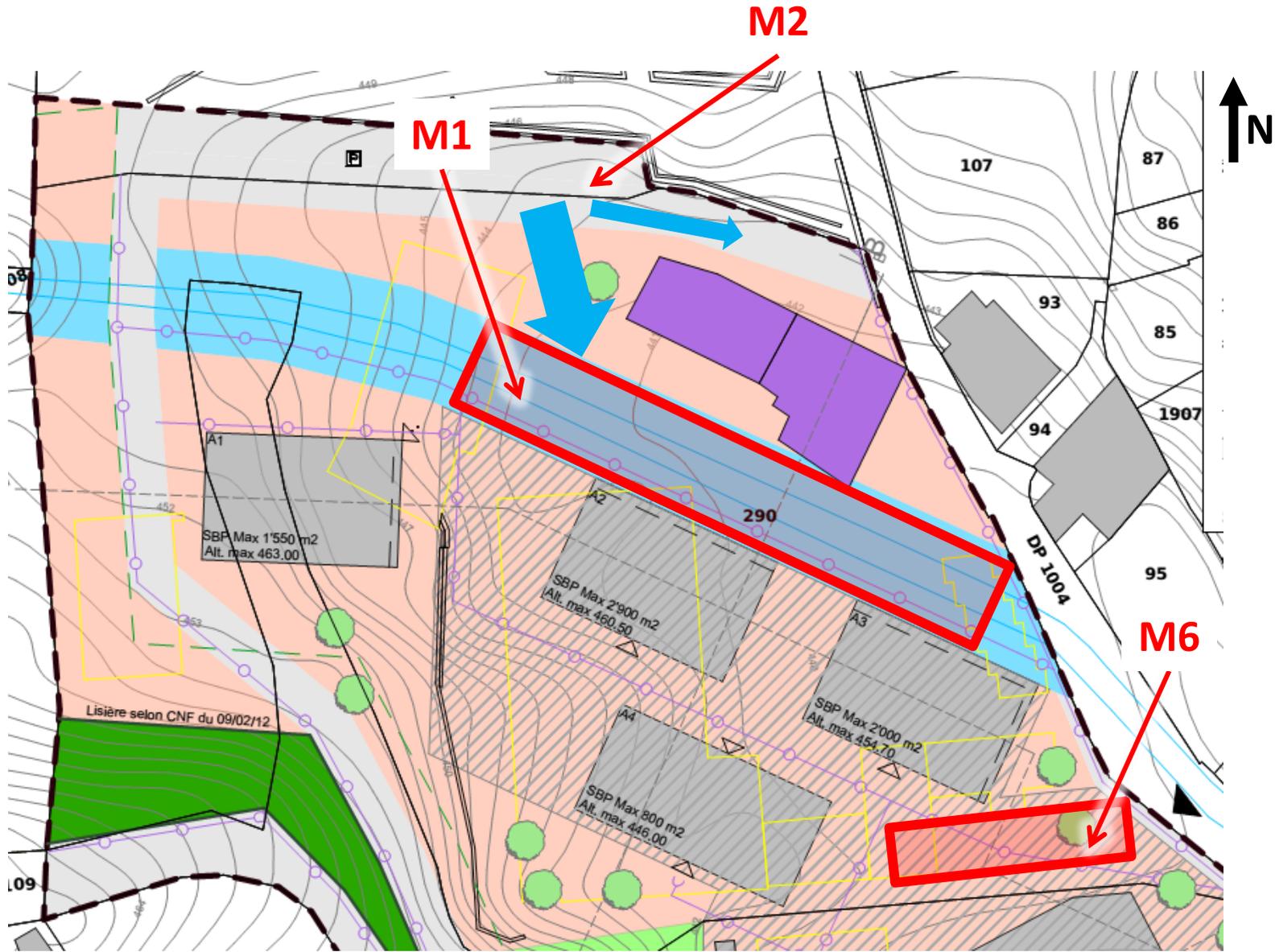
Michaël Rusconi
Chef de projet

Annexe A

- **Proposition de mesures de protection**

PROVISOIRE

Annexe A : Mesures de protection – partie amont



PROVISOIRE

Annexe A : Mesures de protection – partie aval

