

Ce dossier contient :



PROJET DE L'OUVRAGE

Villeret – Plan d'aménagement des eaux Ruisseau "Les Faverges"

Pièces pour approbation

<i>Document</i>	<i>Dénomination</i>	<i>Echelle</i>
3291-205	Etat projeté, Situation	1:2'000
3291-206	Etat projeté, Situation	1:500
3291-203	Etat projeté, Profil en long	1:100
3291-204	Etat projeté, Profils normaux	1:50

Pièces pour information

<i>Document</i>	<i>Dénomination</i>	<i>Echelle</i>
3291-201	Etat existant, Situation	1:500
3291-RT01	Rapport technique + devis estimatif	-
3291-RCD	Rapport complémentaire carte des dangers	-



Arrondissements
d'ingénieur en chef III

Office des ponts
et chaussées
du canton de Berne

Plan d'aménagement des eaux

Dossier

Commune	Villeret	Date du dossier	16.05.2018
Assujetti à l'exécution	Commune de Villeret	Révisé le	-
N° du cours d'eau	74796	N° du projet	3291

Cours d'eau **Ruisseau des Faverges**

Projet de l'ouvrage



Auteur(s) du projet

ATB SA
Ingénieurs-conseils SIA USIC
Industrielle 15 2740 Moutier
tél. 032/494.55.88 fax 032/494.55.80
E-mail : moutier@atb-sa.ch

Autorisation délivrée le :



Arrondissements
d'ingénieur en chef III

Office des ponts
et chaussées
du canton de Berne

Plan d'aménagement des eaux

Rapport technique

Commune	Villeret	Date du dossier	16.05.2018
Assujetti à l'exécution	Commune de Villeret	Révisé le	-
N° du cours d'eau	74796	N° du projet	3291

Cours d'eau **Ruisseau des Faverges**

Projet de l'ouvrage Rapport technique



Auteur(s) du projet

ATB SA
Ingénieurs-conseils SIA USIC
Industrielle 15 2740 Moutier
tél. 032/494.55.88 fax 032/494.55.80
E-mail : moutier@atb-sa.ch

Autorisation délivrée le :

Table des matières

1. MANDAT	4
1.1 CADRE	4
1.2 ENJEUX ET OBJECTIFS	4
1.3 PÉRIMÈTRE DE PROJET	5
2. BASES DU PROJET	5
2.1 ECOMORPHOLOGIE	5
2.2 CONDUITES	7
2.3 BÂTIMENTS EXISTANTS	7
2.4 SITES CONTAMINÉS	7
2.5 RECENSEMENT ARCHITECTURAL	8
2.6 ZONES DE PROTECTION DES EAUX	8
2.7 CARTES HISTORIQUES	8
2.8 PLAN DE ZONE	8
3. BASES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES	9
3.1 DEBITS DE CRUE CARACTERISTIQUES	9
3.1.1 Hydrogéologie	9
3.1.2 Hydrologie	9
3.1.3 Information historique	10
3.1.4 Détermination des débits	10
3.2 DEBITS D'ETIAGE	10
3.3 TRANSPORT SOLIDE	10
4. DIAGNOSTIC DE LA SITUATION EXISTANTE	11
4.1 ESPACE DE LIBERTE	11
4.2 PROTECTION CONTRE LES CRUES	13
4.2.1 Scénarios	13
4.2.2 Cartes des intensités d'inondation et des dangers	13
4.2.3 Cadastre des événements	13
4.2.4 Modélisation hydraulique	14
4.3 OBJECTIFS DE PROTECTION	15
4.4 DEFICIT DE PROTECTION	16
4.5 DEFICITS ENVIRONNEMENTAUX	16

5. PROJET D'AMÉNAGEMENT	18
5.1 PRINCIPES D'AMÉNAGEMENT DE PROTECTION CONTRE LES CRUES	18
5.2 PRINCIPES DE REVITALISATION	18
5.3 DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS	18
5.3.1 Réaménagement du lit en amont des voies CFF	18
5.3.2 Modelé de terrain à l'aval des voies CFF	20
5.3.3 Passage de la route Fiechter	20
5.3.4 Remise à ciel ouvert entre la route Fiechter et la route cantonale	21
5.3.4.1 Demandes propriétaire parcelle 288	22
5.3.5 Passage de la route cantonale	23
5.3.5.1 Etude de variantes	23
5.3.5.2 Description pousse-tube	25
5.3.6 Aval de la route cantonale	25
5.3.6.1 Rejets EP route cantonale	26
5.4 ANALYSE HYDRAULIQUE DU PROJET D'AMENAGEMENT	27
5.5 GESTION DES RISQUES RESIDUELS – CAS DE SURCHARGE.....	29
5.6 REPERCUSSIONS DU PROJET	29
5.6.1 Utilisation du sol	29
5.6.2 Patrimoine	29
5.6.3 Ecologie et la pêche	29
5.6.4 Eaux souterraines	30
5.6.5 Agriculture	30
5.6.6 Protection des sols	30
5.6.7 Etude pédologique des sols	30
5.6.8 Plan d'aménagement local	30
6. COÛTS ET BÉNÉFICES DU PROJET	31
6.1 COÛTS DES AMÉNAGEMENTS ET CONTRIBUTIONS	31
6.1.1 Récapitulatif des coûts	34
6.1.2 Contributions et charges	34
6.2 ESTIMATION DES DOMMAGES POTENTIELS AVANT LES MESURES	35
6.3 ESTIMATION DES DOMMAGES POTENTIELS APRES LES MESURES	35
7. INFORMATION.....	35
8. PLAN DE GESTION ET D'ENTRETIEN.....	36
9. PLAN D'URGENCE.....	36

10. DELAIS	36
11. CONCLUSION	36
12. ANNEXES.....	37
12.1 ANNEXE : HECRAS, PROFIL EN LONG ET EN TRAVERS DES HAUTEURS D'EAU	38
12.2 ANNEXE : SWMM5, PROFIL EN LONG, PROFONDEURS ET DÉBITS DES PASSAGES SOUS ROUTE CANTONALE ET CFF	39
12.3 ANNEXE : RÉSULTATS ECONOMIE 4.0.....	40

Validation et distribution des documents

Nom du document	K:\MANDATS\3291_Villeret_Carte des dangers ruisseau Les Faverges\200_Technique\250_Rapports\3291_PAE_RT01_20180516.docx
Auteur du document	ATB SA, D. Tièche
Date d'élaboration du document	16.05.2018
Date des modifications	-
Visa du responsable	DT
Distribution	Office des Ponts et chaussées 3ème Arrondissement Commune de Villeret ATB SA

1. MANDAT

1.1 CADRE

Le ruisseau des Faverges, fortement canalisé, est sujet à des inondations récurrentes mais faibles dans sa partie amont. Sa capacité est en effet limitée à de nombreux endroits et il présente des risques d'embâcles importants. Ce ruisseau, de par son tracé en zone centre, est sujets à des nombreux enjeux liés au développement de la commune. Plusieurs aménagements ont en outre été réalisés ces dernières années :

- Réaménagement du lit, remise à ciel ouvert et agrandissement du gabarit à l'Ouest de la nouvelle usine ETA (2015) suite à un recours de Pro Natura
- Raccordement de nouveaux drainages (du bassin versant propre aux Faverges) et eaux pluviales (prétraitées)
- Aménagement d'une buse métallique avec lit naturel dans le cadre de la réfection de la route Fiechter
- Aménagement du plan de quartier de Tivoli en amont des voies CFF
- Révision du plan de zone communal, délimitation de zone verte dévolue au cours d'eau

D'autre part, plusieurs études ont été réalisées en lien avec ces différents projets afin d'assurer une coordination globale entre eux dans le respect des exigences cantonales en matière d'aménagement des eaux :

- « Etude préliminaire pour la détermination des contraintes hydrauliques du ruisseau Tivoli » (ATB SA, 23.04.2012)
- « ECP 28 Rue J.-R. Fiechter, Réfection de la route, Demande de permis de construire, Note hydraulique du ruisseau des Faverges » (ATB SA, 09.04.2013)
- « Carte des dangers naturels d'inondation complémentaire, Situation des dangers naturels d'inondation du ruisseau des Faverges » (ATB SA, 19.03.2014)

Considérant ces différents enjeux, la commune a entrepris l'élaboration d'un plan d'aménagement des eaux.

Bien qu'étant enregistré dans la base de données cantonale du réseau hydrographique, ce cours d'eau n'a pas été traité dans le cadre de l'établissement de la carte des dangers d'inondation. De ce fait une mise à jour de la carte des dangers doit être entreprise dans le cadre du PAE pour que celui-ci puisse être subventionné.

1.2 ENJEUX ET OBJECTIFS

La capacité insuffisante aux différents tronçons provoquent des dommages relativement faibles mais fréquents à plusieurs bâtiments et installations existants, ainsi qu'à des terrains non bâtis en zone à bâtir, et sur la route cantonale. Les risques d'obstruction peuvent également engendrer des dommages dans la nouvelle usine ETA.

Les objectifs peuvent être résumés de la manière suivante :

- Résoudre les problèmes d'inondation
- Remettre à ciel ouvert et revitaliser le cours d'eau hors des voies de communication

Les enjeux consistent à se prémunir des dommages des inondations tout en améliorant la valeur environnementale du ruisseau en reconstituant un lit et des berges plus variées en lui donnant d'avantage d'espace.

1.3 PÉRIMÈTRE DE PROJET

Le périmètre du projet s'étend du quartier Tivoli en amont des voies CFF (résurgence de la source) jusqu'à son embouchure dans la Suze, passant à travers la zone à bâtir et la route cantonale.

La figure ci-dessous illustre le périmètre du PAE.

2. BASES DU PROJET

2.1 ECOMORPHOLOGIE

L'écomorphologie caractérise l'état du cours d'eau par tronçons homogènes selon les critères suivant:

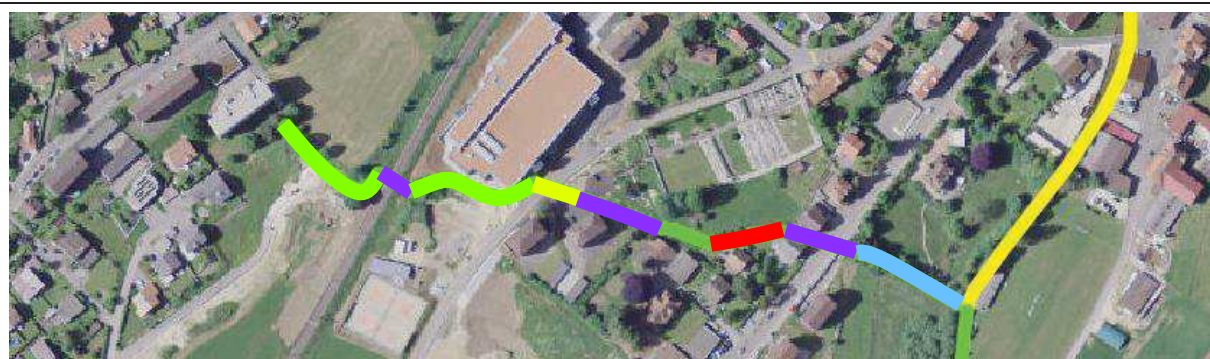
- La largeur du cours d'eau et la variabilité du lit mouillé (correspondant à la hauteur pendant les eaux moyennes);
- L'aménagement du lit et l'enrochement du pied de berge;
- La nature et la largeur des rives;
- Les perturbations de la continuité (seuils, barrages, etc.).

La carte d'écomorphologie du géoportail fait état des Faverges en classe 1, soit peu modifié, ce qui paraît à priori assez surprenant, sachant qu'il est canalisé sur une majorité de son tracé.



Extrait de la carte d'écomorphologie du géoportail du canton de Berne

Selon notre évaluation, les classes écomorphologique du ruisseau à **l'état 2018** seraient les suivantes :

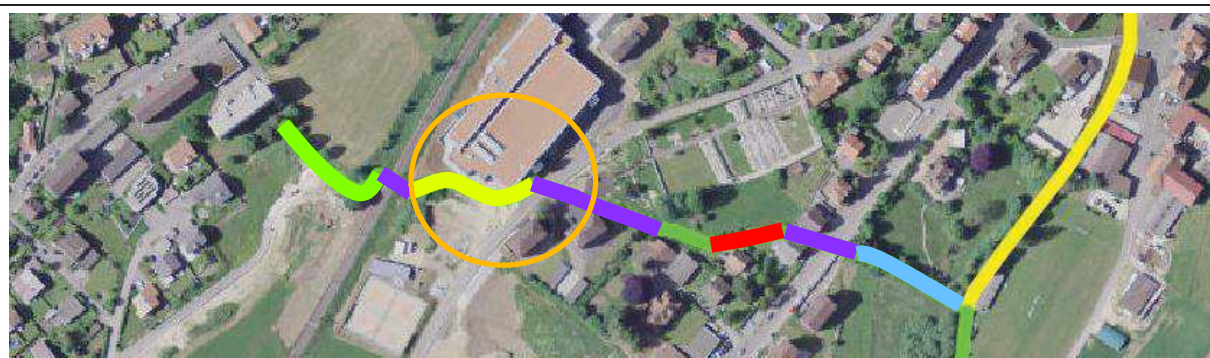


Extrait de la carte d'écomorphologie du géoportail du canton de Berne

A noter qu'un aménagement a été réalisé par le propriétaire dans la partie aval naturelle (bleue) avec la mise en place de 2 étangs voici quelques années. La végétation rivulaire n'est cependant pas typique.



A titre informatif l'image ci-dessous montre la classe écomorphologique avant la réalisation des travaux anticipés liés à l'aménagement de la route Fiechter et de l'usine ETA, soit **l'état 2013** :



Extrait de la carte d'écomorphologie du géoportail du canton de Berne

2.2 CONDUITES

De nombreuses conduites croisent le tracé du ruisseau, notamment le réseau communal d'eaux usées, la Goule et Swisscom dans et autour de la route cantonale et de la route Fiechter. Le ruisseau est lui-même canalisé à plusieurs endroits (voir plan de situation de l'état existant 3291-201).

Des dépotoirs sont en outre connectés au ruisseau depuis les routes. En amont des voies CFF, un bassin de rétention/infiltration/limitation rejette les eaux pluviales du nouveau quartier Tivoli (débit contrôlé).

2.3 BÂTIMENTS EXISTANTS

Plusieurs bâtiments et ouvrages extérieurs entravent l'aménagement du ruisseau, notamment entre les profils 30 à 193.



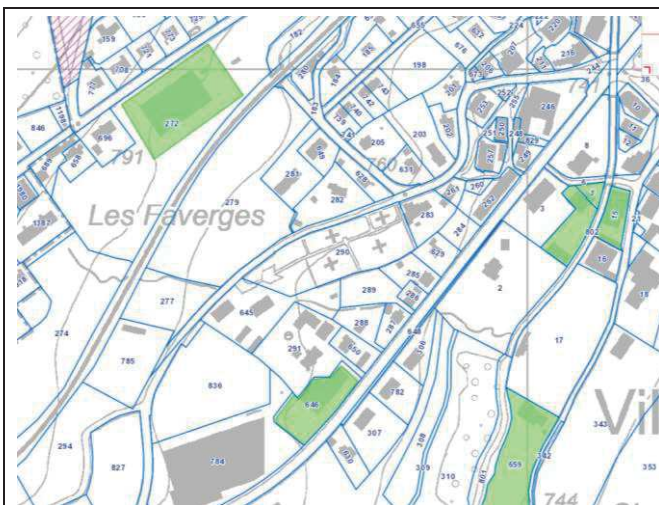
Vue vers l'aval depuis M60



Vue vers l'amont depuis M75

2.4 SITES CONTAMINÉS

Le périmètre du plan d'aménagement ne recoupe aucun site répertorié dans le cadastre des sites contaminés.



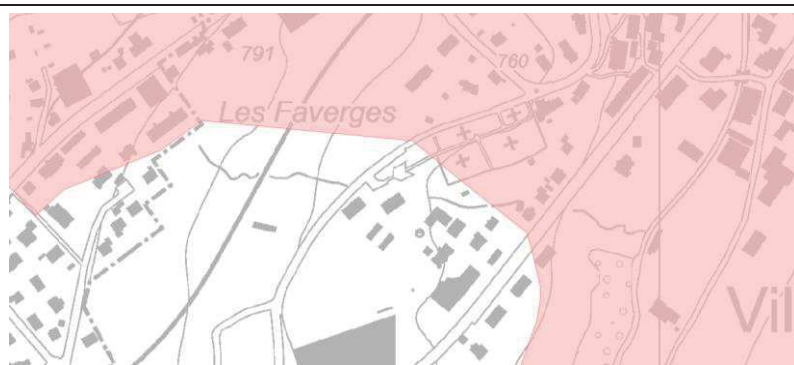
Extrait de la carte des sites pollués du géoportail du canton de Berne

2.5 RECENSEMENT ARCHITECTURAL

Il n'y a pas de bâtiments à l'intérieur du périmètre du plan d'aménagement qui sont recensés comme objets dignes de conservation au recensement architectural.

2.6 ZONES DE PROTECTION DES EAUX

Le périmètre du plan d'aménagement des eaux se situe en partie en zone Au de protection des eaux.



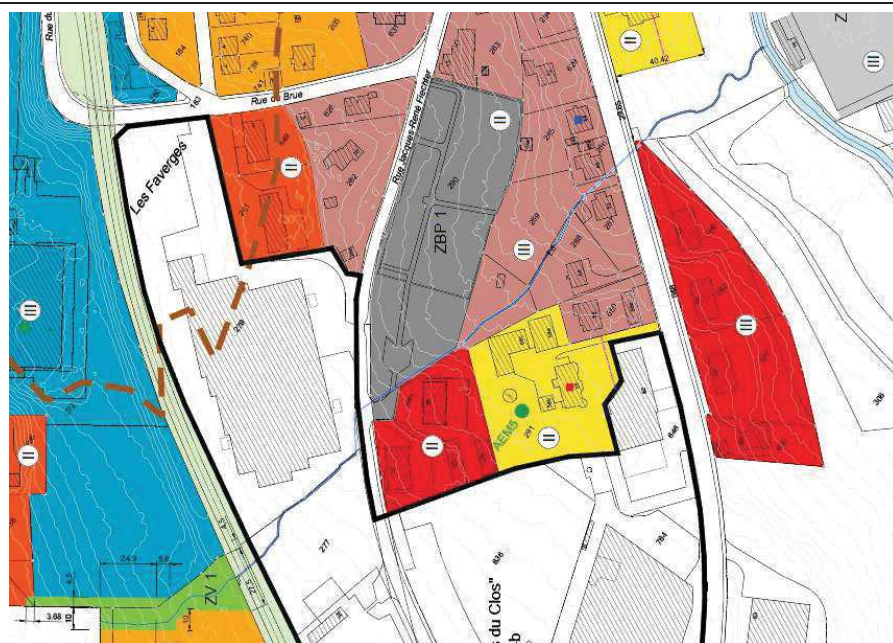
Extrait de la carte de protection des eaux du géoportail du canton de Berne

2.7 CARTES HISTORIQUES

Le ruisseau des Faverges n'apparaît pas sur les cartes historiques à disposition sur le géoportail.

2.8 PLAN DE ZONE

La révision du plan de zones est en cours (2018). Une zone verte sera réservée au cours d'eau en amont des voies CFF tandis que la partie médiane restera en zone centre.



Extrait du plan de zone d'affectation, version 08.08.2017

3. BASES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES

3.1 DEBITS DE CRUE CARACTERISTIQUES

La formation des crues est décrite dans le rapport complémentaire de la carte des dangers (document 3291-RCD). Les chapitres principaux sont repris ci-dessous.

3.1.1 Hydrogéologie

Le bassin versant topographique mesure 1.05 km² et figure dans l'annexe A (doc. 3291-RCD). Dans sa partie haute, il est principalement composé de calcaire (> 1'200 msm). Des études dans la région ont montré qu'environ 60% des eaux pluviales qui tombait sur ce type de roche plissée s'infiltrait dans le massif. Le fond de vallée (à partir des falaises, < 1'200 msm) est quant à lui composé d'une couche molassique relativement étanche surmontée par une couche d'éboulis de pente (graviers calcaires et limons). Cette configuration implique que les écoulements sont répartis dans la couche d'éboulis de sorte que de nombreuses sources ponctuelles peuvent être captées si on creuse dans cette couche, comme cela a été le cas lors des terrassements de l'usine ETA. Il n'y a donc pas de convergence de l'ensemble des eaux recueillies par le bassin versant topographique dans le lit du ruisseau des Faverges, ce qui limite son débit de crue. En l'occurrence, la plupart des résurgences ont dû être captées lors de la construction des zones bâties au Nord de St-Imier et de Villeret. La surface du bassin versant géologique, qui participe effectivement aux débits de crue du ruisseau, est ainsi évaluée à 0.50 km².

3.1.2 Hydrologie

Le ruisseau prend sa source au Nord des voies CFF, à env. 783 msm, et sert vraisemblablement d'exutoire aux eaux propres et parasites de plusieurs zones d'apport actuellement construites, et à d'autres qui le seront prochainement. Soit de l'amont vers l'aval :

- 5-6 parcelles construites au Sud de la rue Tivoli
- Nouveau lotissement Tivoli, dont les eaux claires seront limitées à 34 l/s par un bassin de rétention/infiltration
- Drainages de la voie CFF
- Nouvelle usine ETA (max toléré de 15 l/s, sans compter les apports des drainages))
- Eaux de chaussée de la Rue J.-R. Fiechter et eaux parasites depuis le tennis jusqu'à l'accès Sud de l'usine ETA
- Trop-plein (CH m4) des eaux de chaussée de la route cantonale et des eaux mélangées des bâtiments au Nord de la route depuis l'usine Straumann

L'intensité et la durée de la pluie qui provoque le débit de crue du ruisseau n'est pas la même que celle qui provoque les débits de pointe pour les surface étanches. Ces débits de pointes n'ont donc pas lieu en même temps. Le phénomène lié au débit de crue du ruisseau est déterminant dans ce cas.

3.1.3 Information historique

L'information historique sur les crues est essentielle pour comprendre la génération des forts débits, les processus déclencheurs des hautes eaux et du transport de sédiment, les zones d'inondation, d'érosion et de déposition, et les effets de ces phénomènes. Ces renseignements ont été recueillis auprès du personnel communal ainsi qu'auprès du fontainier, le plus à même de donner des informations pour ce secteur.

Selon ces témoignages, le ruisseau déborde 1x par année vers le mur à l'amont de la parcelle 288 (bâtiment à la rue principale n° 54) ; l'eau s'écoule ensuite vers l'Ouest dans la zone verte avant de retourner à nouveau sur la parcelle 288 en amont du petit bassin existant. Une zone humide est effectivement visible sur ce secteur.

La situation se répète dans la parcelle entre la barrière et le petit bâtiment situé sur le ruisseau

3.1.4 Détermination des débits

Une seule valeur de débit de crue a été choisie pour toute la longueur du cours d'eau. Elle tient compte des raccordements d'eaux claires du réseau de canalisations.

Le rapport complémentaire de la carte des dangers (document 3291-RCD) décrit les méthodes d'évaluation des débits. En résumé, elles sont basées d'une part sur un calage des événements historiques qui permettent de mettre en relation la fréquence des débordements observés avec la capacité des ouvrages, et donc des débits survenus, et d'autre part avec le logiciel Hakesch développé par Confédération.

Les débits de crue caractéristiques figurent ci – dessous. Elles représentent les valeurs les plus hautes pour tenir compte au mieux des apports d'eaux claires et d'éventuels raccordements supplémentaires par des mises en séparatif.

SBV topo	Q30	Q100	Q300
1.05 km2	500 l/s	900 l/s	1'050 l/s

3.2 DEBITS D'ETIAGE

Afin d'écouler les débits d'étiage et le débit Q347 (débit atteint ou dépassé 347 jours par an), il convient d'assurer une hauteur d'eau minimale tout le long de l'année. Celle-ci permettra de limiter le réchauffement des eaux durant la période estivales et permettra à la faune aquatique de bénéficier d'une lame d'eau suffisante. Les précédents calculs et travaux effectués dans les environs ont démontré que pour des cours d'eau de cette taille comportant un bassin versant de nature et de dimensions similaires, le débit d'étiage spécifique vaut 6 l/s*km². Considérant la surface brute du bassin versant de 1.05 km², le débit d'étiage est estimé à $Q_{\text{étiage}} = 1.05 \times 6 = 6.3 \text{ l/s}$.

3.3 TRANSPORT SOLIDE

Le phénomène de transport solide n'est pas jugé déterminant au vu des faibles quantités mobilisables.

4. DIAGNOSTIC DE LA SITUATION EXISTANTE

4.1 ESPACE DE LIBERTE

Un espace minimal doit être respecté de part et d'autre du cours d'eau selon les bases légales suivantes :

- Loi fédérale du 21 juin 1991 sur l'aménagement des cours d'eau (LACE ; RS 721.100)
- Ordonnance du 2 novembre 1994 sur l'aménagement des cours d'eau (OACE ; RS 721.100.1), article 21
- Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux ; RS 814.20), article 36a
- Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux ; RS 814.201), articles 41a, 41b et 41c
- Loi du 14 février 1989 sur l'entretien et sur l'aménagement des eaux (Loi sur l'aménagement des eaux, LAE ; RSB 751.11), article 4a
- Ordonnance du 15 novembre 1989 sur l'aménagement des eaux (OAE ; RSB 751.111.1), annexe I.

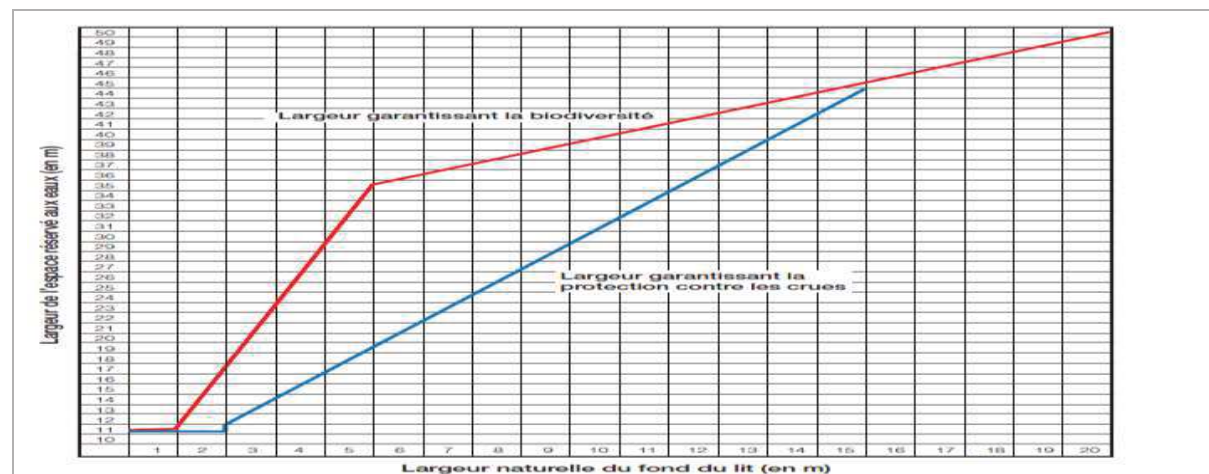
L'espace à respecter permet :

- d'assurer la protection contre les crues et la préservation des fonctions écologiques ;
- de tenir compte de ces besoins d'espace dans les plans directeurs et dans les plans d'affectation ainsi que dans d'autres activités ayant des effets sur l'aménagement du territoire.

Ces dispositions requièrent :

- un profil suffisant pour absorber les débits de crue, le charriage, le drainage des surfaces cultivées et habitées ;
- un espace pour assurer la diversité structurelle des milieux aquatiques, amphibiens et terrestres ;
- assez de place pour le développement d'espèces typiques et la constitution d'une trame d'habitats naturels ;
- un site suffisamment attractif pour que la population vienne s'y délasser et puisse intégrer ce paysage dans son environnement culturel ;
- suffisamment de distance entre cours d'eau et limite du sol exploité pour éviter que l'eau ne soit polluée.

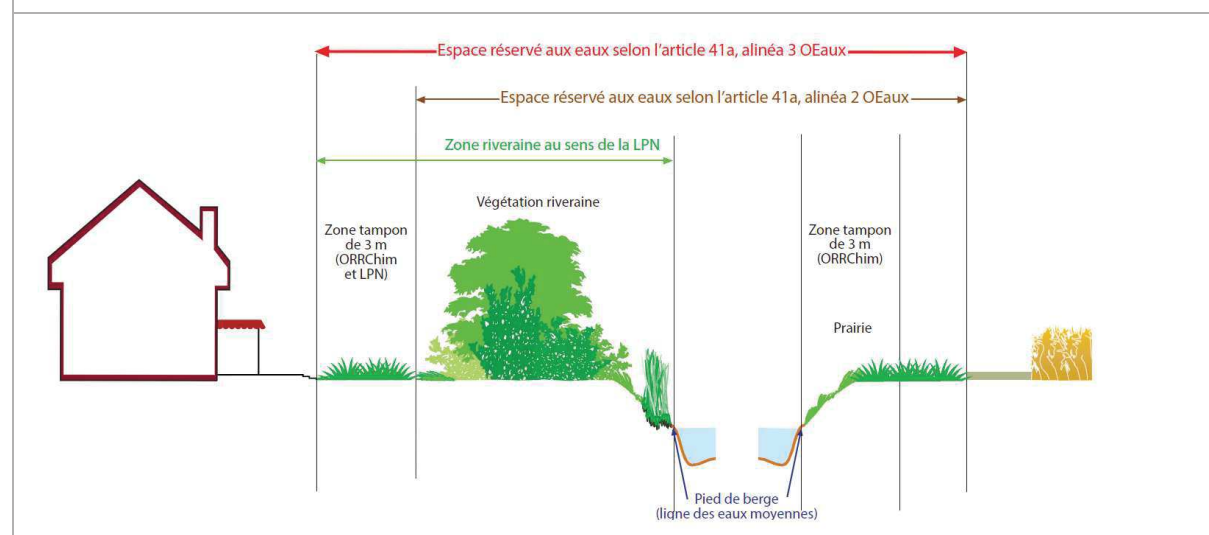
Les trois figures ci-dessous illustrent les exigences en la matière :



Courbes des largeurs garantissant la protection contre les crues et la biodiversité selon la LEaux

Largeur naturelle du fond du lit (LnFL)	Largeur de l'espace réservé aux eaux	
Jusqu'à 2 m	11 m	
2 m à 15 m	$2,5 \times \text{LnFL} + 7 \text{ m}$	
Plus de 15 m (grands cours d'eau)	LeFL + 30 m 45 m au minimum	

Extrait du guide pratique Espace réservé aux eaux, Planification stratégique 2011 à 2014 selon la loi et l'ordonnance sur la protection des eaux, OACOT+OPC, 2015, révisée le 15.07.2017 de la loi sur la protection des eaux. Largeur garantissant la protection contre les crues.



Extrait du guide pratique Espace réservé aux eaux, Planification stratégique 2011 à 2014 selon la loi et l'ordonnance sur la protection des eaux, OACOT+OPC, 2015, révisée le 15.07.2017

Le calcul de l'espace réservé du ruisseau des Faverges repose sur le guide pratique Espace réservé aux eaux établi par l'OACOT et l'OPC (révisé le 15.07.2017).

L'état des Faverges dans le périmètre du PAE doit être qualifié de fortement modifié, voire totalement aménagé. On obtient ainsi la largeur du lit déterminante en multipliant la largeur du lit mesuré par 2. Pour une largeur mesurée moyenne de 0.5m (en majeure partie sous couverture), la largeur déterminante est donc de 1.0m. En se reportant à la largeur de la zone riveraine protégée « garantissant la protection contre les crues et la prévention des fonctions écologiques, » et selon la figure 9 du guide, on obtient un **espace réservé aux eaux de 11m**.

4.2 PROTECTION CONTRE LES CRUES

La protection contre les crues a été évaluée dans le cadre d'un complément de la carte des dangers, qui se trouve dans le dossier du PAE (« Carte des dangers naturels d'inondation complémentaire, Situation des dangers naturels d'inondation du ruisseau des Faverges », ATB SA, 19.03.2014). Ces documents font partie intégrante du projet de plan d'aménagement du ruisseau des Faverges.

4.2.1 Scénarios

Les scénarios d'inondation sont définis par rapport aux débits d'écoulement en surface et par rapport aux phénomènes de sous-capacité et d'obstruction. Les scénarios servent de base à la modélisation hydraulique. Celle-ci a été réalisée avec le logiciel Flo 2D et PCSWMM et a permis d'évaluer l'étendue maximale des inondations. Elle reflète le cas le défavorable, comme de la présence d'obstacles éventuels, et ne tient pas compte de la présence de grilles de route.

Les obstructions du gabarit des voûtages et des seuils sont simulées en admettant qu'un pourcentage du gabarit est obstrué, dans le cas où la revanche n'est pas respectée ou qu'aucun piège à débris flottants/gravier ne soit effectif. Le pourcentage est une valeur fictive qui représente l'effet de l'obstruction physique probable. Un embâcle obstrue l'écoulement par le volume d'obstruction mais aussi par l'augmentation de turbulence autour de l'embâcle. Un seuil retient souvent des branches. Le pourcentage d'obstruction pour un seuil indique le pourcentage bloqué en largeur.

4.2.2 Cartes des intensités d'inondation et des dangers

L'établissement des cartes d'intensité est décrit dans le rapport complémentaire de la carte des dangers (document 3291-RCD et plans 3291-2, 3, 4).

4.2.3 Cadastre des événements

Selon les témoignages, le ruisseau déborde 1x par année vers le mur à l'amont de la parcelle 288 (bâtiment à la rue principale n° 54) ; l'eau s'écoule ensuite vers l'Ouest dans la zone verte avant de retourner à nouveau sur la parcelle 288 en amont du petit bassin existant. Une zone humide est effectivement visible sur ce secteur.

La situation se répète dans la parcelle entre la barrière et le petit bâtiment situé sur le ruisseau

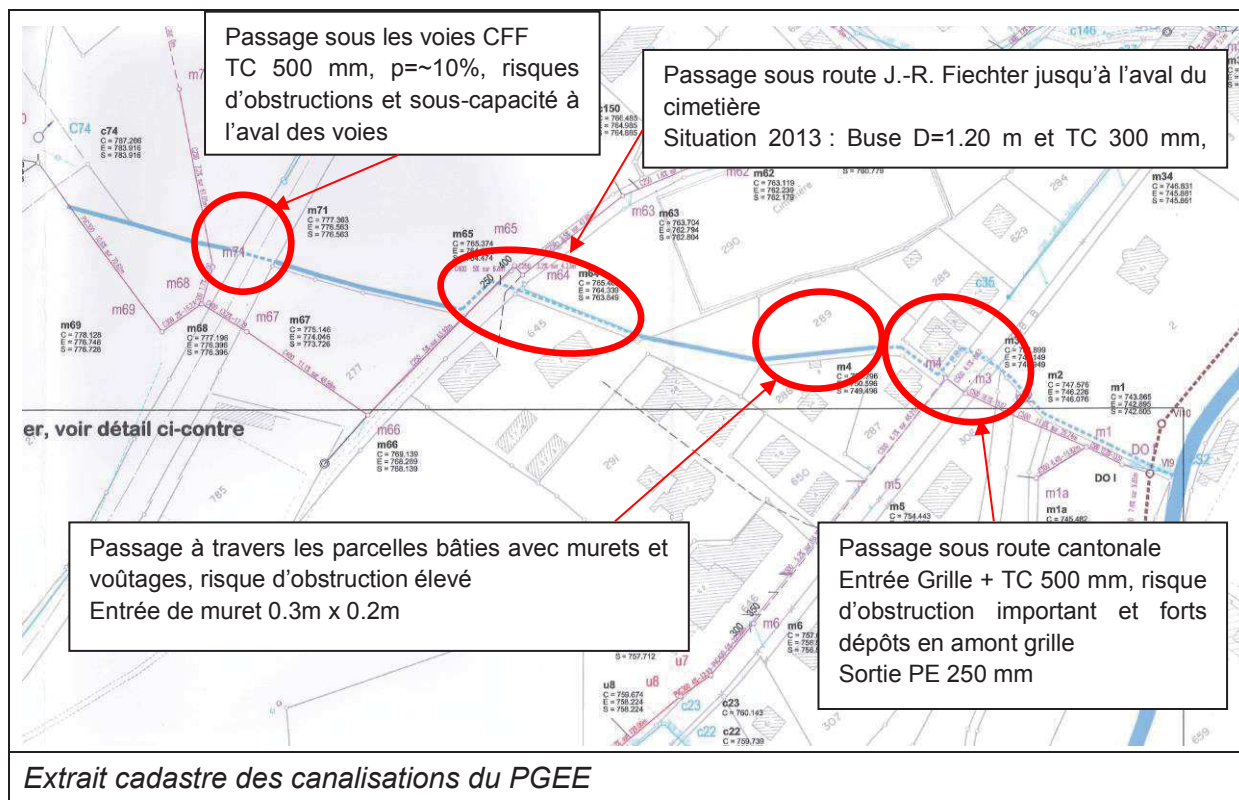
Le ruisseau déborde également une fois chaque deux à trois ans au bord de la parcelle 287 avant sa mise sous tuyau (à cause notamment du manque d'entretien de la grille avant le

tuyau Ø500). Les écoulements passent entre les deux bâtiments et finissent sur la route cantonale.

Enfin, des débordements ont été recensés juste à l'aval des voies CFF où les berges ont une hauteur insuffisante. Les eaux s'écoulent ensuite dans la zone verte avant de rejoindre la route Fiechter.

4.2.4 Modélisation hydraulique

Le ruisseau présente plusieurs points faibles en termes de capacité et d'obstruction :



La situation ci-dessus tient compte des projets et des travaux réalisés de la route J.-R. Fiechter et de l'usine ETA.

Les capacités de ces différents ouvrages sont résumées ci-dessous et figurent sur la carte des phénomènes :

Désignation	Caractéristiques	Capacité [l/s]
Passage sous voies CFF	TC 500, $p \sim 10\%$, sans mise en charge	900-1'000
	TC 500, $p \sim 10\%$, avec mise en charge	800-1'000
Passage sous route J.-R. Fiechter, état 2018	Capacité buse D=1.2 m	1'000+0.5m (revanche)
	Capacité TC 300, $p \sim 10\%$	280
Muret à l'entrée des parcelles bâties	B=0.3m, h=0.15-0.2m, écoulement. surface libre	70-100

	B=0.3m, h=0.15-0.2m, orifice noyé contracté	50
Passage sous route cantonale	Entrée grille, orifice noyé contracté, SWMM	250-320
	Canalisation sous route, DN 300 mm, en charge	270-350

Le seul apport de bois flottant peut provenir du cordon boisé de 20 m en aval des voies CFF. Il est composé de végétation buissonnante à arbustive, le diamètre des troncs et des branches est faible. Ils peuvent obstruer la chambre à côté du cimetière d'où part le TC 300.

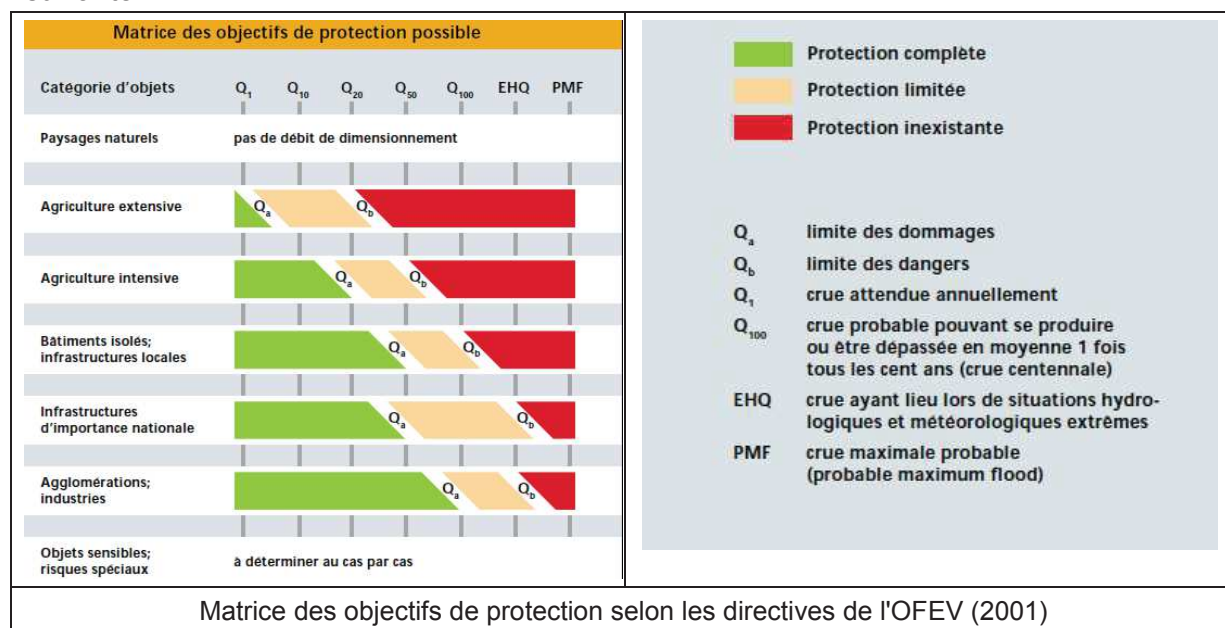
Des dépôts de matériaux charriés ont été constatés devant la grille avant la canalisation sous la route cantonale.

4.3 OBJECTIFS DE PROTECTION

La démarche pour définir les objectifs de protection consiste à différencier les buts de protection en fonction de l'utilisation des sols, respectivement des objets en présence. Une matrice des objectifs de protection échelonnés en fonction de la catégorie d'objet a été élaborée pour la première fois dans le canton d'Uri suite aux événements de 1987. Ce modèle a depuis été appliqué dans d'autres régions où il a fait ses preuves, et il est préconisé par les directives de l'OFEG (2001) dont voici un extrait :

« Les efforts de protection contre les crues se concentrent sur la réduction des dommages et la prévention des dangers. Le degré de protection sera plus élevé pour les objets de grande valeur. Selon ce principe, l'objectif de protection sera gradué en fonction des valeurs à protéger, ceci en tenant compte des processus.

Le degré de protection de chaque catégorie d'objet peut ainsi être délimité grâce à la matrice suivante :



Le cours d'eau traverse la zone à bâtir, passe à proximité du cimetière et d'une usine ETA avant de passer sous la route cantonale. Le type de protection correspond ainsi à la

catégorie « agglomération et industrie ». Les directives de l'OFEV (2001) préconisent donc un niveau de protection limite des dommages Q100 et de protection limite des dangers EHQ.

En amont des voies CFF, l'objectif de protection peut être réduit à un niveau de protection limite des dommages Q1 (agriculture extensive), pour autant que les voies CFF ne soient pas affectées.

4.4 DEFICIT DE PROTECTION

Le déficit de protection a été identifié par l'établissement de la carte des dangers et par la modélisation hydraulique mentionnée au point 4.2.4.

4.5 DEFICITS ENVIRONNEMENTAUX

Dans son tracé en amont des voies CFF, le ruisseau des Faverges est rectiligne et a un aspect naturel, bien que la végétation ne soit pas développée. L'aménagement du quartier de Tivoli a été implanté de manière à respecter l'espace cours d'eau nécessaire, même si cela nécessite un léger réaménagement du ruisseau, dans le respect de la zone verte projetée dans le plan d'affectation.



Amont voies CFF



Aux abords de l'usine ETA

Les travaux réalisés en 2015-16 autour de l'usine ETA et de la route Fiechter ont pu redonner un aspect naturel et une espace suffisant au cours d'eau, bien que la forte pente ait nécessité l'aménagement de blocs et de fascines dans le fond de berge.

Entre la route Fiechter et la route cantonale le ruisseau est en partie sous tuyau et en partie à ciel ouvert. Il passe dans une propriété où les berges et le lit sont en partie bétonnés et jonchés de seuils, d'un bassin et d'une maisonnette.



Entre route Fiechter et RC



Entre route Fiechter et RC

L'espace riverain n'est pas respecté sur ce tronçon, tout comme son tracé sous la route cantonale.

Plusieurs restrictions limitent les objectifs de développement du cours d'eau : la forte pente, les nombreuses voies de communications à traverser, sa position en milieu bâti (zone centre), et les conduites enterrées à croiser.

Du point de vue de la connectivité longitudinale, la différence de niveau (>4.0m) entre la partie aval et l'amont de la route cantonale empêche toute remontée de la faune piscicole et de la petite faune vertébrée et invertébrée.

5. PROJET D'AMÉNAGEMENT

5.1 PRINCIPES D'AMÉNAGEMENT DE PROTECTION CONTRE LES CRUES

Les principes d'aménagement proposés sont les suivants :

- ① Remise à ciel ouvert, déplacement du tracé et agrandissement du gabarit du cours d'eau pour l'évacuation de HQ100+revanche dans la partie entre la route Fiechter et la route cantonale
- ② Augmentation du gabarit sous la route cantonale pour l'évacuation de HQ100+revanche et gestion du cas de surcharge à l'entrée
- ③ Réaménagement du lit dans la zone verte en amont des voies CFF et gestion des cas de surcharge à l'amont par l'aménagement de pièges à débris flottants
- ④ Modelé de terrain juste à l'aval des voies CFF
- ⑤ Elimination des zones bleues et jaunes des dangers dans la zone à bâtir

5.2 PRINCIPES DE REVITALISATION

L'espace disponible étant limité, il n'est pas possible de planifier un méandrage prononcé du ruisseau. Les principes sont donc les suivants :

- ① Augmentation de la biodiversité par une remise à ciel ouvert et par la mise en place de végétation adaptée et de techniques végétales
- ② Favoriser une variabilité élevée de la largeur du lit ainsi que de sa profondeur par l'aménagement de terrasses.

5.3 DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS

5.3.1 Réaménagement du lit en amont des voies CFF

Le ruisseau prend sa source au milieu des champs, sous la limite communale de Saint-Imier. Il a été en partie dévié provisoirement pour la viabilisation du PQ Tivoli, il est donc nécessaire de réaménager un nouveau lit naturel sur certains tronçons.



Amont des voies CFF, vue vers le Nord



Passage sous les voies CFF

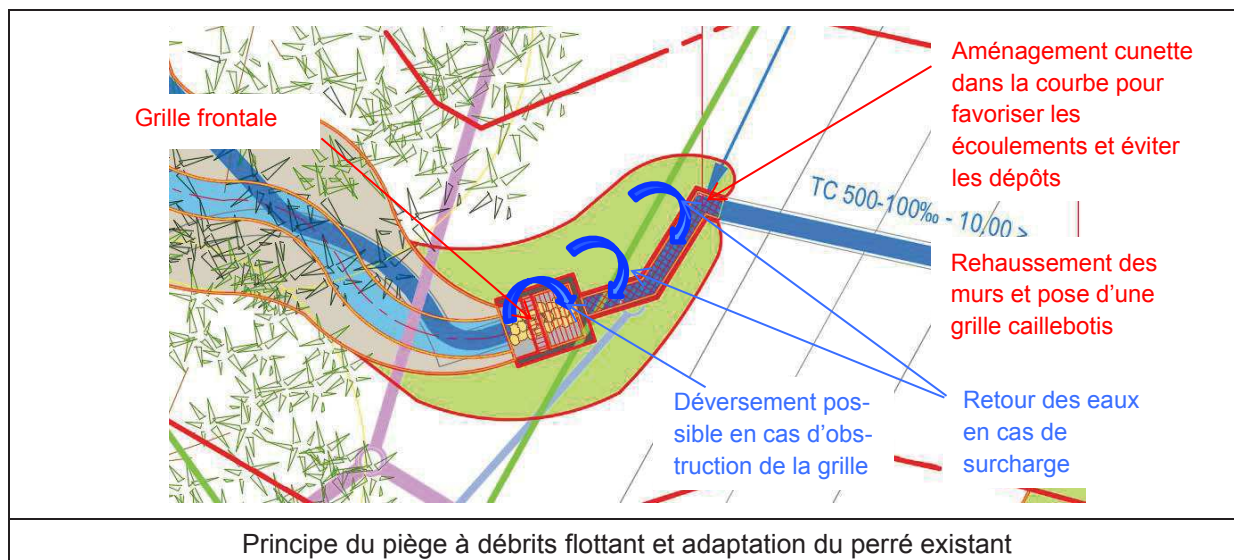
La zone verte prévue dans la révision du plan de zones permet le respect de l'espace réservé aux eaux fixé à 11.0 m. Il est prévu de réaménager un lit naturel d'une largeur variable de 1m et une profondeur de 0.2m avec un talutage des berges de max 1:3. Considérant les objectifs de protection par rapport à l'utilisation des terrains adjacents et la différence de hauteur entre la viabilisation des futures parcelles avec le lit du cours d'eau (voir photo ci-dessus), la capacité du lit n'est pas déterminante sur ce tronçon et un aménagement light peut être envisagé.

La pente longitudinale de ce tronçon varie entre 10 et 12%. Le lit existant sera préservé autant que possible tandis que le nouveau lit sera terrassé de manière brute en profilant des chutes et en laissant le ruisseau se creuser naturellement, selon le principe ci-dessous.

	
Exemple ruisseau pendant les travaux	Exemple ruisseau après 2 ans

Des plantations, de type arbustif, viendront agrémenter les rives et leurs racines permettront à terme de contenir le ruisseau dans la zone verte.

Un ouvrage en béton armé sera également aménagé pour gérer les cas de surcharge et les obstructions provoqués par les corps flottants. Cet ouvrage est d'autant plus nécessaire que le secteur est encore voué à se développer. Il sera composé d'une grille frontale et d'une grille horizontal (espacement entre les barreaux de 12 cm). Le perré existant sera maintenu et rehaussé de 25 cm pour augmenter la capacité et y apposer une grille caillebotis. Le maintien du tracé sur ce tronçon évite une pente trop prononcé du ruisseau. Ceci permet également le maintien de l'ouvrage CFF et donc une remise à niveau de toute la traversée des voies.



Selon les indications de l'OPC, les travaux de réaménagement du lit ne seront pas subventionnés car le ruisseau a été canalisé dans le cadre des travaux de viabilisation de Tivoli, qui avaient une emprise sur son tracé. En revanche, l'ouvrage en béton de retenue des corps flottants, non concerné par le développement du quartier Tivoli, et permettant d'éviter des obstructions, le sera.

5.3.2 Modelé de terrain à l'aval des voies CFF

Le gabarit du lit et la faible pente à l'aval des voies CFF présentent un déficit de capacité et des débordements ont déjà été observés. Dès-lors il est prévu d'aménager un modelé de terrain à la limite de l'espace réservé aux eaux. Ceci permettra de conserver le lit et la végétation actuels, car ils sont formés de milieux dignes de protection.

Le modelé sera composé des matériaux excavés et de la terre végétale de la partie aval, avec des pentes faibles entre 1:2 et 1:3 pour en assurer un entretien aisé. La largeur du lit majeur maintenu à 5m évitera d'engendrer un rétrécissement de la largeur d'écoulement qui pourrait avoir un impact sur le tuyau sous les voies CFF.

5.3.3 Passage de la route Fiechter

Le passage de la route Fiechter a été réalisé par l'aménagement d'une buse métallique Sytec T100 série K type 3 (Ø1.20m, ép. 2.5mm), avec un lit naturel, dans le cadre de la réfection de la route Fiechter en 2014. Le rapport ATB du 09.04.2013 « ECP 28 Rue J.-R. Fiechter, Réfection de la route, Demande de permis de construire, Note hydraulique du ruisseau des Faverges », réalisé dans le cadre de la demande de permis de construire et anticipant le PAE, a permis d'évaluer les débits de crues caractéristiques et de dimensionner la buse pour l'écoulement d'un débit de crue Q100+revanche, selon les exigences en vigueur.

Ces travaux peuvent donc être considérés comme une réalisation anticipée du PAE et peuvent donc à ce titre être subventionnés rétroactivement.

5.3.4 Remise à ciel ouvert entre la route Fiechter et la route cantonale

Le projet prévoit la remise à ciel ouvert du ruisseau avec un gabarit permettant l'écoulement d'un débit de crue Q100+revanche CIPC. A ce stade du projet, une natte étanche est prévue sur tout le linéaire. Si durant les travaux d'excavation il s'avère que le sol est peu perméable, la natte pourra être abandonnée.

Le tracé devra être déplacé afin d'avoir la place permettant de garantir le gabarit nécessaire. Les éléments bâtis (bassins et murs bétonnés, bâtiment), où passent actuellement le ruisseau, ne permettent en effet pas de disposer d'un espace adapté pour le développement du cours d'eau. Ceci impliquerait en outre des coûts de démolition disproportionnés.

La parcelle utilisée pour la remise à ciel ouvert étant en zone centre, le tracé est maintenu en bordure de parcelle pour en limiter l'emprise ainsi que l'impact sur les distances minimales à respecter (pour d'éventuels projets ultérieurs). Ceci permet également de minimiser les pentes longitudinales.

Le ruisseau passe sous le chemin d'accès au cimetière, l'aménagement d'une buse T100 série M2 est donc nécessaire pour respecter la revanche CIPC. Ceci conditionne également la profondeur du lit par rapport au terrain naturel. Après vérification, le revêtement de ce chemin est bien antérieur aux travaux de réfection de la route Fiechter (voir ci-dessous l'orthophoto de 2011).



Orthophoto 2011, avant travaux route Fiechter

Entre les profils 100 à 175, le lit sera composé de matériaux de piège à gravier renforcés avec des blocs de 30 à 40 cm de diamètre pour assurer la stabilité du lit. Une terrasse disposée à +10 cm sera profilée avec les matériaux les plus grossiers. La largeur du lit mineur sera variable mais de 80 cm minimum.

Les berges (pentes entre 1:3 et 1:2) seront profilées avec le terrain brut et ensemencées avec un herbacé adapté et une natte coco. Un noircissement sporadique de terre végétale sera appliqué sur les berges et des plantations arbustives viendront compléter l'aménagement. Quelques blocs d'enrochement, fascines mortes et souches seront enfin disposées dans les extérieurs de courbe.

Une partie des excédents des matériaux, en particulier la terre végétale, sera disposée de part et d'autre des berges pour compléter la hauteur de berge ainsi que pour valoriser la terre végétale sur place et éviter des transports.

Entre les profils 100 à 175 toujours, des chutes de 30 cm seront nécessaires pour modérer la pente longitudinale à respectivement 3.0%, 6.2% et 5.0%, limitant ainsi les aménagements pour stabiliser le fond du lit. Le principe d'aménagement des chutes est représenté sur le plan des profils type (3291-205).

Entre les profils 80 et 100 la pente du terrain naturel est de plus de 10%. Des chutes de 30 cm, plus rapprochées, soit tous les 5 m, seront nécessaires pour assurer une pente du lit aménagé de 5%. Entre les profils 70 à 80, une succession de 6 chutes de 25 cm sur 5 m est nécessaire pour abaisser le lit au niveau de l'entrée du tuyau (-1.5m par rapport au terrain naturel).

Entre les profils 62 et 75 la pente résultante reste de 10.5%, ce qui implique le pavage d'une bonne partie du lit. L'écoulement principal sera maintenu dans le lit mineur afin d'assurer une fluidité et une vitesse la plus constante possible avant le voûtage et éviter ainsi les dépôts. Un élargissement avec terrasse à +20 cm sera également réalisé sur ce tronçon en rive droite. L'entrée du tuyau Ø700 cm sera protégé par une grille, tant pour éviter les embâcles que pour empêcher l'accès aux enfants du quartier.

En cas de mise en charge par des obstructions accumulées contre la grille, l'élargissement permettra de créer un volume de rétention d'environ 15 m³ et permettra au plan d'eau de se déverser par-dessus la grille. Le profilage du terrain à la limite de la parcelle 289 donnera la possibilité d'augmenter encore cette rétention. Si cette hauteur est dépassée, les eaux pourront rejoindre la grille placée au profil 60, au début de l'accès menant à la route cantonale, qui sera raccordé au ruisseau à l'aval de la grille.

5.3.4.1 Demandes propriétaire parcelle 288

Lors de la présentation/consultation du projet, la propriétaire de la parcelle 288 aurait souhaité conserver une partie du débit d'étiage dans le cours actuel pour mettre en valeur les aménagements qu'elle avait réalisés (bassins, etc.). Cependant, comme avancé en séance et après consultation de l'inspection de la pêche, ceci ne pourra être réalisé car cela impliquerait un prélèvement qui impacterait l'écosystème du nouveau ruisseau. En outre, ceci nécessiterait une autorisation d'utilisation de l'eau (office directrice : OED). Vu que le débit est petit ($Q_{347} < 60$ l/s), la Loi fédérale sur la protection des eaux ne permettra pas une autorisation. Même les dérogations (Art. 32 LPE) ne seraient pas favorables dans le cas présent, le ruisseau n'ayant pas assez d'eau pour alimenter deux tracés.

Dans une lettre recommandée envoyée à la commune, la propriétaire demande ce qu'il adviendra des aménagements existants. Les matériaux d'excavation étant excédentaires, ils pourront être utilisés pour reboucher et aplanir les ouvrages en béton et l'ancien lit. Il n'est cependant pas prévu de les démolir.

Une arrivée d'eau latérale a été mentionnée par la propriétaire dans le bassin situé dans la partie basse de la parcelle. Si cette arrivée peut être captée sur le nouveau tracé, il sera raccordé dans le nouveau lit. Si ceci n'est pas possible, le bassin sera maintenu ou canalisé et rebouché, en accord avec la propriétaire.

5.3.5 Passage de la route cantonale

5.3.5.1 Etude de variantes

Plusieurs variantes ont été étudiées pour le passage sous la route cantonale :

- Aménagement d'une buse métallique

Le tracé étudié permet de passer par l'accès aux immeubles situés au Sud de la route et évite ainsi le passage sous le 2^{ème} mur de soutènement. Sa longueur est de 47m. Une buse circulaire d'1.0 m de diamètre est nécessaire. La gamme T70 n'est pas assez résistante => gamme T100 choisie, gabarit min. buse aplatie T100: 1.20x0.97, trop grand => buse circulaire. Le montant des travaux pour la buse est estimé à 275'000 CHF brut.

Avantages :

- Permet la mise en place d'un lit naturel et d'une berme, bien que les pentes longitudinales importantes (jusqu'à 30%) implique le bétonnage du fond du lit naturel
- Mise en place relativement rapide, temps d'ouverture de la route limité
- Coûts moindre que le canal en béton

Contraintes techniques, inconvénients :

- Mise en place de feux sur la route cantonale nécessaire
- L'accès aux bâtiments au Sud de la Rue principale ne pourra pas être maintenu pour les véhicules pendant une partie des travaux
- Soutènement des talus de la fouille délicat compte tenu du tracé en biais et d'une pose par étapes pour la mise en place du lit naturel
- Risques de croiser et de devoir déplacer les conduites de service (Swisscom, La Goule, etc.)
- Terrassement profond autour et sous du mur de soutènement existant, reprise en sous-œuvre nécessaire

- Canal en béton armé

Le tracé choisi permet de passer par l'accès aux immeubles situés au Sud de la route et évite ainsi le passage sous le 2ème mur de soutènement, sa longueur est de 47m. Un canal en béton armé avec un gabarit intérieur de 0.60x0.60m avec des dalles de transition est prévu. Le montant des travaux pour le canal est estimé à 345'000 CHF brut.

Avantages :

- Permet la mise en place d'un lit naturel et d'une berme, bien que les pentes longitudinales importantes (jusqu'à 30%) implique le bétonnage du fond du lit naturel.
- Flexibilité sur le tracé.
- Réalisation par petites étapes possible en fonction des contraintes.

Contraintes techniques, inconvénients :

- Mise en place de feux sur la route cantonale nécessaire. Perturbation du trafic importante et longue, notamment à cause du temps de séchage de l'étanchéité sur la dalle (3 semaines par étapes)
 - L'accès aux bâtiments au Sud de la Rue principale ne pourra pas être maintenu pour les véhicules pendant une partie des travaux.
 - Soutènement des talus de la fouille délicat compte tenu du tracé en biais.
 - Risques de croiser et de devoir déplacer les conduites de service.
 - Terrassement profond autour et sous du mur de soutènement existant, reprise en sous-œuvre nécessaire.
- Pousse-tube vériné :

Le pousse-tube permet un tracé direct (en vert sur la situation) et permet de passer à une plus grande profondeur sous la route cantonale, sa longueur est de 30m et est composé d'un pousse-tube vériné avec gaine en acier Ø800 mm. Le devis estimatif pour le pousse-tube a été demandé à l'entreprise Zmoos (sans GC). Le montant des travaux pour le pousse-tube avait estimé à 180'000 CHF brut.

Avantages :

- Permet la réalisation de la réfection de la route cantonale et des conduites indépendamment du ruisseau.
- Evite de toucher les conduites de services et d'eau potable.
- Pas ou peu de nuisances sonores, pas ou peu de vibrations.
- Pas de déstabilisation des murs de soutènement existants.

Contraintes techniques, inconvénients :

- Ne permet pas la mise en place d'une berme et d'un lit naturel.
- Installation conséquente sur la parcelle aval, beaucoup de manutention, notamment camion-grue pour descendre les éléments du pousse-tube.
- Gabarit important pour l'accès des machines de poussée : piste de chantier par bâtiment Sud-Est.

De plus, l'OPC IIIar. (section routes cantonales) prévoit la réfection de la couche de roulement de la route cantonale au mois d'août 2018. La commune a par ailleurs (février 2018) déposé un permis pour l'assainissement des conduites souterraines (eaux usées, eau potable, etc.) dans le même temps.

Or, la variante buse (avec une profondeur limitée à 2.0m afin d'éviter une fouille de plus de 3.0 m de profondeurs et une fermeture totale de la route cantonale), qui entrerait en conflit avec tous les réseaux souterrains sous la route (mauvaises expériences récentes avec Swisscom), et les travaux de mise en place ne pourraient pas être anticipés pour le mois d'août 2018. La route cantonale devrait donc être rouverte en 2019.

Considérant ces différentes contraintes et les différences de coûts, les 3 services consultés précocement (OPC IIIème arr., l'inspection de la pêche et la protection de la nature) ont accepté la variante pousse-tube, ce qui impliquait l'abandon d'un lit naturel et d'une berme dans le tuyau.

5.3.5.2 Description pousse-tube

L'aménagement du tuyau DN 700 sera réalisé à l'aide d'un pousse-tube vériné composé d'une gaine métallique DN800 dans laquelle sera tiré le tuyau. Compte-tenu des dimensions de la cellule de poussée, celle-ci devra être mise en place en contre-bas de la route cantonale, la place à disposition entre les bâtiments des parcelles 286 et 287 (entre les profils M50 et M65) n'étant pas suffisante.



Exemple cellule de poussée pour pousse-tube vériné

La force de poussée étant importante, des butées en béton seront construites provisoirement (puis démolies) dans le terrain en contre-bas de la route cantonale. L'accès à cet emplacement étant trop étroit, les éléments du pousse-tubes seront disposé à l'aide d'un camion-grue depuis la route cantonale. Le terrain naturel, qui sera fortement impacté par la place d'installation de chantier, tel que mentionné lors de la séance de présentation, sera intégralement remis en état.

5.3.6 Aval de la route cantonale

Ce tronçon à ciel ouvert est proche de l'état naturel ; il a fait l'objet de mesures de revitalisation par le propriétaire de la parcelle il y a quelques années. Les 2 étangs et la structure du lit apportent une plus-value à préserver. Or ces aménagements ne sont pas à même d'évacuer la totalité des débits de crue de projet, jusqu'à maintenant limité par les sous-capacités amont (max 350 l/s). Lors de l'information/participation, et ensuite par le biais d'une lettre recommandée, le propriétaire de la parcelle a insisté sur la préservation de ses aménagements.



Ruisseau à l'aval de la route cantonale



Étangs situés vers l'aval, vers la Suze

Afin de sauvegarder les aménagements réalisés, il est donc prévu de limiter l'écoulement dans le lit d'étiage à 400 l/s. Le surplus s'écoulera hors de la chambre de répartition en direction du cordon boisé. Ceci permettra :

- D'assurer la stabilité des aménagements naturels réalisés ces dernières années
- De garantir une fluctuation des débits suffisante pour assurer une diversité
- De garantir le transit de matériaux dans le lit mineur principal jusqu'à la Suze

La répartition des débits sera réalisée par la chambre de répartition située au sud du profil M12.30 (~10m de la chambre existante). Son emplacement est imposé par le pousse-tube, qui doit avoir un tracé droit et direct entre les bâtiments pour permettre l'évacuation du pousse-tube dans le prolongement de la fouille. Un déversoir latéral sera aménagé à l'intérieur pour diriger les écoulements vers le cordon boisé et le pâturage en cas de crue. La grille installée au profil M62 empêchera les embâcles dans la chambre. Le déversoir permettra en outre d'éviter une mise en charge trop importante de la chambre.

Le raccordement de la chambre jusqu'au lit existant sera réalisé par une remise à ciel ouvert de 16m. Le lit situé directement à l'exutoire de la chambre sera renforcé par des blocs et un contre-seuil pour éviter un affouillement trop important lors des crues.

Les accès ont été négociés avec le propriétaire lors d'une séance sur place le 11.04.2018.

Le terrain à l'aval du déversoir sera profilé et renforcé de manière à répartir au mieux les écoulements dans le pâturage et le cordon boisé.

5.3.6.1 Rejets EP route cantonale

Le PAE des Faverges a été coordonné avec le projet de réfection de la route cantonale, qui prévoit le rejet d'une partie des eaux pluviales de la route dans le ruisseau. Deux dépotoirs de la route cantonale y sont par ailleurs déjà raccordés (voir plan 3291-201, situation existante)

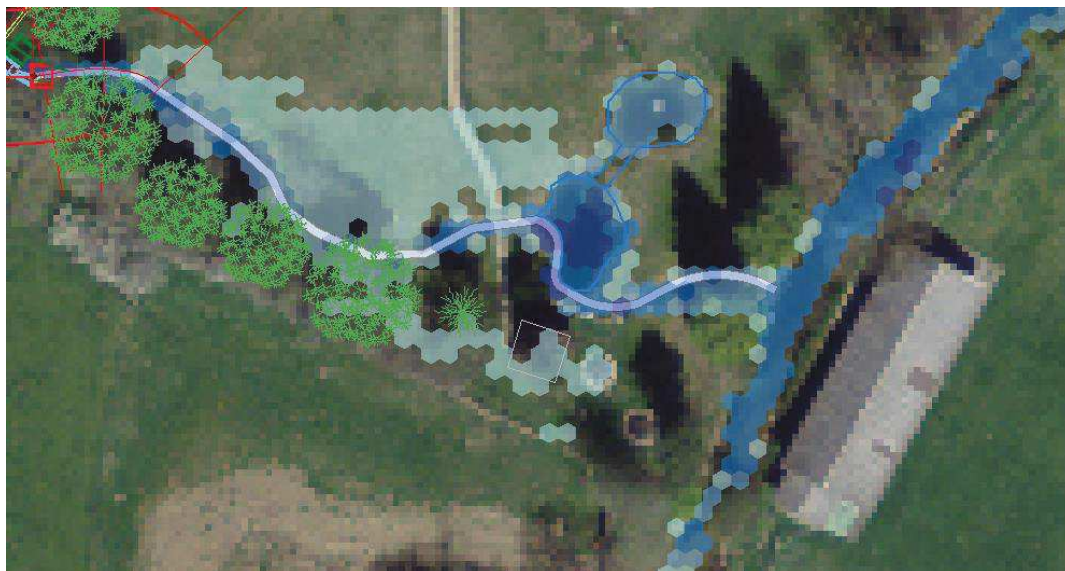
Les conduites du tracé actuel, dans lequel le ruisseau passe, seront maintenues car plusieurs collecteurs connus ou inconnus y sont raccordés, en plus des 2 dépotoirs. L'impact des rejets a été vérifié selon la directive VSA sur l'«Evacuation des eaux pluviales». Considérant le débit Q347 de 6.3 l/s et les facteurs de fT et FI de respectivement 0.5 et 1.0, le débit Q1 (135 l/s*hard) qu'il est possible de rejeter dans le ruisseau est 28 l/s pour garantir un rapport de 0.11 (sans mesures de rétention).

De la même manière, le débit maximal que la Suze peut accepter est de 70 l/s (Q1) pour garantir un rapport de 1.0 (sans mesure de rétention ni évaluation sur +/-1'000m). Comme la surface totale raccordée dans le cadre de la mise en séparatif de la route cantonale est trop importante pour assurer un débit inférieur à 70 l/s, un trop-plein doit être réalisé au niveau du ruisseau des Faverges. Ceci permettra de soulager d'une part l'impact des rejets, mais également de réduire les débits de pointe trop importants sur certains tronçons de conduites existantes, réaffectées pour les eaux pluviales.

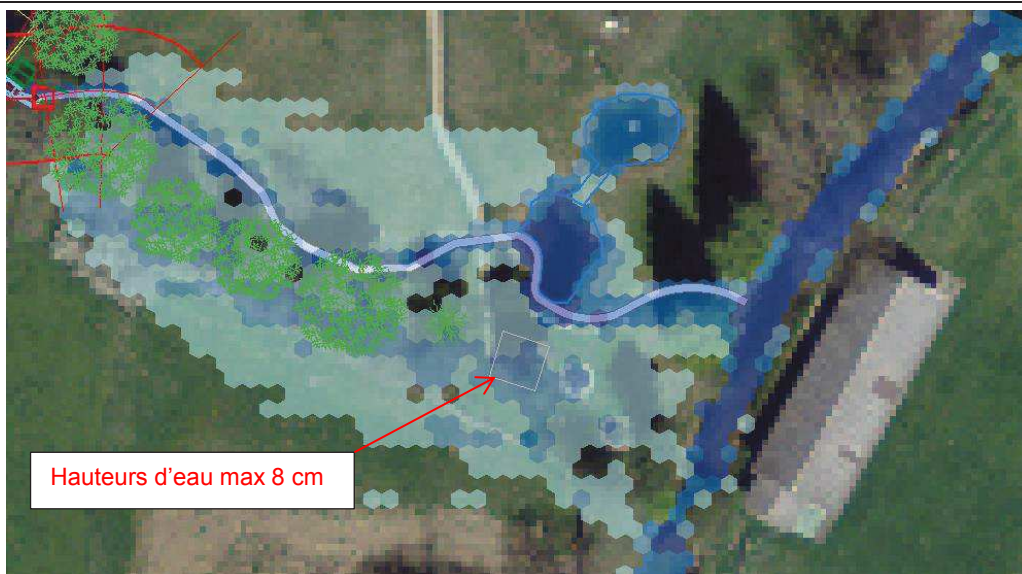
Dès lors, il est nécessaire que les dépotoirs (entre les profils 35 et 40) restent connectés dans le ruisseau, comme c'est le cas actuellement, pour limiter l'impact des rejets dans la Suze. Un trop-plein de max 25 l/s dans le ruisseau est également nécessaire pour soulager la capacité des conduites à l'aval. Ce déversement aura lieu dès qu'un débit de 35 l/s sera

Les résultats détaillés figurent dans l'annexe 12.2.

L'étendue des inondations en cas de déversement dans le cordon boisé à l'aval de la route cantonale a été modélisée à l'aide du logiciel 2D PCSWMM, sur la base des relevés et du MNT JUBE (Lidar).



Etat existant, Heau (>1cm), Q=350 l/s



Etat projeté, Heau (>1cm), Q=400 l/s dans lit existant et 500 l/s (Q100 = 900 l/s) déversé à l'Ouest

En rive gauche, l'augmentation du débit dans le lit de 350 l/s à 400 l/s a peu d'impact et les aménagements existants ne devraient pas être affectés. D'éventuelles mesures ponctuelles de protection (fascines) pourront être mises en place durant les travaux. En revanche, l'étendue des inondations en rive droite augmente considérablement du fait du déversement de 500 l/s, même si les intensités restent faibles. La maison sur pilotis serait touchée par une hauteur d'eau de 8 cm, un léger modelé de terrain ou renforcement des fondations seront éventuellement nécessaires et réalisé pendant les travaux. Pour les crues Q300, les débordements de la Suze sont déterminants.

Les autres tronçons à ciel ouvert, où les objectifs de protection sont moindres et où les aménagements ne sont pas des points critiques, ont été vérifiés avec l'équation de Manning-Strickler pour les écoulements uniformes.

Enfin, les ouvrages de déversement, grilles, etc, ont été dimensionnés à l'aide des formules appropriés.

5.5 GESTION DES RISQUES RESIDUELS – CAS DE SURCHARGE

En amont des voies CFF, un ouvrage en béton armé sera aménagé pour gérer les cas de surcharge et les obstructions provoqués par les corps flottants. Cet ouvrage est d'autant plus nécessaire que le secteur est encore voué à se développer. Si la grille frontale venait à être obstruée, l'eau pourra se déverser par-dessus l'ouvrage sur une longueur de 4.5 m. De plus, une rétention pourrait avoir lieu le long du talus CFF sans le mettre en péril.

En amont de la route cantonale, en cas de mise en charge par des obstructions accumulées contre la grille (profil M62), l'élargissement permettra de créer un volume de rétention d'environ 15 m³ et permettra au plan d'eau de se déverser par-dessus la grille. Le profilage du terrain à la limite de la parcelle 289 donnera la possibilité d'augmenter encore cette rétention. Si cette hauteur est dépassée, les eaux pourront rejoindre la grille placée au profil 60, au début de l'accès menant à la route cantonale, qui sera raccordé au ruisseau à l'aval de la grille. Ceci assurera un retour des écoulements dans le ruisseau et pas sur la route cantonale.

En cas de surcharge dans la chambre de répartition à l'aval de la route cantonale, le déversoir permettra une évacuation des eaux dans le pâturage et le cordon boisé.

5.6 REPERCUSSIONS DU PROJET

5.6.1 Utilisation du sol

Le changement de tracé entre les profils M115 et M60 impliquera des restrictions complémentaires liées à l'espace réservé aux eaux. Les nouveaux aménagements seront néanmoins confinés dans cet espace, en tenant compte des objets en présence. Pour le reste du tracé, l'espace réservé à respecter reste inchangé.

5.6.2 Patrimoine

Le projet ne touche aucun ouvrage classé.

5.6.3 Ecologie et la pêche

Les aménagements projetés amélioreront la valeur écologique du cours d'eau grâce à la remise à ciel ouvert, même si des chutes et des blocs seront nécessaires pour la stabilité du lit et des berges aux endroits critiques (fortes pentes, mise sous couverture, etc.).

La connectivité longitudinale entre la Suze et l'amont de la route cantonale ne pourra pas être créée compte tenu de la méthode de construction par pousse-tube (arguments voir chapitre 5.3.5.1), des surcoûts que cela induirait et des autres contraintes techniques.

5.6.4 Eaux souterraines

Aucune influence sur les eaux souterraines n'a été identifiée.

5.6.5 Agriculture

Les conditions d'utilisation des parcelles agricoles en amont des voies CFF sont préservées par le projet d'aménagement.

5.6.6 Protection des sols

Les bases légales pour la protection des sols sont les articles 7, 33, 34 et 35 de la LE et l'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol).

La protection des sols concerne la protection quantitative, soit la protection des sols contre l'imperméabilisation et la protection qualitative, soit la protection des sols meubles contre les modifications de leur constitution naturelle.

L'Office fédéral de l'environnement et les associations professionnelles ont publié divers instruments et directives pour appliquer la législation. Notamment le guide de l'environnement, Construire en préservant les sols, OFEV, 2001[24] et Evaluation et utilisation de matériaux terreux, OFEFP, 2001.

L'aménagement projeté prévoit une remise à ciel ouvert dans une zone pâturée et l'aménagement d'un modelé de terrain. Au total ce seront environ 1'100m² de terre végétale qui vont être décapés. La majeure partie des terres décapées ne sont pas à vocation agricole.

Les horizons A et B seront séparés. L'horizon A sera réutilisé pour le modelé de terrain en aval des voies CFF (lot 2), au profil M62 et pour le comblement des ouvrages sur la parcelle où passait l'ancien tracé. L'horizon B et une partie de l'horizon A seront utilisées pour compléter les hauteurs de berges de part-et-d'autre de la remise à ciel ouvert. L'excédent éventuel sera donné aux agriculteurs du village ou évacué hors du site.

Les machines utilisées seront adaptées aux sols en place (faible pression au sol afin de limiter au possible les tassements lors du décapage). Une piste de chantier composée d'un géotextile et de 50 cm de tout-venant sera aménagée le long du tracé pour préserver les sols. Les terres touchées de manière temporaire seront réensemencées.

5.6.7 Etude pédologique des sols

L'entreposage des matériaux terreux dépend aussi de la nature du sol et sa sensibilité au tassement. Ainsi la hauteur maximale des tas sera définie, afin d'éviter le compactage des sols. La durée de l'entreposage devra être la plus courte possible, afin de revaloriser les sols au plus vite et de préserver les qualités du sol. En principe il n'est pas prévu d'utiliser des matériaux terreux qui ne proviennent pas du périmètre du projet puisque ces matériaux sont excédentaires.

5.6.8 Plan d'aménagement local

Les travaux prévus sont conformes avec les dispositions légales actuelles en matière d'aménagement et de protection des eaux. La carte des dangers après mesures, ainsi que la

matérialisation de la zone riveraine protégée devront être intégrées au Plan d'Aménagement local après la réalisation des travaux. La zone verte prévue dans la révision du plan de zones en amont des voies CFF permet le respect de l'espace réservé aux eaux fixé à 11 m.

6. COÛTS ET BÉNÉFICES DU PROJET

6.1 COÛTS DES AMÉNAGEMENTS ET CONTRIBUTIONS

Les coûts TTC estimés à $\pm 15\%$, yc honoraires, sont résumés par lots ci-dessous :

LOT 1 : Aménag. lit et ouvrage béton	L= 50 m	Total	
1.1 Ouvrage en béton			
Piste chantier	20 m	1,200 CHF	
Ouvrage béton	7 m ³	8,483 CHF	
Serrurerie	1 gl	15,000 CHF	
Barrières protection CFF type chaboury	30 m	900 CHF	
Excavation+transp+taxes	36 m ³	1,620 CHF	
Remblayage	10 m ³	200 CHF	
Déviations ruisseau, pompage	1 gl	1,200 CHF	
Installation de chantier	8%	2,288 CHF	
Divers et imprévus	15%	4,634 CHF	
Honoraires	18%	6,395 CHF	
TVA	7.7%	3,228 CHF	
Total net TTC		43,948 CHF	
1.2 Aménagement du lit			
Piste chantier	30 m	1,800 CHF	
Décapage+transp. int TV	75 m ³	900 CHF	
Mise en place TV, yc dépôt central	750 m ²	5,250 CHF	
F+p matériaux piège à gravier	10 m ³	750 CHF	
Excavation+transp+taxes	30 m ³	1,200 CHF	
F+p blocs Ø30-40 cm	8 to	1,187 CHF	
Plantations	1 gl	3,000 CHF	
Déviations ruisseau, pompage	1 gl	1,000 CHF	
Installation de chantier	8%	1,207 CHF	
Divers et imprévus	15%	2,444 CHF	
Honoraires	18%	3,373 CHF	
TVA	7.7%	1,703 CHF	
Total net TTC		23,814 CHF	476 fr/m
Total net TTC LOT 1		67,762 CHF	

LOT 2 : Modelé de terrain	L= 22 m	Total	
Piste chantier	50 m	3,000 CHF	
Décapage+transp. int TV	90 m3	1,350 CHF	
Mise en place TV, yc dépôt central	300 m2	2,100 CHF	
Charg.+transport+mise en place HA+HB du lot 5	120 m3	2,160 CHF	
F+p blocs Ø40-50 cm	3 to	424 CHF	
Plantations	1 gl	800 CHF	
Déviations ruisseau, pompage	1 gl	500 CHF	
Installation de chantier	8%	827 CHF	
Divers et imprévus	15%	1,674 CHF	
Honoraires	18%	2,310 CHF	
TVA	7.7%	1,166 CHF	
Total net TTC		16,311 CHF	741 fr/m

LOT 4 : Traversée route Fiechter	L= 40 m	Total	
Selon décompte des travaux,yc honoraires	1 gl	100,000 CHF	
Remise à ciel ouvert, aménagement buse			

LOT 5 : Remise à ciel ouvert, buses	L= 130 m	Total	
Piste chantier	115 m	6,900 CHF	
Dérivation des eaux	80 m	2,400 CHF	
Démolition+évac TC300	40 m	600 CHF	
F+p buse	10 m	25,000 CHF	
Décapage+transp. int TV	216 m3	3,240 CHF	
Mise en place TV, yc dépôt central	720 m2	5,040 CHF	
Excavation+charg.+transp+taxes	673 m3	30,274 CHF	
F+p natte étanchéité	650 m2	19,500 CHF	
Remblayage/comblement matériaux en dépôt latéral	234 m3	4,680 CHF	
F+p blocs Ø40-80 cm	235 to	37,655 CHF	
F+p marne	60 m3	2,700 CHF	
F+p géotextile	150 m2	900 CHF	
F+p grave 0-45	45 m3	2,475 CHF	
F+p natte coco	480 m2	4,320 CHF	
F+p fascines	50 m	3,750 CHF	
Ensemencement+entretien/fauche	660 m2	5,940 CHF	
F+p 0-400	29 m3	1,859 CHF	
Génie bio	130 m	26,000 CHF	
Ouvrage béton entrée sous tuyau	3 m3	3,600 CHF	
Grille d'entrée	1 gl	4,000 CHF	
Installation de chantier	8%	14,659 CHF	
Divers et imprévus	15%	30,824 CHF	
Honoraires	18%	42,537 CHF	
TVA	7.7%	21,472 CHF	
Total net TTC		300,323 CHF	2,310 fr/m

LOT 6 : Passage route cantonale	L= 50 m	Total	
6.1 Sous accès bâtiments et aval RC	20 m		
Piste chantier	50 m	3,000 CHF	
Dérivation des eaux/pompage	80 m	2,800 CHF	
Démolition+évac soutènement conduites service	50 m	1,000 CHF	
Découpe revêtement :	60 m	480 CHF	
Démolition/chargement/transport/taxe revêtement :	25 m3	824 CHF	
Démolition-remise en place bordures et barrières :	1 gl	3,000 CHF	
Excavation/chargement/transport/taxes terrassement :	515 m3	23,175 CHF	
Etayage de fouille	120 m2	2,400 CHF	
F+p Ø700 mm	20 m	11,000 CHF	
Enrobage béton	7	2,312 CHF	
Exécution caniveau béton hors fouille+mise en place+grille	6 m	5,298 CHF	
Fourniture grave 0/45, mise en place coffre de route :	67 m3	4,655 CHF	
F+p revêtement :	60 to	10,783 CHF	
Remblayage/comblement matériaux en dépôt latéral	436 m3	8,714 CHF	
Ouvrage béton aval RC	10 m3	12,000 CHF	
Grille+plaque déversement	1 gl	4,000 CHF	
F+p blocs Ø40-80 cm	27 to	4,240 CHF	
F+p grave 0-45	74 m3	4,070 CHF	
F+p natte coco	144 m2	1,296 CHF	
F+p fascines	20 m	1,500 CHF	
Ensemencement+entretien/fauche	400 m2	3,600 CHF	
F+p 0-400	8 m3	533 CHF	
Génie bio	16 m	3,200 CHF	
Installation de chantier	8%	8,870 CHF	
Divers et imprévus	10%	11,975 CHF	
Honoraires	18%	23,710 CHF	
TVA	7.7%	11,969 CHF	
Total net TTC		170,404 CHF	8,520 fr/m
6.2 Sous route cantonale	30 m		
Piste d'accès	50 m	3,000 CHF	
Exécution chambre béton, prof. 4.0m,racc. trop-plein EP RC	6 m3	10,200 CHF	
Pousse-tube vériné de 30 mavec gaine en acier Ø800, yc			
installation de chantier + fonçage tube, sans GC	1 gl	75,000 CHF	
Cellule de poussée au Sud de la route, terrassement,			
renforcement terrain	1 gl	50,000 CHF	
Fourniture PE soudé Ø710 + tirage :	1 gl	14,000 CHF	
Surplus excavation cellule de sortie	1 gl	5,000 CHF	
Manutention avec camion-grue	1 gl	20,000 CHF	
Installation de chantier+régie pour pousse-tube	1 gl	14,400 CHF	
Remise en état accès privé (revêtement, ensem, etc.)	150 m2	10,368 CHF	
Installation de chantier	2%	4,039 CHF	
Divers et imprévus	10%	20,601 CHF	
Honoraires	18%	40,789 CHF	
TVA	7.7%	20,590 CHF	
Total net TTC		287,987 CHF	9,600 fr/m
Total net TTC LOT 6		424,283 CHF	

6.1.1 Récapitulatif des coûts

Récapitulatif	Long.	Sous-totaux	Coûts/m'
LOT 1 : Aménag. lit et ouvrage béton	50 m	CHF	1,355 fr/m
1.1 Ouvrage en béton		43,948 CHF	
1.2 Aménagement du lit		23,814 CHF	
LOT 2 : Modelé de terrain	22 m	CHF	741 fr/m
LOT 4 : Traversée route Fiechter	40 m	CHF	2,500 fr/m
LOT 5 : Remise à ciel ouvert, buses	130 m	CHF	2,310 fr/m
LOT 6 : Passage route cantonale	50 m	CHF	9,168 fr/m
6.1 Sous accès bâtiments et aval RC	20 m	170,404 CHF	8,520 fr/m
6.2 Sous route cantonale	30 m	287,987 CHF	9,600 fr/m
Total général TTC, yc honoraires		CHF	

6.1.2 Contributions et charges

Ci-dessous un récapitulatif des coûts basé sur le devis ainsi que les contributions minimales escomptées :

Devis estimatif TTC ± 20% (yc honoraires)			① Coûts TTC	Contributions								Montant des charges pour la Commune ① - ②
				Confédération		Canton		OPC Ile arrdt	Régénération		② Total	
				Part	Coût	Part	Coût		Part	Coût		
PAE "Les Faverges"												
Travaux de construction												
Tronçons	Profils/long.	Localisation										
LOT 1.1	65m	Amont voies CFF, aménagement lit	43,948	0%	0	0%	0		0%	0	0	43,948
LOT 1.2	5m	Amont voies CFF, ouvrage béton contre obstructions	23,814	35%	8,335	25%	5,953		0%	0	14,288	9,526
LOT 2	22m	Aval voies CFF	16,311	35%	5,709	25%	4,078		0%	0	9,787	6,524
LOT 3	50m	Ouest usine ETA, réalisé en 2015 à charge d'ETA	0	0%	0	0%	0		0%	0	0	0
LOT 4	40m	Traversée route Fiechter, réalisé en 2014 par la commune, subventionnement rétroactif	100,000	35%	35,000	25%	25,000		0%	0	60,000	-60,000
LOT 5	M188 à M62	Remise à ciel ouvert entre Fiechter et RC	300,323	35%	105,113	25%	75,081		0%	0	180,194	120,129
LOT 6.1	M62 à M45	Tuyau en amont de la route cantonale	170,404	35%	59,641	25%	42,601		0%	0	102,242	68,162
LOT 6.2	M45 à M0	Pousse-tube sous route cantonale	287,987	0%	0	0%	0	287,987	0%	0	287,987	0
LOTS 1 à 6	374m	Acquisition de terrains, frais géomètre, indemnités- pertes cultures, dédommagements	41,000	35%	14,350	25%	10,250		0%	0	24,600	16,400
TOTAUX			983,786		228,148		162,963	287,987		0	679,098	204,689

Remarques :

- Sans participation éventuelle du fonds de régénération des eaux
- LOT 6.2 Traversée route cantonale 100% à charge de l'OPC
- LOT 1.1 100% à charge de la commune
- LOT 3 réalisé en 2015 et 100% à charge de ETA (charge au permis)
- LOT 4 Traversée route Fiechter réalisé en 2014, subventionnement rétroactif

6.2 ESTIMATION DES DOMMAGES POTENTIELS AVANT LES MESURES

Le coût de dommages potentiel est déterminé en fonction de l'intensité et de la nature de l'occupation du sol, à savoir nature des bâtiments, infrastructures ou cultures touchés. Le montant est d'autant plus élevé que la valeur d'occupation du sol est élevée (bâtiment industriel par exemple) et que l'intensité est élevée.

L'estimation des dommages se base sur les indications des cartes d'intensités des dangers d'inondation et le programme Econome 4.0 de l'OFEV.

L'estimation considère que le centre d'entretien est construit. Le processus qui a été jugé déterminant est l'inondation dynamique. En effet, les éléments touchés par les inondations se situent là où la pente du lit est de min. 0.9%. En l'occurrence, le produit entre la hauteur d'eau et la vitesse à ces endroits est supérieur à 1.5.

Les résultats du calcul sont détaillés dans l'annexe 12.3. Le coût arrondi des dommages pour Q100 est de : C = 3'034'075 CHF.

Mesures du PAE				
Risques et coûts de la mesure (Inondation dynamique Inondations pentes importantes - Mesures du PAE)				
Risque total				
Risque CHF/a	Contribution au risque Scénario 30 (30 ans, 0.0233) CHF/a	Contribution au risque Scénario 100 (100 ans, 0.0067) CHF/a	Contribution au risque Scénario 300 (300 ans, 0.0033) CHF/a	Risque total CHF/a
avant mesure	18 614	20 269	14 148	53 031
après mesure	0	0	0	0
Réduction des risque (utilité) CHF/a	18 614	20 269	14 148	53 031
Coûts d'investissement				815 000 CHF
Frais annuels d'entretien				4 000 CHF
Frais annuels d'exploitation				0 CHF
Coût des mesures par année				22 338
Rapport bénéfices/coûts				2,4

Le rapport utilité-coût est ainsi de 2.4. Ce rapport est principalement engendré par le fait que l'usine ETA peut être touchée en cas d'obstruction du tuyau sous les voies CFF dès une crue Q100.

6.3 ESTIMATION DES DOMMAGES POTENTIELS APRES LES MESURES

Après les mesures proposées le coût des dommages potentiels sera nul pour une crue Q300, considérant les mesures prises pour augmenter le gabarit, pour gérer les cas d'obstruction et les cas de surcharge. A l'aval de ces ouvrages, les étendues d'inondation deviendront en jaune strié.

7. INFORMATION

La commune a informé les riverains concernés par le projet à l'occasion de la séance de présentation/participation tenue le 25.09.2017. Une séance de coordination/information s'est également tenue le 18.04.2018 avec M. Maeder, propriétaire des terrains à l'aval de la route cantonale.

8. PLAN DE GESTION ET D'ENTRETIEN

Un plan de gestion et d'entretien sera établi par un bureau spécialisé à la suite de la réalisation des travaux.

9. PLAN D'URGENCE

Aucun plan d'urgence n'est prévu dans le cadre du projet.

10. DELAIS

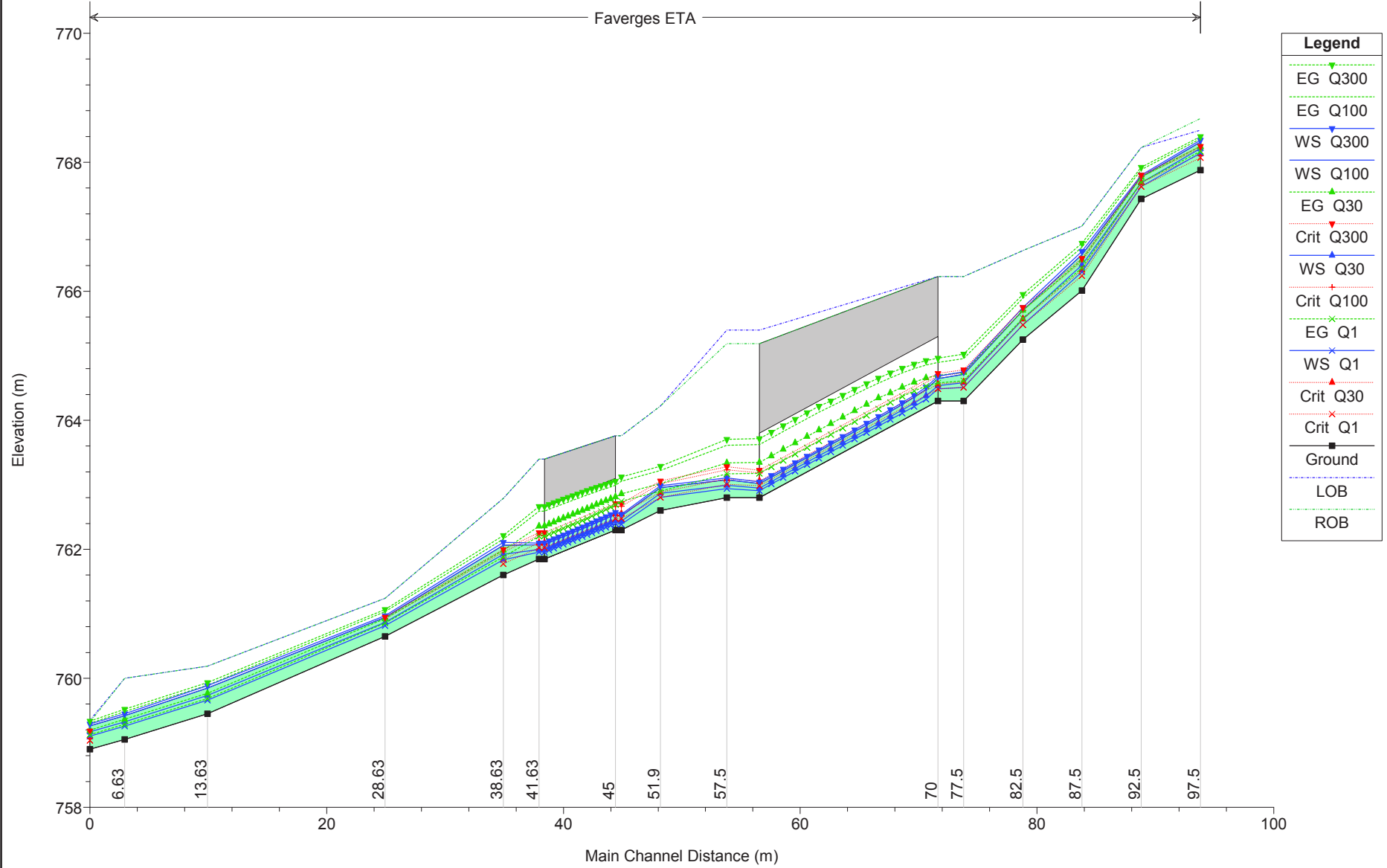
Les travaux seront réalisés à la suite au dépôt public qui aura lieu en automne 2018. Les travaux pourront donc débuter au printemps-été 2019.

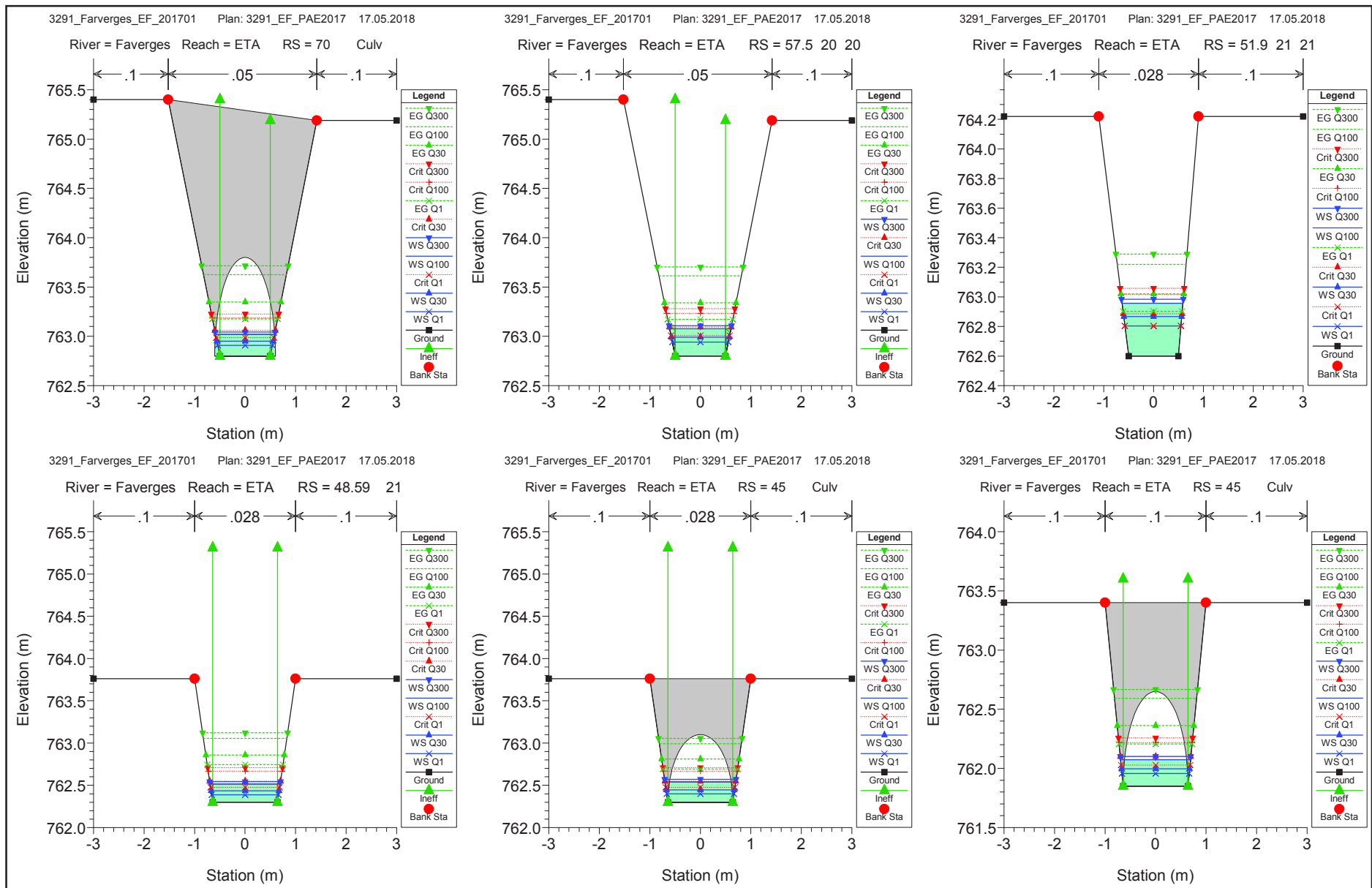
11. CONCLUSION

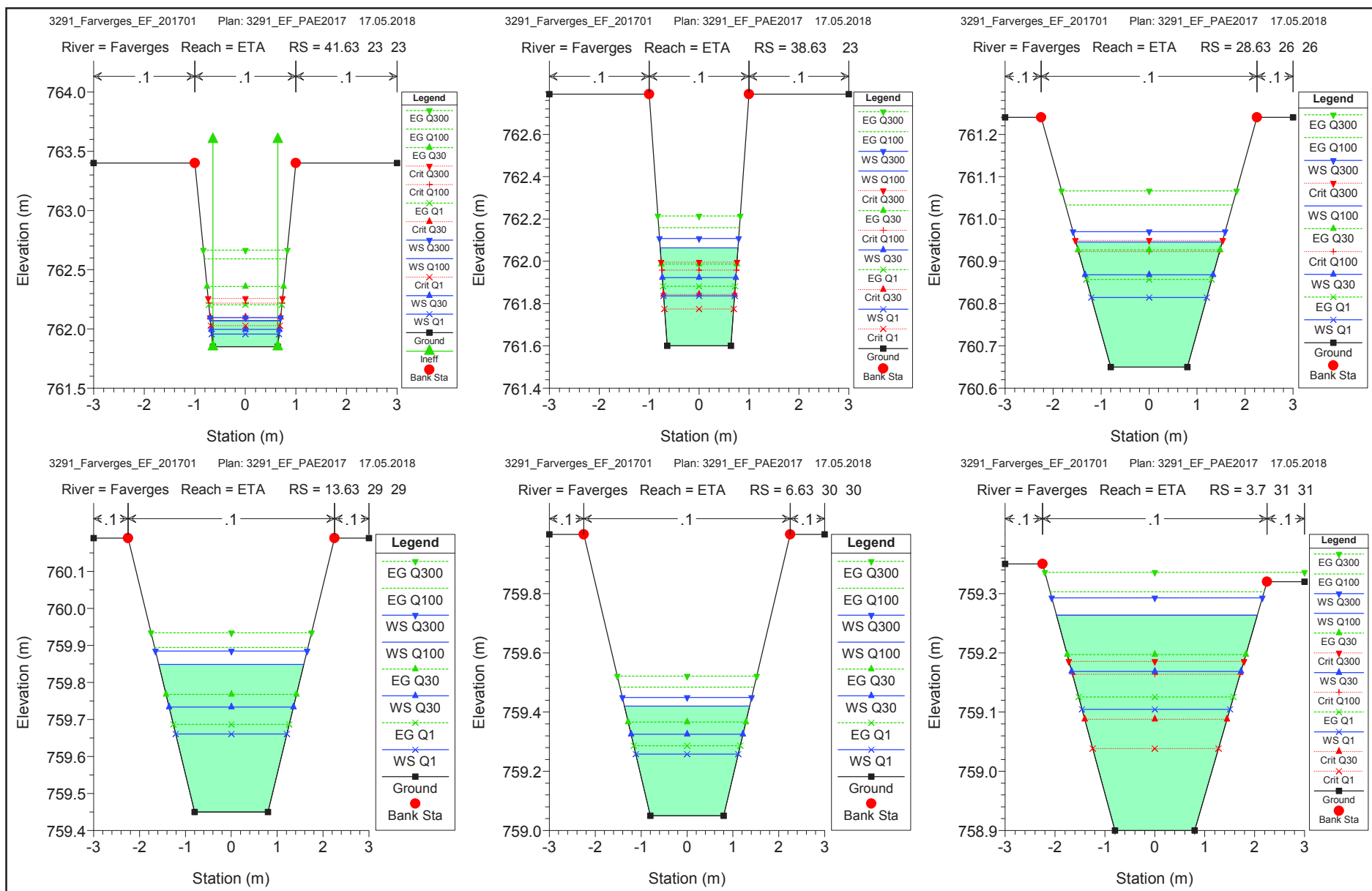
Ce projet propose des aménagements tenant compte d'une pesée des intérêts entre notamment les objectifs environnementaux, la situation dans l'espace bâti avec un fort dénivelé, et les réserves et remarques des propriétaires touchés. Il permet une gestion des cas de surcharge adéquate en fonction des objets en présence.

12. ANNEXES

12.1 ANNEXE : HECRAS, PROFIL EN LONG ET EN TRAVERS DES HAUTEURS D'EAU







12.2 ANNEXE : SWMM5, PROFIL EN LONG, PROFONDEURS ET DÉBITS DES PASSAGES SOUS ROUTE CANTONALE ET CFF

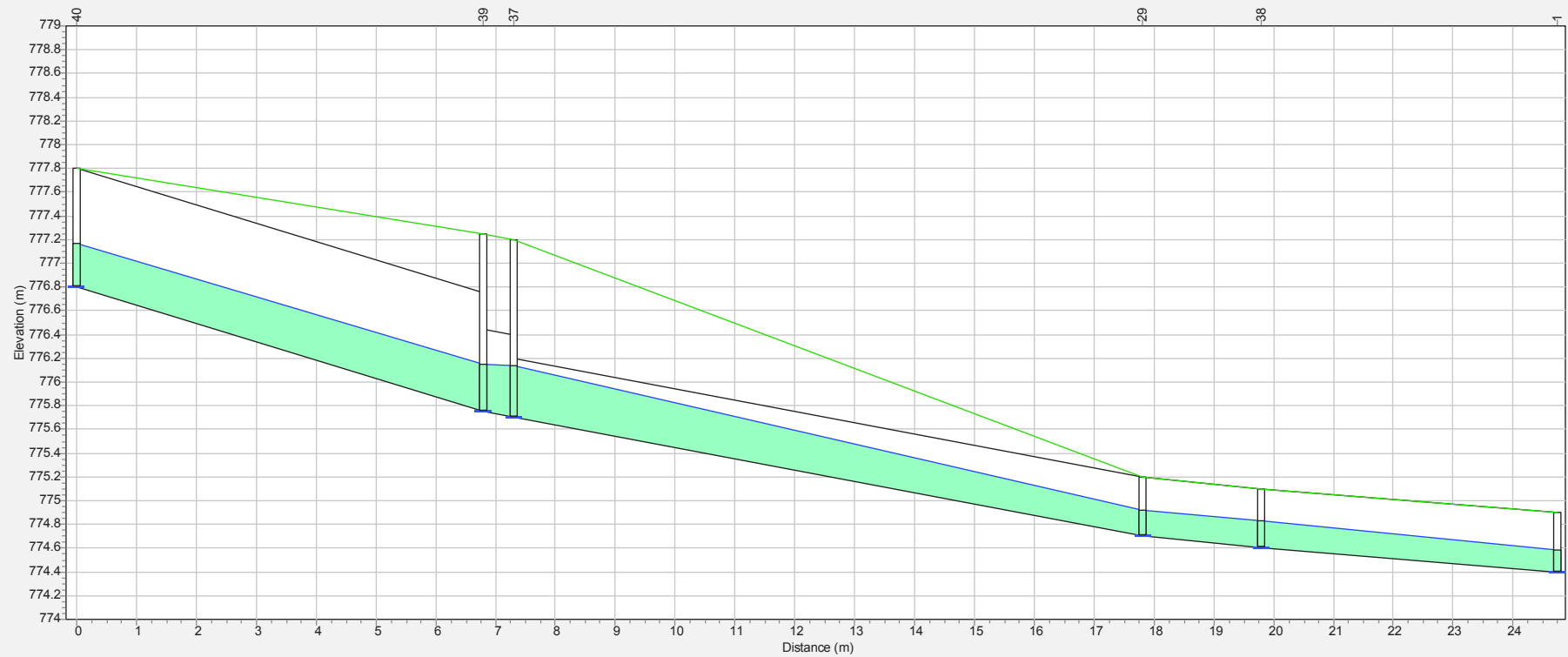
Node Depth Summary

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth	Maximum Reported Depth Meters
29	JUNCTION	0.05	0.22	774.92	0	01:00	0.22
37	JUNCTION	0.09	0.44	776.14	0	01:00	0.44
38	JUNCTION	0.05	0.23	774.83	0	01:00	0.23
39	JUNCTION	0.08	0.40	776.15	0	01:00	0.40
40	JUNCTION	0.08	0.37	777.17	0	01:00	0.37
1	OUTFALL	0.04	0.19	774.59	0	01:00	0.19

Node Inflow Summary

Node	Type	Maximum Lateral Inflow CMS	Maximum Total Inflow CMS	Day of Maximum Inflow	Hour of Maximum Inflow	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr	Flow Balance Error Percent
29	JUNCTION	0.000	0.900	0	01:00	0	7.02	-0.000
37	JUNCTION	0.000	0.900	0	01:00	0	7.02	0.000
38	JUNCTION	0.000	0.900	0	01:00	0	7.02	0.000
39	JUNCTION	0.000	0.900	0	01:00	0	7.02	0.000
40	JUNCTION	0.900	0.900	0	01:00	7.02	7.02	0.000
1	OUTFALL	0.000	0.900	0	01:00	0	7.02	0.000

Water Elevation Profile: Node 40 - 1



01/01/1900 01:00:00

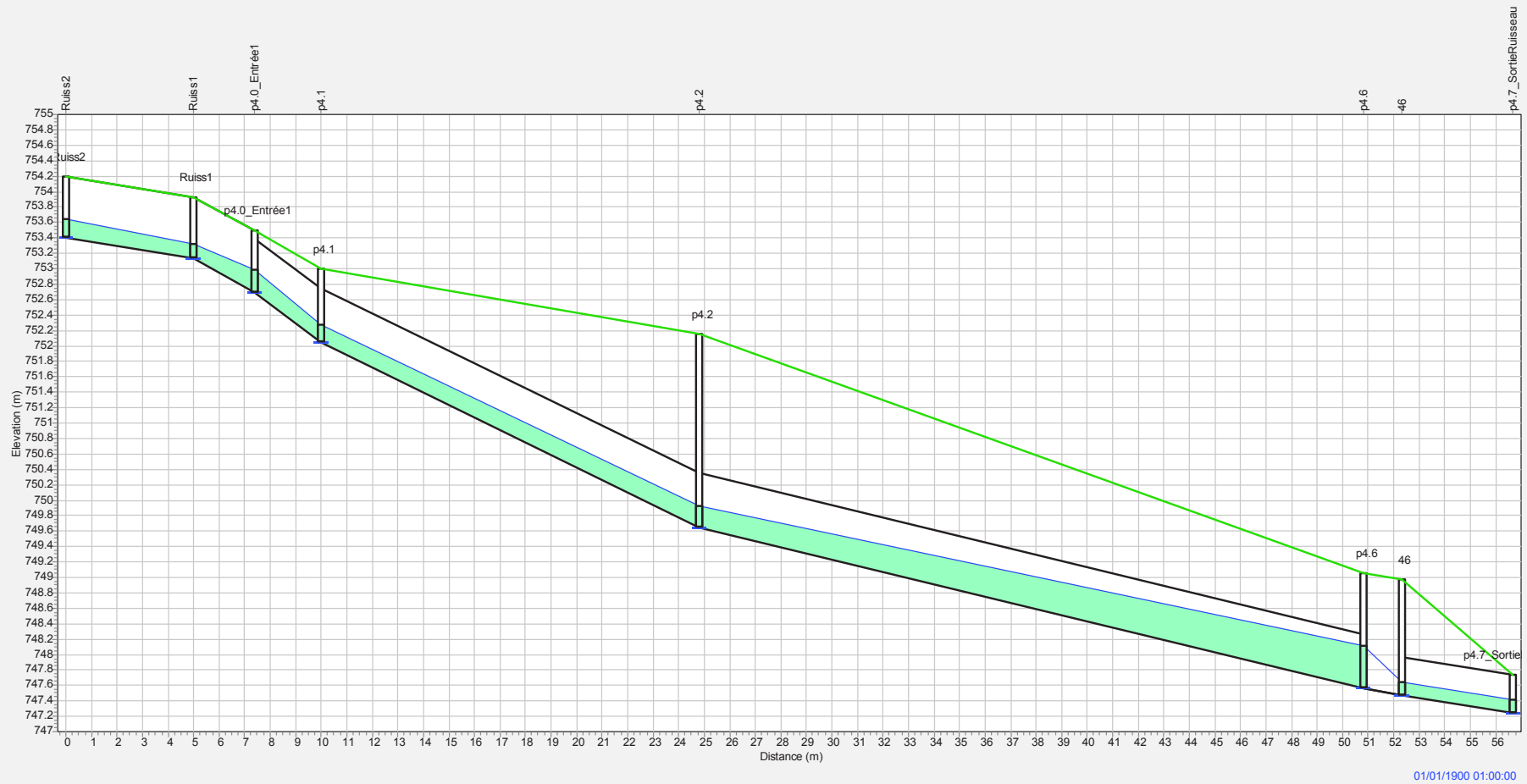
Node Depth Summary

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Day of Maximum Depth	Hour of Maximum Depth	Maximum Reported Depth Meters
p4.1	JUNCTION	0.02	0.23	752.28	0	01:00	0.23
p4.0_Entrée1	JUNCTION	0.03	0.29	752.98	0	01:00	0.29
p4.6	JUNCTION	0.06	0.56	748.12	0	01:00	0.56
Ruiss1	JUNCTION	0.02	0.19	753.32	0	01:00	0.19
p4.2	JUNCTION	0.03	0.28	749.93	0	01:00	0.28
p4.5	JUNCTION	0.00	0.03	749.03	0	01:34	0.03
Ruiss2	JUNCTION	0.03	0.25	753.65	0	01:00	0.25
45	JUNCTION	0.02	0.30	747.80	0	01:00	0.30
46	JUNCTION	0.02	0.18	747.65	0	01:00	0.18
p4.7_SortieRuisseau	OUTFALL	0.02	0.18	747.42	0	01:00	0.18
1	OUTFALL	0.02	0.27	747.67	0	01:00	0.27

Node Inflow Summary

Node	Type	Maximum Lateral Inflow LPS	Maximum Total Inflow LPS	Day of Maximum Inflow	Hour of Maximum Inflow	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr	Flow Balance Error Percent
p4.1	JUNCTION	0.00	899.98	0	01:00	0	3.03	-0.000
p4.0_Entrée1	JUNCTION	0.00	899.83	0	01:00	0	3.03	0.000
p4.6	JUNCTION	0.00	908.35	0	01:00	0	3.08	-0.001
Ruiss1	JUNCTION	0.00	899.95	0	01:00	0	3.03	0.000
p4.2	JUNCTION	0.00	899.96	0	01:00	0	3.03	0.001
p4.5	JUNCTION	8.05	8.05	0	00:46	0.0459	0.0459	-0.000
Ruiss2	JUNCTION	900.00	900.00	0	01:00	3.03	3.03	-0.000
45	JUNCTION	0.00	518.93	0	01:00	0	1.29	-0.000
46	JUNCTION	0.00	389.02	0	01:00	0	1.78	0.001
p4.7_SortieRuisseau	OUTFALL	0.00	389.03	0	01:00	0	1.78	0.000
1	OUTFALL	0.00	519.14	0	01:00	0	1.29	0.000

Water Elevation Profile: Node Ruiss2 - p4.7_SortieRuisseau



01/01/1900 01:00:00

12.3 ANNEXE : RÉSULTATS ECONOME 4.0



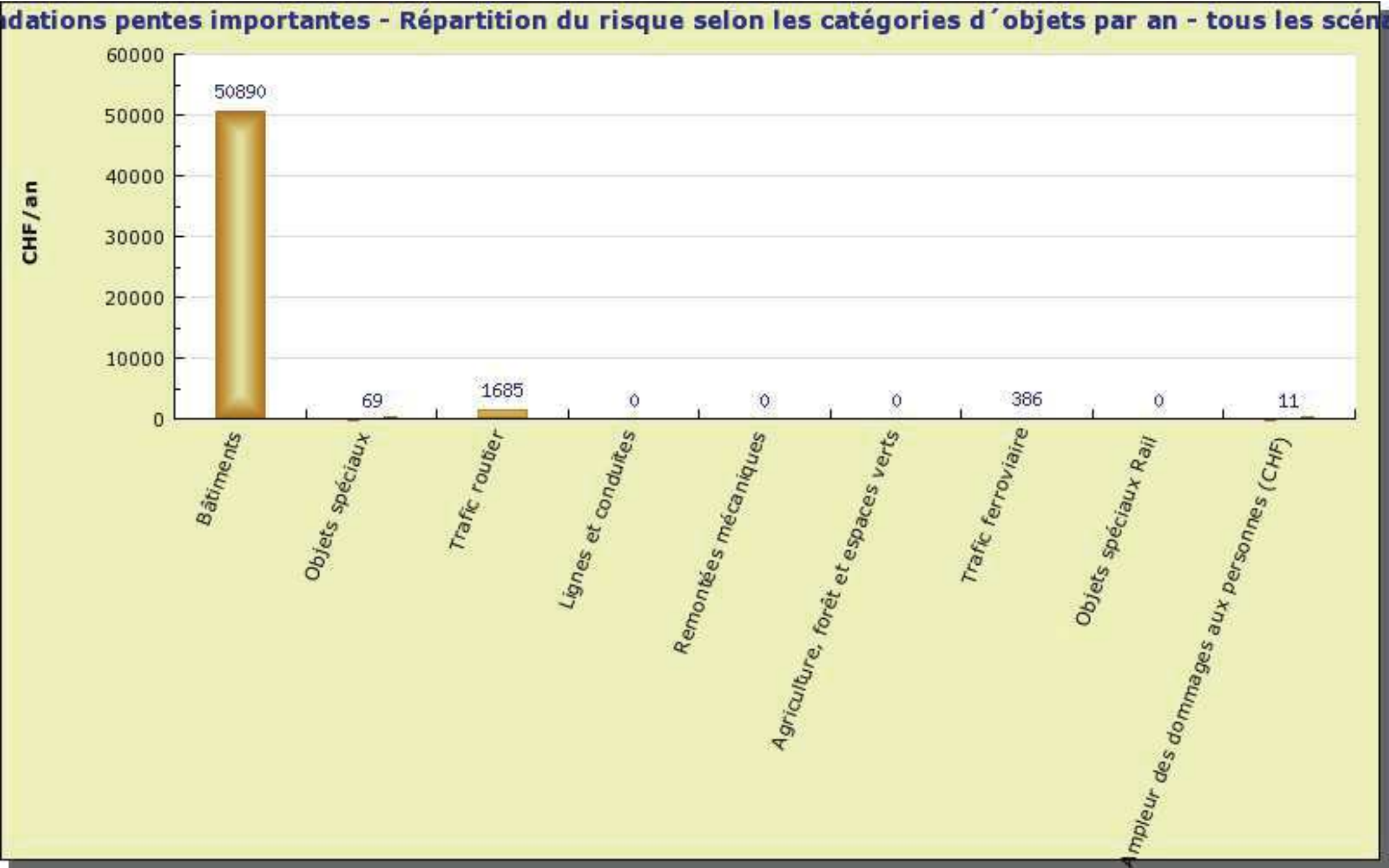
3291 Villeret, PAE Faverges - Analyse des conséquences

Inondation dynamique Inondations pentes importantes

Synthèse de l'ampleur des dégâts sans aversion

	Ampleur des dommages selon le scénario			Risque complémentaire-cumulatif/année
Catégorie	Scénario 30 Personnes / Valeurs réelles Totalité des dégâts	Scénario 100 Personnes / Valeurs réelles Totalité des dégâts	Scénario 300 Personnes / Valeurs réelles Totalité des dégâts	Risque en CHF/an Personnes / Valeurs réelles Totalité des dégâts
Bâtiments	323 CHF / 760 500 CHF 760 823 CHF	345 CHF / 2 923 200 CHF 2 923 545 CHF	585 CHF / 4 093 650 CHF 4 094 235 CHF	12 CHF / 50 879 CHF 50 890 CHF
Objets spéciaux	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 6 300 CHF 6 300 CHF	0 CHF / 8 100 CHF 8 100 CHF	0 CHF / 69 CHF 69 CHF
Trafic routier	0 CHF / 36 900 CHF 36 900 CHF	0 CHF / 75 250 CHF 75 250 CHF	0 CHF / 96 750 CHF 96 750 CHF	0 CHF / 1 685 CHF 1 685 CHF
Lignes et conduites	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Remontées mécaniques	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Agriculture, forêt et espaces verts	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Trafic ferroviaire	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 35 280 CHF 35 280 CHF	0 CHF / 45 360 CHF 45 360 CHF	0 CHF / 386 CHF 386 CHF
Objets spéciaux Rail	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Personnes	6.0E-5 Tf	7.0E-5 Tf	0.00012 Tf	0 Tf
Personnes (monetarisiert)	323 CHF	345 CHF	585 CHF	12 CHF
Valeurs réelles	797 400 CHF	3 040 030 CHF	4 243 860 CHF	53 019 CHF
Somme	797 723 CHF	3 040 375 CHF	4 244 445 CHF	53 031 CHF

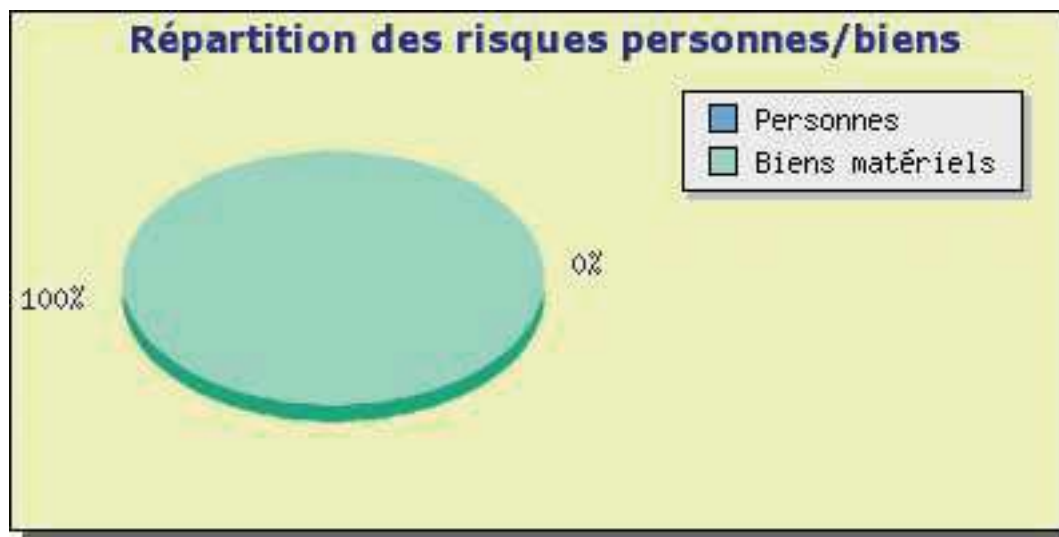
Inondation dynamique Inondations pentes importantes - Répartition du risque selon les catégories d'objets - Tous les scénarios



Inondation dynamique Inondations pentes importantes - Répartition des risques selon scénario



Inondation dynamique Inondations pentes importantes - Répartition des risques personnes/biens



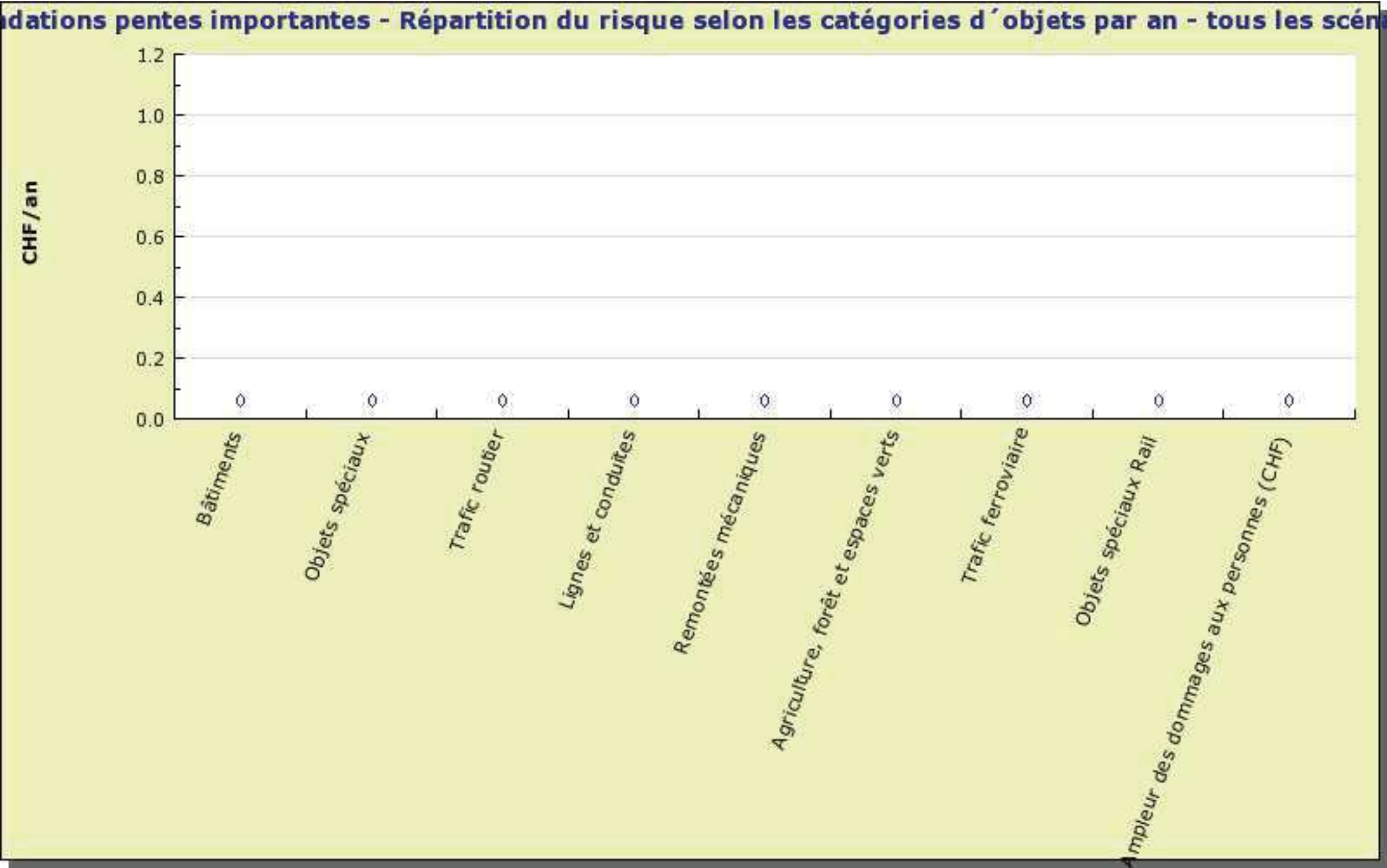


3291 Villeret, PAE Faverges - Analyse des conséquences une fois la mesure prise Mesures du PAE

Inondation dynamique Inondations pentes importantes

Synthèse de l'ampleur des dégâts sans aversion				
	Ampleur des dommages selon le scénario			Risque complémentaire-cumulatif/année
Catégorie	Scénario 30 Personnes / Valeurs réelles Totalité des dégâts	Scénario 100 Personnes / Valeurs réelles Totalité des dégâts	Scénario 300 Personnes / Valeurs réelles Totalité des dégâts	Risque en CHF/an Personnes / Valeurs réelles Totalité des dégâts
Bâtiments	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Objets spéciaux	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Trafic routier	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Lignes et conduites	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Remontées mécaniques	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Agriculture, forêt et espaces verts	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Trafic ferroviaire	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Objets spéciaux Rail	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF	0 CHF / 0 CHF 0 CHF
Personnes	0 Tf	0 Tf	0 Tf	0 Tf
Personnes (monetarisiert)	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Valeurs réelles	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Somme	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF

Inondation dynamique Inondations pentes importantes - Répartition du risque selon les catégories d'objets - Tous les scénarios





3291 Villeret, PAE Faverges - Potentiel de dommages dans le périmètre

http://127.0.0.1:9000/doc/CH/27-3-16/polygon/3291_Villeret_Faverges_DangerInondation_20180208.pdf

Nombre total d'objets	16
Nombre d'objets avec valeurs modifiées	1
Nombre d'objets avec occupation modifiée	0
Nombre d'objets avec protection d'objet	0
Nombre d'objets avec facteur de présence modifiée	0
Potentiel de dommage: nombre de personnes	40.6
Potentiel de dommage: nombre de personnes (Calcul avec valeurs de base)	40.6
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées)	203 021 400
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées) (Calcul avec valeurs de base)	203 021 400
Potentiel de dommage: biens matériels	26 486 000
Potentiel de dommage: biens matériels (Calcul avec valeurs de base)	26 426 001
Potentiel de dommage: total	229 507 400
Potentiel de dommage: total (Calcul avec valeurs de base)	229 447 401

Répartition selon les bénéficiaires

Sans attribution d'un bénéficiaire

Potentiel de dommage: nombre de personnes	40.6
Potentiel de dommage: nombre de personnes (Calcul avec valeurs de base)	40.6
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées)	203 021 400
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées) (Calcul avec valeurs de base)	203 021 400
Potentiel de dommage: biens matériels	26 486 000
Potentiel de dommage: biens matériels (Calcul avec valeurs de base)	26 426 001
Potentiel de dommage: total	229 507 400
Potentiel de dommage: total (Calcul avec valeurs de base)	229 447 401

Bâtiments

Objets non modifiés

1, Wohneinheit Mehrfamilienhaus (à 2,24 Personen gemäss BFS)

Immeuble J.-R. Fiechter 25

Nombre:	5 Wohneinheit
Valeur	550 000
Ø Occupation:	2.24

11, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison avec partie rurale

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000
Ø Occupation:	2.24

12, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000
Ø Occupation:	2.24

13, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000
Ø Occupation:	2.24

2, Garage (Parkeinheit inkl. Fahrhabe)

Hangar chauffé avec véhicules

Nombre:	4 Stück
Valeur	60 000

3, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Chalet

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000
Ø Occupation:	2.24

4, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison+couvert

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000
Ø Occupation:	2.24

5, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Rue Principale 33

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000
Ø Occupation:	2.24

6, Industrie-/Gewerbegebäude

Usine ETA

Nombre:	32000 m³
Valeur	280

7, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison individuelle, garage touché

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000
Ø Occupation:	2.24

8, Garage (Parkeinheit inkl. Fahrhabe)

Garage avec outillage/réparation

Nombre:	6 Stück
Valeur	60 000

9, Wohneinheit Mehrfamilienhaus (à 2,24 Personen gemäss BFS)

Immeuble

Nombre:	5 Wohneinheit
Valeur	550 000
Ø Occupation:	2.24

Objets spéciaux

Objets modifiés

10, Frei wählbares Sonderobjekt

Cimetière

Nombre:	1 Stück
Valeur	60 000

Cimetière, d'imménagement

Facteur de présence	
---------------------	--

Trafic routier

Objets non modifiés

14, Kantonsstrasse, 12m Breite

Route cantonale

Nombre:	300 m
Valeur	4 100
Ø Occupation:	1.76
Ø Vitesse en km/h:	50
Ø Véhicules par jour:	5537

15, Gemeindestrasse, 8m Breite

Route communale

Nombre:	200 m
Valeur	2 300
Ø Occupation:	1.76
Ø Vitesse en km/h:	50
Ø Véhicules par jour:	300

Trafic ferroviaire

Objets non modifiés

16, Einspur

CFF

Nombre:	20 m
Valeur	6 300
Ø Vitesse en km/h:	80
Ø Véhicules par jour:	30
Ø Longueur du train en m:	20



3291 Villeret, PAE Faverges

Durée de vie 05.04.2018 -

Organisation

Commune: Villeret

Zone: Faverges

Personnes impliquées

Tièche, Damien - Projektleiter

Personne de contact canton Suisse

Pierre Mosimann

Personne de contact commune

R. Habeger, J. Vuitel

Avancement du projet

05.04.18, 15:55	Données de base du projet	Damien Tièche
05.04.18, 15:58	Description du projet	Damien Tièche
05.04.18, 15:59	Analyse de danger	Damien Tièche
05.04.18, 16:01	Définition des mesures	Damien Tièche
05.04.18, 16:11	Potentiel de dommages	Damien Tièche
05.04.18, 16:12	Analyse des conséquences	Damien Tièche
05.04.18, 16:12	Efficacité des coûts	Damien Tièche

Processus dangereux

Inondation dynamique Inondations pentes importantes

Scénario 30, 30 ans

Fichier http://127.0.0.1:9000/doc/CH/27-3-16/maps/3291_Villeret_Faverges_IntensiteInondationQ30_20180208.pdf

Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit 0.9

Scénario 100, 100 ans

Fichier http://127.0.0.1:9000/doc/CH/27-3-16/maps/3291_Villeret_Faverges_IntensiteInondationQ100_20180208.pdf

Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit 0.7

Scénario 300, 300 ans

Fichier http://127.0.0.1:9000/doc/CH/27-3-16/maps/3291_Villeret_Faverges_IntensiteInondationQ300_20180208.pdf

Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit 0.9

Définition des mesures

Mesure: Mesures du PAE

Remise à ciel ouvert, ouvrages béton avec grille pour éviter obstruction des mises sous couverture, pousse-tube sous route cantonale

Coûts d'investissement	815 000 CHF
Frais annuels d'entretien	4 000 CHF/a
Frais annuels d'exploitation	0 CHF/a

Durée de vie de la mesure	80 ans
Frais annuels	22 338 CHF/a

Vue d'ensemble des résultats

Vue d'ensemble du potentiel de dommage

Potentiel de dommage: nombre de personnes	40.6
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées)	203 021 400
Potentiel de dommage: biens matériels	26 486 000
Potentiel de dommage: total	229 507 400

Inondation dynamique Inondations pentes importantes

Risque avant mesures	53 031 CHF/a
Risque avant mesures (Calcul avec valeurs de base)	52 962 CHF/a
Une fois la mesure prise Mesures du PAE	0 CHF/a
Une fois la mesure prise Mesures du PAE (Calcul avec valeurs de base)	0 CHF/a

Diminution du risque (utilité) CHF/an

Mesures du PAE	53 031 CHF/a
Mesures du PAE (Calcul avec valeurs de base)	52 962 CHF/a

Coûts de la mesure CHF/an

Mesures du PAE	22 338 CHF/a
----------------	--------------

Répartition selon les bénéficiaires

Sans attribution d'un bénéficiaire

Mesures du PAE	22 337 CHF/a (100%)
----------------	---------------------

Rapport utilité/coûts

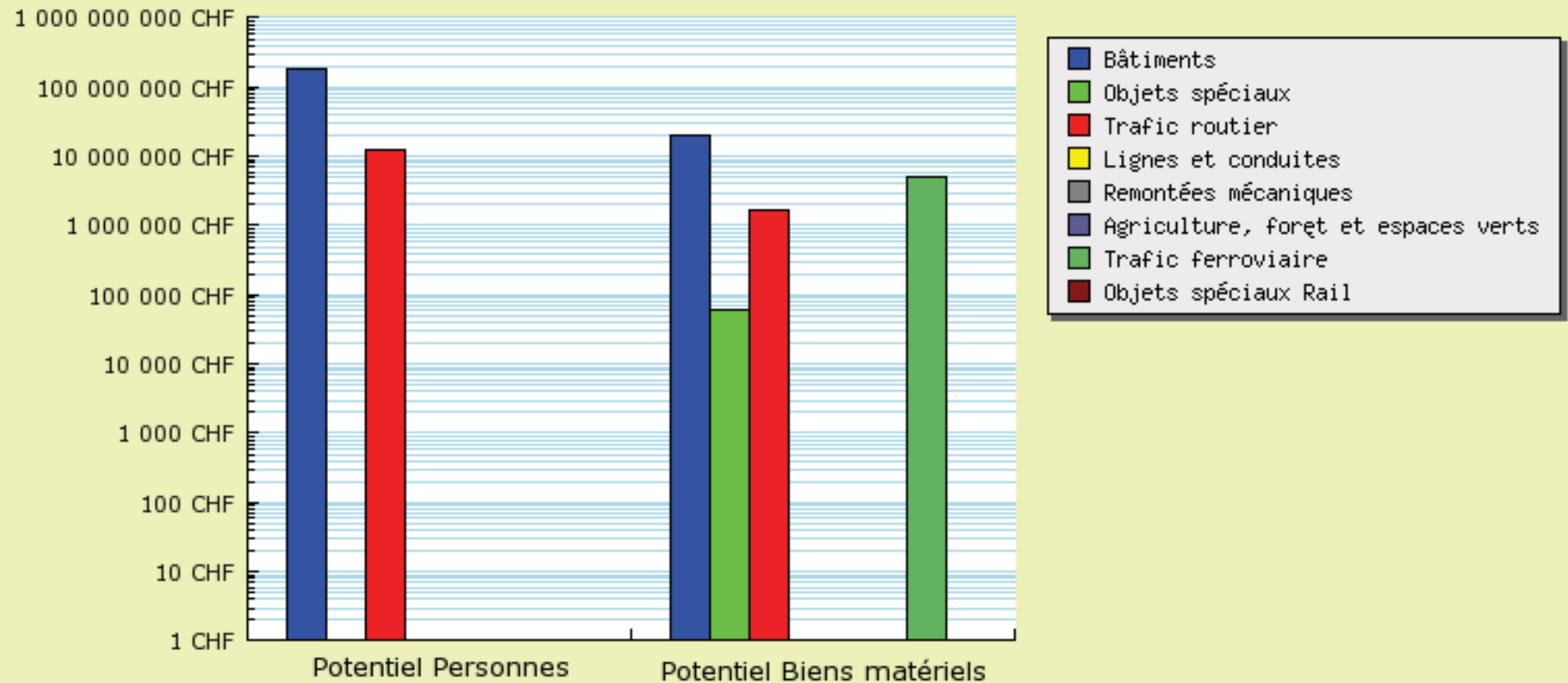
Mesures du PAE	2.4
Mesures du PAE (Calcul avec valeurs de base)	2.4

Risque individuel (nombre d'objets touchés)

Avant la prise de la mesure	0	0	9
Une fois la mesure prise Mesures du PAE	0	0	0

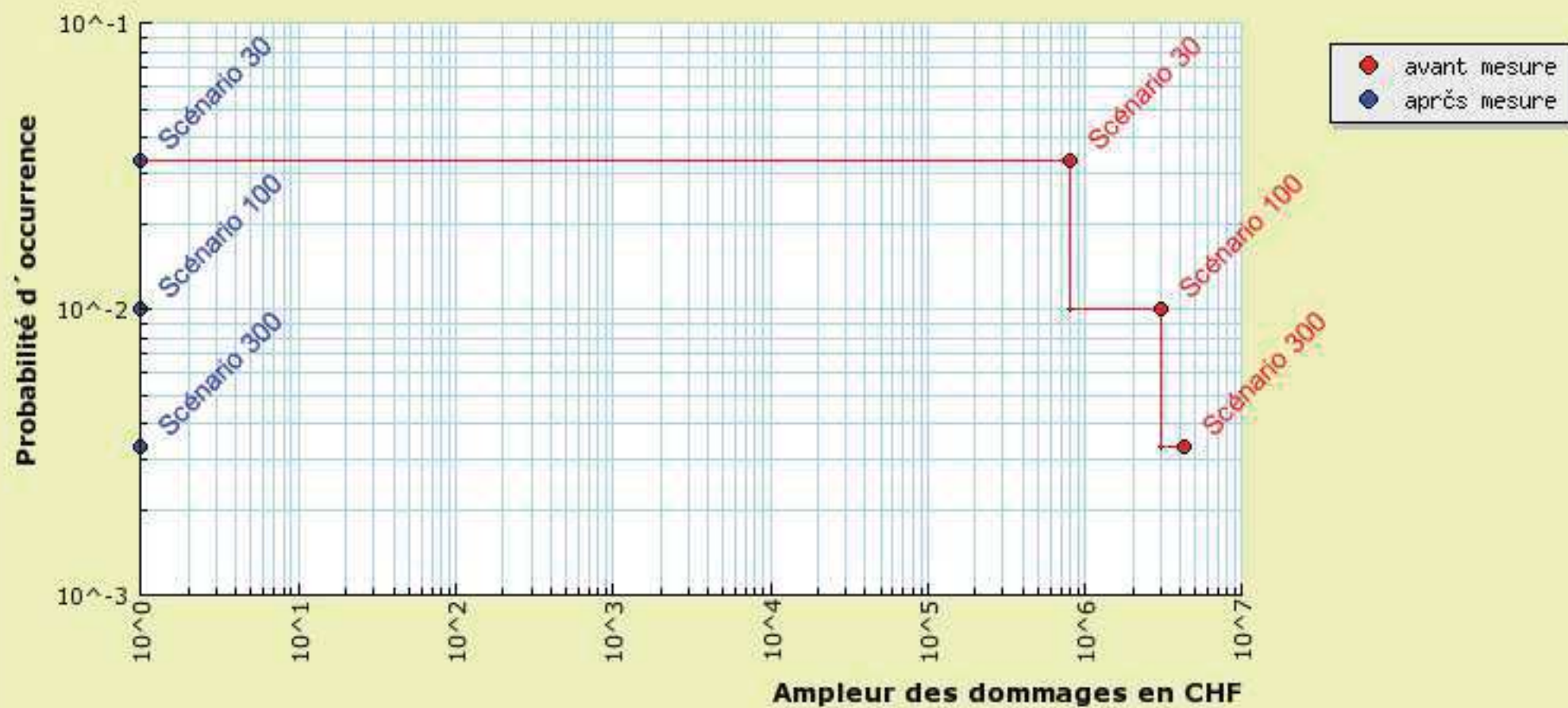
Potentiel de dommage selon catégorie d'objet

Potentiel de dommage selon catégorie d'objet

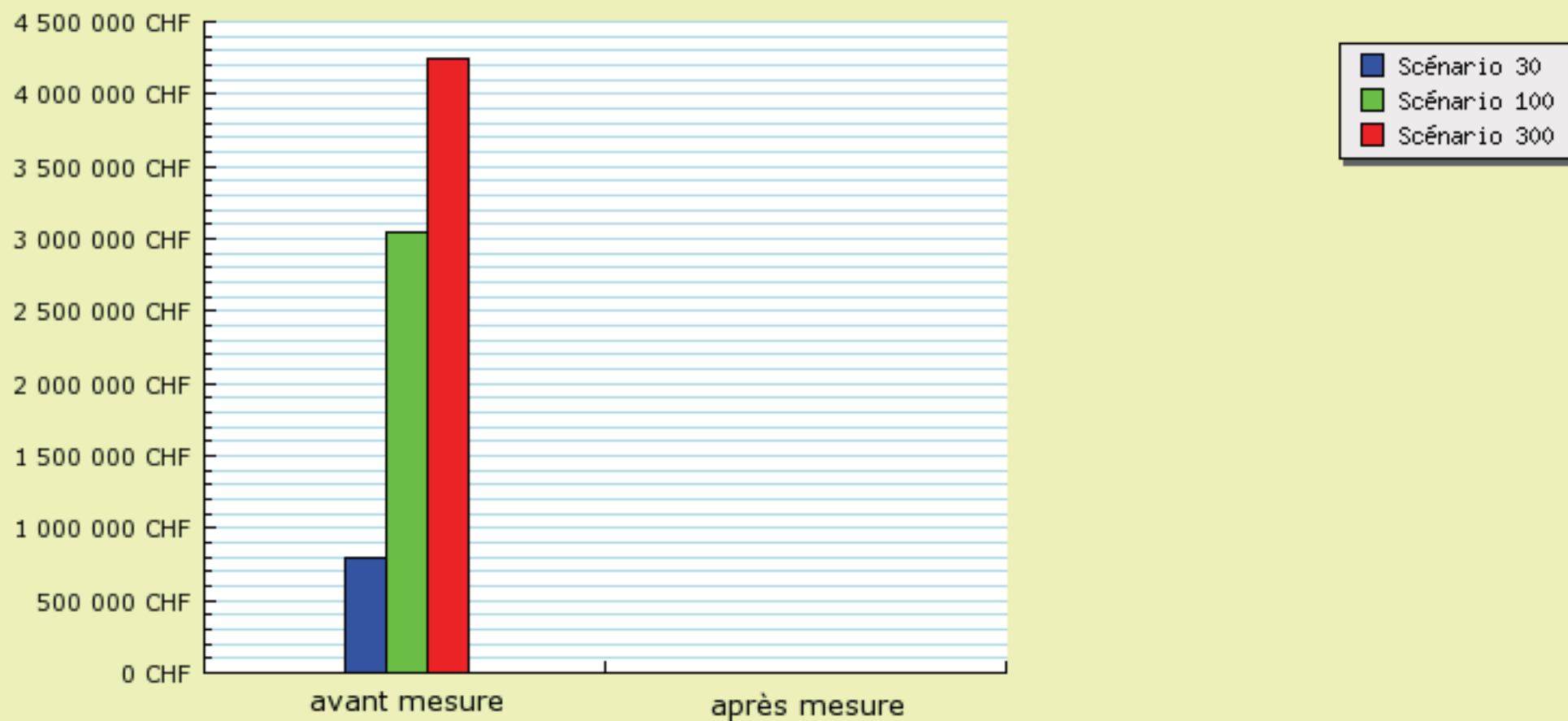


Inondation dynamique, Inondations pentes importantes, Mesures du PAE - Probabilité d'occurrence / ampleur des dommages

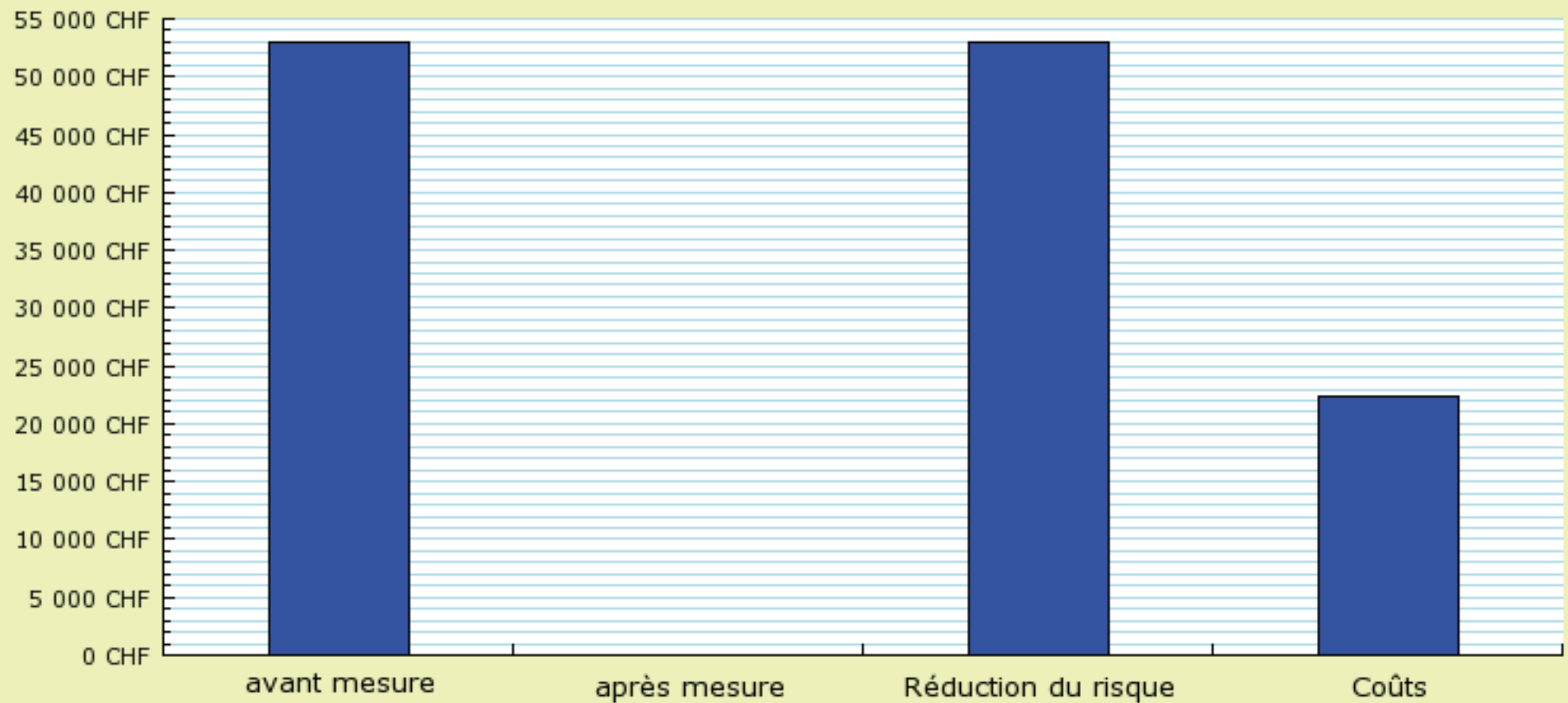
Probabilité d'occurrence / ampleur des dommages



Inondation dynamique, Inondations pentes importantes, Mesures du PAE - Ampleur des dommages selon le scénario

Ampleur des dommages selon le scénario (avant et après mesure)

Inondation dynamique, Inondations pentes importantes, Mesures du PAE - Risques, réduction des risques et coûts en CHF/an

Risques, réduction des risques et coûts en CHF/an



Commune de Villeret

Carte des dangers naturels d'inondation complémentaire Situation des dangers naturels d'inondation du ruisseau des Faverges



3291 Rapport technique



Validation et distribution des documents

Nom du document	3291_Rapport complémentaire carte des dangers_Faverges_20140319.doc
Date d'élaboration du document	26/09/2013
Date des modifications	19/03/2014
Visa du responsable	
Distribution	Commune de Villeret Office des Ponts et chaussées 3 ^{ème} Arrondissement ATB



Table des matières

1.	Introduction	4
1.1.	Bases du projet	4
1.1.1.	Données de bases et références	4
1.1.2.	Aménagement du territoire et population	4
1.1.3.	Information historique	4
1.1.4.	Topographie	5
2.	Evaluation des processus de danger pour le ruisseau (dans le périmètre A de la carte communale des dangers)	5
2.1.	Crue et inondations	5
2.1.1.	Inventaire des ouvrages et phénomènes	5
2.1.2.	Hydrogéologie	6
2.1.3.	Hydrologie	6
2.1.4.	Débits de crue	7
2.1.5.	Scénarios	7
2.1.6.	Caractéristiques du ruisseau	8
2.1.7.	Ruissellement superficiel	10
2.1.8.	Entretien du cours d'eau	11
2.2.	Points de conflit et mesures	11

ANNEXES

Annexe A Situation 1:12'000, Surface du bassin versant topographique

Annexe B Calculs des dommages EconoMe 2.2

PIECES JOINTES AU RAPPORT

Pièce jointe 1a	Carte de phénomènes de dangers liés à l'eau	1:2'000
Pièce jointe 2a/b/c	Cartes des intensités de dangers liés à l'eau	1:2'000
Pièce jointe 3	Carte individuelle de dangers liés à l'eau	1:2'000



1. Introduction

Ce rapport traite des dangers naturels d'inondation du ruisseau des Faverges situé dans la commune de Villeret. Il se veut être un complément à *la situation des dangers naturels de la commune de Villeret* établi en 2009 par CIG communauté d'ingénieurs et géologue. Les indications de nature générales se trouvent dans le rapport général (rapport de base).

1.1. Bases du projet

1.1.1. Données de bases et références

- *Situation des dangers naturels de la commune de Villeret*, CIG communauté d'ingénieurs, 2009
- *Etude préliminaire pour la détermination des contraintes hydrauliques du ruisseau « Tivoli »*, ATB, 23.04.2012
- *ECP 28 Rue J.-R. Fiechter, Réfection de la route, Demande de permis de construire, Note hydraulique du ruisseau des Faverges*, ATB SA, 09.04.2013
- *Atlas géologique de la Suisse*

1.1.2. Aménagement du territoire et population

Les données principales concernant la commune de Villeret figure dans le rapport général. De nouveaux projets ou de nouvelles constructions figurent cependant dans le périmètre d'étude, à savoir :

- Le plan de quartier « Tivoli », qui prévoit l'évacuation des eaux claires dans le ruisseau à travers un bassin de rétention/infiltration avec un débit limité à 30 l/s.
- La construction de l'usine ETA, qui impliquera la remise à ciel ouvert du ruisseau au bord de la route. Lors des travaux (2013), des sources relativement importantes ont été captées dans le terrain lors des terrassements. Elles seront rejetées dans le ruisseau à travers les drainages en aval du cimetière.
- La réfection de la route J.-R. Fiechter, dont les travaux sont en cours. Le ruisseau sera aménagé dans une buse D=1.20 m avec un lit « naturel ». Le gabarit de la buse permettra de faire passer un débit de 1 m³/s (env. Q100) en respectant une revanche de 50 cm. Le ruisseau sera ensuite raccordé au TC 300 existant, en prévision d'une remise à ciel ouvert complète. Le ruisseau était initialement canalisé en bordure de route dans un TC 300.

1.1.3. Information historique

L'information historique sur les crues est essentielle pour comprendre la génération des forts débits, les processus déclencheurs des hautes eaux et du transport de sédiment, les zones d'inondation, d'érosion et de déposition, et les effets de ces phénomènes. Ces renseignements ont été recueillis auprès du personnel communal ainsi qu'auprès du fontainier, le plus à même de donner des informations pour ce secteur.

Selon ces témoignages, le ruisseau déborde 1x par année vers le mur à l'amont de la parcelle 288 (bâtiment à la rue principale n° 54) ; l'eau s'écoule ensuite vers l'Ouest dans la zone verte avant de retourner à nouveau sur la parcelle 288 en amont du petit bassin existant. Une zone humide est effectivement visible sur ce secteur.

La situation se répète dans la parcelle entre la barrière et le petit bâtiment situé sur le ruisseau



Le ruisseau déborde également une fois chaque deux à trois ans au bord de la parcelle 287 avant sa mise sous tuyau (à cause notamment du manque d'entretien de la grille avant le tuyau Ø500). Les écoulements passent entre les deux bâtiments et finissent sur la route cantonale.

1.1.4. Topographie

Un modèle numérique de terrain a été généré sur la base du MNT JUBE et complété par des relevés de terrain effectués par ATB.

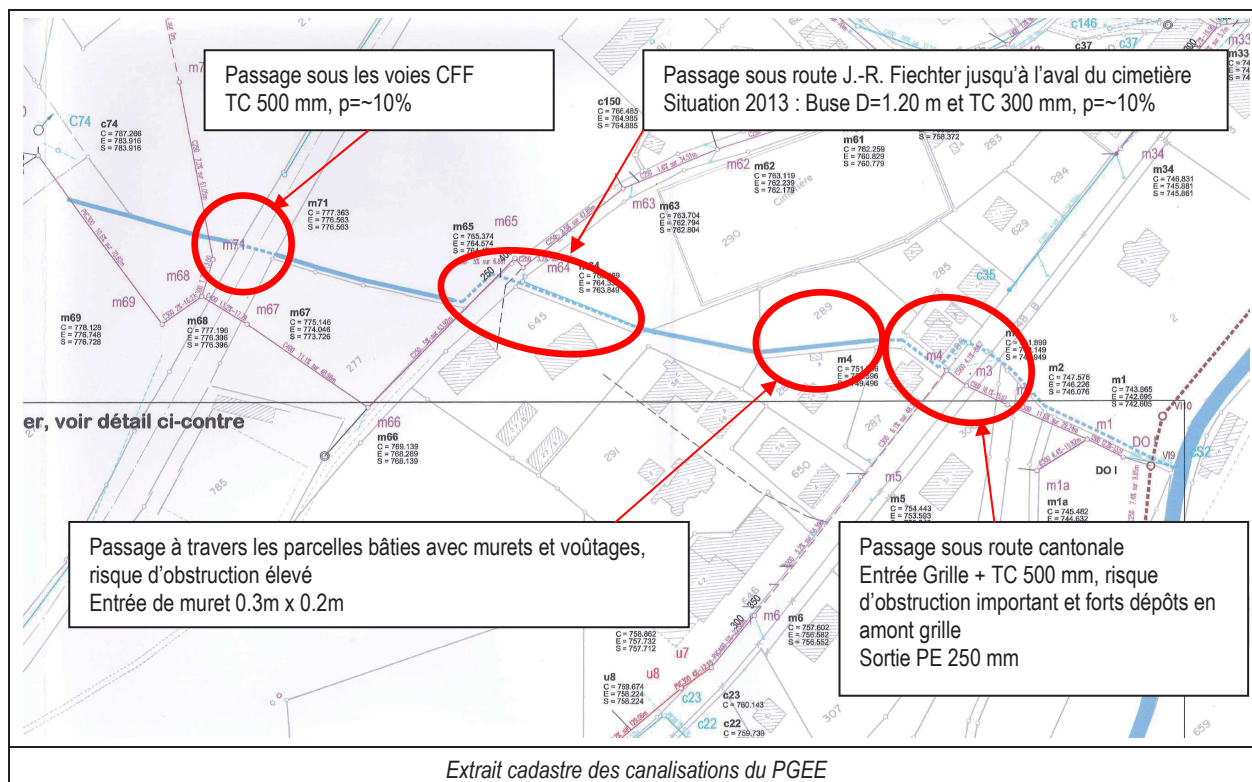
2. Evaluation des processus de danger pour le ruisseau (dans le périmètre A de la carte communale des dangers)

2.1. Crue et inondations

L'étendue des inondations représente l'étendue maximale pour des événements d'un temps de retour important (événements se produisant respectivement tous les 30, 100 et 300 ans) en tenant compte d'une obstruction des voûtages.

2.1.1. Inventaire des ouvrages et phénomènes

Le ruisseau présente plusieurs points faibles en termes de capacité et d'obstruction :



La situation ci-dessus tient compte des projets et des travaux en cours de la route J.-R. Fiechter et de l'usine ETA.



Les capacités de ces différents ouvrages sont résumées ci-dessous et figure sur la carte des phénomènes :

Désignation	Caractéristiques	Capacité [l/s]
Passage sous voies CFF	TC 500, p=~10%, sans mise en charge	900-1'000
	TC 500, p=~10%, avec mise en charge	800-1'000
Passage sous route J.-R. Fiechter, état 2013	Capacité buse D=1.2 m	1'000+0.5m (revanche)
	Capacité TC 300, p=~10%	280
Muret à l'entrée des parcelles bâties	B=0.3m, h=0.15-0.2m, éc. surface libre	70-100
	B=0.3m, h=0.15-0.2m, orifice noyé contracté	50
Passage sous route cantonale	Entrée grille, orifice noyé contracté, SWMM	250-320
	Canalisation sous route, PE 250 mm, en charge	250-300

2.1.2. Hydrogéologie

Le bassin versant topographique mesure 1.05 km² et figure dans l'annexe A. Dans sa partie haute, il est principalement composé de calcaire (> 1'200 msm). Des études dans la région ont montré qu'environ 60% des eaux pluviales qui tombait sur ce type de roche plissée s'infiltrait dans le massif. Le fond de vallée (à partir des falaises, < 1'200 msm) est quant à lui composé d'une couche molassique relativement étanche surmontée par une couche d'éboulis de pente (graviers calcaires et limons). Cette configuration implique que les écoulements sont répartis dans la couche d'éboulis de sorte que de nombreuses sources ponctuelles peuvent être captées si on creuse dans cette couche, comme cela a été le cas lors des terrassements de l'usine ETA. Il n'y a donc pas de convergence de l'ensemble des eaux recueillies par le bassin versant topographique dans le lit du ruisseau des Faverges, ce qui limite son débit de crue. En l'occurrence, la plupart des résurgences ont dû être captées lors de la construction des zones bâties au Nord de St-Imier et de Villeret. La surface du bassin versant géologique, qui participe effectivement aux débits de crue du ruisseau, est ainsi évaluée à 0.50 km².

2.1.3. Hydrologie

Le ruisseau prend sa source au Nord des voies CFF, à env. 783 msm, et sert vraisemblablement d'exutoire aux eaux propres et parasites de plusieurs zones d'apport actuellement construites, et à d'autres qui le seront prochainement. Soit de l'amont vers l'aval :

- 5-6 parcelles construites au Sud de la rue Tivoli
- Nouveau lotissement Tivoli, dont les eaux claires seront limitées à 34 l/s par un bassin de rétention/infiltration
- Drainages de la voie CFF
- Nouvelle usine ETA (max toléré de 15 l/s, sans compter les apports des drainages))
- Eaux de chaussée de la Rue J.-R. Fiechter et eaux parasites depuis le tennis jusqu'à l'accès Sud de l'usine ETA
- Trop-plein (CH m4) des eaux de chaussée de la route cantonale et des eaux mélangées des bâtiments au Nord de la route depuis l'usine Straumann



L'intensité et la durée de la pluie qui provoque le débit de crue du ruisseau n'est pas la même que celle qui provoque les débits de pointe pour les surface étanches. Ces débits de pointes n'ont donc pas lieu en même temps. Le phénomène lié au débit de crue du ruisseau est déterminant dans ce cas.

2.1.4. Débits de crue

Une seule valeur de débit de crue a été choisie pour toute la longueur du cours d'eau. Elle tient compte des raccordements d'eaux claires du réseau de canalisations.

Calage sur événements historiques

Les informations historiques permettent de mettre en relation la fréquence des débordements observés avec la capacité des ouvrages, et donc des débits survenus. Une courbe de tendance de type Gumbel permet ensuite d'extrapoler l'occurrence de ces événements et de déterminer les crues rares. D'après cette mise en relation, Q1 doit être d'environ 70 à 100 l/s et Q2.3 environ 250 et 300 l/s. Pour ce type de ruisseau, le facteur entre Q2.33 et Q100 est de 2.23 à 2.75. Ceci correspond aux valeurs suivantes :

SBV topo	Q30	Q100	Q300
1.05 km2	464 à 666 l/s	557 à 825 l/s	640 à 969 l/s

Hakesch

Le programme Hakesch permet l'estimation des débits de crue pour des petits bassins versants sur la base de formules empiriques. L'estimation tient compte de la surface de bassin versant géologique. Les résultats sont résumés ci-dessous :

Q20	Q100	Q300
510-540 l/s	860-910 l/s	1'000-1'060 l/s

Remarque : la valeur Q300 est extrapolée selon une courbe de tendance type Gumbel.

Valeurs retenues :

Les débits de crue caractéristiques figurent ci – dessous. Elles représentent les valeurs les plus hautes pour tenir compte au mieux des apports d'eaux claires et d'éventuels raccordements supplémentaires par des mises en séparatif.

SBV topo	Q30	Q100	Q300
1.05 km2	500 l/s	900 l/s	1'050 l/s

2.1.5. Scénarios

Les scénarios d'inondation sont définis par rapport aux débits d'écoulement en surface et par rapport aux phénomènes de sous-capacité et d'obstruction. Les scénarios servent de base à la modélisation hydraulique. Celle – ci a été réalisée avec le logiciel Flo 2D et a permis d'évaluer l'étendue maximale des inondations. Elle reflète le cas le défavorable, comme de la présence d'obstacles éventuels, et ne tient pas compte de la présence de grilles de route.

Les obstructions du gabarit des voûtages et des seuils sont simulées en admettant qu'un pourcentage du gabarit est obstrué, dans le cas où la revanche n'est pas respectée ou qu'aucun piège à débris flottants/gravier ne soit effectif. Le pourcentage est une valeur fictive qui représente l'effet de l'obstruction physique probable. Un embâcle obstrue l'écoulement par le volume d'obstruction mais aussi par l'augmentation de turbulence autour de l'embâcle. Un seuil



retient souvent des branches. Le pourcentage d'obstruction pour un seuil indique le pourcentage bloqué en largeur. En hauteur on considère que 1 mètre est bloqué sur le seuil.

2.1.6. Caractéristiques du ruisseau

Faverges, 760 à 663 m/m			
Bassin versant topographique	1.05 km ²		
Bassin versant géologique	0.50 km ²		
Longueur du cours d'eau	400 m		
Propriétés bassin versant	- Boisé env. 56% - Prés, champs, pâturages env. 40% - Point culminant 1'272 m/m - Point inférieur 740 m/m - Effluent : Suze		
Propriétés cours d'eau			
Ouvrages de protection (voir carte des phénomènes)	- Nombreux voûtages et seuils - Berges bétonnées dans les parcelles bâties		
Événement selon cadastre	----		
Traces d'événements	Aucune		
Hydrologie	Programme Hakesch, capacité ouvrages existants mis en relation avec occurrence des événements		
Hydraulique	Modélisation hydraulique 2D avec Flo-2D		
Débits de pointe (source à exutoire)	HQ30 0.5 m ³ /s	HQ100 0.9 m ³ /s	HQ300 1.05 m ³ /s
Charriage potentiellement mobilisable (volume foisonné)	Pas déterminant		
Dépôts de matériaux charriés	Devant la grille avant la canalisation sous la route cantonale.		
Bois flottant	Le seul apport de bois flottant peut provenir du cordon boisé de 20 m en aval des voies CFF. Il est composé de végétation buissonnante à arbustive, le diamètre des troncs et des branches est faible. Ils peuvent obstruer la chambre à côté du cimetière d'où part le TC 300.		
Processus pertinent	Inondation		
Fonctionnement des ouvrages de protection	Les voûtages et le bétonnage des berges évitent l'érosion des rives et du lit.		
Points faibles	Q₃₀ : a : Sous capacité du lit en amont et en aval des voies CFF. Obstruction du lit en aval des voies CFF. b : Sous capacité TC300 en aval de la route J – R. Fiechter.		

	c : Sous capacité et obstruction du lit et des voûtages dans la parcelle N°288 d : Sous capacité de la canalisation sous la route cantonale et obstruction de la grille d'entrée
	Q_{100} : a, b, c, d idem Q_{30} e : Obstruction du passage sous – voie CFF Q_{300} : a, b, c, d, e idem Q_{100}
Evaluation et niveau de dangers	Moyen à faible
Proposition de mesures	Vu la complexité et le nombre de mesures à mettre en place, l'élaboration d'un plan d'aménagement des eaux est recommandée.
Photo 1 : Vue direction aval. En amont des voies CFF.	
Photo 2 Vue direction amont. En amont de la route J.-R. Fiechter	

Photo 3

Vue direction amont. Depuis parcelle 288



Photo 4

Vue direction aval. Grille avant canalisation sous route cantonale



Photo 5

Vue direction aval. Entre route cantonale et Suze



2.1.7. Ruissellement superficiel

Sur un sol gelé, saturé ou rocheux des précipitations persistantes ou intensives ainsi qu'une forte fonte des neiges peuvent produire des inondations locales. Les zones sensibles se trouvent au pied de talus, dans les parties rocheuses, au fond des vallées ou dans les versants. En raison de l'apparition très locale, de l'impossibilité de prédiction et de

l'intensité ordinairement faible de ces processus, seuls les endroits à événements d'importance possible sont symbolisés sur la carte des dangers.

- ☞ Il n'y a pas de ruissellement superficiel identifié comme important sur le bassin versant du ruisseau

2.1.8. Entretien du cours d'eau

L'entretien approprié des cours d'eaux peut réduire ou même éviter la majeure partie des dangers.

- Les bois mort se trouvant dans les cours d'eaux devraient être enlevé périodiquement.
- La végétation de berge aura tendance à pousser dans le gabarit d'écoulement du cours d'eau et pourra ainsi l'amoinrir substantiellement. Les buissons et arbres devront être le cas échéant, écourtés.
- Par des événements d'inondations prévisibles, le service du feu s'acquittera de placer des ouvrages temporaires de protection (par exemple des sacs de sable) aux points névralgiques. Le contrôle des sections d'écoulement critiques connues au préalable (tuyaux ou ponts) peut s'avérer utile.
- Il sera aussi pris en considération l'état des ouvrages de protection. L'entretien de ces ouvrages doit être assuré.
- Des petits ponts ou des passerelles peuvent être emportées par des crues et peuvent mener à des obstructions en aval. Il sera préférable de les démanteler ou déplacer en position plus élevée.

2.2. Points de conflit et mesures

L'évaluation des dangers a pour but de démontrer quel danger aura lieu quand, où et avec quelle ampleur. Ci-dessous, les dangers, respectivement les risques acceptables et les risques non acceptables sont définis.

Pour l'évaluation de mesures à prendre pour une zone de danger précise, l'on peut recourir dans le Canton de Berne aux matrices des objectifs de protection développées par le groupe de travail des dangers naturels (AG Nagef). Par exemple les zones à bâtir, les hameaux denses, les bâtiments isolés habités continuellement devront être largement protégés contre des intensités moyennes et fortes pour des événements avec des occurrences de jusqu'à 100 ans. Pour des intensités faibles (index Ü2 et Ü3) des mesures de protection sont à vérifier. Il est admissible d'exposer des bâtiments habités temporairement, des bâtiments non habités ou des étables avec des animaux à des intensités moyennes pour des événements rares (occurrence de 30 à 100 ans).

Legende

	Schutz- oder Vorsorgemassnahmen nötig
	Schutz- oder Vorsorgemassnahmen überprüfen (Risikoanalyse)
	Toleriert, im Allgemeinen keine Massnahmen nötig



Fig.: Matrice des objectifs de protection pour des agglomérations de la catégorie d'objet I (Risikostrategie Naturgefahren, Grundlagenpapier, Regierungsrat, 10. August 2005)



Si la protection nécessaire n'est pas réalisable par la planification de l'aménagement du territoire uniquement (ex. zones à bâtir avec contraintes), des mesures constructives de protection seront prévues.

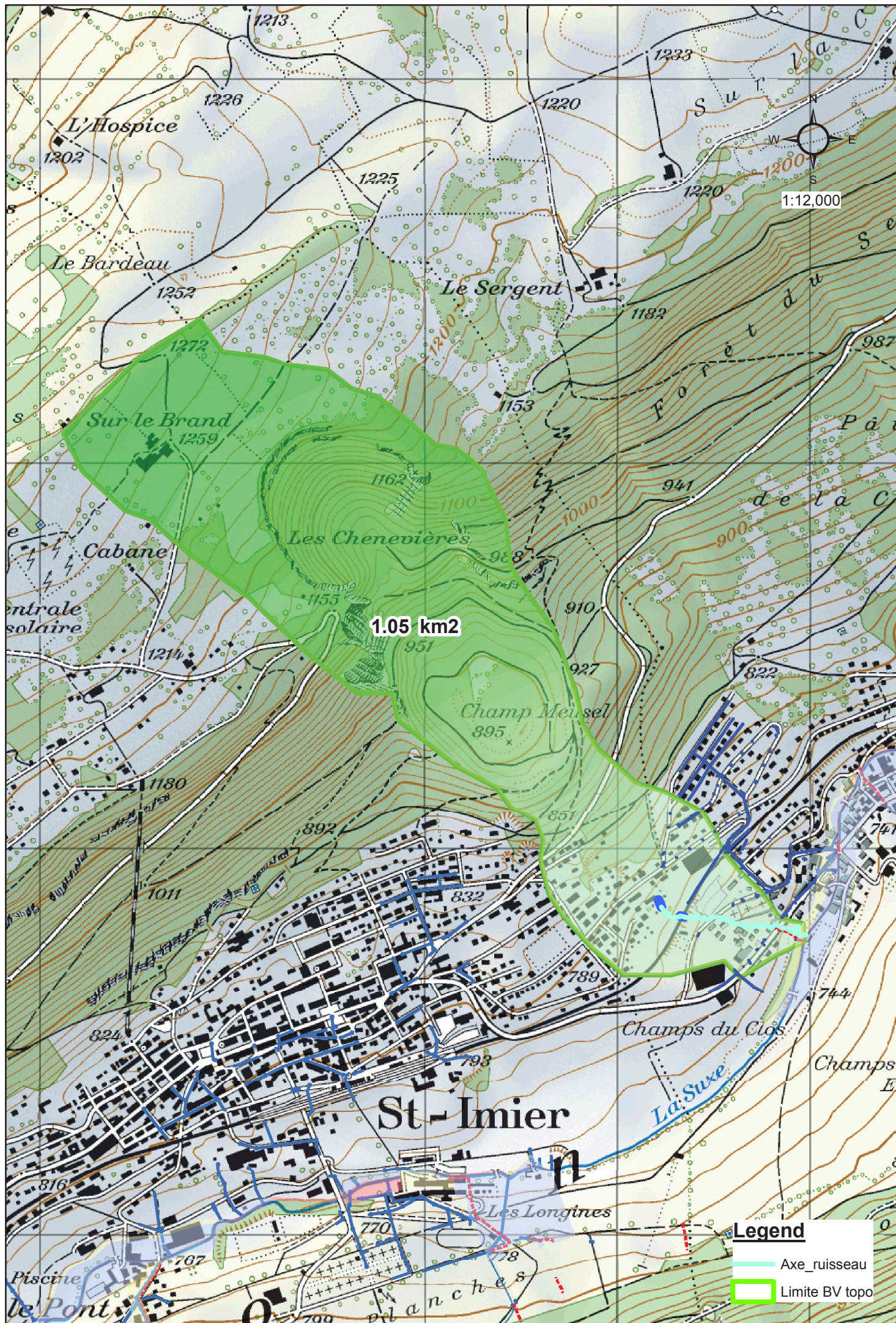
Une analyse de risque détaillée avec catalogage des objets et carte des déficits de protection ne fait pas partie de cette carte des dangers.



Annexe A:

Situation 1:12'000

Surface du bassin versant topographique





Annexe B:

Calcul des dommages EconoMe 2.2



Berne - EconoMe Projekt 6-2-6 Résumé

19.03.14, 17:51:32

3291 Villeret, Carte des dangers

Durée:	27.02.2014 -
Entreprise:	ATB SA
Commune:	Villeret
Secteur:	Faverges

Personnes concernées

Tièche, Damien - Administrator BAFU

ATB SA

Téléphone 0324945588

damien.tieche@atb-sa.ch

Contact au canton Berne: Pierre Mosimann

Contact à la commune: M. Inconnu

Avancement du projet

27.02.14, 16:31	Créer le projet	Damien Tièche
27.02.14, 16:31	Le chef de projet a été informé	Damien Tièche
27.02.14, 16:41	Définition du système	Damien Tièche
27.02.14, 16:43	Analyse de danger	Damien Tièche
19.03.14, 17:34	Définition des objets dans le périmètre	Damien Tièche
19.03.14, 17:39	Analyse des conséquences	Damien Tièche
19.03.14, 17:39	Risque individuel	Damien Tièche
19.03.14, 17:51	Définir la mesure	Damien Tièche
03.03.14, 11:31	Analyse des conséquences une fois la mesure prise	Damien Tièche
03.03.14, 11:31	Risque individuel une fois la mesure prise	Damien Tièche
03.03.14, 11:31	Efficacité des coûts	Damien Tièche

Processus dangereux

Inondation dynamique Complément carte des dangers - Inondation

Scénario 30, 30 ans

Fichier http://127.0.0.1:9000/doc/BE/6-2-6/3291_Villeret_Faverges_IntensiteInondationQ30.pdf

Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit 0.9

Scénario 100, 100 ans

Fichier http://127.0.0.1:9000/doc/BE/6-2-6/3291_Villeret_Faverges_IntensiteInondationQ100.pdf

Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit 0.7

Scénario 300, 300 ans

Fichier http://127.0.0.1:9000/doc/BE/6-2-6/3291_Villeret_Faverges_IntensiteInondationQ300.pdf

Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit 0.9

Définition des mesures

Plan aménagement des eaux

PAE Ã Ã©laborer pour dÃ©finir les mesures Ã prendre.

Coûts d'investissement	500 000 CHF
Frais annuels d'entretien	1 000 CHF/a
Frais annuels d'exploitation	100 CHF/a
Durée de vie	80 ans
Frais annuels	12 350 CHF/a

Aperçu des résultats

Vue d'ensemble du potentiel de dommage

Potentiel de dommage: nombre de personnes	40.6
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées)	203 021 400 CHF
Potentiel de dommage: biens matériels	26 776 000 CHF
Potentiel de dommage: total	229 797 400 CHF

Inondation dynamique Complément carte des dangers - Inondation

Risque avant mesures	32 717 CHF/a
Risque avant mesures (Calcul avec valeurs de base)	31 545 CHF/a
Une fois la mesure prise Plan aménagement des eaux	0 CHF/a
Une fois la mesure prise Plan aménagement des eaux (Calcul avec valeurs de base)	0 CHF/a

Diminution du risque (utilité) CHF/an

Plan aménagement des eaux	32 717 CHF/a
Plan aménagement des eaux (Calcul avec valeurs de base)	31 545 CHF/a

Coûts de la mesure CHF/an

Plan aménagement des eaux	12 350 CHF/a
---------------------------	--------------

Répartition selon les bénéficiaires

Sans attribution d'un bénéficiaire

Plan aménagement des eaux	12 350 CHF/a (100,0%)
---------------------------	-----------------------

Rapport utilité/coûts

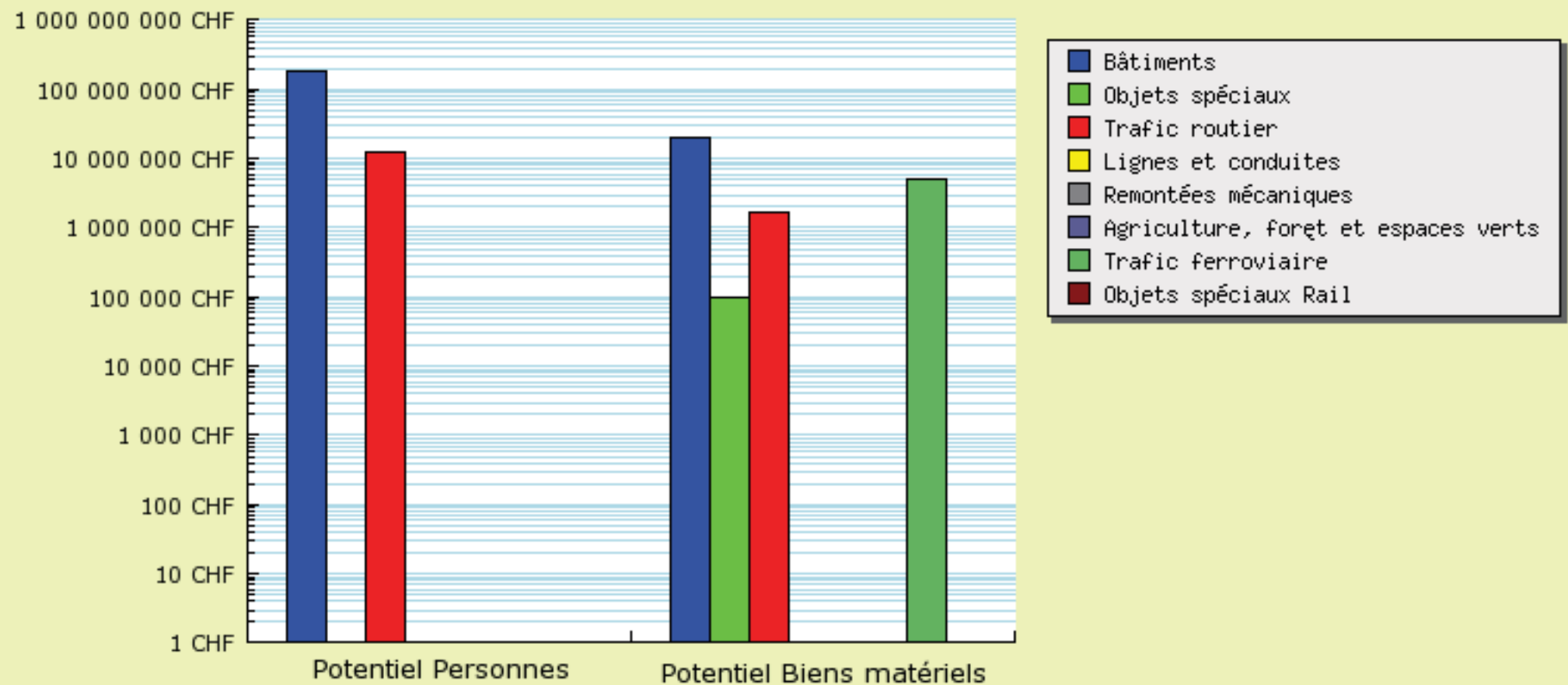
Plan aménagement des eaux	2,6
Plan aménagement des eaux (Calcul avec valeurs de base)	2,6

Risque individuel (nombre d'objets touchés)

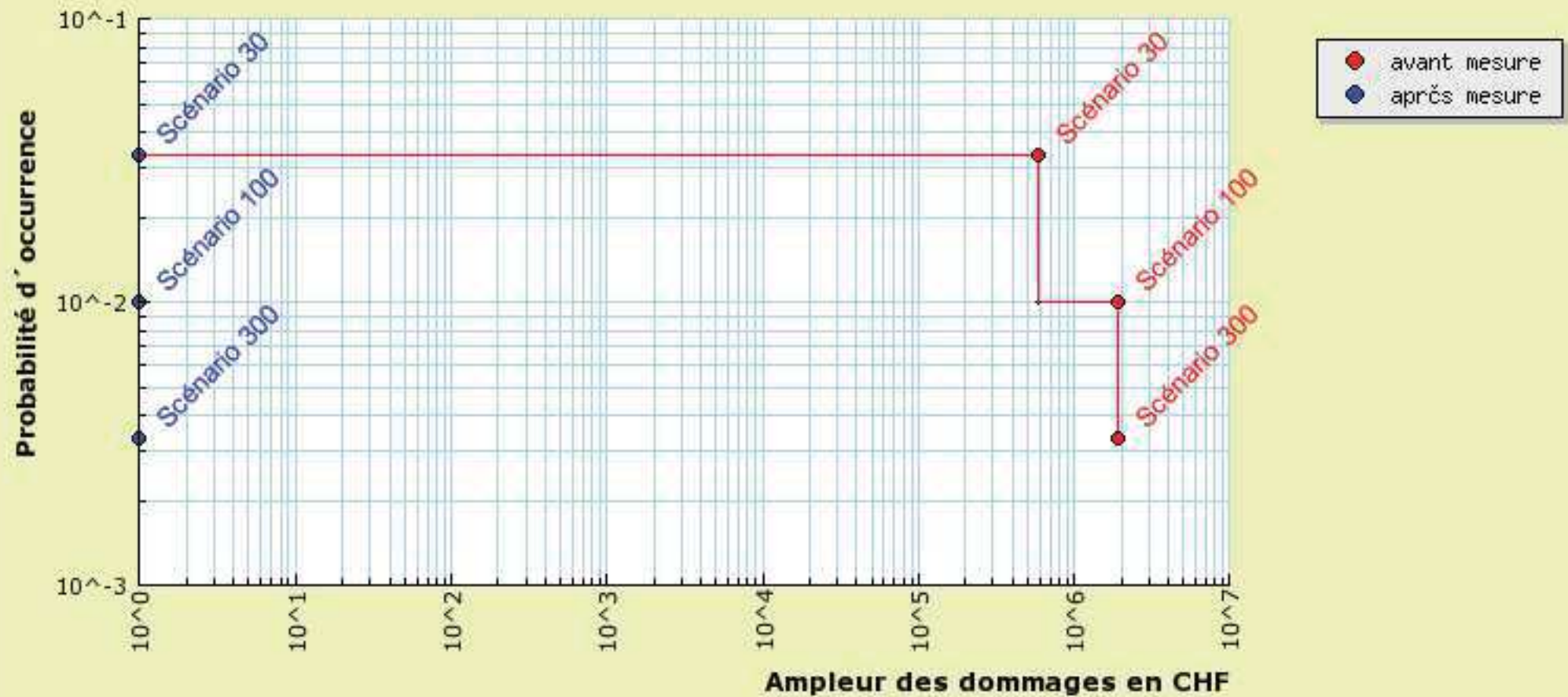
Avant la prise de la mesure	0	0	9
Une fois la mesure prise Plan aménagement des eaux	0	0	0

Potentiel de dommage selon catégorie d'objet

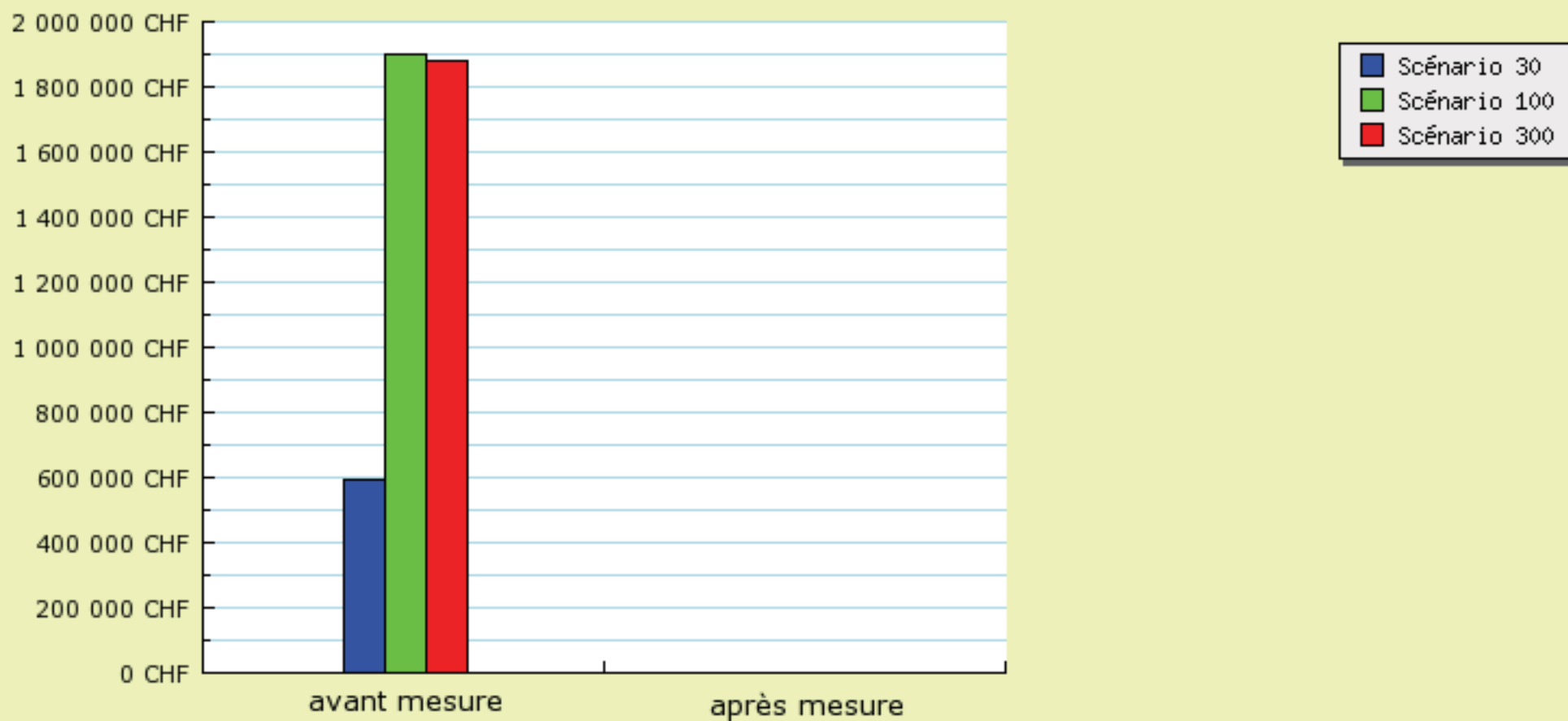
Potentiel de dommage selon catégorie d'objet



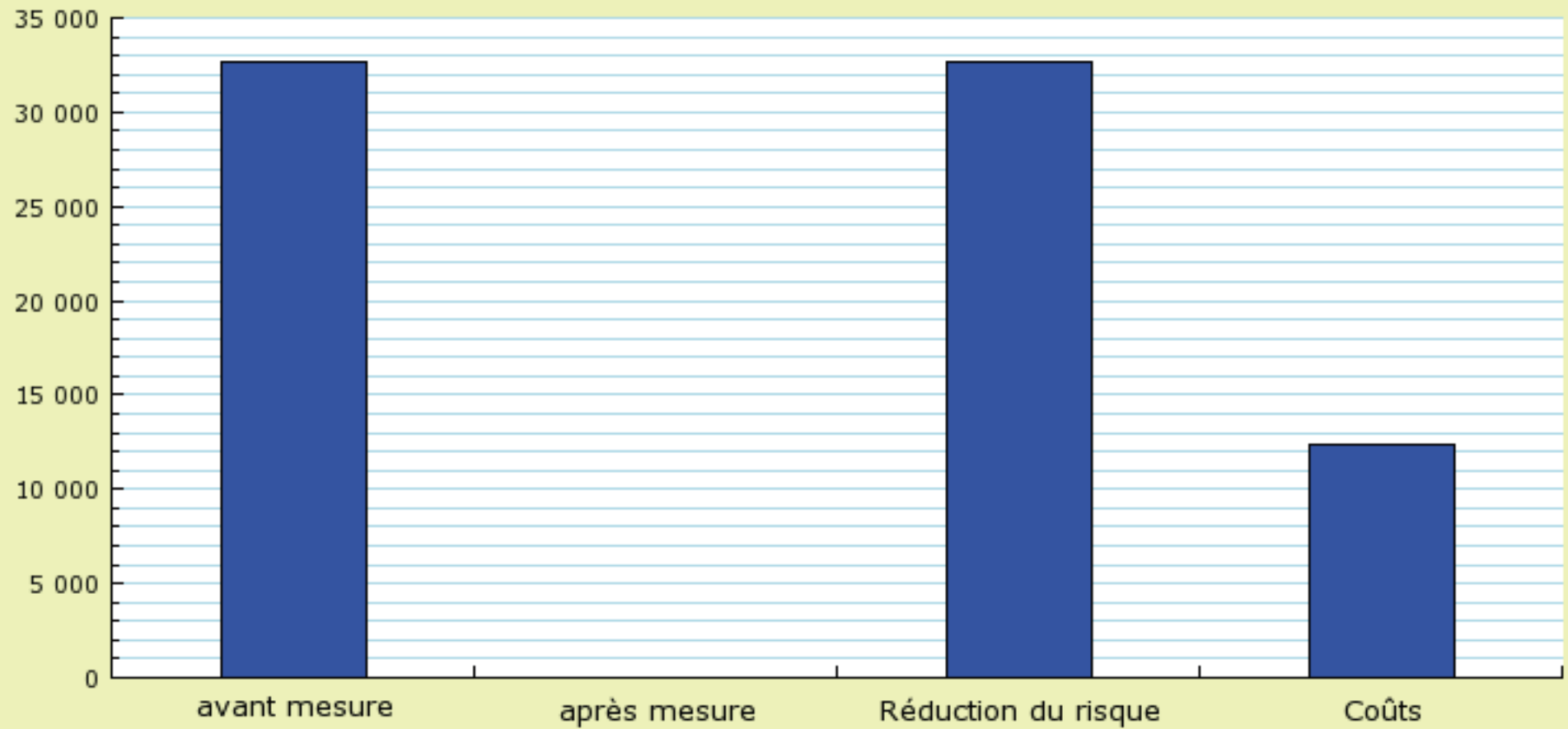
Probabilité d'occurrence / ampleur des dommages



Inondation dynamique, Complément carte des dangers - Inondation, Plan aménagement des eaux - Ampleur des dommages selon le scénario

Ampleur des dommages selon le scénario (avant et après mesure)

Inondation dynamique, Complément carte des dangers - Inondation, Plan aménagement des eaux - Risques, réduction des risques et coûts en CHF/an

Risques, réduction des risques et coûts en CHF/an



Analyse des conséquences avant prise de la mesure

Inondation dynamique Complément carte des dangers - Inondation

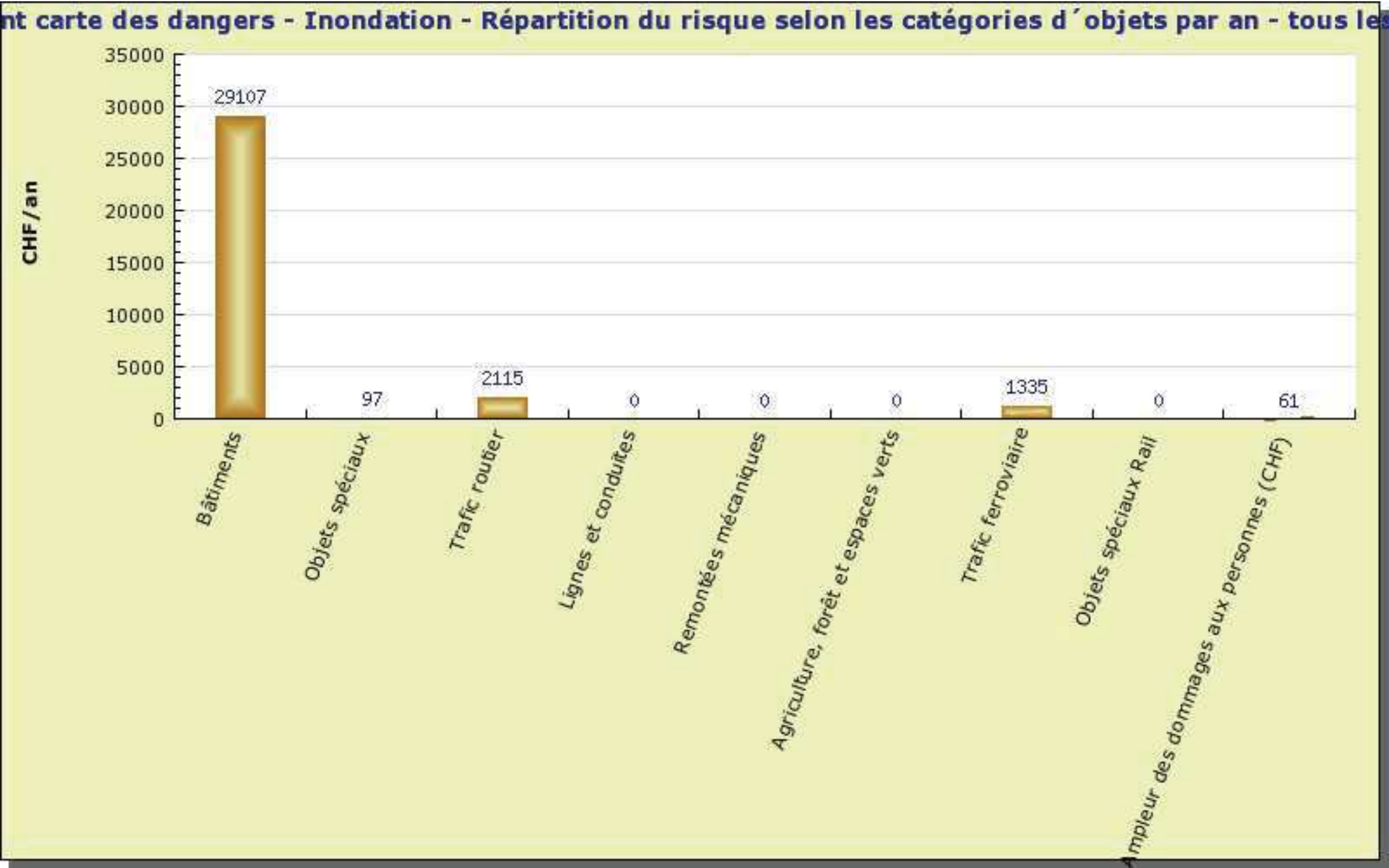
Synthèse de l'ampleur des dégâts sans aversion

Catégorie	Scénario 30	Scénario 100	Scénario 300
Bâtiments	534 150 CHF	1 687 350 CHF	1 618 425 CHF
Objets spéciaux	0 CHF	7 875 CHF	13 500 CHF
Trafic routier	55 350 CHF	75 250 CHF	96 750 CHF
Lignes et conduites	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Remontées mécaniques	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Agriculture, forêt et espaces verts	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Trafic ferroviaire	0 CHF	127 083 CHF	146 429 CHF
Objets spéciaux Rail	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Personnes	1 613 CHF	1 882 CHF	3 427 CHF
Ampleur des dégâts totaux	591 112 CHF	1 899 440 CHF	1 878 530 CHF
Ampleur des dégâts aux personnes	0.00032256	0.00037632	0.00068544

Vue d'ensemble du risque intégré par an - tous les scénarios

Risque pour les biens matériels	32 656 CHF/a
Risque pour les personnes	62 CHF/a
Risque total	32 717 CHF/a

Inondation dynamique Complément carte des dangers - Inondation - Répartition du risque selon les catégories d'objets - tous les scénarios



Inondation dynamique Complément carte des dangers - Inondation - Répartition des risques selon scénario



Inondation dynamique Complément carte des dangers - Inondation - Répartition des risques personnes/biens





Analyse des conséquences une fois la mesure prise Plan aménagement des eaux

Inondation dynamique Complément carte des dangers - Inondation

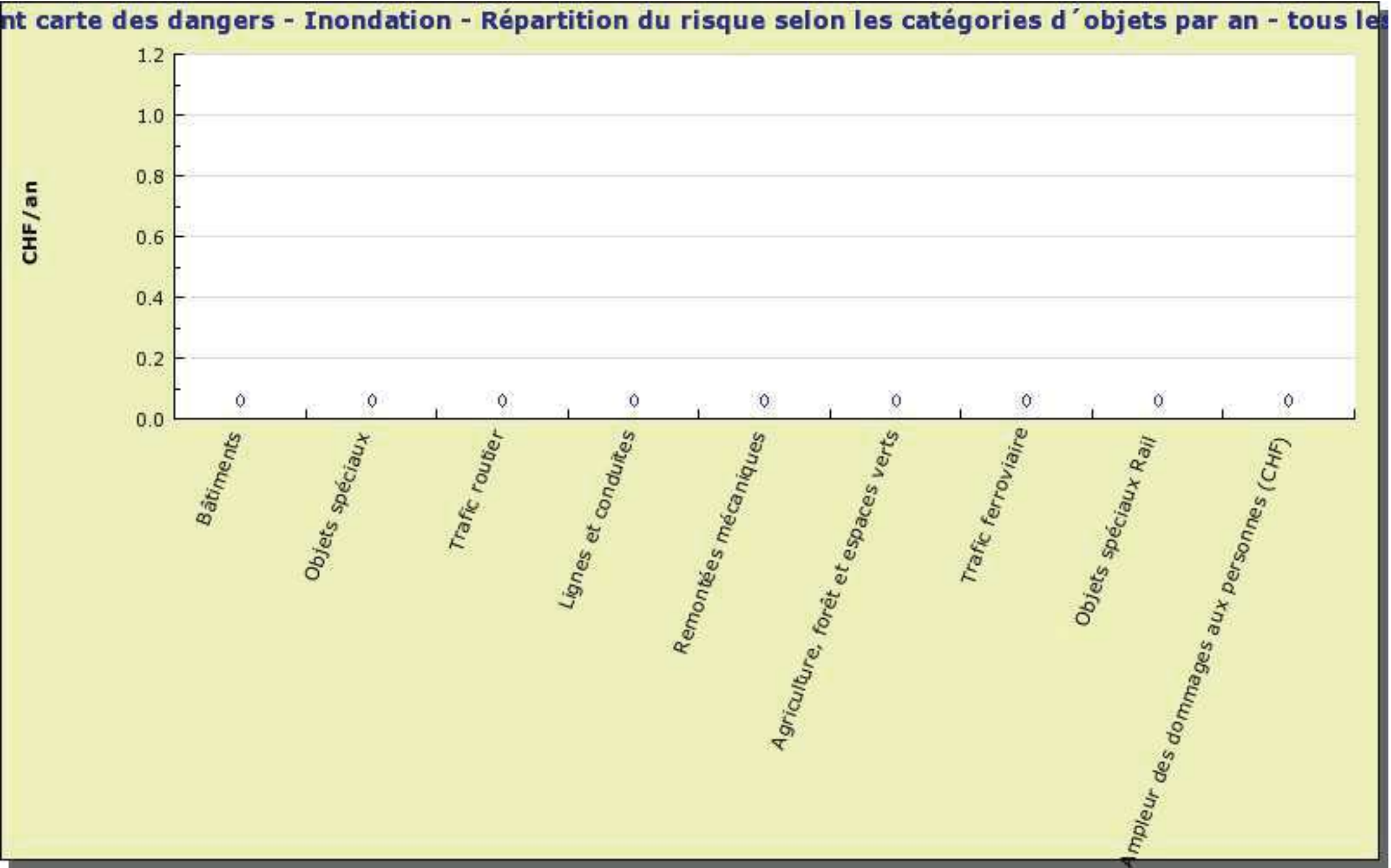
Synthèse de l'ampleur des dégâts sans aversion

Catégorie	Scénario 30	Scénario 100	Scénario 300
Bâtiments	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Objets spéciaux	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Trafic routier	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Lignes et conduites	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Remontées mécaniques	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Agriculture, forêt et espaces verts	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Trafic ferroviaire	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Objets spéciaux Rail	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Personnes	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Ampleur des dégâts totaux	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Ampleur des dégâts aux personnes	0	0	0

Vue d'ensemble du risque intégré par an - tous les scénarios

Risque pour les biens matériels	0 CHF/a
Risque pour les personnes	0 CHF/a
Risque total	0 CHF/a

Inondation dynamique Complément carte des dangers - Inondation - Répartition du risque selon les catégories d'objets - tous les scénarios





Berne - EconoMe Projekt 6-2-6 Dommages potentiels à l'intérieur du périmètre

19.03.14, 17:52:01

Vue d'ensemble

http://127.0.0.1:9000/doc/BE/6-2-6/polygon/3291_Villeret_Faverges_DangerInondation.pdf

Nombre total d'objets	16
Nombre d'objets avec valeurs modifiées	2
Nombre d'objets avec occupation modifiée	0
Nombre d'objets avec protection d'objet	0
Potentiel de dommage: nombre de personnes	40.6
Potentiel de dommage: nombre de personnes (Calcul avec valeurs de base)	40.6
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées)	203 021 400 CHF
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées) (Calcul avec valeurs de base)	203 021 400 CHF
Potentiel de dommage: biens matériels	26 776 000 CHF
Potentiel de dommage: biens matériels (Calcul avec valeurs de base)	26 426 001 CHF
Potentiel de dommage: total	229 797 400 CHF
Potentiel de dommage: total (Calcul avec valeurs de base)	229 447 401 CHF

Répartition selon les bénéficiaires

Sans attribution d'un bénéficiaire

Potentiel de dommage: nombre de personnes	40.6
Potentiel de dommage: nombre de personnes (Calcul avec valeurs de base)	40.6
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées)	203 021 400 CHF
Potentiel de dommage: personnes (monétarisées) (Calcul avec valeurs de base)	203 021 400 CHF
Potentiel de dommage: biens matériels	26 776 000 CHF
Potentiel de dommage: biens matériels (Calcul avec valeurs de base)	26 426 001 CHF
Potentiel de dommage: total	229 797 400 CHF
Potentiel de dommage: total (Calcul avec valeurs de base)	229 447 401 CHF

Bâtiments

Objets modifiés

5, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Rue Principale 33

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	900 000 CHF

Avec activité artisanale + garages

Ø Occupation:	2.24
---------------	------

Objets non modifiés

1, Wohneinheit Mehrfamilienhaus (à 2,24 Personen gemäss BFS)

Immeuble J.-R. Fiechter 25

Nombre:	5 Wohneinheit
Valeur	550 000 CHF
Ø Occupation:	2.24

11, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison avec partie rurale

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000 CHF
Ø Occupation:	2.24

12, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000 CHF
Ø Occupation:	2.24

13, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000 CHF
Ø Occupation:	2.24

2, Garage (Parkeinheit inkl. Fahrhabe)

Hangar chauffé avec véhicules

Nombre:	4 Stück
Valeur	60 000 CHF

3, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Chalet

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000 CHF
Ø Occupation:	2.24

4, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison+couvert

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000 CHF
Ø Occupation:	2.24

6, Industrie-/Gewerbegebäude

Usine ETA

Nombre:	32000 m³
Valeur	280 CHF

7, Wohneinheit in Einfamilienhaus (a 2.24 Personen gemäss BFS)

Maison individuelle, garage touché

Nombre:	1 Wohneinheit
Valeur	650 000 CHF
Ø Occupation:	2.24

8, Garage (Parkeinheit inkl. Fahrhabe)

Garage avec outillage/réparation

Nombre:	6 Stück
Valeur	60 000 CHF

9, Wohneinheit Mehrfamilienhaus (à 2,24 Personen gemäss BFS)

Immeuble

Nombre:	5 Wohneinheit
Valeur	550 000 CHF
Ø Occupation:	2.24

Objets spéciaux

Objets modifiés

10, Frei wählbares Sonderobjekt

Cimetière

Nombre:	1 Stück
Valeur	100 000 CHF

Cimetière, dédommagement

Trafic routier

Objets non modifiés

14, Kantonsstrasse, 12m Breite

Route cantonale

Nombre:	300 m
Valeur	4 100 CHF
Ø Occupation:	1.76
Ø Vitesse en km/h:	50
Ø Véhicules par jour:	5537

15, Gemeindestrasse, 8m Breite

Route communale

Nombre:	200 m
Valeur	2 300 CHF
Ø Occupation:	1.76
Ø Vitesse en km/h:	50
Ø Véhicules par jour:	300

Trafic ferroviaire

Objets non modifiés

16, Einspur

CFF

Nombre:	20 m
Valeur	6 300 CHF
Ø Vitesse en km/h:	80
Ø Véhicules par jour:	30
Ø Longueur du train en m:	20



Inondation dynamique Complément carte des dangers - Inondation

Risque individuel (nombre d'objets touchés)

Avant la prise de la mesure	0	0	9
Une fois la mesure prise Plan aménagement des eaux	0	0	0

Avant la prise de la mesure

4	Unité de logement maison individuelle (2,24 personnes selon OFS)	1.72e-007
5	Unité de logement maison individuelle (2,24 personnes selon OFS)	1.72e-007
7	Unité de logement maison individuelle (2,24 personnes selon OFS)	1.09e-007
3	Unité de logement maison individuelle (2,24 personnes selon OFS)	8.6e-008
11	Unité de logement maison individuelle (2,24 personnes selon OFS)	4.6e-008
12	Unité de logement maison individuelle (2,24 personnes selon OFS)	3.2e-008
1	Unité de logement multimaçon (2,24 personnes selon OFS)	2.29333e-008
13	Unité de logement maison individuelle (2,24 personnes selon OFS)	1.8e-008
9	Unité de logement multimaçon (2,24 personnes selon OFS)	2.4e-009

Une fois la mesure prise Plan aménagement des eaux



Commune de Villeret

Plan d'aménagement des eaux

Ruisseau "Les Faverges"

Situation générale 1:2000

ATB SA

Ingénieurs-conseils SIA USIC

Rue de la Promenade 22 - CP 25 - 2720 Tramelan

Tél 032 487 59 77 - Fax 032 487 67 65

tramelan@atb-sa.ch - www.atb-sa.ch

N° dossier 3291

Format A4

N° plan 205

Date	Projet	Dessin	Contrôle
16.05.2018	DT	DT	DT

