

SM3A

Etude réalisée avec le concours financier de :



ETUDE HYDRAULIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

BASSIN VERSANT DE L'UGINE

***RAPPORT TECHNIQUE :
PHASE 2 – DIAGNOSTIC DU FONCTIONNEMENT DU BASSIN
VERSANT
PARTIE MORPHOLOGIE ET HYDRAULIQUE***

SION ET MARSEILLE, LE 27.03.2018



iDEALP France Sàrl
2, Allée Sacoman
F - 13016 Marseille
www.idealpfrance.fr
Tél. +33 486 97 51 32

Ingénierie pour le Développement en Environnement ALPin

TABLE DES MATIERES

1	CADRE ET OBJECTIFS	4
2	HYDROLOGIE	5
2.1	DEMARCHE.....	5
2.2	BASES ET HYPOTHESES.....	5
2.2.1	Bassins versants	5
2.2.2	Synthèse des pluies de courte durée.....	6
2.2.3	Zones sujettes à l'imperméabilisation	7
2.2.4	Influence karstique	9
2.3	MODELISATION BIDIMENSIONNELLE TOPOFLOW	10
2.3.1	Présentation du modèle Topoflow 2D-hydrologie	10
2.3.2	Remarques préliminaires.....	11
2.3.3	Présentation des sous-bassins versants et des points de calculs.....	11
2.3.4	Résultats	12
2.4	MODELISATION HEC HMS	15
2.4.1	Objectifs	15
2.4.2	Présentation du modèle.....	15
2.4.3	Bases et remarques préliminaires	15
2.4.4	Présentation des sous-bassins versants et des points de calculs.....	16
2.4.5	Résultats	17
2.4.6	Analyse de sensibilité.....	17
2.5	VALEURS PROPOSEES	19
3	GEOMORPHOLOGIE DES COURS D'EAU	20
3.1	ANALYSE DE PHOTOGRAPHIES AERIENNES ANCIENNES	20
3.2	PROFILS EN LONG DES COURS D'EAU – ANALYSE DES PENTES.....	22
3.2.1	Remarques préliminaires.....	22
3.2.2	L'Ugine.....	22
3.2.3	Le Nant Cruy	25
3.2.4	Le Merderay	26
4	DIAGNOSTIC DES SECTEURS AMONT	28
4.1	REMARQUE PRELIMINAIRE	28
4.2	UGINE ET AFFLUENTS	28
4.2.1	Cours de l'Ugine en amont de la cascade	28
4.2.2	Nant des Pénys, tronçon amont (dérivé)	29
4.2.3	Nant des Pénys, tronçon aval (court-circuité)	31
4.3	NANT DE CRUY ET AFFLUENTS	33
4.3.1	Cours du Nant Cruy amont.....	33
4.3.2	Nant de Léchaux et de la Bédière	35

4.4	MERDERAY	37
4.4.1	Merderay amont	37
4.4.2	Merderay aval	37
5	MODELISATION HYDRAULIQUE SUR LE SECTEUR AVAL - TORRENTS DE L'UGINE ET DU NANT CRUY	40
5.1	REMARQUES PRELIMINAIRES.....	40
5.1.1	Présentation du modèle Topoflow - hydraulique & charriage.....	40
5.1.2	Traitement géométrique et critique de la donnée.....	40
5.1.3	Introduction d'apports intermédiaires.....	40
5.1.4	Hydrogrammes de crues	41
5.2	SYNTHESE DES RESULTATS UGINE.....	41
5.2.1	Scénarios modélisés	41
5.2.2	Scénario de crue $Q_{\max}=25 \text{ m}^3/\text{s}$	42
5.2.3	Scénario de crue $Q_{\max}=20 \text{ m}^3/\text{s}$	42
5.2.4	Scénario de crue $Q_{\max}=15 \text{ m}^3/\text{s}$	42
5.2.5	Scénario de crue $Q_{\max}=10 \text{ m}^3/\text{s}$	42
5.2.6	Scénario de crue $Q_{\max}=15 \text{ m}^3/\text{s}$, sans charriage et avec mise en pression des ponts	43
5.2.7	Scénario de crue $Q_{\max}=15 \text{ m}^3/\text{s}$, avec charriage et avec mise en pression des ponts	43
5.2.8	Illustrations de points faibles	43
5.2.9	Critique des résultats.....	46
5.3	SYNTHESE DES RESULTATS NANT-CRUY	48
5.3.1	Scénarios évalués	48
5.3.2	Scénario de crue rare.....	48
5.3.3	Scénario de crue fréquente	48
5.4	GESTION DES MATERIAUX SOLIDES.....	48
5.5	ESPACES DE BON FONCTIONNEMENT TECHNIQUE	49
6	ANNEXES	50

1 Cadre et objectifs

Cette étude a fait l'objet d'un appel à projet GEMAPI lancé par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. Elle s'inscrit dans la démarche de gestion intégrée des masses d'eau conduite par le SM3A pour le compte de la CCPMB.

Le bassin versant de l'Ugine, qui représente une superficie de 22 km², est un sous-bassin de l'Arve. Le cours de l'Ugine s'écoule du Nord vers le Sud essentiellement sur la commune de Passy et conflue avec l'Arve au terme d'un parcours de plus de 6 kilomètres.

Deux torrents principaux provenant des massifs qui surplombent le Plateau d'Assy, confluent avec l'Ugine. Ces affluents principaux sont le Nant des Pénys, qui alimente l'Ugine en rive droite au niveau du village de Chedde, et le Nant Cruy, qui alimente l'Ugine plus en aval en rive droite dans la sortie urbaine de Passy à environ 300 mètres avant la confluence avec l'Arve. Un autre cours d'eau est pris en compte dans l'étude, il s'agit du torrent du Merderay qui se situe en dehors du bassin versant de l'Ugine.

En raison des apports liquides et solides de ces torrents, les enjeux situés en pied de versant et dans la plaine sont soumis à un risque inondation. La capacité hydraulique des ouvrages de franchissement, ainsi que la gestion des matériaux et des bois flottants sont des problématiques centrales de cette étude.

Globalement le mandat doit permettre de comprendre la dynamique hydrosédimentaire actuelle de l'Ugine et de ses affluents, afin de réaliser des aménagements efficaces et de prévoir une gestion des matériaux et des boisements adéquate. L'amélioration de la continuité écologique constitue également un objectif important qui doit être poursuivi tout au long de l'étude.

En résumé, les principaux objectifs de cette étude sont :

- D'analyser et d'établir un diagnostic clair du fonctionnement hydrologique, hydraulique et sédimentaire de l'Ugine et de ses affluents
- D'identifier les principaux dysfonctionnements et les ouvrages problématiques
- De caractériser le franchissement piscicole et la qualité du milieu naturel
- De proposer des solutions d'aménagement et de gestion, visant à la protection des personnes et des biens. Les mesures devront autant que possible permettre d'améliorer le fonctionnement écologique des cours d'eau (continuité, corridors). Un plan d'action, ainsi qu'un plan de gestion des matériaux et des boisements seront établis

A cette fin, des outils de modélisation hydrologique et hydraulique seront utilisés au cours de cette étude. Par ailleurs, l'analyse du charriage sera un paramètre essentiel à considérer pour caractériser au mieux la situation de danger. Les données et études existantes seront analysées et les informations jugées utiles seront exploitées.

L'étude se déroulera selon les phases suivantes, définies par le cahier des charges :

- Phase 1 : Analyse des données et diagnostic du territoire
- Phase 2 : Diagnostic du fonctionnement du bassin versant
- Phase 3 : Plan d'action

Le présent document traite de la phase 2 et particulièrement du diagnostic morphologique et hydraulique.

2 Hydrologie

2.1 Démarche

L'objectif de cette phase est de définir les débits et les hydrogrammes de crue de différentes périodes de retour. Les bassins versants étudiés n'étant pas jaugés, une modélisation hydrologique a été réalisée.

L'outil de modélisation utilisé est le logiciel Topoflow 2D développé par iDEALP Ingénieurs. Une description de l'outil est présentée au paragraphe ci-après.

La démarche de modélisation passe par les étapes suivantes :

- Délimitation des sous-bassins versants
- Détermination des points de concentration du réseau hydrographique
- Synthèse de pluies représentatives de différentes périodes de retour
- Analyse des zones imperméables (zones urbaines, voiries) et intégration dans le réseau de mailles du modèle
- Modélisation des débits de crue

Une analyse des données issues d'études existantes a également été réalisée pour comparaison.

2.2 Bases et hypothèses

2.2.1 Bassins versants

La figure ci-après montre les principaux bassins versants du site d'étude. Le tableau suivant indique les surfaces correspondantes.

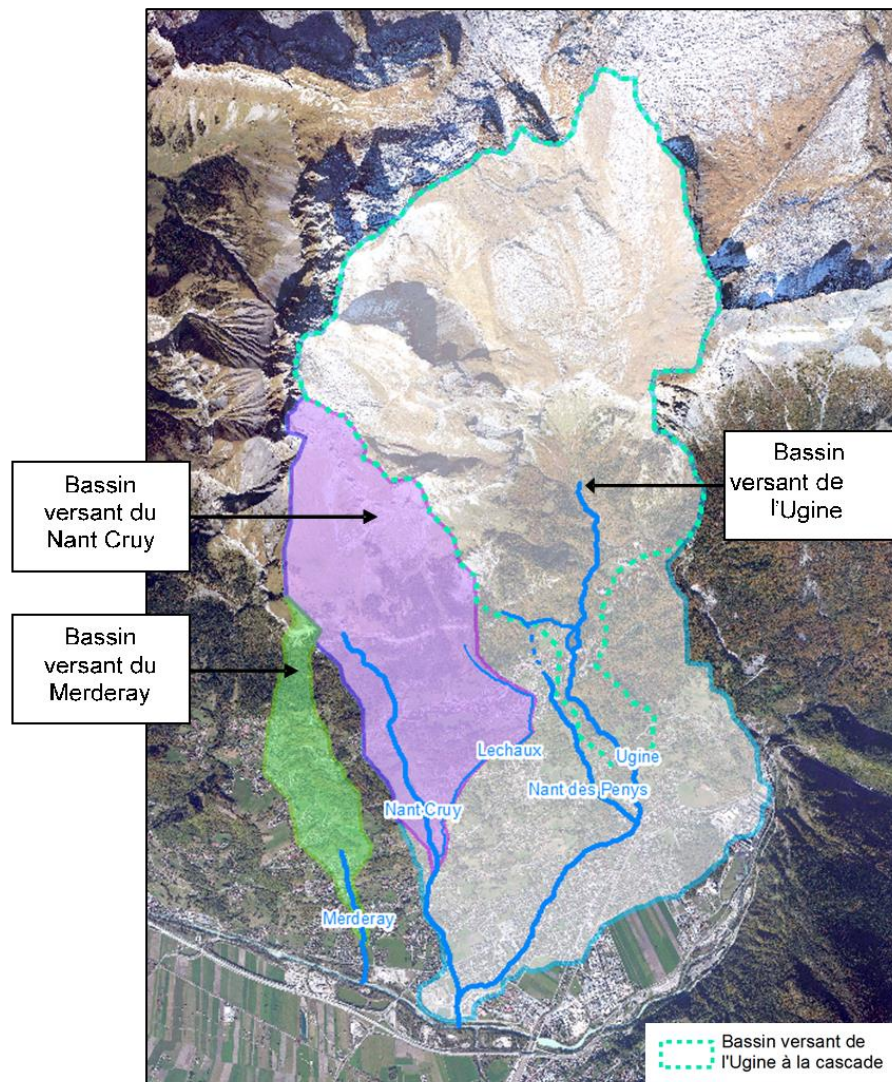


Figure 1 : Bassins versants de l'Ugine et du Merderay

Bassin versant	Superficie (km ²)
Ugine à la cascade	10,5
Ugine à la confluence	20,2
Nant Cruy	3,9
Merderay	0,1

Tableau 1 : Surface des bassins versants

2.2.2 Synthèse des pluies de courte durée

Les bassins versant de la zone d'étude étant de petite taille, des pluies de courtes durées doivent être utilisées pour évaluer correctement l'hydrologie de ces bassins versants torrentiels.

La synthèse des pluies de courte durée nécessite l'exploitation de données issues de stations pluvio-graphiques qui fournissent des données infra-horaires. Les stations les plus proches

sont celles de Bourg Saint Maurice (à 35 km, altitude 865m), Genève (à 50 km, altitude 375m) et Chambéry-Aix (à 70 km, altitude 235m).

La station de Bourg Saint Maurice, qui est la station de mesures à faibles pas de temps la plus proche de la zone d'étude, a été retenue pour la synthèse de pluies de courte durée. Elle apparaît la plus adaptée au site d'étude (altitudes et reliefs comparables, cumuls de précipitations semblables, ...).

Une comparaison des cumuls journaliers de la station de Bourg Saint Maurice avec les stations de mesures journalières de Sallanches et de Combloux a été réalisée. On remarque que les valeurs de Bourg Saint Maurice correspondent environ à la moyenne des deux autres stations, qui représentent respectivement une altitude inférieure et une altitude moyenne du bassin versant de l'Ugine. Faute de stations pluvio-graphiques plus proches, l'utilisation des données de cette station apparaît satisfaisante.

Les pluies synthétisées sont présentées ci-après. La durée de la pluie retenue est de trois heures et l'intervalle de temps est de vingt minutes. Une analyse de sensibilité sur ces paramètres a été réalisée.

Un moyennage du pic de pluie sur deux pas de temps a été réalisé pour prendre en compte un laminage spatial de l'orage (la pointe ne s'applique pas en tous points du bassin versant en même temps). Une analyse de sensibilité sur ce paramètre a été réalisée.

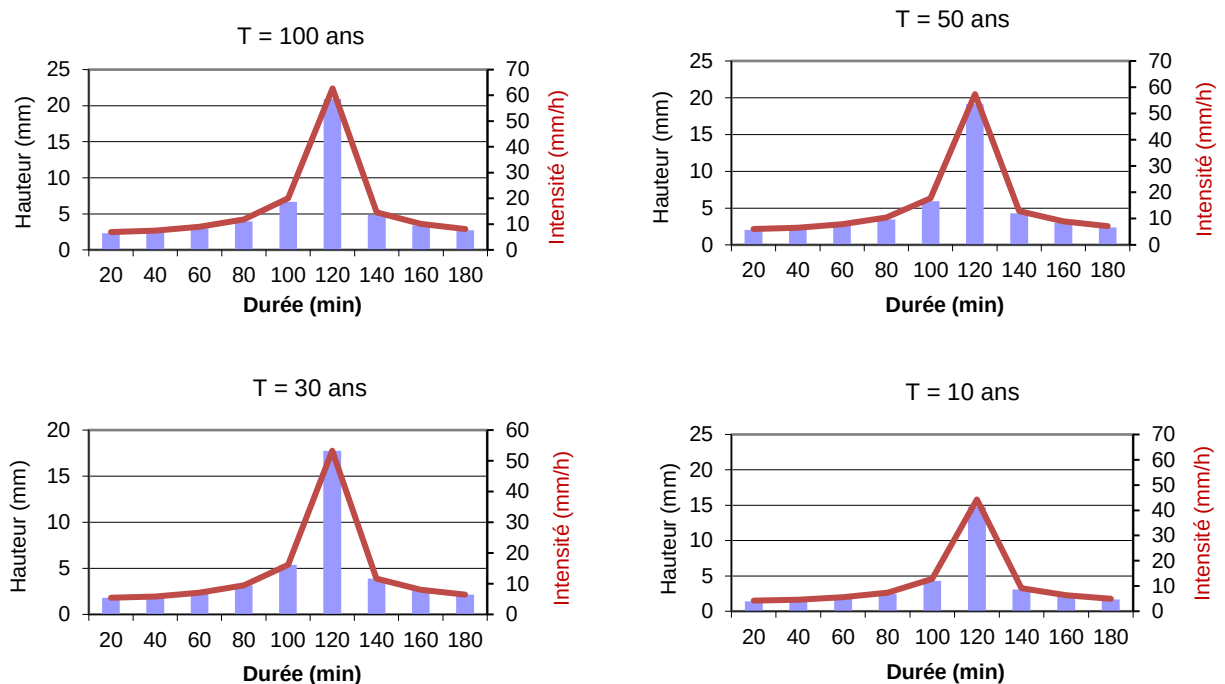


Figure 2 : Pluies de courte durée synthétisées de temps de retour 10, 30, 50 et 100 ans

2.2.3 Zones sujettes à l'imperméabilisation

A partir des données à disposition, une analyse des zones sujettes à une imperméabilisation des sols a été réalisée.

Concernant les zones d'urbanisation future, une sélection a été réalisée : seules les zones majoritairement construites ont été retenues. D'autres zones prévues à l'urbanisation future mais peu construites, n'ont pas été considérées (zones grisées sur la figure ci-après). La sélection réalisée correspond ainsi à une situation actuelle avec une légère projection.

La figure ci-après, également fournie en **annexe 1.1**, présente les zones sujettes à une imperméabilisation des sols qui ont été retenues.

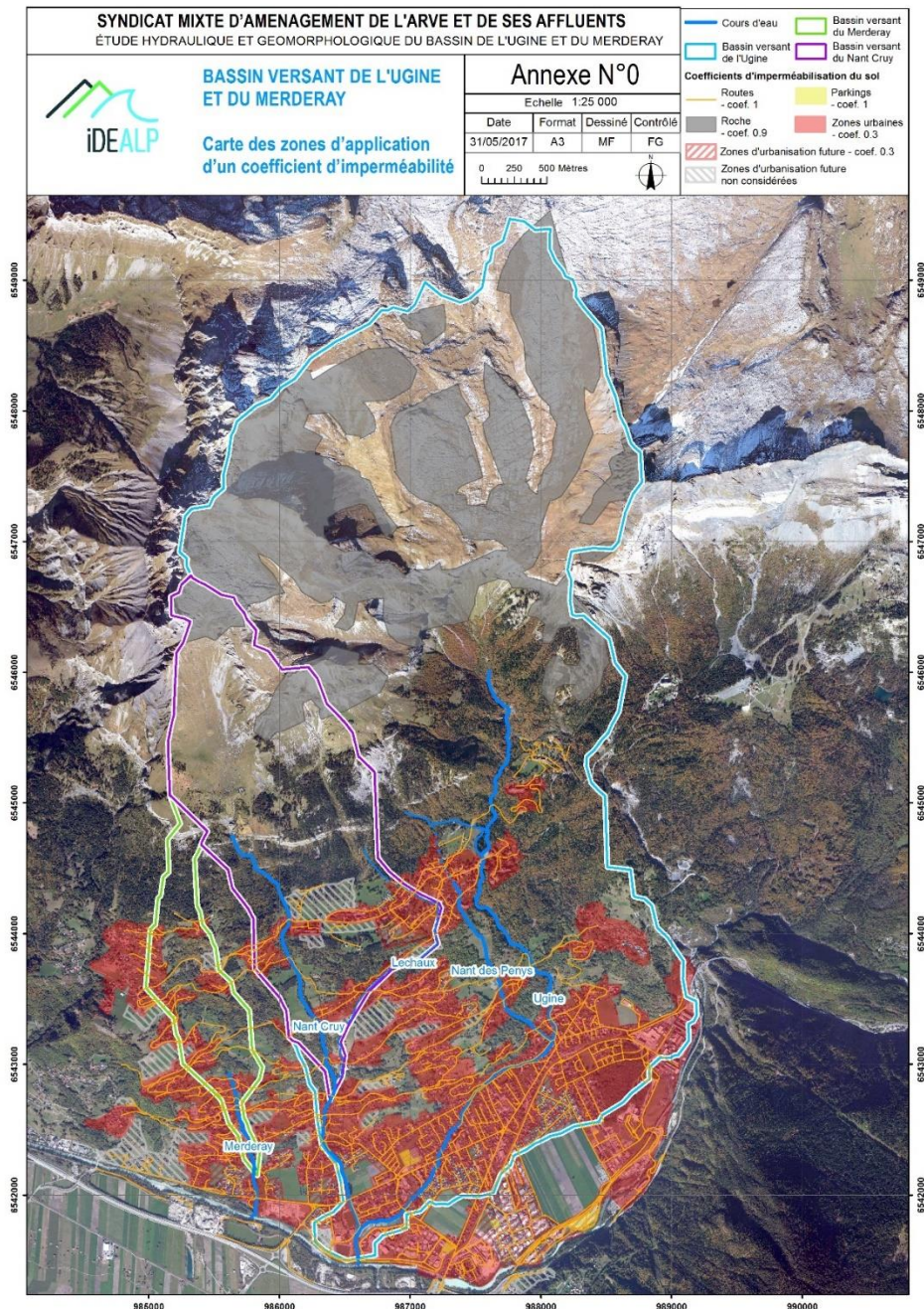


Figure 3 : Zones d'application d'un coefficient d'imperméabilité

Une seconde carte, présentée en **annexe 1.2**, montre la même situation mais sur un secteur rapproché sur la partie aval du bassin versant pour plus de lisibilité.

Pour les différents types de surfaces concernées, les coefficients d'imperméabilité suivant ont été utilisés :

- Zones urbaines (actuelles et futures) : 0,3
- Zones de rochers : 0,9
- Routes : 1
- Parkings : 1

2.2.4 Influence karstique

Le rapport d'étude hydrogéologique du bureau d'études François Jeannolin relatif à la protection des captages de Charbonnières de la commune de Passy (Haute-Savoie) présente une analyse du fonctionnement hydrogéologique du bassin versant amont de l'Ugine. Dans ce cadre, des opérations de traçages avec l'emploi de 3 colorants pour 3 points d'injection différents ont été réalisées.

D'après le rapport, les précipitations sur le bassin versant de l'Ugine, « s'infiltrent facilement dans les calcaires nummulitiques du Bassin de Platé », c'est une couche perméable du bassin versant. Les eaux circulent ensuite « dans le réseau karstique et sont restituées au contact Urgonien-Hauterivien par des exurgences cachées sous les éboulis au sein desquels elles percolent encore avant d'apparaître à l'air libre à la faveur de l'entaille du torrent de l'Ugine ».

Les eaux du « torrent de l'Ugine ont donc une origine karstique avec un bassin versant hydrogéologique qui se développe largement sur le désert du Platé ».

La coupe géologique suivante synthétise la formation du réseau karstique en fonction des différentes couches géologiques.

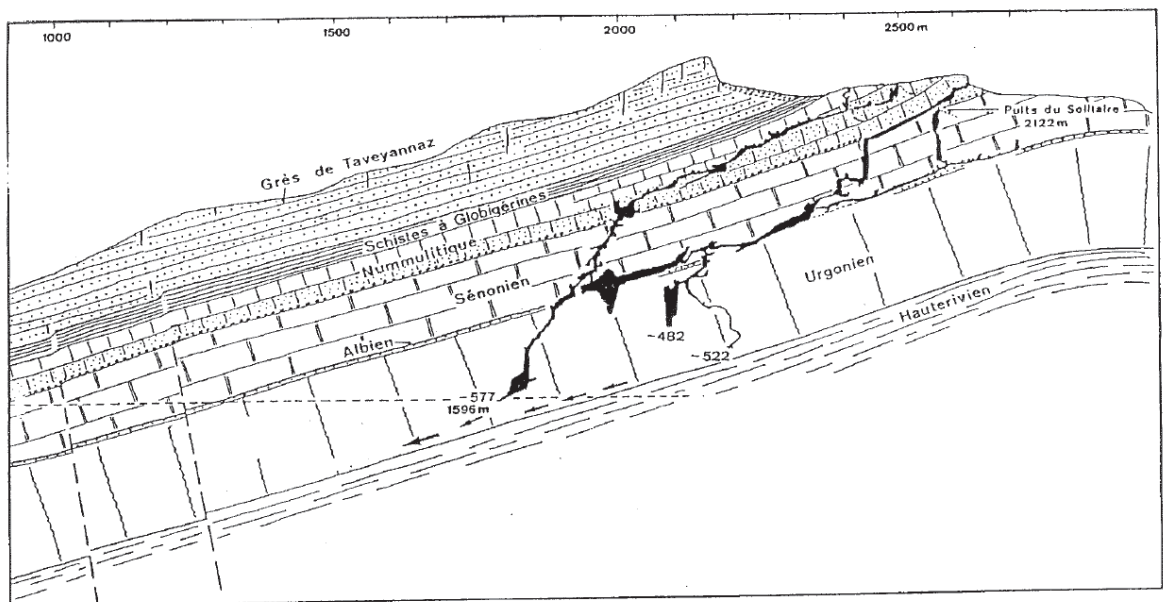


Figure 4 : Coupe géologique synthétique – Rapport d'étude hydrogéologique Passy – BE François Jeannolin

Les conclusions de ce rapport sont les suivantes :

- « L'Ugine correspond à l'exutoire supérieur du réseau karstique aquifère et fonctionne comme un trop-plein avec des venues de plus en plus hautes dans le versant en fonction de la mise en charge du réseau »
- Les **vitesses de transit sont relativement lentes** (6 jours à 13 jours pour l'injection aux Grandes Platières). « Les vitesses sont largement influencées par le régime du karst et sont plus importantes en période de crue printanière ».
- « [...] à partir des Grandes Platières, on ne peut exclure l'éventualité d'écoulements secondaires vers le Nord », soit en dehors du bassin versant de l'Ugine.
- Le secteur de la Combe de Lindars peut être inclus logiquement dans le bassin versant hydrogéologique de l'émergence de l'Ugine, bien qu'aucune restitution du traçage n'ait été détectée.

Ce rapport, ainsi que l'ouvrage « la Haute Montagne Calcaire » de Richard Maire, indiquent l'existence d'une zone karstique importante couvrant le secteur de Fort de Platé et plus globalement du Désert de Platé. L'infiltration sur ce secteur au sein du réseau karstique serait importante. Les vitesses de restitution sont lentes et dépendent du régime du karst.

D'après l'analyse de cartographies issues de ces documents, il est possible de délimiter cette zone karstique de Fort de Platé. La figure ci-après montre la localisation de cette zone de Fort de Platé.

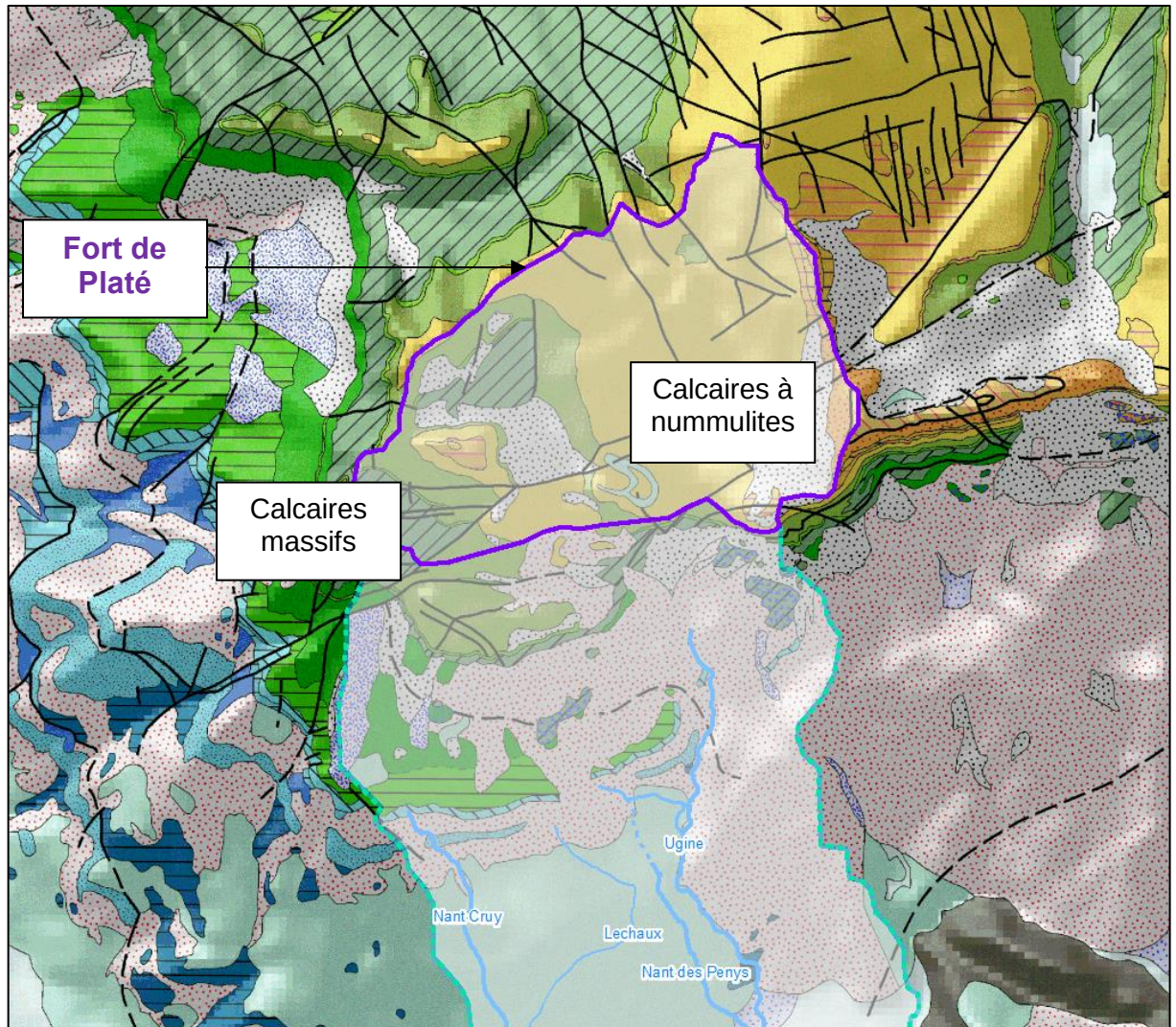


Figure 5 : Délimitation de la zone de Fort de Platé correspondant à la zone d'influence karstique forte

Pour tenir compte de l'effet de laminage de cette zone karstique sur les débits de crue, des modélisations avec et sans la présence de cette zone ont été réalisées (voir résultats de modélisation présentés ultérieurement).

2.3 Modélisation bidimensionnelle TOPOFLOW

2.3.1 Présentation du modèle Topoflow 2D-hydrologie

Topoflow est un outil de modélisation bidimensionnelle d'hydrologie, d'hydraulique et de charriage. Selon le réseau de maillage utilisé et les objectifs à atteindre, les trois

composantes peuvent être modélisées en simultanée. Ce modèle a été mis au point par le bureau IDEALP.

Le modèle hydrologique bidimensionnel Topoflow permet de simuler des écoulements sur des plans inclinés et dans les cours d'eau. Il s'agit d'un modèle déterministe distribué à base physique. Le modèle prend en compte les processus hydrologiques suivants :

- Des fonctions d'infiltration classiques, avec ou sans prise en compte d'un écoulement souterrain dans une nappe de subsurface.
- L'apparition du ruissellement. Un effet progressif de saturation du bassin versant et de dépassement de capacité d'infiltration fait apparaître un ruissellement superficiel.
- Un écoulement superficiel. La loi d'écoulement utilisée est l'onde diffusive.

Il peut également prendre en compte la variabilité de l'isotherme ainsi qu'une composante de l'écoulement liée à la fonte de neige et ou glaciaire.

La topographie du bassin versant est représentée par un réseau de mailles, au sein duquel serpente un réseau hydrographique, qui collecte et propage les écoulements. Les écoulements de nappe et de surface interagissent suivant la topographie du bassin versant (effets d'infiltrations, de concentrations des écoulements et de résurgences).

Des paramètres d'imperméabilité du sol peuvent être introduits aux différentes mailles du modèle pour tenir compte par exemple, de la présence de zones urbaines ou de réseaux de voiries.

L'outil permet de générer les hydrogrammes de crues utiles à toute modélisation hydraulique et de charriage, en de multiples points du réseau hydrographique. Il permet en outre d'analyser la dynamique de propagation de la crue (temps de propagation, effets de laminage, influence particulière d'affluents), et de localiser géographiquement des zones de concentration et de ruissellement particuliers.

2.3.2 Remarques préliminaires

Le relevé lidar 2015 du bassin versant a été exploité pour élaborer une grille régulière de points de 20m x 20m qui sert de base au modèle bidimensionnel.

Le réseau hydrographique collecte et diffuse les écoulements de surface et de nappe issus des différentes mailles qui constituent la géométrie du modèle bidimensionnel.

Le coefficient d'infiltration ou de perméabilité du sol utilisé est de 5.10^{-6} m/s.

2.3.3 Présentation des sous-bassins versants et des points de calculs

A partir d'un traitement de la topographie du relevé LIDAR, les différents bassins versants des affluents de l'Ugine et le réseau hydrographique principal ont été déterminés.

La figure ci-après illustre les différents sous-bassins versants de la zone d'étude ainsi que les points de calculs.

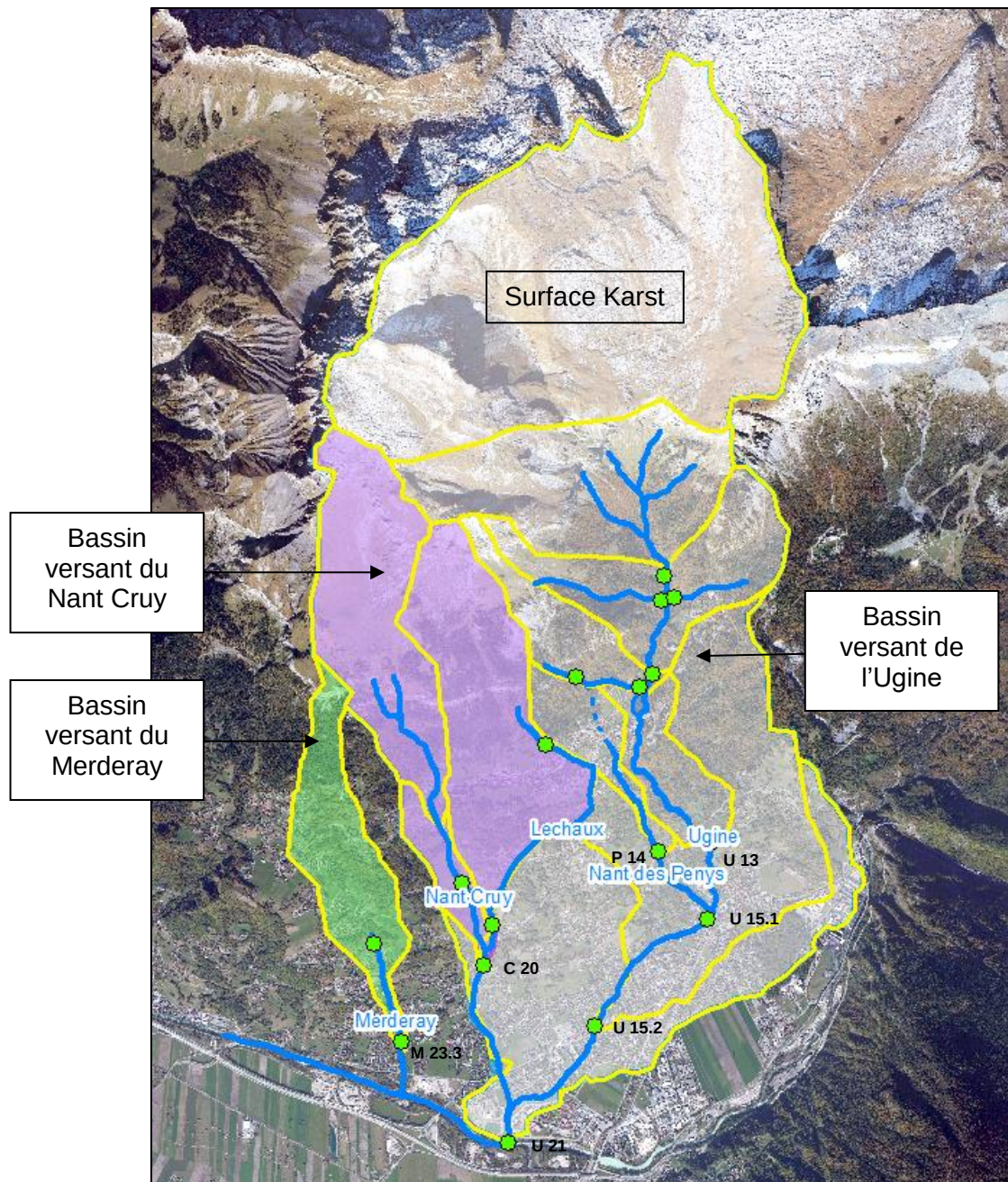


Figure 6 : Situation des sous-bassins versants de la zone d'étude et des points de mesure de débits

2.3.4 Résultats

Des modélisations pour des crues fréquentes à rares ont été réalisées. Ces modélisations ont été réalisées sans considérer la surface concernée par le karst (cf. figure précédente).

Les figures ci-après, également disponibles en **annexes 2.1 et 2.2**, illustrent le résultat d'une simulation d'une pluie décennale avec le modèle.

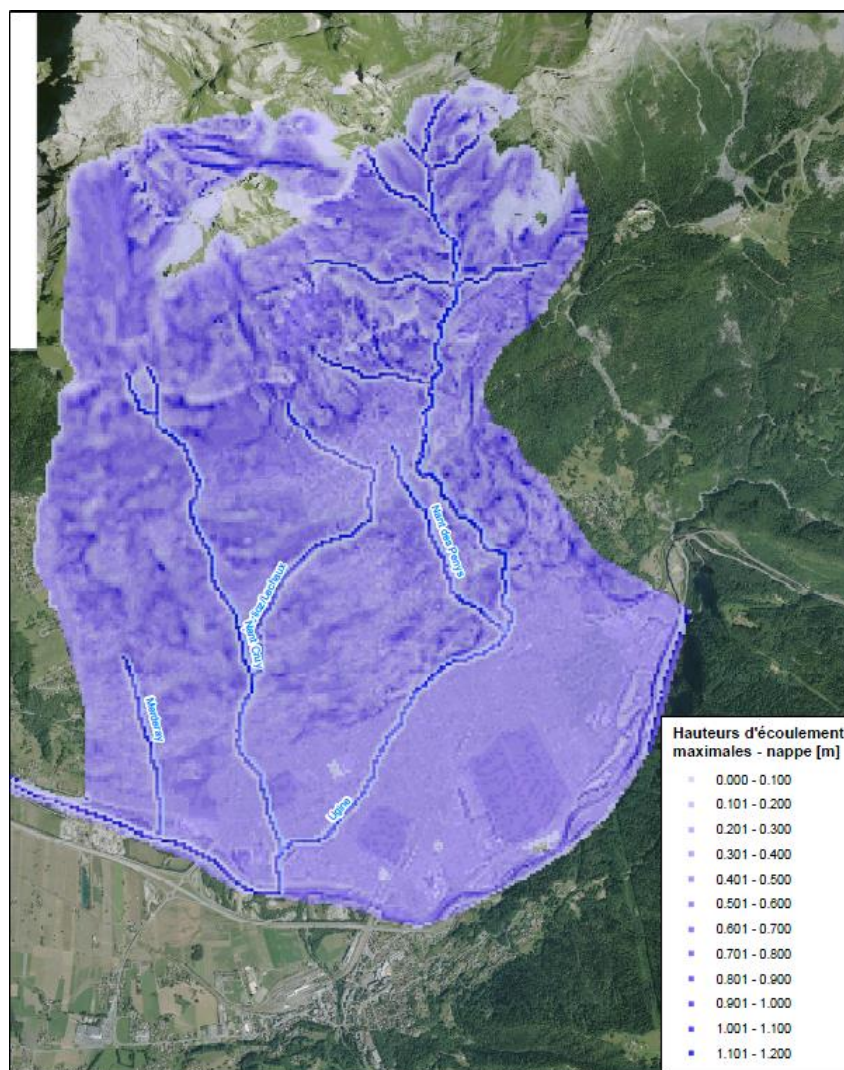


Figure 7 : Hauteurs maximales d'écoulement de nappe

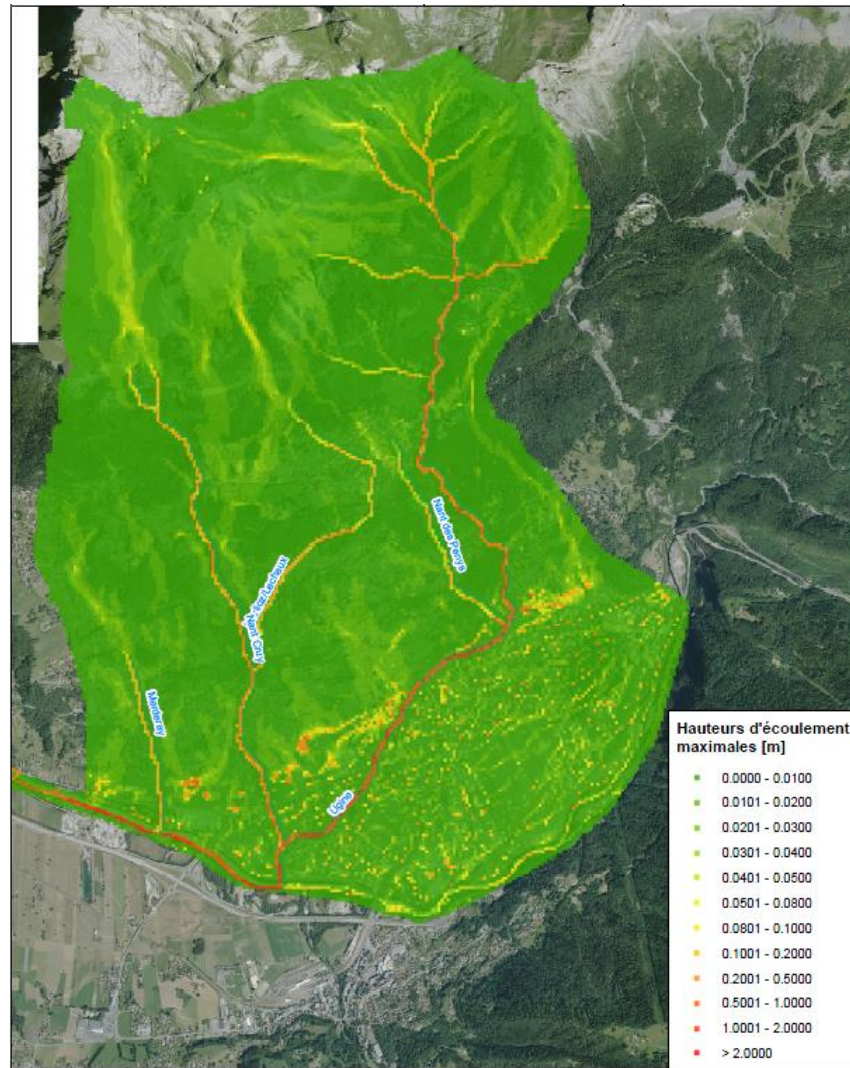


Figure 8 : Hauteurs maximales d'écoulement de surface

Sur la carte de la Figure 7, on peut remarquer la présence de fortes hauteurs d'écoulement de subsurface (nappe) là où les écoulements se concentrent. Le dépassement de la capacité d'infiltration du sol et la saturation progressive du sous-sol, font apparaître un ruissellement de surface qui se propage selon la topographie (cf. carte de la Figure 8). On remarque bien les secteurs de concentration de l'écoulement, comme les vallons et les pieds de versants (concentration due notamment à la saturation du sous-sol en pied de versant).

Les débits de pointe obtenus aux points de calculs remarquables sont présentés ci-après. Le débit de pointe de l'Ugine en tête du cône de déjection (à la cascade), est indiqué en gras (U13). Le débit « Ugine 21 » est représentatif du débit à la confluence, il comprend donc les apports du Nant Cruy ainsi que les apports intermédiaires de ruissellement.

Point de calcul	Débit Fréquent (m³/s)	Débit Moyennement Fréquent (m³/s)	Débit Moyennement rare (m³/s)	Débit Rare (m³/s)
Ugine 13	9.5	15.8	18.9	23.2
Ugine 21	14.1	24.3	29.5	37.5
Pénys 14	0.7	1.3	1.6	2.0
Cruy 20	2.7	5.2	6.3	8.0
Merderay 23.3	0.9	1.7	2.1	2.7

Tableau 2 : Débits de pointe issus des modélisations bidimensionnelles pour les différentes périodes de retour – Pluie 3h

On a pu constater que les débits obtenus sur le Merderay étaient trop faibles par rapport à ce qu'on pourrait attendre sur ce type de torrent. Ces valeurs basses s'expliquent par l'utilisation d'une pluie de durée 3h, adaptée pour l'hydrologie du bassin versant global mais moins pour le torrent du Merderay qui est plus petit.

2.4 Modélisation HEC HMS

2.4.1 Objectifs

Des simulations avec un autre modèle hydrologique (HEC HMS) ont été réalisées afin de comparer les résultats avec ceux de la première approche.

Une analyse de sensibilité sur les pluies a également été réalisée avec cet outil.

2.4.2 Présentation du modèle

HEC-HMS est un logiciel de modélisation hydrologique de transformation pluie-débit par la méthode de l'onde cinématique.

Une fonction de production permet de transformer une pluie (hyétogramme) en débit en prenant en considération l'absorption des précipitations par la végétation et le sol ainsi que la vitesse de ruissellement en fonction de la couverture et la pente du terrain.

Une fonction de transfert prend ensuite en compte la propagation de ce débit dans le chenal d'écoulement avec ses composantes de rugosité, longueur et pente.

Le bassin versant étudié est structuré en plusieurs sous bassins reliés par le chenal principal du cours d'eau. Ce modèle permet de prendre en compte les caractéristiques de chaque sous bassin versant face à une pluie donnée.

2.4.3 Bases et remarques préliminaires

La méthode de calcul de la pluie nette ruisselée est celle « Initial & Constant » qui tient compte d'une infiltration initiale des sols, puis d'une absorption constante.

Les paramètres utilisés sont les suivants :

- Perte initiale : 10 mm
- Perte constante : 18 mm/h

Prise en considération du karst :

Un calcul a été réalisé sur le bassin versant global et un autre avec une surface réduite (moins BV Ugine 7). Cette dernière configuration correspond à une situation sans la zone karstique pour prendre en considération l'effet du karst (hypothèse de laminage complet des pluies sur cette zone).

2.4.4 Présentation des sous-bassins versants et des points de calculs

La figure ci-après montre le découpage en sous-bassins versants réalisé ainsi que les points de calculs du modèle. Les numéros des points de calculs remarquables du modèle bidimensionnels sont indiqués.

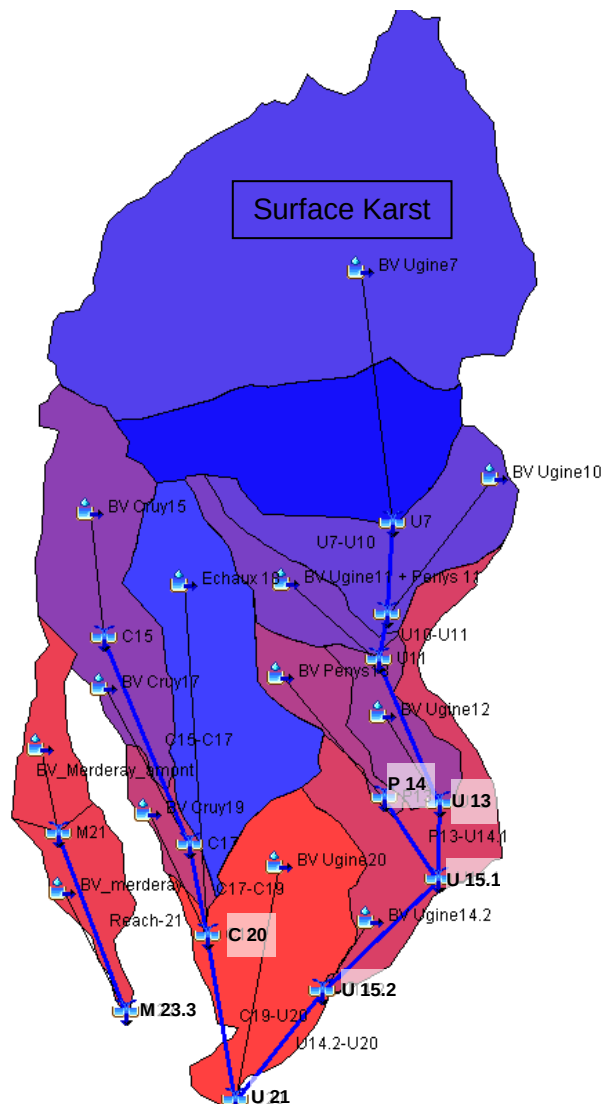


Figure 9 : Présentation des sous-bassins versants définis pour la modélisation Hec-Hms

2.4.5 Résultats

Le tableau présenté ci-après fournit les résultats pour les principaux bassins versants et pour des crues fréquentes à rares. Ces modélisations ont été réalisées sans considérer la surface concernée par le karst (cf. figure précédente).

Pour rappel, comme pour la modélisation Topoflow, le débit de pointe de l'Ugine en tête du cône de déjection (à la cascade), est indiqué en gras (U13). Le débit « Ugine 21 » est représentatif du débit à la confluence, il comprend donc celui du Nant Cruy ainsi que les apports intermédiaires.

Point de calcul	Débit Fréquent (m³/s)	Débit Moyennement Fréquent (m³/s)	Débit Moyennement rare (m³/s)	Débit Rare (m³/s)
Ugine 13	6.2	11.1	13.6	17.2
Ugine 21	15.1	26.6	32.3	40.3
Pénys 14	1.8	2.5	2.9	3.4
Cruy 20	2.9	5.7	7.3	9.2
Merderay 23.3	1.7	2.9	3.7	4.4

Tableau 3 : Débits de pointe issus des modélisations HEC HMS pour les différentes périodes de retour – Pluie 3h

Les valeurs de débits entre les deux modèles sont relativement proches, à l'exception du bassin du Merderey.

2.4.6 Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité sur les pluies a été réalisée avec l'outil HEC-HMS pour évaluer l'influence sur les débits de pointe de quelques paramètres comme la durée de pluie, l'intervalle de temps et le moyennage du pic de pluie, par rapport à la pluie choisie (cf. §2.2.1).

Un abaissement des valeurs de pluie de 10% a également été réalisé (correspondant à l'écart entre la pluie journalière de Sallanches et celle de Bourg Saint Maurice).

Une sensibilité sur la considération ou non de la surface concernée par le karst a également été réalisée.

Le graphique ci-après présente le résultat de cette analyse de sensibilité.

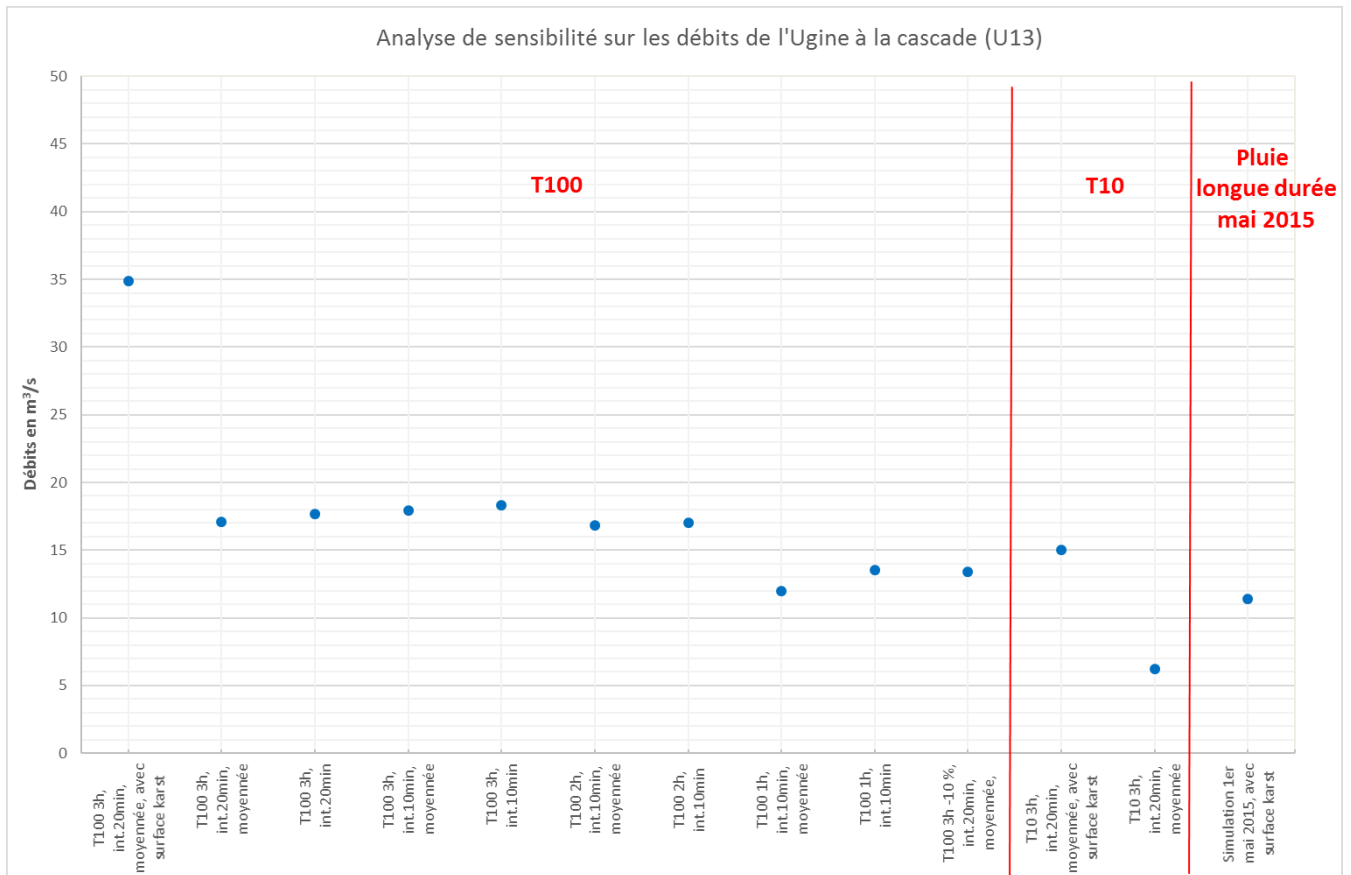


Figure 10 : Analyse de sensibilité sur les débits de pointe de l'Ugine - modélisations HEC HMS

Les valeurs sont relativement similaires, quels que soient les paramètres de pluie considérées. La pluie de durée 1h donne des valeurs plus faibles et n'apparaît pas adaptée au bassin versant global.

La prise en considération de la surface du karst a une influence importante sur les débits¹. En effet, la valeur de débit est doublée au niveau de la cascade. L'effet est évidemment plus faible sur les points de calculs situés plus en aval étant donné que la taille du bassin versant global augmente.

La prise en compte d'un effet karstique dans l'estimation des débits de crue est justifiée pour ne pas conduire à une surestimation des débits réels. Cependant, il ne faut pas pour autant négliger les possibilités de saturation du réseau karstique lors d'un événement, ce qui pourrait conduire à des valeurs de débits plus importantes, comme en témoigne la crue de mai 2015 où les intensités étaient peu élevées (9,6 mm/h max) mais où la durée de la pluie a conduit à des débits relativement forts.

La valeur obtenue pour l'événement de mai 2015 (11,6 m³/s) apparaît être dans un ordre de grandeur correct, notamment si on compare à l'estimation d'Artelia de 2015 du débit de mise en charge du pont des Touvières, évaluée à un peu moins de 15 m³/s (sans dépôt de matériaux).

¹ D'après l'analyse de documents et les témoignages de locaux, le karst jouerait un rôle non négligeable sur l'hydrologie de l'Ugine. A noter qu'il est difficile d'évaluer l'influence karstique avec plus de précision que l'approche qui a été menée ici (manque de connaissance plus précise du karst et de son comportement hydrogéologique).

2.5 Valeurs proposées

Principes

L'analyse de sensibilité valide l'utilisation de la pluie de durée 3h moyennée sur le pic, présentée au paragraphe 2.2.2. La valeur de débit moyenne, obtenue avec les modèles HMS et Topoflow avec cette pluie, sera retenue.

Pour le Merderay, les valeurs issues du modèle HMS seront retenues.

Pour tenir compte d'un effet de saturation du réseau karstique possible et donc de contribution aux débits de crue, on propose d'augmenter la valeur du débit issue de l'amont (Ugine 13) de +20%.

Point de calcul	Débit Fréquent (m ³ /s)	Débit Moyennement Fréquent (m ³ /s)	Débit Moyennement rare (m ³ /s)	Débit Rare (m ³ /s)
Ugine 13 (cascade)	9.4	16.1	19.5	24.2
Ugine 21	16.2	28.1	34.2	42.9
Pénys 14	1.2	1.9	2.3	2.7
Cruy 20	2.8	5.5	6.8	8.6
Merderay 23.3	1.7	2.9	3.7	4.4

Figure 11 : Débits de pointe proposés pour différents temps de retour

Comparaison avec études antérieures

A titre de comparaison, les valeurs avec les études antérieures sont assez proches. Elles fournissent les résultats suivants :

- Sogreah 1968 : Q_{10} à la cascade = 10 m³/s
- Artelia 2015 : Q_{10} à la cascade = 25 à 50 m³/s.
- Hydrétudes 2000 : Q_{100} Merderay = 4,1 m³/s (5,9 m³/s pour un état futur avec surfaces urbanisées = 73% du BV)

A noter que dans l'étude Artelia 2015, il n'y a pas eu de démarche hydrologique fine. A notre avis, ces valeurs sont exagérées et doivent être écartées.

Les débits spécifiques pris pour exemple à la cascade (Ugine 13) sont également cohérents avec ceux issus d'autres bassins versants de tailles comparables :

- $Q_{spé100}$ Ugine cascade = 2,3 m³/s/km² (10,5 km²)
- $Q_{spé100}$ Arbon (étude Burgeap) = 2,6 m³/s/km² (15,2 km²)
- $Q_{spé100}$ Biallière (étude ATMB) = 2,8 m³/s/km² (8,8 km²)

3 Géomorphologie des cours d'eau

3.1 Analyse de photographies aériennes anciennes

Une analyse de photographies aériennes anciennes a été réalisée. On a pu constater que le cône de déjection et les versants étaient quasiment vierges de toute habitation jusque dans les années 50. La plupart des habitations présentes étaient concentrées sur le secteur du pont des Touvières à Chedde. L'urbanisation du reste du cône a été principalement réalisée entre 1950 et 1975.

Ce changement important de l'occupation du sol a très certainement eu pour effet d'accroître les apports liquides aux cours d'eau et a fortement augmenté l'exposition au risque.

Par ailleurs, la morphologie du lit a également été modifiée, passant d'un état naturel à un état aménagé et contraint. D'après M. Fregolent (AAPPMA du Faucigny), la largeur du lit de l'Ugine aurait diminué sensiblement à partir des années 50 avec l'urbanisation croissante de la plaine de Chedde et de Marlioz. Il est possible que ce recalibrage du lit au profit de l'urbanisation, ait augmenté le risque inondation sur la commune. Le tracé de l'Ugine a peu évolué mis à part sur le secteur de la confluence.

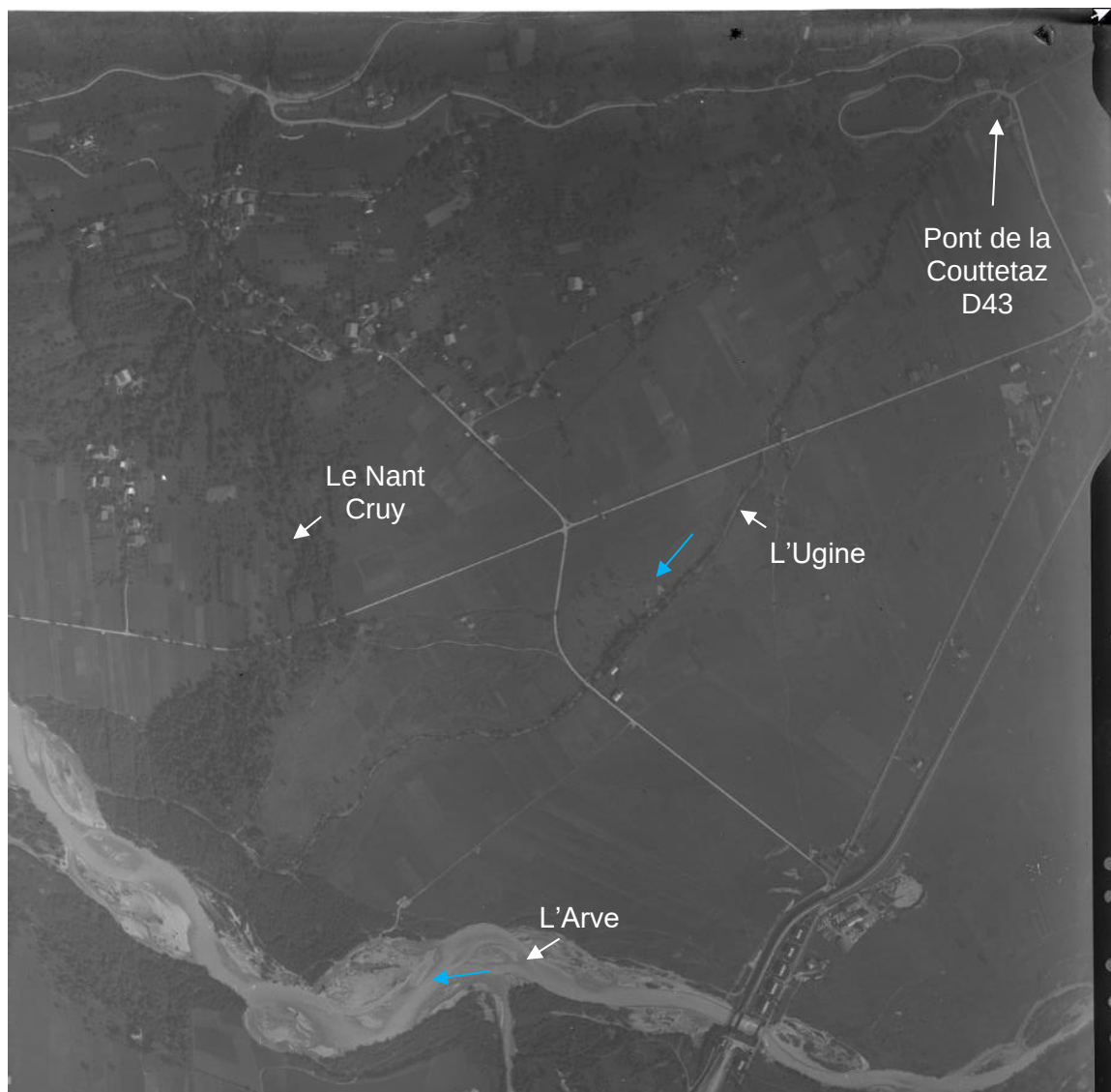


Figure 12 : Prise de vue aérienne de 1927 – source : IGN



Figure 13 : Prise de vue aérienne de 1952 – source : IGN



Figure 14 : Prise de vue aérienne de 2012 – source : IGN

3.2 Profils en long des cours d'eau – analyse des pentes

3.2.1 Remarques préliminaires

Les profils en long des cours d'eau ont été définis sur la base d'un modèle numérique de terrain, issu de la combinaison des relevés géométriques du lit mineur (juin 2017), d'un relevé lidar (novembre 2015) et des données du RGE Alti au pas de 20m.

Pour chaque cours d'eau, la confluence se situe au PK 0.0. Une cartographie générale des axes des torrents et du kilométrage est disponible en **annexe 3**. L'altimétrie donnée est celle passant par l'axe du cours d'eau.

Pour chaque profil en long, la position des ponts et des seuils est reportée.

3.2.2 L'Ugine

La figure suivante, également disponible en **annexe 4.1**, illustre le profil général de l'Ugine depuis 200 m en aval de la confluence dans l'Arve jusqu'à +5,9 km.

Torrent de l'Ugine - Profil en long
PK -0.200 - 5.900

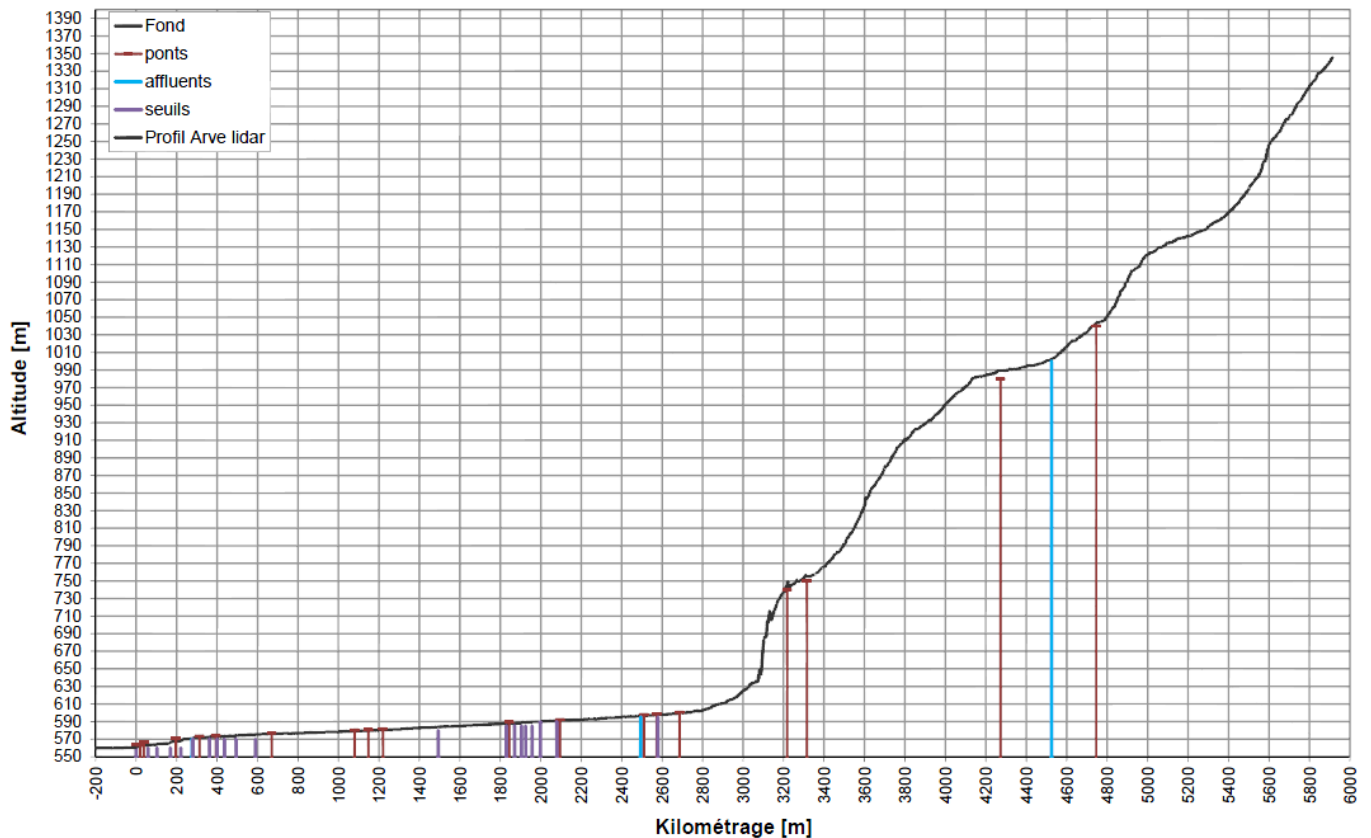


Figure 15 : Profil en long du torrent de l'Ugine – PK -0.200 – 5.900

On distingue bien les différents tronçons morphologiques : zones de gorges pentues, plateaux d'altitude, cône de déjection - plaine de l'Arve.

La figure suivante, également disponible **en annexe 4.2**, illustre le profil en long de l'Ugine sur la partie cône de déjection – plaine de l'Arve.

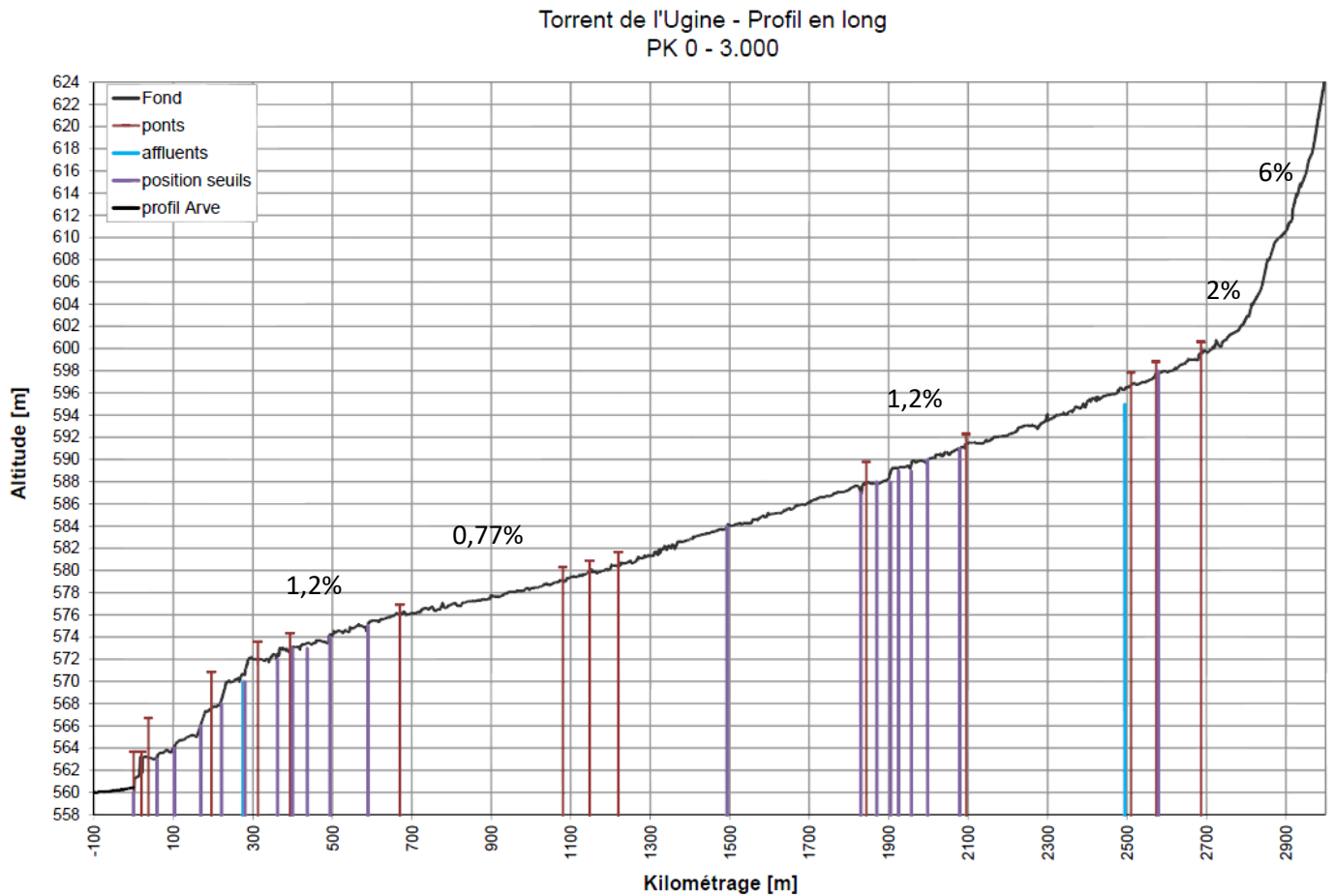


Figure 16 : Profil en long du torrent de l'Ugine – PK -0.100 – 3.000

En amont du premier pont (pont des Touvières), la pente moyenne passe de 6% sur les deux cents premiers mètres depuis la cascade (PK 3.075) à environ 2% sur les cent mètres avant le pont. Ce secteur est morphologiquement sujet à un risque de dépôts important.

En aval du pont des Touvières, la pente diminue progressivement jusqu'à se stabiliser à environ 1,2%. Une série de seuils est présente sur ce tronçon, sans pour autant montrer un changement dans la pente.

Aux environs du PK 1.150, soit vers le pont de la RD 39 (pont de Marlioz), on remarque une rupture de pente, avec une pente en aval constante jusqu'au niveau du pont de l'avenue des grandes Platières (0,77%).

En aval de l'avenue des grandes Platières, la pente moyenne augmente. On retrouve une pente d'environ 1,2%. Une série de seuil contrôle le profil sur ce secteur.

On distingue bien ensuite le fort dénivelé créé par la série de seuils sur les trois cents mètres précédant la confluence.

3.2.3 Le Nant Cruy

La figure ci-après, également disponible **en annexe 5.1**, illustre le profil en long général du Nant Cruy. En amont du pont situé au PK 0.750, la donnée du fond est prise sur le MNT du RGE Alti au pas de 20m. La précision est donc de moins bonne qualité qu'en aval.

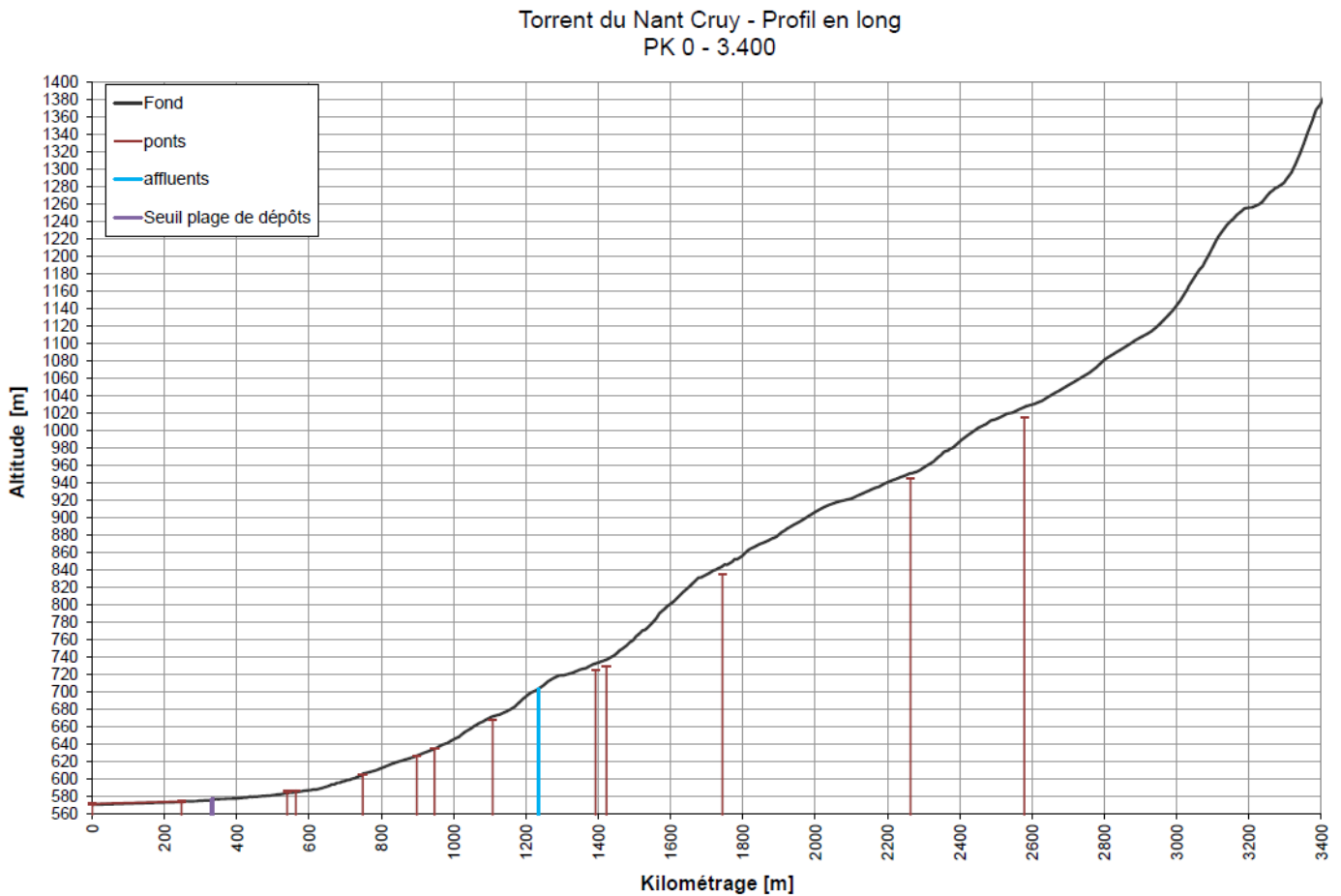


Figure 17 : Profil en long du torrent du Nant Cruy – PK 0 – 3.400

La pente moyenne globale du torrent est d'environ 25%, avec quelques secteurs moins pentus à 16%, qui contrôlent l'apport solide.

La figure suivante, également disponible **en annexe 5.2**, illustre le profil en long du Nant Cruy sur la partie aval, depuis le passage busé de la RD 13 à la confluence avec l'Ugine.

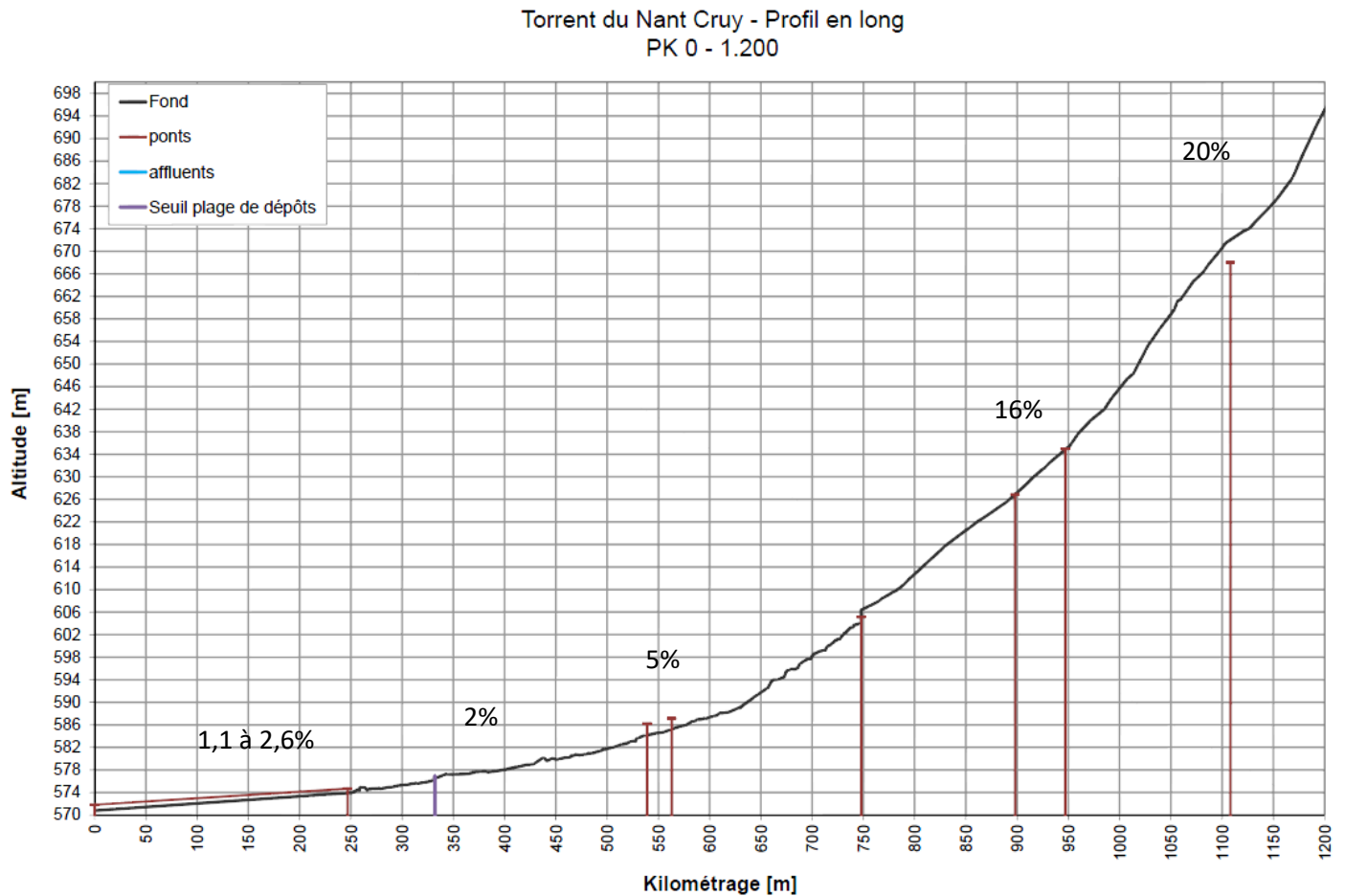


Figure 18 : Profil en long du torrent du Nant Cruy – PK 0 – 1.200

Sur le secteur aval, la pente diminue progressivement, passant d'un peu plus de 20% en amont, à environ 5% sur le secteur des passerelles précédant la plage de dépôts. La principale rupture de pente se situe vers le PK 0.630. On peut déjà s'attendre à des phénomènes de dépôts sur ce secteur. La pente n'est ensuite plus que de 2% dans la plage de dépôts et de 2,6 à 1,1% dans la partie couverte.

3.2.4 Le Merderay

La figure ci-après, également disponible **en annexe 6.1**, illustre le profil en long du Merderay, depuis la série de passages busés de la RD43 (Passy haut) à la confluence avec l'Arve. En amont du pont situé au PK 0.550 (Chemin de Champlan), la donnée du fond est prise sur le MNT du RGE Alti au pas de 20m. La précision est donc de moins bonne qualité qu'en aval.

Torrent du Merderay - Profil en long
PK -0.050 - 1.125

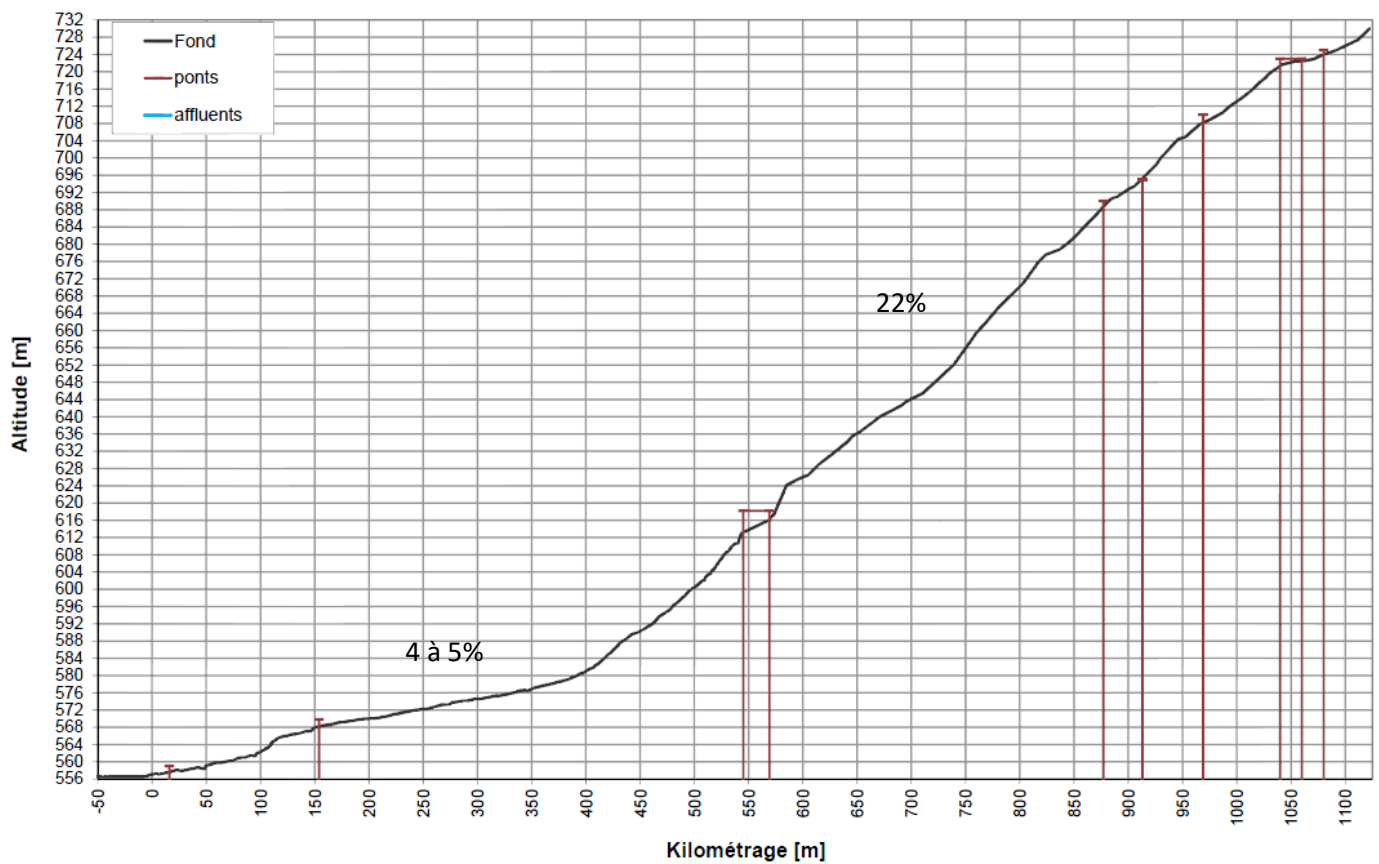


Figure 19 : Profil en long du torrent du Merderay – PK -0.050 – 1.125

La pente moyenne générale du torrent est d'environ 22%. Elle n'est plus que de 4 à 5% sur le cône de déjection, où l'on peut constater les phénomènes de dépôts.

4 Diagnostic des secteurs amont

4.1 Remarque préliminaire

Un parcours de terrain a été réalisé sur les parties amont du bassin versant – les 31.01.2017, 23.03.2017 et 05.07.2017. Ce parcours a permis d'analyser le fonctionnement et l'état général des cours d'eau, de réaliser quelques relevés de terrains (granulométries et gabarit d'ouvrages), ainsi que de relever des dysfonctionnements apparents.

Ce chapitre présente, par cours d'eau, une synthèse des observations utiles et des dysfonctionnements relevés.

4.2 Ugine et affluents

4.2.1 Cours de l'Ugine en amont de la cascade

Le secteur amont de l'Ugine présente des ouvrages de franchissement en bon état et de grandes tailles, qui ne posent pas de problèmes hydrauliques particuliers.

Sur la majeure partie du linéaire, on note la présence de gros blocs qui pavent le lit et forment des step & pool. En amont du pont de la prise d'eau hydro-électrique, le lit présente un secteur moins pentu, avec un faciès de radier et avec des matériaux de granulométrie plus fine. Il s'agit d'un secteur déterminant pour les apports solides aval.

Sur le linéaire court-circuité de 1,1 km par la prise d'eau hydro-électrique de M. Pasteris, est souvent sec. Le débit réservé n'est visiblement pas respecté. Un contentieux est actuellement en cours pour non-respect du débit réservé en aval.

On peut noter la présence de gros arbres à proximité de l'écoulement qui peuvent, lors d'évènements de crue, former des embâcles problématiques en aval.



L'Ugine dans un secteur encaissé (à gauche) et sur le secteur en amont de la prise d'eau hydro-électrique (à droite)



Prise d'eau hydro-électrique – 31.01.2017

4.2.2 Nant des Pénys, tronçon amont (dérivé)

Le tracé naturel du Nant des Pénys a été modifié en 1978 suite à la survenue de plusieurs événements de crue et de coulées boueuses référencés depuis le début des années 40' (cf. événements historiques - rapport phase 1).

Les divagations du Nant des Pénys ont été arrêtées par la dérivation du torrent. Il ne traverse plus la partie urbanisée du Plateau d'Assy où sont situés les enjeux. Il conflue désormais avec l'Ugine environ 200m en amont du pont de la rue de l'Eglise.

Une digue en remblai et protégée en amont par des gabions assure la dérivation du torrent en direction de l'Est.



En aval, un barrage filtrant piège les matériaux provenant de l'amont. L'état de l'ouvrage est bon. Il n'apparaît pas nécessaire de réaliser de curage dans l'immédiat.

En aval de cet ouvrage, une série de seuils en gabions a été réalisée jusqu'à la départementale pour stabiliser le profil en long. Un renforcement du pied de ces ouvrages par ajout de gros blocs devrait être réalisé, afin de pérenniser ces aménagements.

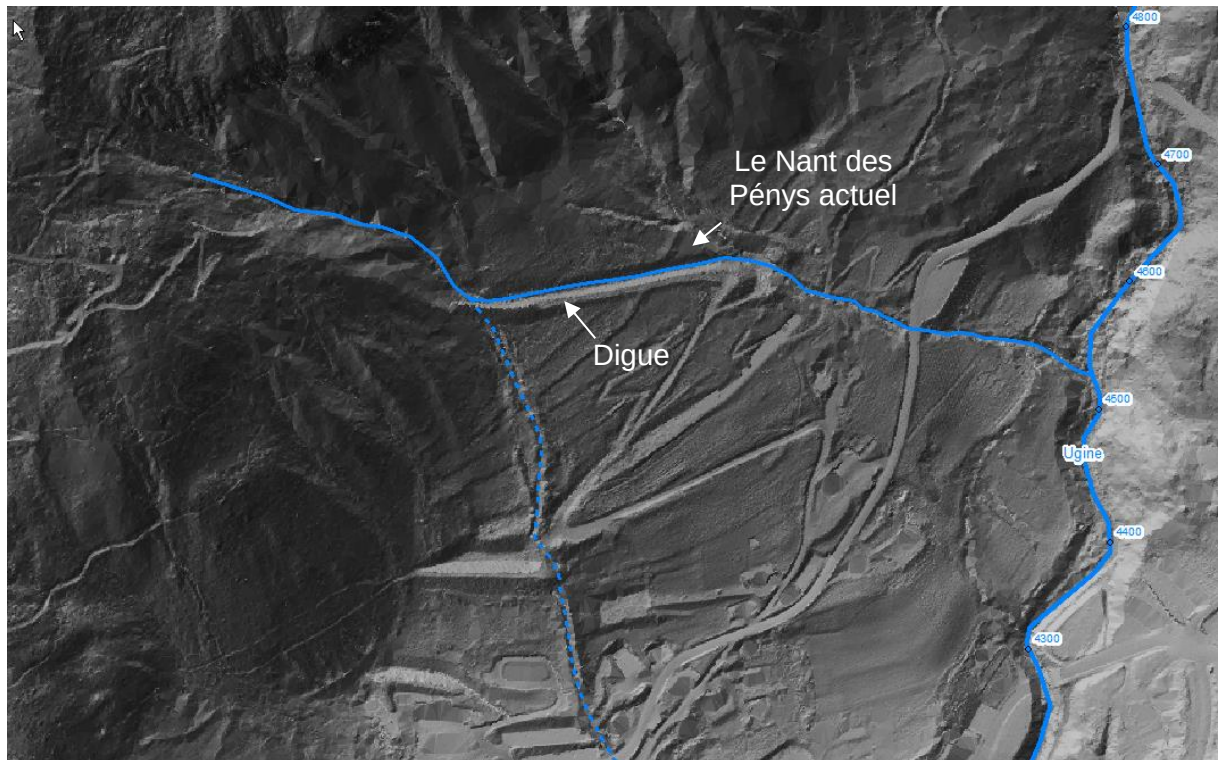


Figure 20 : MNT du lidar 2015 sur le secteur Nant des Pénys amont (dérivé)

4.2.3 Nant des Pénys, tronçon aval (court-circuité)

Sur le secteur du Plateau d'Assy, on ne constate rien de particulier. Plus en aval, dans la traversée de La Motte, plusieurs ouvrages de petites tailles traversent le torrent. Ils constituent des points faibles qui peuvent causer des débordements au travers des propriétés.



Premier ouvrage pouvant s'obstruer et créer des débordements sur le quartier de la Motte



Ouvrages de petits gabarits pouvant créer des débordements vers des habitations

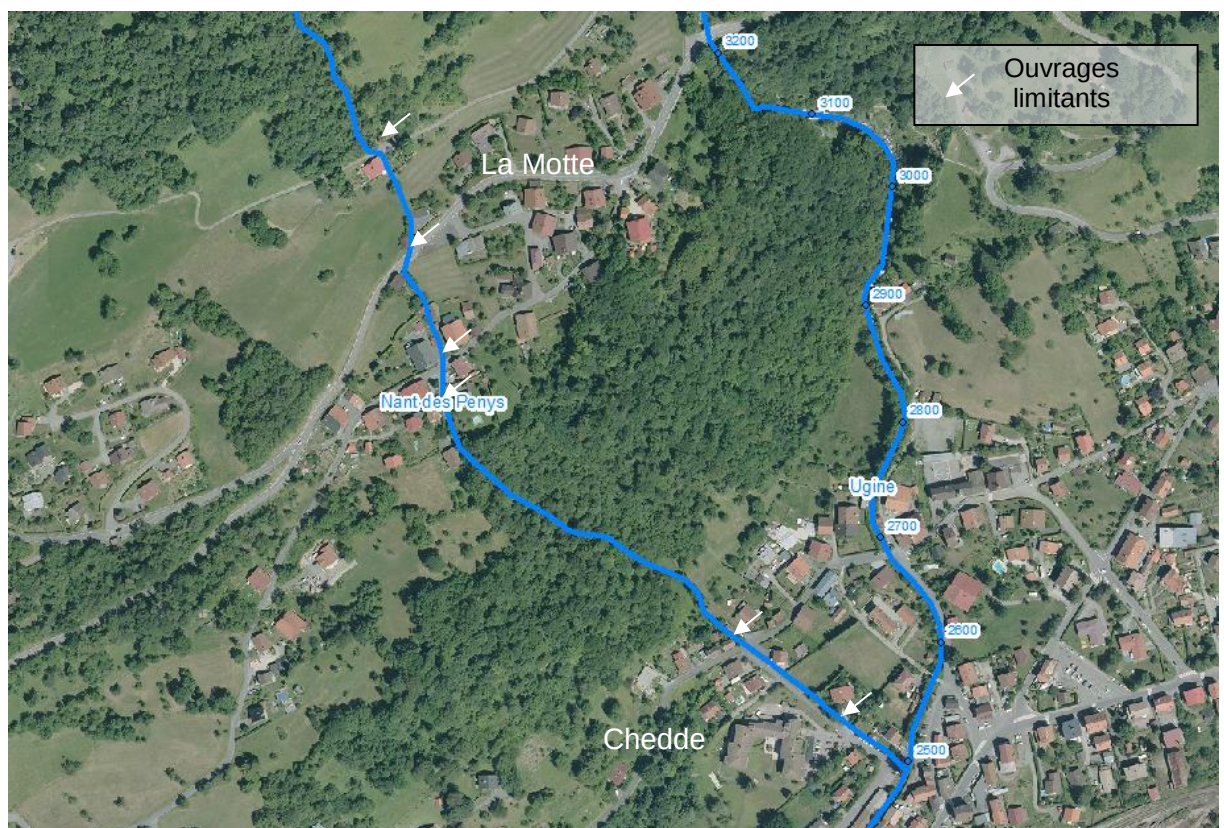
Au débouché dans la plaine de Chedde, des débordements sont également très probables en raison des déficits de capacité du cours d'eau - qui s'apparente à un petit fossé irrégulier - et de passages souterrains sous-dimensionnés.



Capacité du lit et des ouvrages très limitée – risque de débordement important dans la plaine



Lit perché et entouré d'habitations – risque élevé



4.3 Nant de Cruy et affluents

4.3.1 Cours du Nant Cruy amont

Dans sa partie amont, le cours du Nant Cruy ne présente pas de désordres particuliers. La plupart des ouvrages de franchissement possèdent un gabarit suffisant pour la crue rare. Un passage busé et un ponceau pour le passage d'une piste pourraient engendrer des

débordements en particulier en cas de transport de bois flottants. Ils ne représentent cependant pas un danger important pour les environs, les eaux pouvant revenir naturellement au cours d'eau et les enjeux proches étant hors d'atteinte des écoulements.

Un entretien général du lit et des berges devrait être réalisé pour limiter les risques d'embâcles (dans le cadre du plan de gestion des boisements).



Ouvrages pouvant engendrer des débordements – sans conséquences majeures



4.3.2 Nant de Léchaux et de la Bédière

En partie amont, le Nant de Léchaux traverse le Plateau d'Assy, puis rejoint l'écoulement de la Bédière (souterrain) à partir de l'école, avant d'être canalisé et dérivé le long du versant en direction du Nant Cruy.

Le cours d'eau, qui s'apparente souvent à un fossé peu entretenu, présente de nombreux points faibles susceptibles d'engendrer des débordements vers des enjeux – sur le plateau d'Assy et sur le quartier de Maffray. En effet, les berges sont irrégulières et présentent des points bas, des branchages peuvent créer des embâcles et obstruer le lit ou des ouvrages, la plupart des passages souterrains sont de petits diamètres (souvent 40 cm) et ne peuvent assurer le passage des crues importantes. Il est probable que lors de débordements une partie de l'écoulement finisse dans la plaine de l'Ugine plutôt que dans le Nant Cruy.



Points bas – secteurs de débordements possibles du Nant de Léchaux sur le Plateau d'Assy



Idem, sur le tronçon en amont de l'école



Tronçon canalisé et dérivé – manque d'entretien et points bas – débordements potentiels sur Maffray

4.4 Merderay

4.4.1 Merderay amont

En partie amont, le Merderay traverse une série de 6 ouvrages aux passages des lacets de la RD43 ou de dessertes de propriétés privées.

Hormis la buse de l'avenue Henri Ducoudray (la plus en aval), les ouvrages ne sont pas dimensionnés pour le passage de grosses crues. Certains peuvent engendrer des débordements en direction du centre-ville et d'habitations localisées. L'aménagement de ralentisseurs ou de modelés de terrains pourraient permettre d'éviter de refaire certains ouvrages.



Passages busés limitants pouvant engendrer des débordements en direction de bâtiments



Passage sous la RD43 – route du Plateau d'Assy – écoulements possibles en direction du centre bourg – source google

4.4.2 Merderay aval

A partir du passage sous la RD43 de l'avenue Henri Ducoudray, le torrent s'écoule dans un secteur boisé où la pente moyenne est de 20 à 23%. Le torrent peut produire un charriage intense qui pose des problèmes de dépôts sur le cône de déjection. En effet, la pente du cône n'est plus que de 4,4%.

Le passage busé intermédiaire du chemin de Champlan peut assurer le passage des crues, mais représente tout de même un risque en cas d'arrivée de gros bois flottants. L'entretien du lit et des berges sur ce tronçon pentu et boisé est donc primordial pour limiter les risques.

Sur le cône de déjection, le lit du Merderay s'apparente aujourd'hui à un fossé (le gabarit du lit est inférieur à celui observé en amont). Ce secteur représente un risque important pour les habitations situées autour en raison du risque élevé de débordements et de rupture de merlons liés aux insuffisances de capacité, des problèmes de corps flottants et de dépôts. Le caractère perché du cours d'eau et la présence de merlons plus ou moins fragiles, renforce le risque inondation du secteur.

Des propositions d'aménagement et de gestion du cours d'eau ont été faites (avec esquisses de variantes et chiffrages). Elles consistent en la réalisation de quelques ouvrages type seuil et barrage dans le secteur de gorges afin de stabiliser et de piéger une partie des apports solides. Sur le cône deux variantes ont été proposées afin d'accroître la capacité du chenal et de réduire le caractère perché du cours d'eau. A noter que la buse de M. Veillet, qui a causé plusieurs débordements lors de crues récentes, a été enlevée.



Secteur de dépôt de matériaux en tête du cône (amont du garage de M. Veillet)



Point faible en face des propriétés privées – point qui a été sujet à un débordement le 29 mai 2017

5 Modélisation hydraulique sur le secteur aval - torrents de l'Ugine et du Nant Cruy

5.1 Remarques préliminaires

5.1.1 Présentation du modèle Topoflow - hydraulique & charriage

Pour la détermination des zones inondables et des secteurs subissant des érosions ou dépôts de matériaux, le logiciel Topoflow est mis en œuvre et permet la réalisation de modélisations numériques bidimensionnelles.

Le périmètre d'étude est modélisé à l'aide d'un réseau de mailles triangulaires entre lesquelles les échanges liquides et solides sont calculés selon les lois de comportement de l'hydraulique et du charriage. Un bilan est fait pour chacune des mailles à chaque pas de temps de calcul.

Les résultats déterminants fournis par les modélisations bidimensionnelles à l'aide du logiciel topoflow sont les suivants :

- Hauteurs maximales d'écoulement
- Hauteurs maximales d'érosions / dépôts de matériaux solides
- Vitesses maximales d'écoulement

5.1.2 Traitement géométrique et critique de la donnée

La géométrie du modèle est issue d'une combinaison du relevé lidar de 2015 au pas de 1m, ainsi que de relevés topographiques du lit mineur (juin 2017).

Un post-traitement a été réalisé afin d'enlever des obstacles à l'écoulement tels que des ponts et d'assurer la connexion des lignes de ruptures.

La taille des mailles finale varie selon les besoins de densité et la quantité de points disponible.

Ayant eu à disposition un relevé lidar sur le cône du Nant Cruy par après, deux modèles distincts ont été montés pour l'Ugine et pour le Nant Cruy. A noter par ailleurs que la géométrie du lit mineur du Nant Cruy n'est détaillée que sur la partie endiguée aval du cours d'eau où des relevés topographiques ont été réalisés ; en amont, la géométrie du modèle n'est représentée que par des mailles au pas de 20m.

5.1.3 Introduction d'apports intermédiaires

Comme l'on montré les résultats de l'analyse hydrologique présentée au chapitre 2, les débits de l'Ugine sont augmentés sur le secteur de la plaine par des apports liquides intermédiaires. On peut citer comme exemple les apports suivants :

- Apports de ruissellements issus du versant de Maffray et Marlioz
- Apports de ruissellements d'une partie du centre-ville
- Nant des Pénys
- Nant Cruy

Une analyse du schéma directeur d'assainissement des eaux usées et des eaux pluviales (2015), en particulier les plans du réseau d'eaux pluviales et des points de rejets au milieu naturel, a permis de déterminer les principaux points d'injection au modèle hydraulique et de proposer une répartition de ces apports.

Les points d'injection du modèle sont les suivants (se référer à la carte des BV hydrologiques au § 2.4.4 pour la situation des bassins versants) :

- PK 3.000 : Ugine amont (U13)
- PK 2.500 : Nant des Pénys (P14)
- PK 2.300 : Versant rive droite (40% BV Ugine 14.2)
- PK 1.150 : Versant rive gauche (60% BV Ugine U14.2)
- PK 0.280 : Nant Cruy (C20 + BV Ugine 20)

5.1.4 Hydrogrammes de crues

Sur la base de l'étude hydrologique décrite aux paragraphes 2.3 et 2.4 et de l'analyse de sensibilité sur les pluies, des hydrogrammes de crues, de crues fréquentes, moyennement fréquentes, moyennement rares et rares.

Pour exemple, la figure suivante illustre des hydrogrammes de crues rares utilisées pour les simulations hydrauliques avec charriage.

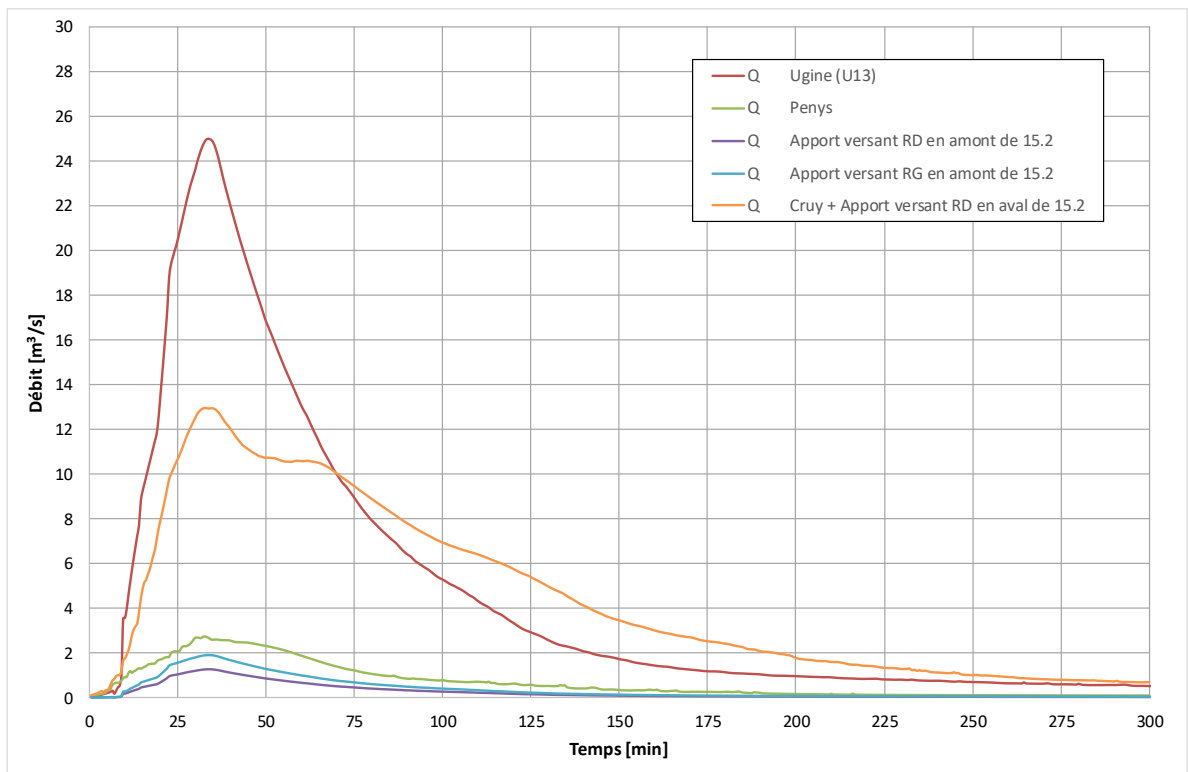


Figure 21 : Hydrogrammes de crue rare sur l'Ugine et ses affluents, avec prise en compte de l'apport des versants

Pour l'Ugine, la crue rare, d'une durée totale de 5 heures, atteint son débit de pointe après 33.5 min.

5.2 Synthèse des résultats Ugine

5.2.1 Scénarios modélisés

Comme énoncé précédemment, plusieurs scénarios hydrologiques ont été évalués sur le torrent de l'Ugine pour des crues fréquentes à rares.

Un apport solide est introduit à l'amont du système (~PK 2.950), avec une pente d'apport de 5% (utilisation de la formule de Smart & Jaeggi).

Des modélisations prenant en compte la présence des ponts (mise en pression sans ou avec évolution du fond possible) pour un débit de 15 m³/s ont également été réalisées (cf. §5.2.6 et 5.2.7).

5.2.2 Scénario de crue $Q_{max}=25 \text{ m}^3/\text{s}$

Les résultats hydrauliques avec charriage du scénario de crue rare sur l'Ugine, figurent aux **annexes 7.1 et 7.2**. Les hauteurs d'écoulement maximales, respectivement les hauteurs de dépôts et profondeurs d'affouillements y sont représentées.

Pour ce scénario, la zone potentiellement touchée par les débits déversés est relativement importante. Hormis pour le chenal lui-même, les hauteurs d'écoulement sont globalement inférieures à 50 cm. Les écoulements suivent notamment les voies de communication puis se répartissent de part et d'autre de ces dernières. Les secteurs où de plus grandes hauteurs sont calculées figurent des points bas de la topographie.

Les hauteurs de dépôts, bien que pour la plupart inférieures à 50 cm, contribuent également au déficit de capacité du chenal.

A noter qu'à l'Est, côté rive droite de l'Ugine, les écoulements atteignent les limites du modèle constitué sur la base des données précises (Lidar), combinées aux relevés. Seules les données RGE Alti au pas de 20 m étant disponibles plus sur tout une partie de ce secteur, l'emprise totale de la zone inondée est encore plus importante que la zone indiquée.

L'illustration et l'analyse des points faibles induisant les débordements modélisés font l'objet du paragraphe 5.2.8.

5.2.3 Scénario de crue $Q_{max}=20 \text{ m}^3/\text{s}$

L'**annexe 8.1** illustre les hauteurs d'écoulement maximales pour ce scénario moyennement rare.

L'emprise de la zone inondée, de mêmes que les intensités des écoulements, sont sensiblement identiques, légèrement moindres, que celles du scénario rare. Avec des débits de pointe très proches entre les deux scénarios, cette observation est tout à fait plausible. Les mêmes remarques que pour le scénario rare peuvent être faites.

5.2.4 Scénario de crue $Q_{max}=15 \text{ m}^3/\text{s}$

Pour ce scénario moyennement fréquent, les hauteurs d'écoulement maximales figurent à l'**annexe 9.1**.

Le déficit de capacité du chenal induit également pour ce scénario des débordements en rives gauche et droite de l'Ugine. L'emprise de l'inondation est un peu inférieure à celle du scénario précédent, de même que les hauteurs d'écoulement.

5.2.5 Scénario de crue $Q_{max}=10 \text{ m}^3/\text{s}$

Les hauteurs d'écoulement maximales, respectivement les hauteurs de dépôts et profondeurs d'affouillements, pour ce scénario fréquent, font l'objet des **annexes 10.1 et 10.2**.

Par rapport aux autres scénarios, le secteur inondé, ainsi que les intensités de l'écoulement, diminuent encore. Cependant, avec des capacités du chenal déjà limitées en plusieurs endroits, il suffit de dépôts de sédiments, même de faible importance a priori, pour que la capacité

hydraulique soit dépassée. A noter qu'il n'est pas certain que pour un tel débit la production de matériaux soit aussi importante. De plus, on considère que les torrents latéraux amènent les débits sans provoquer de débordements.

5.2.6 Scénario de crue $Q_{max}=15 \text{ m}^3/\text{s}$, sans charriage et avec mise en pression des ponts

Pour juger de l'impact du transport de sédiments, une modélisation a été effectuée, sans charriage et avec possibilité de mise en pression des principaux ponts.

Les hauteurs maximales d'écoulement figurent à l'**annexe 11.1**.

Même en l'absence de charriage, la capacité hydraulique du chenal est dépassée.

Par rapport au calcul avec charriage mais sans pont pression (cf. § 5.2.4), des secteurs supplémentaires sont touchés par les débits déversés. Ces surfaces sont visibles à l'amont de chaque pont se mettant en pression, notamment ceux qui sont situés à l'amont de la confluence avec le Nant des Penys.

La représentation du scénario avec charriage mais sans ponts pression est intervenue après environ 150 minutes de modélisation. Le calcul sans charriage mais avec ponts pression a été représenté après 70 minutes environ. Cette différence de durée explique une étendue de l'inondation inférieure à l'aval du PK 1.250. Cependant, la pointe de crue étant largement dépassée, l'emprise de l'inondation pour la partie amont du modèle ne subira plus de modifications majeures. A l'aval du PK 1.250, les débits déversés poursuivront leur étalement, pour atteindre une emprise similaire à celle du calcul avec charriage mais sans ponts pressions.

5.2.7 Scénario de crue $Q_{max}=15 \text{ m}^3/\text{s}$, avec charriage et avec mise en pression des ponts

Une simulation de crue trentennale avec charriage et possibilité de mise en pression des principaux ponts a également été effectuée.

L'**annexe 11.2** présente les hauteurs maximales d'écoulement, juste après le passage de la pointe de crue. La représentation à ce moment-là de la crue (après env. 34 minutes) permet d'identifier les premiers secteurs souffrant d'un déficit de capacité hydraulique. A l'amont de la confluence avec le Nant des Penys, les trois ponts présents sur le secteur subissent une mise en charge, induisant des déversements en rives droite et gauche de l'Ugine.

A l'aval, avec le déficit de capacité du chenal en de nombreux points, les déversements sont observables, principalement en rive gauche, à ce moment-là de la crue.

La poursuite de la modélisation débouchera sensiblement sur les mêmes surfaces touchées par les écoulements que pour les autres modélisations de ce type de scénario.

5.2.8 Illustrations de points faibles

Les illustrations, présentées ci-après, fournissent quelques exemples du déficit de capacité de l'Ugine.

Illustration d'un point de débordement côté rive gauche, au PK 2.250.



L'Ugine au PK 2.250, vue vers l'amont – janvier 2017



L'Ugine au PK 2.250, vue depuis la rive droite – mai 2015 – photo SM3A

Comme le montrent les illustrations, la hauteur de berge sur ce secteur est faible. Le profil de la Figure 22 indique une hauteur de berge de l'ordre du mètre. Les hauteurs d'écoulement, qui varient de 0,8 à 1 m pour le calcul à 10 m³/s et de 1,0 m à 1,3 m pour celui à 25 m³/s, créent des débordements côté rive gauche. Un léger dépôt en cours de crue peut favoriser ou accentuer un débordement.

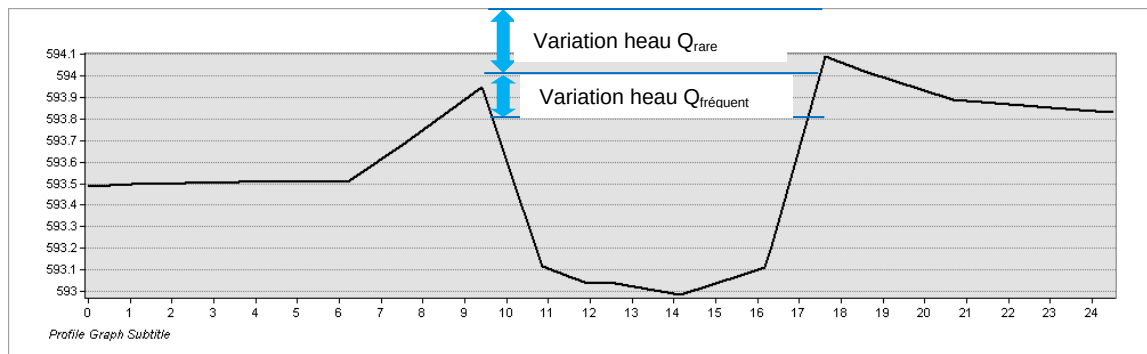


Figure 22 : Section du lit au PK 2.250

Illustration d'un point de débordement côté rive droite, au PK 1.650

La situation est quasiment identique sur ce secteur, avec une hauteur de berge côté rive droite de l'ordre du mètre. Les hauteurs d'écoulement sont également relativement similaires bien qu'un peu supérieures en raison d'une pente et d'une largeur de lit plus faible. Les hauteurs $Q_{fréquent}$ et Q_{rare} sont, dans l'état actuel, relativement proches, en raison des débordements amont qui laminent le débit.



L'Ugine au PK 1.650, vue depuis la rive gauche – janvier 2017

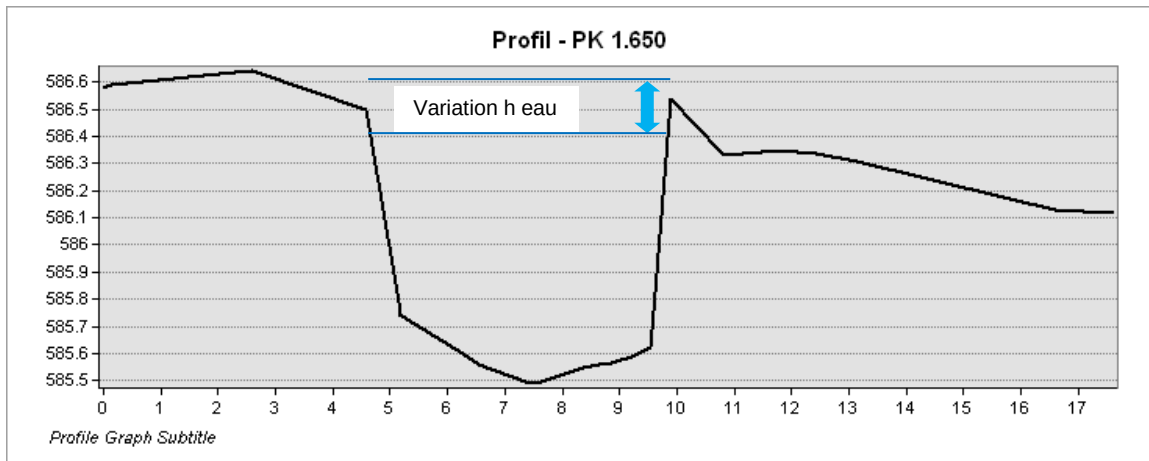


Figure 23 : Section du lit au PK 1.650

Illustration d'un point de débordement côté rive droite, au PK 0.990

Le profil suivant montre la section du lit au droit de la parcelle i3300 (rive droite de l'Ugine), où des débordements ont été constatés lors de l'évènement de mai 2015. Cette section illustre bien le faible gabarit du lit (<4m²).

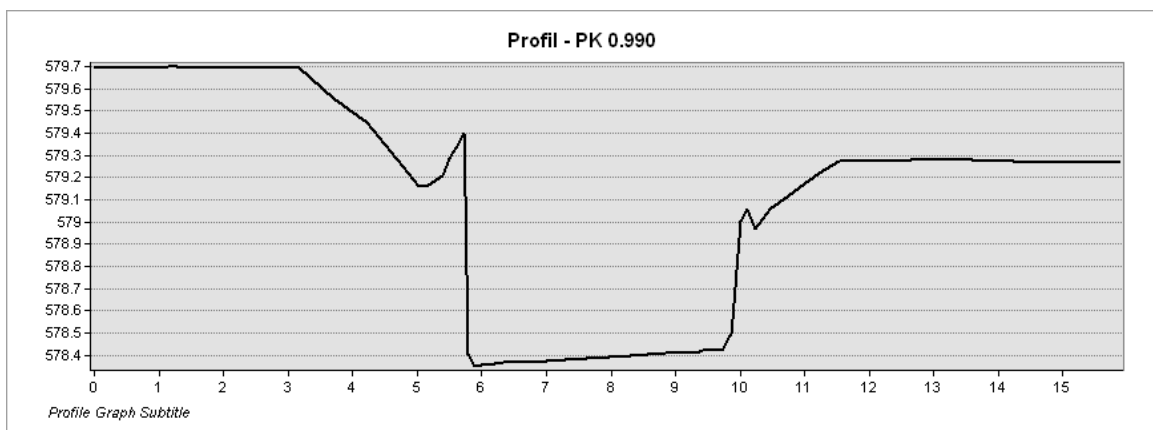


Figure 24 : Section du lit au PK 0.990

5.2.9 Critique des résultats

De manière générale

L'ensemble des résultats montre qu'une partie du centre-ville est touchée par l'inondation et ce à partir d'un débit compris entre 10 et 15 m³/s. La présence de plusieurs points de débordements à l'origine de l'inondation est constatée.

Sans l'effet du charriage, le système « tient » un peu plus longtemps, permettant l'écoulement de quelques m³/s supplémentaires. Avec charriage, le pont amont devient rapidement débordant, comme l'a démontré l'évènement de 2015.

Les écoulements peuvent s'étendre, côté rive gauche, jusqu'à la voie ferrée et la RD13 (avenue principale). Côté rive droite, l'inondation touche également plusieurs quartiers

d'habitations ainsi que le supermarché (Super U), mais on ne visualise pas l'étendue maximale possible de l'inondation car les limites du système sont atteintes (limite des données géométriques disponibles). Il est possible que les hauteurs de ce côté soient accentuées du fait que l'écoulement ne puisse s'étaler plus.

Les hauteurs maximales d'écoulement sont partout inférieures à 50 cm, sauf localement en raison de dénivelés des remblais routiers. Pour un débit de 10 m³/s, environ la moitié de la surface inondée présente des hauteurs inférieures à 10 cm.

Au niveau du charriage, des dépôts supérieurs à 1m (voire 2 m pour la crue rare) se produisent sur le tronçon en amont du pont des Touvières. Le reste du linéaire de l'Ugine ne fait pas l'objet d'une évolution du fond très importante, la plupart des valeurs étant comprises entre + ou - 25 cm. Toutefois, étant donné la faible hauteur des berges actuelles, de faibles variations peuvent favoriser un débordement.

Les débordements sont dus à un déficit de capacité hydraulique global du système. En effet, les dimensions générales du lit sont insuffisantes pour assurer le passage des crues avec une revanche sécuritaire. Dans cette situation, de légères variations de l'évolution du fond peuvent générer ou accentuer des débordements.

Discussion des incertitudes

L'Ugine a une largeur globale de l'ordre de 4 m et présente plusieurs points faibles, avec des hauteurs de berge avant débordements de l'ordre du mètre. Avec les pentes longitudinales de l'Ugine, les capacités avant débordement sont de l'ordre de 10 à 15 m³/s.

A l'amont, au PK 2.686, le pont de la rue des Touvières présente un gabarit libre de 1.03 m pour une largeur de 5 m. Le pont se trouve sur un secteur de déposition des matériaux en raison de la diminution de pente. Par conséquent, la capacité hydraulique diminue encore par l'effet du dépôt des sédiments. La capacité du pont sans dépôt est d'environ 15 m³/s ; il suffit d'un dépôt de 30 cm pour qu'elle ne soit plus que de 10 m³/s. De plus, pour un tel gabarit, le risque d'obstruction par des bois flottants devrait être pris en considération. Une obstruction partielle ou totale est probable.

Lors de l'événement de 2005, le pont a créé des débordements relativement importants. Cet événement pluviométrique de type longue durée avait un temps de retour d'environ 10 ans (60.8 mm à Passy sur 24 heures). Des dépôts de matériaux ont probablement joué un rôle important dans les débordements.

L'événement de 2018 a quant à lui provoqué des écoulements importants sur les cours d'eau latéraux et dans l'Ugine. Le temps de retour de cet événement était inférieur à 10 ans si l'on se base sur la pluviométrie journalière (39.8 mm à Passy). Il s'agit également d'un événement de longue durée.

Le pont de la rue des Touvières (PK 2.686)

Le pont situé le plus en amont sur l'Ugine constitue un secteur important du point de vue du potentiel d'inondation. En effet il présente un faible gabarit de l'ordre du mètre. Cet espace correspond à celui qui devrait rester libre (revanche sécuritaire) au-dessus de l'écoulement. Son risque d'obstruction est important en cas de crue majeure, supérieure à Q₃₀. Sa capacité avant mise en pression correspond globalement à la capacité du chenal à l'aval. Tout système de mesures devra permettre de résoudre ce point faible.

Validation

La crue de 2015 avait un temps de retour de 10 ans, si l'on se base sur la pluie journalière à Passy. Le débit au niveau du pont le plus en amont devait se situer en 10 et 15 m³/s, ce qui

conforte les valeurs hydrologiques. Sans intervention humaine, les débordements auraient été nettement plus conséquents.

La crue de 2018, dont le temps de retour était inférieur à 10 ans, n'a pas provoqué de dommages par rapport à l'Ugine.

5.3 Synthèse des résultats Nant-Cruy

5.3.1 Scénarios évalués

Sur le torrent du Nant Cruy, les scénarios hydrologiques fréquents ($Q_{\text{pointe}} 2.8 \text{ m}^3/\text{s}$) et rare ($Q_{\text{pointe}} 8.6 \text{ m}^3/\text{s}$) ont été évalués.

Pour le calcul de crue rare, l'apport solide a été introduit avec une pente d'apport de 15% (utilisation de la formule de Smart & Jaeggi). Pour le calcul avec crue fréquente, l'apport a été introduit avec une pente un peu plus faible (10%) en considérant que le pavage du lit résistait pour ce type de crue, pour ne pas péjorer le résultat avec ce paramètre.

5.3.2 Scénario de crue rare

Les annexes 12.1 et 12.2 présentent les résultats d'un scénario de crue rare sur le Nant Cruy, Les hauteurs maximales, respectivement les hauteurs de dépôts ou profondeurs d'affouillement sont cartographiées.

Pour un tel scénario, la capacité du chenal est dépassée dès l'amont du système, en rives droite et gauche.

La zone potentiellement touchée par les débits déversés est relativement importante ; les hauteurs maximales d'écoulement restent cependant inférieures à 50 cm, et pour la plupart inférieures à 20 cm.

A l'amont du modèle, entre le PK 0.720 et le PK 0.590, des dépôts importants de sédiments, de hauteurs supérieures à 2 m, sont visible dans le chenal. Un tel remplissage du chenal d'écoulement par les sédiments, pour ce scénario rare, explique l'importance de l'emprise des surfaces touchées par les débits déversés.

5.3.3 Scénario de crue fréquente

L'annexe 13.1 illustre les hauteurs maximales d'écoulement pour une crue fréquente sur le Nant Cruy.

L'apport avec une pente plus faible, la prise en compte du pavage et le débit de crue inférieur induisent une inondation de plus faible ampleur. Cependant, pour ce type de scénario, la capacité du chenal est également dépassée, à l'aval du PK 0.320.

5.4 Gestion des matériaux solides

La gestion des matériaux ne peut être établie que dans le cadre d'une analyse des mesures nécessaire (phase P3). Toutefois, les principales pistes peuvent être évoquées pour l'Ugine.

Une gestion des matériaux et des bois flottants est souhaitable au pied de la cascade. Des mesures du type barrage filtrant ou seuils de dosage sont probablement nécessaires et doivent être liées à un ouvrage de rétention des flottants. En cas de forte crue, des prélèvements de matériaux devront être effectués.

Un prélèvement général de matériaux et un abaissement du lit de l'Ugine n'est pas à écarter compte tenu des faibles capacités hydrauliques et du peu de place à disposition pour l'augmenter.

Dans la situation actuelle, il paraît délicat de prélever des matériaux dans l'Ugine sans déstabiliser les ouvrages adjacents.

Pour les ouvrages amont, un curage périodique est nécessaire pour maintenir les capacités des passages et retarder leur risque d'obstruction.

5.5 Espaces de bon fonctionnement technique

L'Ugine se situe presque totalement en zone urbaine, fortement contrainte par des habitations et par les voies de communication.

Un espace minimum technique doit garantir :

- une section permettant le passage d'une crue rare
- un espace pour l'entretien de la végétation
- un espace suffisant pour rétablir ou adapter des ouvrages.

Pour atteindre les objectifs ci-dessus et si l'on considère un lit de 5 m de large, des hauteurs de berges de 2 m et de pente 2:3, l'espace cours d'eau nécessaire aurait une largeur d'environ 15 m (prise en compte d'un espace de 2 m de chaque côté en sommet de berge). On se rend compte que les contraintes sont telles qu'il ne sera pas possible d'appliquer partout cette valeur. La largeur de 4 m au minimum pour le lit doit être impérativement conservée mais des secteurs avec des berges plus verticales que 2/3 sont à envisager.

Marseille et Sion, le 27/03/2018

iDEALP

IDEALP SA

Philippe BIANCO

Ing. Dipl. HES en Génie Civil
Postgrade EPFL en hydrologie



IDEALP France

Florian GUILLEMET

Ing. Dipl. AMU SET en risques naturels



Manuella BIANCO-RICCIOZ

Ing. Dipl. HES en Génie Civil



6 Annexes

SYNDICAT MIXTE D'AMENAGEMENT DE L'ARVE ET DE SES AFFLUENTS
ÉTUDE HYDRAULIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE DU BASSIN DE L'UGINE ET DU MERDERAY



**BASSIN VERSANT DE L'UGINE
ET DU MERDERAY**

**Carte des zones d'application
d'un coefficient d'imperméabilité**

Annexe N° 1.1

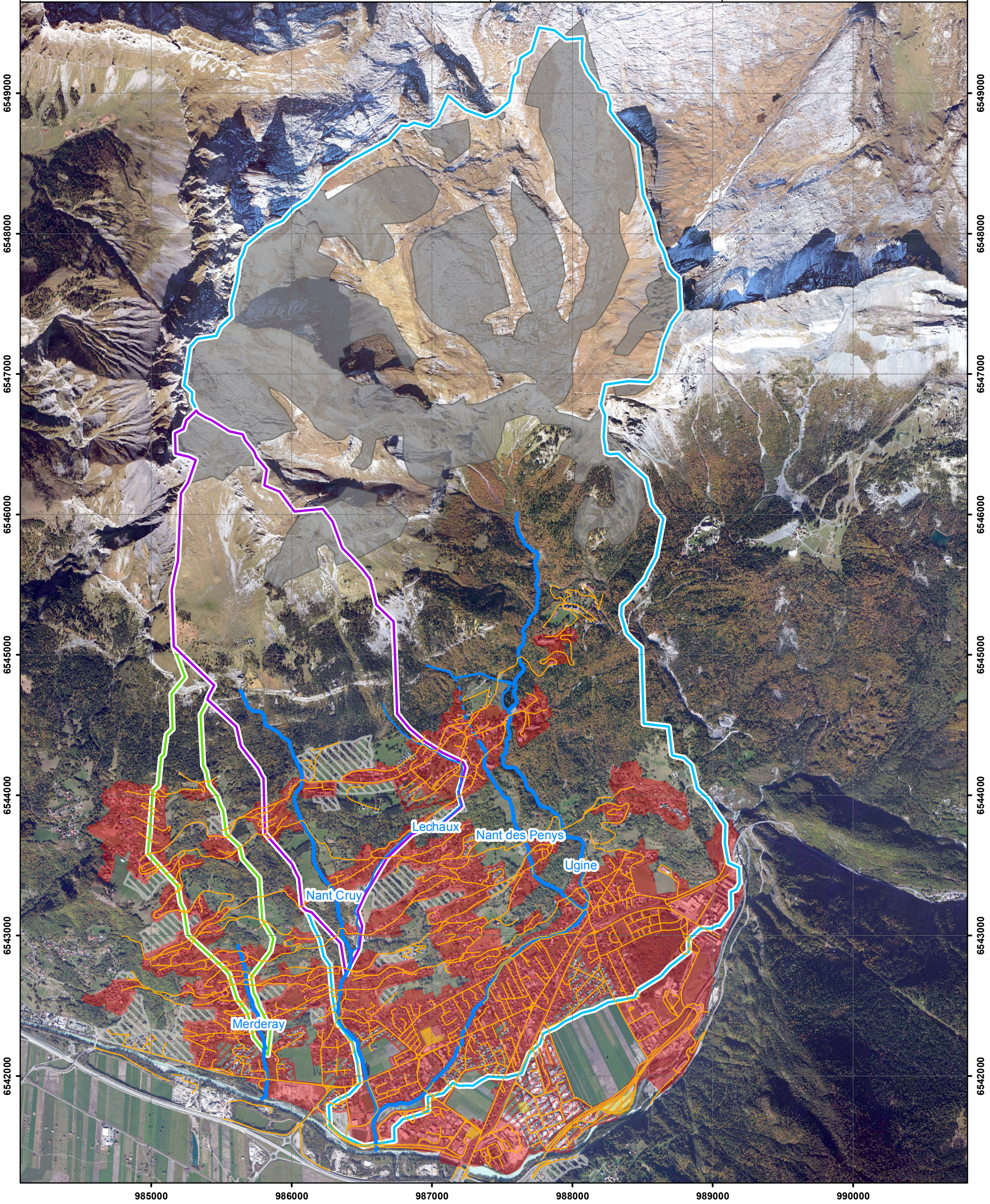
Echelle 1:25 000

Date	Format	Dessiné	Contrôlé
31/05/2017	A3	MF	FG

0 250 500 Mètres



- Cours d'eau
- Bassin versant de l'Ugine
- Bassin versant du Merderay
- Bassin versant du Nant Cruy
- Coefficients d'imperméabilisation du sol
 - Routes - coef. 1
 - Parkings - coef. 1
 - Roche - coef. 0.9
 - Zones urbaines - coef. 0.3
 - Zones d'urbanisation future - coef. 0.3
 - Zones d'urbanisation future non considérées





BASSIN VERSANT DE L'UGINE
ET DU MERDERAY

Carte des zones d'application d'un
coefficient d'imperméabilité

Annexe N° 1.2

Echelle 1:15 000

Date	Format	Dessiné	Contrôlé
31/05/2017	A3	MF	FG
0 200 400 600 Mètres			

Cours d'eau

Bassin versant
de l'Ugine

Bassin versant
du Merderay

Bassin versant
du Nant Cruy

Coefficients d'imperméabilisation
du sol

Routes - coef. 1

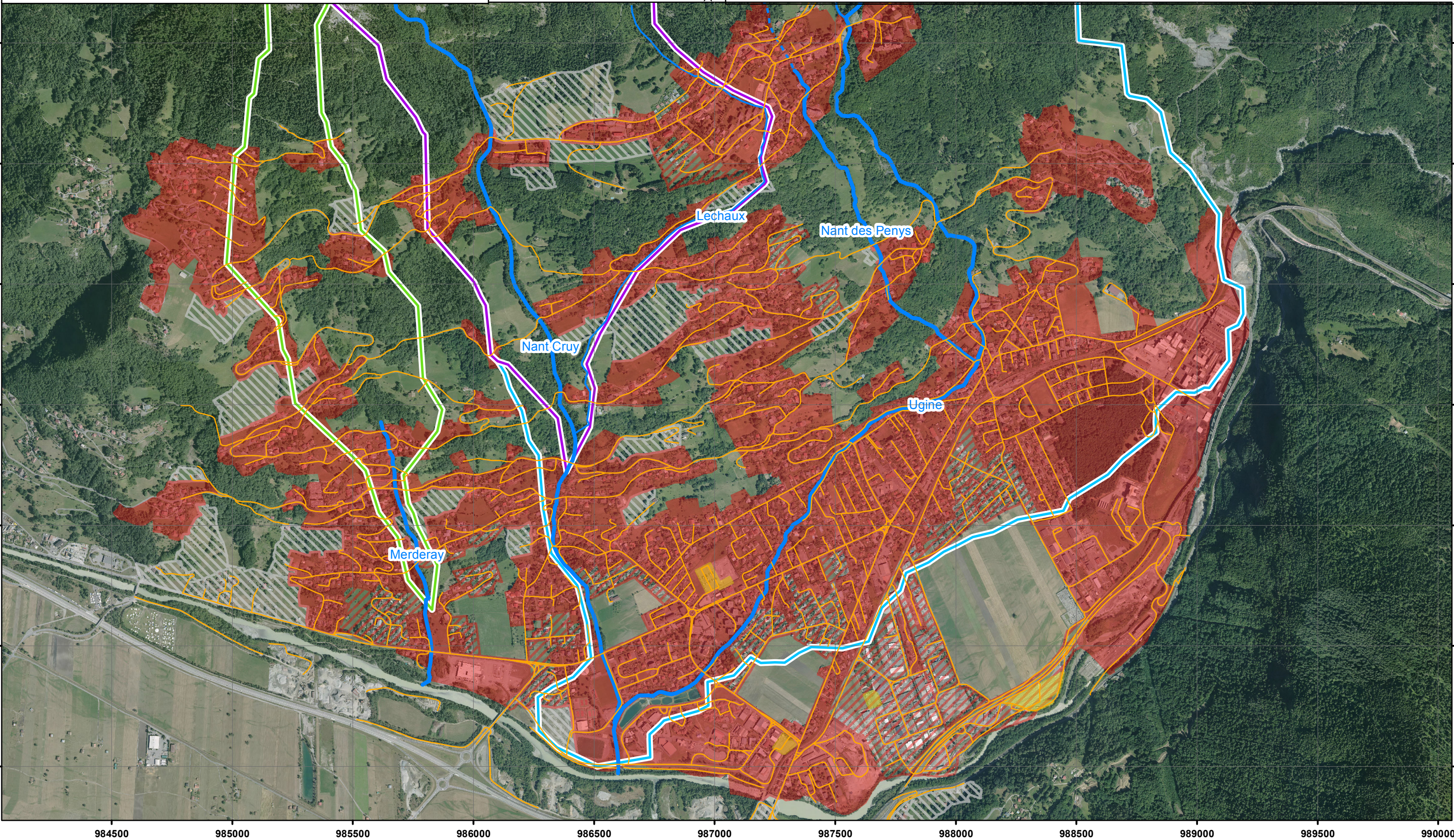
Parkings - coef. 1

Roche - coef. 0.9

Zones urbaines - coef. 0.3

Zones d'urbanisation future - coef. 0.3

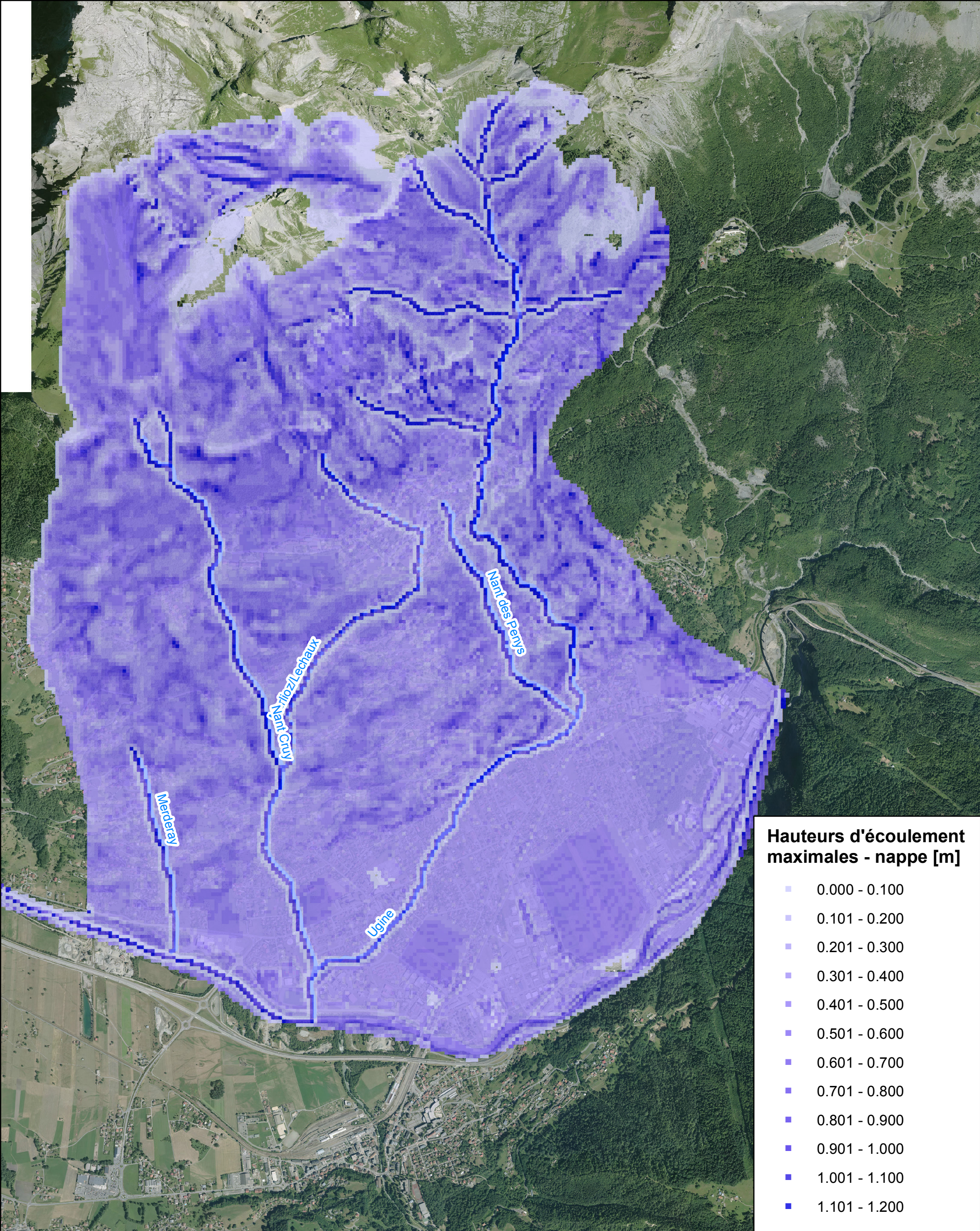
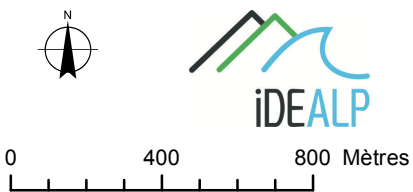
Zones d'urbanisation future non considérées



TOPOFLOW 2D HYDROLOGIE
Pluie 3h T10
Hauteurs d'écoulement maximales - nappe

Annexe N° 2.1

Date	Format	Dessiné	Contrôlé
06.06.2017	A3	MB	MB
Echelle 1:20 000			



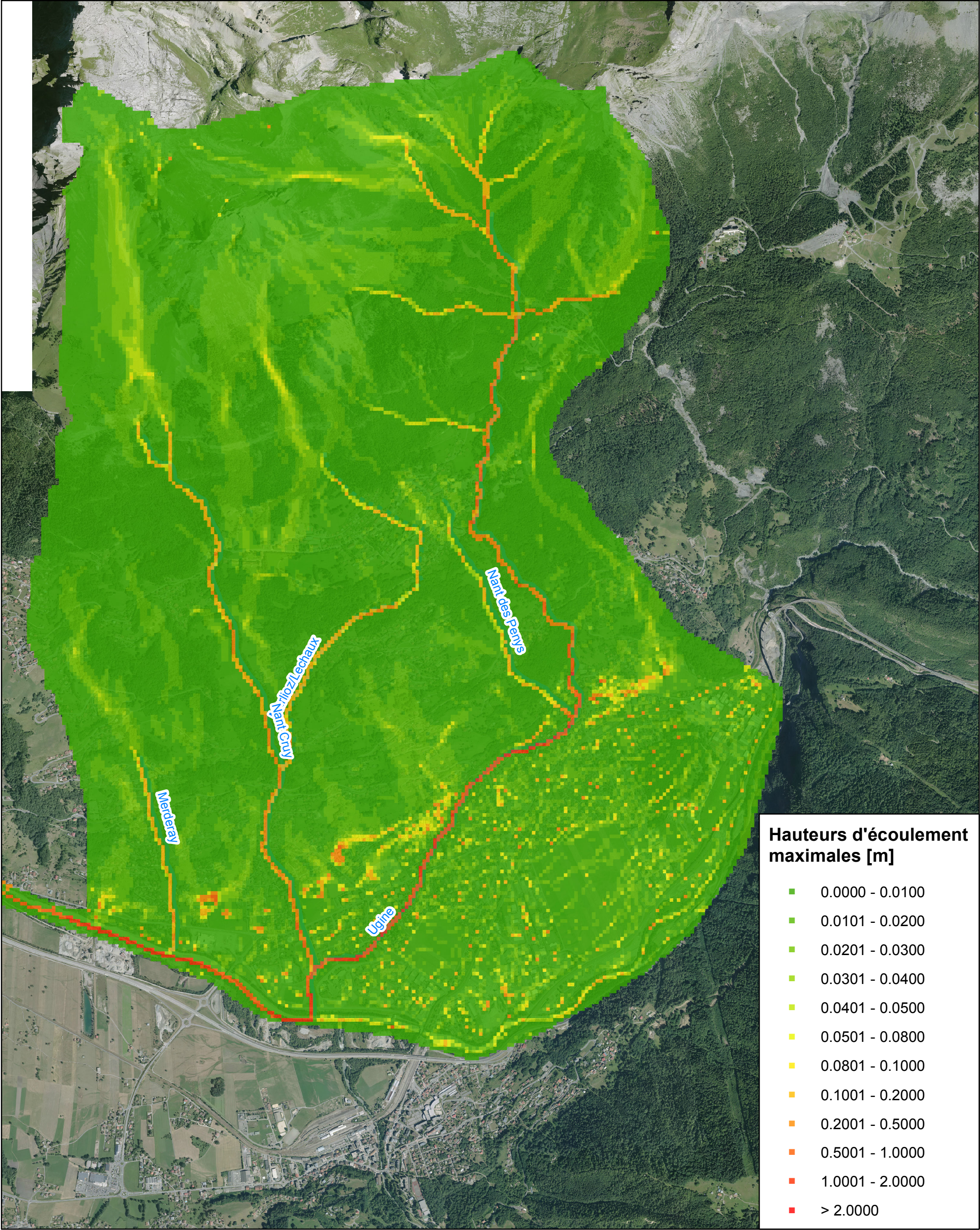
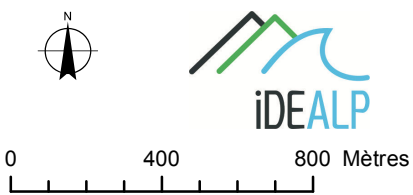
Hauteurs d'écoulement maximales - nappe [m]

- 0.000 - 0.100
- 0.101 - 0.200
- 0.201 - 0.300
- 0.301 - 0.400
- 0.401 - 0.500
- 0.501 - 0.600
- 0.601 - 0.700
- 0.701 - 0.800
- 0.801 - 0.900
- 0.901 - 1.000
- 1.001 - 1.100
- 1.101 - 1.200

TOPOFLOW 2D HYDROLOGIE
Pluie 3h T10
Hauteurs d'écoulement maximales

Annexe N° 2.2

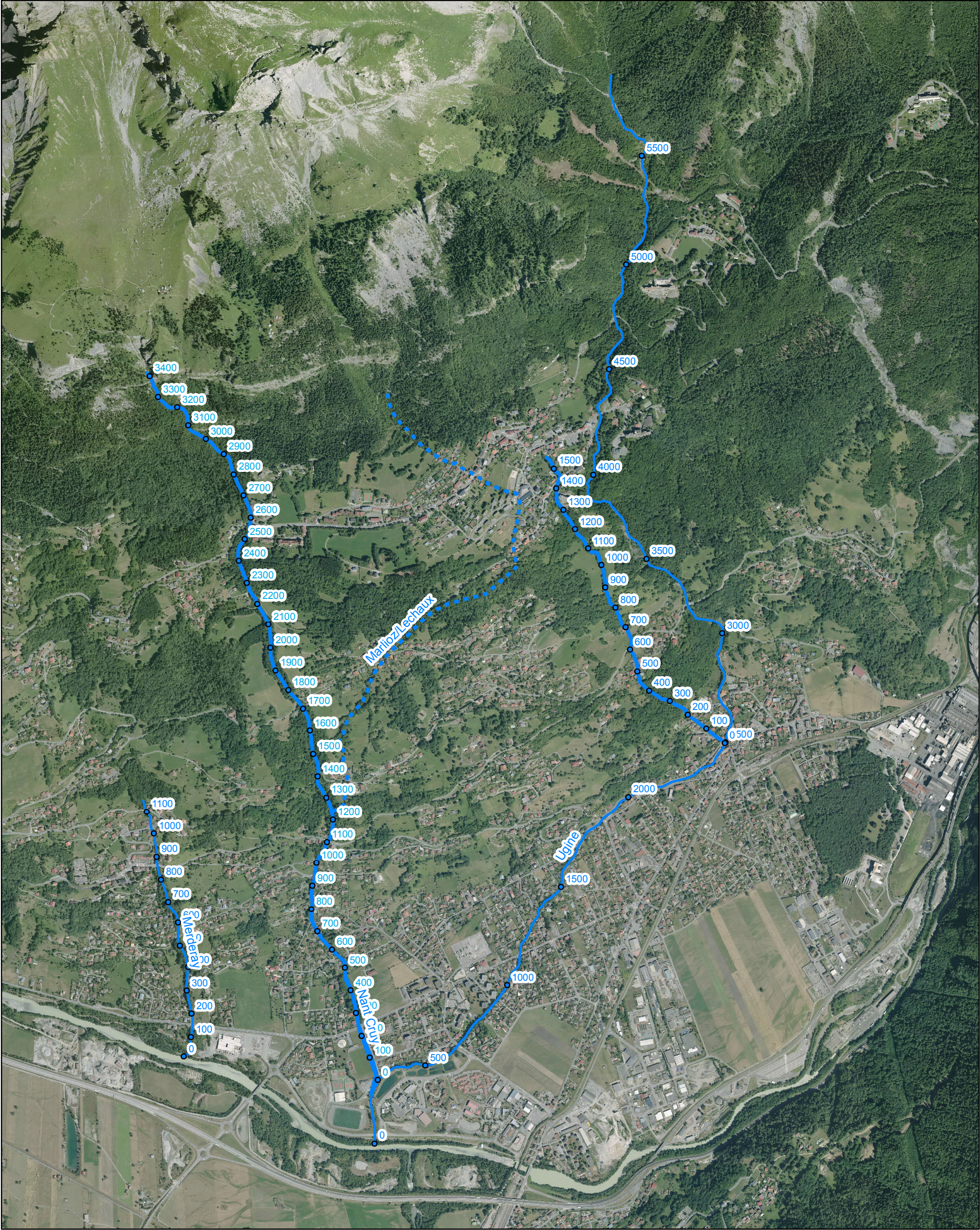
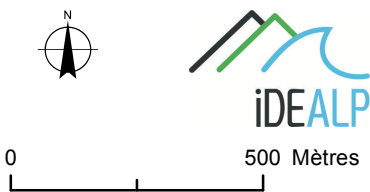
Date	Format	Dessiné	Contrôlé
06.06.2017	A3	MB	MB
Echelle 1:20 000			



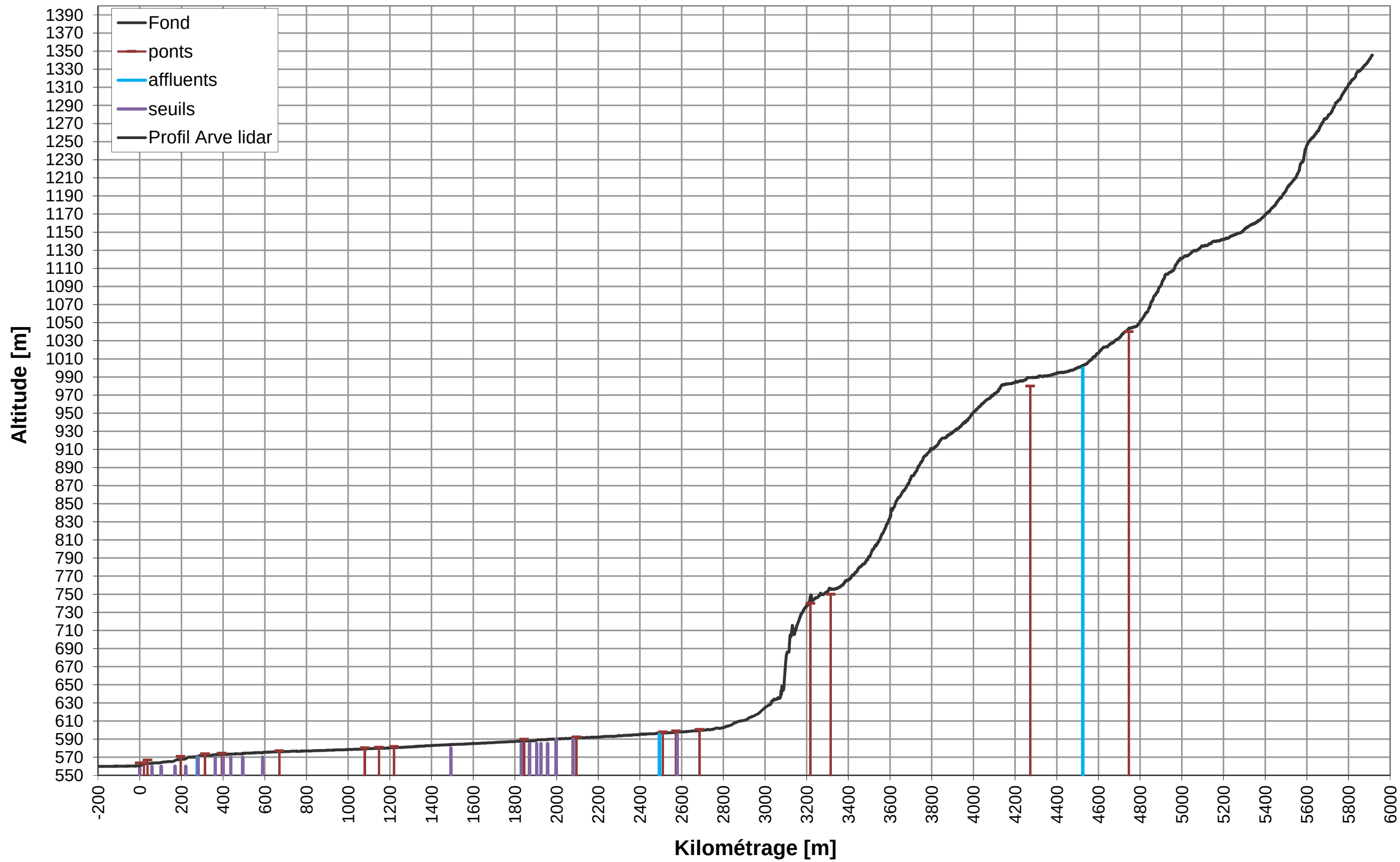
HYDROGRAPHIE
AXES ET KILOMETRAGES DES TORRENTS

Annexe N° 3

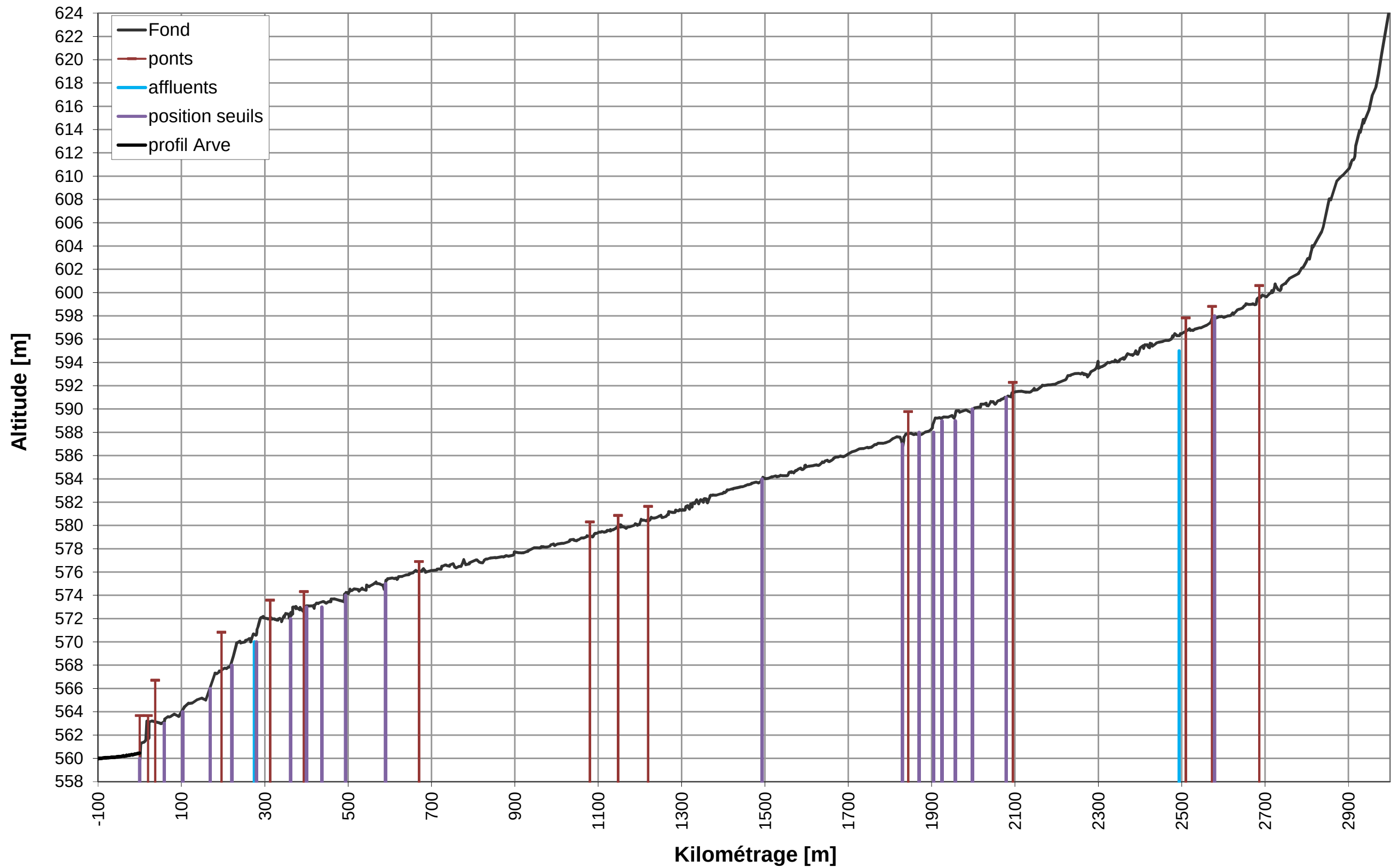
Date	Format	Dessiné	Contrôlé
27.03.2018	A3	MB	PB
Echelle 1:15 000			



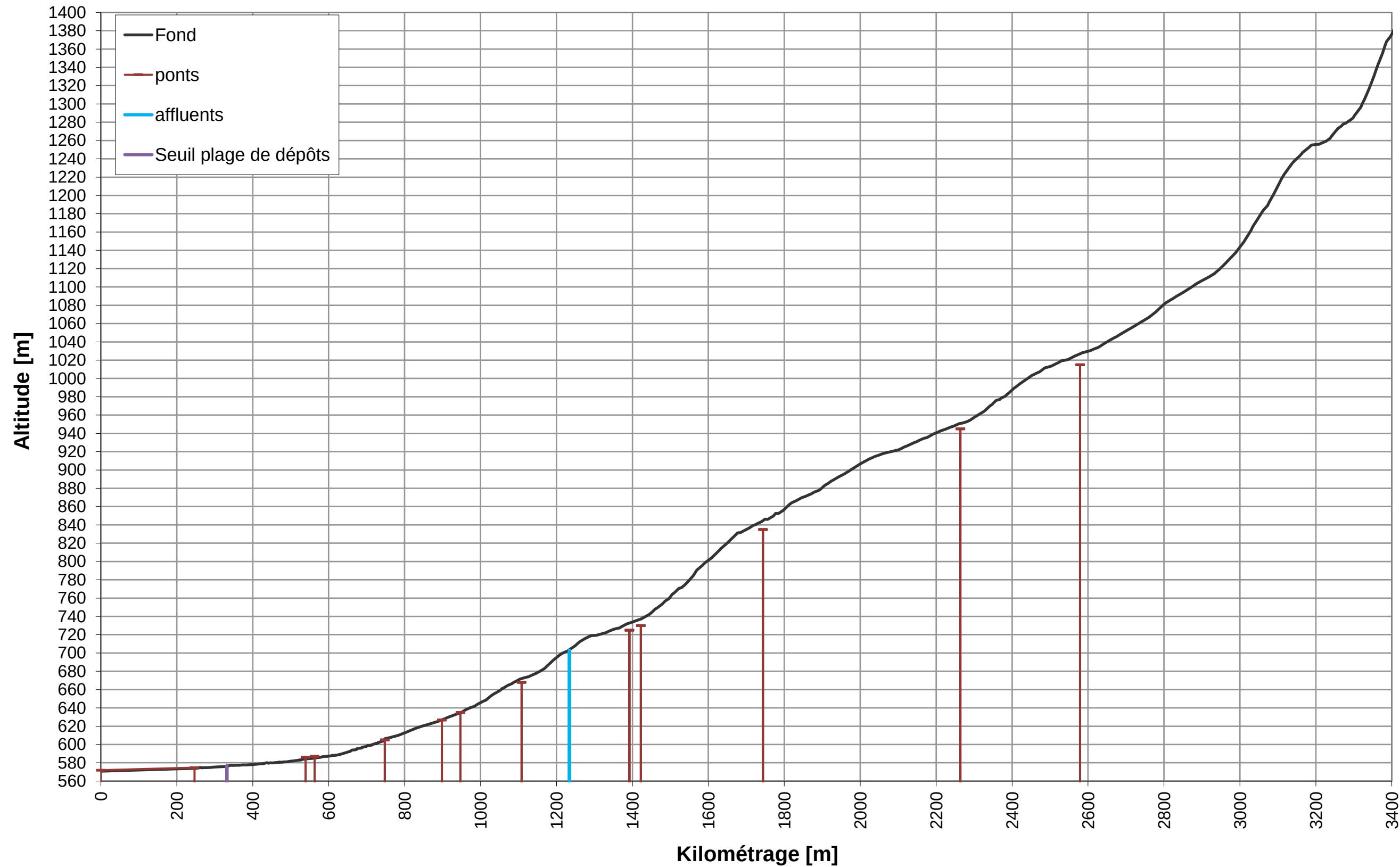
Torrent de l'Ugine - Profil en long
PK -0.200 - 5.900



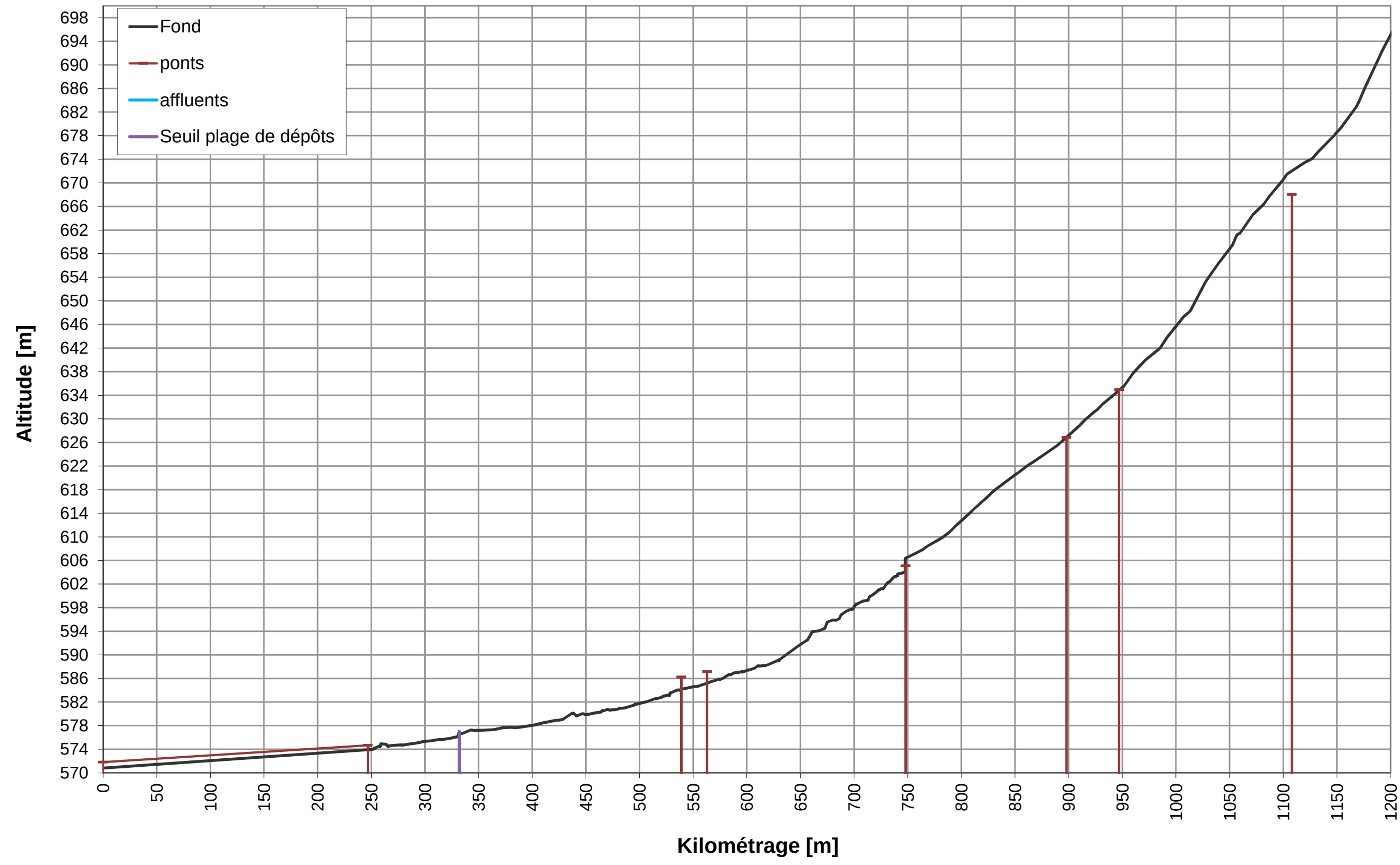
Torrent de l'Ugine - Profil en long
PK 0 - 3.000



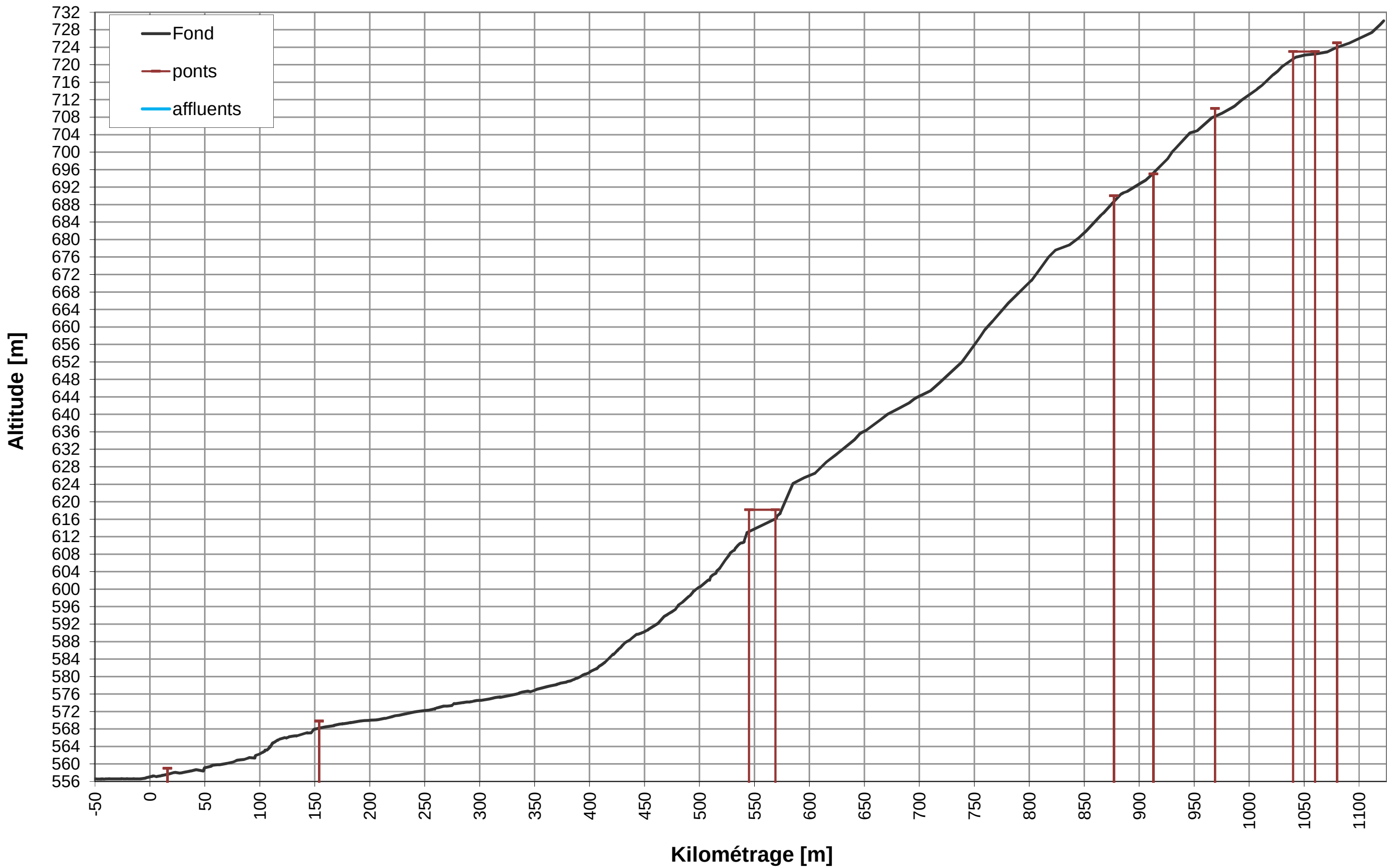
Torrent du Nant Cruy - Profil en long
PK 0 - 3.400



Torrent du Nant Cruy - Profil en long
PK 0 - 1.200



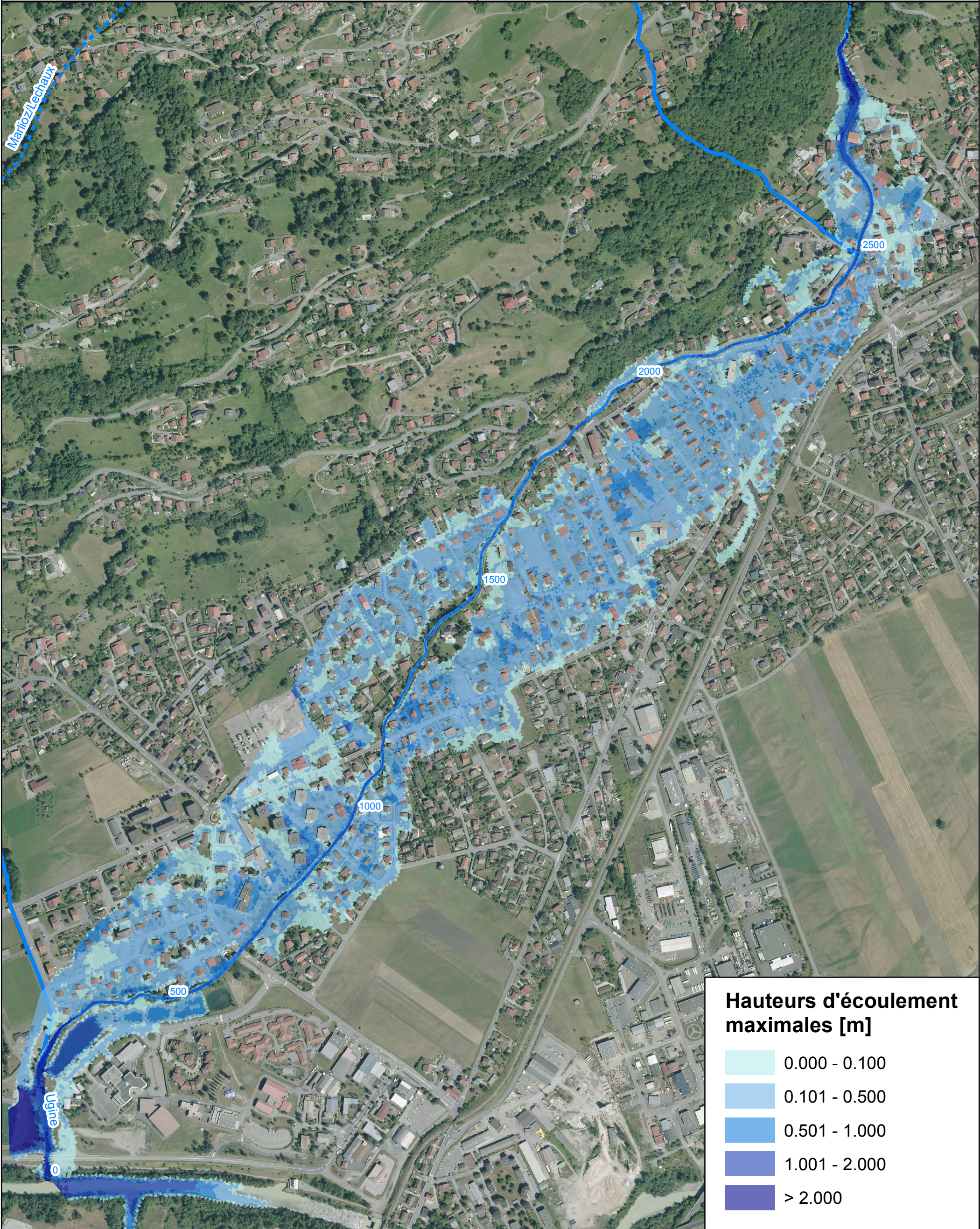
Torrent du Merderay - Profil en long
PK -0.050 - 1.125



TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE
ETAT ACTUEL - topo triangulaire
Crue 25 m³/s - avec charriage

Annexe N° 7.1

Date	Format	Dessiné	Contrôlé
29.11.2017	A3	MB	MB
Echelle 1:6 500			



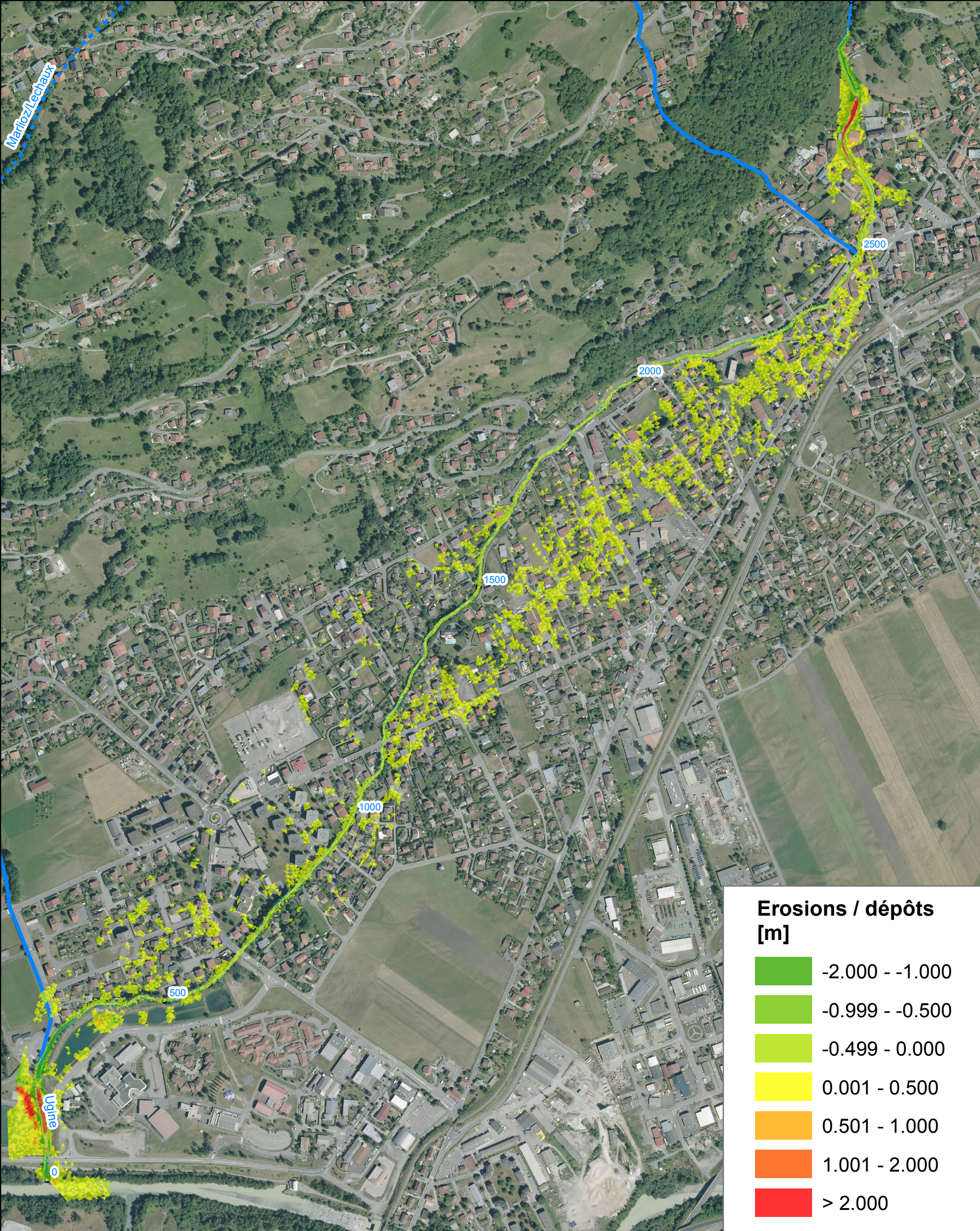
TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE

ETAT ACTUEL - topo triangulaire

Crue 25 m³/s - avec charriage

Annexe N° 7.2

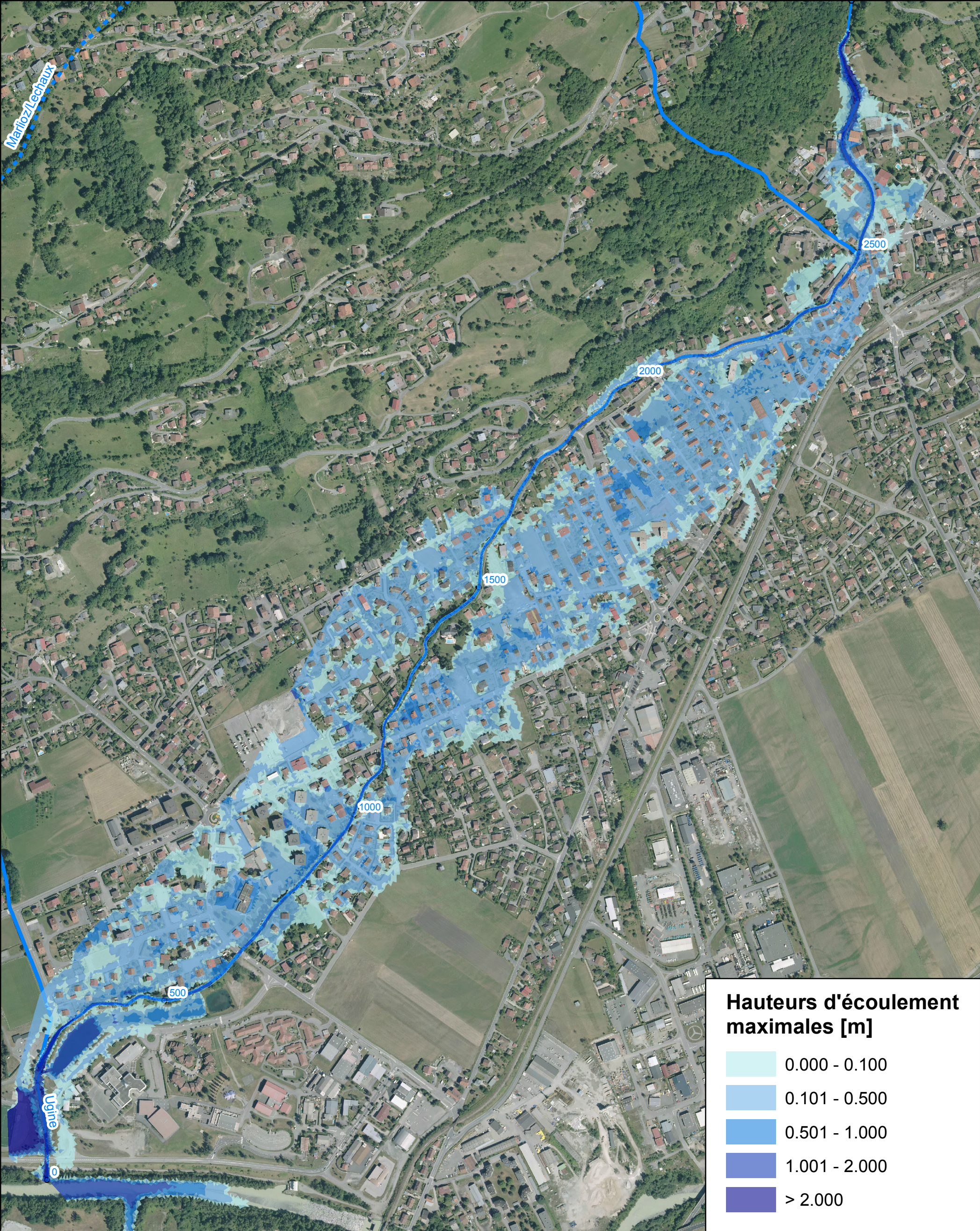
Date	Format	Dessiné	Contrôlé
29.11.2017	A3	MB	MB
Echelle 1:6 500			



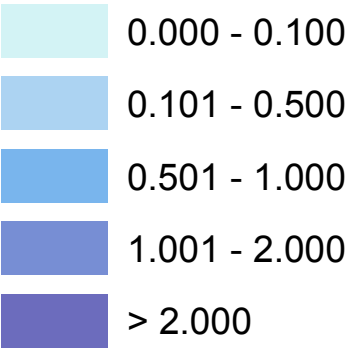
TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE
ETAT ACTUEL - topo triangulaire
Scénario $Q_{max} = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ - avec charriage

Annexe N° 8.1

Date	Format	Dessiné	Contrôlé
02.12.2017	A3	MB	MB
Echelle 1:6 500			



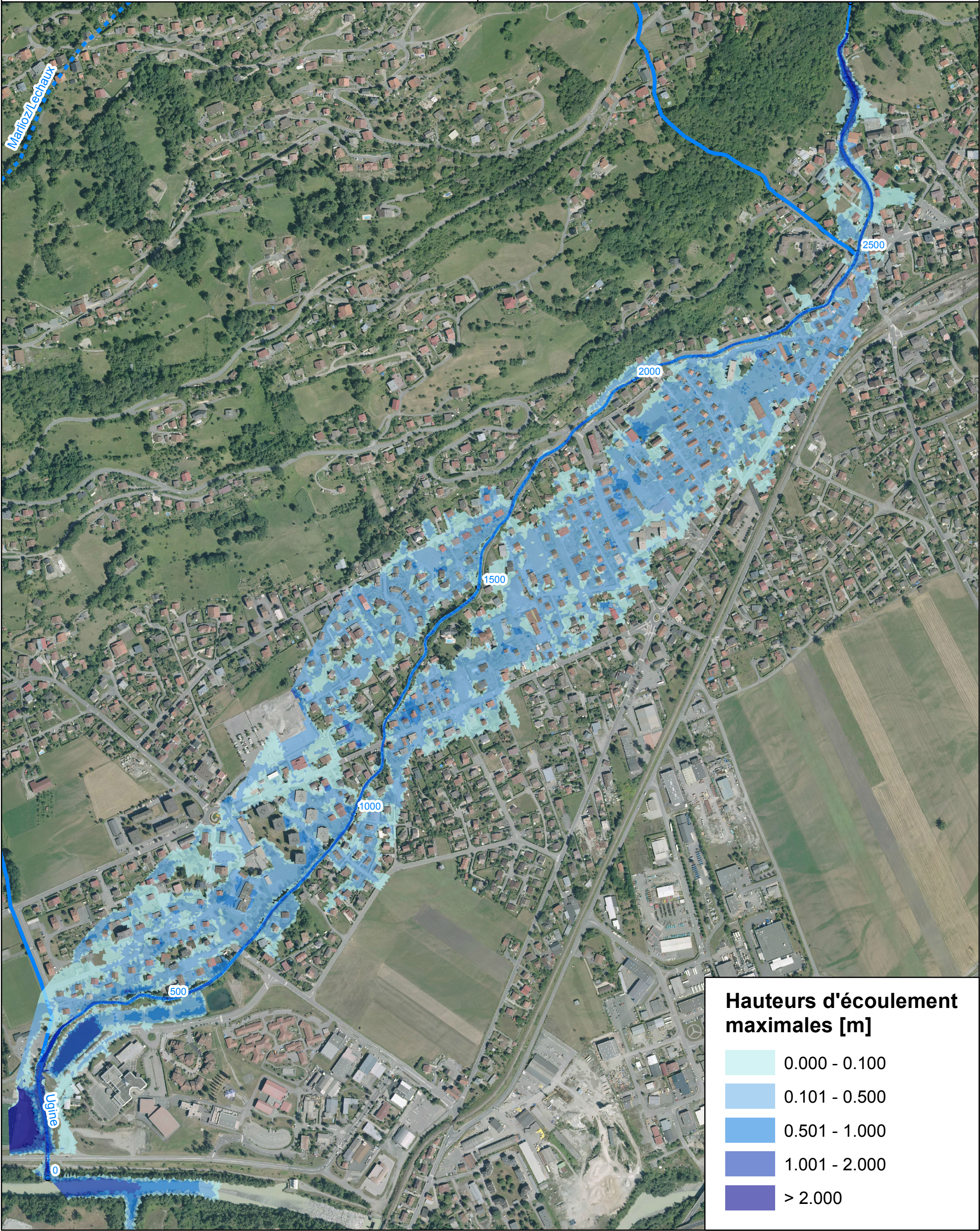
Hauteurs d'écoulement
maximales [m]



TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE
ETAT ACTUEL - topo triangulaire
Scénario $Q_{max} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$ - avec charriage

Annexe N° 9.1

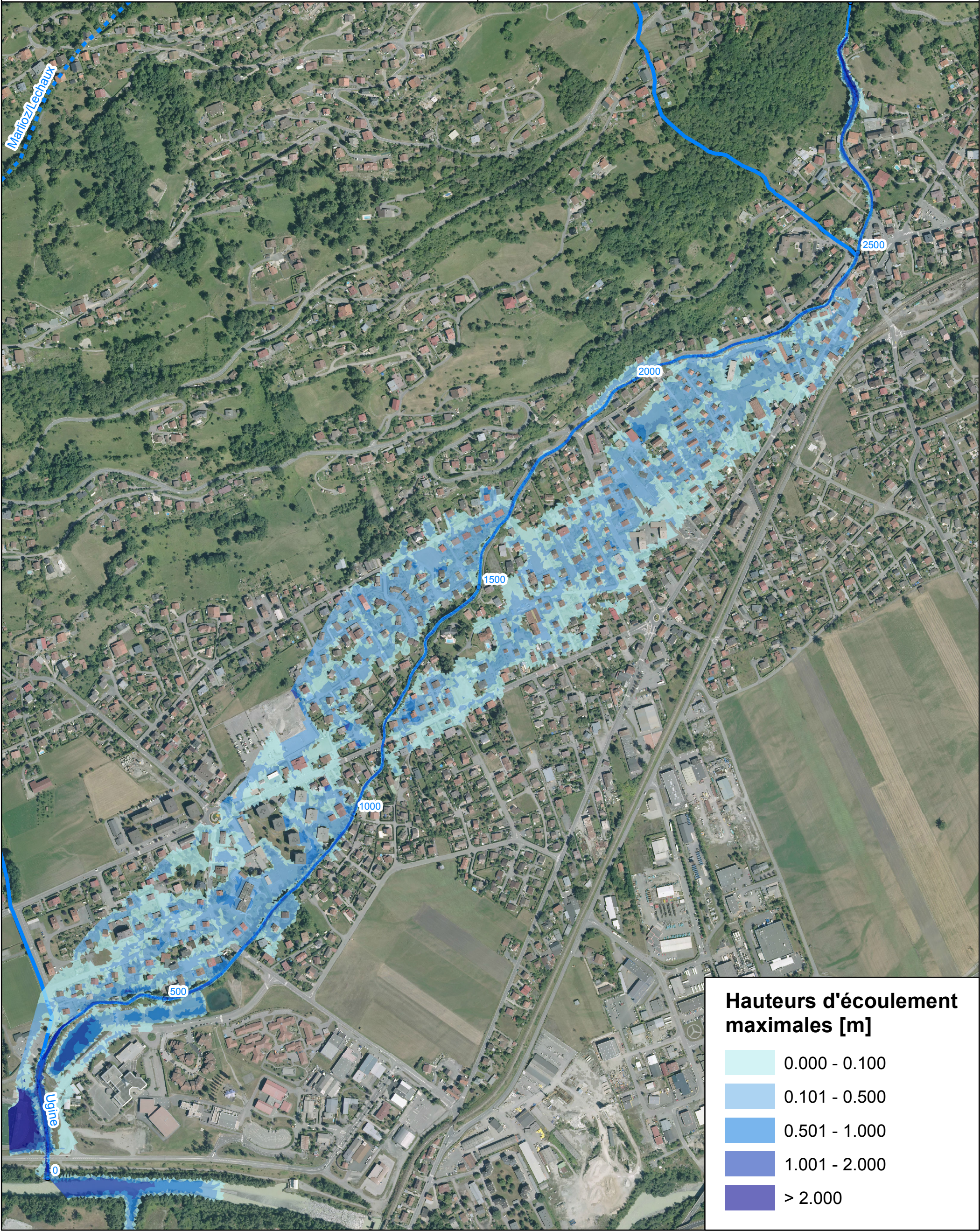
Date	Format	Dessiné	Contrôlé
01.12.2017	A3	MB	MB
Echelle 1:6 500			



TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE
ETAT ACTUEL - topo triangulaire
Scénario $Q_{max} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ - avec charriage

Annexe N° 10.1

Date	Format	Dessiné	Contrôlé
22.03.2018	A3	MB	PB
Echelle 1:6 500			



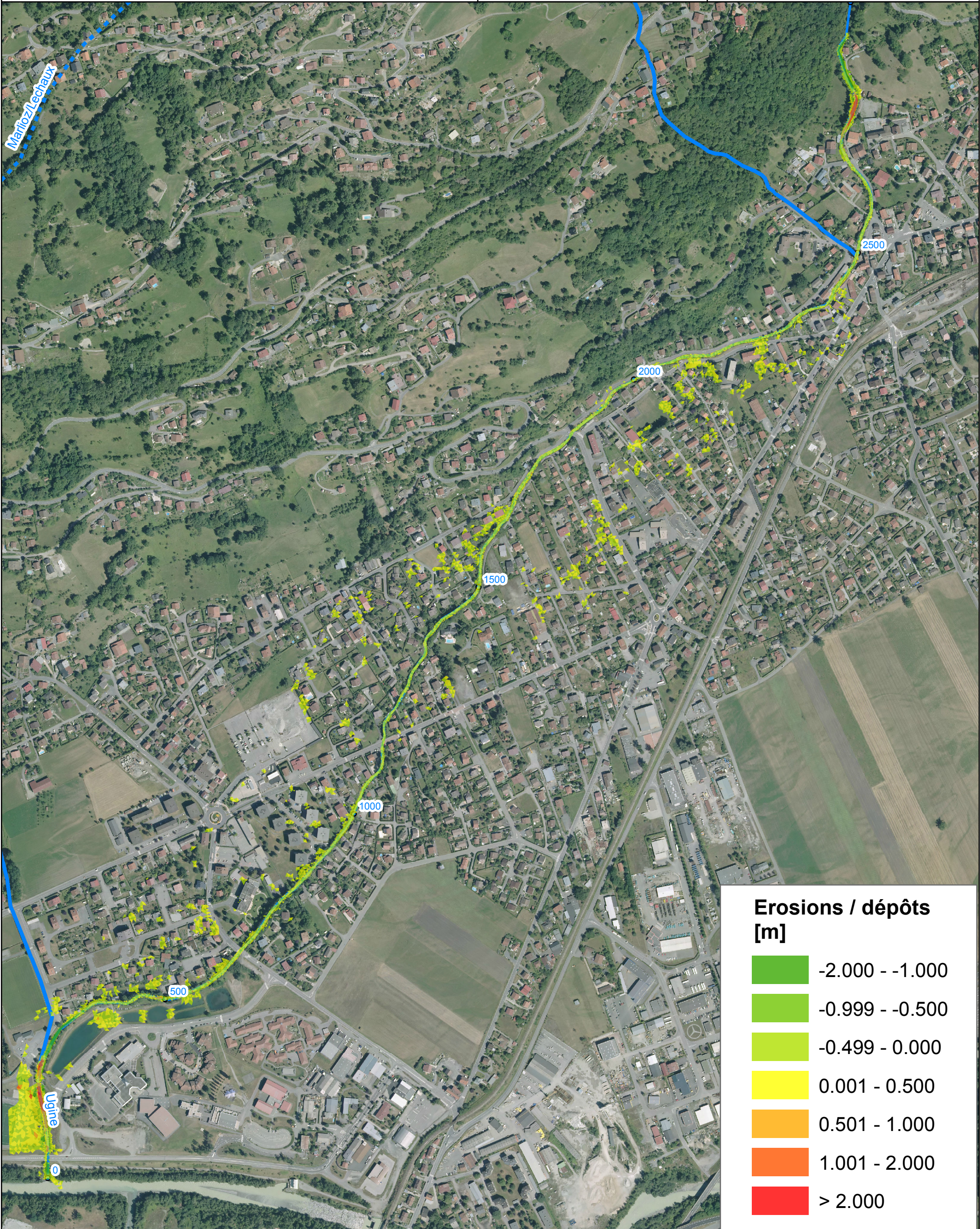
TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE

ETAT ACTUEL - topo triangulaire

Scénario $Q_{max} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ - avec charriage

Annexe N° 10.2

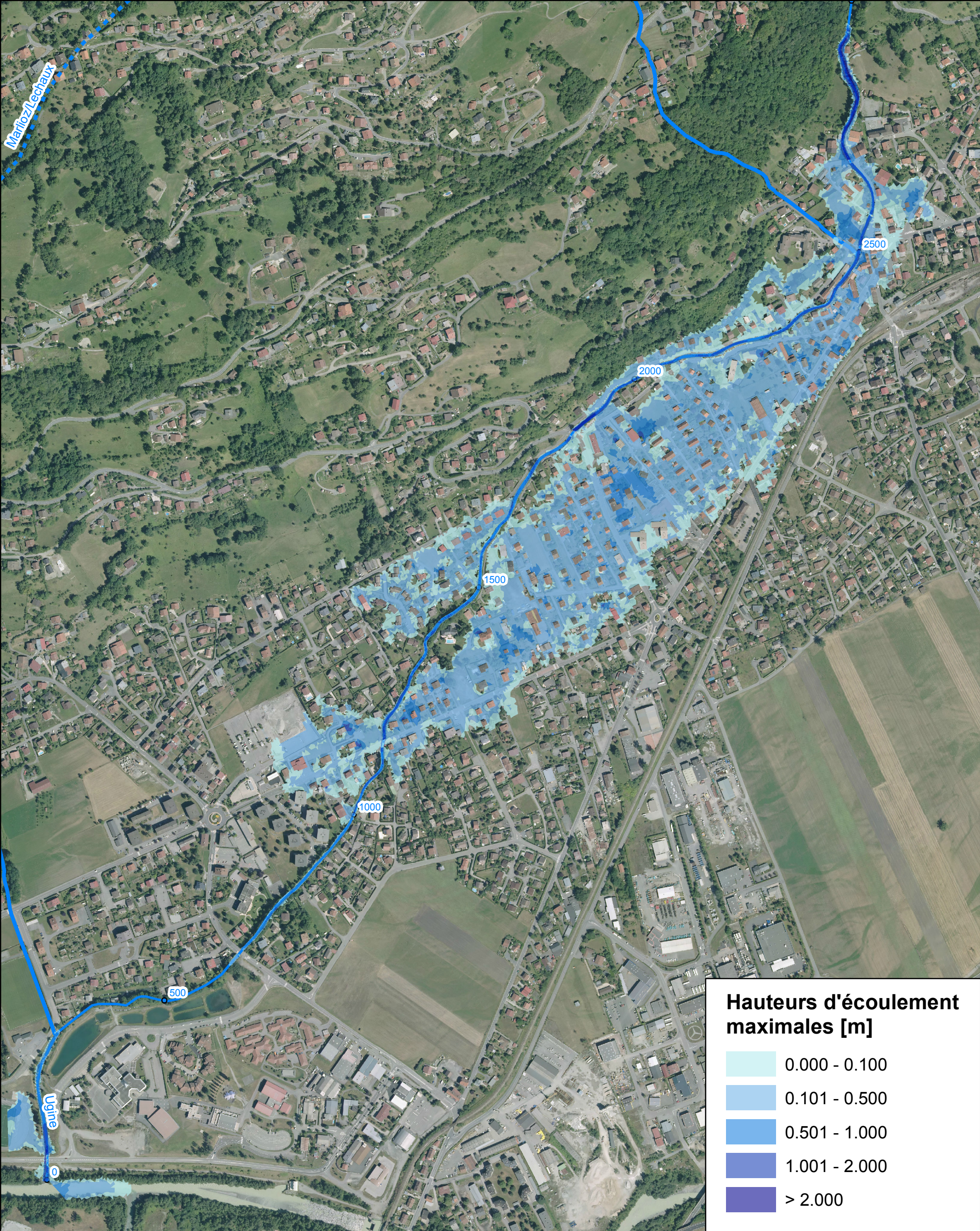
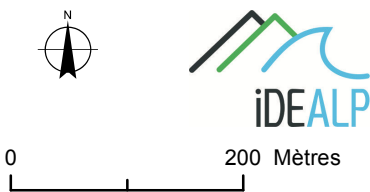
Date	Format	Dessiné	Contrôlé
22.03.2018	A3	MB	PB
Echelle 1:6 500			



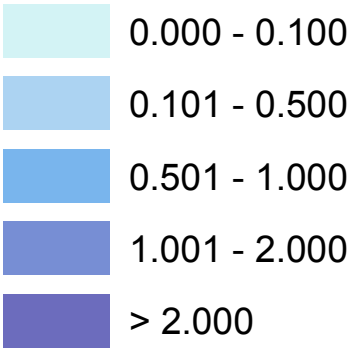
TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE
ETAT ACTUEL - topo triangulaire
Scénario $Q_{max} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$ - sans charriage avec ponts pression

Annexe N° 11.1

Date	Format	Dessiné	Contrôlé
27.03.2018	A3	MB	PB
Echelle 1:6 500			



Hauteurs d'écoulement
maximales [m]



TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE
ETAT ACTUEL - topo triangulaire
Scénario $Q_{max} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$ - avec charriage avec ponts pression

Annexe N° 11.2

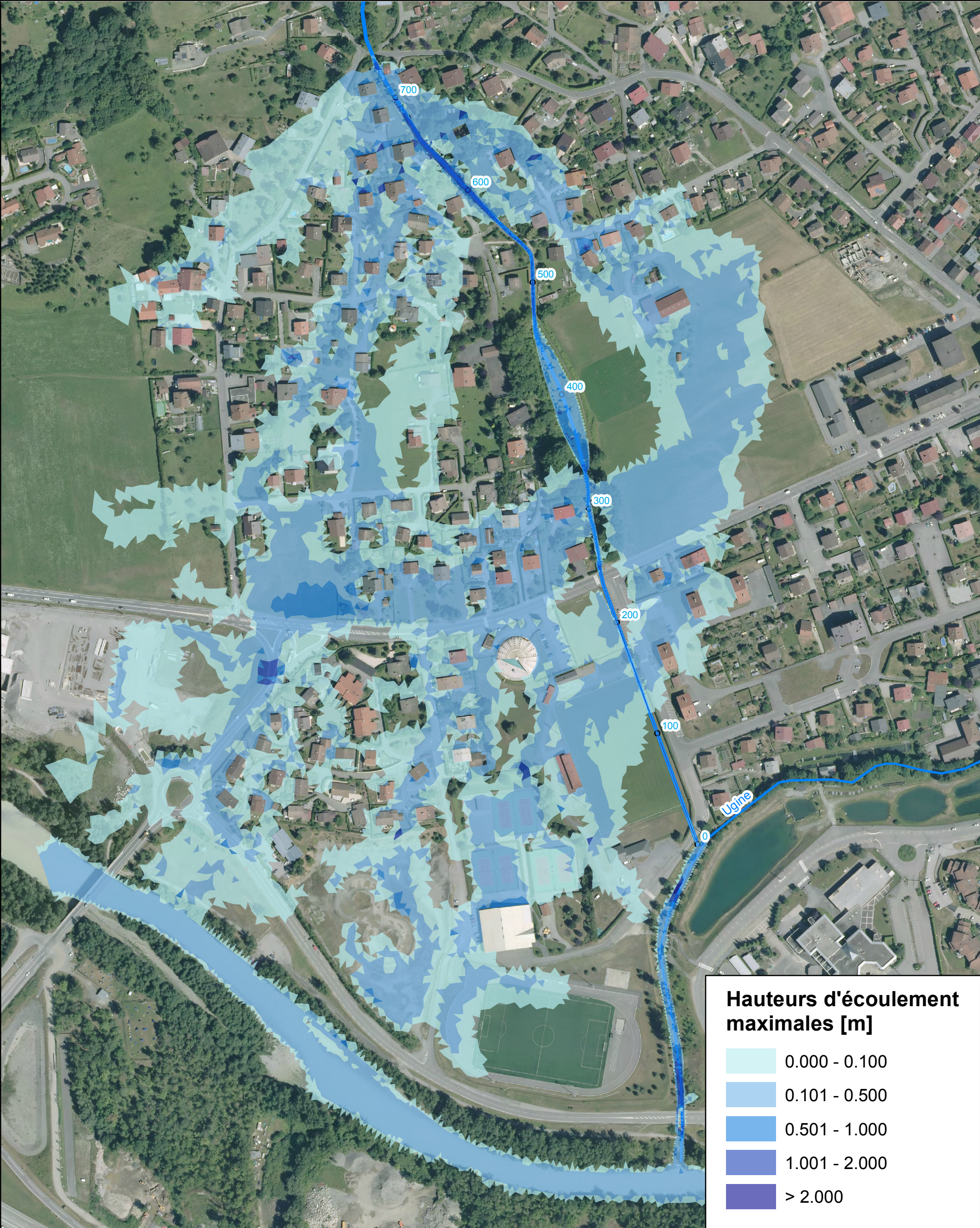
Date	Format	Dessiné	Contrôlé
27.03.2018	A3	MB	PB
Echelle 1:3 000			



TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE
ETAT ACTUEL - topo triangulaire CRUY
Scénario 8.6 m³/s - avec charriage

Annexe N° 12.1

Date	Format	Dessiné	Contrôlé
06.12.2017	A3	MB	MB
Echelle 1:3 000			



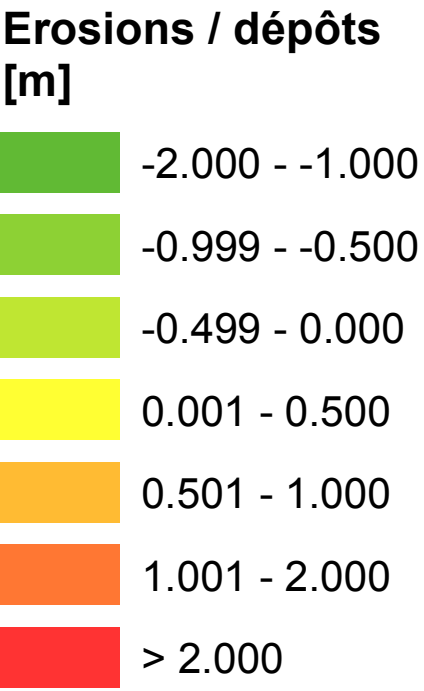
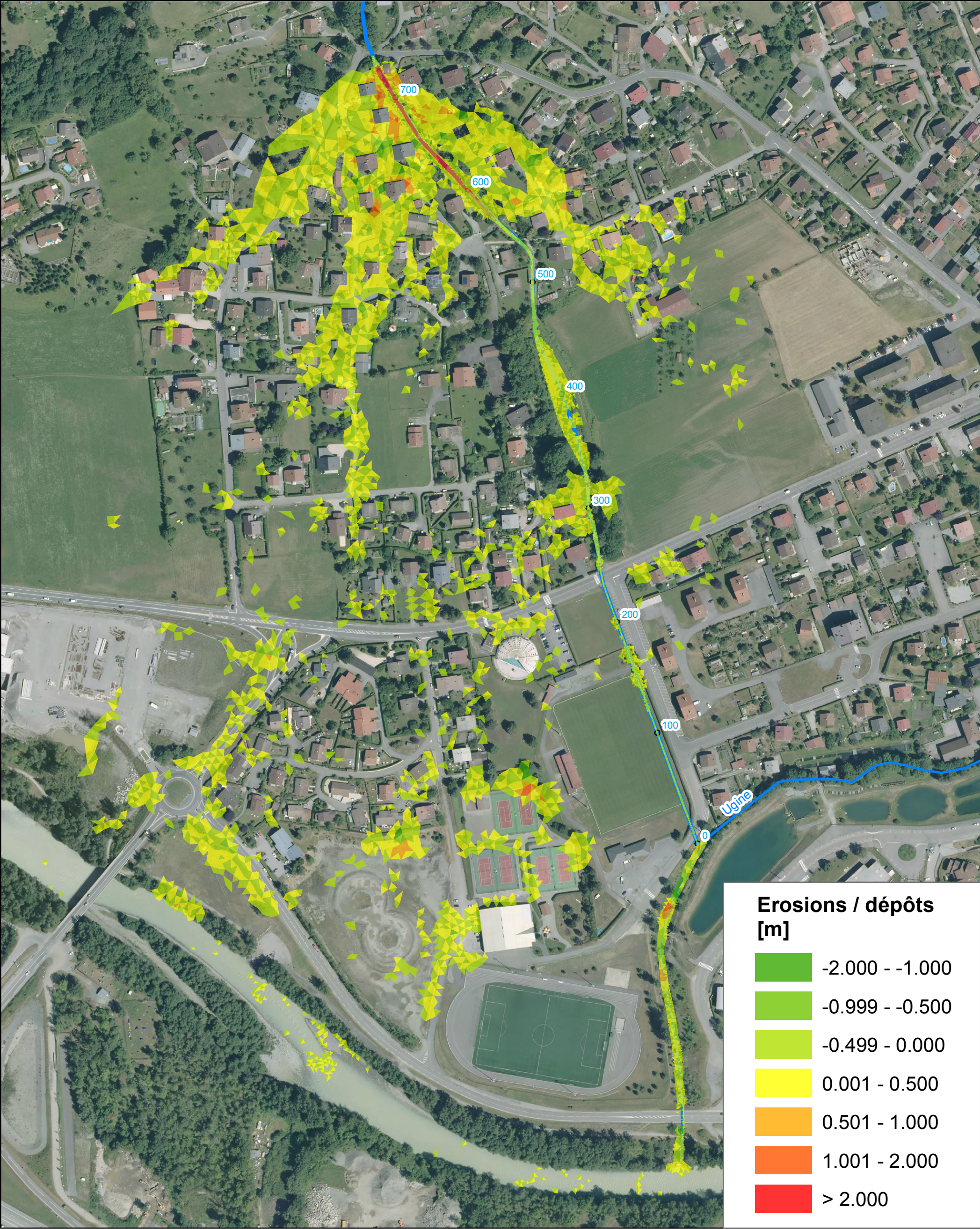
Hauteurs d'écoulement
maximales [m]

- 0.000 - 0.100
- 0.101 - 0.500
- 0.501 - 1.000
- 1.001 - 2.000
- > 2.000

TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE
ETAT ACTUEL - topo triangulaire CRUY
Scénario 8.6 m³/s - avec charriage

Annexe N° 12.2

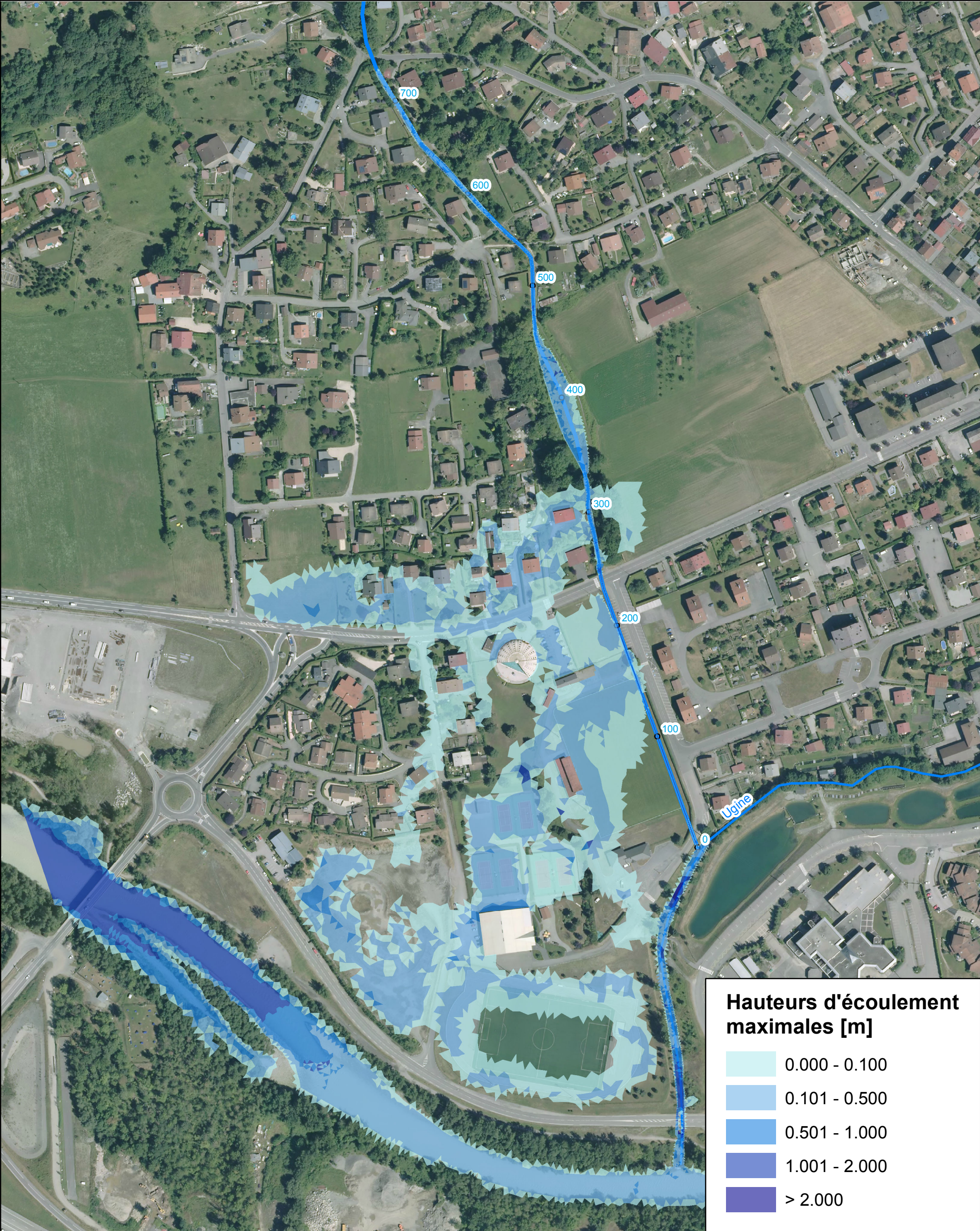
Date	Format	Dessiné	Contrôlé
06.12.2017	A3	MB	MB
Echelle 1:3 000			



TOPOFLOW 2D HYDRAULIQUE ET CHARRIAGE
ETAT ACTUEL - topo triangulaire CRUY
Scénario 2.8 m³/s - avec charriage

Annexe N° 13.1

Date	Format	Dessiné	Contrôlé
22.12.2017	A3	MB	MB
Echelle 1:3 000			



Hauteurs d'écoulement
maximales [m]

- 0.000 - 0.100
- 0.101 - 0.500
- 0.501 - 1.000
- 1.001 - 2.000
- > 2.000