



Arrondissement  
d'ingénieur en chef III

Office des ponts  
et chaussées  
du canton de Berne

## Plan d'aménagement des eaux

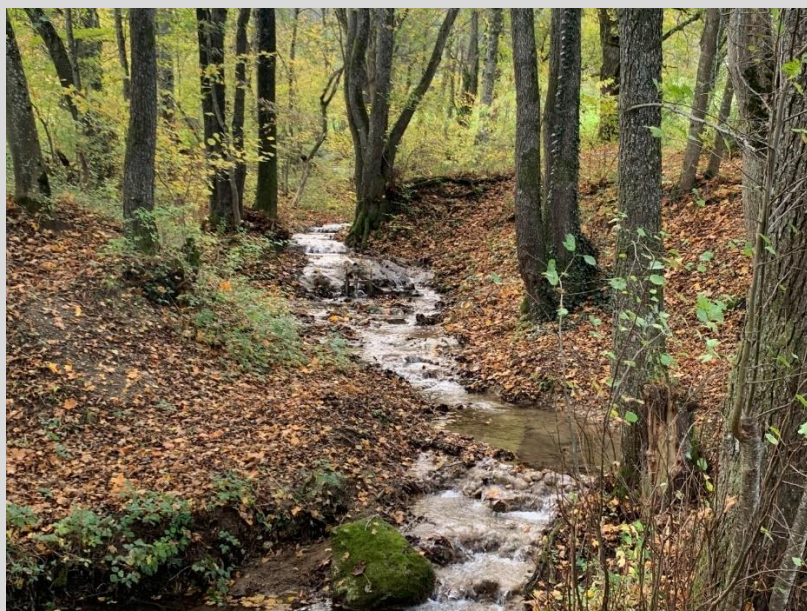
Dossier dépôt public

Commune	Commune de Sonceboz-Sombeval	Date du dossier	Novembre 2022
Assujetti à l'exécution	Commune de Sonceboz-Sombeval	Révisé le	Mars 2025
N° du cours d'eau	74709	N° du projet	191239

Cours d'eau : Ruisseau des Malés

Sonceboz-Sombeval  
Aménagement des eaux du ruisseau des Malés

## Rapport technique



Ruisseau des Malés partie amont du village.

Auteur du projet :



CH – 2800 Delémont  
Rue Victor-Helg 18  
2800 Delémont

Tél. +41 32 421 66 66  
sdij.delemont@sdplus.ch

CH – 2900 Porrentruy  
Route de Courgenay 55  
2900 Porrentruy

Tél. + 41 32 466 64 33  
sdij.porrentruy@sdplus.ch

CH – 2740 Moutier  
Rue de l'Hôtel-de-Ville 12  
2740 Moutier

Tél. + 41 32 493 11 67  
sdij.moutier@sdplus.ch

Autorisation délivrée le :

## Table des matières

<b>1</b>	<b>RESUME</b>	<b>8</b>
1.1	Preuve du besoin	8
1.2	Périmètre du projet / délimitation du projet	8
1.3	Bref descriptif du projet / des mesures	8
1.4	Coûts / rapport coût-utilité	9
1.5	Echelonnement / bref descriptif du déroulement des travaux	9
1.6	Délais	10
<b>2</b>	<b>MOTIF ET MANDAT</b>	<b>11</b>
2.1	Mandat / objectifs	11
2.2	Délimitation du projet	12
2.3	Organisation du projet	12
2.4	Participation	13
<b>3</b>	<b>SITUATION DE DEPART / ETAT ACTUEL</b>	<b>14</b>
3.1	Evénements historiques	14
3.2	Utilisation actuelle / future	16
3.3	Caractéristiques du bassin versant	17
3.4	Conditions hydrologiques	17
3.5	Conditions géologiques	18
3.6	Charriage	19
3.7	Carte des dangers possibles	20
3.8	Scénarios	22
3.9	Evaluation des ouvrages de protection existants	22
3.10	Analyse des points faibles	22
3.11	Niveau de danger	23
3.12	Etat morphologique du cours d'eau	23
3.13	Etat écomorphologique	24
3.14	Espaces réservés des eaux	25
3.15	Faune et flore	26
3.16	Qualité de l'eau	26
3.17	Régime hydrologique	27
3.18	Paysage / zones bâties / zones de détente	27
3.19	Projets de tiers	28
<b>4</b>	<b>HYPOTHÈSES CONCERNANT LE PROJET</b>	<b>29</b>
4.1	Objectifs de protection sélectionnés	29
4.2	Objectifs de développement écologique	30
4.3	Déficits de protection contre les crues	30
4.4	Déficits écologiques / potentiel de développement	32
4.5	Scénarios de dimensionnement	32

<b>5</b>	<b>DEGÂTS POTENTIELS / ANALYSE DES RISQUES</b>	<b>33</b>
5.1	Potentiel de dommages	34
5.2	Valeur estimative des dommages	34
5.2.1	Résultats de l'analyse	34
5.2.2	Adaptations partie CFF (hypothèses sd ingénierie)	35
5.2.3	Fourchette haute selon la modélisation 2D	36
5.3	Risques matériels	36
5.4	Risque de décès	38
5.5	Risque individuel	38
5.6	Risques encourus avant introduction des mesures	38
5.7	Projection du devis maximum et mise à jour des valeurs Niederhäuser	39
<b>6</b>	<b>DESCRIPTIF DU PROJET / PLANIFICATION DES MESURES</b>	<b>40</b>
6.1	Etude des variantes et décisions	40
6.1.1	Variante de base	40
6.1.2	Variante aval	41
6.1.3	Variantes CFF	45
6.1.4	Complément de projet secteur amont sud	46
6.2	Mesures prises au titre de l'aménagement du territoire	48
6.3	Construction	48
6.3.1	Hydraulique	48
6.3.2	Bois flottants / matériaux solides	54
6.3.3	Revanche CIPC	55
6.3.4	Secteurs	56
6.4	Projets connexes / complémentaires	69
<b>7</b>	<b>COÛTS</b>	<b>70</b>
7.1	Coûts de construction ventilés par objet (avec indication de la base tarifaire et du degré de précision)	70
7.2	Positions secondaires	70
7.3	Frais d'honoraires	71
7.4	Acquisition de terrains	71
7.5	Coût des risques	71
7.6	Total global devis	72
7.7	Promoteurs du projet de construction	72
7.8	Répartition des frais et subventions attendues	72
7.9	Communication	73
<b>8</b>	<b>DEROULEMENT DES TRAVAUX</b>	<b>74</b>
8.1	Echelonnement	74
8.2	Description de la procédure de construction	74
8.3	Programme de réalisation	76
8.4	Logistique de chantier / installations provisoires	76
8.5	Epuisement des eaux dans les fouilles et eaux souterraines	77
8.6	Risques liés aux travaux de construction	78
8.7	Impact sur l'environnement	78
8.8	Surveillance des travaux	78

<b>9</b>	<b>RÉPERCUSSIONS DU PROJET / DES MESURES</b>	<b>79</b>
9.1	Répercussions sur l'utilisation	79
9.2	Répercussions sur le patrimoine et les sites	79
9.3	Répercussions sur la nature, le paysage et l'habitat	79
9.4	Répercussions sur l'écologie des cours d'eau et sur la pêche	79
9.5	Répercussions sur les eaux souterraines	79
9.6	Répercussions sur l'agriculture et SDA	80
<b>10</b>	<b>DANGERS ET RISQUES RESIDUELS</b>	<b>82</b>
10.1	Surcharge	82
10.2	Risques résiduels (cartes des intensités et cartes des dangers après introduction des mesures)	83
10.3	Valeur estimative des dommages après introduction des mesures	83
10.4	Risques matériels après introduction des mesures	83
10.5	Risque de décès après introduction des mesures	84
10.6	Risque individuel	84
<b>11</b>	<b>PREUVE DE L'EFFICACITE DES COÛTS</b>	<b>85</b>
11.1	Efficacité du projet	85
11.2	Efficacité des coûts, résultats des calculs selon EconoMe	85
<b>12</b>	<b>INTEGRATION DES RISQUES RESIDUELS DANS LES PLANS D'AFFECTION ET LES PLANS DIRECTEURS</b>	<b>86</b>
<b>13</b>	<b>PLAN D'URGENCE</b>	<b>86</b>
<b>14</b>	<b>DELAIS</b>	<b>86</b>
14.1	Mise à l'enquête publique	86
14.2	Approbation du projet et du crédit	86
14.3	Soumission	87
14.4	Début des travaux	87
14.5	Fin des travaux / mise en service	87
14.6	Programme des travaux et échelonnement	87
<b>15</b>	<b>JUSTIFICATIFS PRESTATIONS SUPPLÉMENTAIRES</b>	<b>87</b>
<b>16</b>	<b>RÉPERTOIRE DES DOCUMENTS DE BASE</b>	<b>87</b>
16.1	Règlement, normes et documentation	87
16.2	Données texte	88
16.3	Cartes et plans	88
16.4	Données numériques	88
<b>17</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>89</b>
17.1	Annexe 1 : Détail du devis	89
17.2	Annexe 2 : Plan de protection des sols	89
17.3	Annexe 3 : Etude hydrogéologique	89
17.4	Annexe 4 : Rapport de participation	89

## Abréviations utilisées

### Liste des abréviations utilisées

Office Fédéral de l'Environnement	OFEV
Office des Eaux et des Déchets du canton de Berne	OED
Office des Ponts et Chaussée du canton de Berne	OPC
Office des Affaires Communales et de l'Organisation du Territoire	OACOT
Office de l'Agriculture et de la Nature / Inspection de la pêche	OAN
Ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau	OACE
Syndicat d'aménagement des eaux de la Suze /	SAES
Plan d'Aménagement des Eaux /	PAE
Inspection de la Pêche /	IP
Prestation écologiques requises	PEQ
Surface de Compensation Ecologique	SCE
Crue se produisant à une fréquence de 30, 100, ou 300 ans	$Q_{30}$ , $Q_{100}$ , ou $HQ_{300}$
Crue extrême (période de retour supérieure à 100 ans)	EHQ
Commission protections contre les crues	CIPC

### Liste des données principales

Extrait du cadastre foncier digital	
Extraits de cartes diverses du Géoportail du canton de	Berne
Carte topographique et orthophoto	SAT
Carte des dangers naturels	Berne
Extrait du Plan Général d'Evacuation des Eaux	SIGEOM
Extrait du plan du réseau d'eau potable	SIGEOM
Extrait du plan numérique des conduites électriques	FMB
Extrait du plan des conduites de télécommunication	SWISSCOM
Classeur Aménagement des eaux	OPC/Berne

## Bases légales :

### Législation fédérale

- Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'Eaux du 21 juin 1991, LEaux
- Ordonnance sur l'aménagement des cours d'Eaux du 2 novembre 1994, OACE
- Loi fédérale sur la pêche du 21 juin 1991, LFSP
- Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage du 1er juillet 1996, LPN
- Loi sur l'aménagement du territoire du 22 juin 1979, LAT
- Loi fédérale sur les chemins de fer du 20 décembre 1957, LCdF
- Loi fédérale sur l'expropriation du 20 juin 1930, LEx

Législation cantonale

- *Loi sur l'entretien et sur l'aménagement des eaux du 14 février 1989, LAE*
- *Ordonnance sur l'aménagement des eaux du 15 novembre 1989, OAE*
- *Loi sur les constructions du 09 juin 1985, LC*
- *Loi sur la pêche du 21 juin 1995, LPê*
- *Loi sur la protection de la nature du 15 septembre 1992, LPN*
- *Ordonnance sur la protection de la nature du 01 juillet 2012, OPN*
- *Loi sur l'utilisation des eaux du 01 avril 2017, LUE*

**Liste des Pièces**

- 191239-33-001 Rapport technique et annexes
- 191239-33-009 Situation générale 1 :25'000
- 191239-33-010 Situation 1 :2'000
- 191239-33-011 Passage à gué, remodelage secteur amont 1 :500
- 191239-33-012 Situation générale – secteur aval 1 :500
- 191239-33-013 Profil en long Pr.18 à 39
- 191239-33-014 Profil en long Pr.40 à 85
- 191239-33-015 Profil en long Pr.110 à 180
- 191239-33-016 Profils types 1 :50
- 191239-33-017 Profils en travers Pr.18 à 39
- 191239-33-018 Profils en travers Pr.40 à 85
- 191239-33-019 Profils en travers Pr.110 à 180
- 191239-33-020 Chambres-types
- 191239-33-021 Plan des emprises 1 :500

**Données de base :**

Ce plan d'aménagement des eaux (PAE) est construit sur la colonne vertébrale du classeur Aménagement des Eaux / OPC.

La présente étude se base sur le plan d'aménagement des eaux (phase de l'examen préalable) du ruisseau des Malés (projet 2010) révisé en date du 24.02.2017 par le bureau Niederhäuser bureau d'ingénieurs SA. En ce qui concerne la partie amont du projet, tous les éléments principaux ont été repris de cette étude. La présente étude consiste donc en la mise à jour du projet de 2017 à partir du passage CFF vers l'aval. Tous les éléments qui sont repris de cette étude seront mentionnés en **bleu**.

**L'examen préalable des services a été effectué en hiver 2023 de même que la participation de la population au printemps 2023. En raison d'incompatibilité de calendrier de réalisation, le passage sous CFF a été autorisé par une procédure de permis d'aménagement des eaux approuvée le 18 décembre 2023 et réalisé dans le courant de l'année 2024. Suite au retour des services et ainsi qu'à la participation de la population, le périmètre a été étendu en amont au sud pour la réalisation d'un passage à gué ainsi qu'un remodelage pour revalorisation des matériaux et une protection accrue contre les inondations. Ce développement a donné lieu à un 2<sup>ème</sup> examen préalable clôturé en octobre 2024.**

**Les compléments et adaptations suite aux différents examens sont indiqués en **orange**.**

Les données cadastres ainsi que les cartes de dangers ont été récupérées de geodienste.ch. Le cadastre des réseaux souterrains (eau potable, évacuation des eaux) a été transmis par le bureau SIGEOM par l'intermédiaire de la commune de Sonceboz-Sombeval. Finalement, les divers extraits de cartes sont issus du Géoportail du canton de Berne ou de Swisstopo.

Le rapport relatif à la carte des dangers élaboré par la communauté d'ingénieurs et géologues K+H, K+Z et IMPULS (janvier 2009) a également été partiellement consulté pour mentionner les différents scénarios de la carte de dangers. Les informations des événements a posteriori ont également été pris en compte.

## 1 RESUME

### 1.1 Preuve du besoin

Le projet vise avant tout à sécuriser le village, les infrastructures routières ainsi que les voies ferroviaires. La preuve des derniers événements (crue en 2021 entre autres) a montré que la partie Sud du ruisseau, qui se trouve partiellement en aérien, comprend un déficit dès Q30. Toute la partie souterraine, y compris le passage sous CFF, montre également un déficit important dès Q30. Comme les objectifs de protection sont Q100, une nécessité d'intervenir devient donc une obligation. Les dégâts occasionnés lors de la crue de 2021 (entre autres 900'000 CHF pour la partie CFF) ont rappelé que la carte de danger existante n'était pas sous-évaluée et qu'il y avait urgence à intervenir.

Le projet a été repris de l'étude PAE de Niederhäuser de 2017, mais a été mis à jour pour le secteur au Nord de la voie CFF avec la mise en évidence d'un nouveau tracé. Les hypothèses hydrologiques et hydrauliques ont été reprises de ce rapport.

## 1.2 Périmètre du projet / délimitation du projet

Le projet débute au Sud du village jusqu'à sa future restitution dans la Suze, à l'aval du pont de la rue de la Gare (côté Ouest). La figure ci-dessous permet d'illustrer le nouveau tracé du ruisseau des Malés avec le point de départ du projet au lieu-dit « Les Sagnettes » dans la localité de Sombeval au sud et se termine dans la Suze. L'évaluation du danger ne prenait pas en compte le possible débordement du ruisseau en amont du secteur bâti. A la suite de la participation, ce secteur hors secteur bâti a également été ajouté.

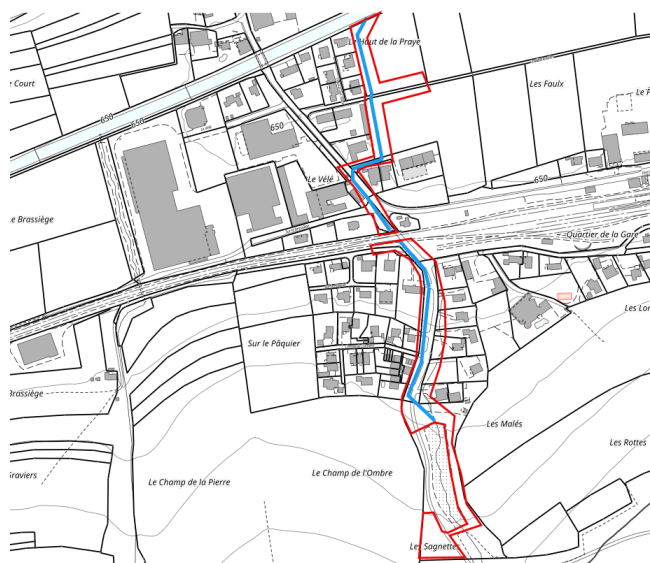


Figure 1: Périmètre de projet avec nouveau tracé du ruisseau.

### 1.3 Bref descriptif du projet / des mesures

Le projet se divise en 5 secteurs avec un secteur sud amont qui ne touche pas directement le lit du ruisseau hormis l'aménagement d'un gué, puis dès l'entrée en zone bâtie consiste en une remise à ciel ouvert dans la partie centre amont. Cette partie à forte pente (écoulement torrentiel, pente de 7%), nécessitera des stabilisations en dur (blocs d'enrochements et enrochements bétonnés dans la partie inférieure) pour garantir la durabilité du profil en long et éviter une érosion régressive. Le dimensionnement permet de garantir Q100 (1.9m³/s) + revanche et Q300 franc bord (2.4 m³/s). La remise à ciel ouvert sera agrémentée de technique de génie biologique dans la partie haute du talus pour garantir une partie naturelle (but de la revitalisation). Le deuxième tiers du tracé est composé d'une alternance entre parties en souterrain et parties à ciel ouvert sous

**caillebotis.** Celle-ci se trouvera alternativement dans une conduite de DN 1300 avec un fond naturel sur 30cm (pente moyenne de 2.06%) ou une auge en béton largeur 1.3m, profonde en moyenne de 1.9m. Le fond naturel composé de gravier, autant dans le tuyau que dans l'auge, permettra de recréer artificiellement un fond de cours d'eau en lieu et place d'une surface lisse. Cette alternance entre partie souterraine et sous caillebotis était une contrainte et un compromis lié à sa situation au milieu du bâti avec croisement des infrastructures routières et ferroviaires. Finalement, le dernier tiers est une remise à ciel ouvert à très faible pente (0.16%) qui se trouve dans le remous de la Suze. Cette zone sera entièrement dédiée à la revitalisation avec des techniques de génie biologique exclusivement. Les objectifs sécuritaires et environnementaux sont donc atteints dans le cadre de ce projet.

#### 1.4 Coûts / rapport coût-utilité

Le coût total du projet est de 3.1 mio CHF sans la traversée CFF. Une part d'environ 0.25 mio peut être considérée au titre de renouvellement d'infrastructures souterraines existantes (eaux usées, eau potable, éclairage). Au vu du risque aux biens et aux personnes avant la mesure (93'824 CHF/an selon calcul initial dont risque CFF de 19'336.-) et avec des risques nuls après mesure, le rapport bénéfice-coût est donc de 1.09 pour la variante analysée selon la carte de danger actuelle. Cette analyse de rentabilité a été effectuée avec EconoMe 5.1 (outil développé par l'OFEV).

L'intégralité de la traversée CFF a été finalement prise à charge par CFF et une contribution partielle pour la partie amont sera encore versée après réalisation. Cette contribution a été calculée par CFF en tenant compte d'hypothèse de fermeture de ligne anticipable en cas d'événement de crue.

#### 1.5 Echelonnement / bref descriptif du déroulement des travaux

Quatre secteurs ont été identifiés dans le devis. Le passage sous-terrain (secteur 3) doit être exécuté conjointement avec la réfection de la voie CFF (travaux prévus en 2024). Ce secteur a pu être exécuté en premier en raccordant le ruisseau enterré amont et aval de manière provisoire. Le partie aval (secteur 5) de remise à ciel ouvert pourra être construite de manière indépendante (car nouveau tracé) puisque le ruisseau existant aval se trouve sous la route existante. Le secteur 4 permettra ensuite de dévier le ruisseau de manière définitive en raccordant le secteur 3 au secteur 5. Cette partie aval pourra donc être mise en eau de manière indépendante à la partie amont.

Pour la partie amont, le secteur 1 (amont sud) et le secteur 1 (amont centre) pourront être réalisés de manière indépendante car la remise à ciel ouvert se trouve sur un nouveau tracé. En dernière étape (secteur 2), il s'agira de relier l'amont du ruisseau existant au secteur 1 jusqu'à la partie aval (secteurs 3, 4 et 5).

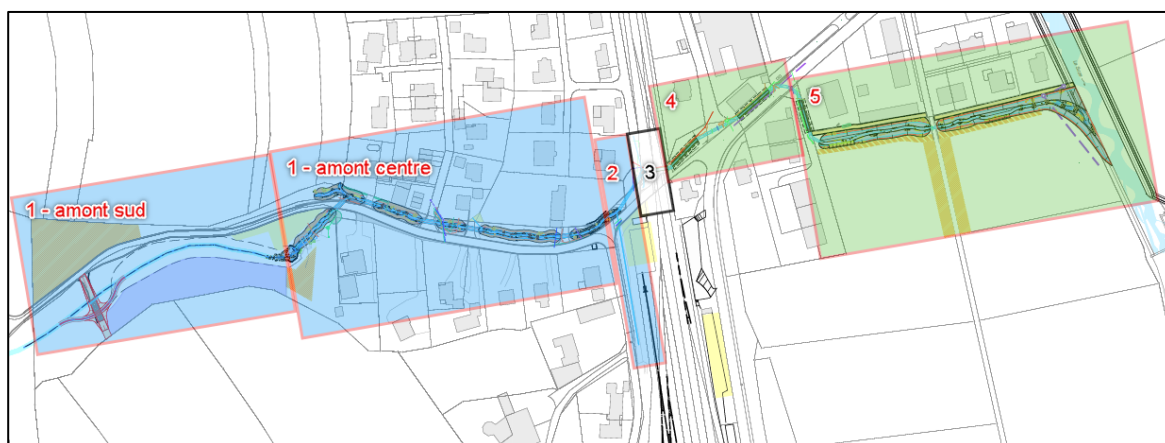


Figure 2: Périmètre de projet avec identification des secteurs 1 à 5

En termes de restriction des travaux (période sensible pour les poissons), aucune restriction n'est mise en évidence étant donné qu'un nouveau cours d'eau est réalisé. De plus, deux lots pourront être adjugés à deux entreprises différentes si besoin (en bleu et en vert ci-dessus).

## 1.6 Délais

La traversée CFF indépendante a fait l'objet d'une procédure 18M ainsi que d'un permis d'aménagement des eaux permettant de réaliser ces travaux dès début 2024 sans attendre l'approbation complète de tout le PAE des Malés.

La suite du planning intentionnel envisage un dépôt public en janvier 2025 avec une assemblée communale et une votation des crédits au printemps 2025, les travaux pourront ainsi commencer à l'automne 2025, respectivement janvier 2026. Les travaux seront terminés complètement en juillet / août 2027.

## 2 MOTIF ET MANDAT

---

### 2.1 Mandat / objectifs

Ce mandat s'inscrit dans le cadre de résolution des problèmes d'inondation de diverses habitations et parcelles de la commune de Sonceboz-Sombeval, situées le long du Ruisseau des Malés. Le bassin versant des Malés inonde également le secteur de la Gare CFF de Sonceboz. Les dernières inondations importantes se sont produites en 2007, 2011 et 2021. Elles ont provoqué de nombreux dommages. En janvier 2009 la commune a réalisé la carte des dangers qui montre les problèmes d'inondations causés par les cours d'eau situés sur son territoire.

Pour résoudre cette problématique, la commune de Sonceboz-Sombeval a été conduite à élaborer un plan d'aménagement des eaux (PAE), objet du présent mandat, pour le ruisseau des Malés. Le tronçon pris en compte pour son aménagement débute à plus de 200 m au sud des voies CFF, jusqu'à son embouchure dans la Suze juste en aval du pont de la rue de la Gare.

Ce présent mandat s'inscrit dans la suite de l'étude du PAE de Niederhäuser, avec une optimisation du tracé à l'aval des CFF pour donner suite au refus du projet par la population. Les événements de 2021 ont montré qu'il y avait un besoin d'agir avec une optimisation à prévoir.

Le présent rapport a pour but d'analyser la situation existante, de proposer et dimensionner un nouvel aménagement en respectant les contraintes écologiques, écomorphologiques et hydrauliques, tout en s'inscrivant dans le cadre de la procédure d'octroi du Plan d'Aménagement des Eaux. Les objectifs peuvent être résumés de la façon suivante :

- Résoudre les problèmes d'inondation, notamment pour diverses maisons et les voies CFF, dès le débit  $HQ_{30}$  fixé à  $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$  dans le rapport de la carte des dangers.
- Aménager à ciel ouvert ce ruisseau, pour que le débit  $HQ_{100}$ , fixé à  $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$  par la carte des dangers, puisse s'écouler dans le lit de la Suze sans débordement. Garantir une revanche selon la CIPC et dans la mesure du possible garantir Q300 francs bord.
- Renaturer et revitaliser le ruisseau des Malés sur environ 610 mètres, soit depuis plus de 250 m au Sud des voies CFF jusqu'à son embouchure dans la Suze, située juste en aval du seuil du barrage de l'ancienne scierie.
- Aménager une nouvelle conduite de retour pour le bassin versant des Malés qui se trouve au Sud-Est (depuis la résidence les Sources) avec une restitution dans le ruisseau.
- Entretenir le cours d'eau à l'amont, depuis le profil N° 18 jusqu'au profil N°12, dans le cadre d'un permis d'entretien.

## 2.2 Délimitation du projet

Le projet a pour but de sécuriser le village de Sonceboz depuis la partie Sud des voies (secteur les Sagnettes) jusqu'au Nord de celles-ci (zone industrielle le long de la rue de la gare). Sur la figure ci-dessous, la totalité du cours d'eau se trouve enterrée au Nord de voies et en alternance superficiel / souterrain au Sud des voies.

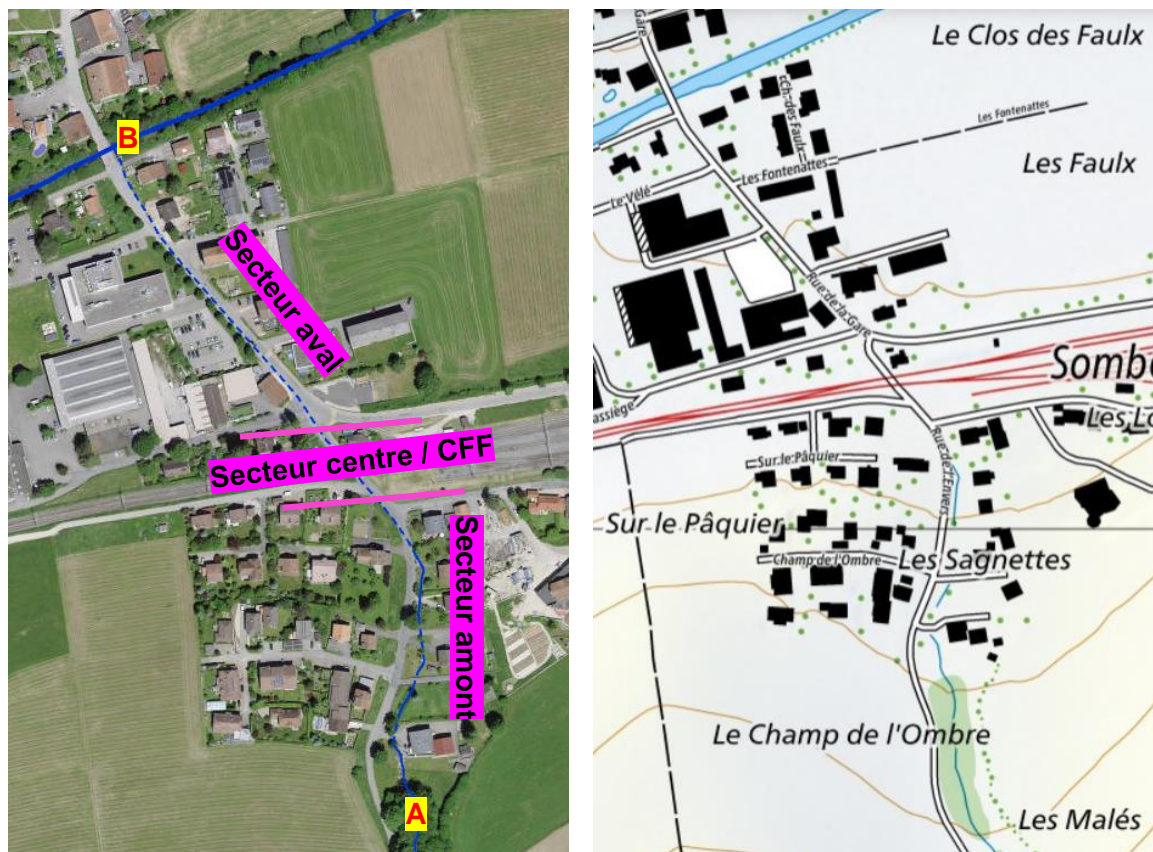


Figure 3: Périmètre de projet depuis l'amont du village (point A) jusqu'à la Suze (point B).

Afin de simplifier toute la nomenclature dans la suite du présent rapport, trois secteurs ont été définis et sont mentionnés ci-dessus avec « Secteur amont » qui se trouve au Sud des voies CFF, « Secteur Centre » ou « Secteur CFF » et finalement le « Secteur aval » qui se trouve au Nord de voies CFF.

## 2.3 Organisation du projet

Le présent mandat est réalisé par le bureau sd ingénierie jura sa basé à Moutier avec son chef de projet Quentin Theiler et son chef de projet adjoint / directeur Thierry Choffat. Le mandant est la commune de Sonceboz-Sombeval représentée par M. Claude-Alain Wühtrich. Le but du présent rapport est d'arriver à une publication et dépôt public en **hiver 2025** selon les différents échelons mentionnés ci-dessous.

L'autorité compétente est l'arrondissement d'ingénieur en chef III de l'Office des ponts et chaussées du canton de Berne.

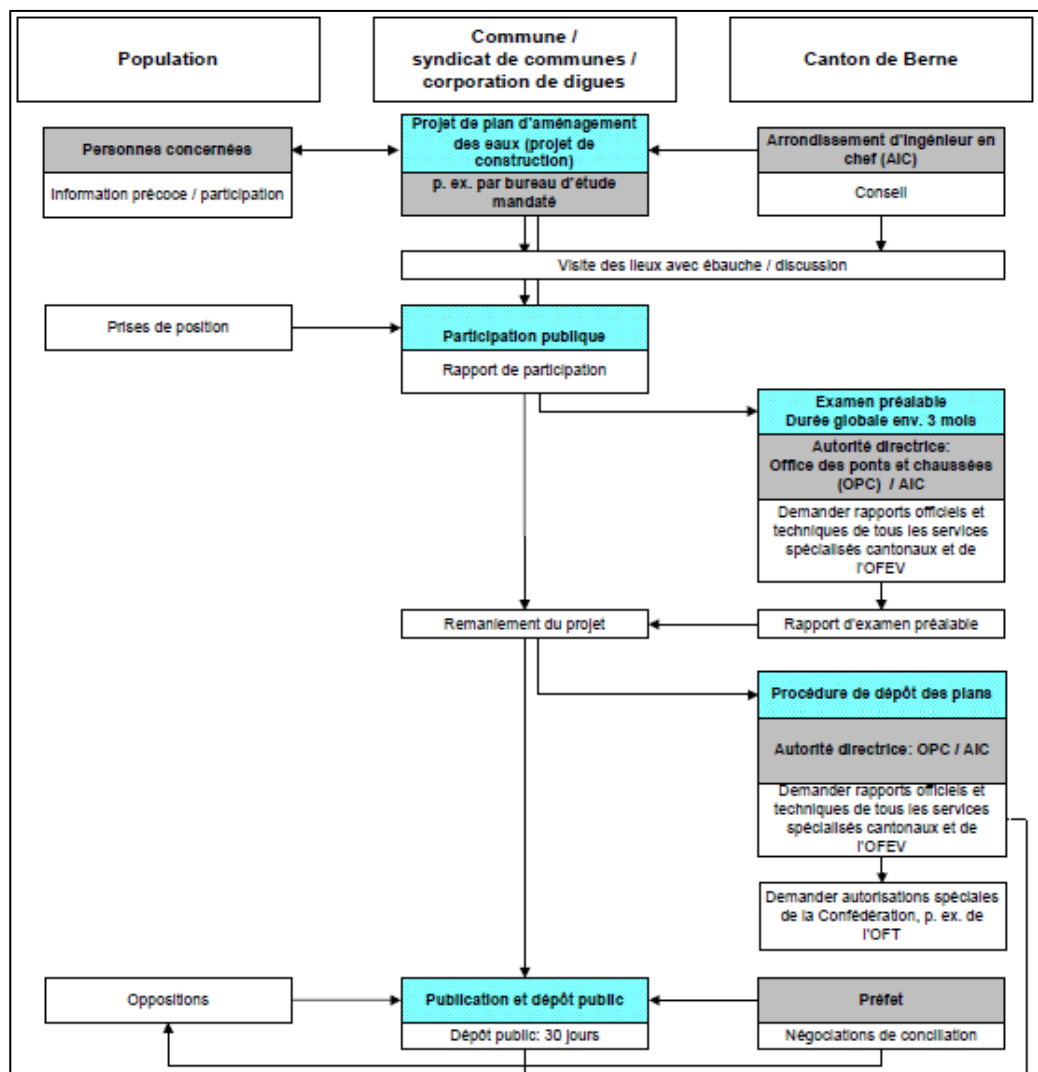


Figure 4: Processus selon les phases du PAE édité par le canton de Berne.

## 2.4 Participation

Le projet de base Niederhäuser avait déjà fait l'objet de tout le processus de participation en 2016.

Le projet remanié à fin 2022 a fait l'objet d'une publication et d'un dépôt public des plans du 11 avril au 10 mai 2023. La séance d'information à la population a eu lieu le 24 avril.

Les différents propriétaires directement concernés ont été rencontrés individuellement entre décembre 2022 et février 2023.

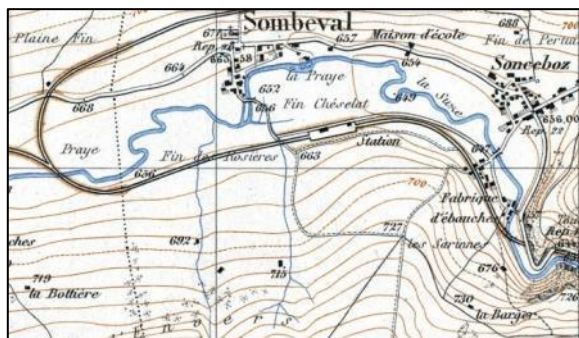
Le compte-rendu des séances de participation est présenté en annexe 5.

Les demandes ont été prises en compte et intégrées au projet lorsque cela était techniquement et économiquement faisable.

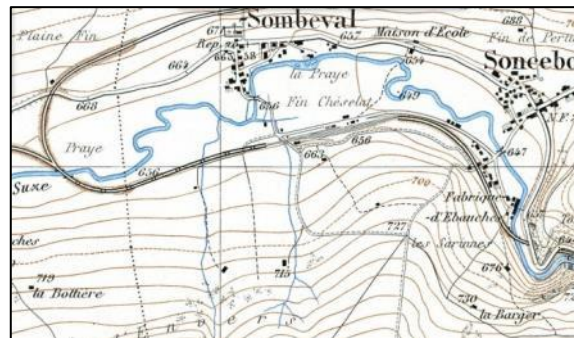
### 3 SITUATION DE DEPART / ETAT ACTUEL

#### 3.1 Evénements historiques

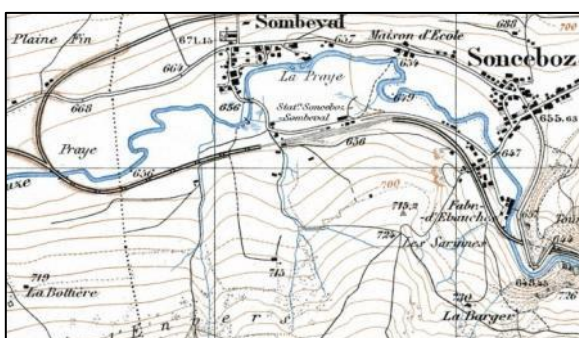
Les extraits de cartes ci-dessous montrent l'évolution de l'urbanisation dans le secteur des Malés avec notamment les changements du tracé du ruisseau en 1916 lors de l'aménagement du chemin de l'Envers et sa mise sous terre en 1937 juste après l'endiguement de la Suze.



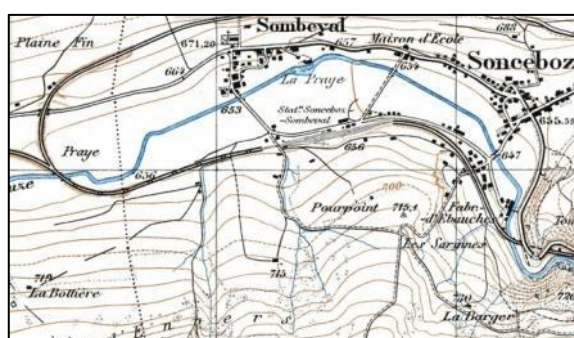
Carte Siegfried 1872



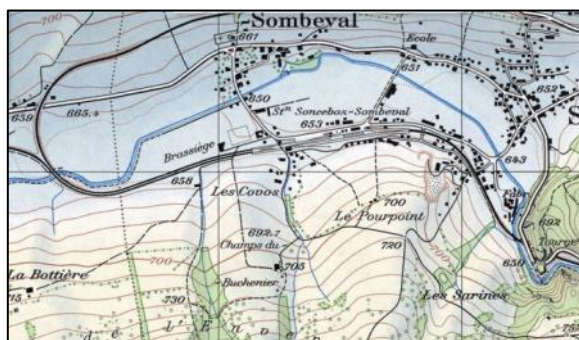
Carte Siegfried 1900



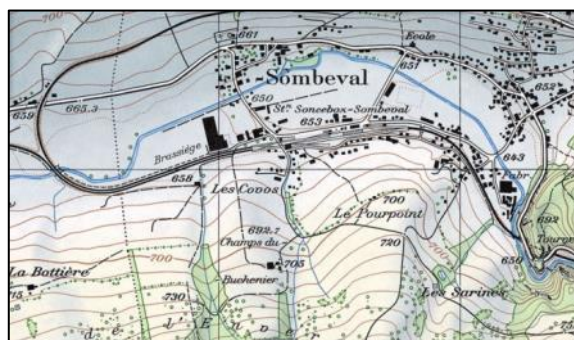
Carte Siegfried 1916



Carte Siegfried 1940



Carte Siegfried 1970



Carte Siegfried 2010

En raison des résultats de la carte de danger réalisée en 2009, des inondations qui ont eu lieu ces dernières années et un ruisseau qui a une valeur écomorphologique pratiquement nulle, il est proposé d'apporter un certain nombre de changements au ruisseau des Malés pour les raisons suivantes :

- ✓ La capacité hydraulique de la plupart des passages busés et le collecteur qui mène les eaux depuis la parcelle N°578 jusqu'à la Suze est insuffisant pour un écoulement HQ<sub>30</sub>.
- ✓ Le passage des voies ferrées CFF, composé de 2 collecteurs TC300 et d'un TC600, avec de faibles pentes, a également une capacité insuffisante.

- ✓ Lors de forts orages, pluie continue pendant plusieurs jours et fonte rapide de la neige, des débordements au Sud des voies CFF provoquent de gros dégâts, constatés lors des inondations de 2007, 2010 et 2021 (23 juin 2021).
- ✓ Du fait que le collecteur qui passe sous la rue de la Gare a une capacité hydraulique insuffisante, l'écoulement devient superficiel.
- ✓ Capacité insuffisante du ruisseau des Malés au passage de la ligne CFF, ce qui provoque la formation d'un lac menaçant la stabilité de la voie jusque dans le secteur de la gare.
- ✓ Selon la carte des dangers, le ruisseau des Malés se trouve en zone de danger moyen et faible tout au long de la zone du projet.

Les photos ci-dessous montrent les crues de 2007 et 2011 dans le secteur construit des Sagnettes.



12.06.2007 PN voies ferrées en direction de l'Ouest



12.06.2007 Passage à Niveau CFF en direction du Sud



16.12.2011 Débordement sur parcelle N°583



16.12.2011 Débordement dans le secteur des Sagnettes



16.12.2011 Mur de soutènement affaissé entre les parcelles N°982 et N°583



16.12.2011 Amont bâtiment N°44 avec TC 600-400



16.12.2011 Venue d'eau du Beuchenier vers profil N°24



23.06.2021 Débordement à la rue de l'Envers



23.06.2021 Débordement à la rue de la gare



23.06.2021 Débordement à la rue de l'Envers

### 3.2 Utilisation actuelle / future

Le ruisseau des Malés (sensiblement naturel à l'amont du village) se trouve canalisé avec des mises sous tuyaux dans le secteur des Sagnettes. Ensuite, il passe dans deux conduites sous CFF et reste enterré jusqu'à sa confluence avec la Suze. Le constat est le suivant :

- ✓ Le ruisseau des Malés est un cours d'eau mort d'un point de vue écomorphologique.
- ✓ La qualité biologique est très faible.



02.22.2022 Différents passages dans le secteur construit des Sagnettes



02.22.2022 Différents passages dans le secteur construit des Sagnettes



07.10.2022 Passage souterrain sous CFF

A futur, l'attractivité du cours d'eau, aussi bien d'un point de vue environnemental que paysager et de loisir se verra renforcée. L'aspect protection contre les crues sera également augmenté tout en améliorant la situation en périodes de basses eaux.

### 3.3 Caractéristiques du bassin versant

Le ruisseau des Malés s'écoule du Sud au Nord en passant par le village de Sonceboz avant de se jeter dans la Suze. Le point culminant de son bassin versant se situe vers la Haute Joue, sur la Crête des Bovoresses à 1'100 mètres d'altitude et son point bas à la Suze est à 646 mètres. Sa longueur totale est de 1'536 mètres. Les pentes longitudinales sont élevées dans la partie amont (allant jusqu'à 10%) où le cours d'eau passe dans divers passages busés. La partie aval est totalement mise sous terre et les pentes longitudinales sont plus faibles (variant de 5 % à moins de 1%). La plupart des différents tronçons du cours d'eau sont artificiels. Il est complètement souterrain depuis la parcelle N°578 située en aval des Sagnettes jusqu'à la Suze.

Le bassin versant du ruisseau des Malés, d'une surface brute de 84 ha, est composé de forêts (30%), de prés (68%) et de surfaces revêtues à l'aval (2%).

### 3.4 Conditions hydrologiques

Le débit  $HQ_{100}$  de la carte des dangers pour le ruisseau des Malés est de 1.90 m<sup>3</sup>/s pour le bassin versant de 84 ha. De cette base, on peut dire que le débit est de 0.023 m<sup>3</sup>/s\*ha. Ce débit est pris en compte pour la partie du ruisseau à aménager, soit depuis PK 0+731,50 jusqu'à son embouchure dans la Suze au PK 1+341,69.

Pour un débit de la Suze de 55 m<sup>3</sup>/s, ce qui correspond au HQ30, le niveau supérieur de l'eau de la Suze à la confluence du ruisseau des Malés est fixé à 648.56 m. Pour un débit de 77m<sup>3</sup>/s (HQ100 de la Suze), le niveau supérieur de l'eau de la Suze est de 648.90. Ces données sont extraites de l'Annexe C (Résumé des documents de base des constructions hydrauliques) du rapport « Carte intégrale des dangers naturels / Situation des dangers naturels dans la commune de Sonceboz-Sombeval » de la communauté d'ingénieurs et géologues K+H, K+Z et IMPULS (janvier 2009). Le détail est expliqué au chapitre 6.3.1.

Pour prendre en charge dans ce PAE les problèmes d'inondation mentionnés dans le rapport du bureau RWB, qui avait été mandaté par la commune de Sonceboz-Sombeval, dans les secteurs Longues Raies, Les Rottes et Champs du Beuchenier et de l'Ombre, les débits suivants ont été pris en compte, du fait qu'ils ne se situent pas exactement dans le bassin versant du PAE des Malés.

- Bras secondaire parallèle aux voies CFF, le bassin versant admis est de 8.3 ha, d'où :

$$HQ_{30} = 0.150 \text{ m}^3/\text{s} \quad / \quad HQ_{100} = 0.220 \text{ m}^3/\text{s} \quad / \quad EHQ = 0.350 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Bras secondaire en amont de la rue de l'Envers, le bassin versant admis est de 4.8 ha, d'où :

$$HQ_{30} = 0.086 \text{ m}^3/\text{s} \quad / \quad HQ_{100} = 0.125 \text{ m}^3/\text{s} \quad / \quad EHQ = 0.202 \text{ m}^3/\text{s}$$

Afin d'écouler les débits d'étiage et le débit  $Q_{347}$  (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 estivale et permettra à la faune aquatique de bénéficier d'une lame d'eau suffisante. Les précédents calculs et travaux effectués dans la région 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\*km<sup>2</sup>**. Considérant la surface brute du bassin versant de 0.84 km<sup>2</sup>, le débit d'étiage peut être estimé à  **$Q_{\text{étiage}} = 5.04 \text{ l/s}$** . Ce débit sera déterminant lors du dimensionnement du lit mineur.

Le tableau suivant montre les débits qui ont été introduits dans le modèle hydraulique.

	HQ30 [m3/s]	HQ100 [m3/s]	EHQ [m3/s]
Ruisseau des Malés	1,300	1,900	3,000
Bras secondaire parallèle aux voies CFF	0.150	0.220	0.350
Bras secondaire à l'amont de la rue de l'Envers	0.086	0.125	0.202

### 3.5 Conditions géologiques

Le ruisseau des Malés prend sa source dans une couche de jurassique supérieur aussi appelé Malm. Puis, dans sa confluence avec la Suze, le sous-sol devient une moraine avec vallum selon la carte géologique représentée ci-dessous. Cette moraine est déjà présente en amont du village de Sonceboz.

Ce point est vérifié avec les sondages géologiques qui se trouvent à l'aval du passage CFF : une épaisseur de 2m existe avec des graviers sableux et argileux suivie d'une couche de limon-argileux peu sableux pour des profondeurs supérieures à 2m (SIT BE, N°WAWIS 579/227.11, forage carotté avec piézomètre, parcelle de Sontex). Selon le deuxième sondage (aval CFF), la couche d'argile limoneuse commence à 1.55m jusqu'à 6m (SIT BE, N°WAWIS 579/227.14, Hochregallager Weber+Calibra SA).



Figure 5: Carte géologique de la Suisse au 1:500000.

Selon les zones d'infiltration, en amont du passage CFF, il est intéressant de relever que les zones d'infiltration du sous-sol sont peu perméables, avec une distance sol-nappe supérieure à 3m. Dans la partie aval du passage CFF, la distance sol-nappe passe de 1 à 3m comme illustré ci-dessous.

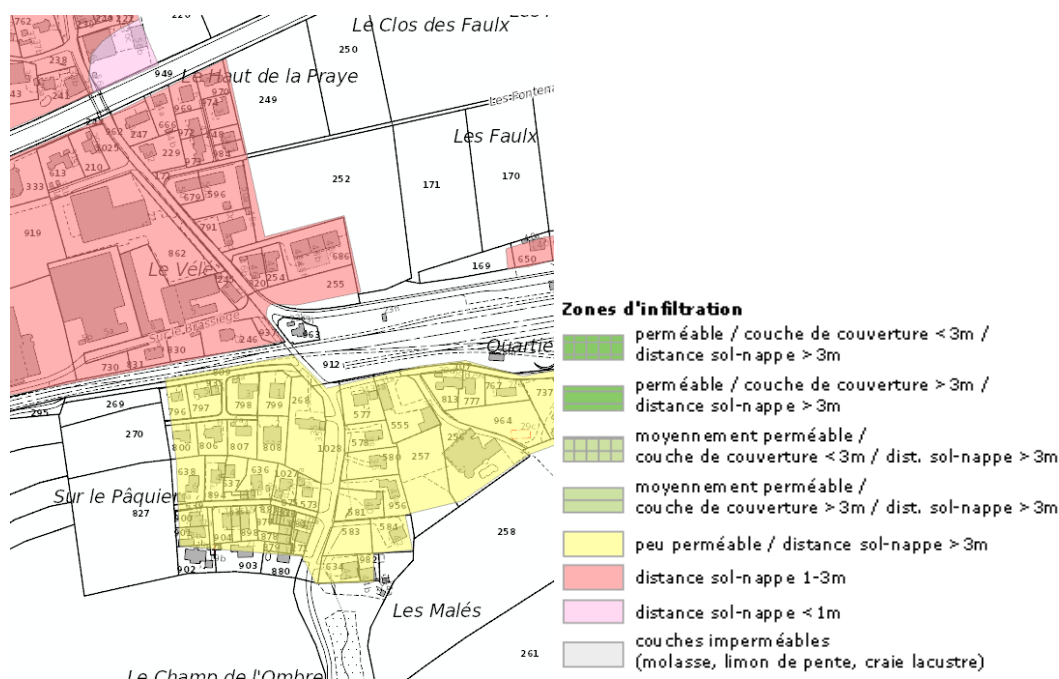


Figure 6: Zones d'infiltration selon le SIT BE.

### 3.6 Charriage

La carte des dangers (étude 2009) mentionne un charriage potentiel de 20m<sup>3</sup> pour un temps de retour de 30 ans, 30m<sup>3</sup> pour un temps de retour de 100 ans et 45m<sup>3</sup> pour un temps de retour de 300ans. Cependant, le périmètre n'est pas concerné par des dépôts des plus grosses fractions. De plus, peu ou pas de bois flottants sont considérés comme scénario aggravant, car ils sont déposés en amont de la zone urbaine.

La capacité de transport solide est calculée par la formule de Smart et Jäggi (dm = 0.06m et d80 = 0.23m). Les résultats montrent qu'à partir d'une pente de 2,00%, il existe des érosions dans le lit du Ruisseau des Malés.

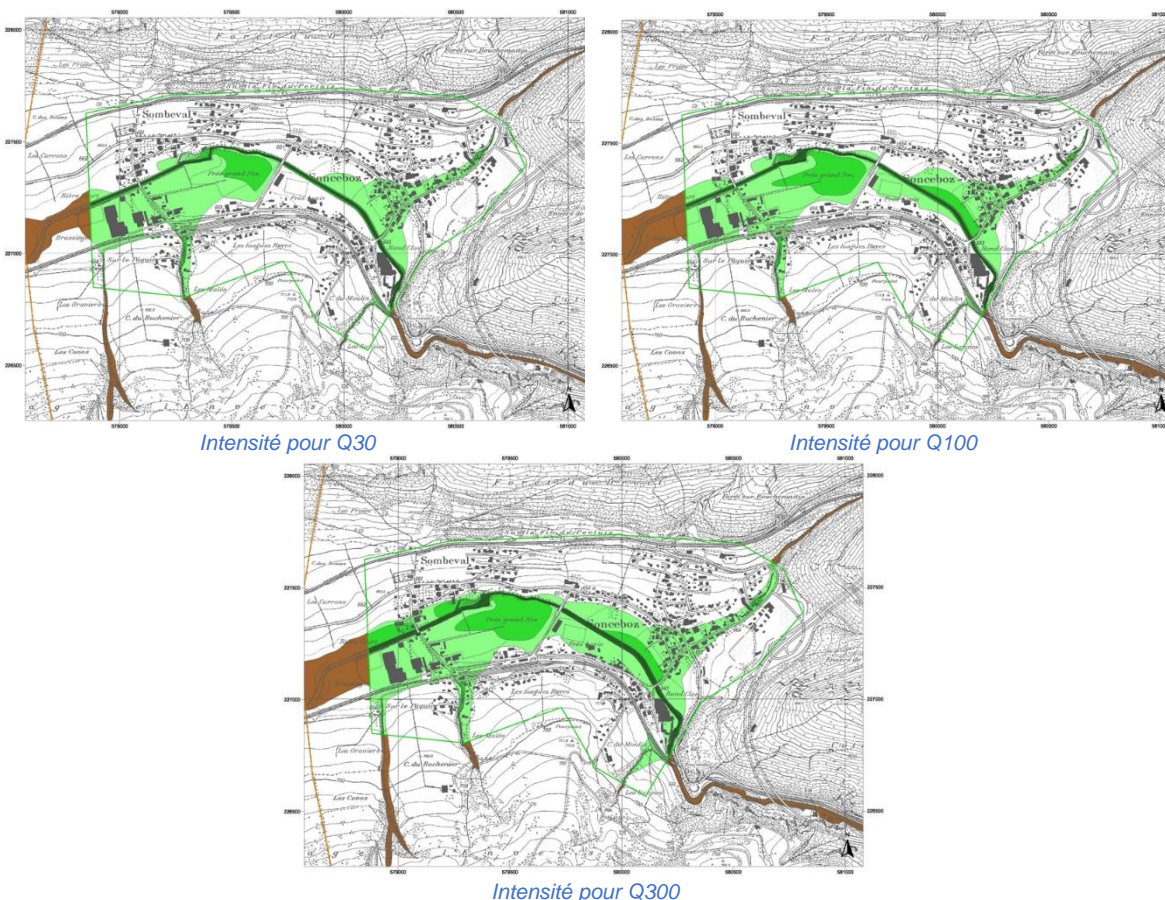
Ces résultats montrent que dans la partie amont du ruisseau des Malés, là où les pentes sont importantes, la capacité de transport solide est importante, et par conséquent il est nécessaire de tenir compte de diverses protections contre les érosions. Cependant, les valeurs des dépôts ne sont vraiment pas élevées, ce qui montre que le matériel érodé parviendra à la Suze sans créer de problème de sédimentation dans la partie aval du ruisseau des Malés.

### 3.7 Carte des dangers possibles

Selon l'analyse de danger de janvier 2009, il ressort les cartes d'intensité illustrées ci-dessous. Les calculs hydrauliques Hec Ras de la situation existante montrent que le ruisseau des Malés, sur certains lieux, n'a pas une capacité hydraulique suffisante pour les trois débits étudiés, à savoir HQ30, HQ100 et EHQ. Généralement, ce manque de capacité hydraulique est causé par les passages busés.

Le diagnostic de la situation actuelle du ruisseau des Malés montre que la capacité hydraulique du lit actuel est insuffisante à partir de HQ<sub>30</sub>. Ces débordements affectent, non seulement des zones agricoles, mais également de nombreux bâtiments et finalement aussi la ligne CFF. Ces calculs confirment le rapport sur les capacités hydrauliques existantes élaboré préalablement en 2012, à la demande de la commune et de l'OPC.

Le type de protection correspond à la catégorie d'objet "Agglomération et industrie" et les directives de l'OFEV préconisent donc un niveau de protection complète des dommages HQ<sub>100</sub> et de protection limitée des dangers EHQ. Par conséquent, il est nécessaire d'augmenter la capacité hydraulique du cours d'eau pour contenir une crue HQ<sub>100</sub> dans le lit, en respectant le calcul de la revanche recommandé par la CIPC.



Avec ces différentes cartes d'intensité, il est possible de résumer la situation de danger liée à l'eau avec la figure suivante. Comme attendu, avec des débordements dès Q30, un danger moyen (bleu) est attendu à l'amont du passage CFF, mais également à l'aval. Afin

de connaître de manière détaillée la situation de danger des Malés sans effet de la Suze (utile pour le calcul EconoMe), il est nécessaire d'identifier la part liée uniquement au ruisseau des Malés. Cette analyse avait déjà été faite par le bureau Niederhäuser en utilisant le modèle Hec Ras, état actuel interpolé sur la topographie existante des relevés réalisés en 2017. Comme aucune modification du terrain n'a eu lieu ces 5 dernières années, il est considéré que cette analyse est toujours valable.

La figure suivante permet d'apprécier la carte de danger actuelle avec la part d'inondation du ruisseau des Malés pour le temps de retour 30ans, 100ans et 300 ans. Le détail du modèle HecRas, état actuel est mentionné dans le projet de Niederhäuser de 2017 : en particulier sont mentionnés : les rugosités, la topographie / géométrie, les conditions de bord ainsi que la prise en compte de la concomitance de crue avec la Suze. Pour rappel, pour un temps de retour de 100ans pour le ruisseau des Malés, un temps de retour de 30ans a été considéré pour la Suze. Les mêmes conditions seront utilisées dans le développement du projet.

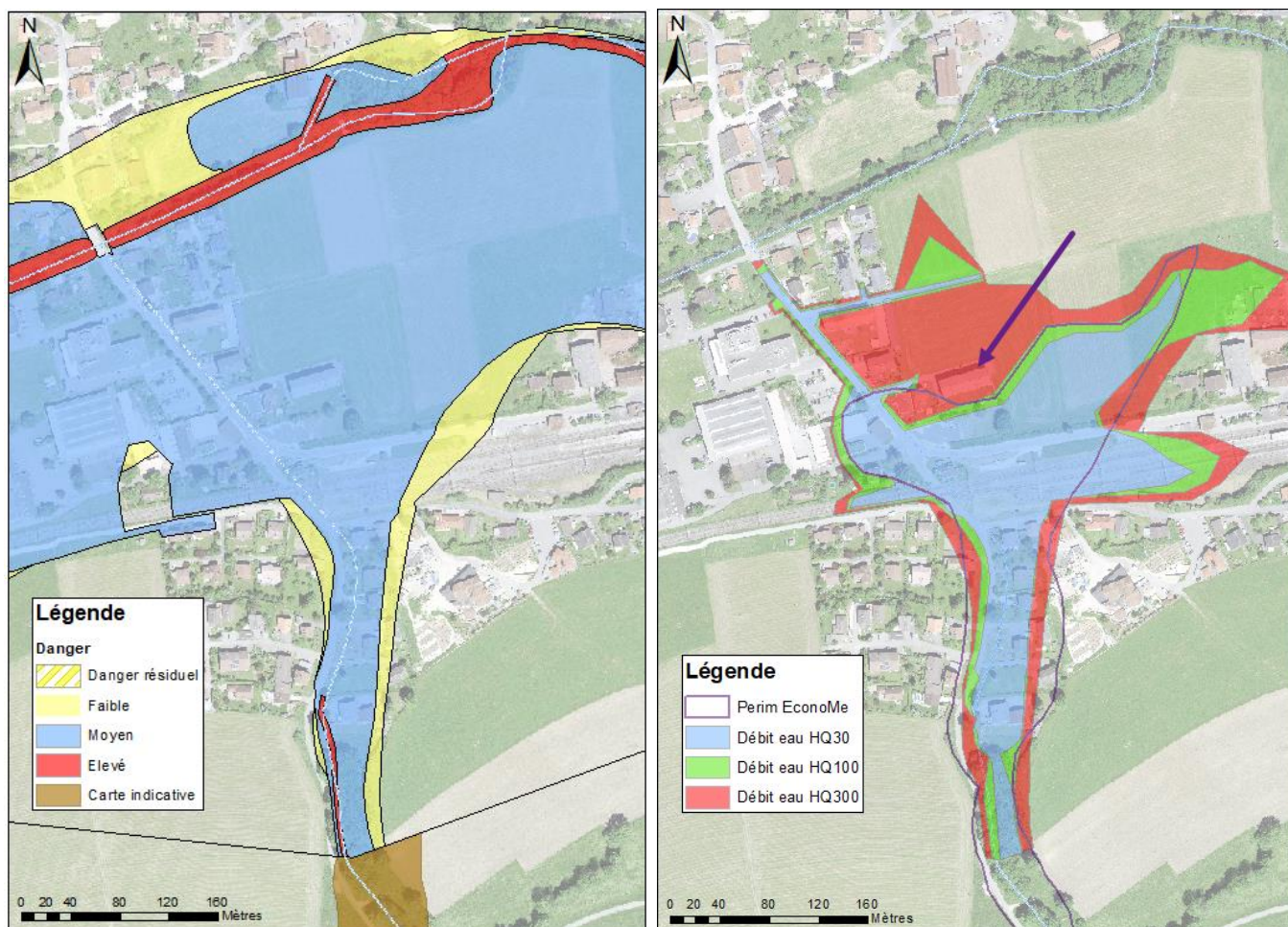


Figure 7: Carte de danger actuelle et emprise mouillée selon Niederhäuser.

Remarque : sur la figure ci-dessus présentant l'événement de 2021, un bâtiment est indiqué avec une flèche violette. Celui-ci n'était pas considéré dans le calcul EconoMe de Niederhäuser (cf. Perim EconoMe). Or, selon l'événement de 2021, celui-ci a été fortement endommagé (cf. inondation de 2021 ci-dessous). Le temps de retour était entre Q100 et Q300. Pour ce bâtiment spécifique (immeuble de 24 appartements avec 21 places dans le garage souterrain), il a été considéré dans le calcul EconoMe pour un temps de retour de 300 ans.

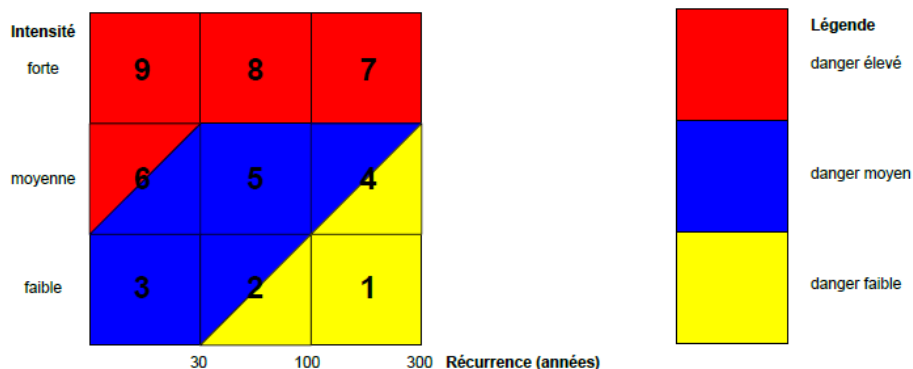


Figure 8 : diagramme des degrés de dangers



Figure 9 : inondation de juin 2021 du bâtiment de la parcelle 686 (rue de la Gare 48).

### 3.8 Scénarios

Le présent chapitre traite des débits de projet considérés pour la modélisation hydraulique et le dimensionnement des ouvrages de protection. Ils sont tirés du rapport de la carte des dangers naturels qui a été validée par l'autorité cantonale compétente. Les débits sont 1.3m³/s pour Q30, 1.9m³/s pour Q100, 2.4m³/s pour Q300 et 3m³/s pour Qext. En termes de concomitance, pour Q100 Malés, un temps de retour de 30 ans est considéré pour la Suze, et pour Q300 Malés, un temps de retour de 100 ans est considéré pour la Suze.

### 3.9 Evaluation des ouvrages de protection existants

Comme déjà mentionné aux paragraphes précédents, les ouvrages existants sont les goulets d'étranglement qui créent les débordements identifiés sur la carte des dangers. En plus du manque de capacité, ceux-ci sont également en mauvais état, étant donné leur date de mise en fonction. Le passage sous-CFF a été construit en 1940, tout comme le passage souterrain en aval du passage à niveau. Avec un collecteur en ciment, ces ouvrages arrivent en fin de vie.

Le bénéfice de les remettre à neuf sera donc double : augmentation de la capacité et remise en état des collecteurs.

### 3.10 Analyse des points faibles

Selon l'étude de danger (2009), le gabarit d'écoulement des tuyaux traversant la zone urbaine est insuffisant. Ce point s'est vérifié lors de la crue de 2021. Les points faibles sont des sous-capacités hydrauliques et entraînant une inondation par l'eau. Aucun scénario péjorant n'a été considéré pour le charriage ou par embâcle par des bois flottants. Cependant, avec la traversée en forêt dans la partie amont de la zone urbaine, il n'est pas impossible d'observer un scénario d'embâcles par des bois flottants étant donné que le

diamètre des passages souterrains est relativement petit. La création d'un peigne à bois flottants dans la partie amont s'avère donc nécessaire, bien que la carte de danger ne prenne pas en compte ce scénario péjorant.

En résumé, 7 points faibles sont identifiés ci-dessous pour déjà des problèmes de sous-capacité à partir de Q30. Ceux-ci concernent des mises en souterrains du ruisseau.

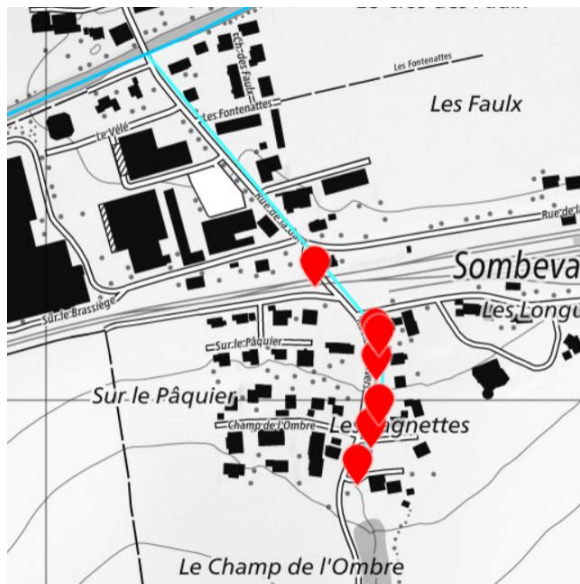


Figure 10 : points faibles de l'état existant.

### 3.11 Niveau de danger

Selon l'étude danger (2009), il est possible de résumer de la manière suivante :

- Temps de retour : 30 ans : occlusion des tuyaux dans les jardins en zone urbaine. Débordement et inondation des jardins en aval du collecteur de charriage, des voies CFF, de la rue de la gare et de la route sur le Brasiège. Ces points se sont vérifiés en 2021.
- Temps de retour 100 ans et 300 ans : Idem temps de retour de 30ans.

En résumé, le danger moyen est une conséquence de débordement dès Q30 avec des intensités faibles ( $h < 0.5\text{m}$  ou  $i < 0.5\text{m}^2/\text{s}$ ) dans les zones d'épanchement et avec des intensités moyennes ( $h [0.5\text{m} - 2\text{m}]$  ou  $i [0.5\text{m}^2/\text{s} - 2\text{m}^2/\text{s}]$ ) dans l'axe du cours d'eau dans la partie amont CFF et le long de la rue de l'Envers. Pour des probabilités inférieures (100 ans ou 300ans), les mêmes intensités sont observées mais avec un épanchement légèrement plus grand. Ces phénomènes, comme mentionné précédemment, ont été isolés des inondations de la Suze. Il est également important de mentionner qu'une érosion des berges ou du fond pourra avoir lieu. Ce point devra être pris en compte dans la stabilisation du nouveau lit lors de sa remise à ciel ouvert.

### 3.12 Etat morphologique du cours d'eau

Le cours d'eau est naturel dans la partie amont. Il a la possibilité de méandrer à sa guise. Une fois arrivé dans le village, il est entonné par des éléments en dur en rive gauche et en rive droite sur les parcelles privées (enrochements, blocs bétonnés, éléments en béton). Finalement, il est complètement contraint dans chaque passage souterrain dans des tuyaux en dur en béton et/ou en PVC. Ce cours d'eau n'a donc aucune morphologie naturelle dans la partie du village.

### 3.13 Etat écomorphologique

L'écomorphologie est une méthode d'analyse et d'appréciation de l'état naturel d'un cours d'eau par tronçons homogènes selon les critères suivants :

- 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, barrage, etc.). Les images ci-dessous illustrent la situation actuelle du cours d'eau avec celle d'un cours d'eau avec suffisamment d'espace pour se développer.



*Situation du cours d'eau existant avant la traversée des voies CFF*



*Exemple du ruisseau des Covos qui a été renaturé et revitalisé*

Le ruisseau des Malés s'écoule du Sud au Nord en passant par le village de Sonceboz avant de se jeter dans la Suze. Le point culminant de son bassin versant se situe vers la Haute Joue, sur la Crête des Bovoresses à 1'100 mètres d'altitude et son point bas à la Suze est à 646 mètres. Sa longueur totale est de 1'536 mètres.

Les pentes longitudinales sont élevées dans la partie amont (allant jusqu'à 10%) où le cours d'eau passe dans divers passages busés. La partie aval est totalement mise sous terre et les pentes longitudinales sont plus faibles (variant de 5 % à moins de 1%). La plupart des différents tronçons du cours d'eau sont artificiels. Il est complètement souterrain depuis la parcelle N°578 située en aval des Sagnettes jusqu'à la Suze.

Selon la carte actuelle de l'écomorphologie des cours d'eau du canton de Berne, environ 70% du tronçon total du ruisseau est mis sous terre, le 10% est artificiel (zone des Sagnettes), voire peu naturel, le 14% est peu modifié et seulement le 6% est naturel, voire presque naturel.



*Figure 11: Ecomorphologie niveau R – Tronçons (OFEV) des cours d'eau Sonceboz-Sombeval : Ruisseau des Malés*

### 3.14 Espaces réservés des eaux

Selon l'ordonnance fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (OACE) et la recommandation du canton de Berne, "Cours d'eau libres", un espace minimal doit être respecté de part et d'autre des cours d'eau afin :

- 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 crues, le charriage, le drainage des surfaces cultivées et habitées.
- Un espace suffisant 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 le cours d'eau et la limite du sol exploité pour éviter que l'eau ne soit polluée.

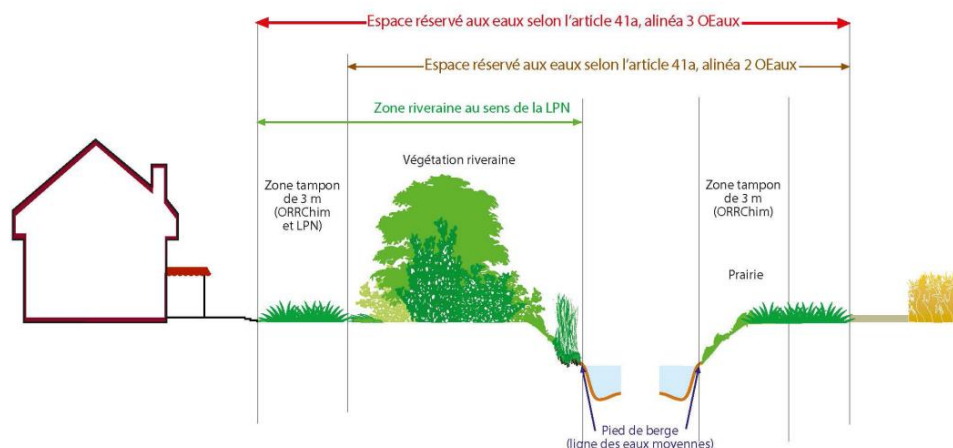


Figure 12: Guide pratique « Espace réservé aux eaux » du canton de Berne, version de 2021 (GAL ERE)

Pour le Ruisseau des Malés dans la commune de Sonceboz-Sombeval, qui se situe dans la classe d'évaluation N° 4 et 5, à savoir un cours d'eau peu naturel à mise sous terre, la largeur du lit est en moyenne de 1.00 mètre en amont des Sagnettes. La largeur qui garantit la protection contre les crues et assure le maintien des fonctions écologiques équivaut à la largeur de la zone riveraine, soit 5.00 mètres.

Par conséquent, l'espace de liberté nécessaire pour que le ruisseau des Malés puisse se développer est de : 11.00 mètres, cf page N°17 du guide pratique sur l'espace réservé aux eaux du canton de Berne. Selon le guide de l'OFEV (abaque ci-dessous), la largeur de la zone riveraine pour un cours d'eau de 1m de large (largeur naturelle) correspond à 5m. A nouveau, l'espace réservé aux eaux est de **11.00 mètres**. Cela signifie, que dans la mesure

du possible, l'aménagement du cours d'eau doit prévoir une bande minimale de 11.00 mètres de largeur pour le ruisseau des Malés. Cette valeur permet de garantir la biodiversité, mais également la protection contre les crues et le maintien des fonctions écologiques.

L'ABAQUE (COURBE DE RÉFÉRENCE)

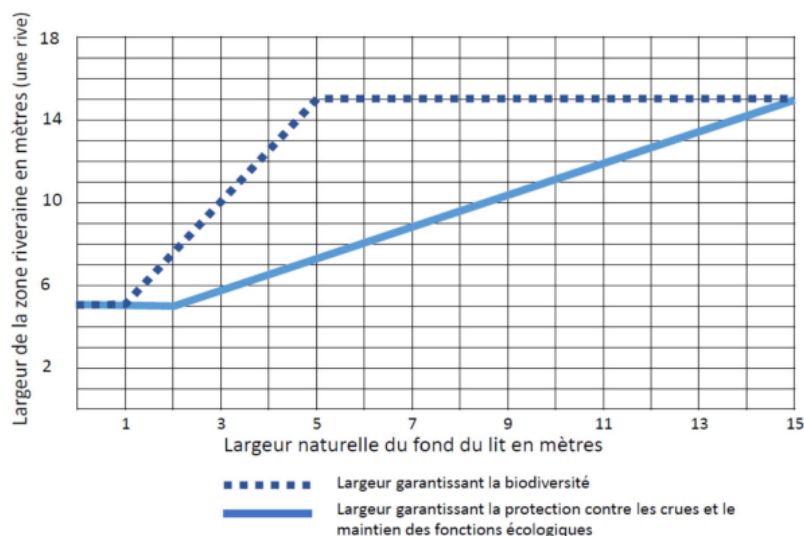


Figure 13: Guide modulaire pour la détermination et l'utilisation de l'espace réservé aux eaux en Suisse (OFEV, 2019)

### 3.15 Faune et flore

Concernant la faune et la flore, ce cours d'eau est en classe 4, il est complètement stabilisé dans la partie urbaine à l'amont de CFF. Aucune flore ne peut se développer dans un lit stabilisé avec des berges en dur avec des enrochements ou du béton. Concernant la faune, aucune espèce animale ne peut s'y arrêter. Une rupture de continuum est clairement visible entre la sortie de la forêt et la confluence avec la Suze. Ce point est encore plus marqué étant donné qu'il y a une grande partie souterraine.

Le ruisseau des Malés se trouve en eaux superficielles uniquement sur 53m par rapport au linéaire total de 482 m (soit 11% du linéaire). De plus, la partie superficielle se trouve exclusivement sur des parcelles privées qui utilisent le ruisseau à titre récréatif privé, entre autres pour alimenter leur étang privé. Aucune végétation n'est visible sur cette partie. Les abords du ruisseau sont des terrains gazonnés. Ce cours d'eau peut être donc qualifié de complètement artificiel avec aucun développement possible pour la faune et pour la flore.

### 3.16 Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est un facteur important pour la qualité d'un cours d'eau. De bonnes conditions de température et d'oxygénation y contribuent, de même que l'absence de polluants provenant de l'agriculture (engrais, lisier), ou d'autres activités humaines (eaux usées domestiques et industrielles). A l'heure actuelle, aucun rejet d'eau pollué n'a été détecté dans le ruisseau des Malés. Concernant l'impact de l'agriculture, celui-ci n'est pas prépondérant comme le ruisseau des Malés se trouve en forêt en amont de Sonceboz et principalement en souterrain dans la traversée du village.

Etant donné le relatif éloignement de rejets d'une STEP, le Géoportail cantonal ne mentionne pas de point de mesures sur le territoire communal. Les stations de mesures (biologiques) les plus proches sont situées aux points de rejets des STEP de Villeret et Sonceboz. Aucun rejet d'eaux usées n'a été observé. Seules des eaux pluviales sont rejetées dans le ruisseau des Malés.

### 3.17 Régime hydrologique

Les crues se produisent pour deux types d'événements qui sont les suivants :

Pluies de longues durées : Environ les 60 % du bassin versant sont constitués de prairies avec une pente de l'ordre de 10 à 20%. Ces terrains peu perméables ont une capacité de rétention et d'infiltration relativement faible. Par conséquent, en cas de pluies d'une certaine durée et d'une certaine intensité, le terrain se gorge d'eau et il se produit un ruissellement important après quelques heures de précipitations. Ce phénomène est d'autant plus marqué en période hivernale lorsque que le sol peut être également gelé. La couverture forestière est en revanche plus favorable et contribue à atténuer ce ruissellement.

Pluie de courte durée : Des crues se produisent également dans un autre contexte météorologique différent, soit en été, lorsque le terrain est sec, en cas d'orages de forte intensité. Ces crues sont caractérisées par des temps de montée très courts, environ 30 minutes à 1 heure et un débit de descente et de pointe élevés.

De manière générale, le régime hydrologique du ruisseau des Malés devrait se rapprocher de la Suze. De ce fait, on s'attend à des débits importants en janvier, février mars et décembre. En été, en fonction des années (sécheresse), on s'attendrait plutôt à des débits faibles pour le ruisseau des Malés (deuxième image ci-dessous). Cependant, comme en 2021, il n'est pas impossible qu'une cellule orageuse augmente le débit ponctuellement pendant quelques heures / jour. Ce sont des réactions très rapides du bassin versant avec une augmentation rapide du débit. Le ruisseau des Malés suit donc un régime pluvial.

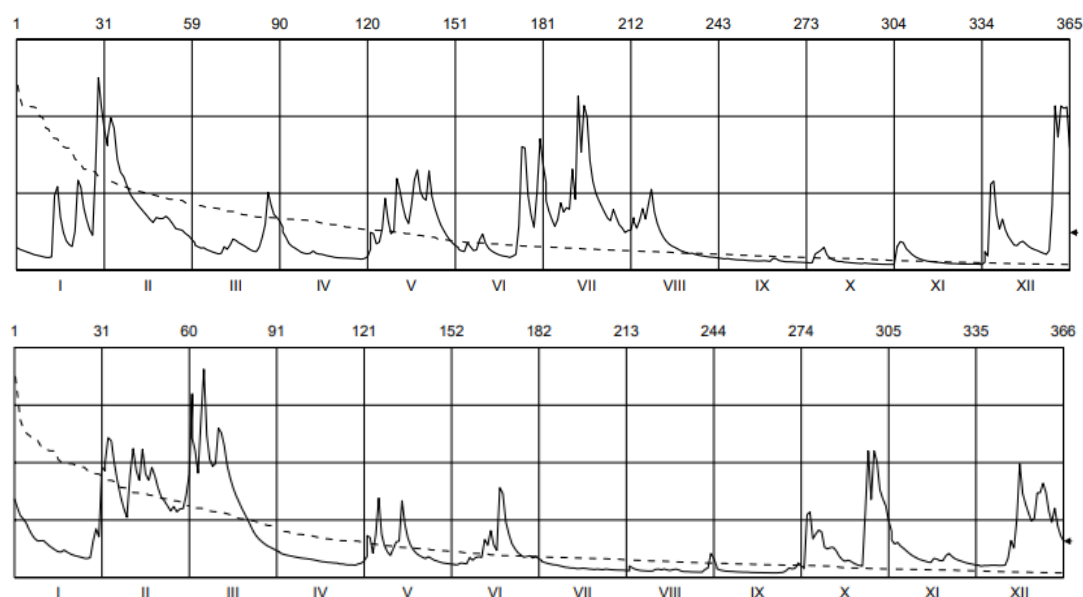


Figure 14: Régime hydrologique de la Suze en 2020 et 2021.

### 3.18 Paysage / zones bâties / zones de détente

Selon l'image ci-dessous, le cours d'eau des Malés se trouve principalement en zones d'habitation en partie superficielle et souterraine selon le plan de zones du canton de Berne. En termes de paysage, aucun site particulier (prairies et pâturages secs, zones alluviales, marais, Réseau Ecologique National REN, etc.) n'est inventorié dans le périmètre d'étude. Finalement aucune zone de détente ne se trouve dans ce quartier.

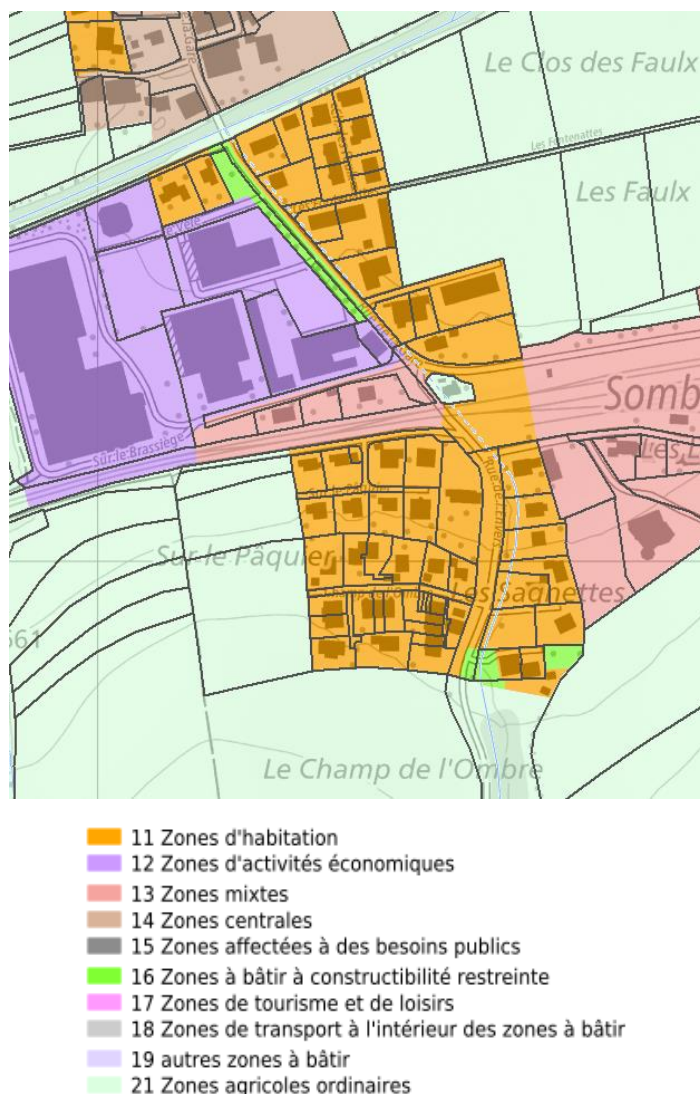


Figure 15: Affectation des zones.

### 3.19 Projets de tiers

La commune travaille sur un projet de chauffage à distance (CAD) avec la pose d'une nouvelle conduite sous la route existante. Ce projet de CAD devra donc être coordonné avec le tracé de la nouvelle conduite du cours d'eau en souterrain (à l'aval du passage à niveau CFF).

Le projet de renouvellement des voies CFF doit aussi être coordonné avec l'étude du PAE. Selon les coordinations menées, il ressort qu'une interdiction permanente de l'utilisation des voies sera prévue de septembre 2023 à mai 2025. Ensuite, une opération coup de poing (OCP) sera prévue du 01.11.2024 à 04.11.2024 pour refaire notamment la voie 22 (nord). **Le but a été de coordonner la pose du nouvel aqueduc des Malés en même temps que ces deux opérations.** Il est important de relever que CFF ne prévoyait que de remplacer à l'identique le passage existant. **L'opposition du canton avait finalement été levée lorsque CFF avait accepté de remplacer l'aqueduc existant par un aqueduc de gabarit suffisant et conforme au PAE des Malés**





Les CFF prévoient également une nouvelle route d'accès pour la zone d'enraillement. Ce projet a également été considéré dans le développement du PAE.

## 4 HYPOTHÈSES CONCERNANT LE PROJET

### 4.1 Objectifs de protection sélectionnés

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 est appliqué depuis lors dans d'autres régions où il a fait ses preuves.

Conformément à la directive fédérale et cantonale (« De l'analyse des risques à la planification des mesures », OFEV, 2016), la matrice des objectifs de protection se résume de la manière suivante : pour des regroupements d'habitation, terrains affectés à l'industrie, zones à bâtir, il convient de protéger complètement pour un temps de retour de 100ans et de protéger contre les intensités moyennes et fortes pour un temps de retour de 300ans.

Légende			
	= protection complète	= aucune intensité admissible	= 0
	= protection contre les intensités moyennes et fortes	= intensité faible admissible	= 1
	= protection contre les intensités fortes	= intensité moyenne admissible	= 2
	= pas de protection	= intensité forte admissible	= 3





Catégorie d'objets				Objectifs de protection			
Nr.	Biens	Infrastructures	Valeurs naturelles	Période de retour [en années]			
				1-30 fréquent	30-100 rare	100-300 très rare	>300 extrême- ment rare
3.2	Regroupements d'habitations, terrains affectés à l'industrie et à l'artisanat, zones à bâtir, terrains de camping, installations de sport et de loisirs	Stations des divers moyens de transport					
3.3	Risques spéciaux, vulnérabilité particulière ou dommages secondaires.	Risques spéciaux, vulnérabilité particulière ou dommages secondaires.		Détermination au cas par cas			

Figure 16 : matrice des objectifs de protections selon la recommandation de l'OFEV 2005 reprise par la publication de l'OFEV en 2016.

Le cours d'eau se trouve à proximité de bâtiments résidentiels, passe sous diverses rues et traverse les voies CFF. En cas de débordement, l'eau peut provoquer des dégâts sur ces constructions. Le type de protection correspond ainsi à la catégorie d'objet "Agglomération et industrie". Les directives de l'OFEV préconisent donc un niveau de protection complète des dommages  $Q_{100}$  et de protection limitée des dangers EHQ. Le débit de projet est fixé, selon la carte de danger, à  $Q_{100} = 1,90 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le calcul de la revanche se réalise en tenant compte des recommandations de la Commission pour la protection contre les crues (CIPC).

Comme des crues fréquentes ont déjà eu lieu, il est décidé de dimensionner le projet pour  $Q_{100}$  + revanche, mais également pour  $Q_{300}$  francs bords. Comme la différence entre les débits est relativement faible ( $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$  versus  $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et comme la revanche CIPC minimale est de 0.3m, il est attendu que la revanche appliquée sur  $Q_{100}$  couvre complètement le niveau d'eau pour  $Q_{300}$ . Il est important donc de mentionner qu'il ne s'agit pas de surdimensionnement, mais d'une conséquence de la revanche.

De plus, pour la partie aval du projet, des champs se trouvent présents. Une asymétrie devra donc être garantie pour assurer un débordement en rive droite du cours d'eau (côté champ), plutôt que du côté bâti. Ce scénario sera pris en compte dans le cas de surcharge pour le secteur aval (Nord des voies CFF).

## 4.2 Objectifs de développement écologique

Les objectifs de développement écologique peuvent se résumer de la manière suivante par tronçon :

- Secteur Amont : le but du secteur amont est de remettre à ciel ouvert le plus long linéaire possible du ruisseau des Malés. De plus, il est prévu de garantir une largeur naturelle du fond de minimum 1. Les pentes devront être à pente douce pour garantir le développement d'une flore naturelle avec la mise en place de buissons. Une stabilisation du fond sera nécessaire pour éviter une érosion importante, mais des mesures de génie biologique seront également proposées pour favoriser un développement naturel du cours d'eau. Des passages sous route artificiels seront nécessaires pour pouvoir garantir les accès naturels. Les objectifs seront donc de passer d'un cours d'eau artificiel anthropisé à un cours d'eau naturel avec des méandres et une faune et flore les plus naturelles possibles.
- Secteur CFF : le secteur CFF a pour but de garantir le gabarit hydraulique sous CFF. Pour améliorer la situation existante, un fond naturel sera proposé dans le passage souterrain sous CFF avec un fond plus naturel par rapport à un fond lisse en béton.
- Secteur Aval : la première partie aval se trouvera encore enterrée par manque de place. A nouveau, la conduite aura un fond naturel graveleux en lieu et place d'un fond lisse artificiel. Finalement, la dernière partie du cours d'eau sera une remise à ciel ouvert du cours d'eau avec une largeur de fond de minimum 1m, des pentes douces en rive gauche et en rive droite avec le développement d'une flore locale naturelle. Le but sera que la petite faune / flore puisse se développer le long des berges naturelles.

Dans les parties à ciel ouvert, l'objectif sera d'avoir un cours d'eau naturel avec des variations du fond du lit et des variations des pentes de berges pour offrir un maximum de diversification des écoulements, des hauteurs d'eau et des vitesses. La végétation projetée des berges devra permettre un ombrage du cours d'eau avec la plantation de végétation arbustive et arborescente pour éviter un réchauffement de l'eau. Des éléments constructifs tels que souches, bois morts et murgiers (tas de blocs) devront également apporter une plus-value pour les insectes et reptiles. Une diversification des structures du lit sera également proposée pour garantir une hétérogénéité des milieux : ce point sera facilement exécuté car il s'agit de remettre à ciel ouvert le ruisseau. Aucun lit existant ne sera donc conservé.

Un lit mineur sera également prévu pour garantir une hauteur minimale d'eau lors de périodes sèches qui seront toujours plus fréquentes. Des blocs isolés seront posés dans le lit pour créer une surprofondeur en particulier dans le secteur aval. Ces différentes mesures vont dans le sens des recommandations légales qui incitent à aménager les eaux et leur espace réservé de manière à pouvoir accueillir une faune et une flore diversifiées, à maintenir autant que possible les interactions entre les eaux superficielles et eaux souterraines et à permettre la croissance d'une végétation adaptée à la station sur les rives.

## 4.3 Défis de protection contre les crues

Le déficit de protection se marque principalement par les éléments suivants :

- Inondation dès Q30 des voies de communications de faible importance. Pour des routes communales (de faible importance), une inondation d'intensité faible est acceptable pour un temps de retour de 30 ans (classeur Aménagement des eaux, 2017).

- Inondation de la voie de chemin de fer dès Q30. Pour l'événement de 2021, des dégâts pour 900'000 CHF ont été comptabilisés alors qu'il s'agissait d'une crue d'un temps de retour estimable à 300 ans. Cette inondation est représentée ci-après. Selon les « Principes de répartition des coûts des CFF en fonction des risques pour les projets de tiers liés aux dangers naturels, CFF, 2021 », l'objectif de protection est l'événement centennal.
- Inondation de bâtiments dès Q30. Selon l'objectif de protection (Q100), actuellement un total de 22 bâtiments se trouvent touchés par une crue centennale. Une intensité moyenne est attendue comme les pentes sont importantes pour le secteur en amont (au Sud des voies CFF).



Figure 17: Déficit de protection pour un temps de retour de 100 ans La flèche bleue indique le bâtiment qui commence d'être touché dès Q100/Q300. Dans le calcul EconoMe, il n'est comptabilisé que pour un temps de retour de 300ans.



Figure 18: Inondation lors de la crue de 2021.

#### 4.4 Déficits écologiques / potentiel de développement

Comme mentionné, les déficits sont très importants du point de vue écologique pour le ruisseau des Malés qui est pour le moment un désert écologique avec un ruisseau complètement anthropisé et artificiel et avec une majorité du linéaire en souterrain. Le potentiel de développement vise une remise à ciel ouvert dans la partie Amont (Sud des voies) et une remise à ciel ouvert partiel dans la partie Aval (Nord des voies). Ces remises à ciel ouvert (en particulier la partie aval) ont donc pour objectif une revitalisation avec une remise à ciel ouvert.

#### 4.5 Scénarios de dimensionnement

Le scénario de dimensionnement est donc une capacité hydraulique pour Q100 en appliquant une revanche selon la CIPC. Pour les passages enterrés, un tirant d'air vertical devra être vérifié en accord avec une revanche CIPC interprétée : on appelle « interpréter » le fait que le tirant d'air ne pourra pas être sur tout la largeur comme il s'agit d'une conduite circulaire. Pour le passage sous CFF (aqueduc rectangulaire), une revanche complète sur toute la largeur sera considérée.

La vérification est également faite pour que Q300 puisse passer franc bord. Ce point ne sera pas un surdimensionnement car la ligne d'eau Q300 se trouve en dessous des valeurs de Q100 + revanche.

Concernant les bois flottants ou le transport solide, celui-ci n'est pas considéré dans le cas de dimensionnement, mais il est traité dans le cas de surcharge au chapitre 10.1.

## 5 DEGÂTS POTENTIELS / ANALYSE DES RISQUES

Comme mentionné en préambule, l'étude Niederhäuser a été reprise en particulier pour le calcul ECONOME. Un rapport détaillé a été réalisé selon la demande CFF en date du 07.03.2017. Le calcul de rentabilité a été réalisé avec la base EconoMe 4.0. Il a été décidé de mettre à jour tout le calcul avec la nouvelle version EconoMe 5.1 (version offline, téléchargée le 16.11.2022). Le rapport de Niederhäuser s'intitule : Rapport EconoME\_CFF-Commune et a été révisé en date du 24.03.2017. Il fait donc partie des bases du projet.

Par rapport à l'étude EconoMe, les mêmes hypothèses ont été reprises. Les bâtiments touchés ont également été vérifiés : certains bâtiments avaient été oubliés (comme des garages) et un bâtiment n'existe plus actuellement sur la rue de la Gare. Ce contrôle actualisé permet de garantir la mise à jour des données. Les hypothèses de trafic ont été reprises de l'étude antérieure. La même enveloppe d'emprise a été considérée.

Il est également important de rappeler la distinction entre écoulement statique ou écoulement dynamique. Selon le manuel d'EconoMe, il convient de distinguer la différence entre un écoulement statique ou dynamique en fonction de la pente et en fonction de la vitesse selon la figure ci-dessous. La pente du ruisseau des Malés est de 7% dans la partie amont ; il est donc clair qu'il s'agit d'une inondation dynamique. La traversée de la voie CFF, selon le terrain naturel, se situe aux alentours de 5.3%. Il s'agit donc toujours d'un écoulement dynamique. De plus, comme la pente est très importante en amont, les vitesses seront importantes, ce qui impliquera un écoulement dynamique. Finalement, dans la partie à l'aval, la pente est de 1.84%. Comme l'énergie ne sera que faiblement réduite (route lisse), et que la limite est proche de 2%, il est également certain que l'écoulement sera encore dynamique dans notre périmètre d'étude : rappelons que la limite du calcul EconoMe se situe juste à l'aval de la traversée CFF. Avec cette explication, il est donc décidé d'utiliser un processus dynamique pour les bâtiments touchés et pour les infrastructures routières. Comme la ligne de chemin de fer est relativement plate, il a été décidé d'assimiler un processus statique. Cette différenciation avait également été faite dans l'étude Niederhäuser. En résumé, tout est considéré en inondation dynamique, sauf pour la voie CFF qui est un écoulement statique.

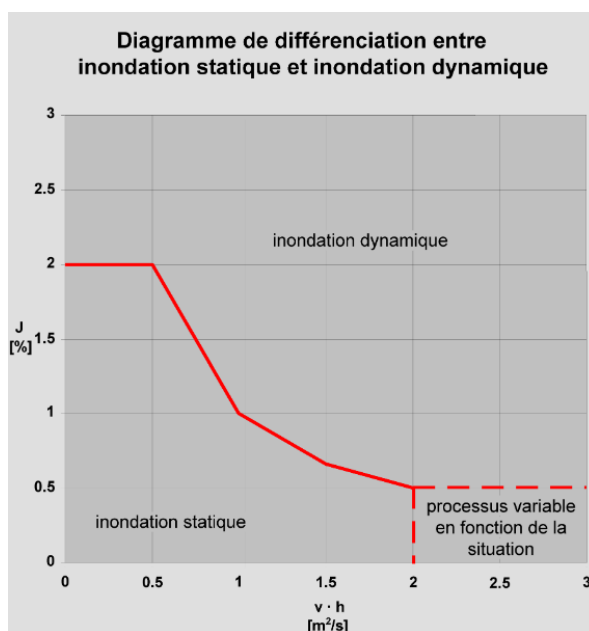


Figure 19: Potentiel de dommages dans le périmètre.

Remarque : selon l'événement de 2021, 900'000 CHF de dégâts pour CFF ont été recensés. Une analyse comparative sera menée pour vérifier ce point.

## 5.1 Potentiel de dommages

Les objets présents dans le périmètre considéré ont été répertoriés sur le terrain. Ils ont ensuite été classés dans les catégories et types d'objets définis.

Catégorie d'objet	Type d'objet
Bâtiments	Unité de logement maison individuelle, unité de logement multi maison, garage, hangar/remise, bâtiment industriel/artisanal, place de parcs
Trafic routier	Route communale, chemin rural ou forestier
Trafic ferroviaire	Voies ferrées multiples, citerne de gaz
Agriculture, forêt	Surface à exploitation extensive (pâturages)

Tableau 1: Catégorie d'objets considérés.

Les valeurs standards proposées par EconoMe 5.1 ont été utilisées et comparées avec les valeurs officielles des bâtiments que la commune avait fournies pour l'étude Niederhäuser. Les surfaces extensives présentes dans le secteur aval n'ont pas été prises en compte lors de l'analyse. En les prenant en compte, cela augmenterait légèrement encore le rapport utilité/coûts.

Les cartes d'intensité des inondations montrent certaines zones en intensités moyenne et faible. Cependant, le potentiel de dommage aux personnes reste extrêmement faible voire négligeable. Aucune recherche complémentaire à l'analyse de l'outil EconoMe 5.1 n'a été réalisée pour compléter les données de ce chapitre.

Concernant la probabilité d'occurrence spatiale, pour une inondation dynamique, les valeurs sont de 0.9 pour un temps de retour de 30 ans, 0.7 pour un temps de retour de 100 ans et 0.9 pour un temps de retour de 300ans. Vu l'événement de 2021 et les dégâts importants sur la ligne ferroviaire, une fermeture à titre préventif (Pvsp) n'a pas été considérée. Ce point est identique à l'étude Niederhäuser de 2017.

## 5.2 Valeur estimative des dommages

### 5.2.1 Résultats de l'analyse

Selon l'analyse EconoMe 5.1 mise à jour, un total de 39 objets ont été considérés dans l'emprise de projet : Niderhäuser n'en avait considéré que 24. Le potentiel total des dommages est de 1'483'915'310 CHF selon la figure ci-dessous. Comme mentionné ci-dessus, le calcul a été fait avec la version EconoMe Offline 5.1. Un téléchargement a posteriori dans un projet officiel online sera possible avec le fichier « .eco ».

Le potentiel de dommage aux personnes est de 1'429'788'800 CHF, alors que le potentiel de dommages aux biens matériels est de 54'126'510 CHF. Ces dommages prennent en compte les bâtiments (maisons individuelles, immeubles, routes communales, conduites et trafics ferroviaires).

[Import] - Males - Potentiel de dommages dans le p?rim?tre		
<a href="http://127.0.0.1:9000/doc/CH/27-2-24/polygon/AP2_danger.pdf">http://127.0.0.1:9000/doc/CH/27-2-24/polygon/AP2_danger.pdf</a>		
Nombre total d'objets		35
Nombre d'objets avec valeurs modifi?es		4
Nombre d'objets avec occupation modifi?e		3
Nombre d'objets avec protection d'objet		0
Nombre d'objets avec facteur de pr?sence modifi?		0
Potentiel de dommage: nombre de personnes		216.63
Potentiel de dommage aux personnes (mon?tari?s/es)	1 429 788 800 CHF	
Potentiel de dommage aux biens mat?riels	54 126 510 CHF	
Potentiel de dommage: total	1 483 915 310 CHF	

### 5.2.3 Fourchette haute selon la modélisation 2D

Selon la modélisation 2D triangulaire pour Q100 (Figure 22), il ressort que l'usine Sontex est touchée pour un Q100 alors qu'elle n'est pas comptabilisée dans EconoMe (bâtiment de 10'900m<sup>3</sup>). De plus, 4 maisons individuelles, 1 immeuble de 6 appartements, 1 immeuble de 3 appartements et 3 immeubles de 6 appartements sont également touchés (en orange ci-dessous). Si seul ce scénario est considéré, avec les valeurs standards EconoMe, les dommages totaux augmentent de 2'380'200 CHF. Si une inondation statique est considérée (car éloignée du cours d'eau) avec une inondation de ces biens pour Q100 et Q300 uniquement, la totalité des dégâts annualisés pour ces éléments manquants serait de 23'802 CHF/an.



Figure 22: Modèle 2D avec hydrogramme pour Q100 (durée 3 heures). Les éléments en bleu sont comptabilisés dans EconoMe. Une analyse de dommages a été effectuée pour les bâtiments supplémentaires (en orange).

<input type="checkbox"/> Montrer les risques du scénario		Ampleur des dommages selon les scénarios [CHF]		Risque complémentaire-cumulatif [CHF/a]
Catégorie		100 ans	300 ans	
Bâtiments	Personnes	0	0	0
	Biens matériels	2 380 200	2 380 200	23 802
	Totalité des dégâts	2 380 200	2 380 200	23 802
Personnes		0	0	0
Biens matériels		2 380 200	2 380 200	23 802
Totalité des dégâts		2 380 200	2 380 200	23 802

Figure 23: Résultat EconoMe 5.1 pour les bâtiments supplémentaires selon le modèle 2D.

Ce point sera ajouté dans la sensibilité de la valeur EconoMe finale. A noter donc que la valeur finale mentionnée sera donc conservatrice par rapport à la réalité du modèle 2D évalué. A noter qu'aucune mise à jour de carte de danger selon ce modèle 2D n'a été effectué.

### 5.3 Risques matériels

Pour le temps de retour de 30ans, 100 ans et 300ans, il est possible de résumer les dégâts matériels pour une inondation dynamique de la manière suivante : 1'952'659 CHF pour un temps de retour de 30 ans, 2'442'735 CHF pour un temps de retour de 100 ans et 3'550'393 CHF pour un temps de retour de 300 ans. La valeur pour un temps de retour de 300 ans augmente sensiblement ceci en lien à l'immeuble de 24 appartements. Pour une inondation statique, qui concerne exclusivement CFF, les dégâts aux biens matériels sont de 448'054 CHF pour Q30, Q100 et Q300. Les valeurs sont identiques comme les linéaires touchés varient très peu entre les différents scénarios, selon la carte actuelle d'inondation. A noter que ces valeurs tiennent compte des linéaires mis à jour selon le modèle 2D.

**Remarque CFF :** Il est intéressant de relever que les biens matériels concernant le trafic ferroviaire représente une valeur de 384'054 CHF, alors que pour la crue de 2021 (temps de retour 300 ans), des dégâts de 900'000 CHF avaient été invoqués par CFF.

Ainsi, les valeurs utilisées dans ce rapport pour la rentabilité semblent pertinentes voir sous-évaluées et conservatrices par rapport à la rentabilité bénéfice / coût. Si le rapport est supérieur à 1, il serait en réalité d'autant plus grand étant donné ces hypothèses.

*CFF en mai 2023 a mené sa propre évaluation pour quantifier le risque. Il a été admis que l'exploitation avait 95% de chance de pouvoir être interrompue avant la survenue d'un événement et ainsi les dégâts matériels en lien au trafic ferroviaire n'excéderaient pas ~10'000 CHF.*



**EconoMe Offline - EconoMe Projekt 27-2-24 Analyse des conséquences**

06.12.22, 13:47:33

[Import] - Males - Analyse des conséquences				
Inondation dynamique Dynmaique				
Synthèse de l'ampleur des dégâts sans aversion				
	Ampleur des dommages selon les scénarios			Risque complémentaire-cumulatif [CHF/a]
Catégorie	Scénario 30 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Scénario 100 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Scénario 300 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Risque Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts
Bâtiments	17 031 CHF / 1 724 167 CHF 1 741 198 CHF	13 246 CHF / 2 265 019 CHF 2 278 265 CHF	17 031 CHF / 3 351 295 CHF 3 368 326 CHF	542 CHF / 66 502 CHF 67 044 CHF
Objets précieux	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	7 743 CHF / 191 268 CHF 199 011 CHF	8 688 CHF / 148 764 CHF 157 452 CHF	7 449 CHF / 161 874 CHF 169 323 CHF	263 CHF / 5 994 CHF 6 258 CHF
Lignes et conduites	0 CHF / 37 224 CHF 37 224 CHF	0 CHF / 28 952 CHF 28 952 CHF	0 CHF / 37 224 CHF 37 224 CHF	0 CHF / 1 186 CHF 1 186 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, forêts 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
Infrastructure	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	0.00375 Tt	0.00332 Tt	0.00371 Tt	0.00012 Tt
Personnes (monétarisées)	24 774 CHF	21 934 CHF	24 480 CHF	806 CHF
Biens matériels	1 952 659 CHF	2 442 735 CHF	3 550 393 CHF	73 682 CHF
Somme	1 977 433 CHF	2 464 669 CHF	3 574 873 CHF	74 487 CHF

Figure 24: Ampleur des dégâts, état actuel pour une inondation dynamique.

Inondation statique CFF				
Synthèse de l'ampleur des dégâts sans aversion				
	Ampleur des dommages selon les scénarios			Risque complémentaire-cumulatif [CHF/a]
Catégorie	Scénario 30 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Scénario 100 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Scénario 300 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Risque Personnes / Biens matériels 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 précieux	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, forêts 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	132 040 CHF / 348 054 CHF 480 094 CHF	132 040 CHF / 348 054 CHF 480 094 CHF	132 040 CHF / 348 054 CHF 480 094 CHF	4 401 CHF / 11 602 CHF 16 003 CHF
Infrastructure	0 CHF / 100 000 CHF 100 000 CHF	0 CHF / 100 000 CHF 100 000 CHF	0 CHF / 100 000 CHF 100 000 CHF	0 CHF / 3 333 CHF 3 333 CHF
Personnes	0.02001 Tt	0.02001 Tt	0.02001 Tt	0.00067 Tt
Personnes (monétarisées)	132 040 CHF	132 040 CHF	132 040 CHF	4 401 CHF
Biens matériels	448 054 CHF	448 054 CHF	448 054 CHF	14 935 CHF
Somme	580 094 CHF	580 094 CHF	580 094 CHF	19 336 CHF

Figure 25: Ampleur des dégâts, état actuel pour une inondation statique (partie CFF).

## 5.4 Risque de décès

Comme illustré ci-dessous, pour le risque individuel de décès, aucune valeur ne se trouve dans le rouge (valeur limite dépassée, il existe un besoin d'action). 7 personnes se trouvent en jaune, ce qui signifie que le risque individuel de décès est proche de la limite (pour l'inondation dynamique). Pour l'inondation statique (partie CFF), 1 personne se trouve en jaune. La situation doit donc être évaluée avec attention. Cette situation vient du fait que 5 maisons individuelles se trouvent en danger moyen pour un temps de retour de 30ans (intensité moyenne) dans une inondation dynamique et statique (CFF).

[Import] - Males - Risque individuel de décès			
Inondation dynamique Dynamique			
Risque individuel (nombre d'objets touchés)			
Avant mesure	0	7	1
Après mesure Total	0	0	0
Avant mesure			
9	Unité de logement maison individuelle		0.00000458667
8	Unité de logement maison individuelle		0.00000458667
7	Unité de logement maison individuelle		0.00000458667
2	Unité de logement dans immeuble résidentiel		0.00000458667
11	Unité de logement maison individuelle		0.00000458667
14	Unité de logement maison individuelle		0.00000458667
15	Unité de logement maison individuelle		0.00000458667
21	Route communale		0.000000151183
Après mesure Total			
Inondation statique CFF			
Risque individuel (nombre d'objets touchés)			
Avant mesure	0	1	2
Après mesure Total	0	0	0
Avant mesure			
271	Voies multiples		0.00000101395
272	Voies multiples		0.00000016262
273	Voies multiples		0.000000161791
Après mesure Total			

Figure 26: Risque de décès avant mesure.

## 5.5 Risque individuel

Concernant le risque individuel (selon la Figure 26), les valeurs ont déjà été présentées avec la mise en évidence d'un risque important pour la Rue de l'Envers (secteur amont) où des maisons se trouvent en danger moyen dès Q30.

## 5.6 Risques encourus avant introduction des mesures

Les différents risques avant la réalisation des mesures sont résumés ci-dessous. La principale source de risque financier vient des bâtiments à hauteur des  $\frac{3}{4}$  et du trafic ferroviaire à hauteur du  $\frac{1}{4}$ . Ensuite, le principal scénario vient du temps de retour de 30 ans qui concerne 62% des risques pour l'inondation dynamique et 70% pour l'inondation statique (partie CFF). De plus, les biens matériels sont les principaux enjeux, à 99% pour l'inondation dynamique et à 94% pour l'inondation statique (CFF).

Finalement, il est possible de résumer le risque total encouru pour la partie dynamique et pour la partie statique (uniquement CFF). En résumé, les risques cumulatifs de tous les scénarios sont les suivants :

- Inondation dynamique : 74'487 CHF / an (79.4% des dommages totaux)

- Inondation statique (ici partie ferroviaire CFF) : 19'336 CHF / an (20.6% des dommages totaux).

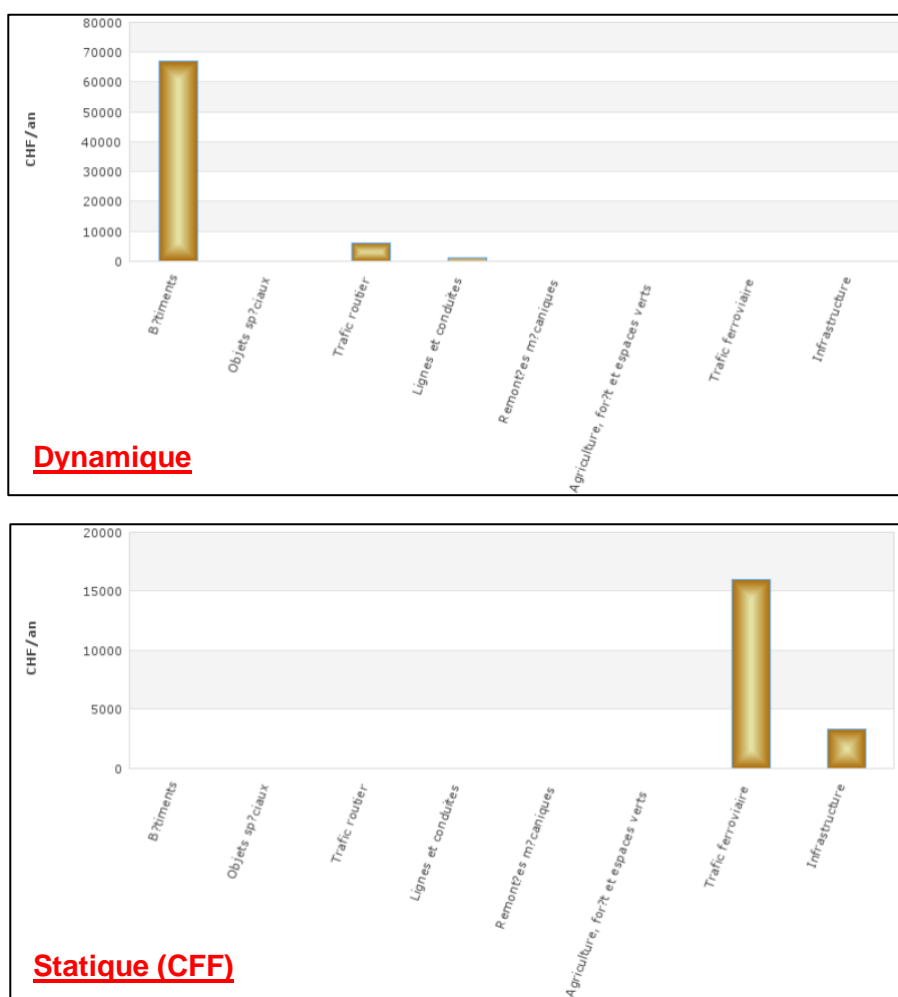


Figure 27: Synthèse des différents risques pour l'inondation dynamique et statique pour les trois secteurs : amont, CFF et aval pour les trois temps de retour à savoir Q30, Q100 et Q300.

## 5.7 Projection du devis maximum et mise à jour des valeurs Niederhäuser

Finalement, les risques annualisés sont donc de 93'824 CHF/an. En considérant qu'il n'y a plus de dommages après la mesure (protection complète pour Q100 avec revanche et Q300 franc bord), il est possible d'évaluer déjà la rentabilité du projet en calculant le devis acceptable maximum. Pour ce faire, selon EconoMe, pour une galerie de protection contre les crues, ou une digue en terre, la durée de l'effet protecteur est de 100 ans. Ensuite, pour ces deux types d'aménagement, les frais d'entretien et de réparation sont de 0.5% selon EconoMe (« valeurs indicatives pour déterminer les coûts annuels »). Les frais d'exploitation sont de 0.5% pour une galerie de protection contre les crues et de 0% pour une digue en terre. Le linéaire représente une totalité de 538m, alors que la partie souterraine représente 166m, soit un total de 31% du linéaire. Comme la partie souterraine est la plus coûteuse, il a été décidé d'appliquer cette valeur de 0.5% pour les frais d'exploitation. La valeur résiduelle est de 0 CHF. Selon EconoMe, un taux d'intérêt de 2% doit être pris en compte.

Pour le projet Niderhäuser (2.45mio CHF), la rentabilité serait de 1.28 avec ces nouvelles informations. Pour atteindre une rentabilité de 1, il conviendrait d'avoir un devis qui ne dépasse pas 3.13 mio CHF pour que le projet soit à la limite de la rentabilité.

## 6 DESCRIPTIF DU PROJET / PLANIFICATION DES MESURES

### 6.1 Etude des variantes et décisions

#### 6.1.1 Variante de base

Le projet initial a été repris depuis l'étude de Niederhäuser de 2017. Le concept initial d'aménagement avait étudié 5 variantes. La variante 2, avec un tracé de la traversée des voies ferrées, entre le portique 34-35 des caténaires et une tête d'aiguillage, demandé par les CFF avait été retenue par la commune. Les différentes variantes sont consultables dans le dossier de 2017. Le concept démontrait une forte volonté de renaturer et revitaliser le cours d'eau en plus de résoudre les problèmes d'inondation mentionnés dans la carte des dangers. Le plan en situation est représenté ci-dessous. Le projet se résumait :

- Partie aval, longueur de 316m
- Partie centrale avec bras secondaire, longueur de 154m
- Partie amont avec bras secondaire, longueur de 274m.



Figure 28: Projet de Niederhäuser de 2017.

Selon cette étude, les éléments qui touchaient la parcelle au Nord de la voie CFF étaient problématiques (mentionnés avec la lettre A ci-dessous). Comme cet élément était problématique, cela remet complètement en cause le projet de la variante aval. De ce fait, deux variantes ont été évaluées pour conserver le tracé existant sous CFF. Celle-ci sont précisées ci-dessous. Ainsi, la partie dans le rectangle rouge ci-dessous a été abandonnée.

De plus, les éléments dans le rectangle orange ont également été abandonnés suite à la séance avec CFF en novembre 2022. En effet, un chemin d'accès est prévu sur la parcelle CFF pour accéder à la nouvelle zone d'enraillement en enrobé. Cette nouvelle contrainte ne permet plus de conserver ce bras secondaire. Comme ce bras secondaire était uniquement alimenté par les eaux de ruissellement du quartier, il a été convenu qu'une nouvelle conduite en lieu et place d'un bras mort était suffisante, comme il ne s'agit pas d'un cours d'eau existant. Selon le rapport Niederhäuser, le bras secondaire parallèle au CFF reprend un bassin versant de 8.3ha. Les débits sont  $HQ_{30} = 0.150 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $HQ_{100} = 0.220 \text{ m}^3/\text{s}$ , et  $EHQ = 0.350 \text{ m}^3/\text{s}$ . En considérant que le bras mort est remplacé par un DN 500, avec une pente de 1.45%, le débit maximum est de  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ce débit est supérieur aux débits extrêmes, mais d'expérience de la crue de 2021, une quantité importante de débit provenait de ce bassin versant. A titre d'information, pour garantir un débit de  $0.22 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_{100}$ ), un remplissage de 47% est admis, ce qui laisse un tirant d'air de 26cm. Ce tirant d'air s'approche de la revanche minimale CIPC de 30cm. Ces hypothèses sont donc admises pour le dimensionnement de cette conduite de diamètre DN500.

Le rectangle bleu ci-dessous fait partie du projet Niederhäuser qui a été repris en l'état avec quelques adaptations mineures, telles que la mise à jour des lignes d'eau par exemple (calcul plus conservateur réalisé).

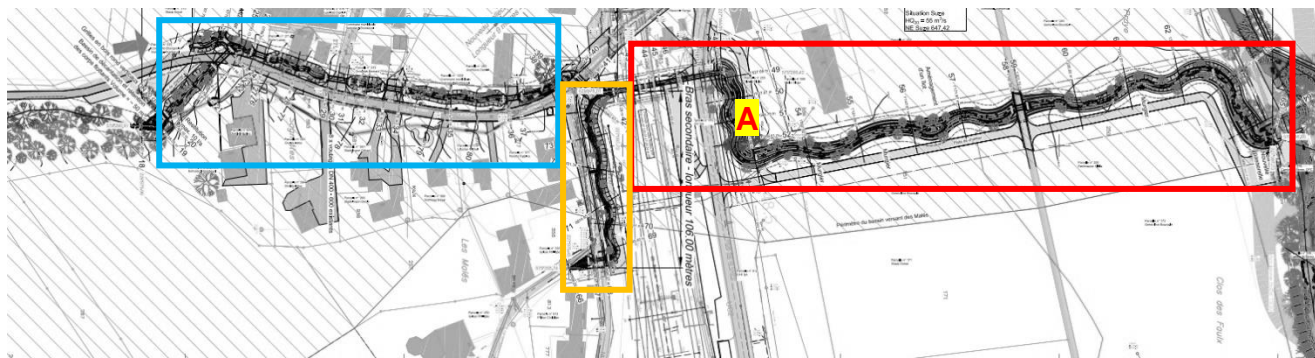


Figure 29: Projet initial avec en bleu les éléments conservés du projet. Les éléments en rouge et en orange ont été abandonnés.

### 6.1.2 Variante aval

Une fois la variante de base récupérée (partie amont), il s'agissait de définir quels exutoires allaient être choisis dans la Suze. Pour ce faire, deux variantes ont été développées avec, soit un retour dans la Suze par les champs (variante 1) ou alors un retour dans la Suze proche du tracé existant, à savoir dans la route existante (variante 2). Ces deux variantes ont été présentées en séance du 03.11.2022 au conseil communal, aux CFF ainsi qu'au canton de Berne. La variante 2 (sous la route / trottoir existant) a été évaluée avec une remise à ciel ouvert partielle ou avec une conduite circulaire en PRV. La variante 2 a donc été divisée en sous variante avec variante 2a (remise à ciel ouvert avec des murs en béton), variante 2a' (idem variante 2a mais avec des enrochements bétonnés) et finalement la variante 2b (conduite souterraine en PRV). Toutes ces variantes partent d'un point identique mentionné par la lettre B ci-dessous.

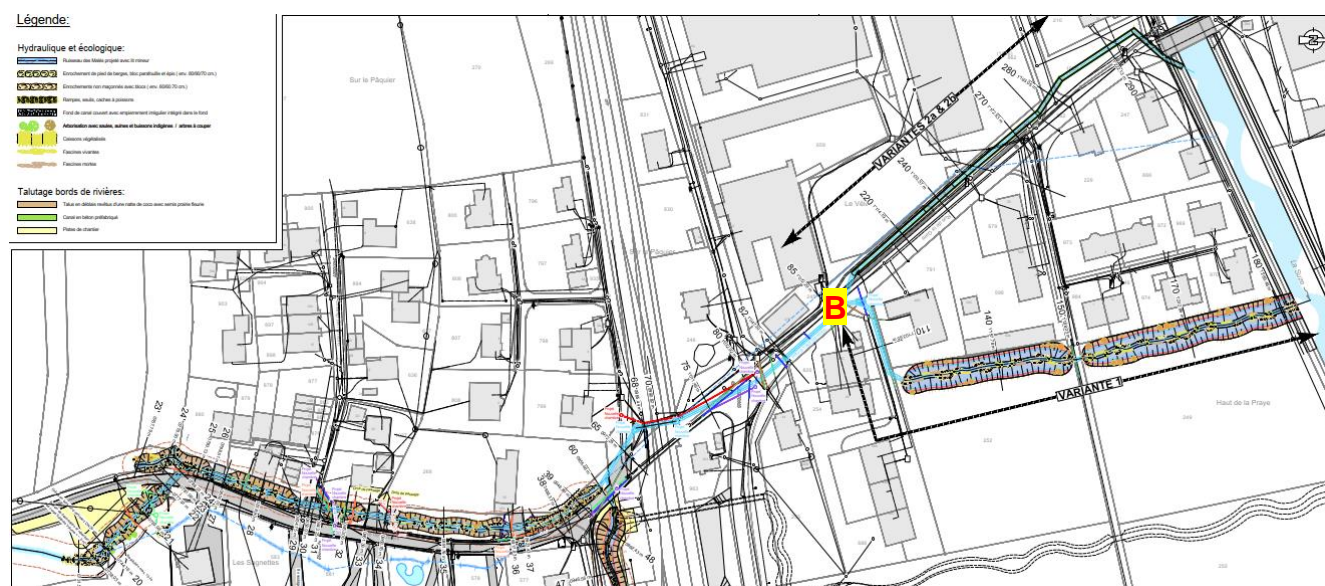


Figure 30: Variante 1 (dans les champs) et variante 2 (sous la route existante).

Les différents profils de ces variantes sont représentés ci-dessous et ont été discutés lors de la séance de discussion. Une analyse multicritère a été menée afin de mettre en évidence quelle solution était la plus avantageuse. La variante 2b a été analysée, bien que très rapidement, celle-ci a été exclue pour des problèmes de recouvrement. En effet,

l'accès au parking de l'entreprise Sontex pose des problèmes de recouvrement : le sommet de la conduite circulaire se trouve au-dessus du terrain naturel. L'accès serait donc impossible. Cette variante implique donc un critère exclusif décisif. Une reprise complète du profil en long de l'accès aurait été nécessaire avec un rehaussement local de la route communale et du parking.

Il est également important de mentionner que pour toutes ces variantes, un remous de la Suze a été considéré. Une concomitance de crue a été considérée avec Q100 Malés + Q30 de la Suze (cote 648.56 au droit de la nouvelle confluence). Cet élément avait également été choisi par Niderhäuser. Pour Q300 des Malés, le temps de retour de 100ans de la Suze a été pris en compte (cote 648.90 au droit de la nouvelle confluence). Pour définir de manière exacte le niveau en crue de la Suze, un modèle 1D de la Suze a été construit, puis calé avec les données de la station OFEV avec des relevés. L'équation de déversoir a été utilisée pour la partie aval avec une précision de 5cm pour un faible débit de 2.20m<sup>3</sup>/s (calage du modèle 2D avec les valeurs relevées pour la Suze).

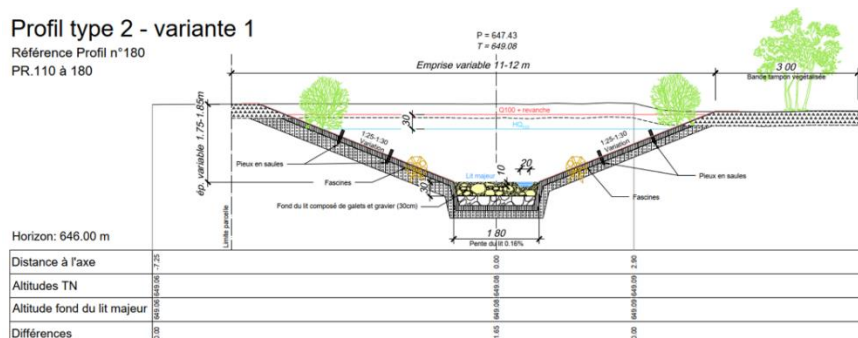
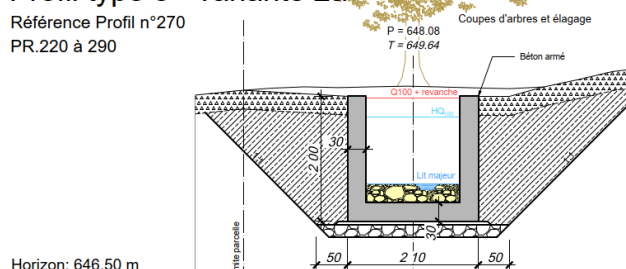


Figure 31: Variante 1 avec remise à ciel ouvert.

### Profil type 3 - variante 2a

Référence Profil n°270  
PR.220 à 290



### Profil type 5 - variante 2a'

Référence Profil n°270  
PR.220 à 290

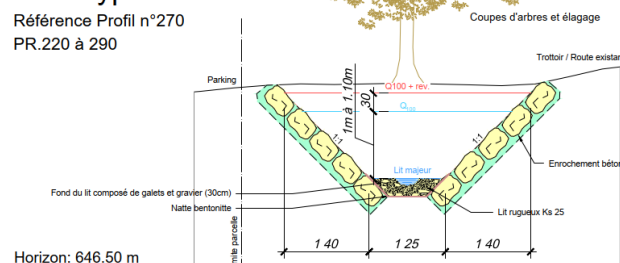


Figure 32: Variante 2a et 2a' avec remise à ciel ouvert.

### Profil type 4 - variante 2b

Référence Profil n°270  
PR.220 à 290

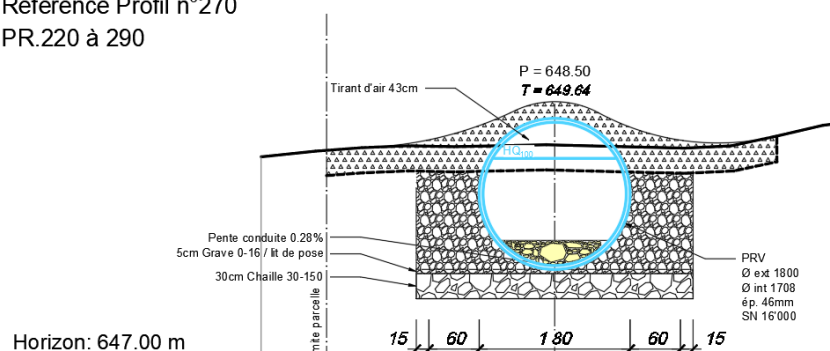


Figure 33: Variante 2b avec modification du diamètre du ruisseau existant et déplacement du tracé (problème de recouvrement).

L'analyse multicritère est présentée au tableau suivant. Il ressort clairement que la variante 1 est la plus intéressante des points de vue financier, technique, écologique, et sécuritaire. La variante 1 a donc été validée par les parties présentes lors de cette séance de présentation.

	Devis	Technique	Revitalisation	Expropriation	Sécuritaire
<b>Aval var1</b>	😊 596'000 CHF TTC	😊	😊	😞 2 parcelles privées (Jaures Simon Desarzens Yves & Desarzens Valérie)	😊 (surcharge réglée et Q300 garanti)
<b>Aval var2a (béton)</b>	😞 1'117'000 CHF TTC	😞 Croisement conduites	😞	😊 Sur parcelles communales	😞
<b>Aval var2a' (enrochement bétonné)</b>	😞	😞 Passage sous route + croisement conduites	😞	😊 Sur parcelles communales	😞
<b>Aval var2b (PRV)</b>	😞 882'000 CHF TTC	😞 Passage sous route + croisement conduite	😞	😊 Sur parcelles communales	😞

Tableau 2: Analyse multicritère des différentes variantes.

Concernant la variante 1, l'effet de remous de la Suze a également été pris en compte. Selon la station OFEV pour la Suze, le débit annuel (Q2.33) est de 28.5m³/s. par calage. Celui-ci a été calculé au droit de l'arrivée de la variante 1 (en turquoise ci-dessous). En considérant un débit de 0.5m³/s pour les Malés (pour rappel Q30 = 1.3m³/s), la hauteur uniforme est représentée ci-dessous en rose. La ligne d'eau des Malés plongera d'environ une dizaine de cm à l'arrivée dans la Suze. Pour des débits morphogènes des deux cours d'eaux, aucun remous par la Suze n'aura lieu étant donné qu'un raccord adéquat a été choisi. Concernant l'état actuel, il n'y a pas de péjoration de danger, comme le niveau de digue existant de la Suze correspond au niveau de digue actuelle du ruisseau des Malés.

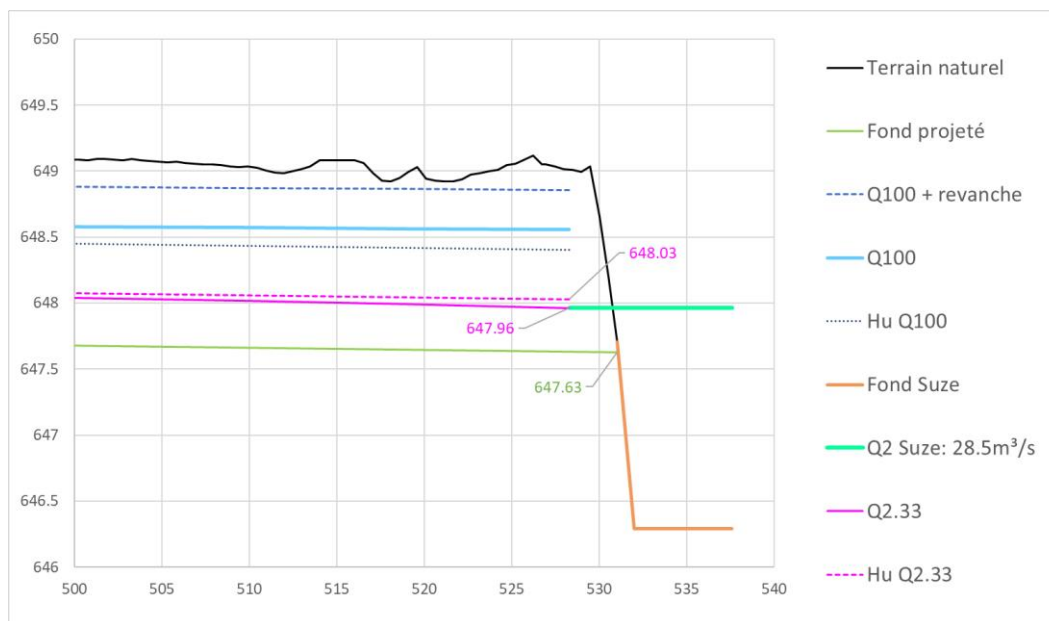
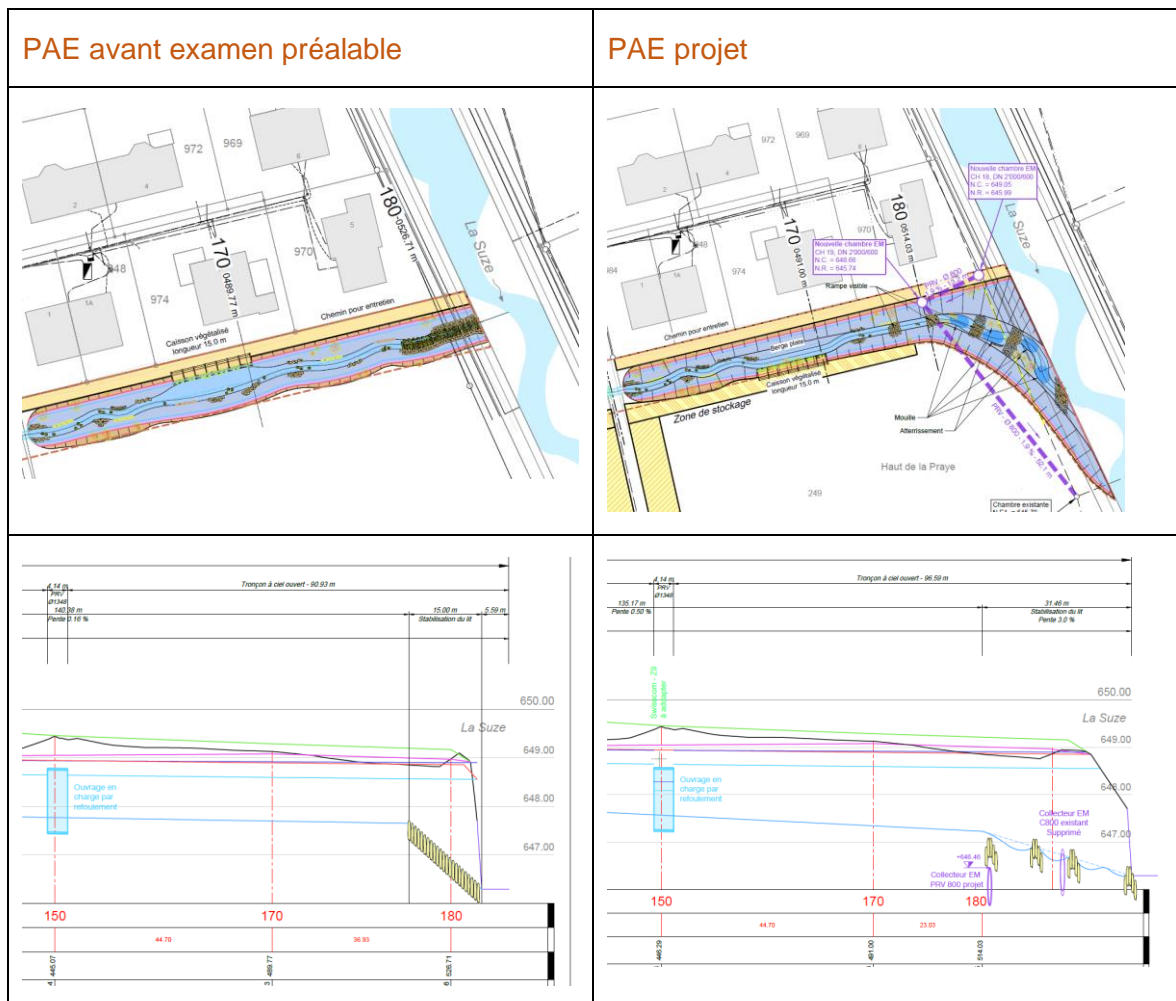


Figure 34: Raccord de la variante 1 avec la Suze.

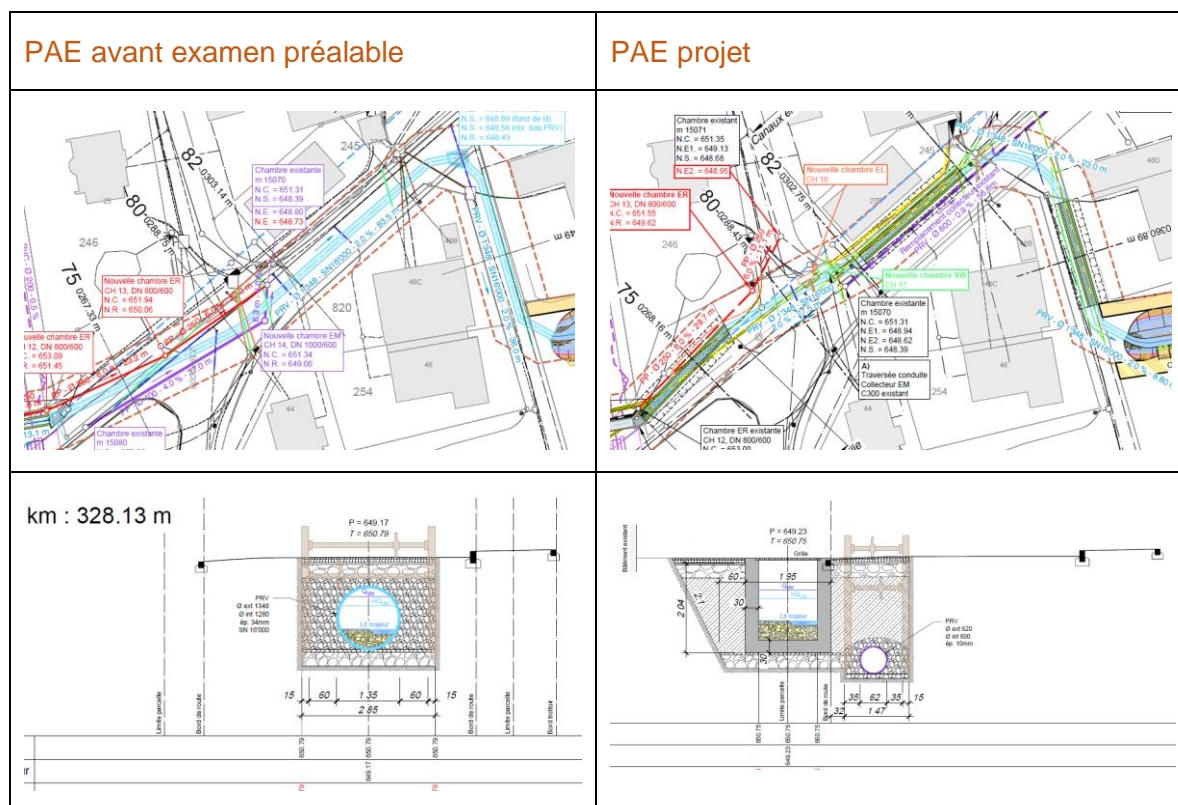
Suite à la consultation des services lors de l'examen préalable, le service de la pêche a demandé un adoucissement de la pente du ruisseau à l'embouchure avec la Suze pour favoriser la remontée piscicole d'une part et également l'augmentation de la pente moyenne vers l'amont. L'embouchure et ce secteur du ruisseau étant dans le remous de la Suze en cas de crue avec écoulement stationnaire, ceci ne change pas l'analyse hydraulique menée précédemment. Cet ajustement du projet nécessite cependant la déviation du collecteur intercommunal des eaux usées et augmente un peu les emprises du projet.

L'adaptation est illustrée ci-dessous en situation et profil en long. La nouvelle pente du ruisseau remis à ciel ouvert est de 1.2‰ du profil 120 au profil 180 et de maximum de 4‰ du profil 180 jusqu'à l'embouchure dans la Suze.



D'autre part, il a également été demandé que des puits de lumière soient créés à l'aval de la traversée CFF. Le profil type avec tuyau PRV a été remplacé sur les tronçons où cela était techniquement possible par un canal bétonné également avec fond graveleux, mais recouvert de grilles caillebotis permettant l'apport de lumière et ainsi la migration des truites.

L'adaptation est illustrée ci-dessous en situation et profil type.



### 6.1.3 Variantes CFF

Une fois la variante amont retenue selon le projet Niderhäuser et la variante aval également (appelée variante 1 dans le chapitre précédent), il convient de raccorder ces deux tracés. Deux variantes ont été étudiées pour le passage sous CFF à savoir :

1. Variante avec conduite en acier, épaisseur de 65mm, diamètre interne 1300. La conduite a été dimensionnée pour résister aux charges du trafic ferroviaire, mais également en prenant en compte la corrosion de l'acier.
2. Variante d'aqueduc en béton, épaisseur des parois en béton de 30cm. La variante en béton a également été dimensionnée en fonction des cas de charges du trafic ferroviaire.

Les deux variantes ont été vérifiées en fonction de la capacité pour Q100, avec la prise en compte d'un tirant d'air pouvant s'apparenter à la revanche. Ensuite, il est prévu de pouvoir faire transiter totalement Q300. Les deux variantes sont présentées à la Figure 35. Le principe des deux variantes prend en compte le fait qu'un lit granuleux est prévu dans la conduite ou dans l'aqueduc. Cette plus-value a pour but de recréer un lit naturel pour favoriser des milieux nocturnes, mais propices au macrozoobenthos entre autres. Ce type de milieu est intéressant pour l'écrevisse à patte blanche par exemple. Des ailettes en béton / acier sont prévues dans chacune des variantes (**espacement = ~3 mètres**) afin de retenir les matériaux de ce lit pour éviter que celui-ci ne disparaisse par érosion.

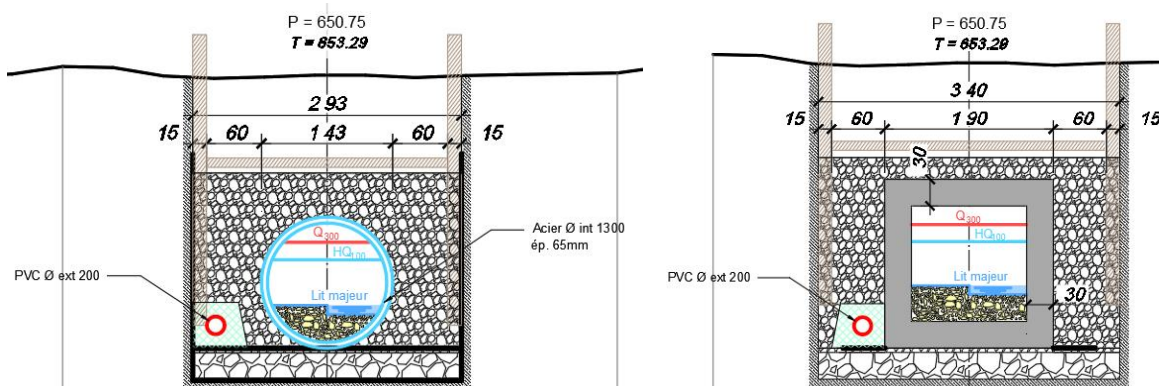


Figure 35: Variantes du passage sous la ligne CFF.

Une fois ces deux variantes valables (dimensionnées pour Q100 + revanche et Q300 rempli à 85%), il convient de définir les deux contraintes principales, à savoir le recouvrement ainsi que l'aspect financier. Après coordination avec CFF et par analogie au projet des Covos (aqueduc et trafic ferroviaire identique), un recouvrement de minimum 45cm a été demandé depuis le sommet de l'ouvrage jusqu'à la partie inférieure des traverses. A titre conservateur, et sur demande de CFF, il a été convenu de garder un minimum de 55cm dans la mesure du possible. La variante de tube en acier est donc plus favorable, selon le tableau ci-dessous (1.20m versus 0.96m). Néanmoins, les deux variantes respectent largement ce recouvrement minimum.

De plus, la mise en place, ainsi que le transport d'un tuyau de 16 mètres de longueur, peuvent être problématiques. La totalité représenterait un ouvrage de 37to qui devrait être découpé en plusieurs parties. La variante aqueduc en béton a donc été retenue par toutes les parties en séance du 03.11.2022. Cette variante a donc servi de base pour le développement du projet CFF anticipé qui est maintenant réalisé.

Finalement, entre la partie à ciel ouvert de Niederhäuser (partie amont) et l'aqueduc en béton sous CFF, un raccord avec une conduite circulaire PRV est proposé. La conduite de diamètre interne 1280 permet de garantir les mêmes hypothèses de calcul (Q100 + revanche ou Q300 rempli à 85%). Des chambres en béton sont prévues pour faire le passage du PRV à l'aqueduc en béton. A l'aval, une conduite PRV de même diamètre est prévue pour arriver dans la partie à ciel ouvert de la variante 1. Ces différents calculs ont été réalisés pendant l'étude de variante afin de garantir que les variantes proposées garantissent le dimensionnement souhaité. Avec le modèle de calcul 1D, une optimisation des pentes du profil en long ont été trouvées par itération, afin de garantir un recouvrement minimum sous CFF (55cm), mais également dans les passages sous route (recouvrement de minimum 50cm pour les deux couches d'enrobé et pour la grave).

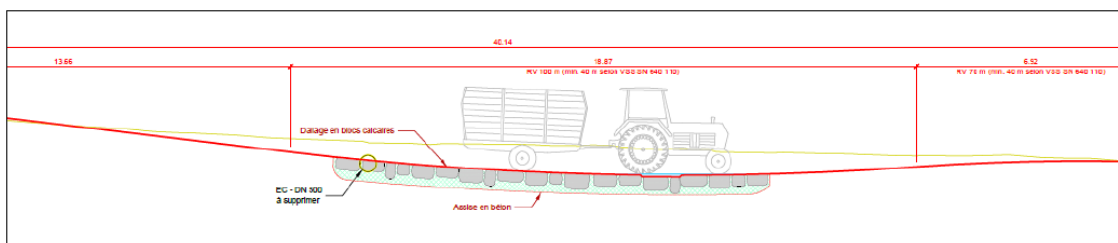
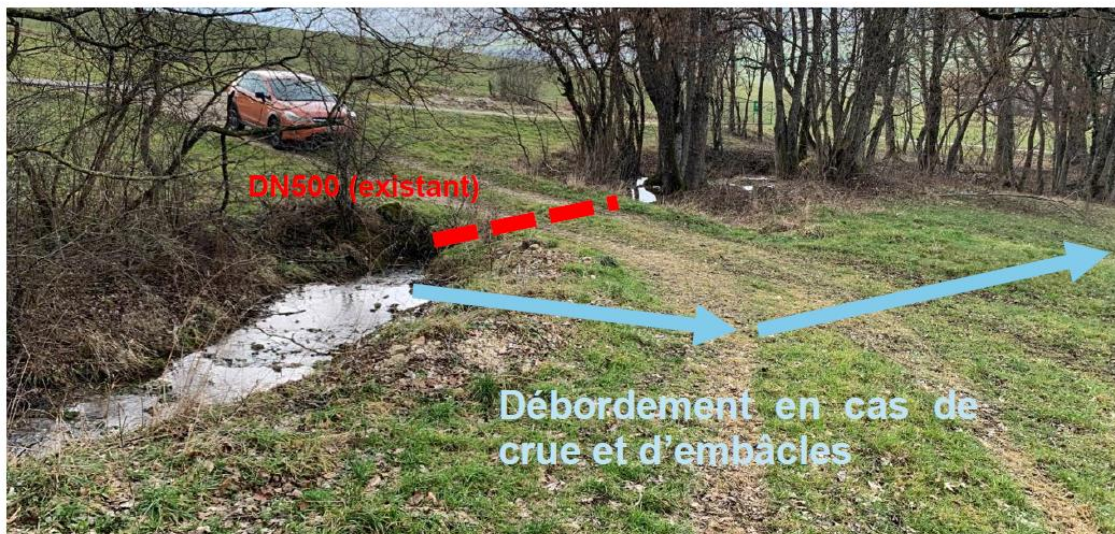
#### 6.1.4 Complément de projet secteur amont sud

Durant la phase de participation et par suite des premiers retours des services, il a été décidé d'agrandir le périmètre du projet à l'amont pour intégrer une mise à ciel ouvert du ruisseau et la création d'un passage à gué. Dans le même temps, pour valoriser les matériaux excédentaires du projet, une zone de remodelage est prévue en limite de zone agricole et forestière. Cette extension de projet secteur sud amont apporte les bénéfices suivants au projet :

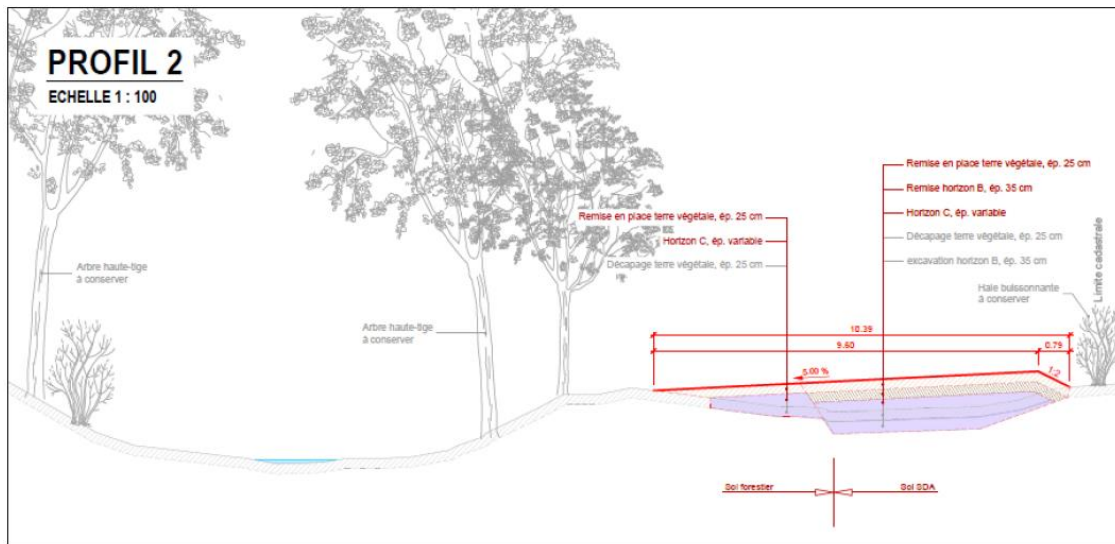
1. Mise à ciel ouvert d'une portion de ruisseau
2. Suppression du risque d'embâcles
3. Redirection des eaux de débordement vers le lit du cours d'eau.

Les compléments au projet sont illustrés ci-dessous.

## Passage à gué



## Remodelé



## 6.2 Mesures prises au titre de l'aménagement du territoire

Les différentes mesures n'ont que peu d'impact sur l'aménagement du territoire. Dans la partie amont, la remise à ciel ouvert se trouve sur le domaine public. Pour la traversée sous CFF, une convention a été établie entre CFF et la commune. Concernant la partie aval **semi-souterraine**, aucune mesure spécifique n'est nécessaire comme elle se trouve dans le domaine public **en bordure et sous** la route existante. Finalement, la partie superficielle se trouve sur une parcelle privée. Celle-ci sera impactée de manière notable, en particulier avec l'espace réservé aux eaux (ERE). L'espace réservé aux eaux est obligatoire et doit en particulier garantir la protection contre les crues. Il sert aussi à l'entretien des eaux et aux activités de loisirs de la population. En milieu agricole, la distance au cours d'eau permet de réduire les apports de nutriments et de polluants. Cet espace comprend la largeur naturelle du cours d'eau, ainsi qu'une zone riveraine suffisante sur chaque berge. La largeur de cet espace est déterminée en fonction de la largeur naturelle du cours d'eau. Comme déjà expliqué au chapitre 3.14, une valeur d'ERE de 11m est retenue.

Cet ERE est également représenté dans la partie à l'amont de CFF et également dans les parties souterraines. Dans la partie aval (milieu agricole), la même largeur est définie avec un chemin d'entretien en rive gauche. Ce chemin d'entretien sera perméable et non revêtu. En rive droite, il est proposé de définir une zone SPB (surface de promotion de la biodiversité) afin de créer une zone tampon entre le cours d'eau et le milieu agricole (surface d'agriculture intensive). Ces différents éléments sont représentés avec la figure suivante. La bande tampon SPB pourrait éventuellement être incluse dans l'ERE en favorisant l'espace biodiversité. Dans ce cas, sur un linéaire total de 155 m (longueur totale de 530 m), une surlargeur pour la promotion de la diversité est proposée (29% du linéaire de projet). Cette surlargeur tampon SPOB favorise la biodiversité et peut donc amener un subventionnement supplémentaire. Ce choix sera validé par la séance de participatif avec la population et avec l'agriculteur concerné.

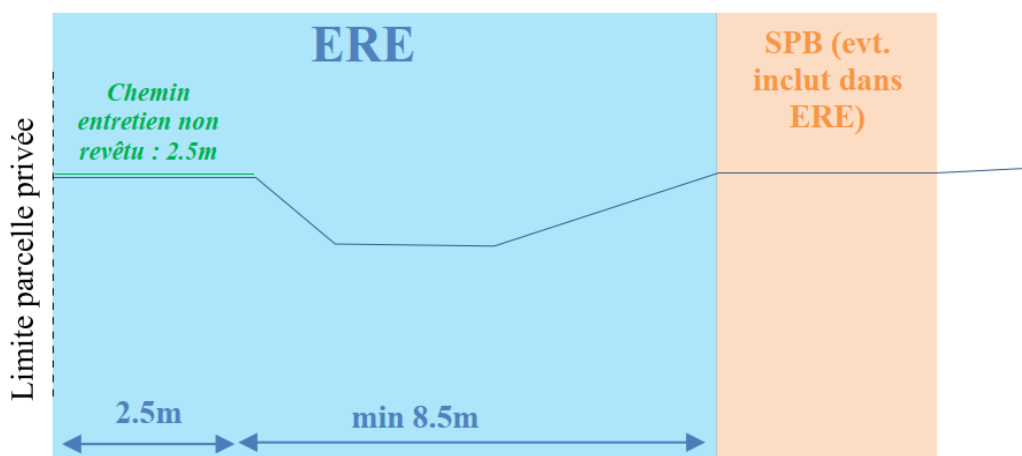


Figure 36: Principe de l'ERE dans la partie superficielle aval du projet.

## 6.3 Construction

### 6.3.1 Hydraulique

Concernant les lignes d'eau à l'état actuel, le modèle 1D de Niederhäuser est la donnée de base. Le programme HEC-RAS avait été calculé pour définir les lignes d'eau état actuel. Tout le détail est fourni dans leur rapport au chapitre 4.6 Analyse des résultats. Dans le rapport de Niederhäuser, il est intéressant de relever que de nombreux changements de régimes sont observés avec plusieurs ressauts hydrauliques dans la partie amont.

Pour l'état projet du ruisseau des Malés, un modèle 1D a été redéfini pour calculer la ligne d'eau pour Q100 et pour Q300. L'effet de remous a été pris en compte avec une concomitance de crue entre le ruisseau des Malés et la Suze.

Un modèle 1D a été utilisé pour la Suze avec une équation de type déversoir au droit de l'ouvrage existant (vanne de régulation avec déversement par-dessus celles-ci). Les valeurs ont également été vérifiées avec des relevés sur place et avec le modèle HecRas de la Suze de la communauté d'ingénieurs et géologues K+H, K+Z et IMPULS (janvier 2009). Comme les valeurs du modèle de la carte de danger de la Suze étaient plus péjorantes, ces valeurs interpolées ont été considérées pour Q30 Suze (648.56 msm) et Q100 Suze (648.90 msm) en bleu à la Figure 37.

**Remarque :** Une comparaison a été faite avec le PAE de la Suze de Niederhäuser (révisé en août 2018). La ligne d'eau est projetée ci-dessous pour Q30 est de 648.75 (cf. Figure 37) alors que le niveau de la carte de danger était à 648.56. Pour 21 centimètres de différence, il est admis que les valeurs Q100 et Q300 de l'étude de la communauté d'ingénieurs et géologues K+H, K+Z et IMPULS peuvent être utilisées. Cette différence fait partie des marges d'incertitudes des modèles.

Concernant le PAE de la Suze, d'après le rapport de Niederhäuser (2018), aucune modification du lit n'est prévue dans le secteur. La ligne d'eau sera donc identique après réalisation du PAE, y compris avec la réalisation du nouveau lit dans le canal de l'ancienne scierie (lit actuel conservé). Le niveau de digue n'est pas modifié en rive droite dans le secteur de la confluence des Malés. Seule une digue en rive gauche est prévue. Comme HecRas ne prend pas en compte le déversement latéral lors de l'évaluation de la ligne d'eau, celle-ci ne sera pas changée avec le PAE de la Suze.

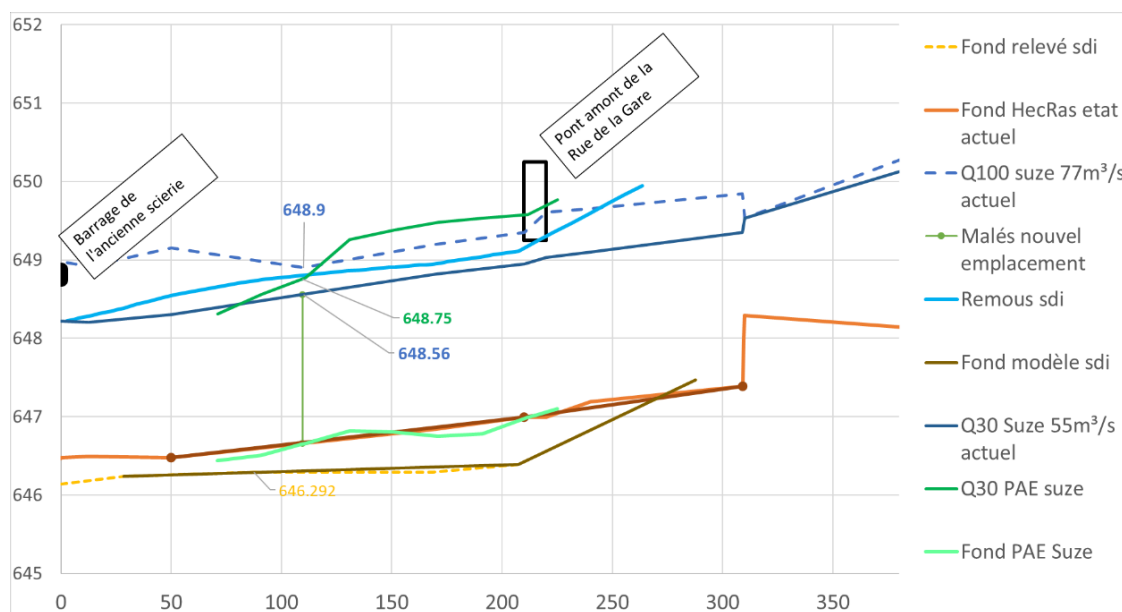


Figure 37: Profil en long de la Suze dans le secteur de la confluence des Malés. Les valeurs en bleu sont celles retenues pour le remous dans les Malés alors que la valeur Q30 pour la Suze selon le PAE est légèrement plus élevée (648.75 vs 648.56).

Concernant la comparaison avec le projet de Niederhäuser pour le ruisseau des Malés, le même type d'équation a été utilisé avec les mêmes conditions de bord. Les formules de Manning-Strickler ont également été utilisées dans le modèle 1D.

Pour les calculs hydrauliques, les différentes hypothèses utilisées sont résumées au Tableau 3. Concernant l'ouvrage souterrain (aqueduc rectangulaire ou conduite circulaire en PRV), un dépôt artificiel à l'intérieur est prévu avec la mise en place d'ailettes ( $e \sim 3$  mètres). Ce point a été considéré dans les hypothèses de dimensionnement avec la rugosité et avec la réduction de section effective (représenté en brun sur la Figure 38). La hauteur d'eau réelle n'est donc pas circulaire comme pour un dimensionnement standard. Une risberme est également prévue pour créer un lit d'étiage dans la partie souterraine. Le fond du lit artificiel dans la conduite et dans l'aqueduc sera donc un mélange de galets et de gravier. Une rugosité moyenne a été définie entre le fond rugueux et les parois lisses, comme illustré dans le Tableau 3.

Pour les passages inférieurs, le dimensionnement a pris en compte des équations de type Strickler, comme la hauteur uniforme est atteinte le long des parties souterraines (la hauteur uniforme correspond à la hauteur de remous). En résumé, la courbe de remous de la Suze s'arrête au niveau de la remise à ciel ouvert du ruisseau des Malés (partie aval). Dans la partie souterraine, il s'agit d'écoulement à hauteur uniforme. Ce point est mis en évidence à la Figure 39. La hauteur uniforme (traitillé violet) se trouve en dessous de la hauteur d'eau réelle Q100 avec remous de la Suze. La même approche a été observée pour Q300. Au droit de la transition en souterrain (dans une conduite circulaire PRV) et la remise à ciel ouvert, la hauteur d'eau va légèrement diminuer comme le remous de la Suze se trouve en dessous de la hauteur uniforme de la conduite. Comme il s'agit d'un écoulement fluvial, dans la partie superficielle et dans la conduite qui n'est pas en charge (nombre de Froude inférieur à 1), c'est la condition aval qui définit la hauteur d'eau. Celle-ci va donc diminuer à la fin de la conduite souterraine.

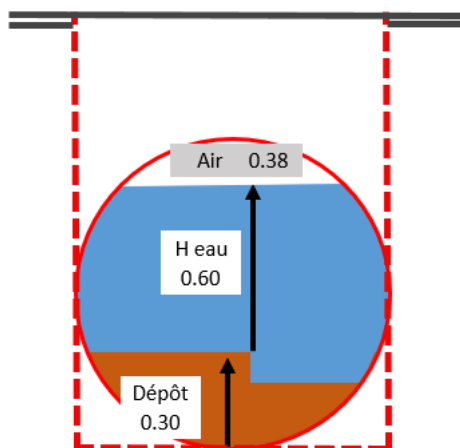


Figure 38: Section effective de la conduite souterraine.

	Remise à ciel ouvert, partie amont	Aqueduc sous CFF	Partie centrale dans conduite circulaire ou canal	Partie aval aérienne (superficielle)
<b>Rugosité : KS</b>	20 m <sup>1/3</sup> /s	40 m <sup>1/3</sup> /s	40 m <sup>1/3</sup> /s	25 m <sup>1/3</sup> /s
<b>Type de fond</b>	Naturel avec macrorugosités	Fond avec gravier dans l'ouvrage. Dépôt artificiel prévu sur 30cm dans le fond.	Fond avec gravier dans l'ouvrage. Dépôt artificiel prévu sur 30cm dans le fond.	Naturel avec quelques blocs
<b>Largeur de fond</b>	2m	1.3m	Forme circulaire diamètre interne 1280 remplissage 70% ou canal largeur 1350	1.8m
<b>Pente de berge</b>	1 :1.5 de chaque côté	Vertical		1 :2 et 1 :2.5
<b>Débit dimensionnement</b>	Q100 = 1.9m <sup>3</sup> /s	Q100 = 1.9m <sup>3</sup> /s	Q100 = 1.9m <sup>3</sup> /s	Q100 = 1.9m <sup>3</sup> /s
<b>Calcul hauteur d'eau</b>	Equivalence de la hauteur conjuguée	Avec Remous	Hauteur uniforme	Avec Remous
<b>Revanche</b>	Selon CIPC : 0.3m	Selon CIPC : 0.4m mais sans bois flottant (ouvrage souterrain)	Remplissage à 70% pour garantir un tirant d'air de 0.4m (équivalent à CIPC si section rectangulaire superficielle)	Selon CIPC : 0.3m

Tableau 3 : Récapitulatif des hypothèses hydrauliques utilisées.

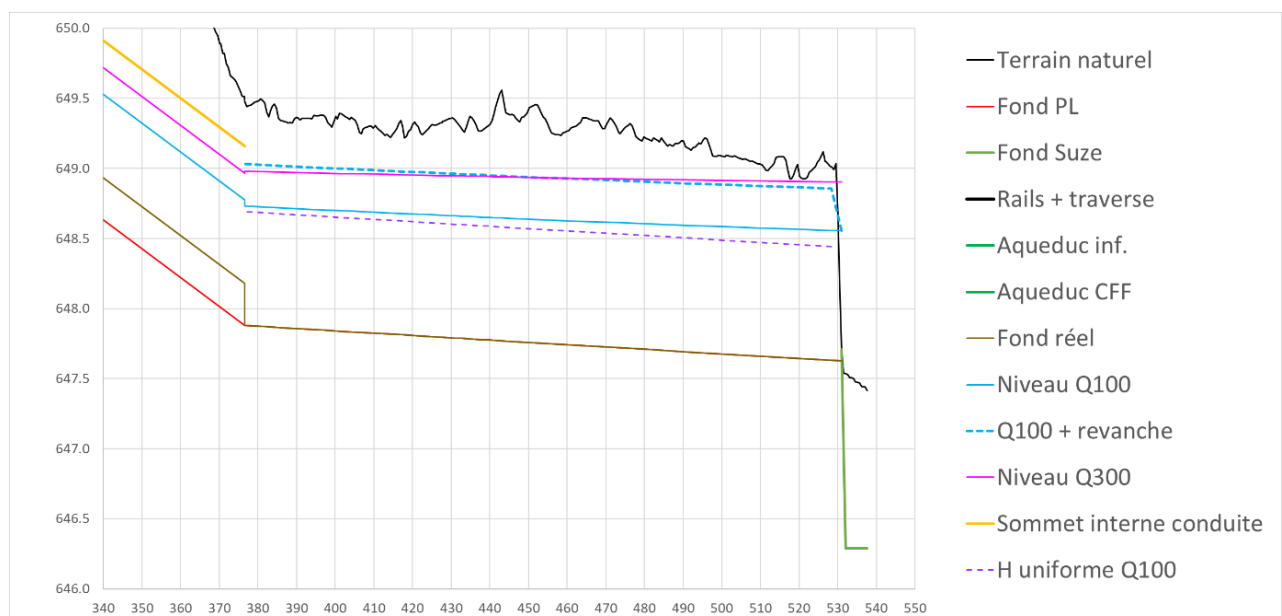


Figure 39: Partie aval du projet avec remise à ciel ouvert du cours d'eau. La hauteur avec remous (ligne bleue) est supérieure à la ligne trait-tillé violette qui correspond à la hauteur uniforme.

Dans la conduite souterraine, juste à l'amont du passage sous CFF et à l'aval de celui-ci, une conduite PRV de diamètre interne 1280 (diamètre externe 1348, SN16000), il ressort

qu'un remplissage de 70% sera atteint pour Q100. Pour Q300, un remplissage à 85% est considéré. Pour le passage sous CFF, un aqueduc rectangulaire a été retenu pour des raisons déjà évoquées au chapitre 0. Pour assurer le changement de géométrie, il est nécessaire de prévoir des chambres en amont et en aval. Dans la chambre, une analogie de surface d'eau a été considérée à l'intérieur de celle-ci. Dans l'aqueduc, l'écoulement se trouve à la limite entre un écoulement fluvial et torrentiel (Froude proche de 1). Dans ce cas, il n'est pas exclu qu'un petit ressaut hydraulique ait lieu dans la chambre aval où l'on passe d'une section rectangulaire (écoulement torrentiel) à une section circulaire (écoulement fluvial). Ce point justifie la chambre qui devra avoir une hauteur suffisante au-dessus de la ligne d'eau pour le cas de ressaut hydraulique. Les lignes d'eau sont représentées pour Q100 (en bleu) et pour Q300 (en rose) à la Figure 41 et à la Figure 40.

A l'aval de la traversée CFF, le ruisseau sera alternativement sous conduite circulaire ou canal rectangulaire, la largeur au plan d'eau maximum étant identique et en écoulement fluvial pour les 2 sections, il n'y aura pas de ressaut significatif.

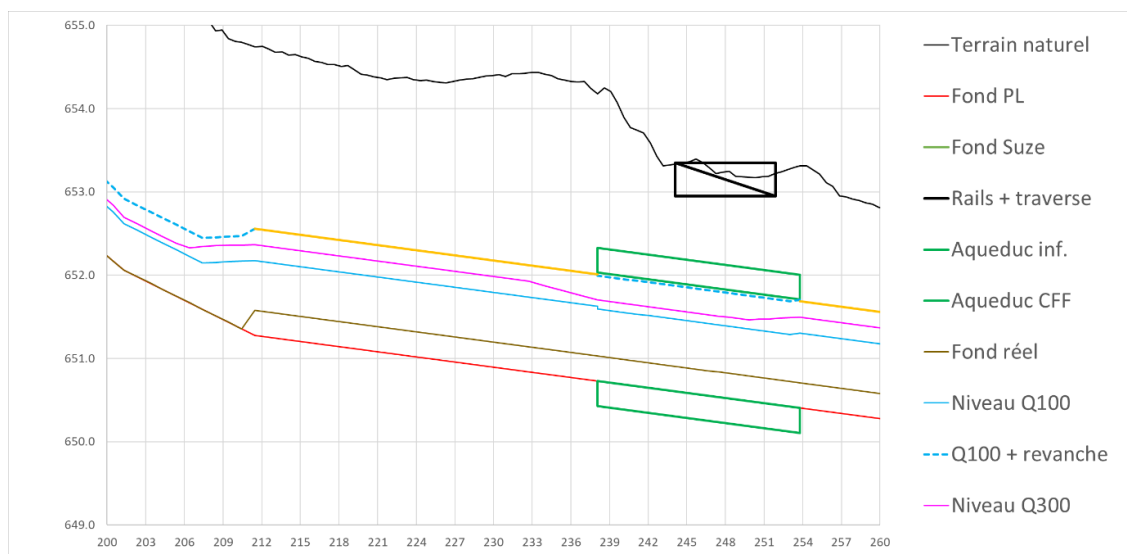


Figure 40: Zoom sur la partie sous CFF.

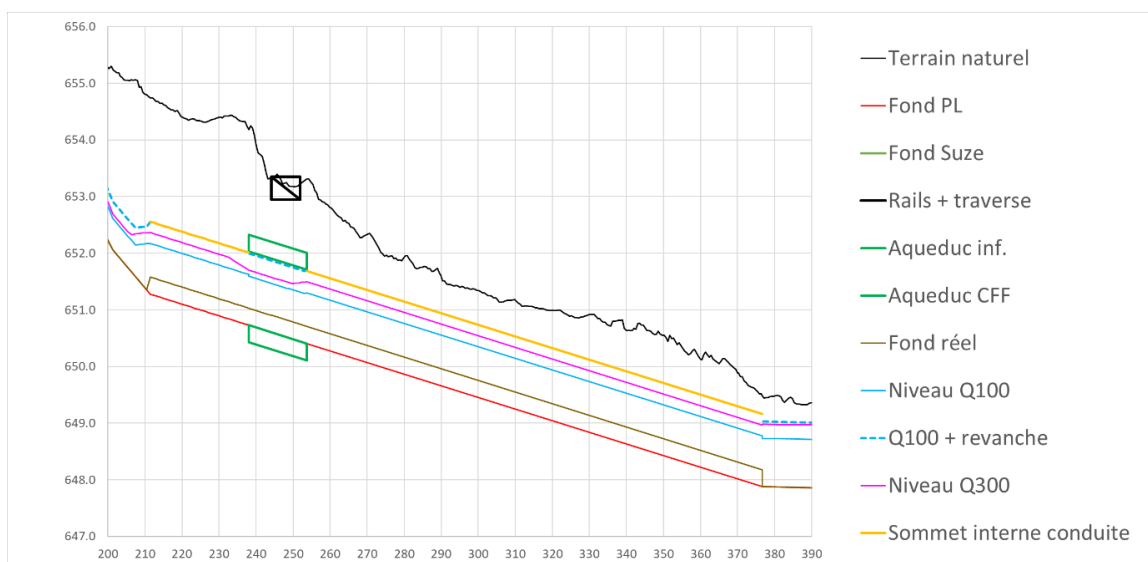


Figure 41: Profil en long de la partie centrale avec d'abord une section circulaire, puis une section rectangulaire sous CFF et à nouveau une section circulaire dans la partie aval.

Concernant la partie amont, celle-ci se trouve complètement en partie superficielle avec quelques passages voûtés sous les accès existants. 4 traversées ont été identifiées, que

ce soit pour des accès privés ou pour une route. Par principe, le gabarit du cours d'eau passe d'une section trapézoïdale (pente 2 :3 ou 1 :1.5) à une section rectangulaire avec des pentes verticales. La largeur de fond est constante et est de 2m. Cet élément est représenté à la Figure 43. En termes d'écoulement, comme la pente est importante (en moyenne 7.1%) avec des pentes maximales à 13%, des écoulements torrentiels sont attendus. En vérifiant avec le modèle 1D, il ressort que des variations de régimes (entre fluvial et torrentiel) sont attendues avec des ressauts hydrauliques. Le ressaut hydraulique pourra se déplacer vers l'amont ou vers l'aval en fonction de la montée de la crue ou de la décrue. Afin de garantir au maximum la sécurité pour Q100, la hauteur conjuguée a été utilisée. Cette relation de « conjugaison » permet de relier deux arcs de courbes de remous et donc de prendre en compte le passage de torrentiel à fluvial. Il a été décidé d'appliquer ce principe de conjugaison sur tout le linéaire amont, en posant le précepte que le ressaut hydraulique peut se mettre en place partout. Le principe est illustré ci-dessous (Figure 42). Cette méthode permet de prendre en compte les incertitudes de calcul. Le dimensionnement se veut donc conservateur. Le principe est représenté ci-dessous (Figure 43) avec la hauteur uniforme en jaune et la hauteur conjuguée en bleu (utilisée pour le dimensionnement).

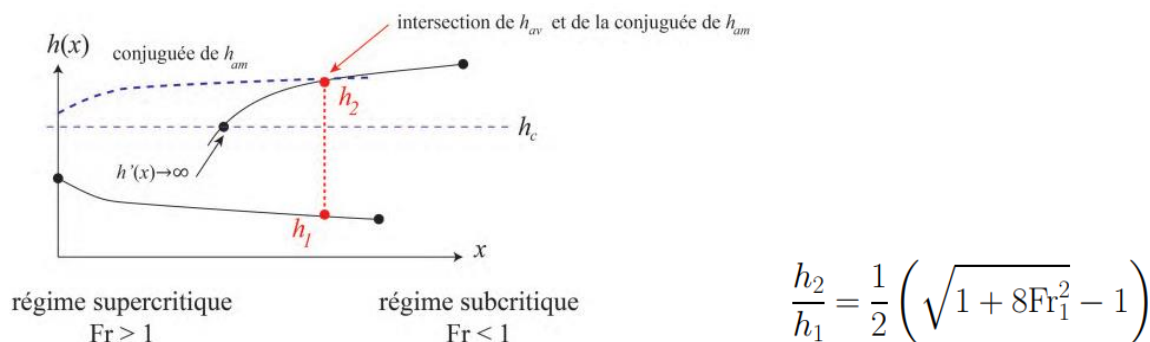


Figure 42: Principe de la hauteur conjuguée.

Une fois ce niveau défini pour Q100, le calcul de la revanche CIPC a été calculé pour cette hauteur conjuguée. A titre comparatif, la hauteur retenue (conjuguée), avec revanche CIPC, se trouve en moyenne 10cm plus élevée que la hauteur d'eau uniforme avec revanche CIPC. De plus, la hauteur moyenne conjuguée est de 60cm. Le même principe a été utilisé pour le niveau d'eau Q300. Les trois lignes d'eau définitives sont représentées à la Figure 44.

Le profil en long est une pièce à part entière du projet d'ouvrage avec le détail des altitudes et des ouvrages existants. Les profils en travers permettent également d'apprécier de manière détaillée les niveaux d'eau.

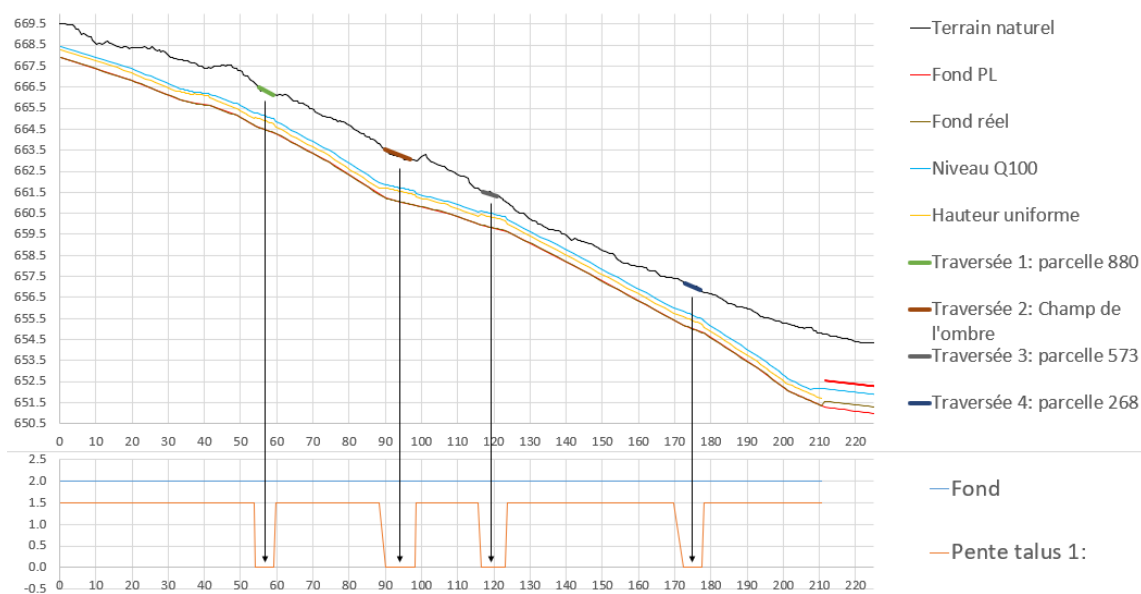


Figure 43: Profil en long amont avec largeur de fond et pentes de talus.

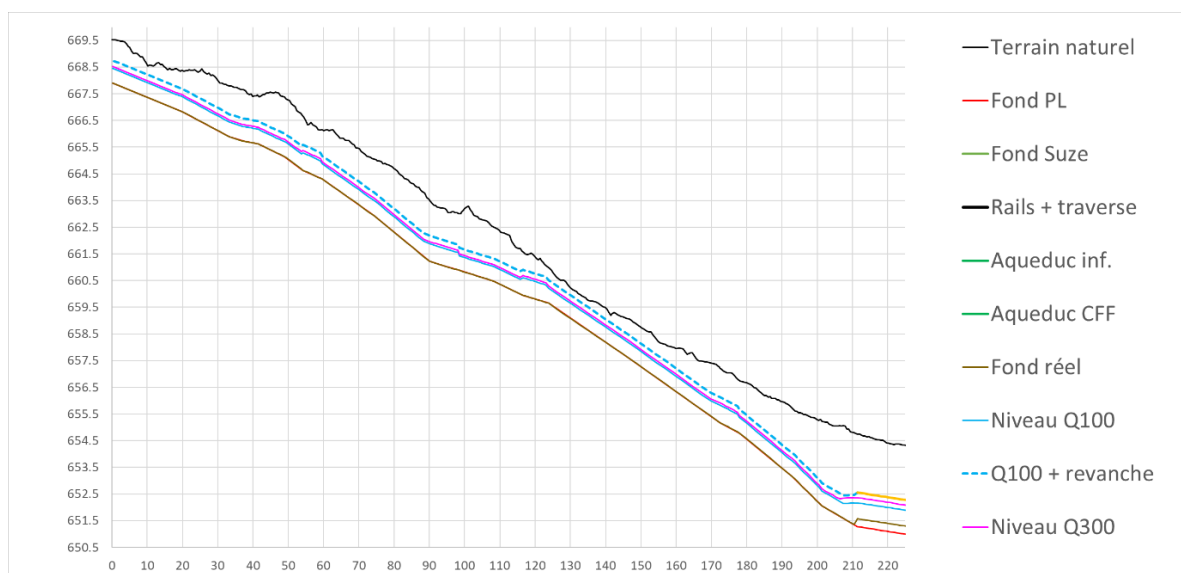


Figure 44: Profil en long amont avec lignes d'eau définitives.

### 6.3.2 Bois flottants / matériaux solides

Dans la carte de danger actuel, le scénario péjorant d'obstruction par bois flottant n'est pas un scénario retenu. Selon la situation, le ruisseau des Malés traverse une zone boisée en amont du projet. Comme les sections sont relativement petites (2m de large et diamètre de 1300), comme Niederhäuser le proposait, il est également proposé de mettre en œuvre un ouvrage à bois flottant dans la partie amont. Cet élément permet de s'affranchir d'un cas de surcharge. De plus, cet ouvrage contribue également à retenir les matériaux qui pourraient arriver lors de crue centennale par exemple. Cet ouvrage a donc un double but : retenir les bois flottants et retenir les matériaux solides grossiers. **Cet ouvrage sera intégré au mieux dans le paysage avec le minimum de partie bétonnée saillante. Un chenal d'étiage est prévu au travers de cet ouvrage.**

## Profil n° 19 - km : 0+738.28 m

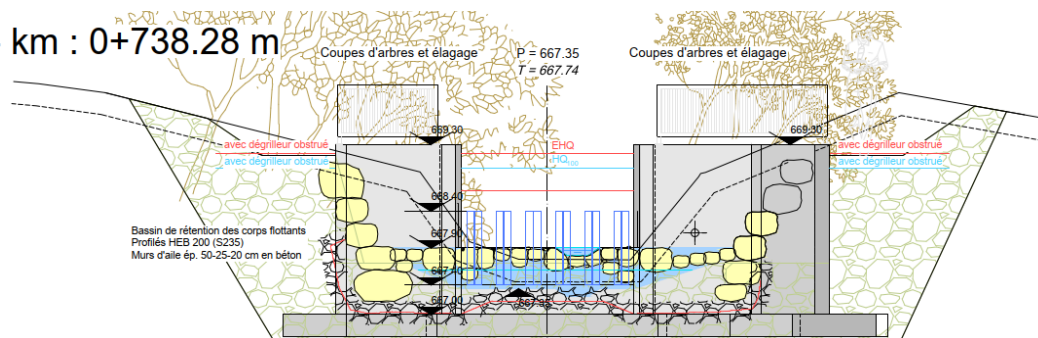


Figure 45 : Profil de l'ouvrage à bois flottants (cf. profils en travers 18 et 19)

### 6.3.3 Revanche CIPC

Comme déjà mentionné, tous les calculs ont pris en compte les revanches selon la recommandation de la Commission pour la protection contre les crues (CIPC). La revanche tient compte du facteur de hauteur de l'eau  $f_w$  et de la vitesse  $f_v$ . Le facteur spécial pour les ponts  $f_t$  a été considéré à 0.3 partout pour des arbres de petites tailles. Dans les faits, ce point ne devrait être considéré que pour les entrées sous un ouvrage souterrain. Cette revanche est représentée ci-dessous. Il est tenu en compte, pour toutes les sections, d'une revanche minimale de 0,30 m pour une digue dimensionnée à partir du HQ<sub>100</sub>.

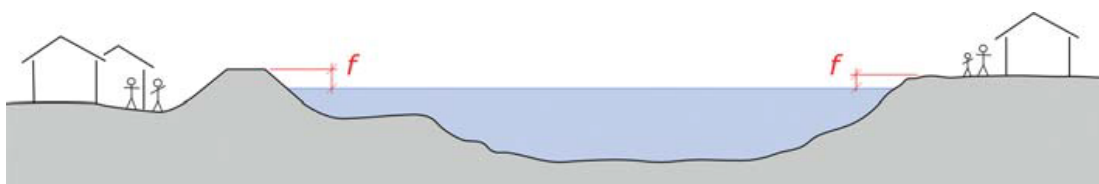


Figure 46 : La revanche  $f$  désigne la distance verticale entre le niveau de l'eau et le sommet d'une berge.  
Sources : CIPC.

La surélévation du niveau d'eau en courbe n'a pas été prise en compte comme il s'agit d'un petit ruisseau relativement rectiligne. De plus, l'effet de contraction (passage busé) n'a pas été considéré comme les calculs hydrauliques étaient déjà conservateurs avec la hauteur conjuguée. Dans les ouvrages avec des coudes (chambre en amont de CFF, chambre en aval de CFF et chambre de la rue de la Gare), il n'a pas été jugé nécessaire de dimensionner de manière plus précise la hauteur d'eau. Seul un modèle 3D permettrait de calculer de manière précise l'effet sur la ligne d'eau. Les chambres prévues (sur mesures) seront construites afin que les écoulements soient le plus hydrodynamiques possibles, en particulier avec la pose d'une cunette pour la chambre de la rue de la Gare.

Finalement, la revanche CIPC ne se positionne pas pour le cas d'écoulement souterrain. De ce fait, une analogie a été faite en évaluant une revanche théorique nécessaire. Cette valeur a été transposée en hauteur de tirant d'air nécessaire. Cela ne correspond pas exactement à une vraie revanche, car elle n'est pas garantie sur toute la largeur comme il s'agit d'une section circulaire pour la conduite PRV. Pour ce calcul, l'effet de bois flottants (branche) n'a pas été considéré, comme la section est relativement petite. Cette analogie a été utilisée pour la section circulaire PRV, ainsi que pour l'aqueduc en béton. Dans les sections superficielles, la revanche est de 30cm en amont et en aval. Dans la section souterraine, il s'agit de tirant d'air de 38 / 40 cm. Finalement, il est intéressant de comparer la différence entre le terrain naturel (sommet de berge) avec le niveau d'eau Q100. Cet élément est représenté à la Figure 47. Il ressort que la ligne d'eau Q100 se trouve au minimum à 60cm plus bas que le terrain naturel dans la partie amont et à minimum 45cm dans la partie aval. Une marge de sécurité existe encore en plus par rapport à la revanche CIPC. Le dimensionnement se veut donc sécuritaire, tant du point de vue du calcul de la ligne d'eau, que du point de vue de la revanche réelle par rapport à la revanche calculée CIPC.

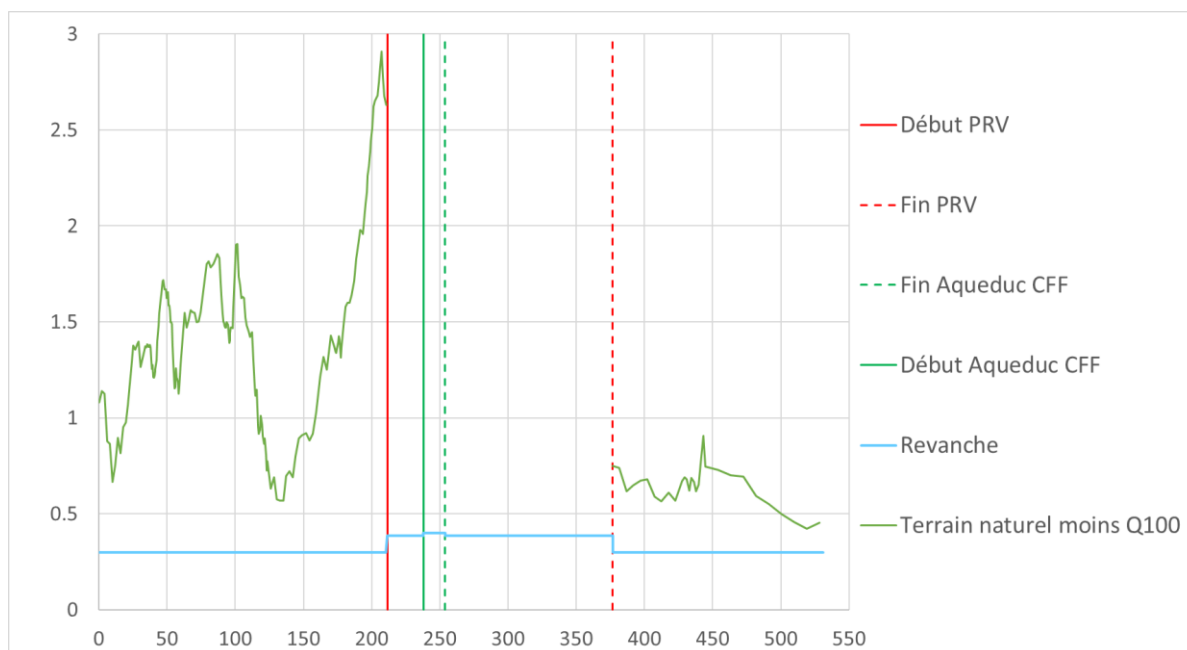


Figure 47 : Revanche / tirant d'air entre la ligne d'eau Q100 et le niveau de dimensionnement. Le différence entre le niveau Q100 et le terrain naturel existant est représenté en vert pour la partie aérienne.

#### 6.3.4 Secteurs

Pour le devis, afin de simplifier la répartition des coûts, **quatre** secteurs ont été identifiés (cf. Figure 48). Les aménagements sont donc présentés selon cette même logique. Les cinq secteurs sont donc :

1. Partie amont (secteurs amont sud et centre)
2. Partie amont (souterrain) + conduite le long de la voie CFF (DN 500)
- ~~3. Passage CFF (sorti du devis)~~
4. Partie aval souterrain circulaire et canal à ciel ouvert (Rue de la gare)
5. Partie aval (canal à ciel ouvert + remise à ciel ouvert)

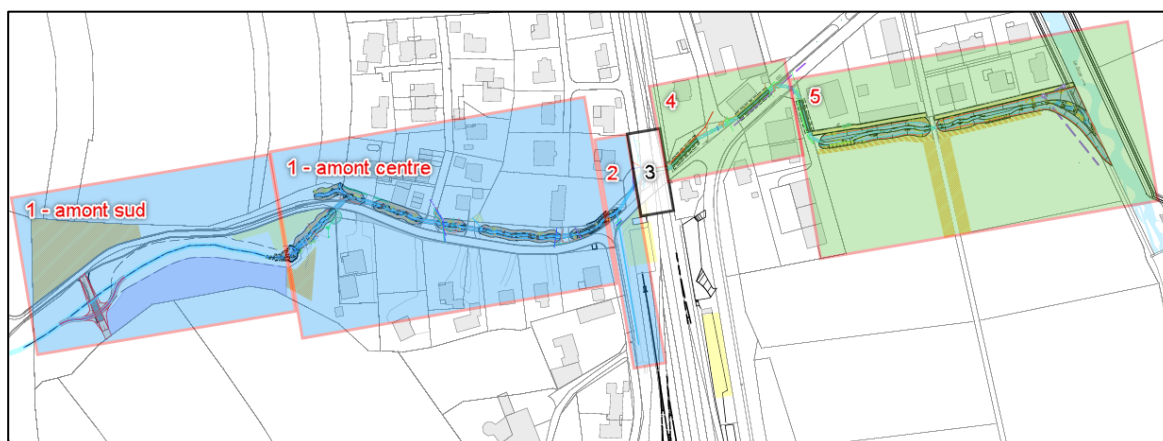


Figure 48 : Secteurs du projet selon la répartition du devis.

##### 6.3.4.1 Secteur 1) Partie amont (secteurs amont sud et centre)

Le secteur 1 se décompose en 2 sous-secteurs (sud et centre). Le plus à l'amont concerne le passage à gué et le remodelage décrits au chapitre 6.1.4. Le secteur amont centre est présenté avec la figure suivante. Le principe est d'abandonner le tracé existant chez les privés et le déplacer le long de la route sur la parcelle communale. Bien que la largeur naturelle soit de 1m, le cours d'eau a été élargi à 2m sur tout ce secteur. Cette surlargeur

permet d'avoir un lit mouillé plus important avec des variations de morphologies à l'intérieur de celui-ci.

Au début du secteur, un ouvrage à bois flottants est prévu avec un dépotoir afin de garantir un stockage des bois flottants en cas de crue (environ 50m<sup>3</sup>). Le dépotoir permettra également de stocker des matériaux en cas de crue. Le détail des profils se trouve sur les profils en travers. Dans ce secteur, un nouvel ouvrage en béton devra être prévu pour faire une retenue. En cas d'obstruction, tous les débits peuvent passer par-dessus le dégrilleur.

La partie remise à ciel ouvert comprend une excavation importante avec la création d'un nouveau lit. Une attention particulière sera apportée pour créer un chenal d'étiage. Des gros blocs seront posés pour protéger les berges, mais également à des distances de 5/10m en travers pour garantir une stabilité du lit. Les pentes des talus sont de 2 :3 en rive gauche et en rive droite. Le nouveau lit sera recréé avec des galets et du gravier de rivière et avec une sous-couche de chaille 40/120. **A ce stade, il n'est pas possible de présumer de l'étanchéité du nouveau lit. Une natte de bentonite sera prévue en soumission, mais ne sera pas forcément posée. Celle-ci sera discutée sur place avec l'inspecteur de la pêche et après avoir réalisé des essais de perméabilité. Elle pourrait aussi être remplacée par de la groise marneuse ou des argiles rencontrées dans les opérations de terrassement.** Celle-ci permettra de garantir une étanchéité, le temps qu'une couche de colmatage se mette en place.

En termes de génie biologique, une natte de coco sera prévue sur tous les talus avec une stabilisation par des pieux. Des fascines de saules seront également prévues en alternance gauche et droite. Dans le devis, des fournitures et poses de buissons chaque 2m de talus sont prévues, des boutures de saules ainsi que des bouquets de buissons de çà et là. Comme le montrent les profils en travers et en particulier la Figure 50, la revanche sur Q100 est garantie. Une sur profondeur a été nécessaire pour le passage sous les chemins existants. Pour ce secteur, l'espace réservé aux eaux est de minimum 11m.

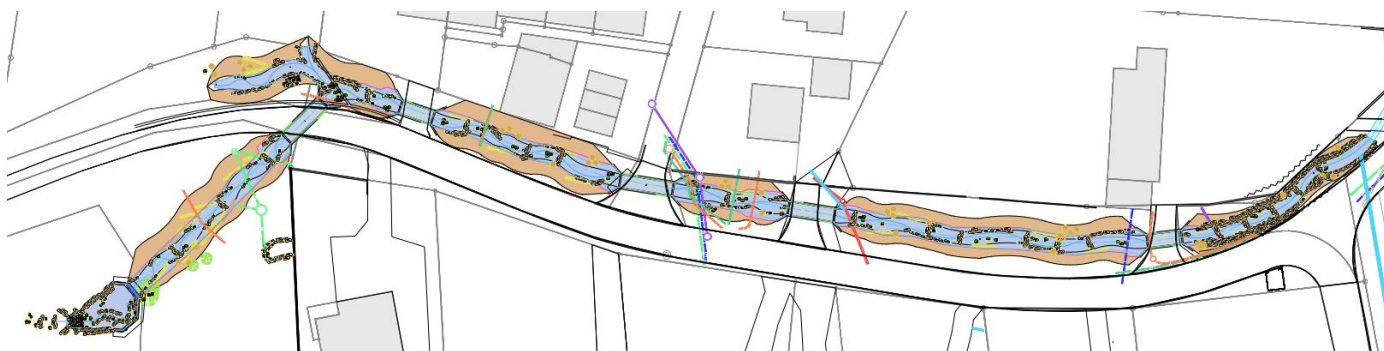


Figure 49: Situation des aménagements secteur 1.

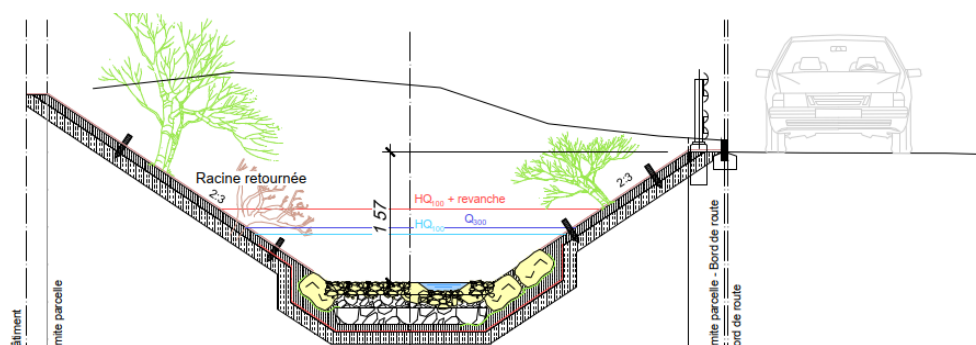


Figure 50: Profil type du secteur amont.

Dans ce secteur, un total de 5 traversées a été identifié. Des sections rectangulaires sont prévues avec des passages inférieurs en béton. Un exemple est illustré à la Figure 51. Un lit sera créé dans le passage inférieur avec un lit d'étiage. Le but de cette mesure est de

faire des ouvrages économiques intéressants (section simple rectangulaire), mais avec un fond naturel du cours d'eau. Des barrières sont également prévues pour éviter toutes chutes.

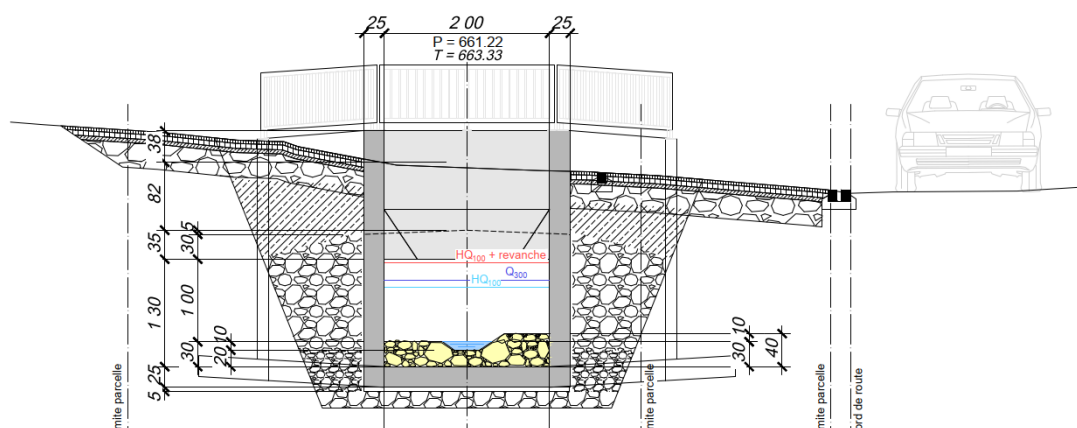


Figure 51: Profil type du secteur amont pour la traversée de route.

Concernant le dimensionnement, pour une hauteur d'eau moyenne de 0.88m (avec revanche) et une pente moyenne de 7.06%, des diamètres de blocs moyens de 0.97m sont nécessaires (angle d'équilibre de 60°) pour offrir un facteur de sécurité de 1.08. Ce facteur est supérieur à 1 et est donc acceptable pour des crues rares (facteur minimum de 1). Ce dimensionnement est issu de la formule de dimensionnement des enrochements selon Stevens et al. (1976). Selon la formule usuelle de conversion de diamètre moyen en tonnage (masse volumique de 2.65t/m<sup>3</sup>), ce dimensionnement de blocs représente des blocs de 1.3 tonne, soit un tonnage compris entre 1 et 1.5 tonne pour les protections de berge.

En termes de génie biologique, avec les forces tractrices en jeu (pente moyenne de 7%), les forces tractrices pour la hauteur d'eau Q100 sans revanche (0.6m) sont de 405N/m<sup>2</sup>. Des enrochements sont donc nécessaires de chaque côté. Cependant, pour la mi-hauteur de Q100, la force tractrice n'est que de 225N/m<sup>2</sup>. Des ligneux peuvent donc résister. Les fascines de saules prévues, ainsi que les boutures de saules, auront donc une vocation de revitalisation, mais pas une vocation de sécurisation des berges. Des stabilisations par bloc sont donc nécessaires, ceci se valide par le fait que des ressauts hydrauliques sont attendus. A titre d'information, pour ce secteur, l'apport de blocs est chiffré à un total de 1'834 tonnes de blocs. C'est donc une zone fortement stabilisée. **Dans le cadre du développement du projet d'exécution, des mesures alternatives de stabilisation seront discutées avec l'inspecteur de la pêche.** Pour la partie juste avant la mise en souterrain, les blocs inférieures devront être stabilisés par du béton, comme les pentes des enrochements sont de 3 :1. En effet, une pente supérieure à 2 :3 ne permet pas de garantir la stabilité des blocs avec les forces tractrices des cours d'eau (forces évaluées 612N/m<sup>2</sup> avec revanche). Dans cette partie avec stabilisation des enrochements avec du béton, des palplanches éventuelles ont également été prévues comme les talus sont relativement raides (en option à évaluer lors de l'excavation). Comme le montre la Figure 52, le fond du lit se trouve significativement plus bas que le terrain naturel (profondeur de plus de 3 m). Ce point est nécessaire en raison du point bas imposé sous CFF et qui doit être garanti : en effet, la contrainte de la capacité hydraulique était imposée par une pente spécifique garantissant le recouvrement minimum sur l'aqueduc sous la ligne ferroviaire. Le but était donc d'avoir une pente plus importante dans le secteur amont superficiel, afin d'éviter une cassure de pente dans la conduite souterraine ou dans une chambre, pour éviter l'accumulation de matériaux dans celle-ci. L'entretien sera plus facile après un événement de crue. Cette surprofondeur est illustrée à la Figure 53 et à la Figure 43.

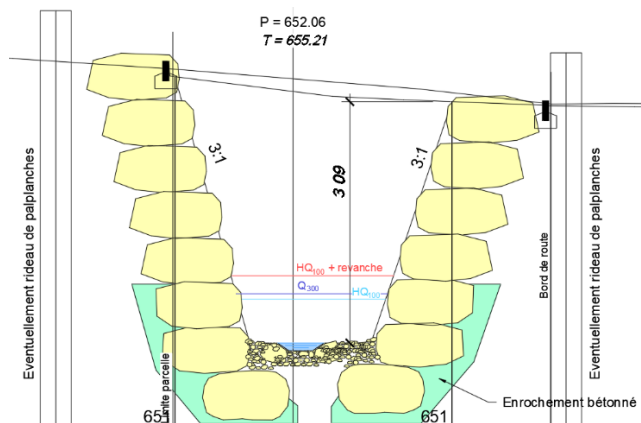


Figure 52: Profil type des stabilisations de talus avec des enrochements bétonnés.

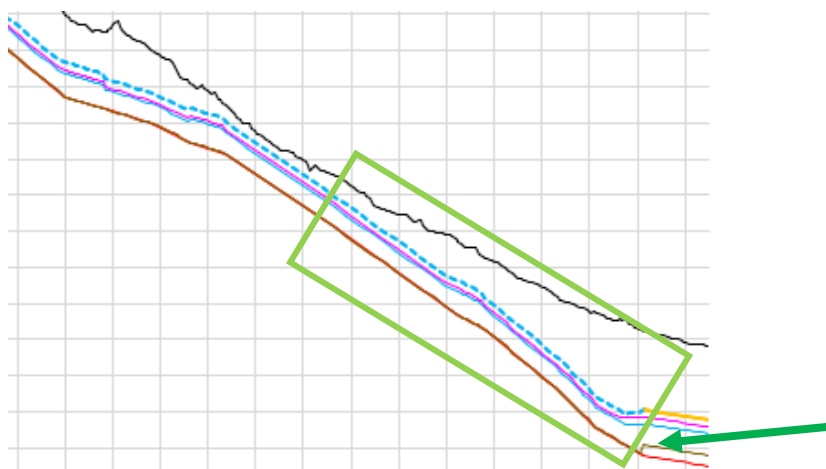


Figure 53: Surprofondeur (rectangle vert) pour garantir le point de raccord (ligne verte).

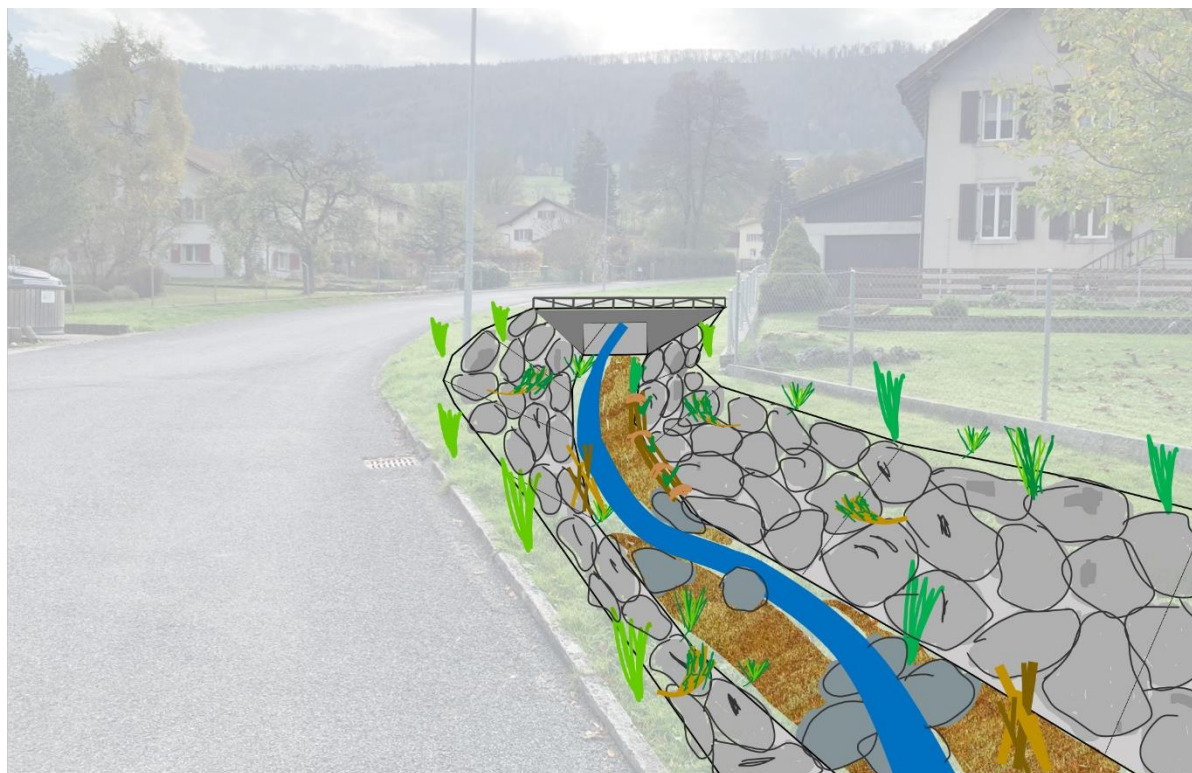


Figure 54: Illustration du secteur avec les enrochements bétonnés (pente 3:1 des talus).

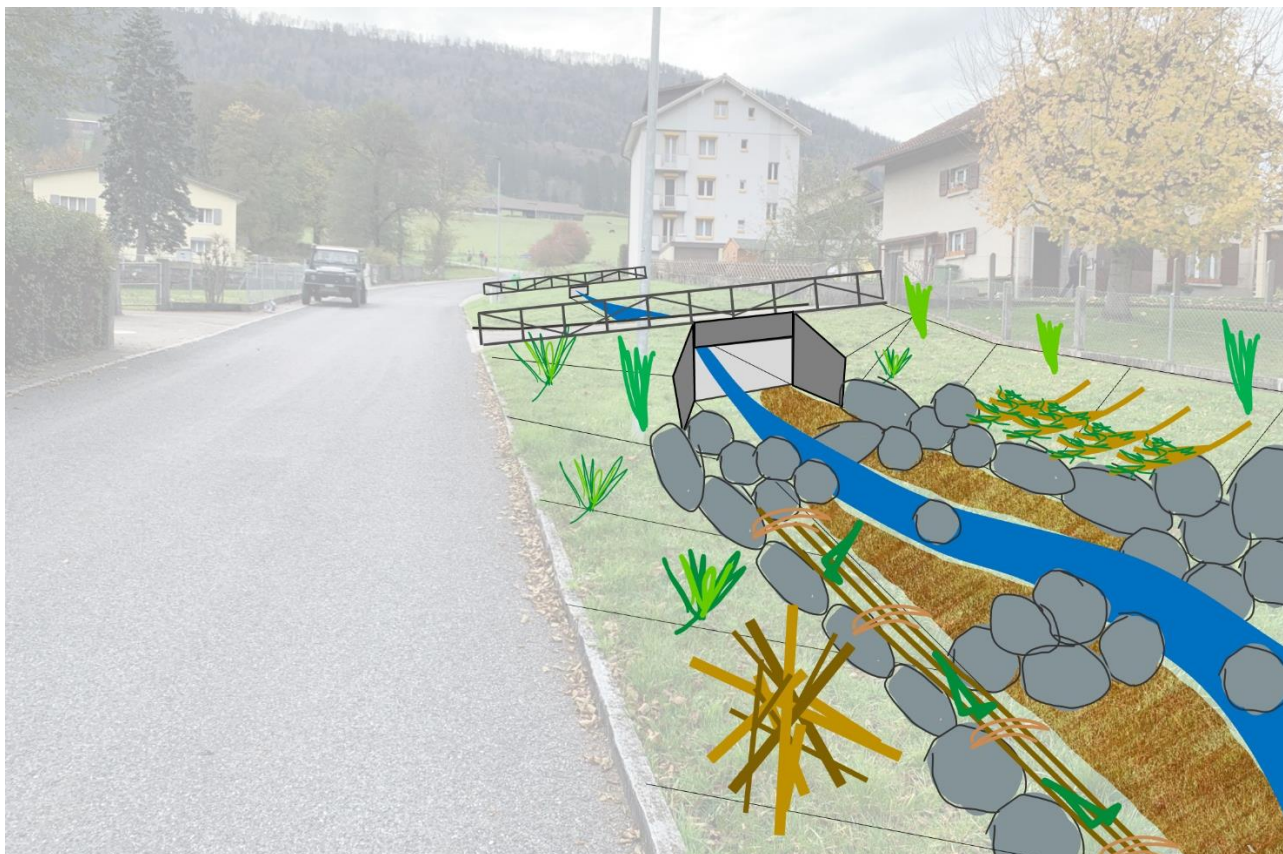


Figure 55: Illustration du secteur avec des talus naturels 2 :3 et avec des mesures génie biologique et points durs en enrochements en travers du cours d'eau. Le chenal préférentiel pourra varier en largeur en fonction de la réalisation pour offrir des diversités d'écoulement.

Selon le plan des aménagements, les conduites d'eaux usées en conflit avec le nouveau tracé sont déplacées avec la mise en place de nouvelles chambres. Les conduites d'eau potables devront également être modifiées avec des coudes pour éviter tout conflit altimétrique. Finalement, les conduites Swisscom, électriques et UPC devront aussi être adaptées au droit des croisements. Ces points ont été pris en compte dans le devis.

#### 6.3.4.2 Secteur 2) Partie amont (souterrain) + conduite le long de la voie CFF (DN 500)

La partie amont souterrain consiste en une conduite PRV de diamètre 1300. Celle-ci comprend un remblai de 30cm à l'intérieur de celle-ci, afin de garantir un fond naturel. Cet élément a uniquement une vocation nature en lieu et place d'une conduite lisse. Le fond naturel permettra d'être un refuge pour le macrozoobenthos entre autres. Cette conduite arrive dans une chambre en béton (cf. coupes de celle-ci) également avec un fond en gravier. Cette chambre permet de faire une transition sur l'aqueduc en béton. A l'intérieur de la conduite en PRV, des ailettes de 30cm sont prévues afin d'éviter que les matériaux remblayés à l'intérieur de la conduite ne glissent. Cette mesure permet de créer des points durs à l'intérieur de la conduite. Cet élément est illustré à la Figure 38.

Selon le plan en situation des aménagements (cf. zoom ci-dessous), une conduite de DN 500 est également prévue le long de la route existante en parallèle à la voie CFF. Cette conduite permet de reprendre les eaux de ruissellement de la résidence les Sources, ainsi que de tout le bassin versant amont. Aucun aménagement n'est prévu dans la conduite comme il ne s'agit pas d'un cours d'eau. Cette conduite se jette ensuite dans le ruisseau des Malés juste à l'amont du passage souterrain, comme illustré ci-dessous. Celle-ci se jette dans le cours d'eau au niveau de Q100 du ruisseau des Malés pour éviter tout refoulement dans la conduite de DN 500.

Comme illustré à la Figure 57, cette conduite en PP (DN 500) se trouve dans le talus existant, en parallèle au projet CFF (nouvelle route d'accès pour la zone d'enraillement). Aucun conflit n'est à relever et les deux projets sont donc bien coordonnés.

Actuellement, une conduite d'eau usée traverse sous le passage existant CFF. Quelques conduites électriques traversent également dans cette zone. Une nouvelle conduite en PVC 200 pour les eaux usées sera déviée par le nouveau passage inférieur, ainsi qu'un fourreau pour les éléments électriques. Ces deux conduites seront bétonnées contre le nouveau passage inférieur.



Figure 56: Situation des aménagements secteur 2.

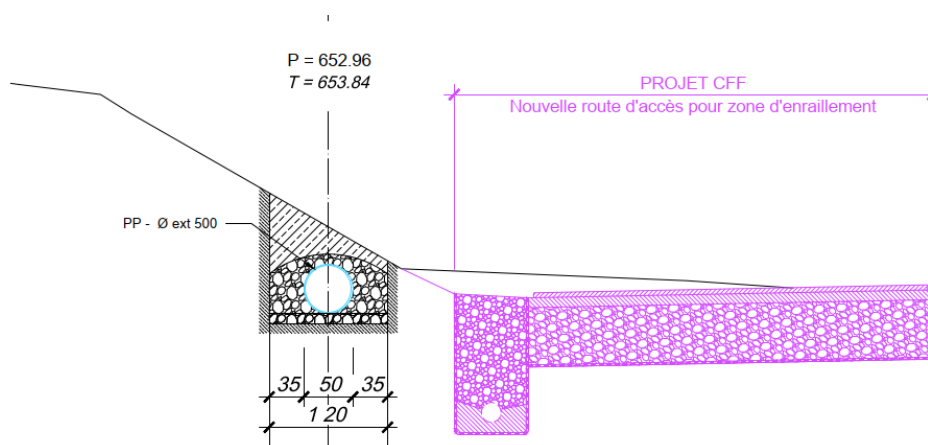


Figure 57: Profil en travers de la conduite de DN 500 et projet de la nouvelle route d'accès pour la zone d'enraillement (projet CFF).

#### 6.3.4.3 Secteur 3

Le nouvel aqueduc CFF est maintenant réalisé.

Cet aqueduc a été dimensionné avec une section rectangulaire en béton, avec une épaisseur de 30cm. Pour la traversée, un tracé perpendiculaire aux voies avait été choisi afin de respecter les contraintes CFF. L'aqueduc en béton se raccordera sur deux chambres amont et aval comme illustrées sur la Figure 58. Ces chambres seront faites sur mesures afin de respecter les contraintes d'arrivée et de départ des conduites PRV de DN 1300. Ces deux chambres permettront d'avoir un accès en tout temps à l'aqueduc. A nouveau, l'intérieur du passage inférieur sera rempli avec des matériaux, pour garantir un fond du lit naturel. Ce fond sera composé de pierres et de graviers de rivière afin de recréer un fond naturel. Cet aménagement a uniquement un but de revitalisation. Comme aucune variante superficielle n'est possible (voie CFF imposée par sa destination), cette mesure est proportionnée et a été approuvée et maintenant réalisée.

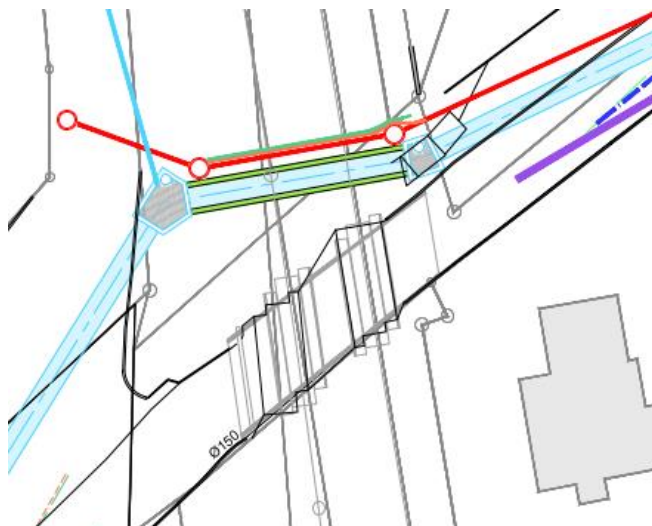


Figure 58: Traversée de la voie CFF.

#### 6.3.4.4 Secteur 4) Partie aval souterrain circulaire et canal à ciel ouvert (Rue de la gare)

Le quatrième secteur comprend une continuité du passage sous-terrain par analogie à l'amont de l'aqueduc CFF. Il s'agit d'une conduite PRV de diamètre DN 1300 en alternance avec un canal en béton surmonté d'une grille caillebotis pour un apport de lumière. A nouveau, des ailettes ou des redents ( $e \sim 3\text{m}$ ) sont prévus dans le tuyau et le canal afin de stabiliser le gravier destiné à recréer un fond naturel comme une remise à ciel ouvert. Ce secteur est illustré à la Figure 59.

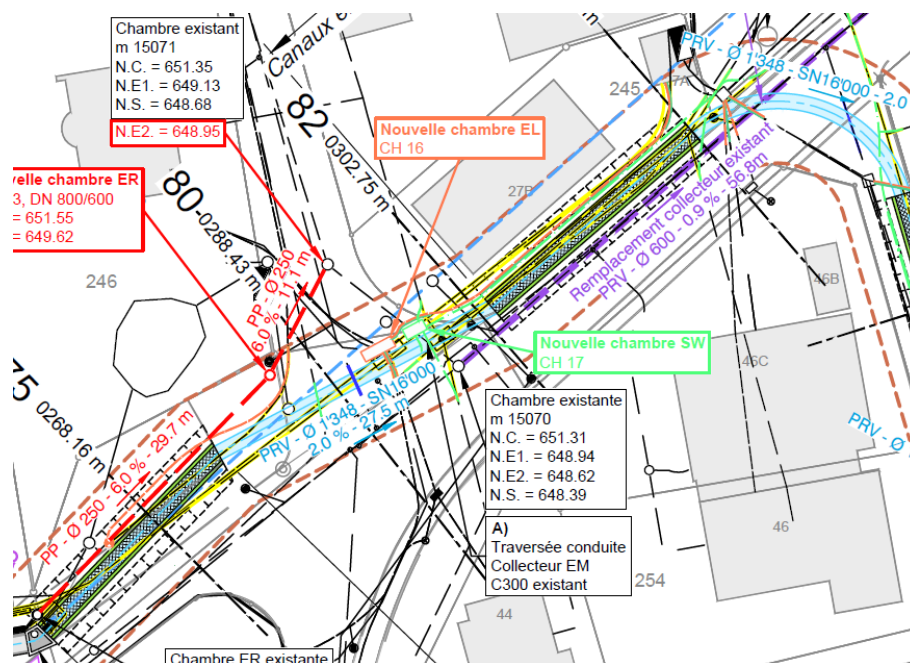


Figure 59: Situation du projet depuis l'aqueduc à la rue de la gare.

Cette nouvelle conduite ou canal de section importante sera construite à proximité d'une conduite d'eau usée (en violet ci-dessus) et représente une opportunité de remplacer celle-ci en fouille commune. Le même diamètre que l'existante est projeté avec une conduite PRV de DN 600. De plus, comme la conduite d'eau usée existante au nord des voies ne peut pas traverser sous le nouveau tracé des Malés, celle-ci devra être déviée et restituée à l'aval dans la chambre existante. Cette conduite en PP DN250 est illustrée dans le plan en situation, dans les profils en travers et également en rouge à la Figure 59. La conduite d'eau potable devra également être légèrement désaxée et approfondie, car celle-ci entre

en conflit avec la nouvelle conduite du ruisseau des Malés. Comme un point haut sera créé, une garniture de purge et d'aération automatique est nécessaire pour supprimer l'éventuelle accumulation d'air. Ce point a également été pris en compte dans le devis.

Finalement, dans le profil en long projeté, il a également été nécessaire de prévoir un recouvrement minimum. Selon le dimensionnement, un recouvrement de 50cm est souhaité. De plus, afin de garantir une résistance à la charge du trafic, la conduite PRV devra être de SN 16000. Le profil en long est illustré à la Figure 60. Ce recouvrement minimum impliquait donc de trouver un point bas en amont et en aval qui garantissait cette contrainte, en plus de la pente minimale optimale, pour garantir un débit pour un temps de retour de 300ans à franc bord. Le profil en long du recouvrement entre l'aqueduc et la restitution en superficie est illustré avec la Figure 61. Seuls les derniers linéaires n'ont pas 50cm, car il s'agit de la zone de la restitution superficielle.

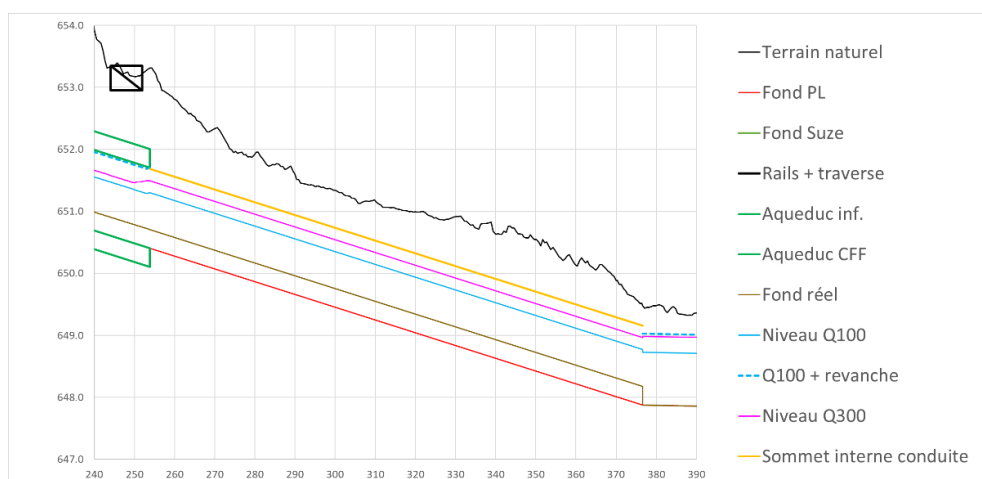


Figure 60: Profil en long de la rue de la Gare.



Figure 61: Recouvrement entre le sommet de la conduite PRV et le terrain naturel.

A nouveau, dans la chambre, un accès sera garanti avec un couvercle et une échelle. Le profil de la chambre est illustré dans les profils en travers. Pour cette chambre spécifique, comme l'entrée et la sortie de la chambre est une conduite en PRV, une cunette est prévue afin d'optimiser les écoulements et favoriser un écoulement autant laminaire que possible. Cette chambre est une chambre de 2.03m de haut au total avec une hauteur interne de 1.53m. La partie aérienne / superficielle à l'intérieur de la chambre est d'environ 70/80 cm. A nouveau, un fond naturel sera proposé dans la chambre avec des matériaux de type cours d'eau (galets et graviers). A nouveau, une ailette métallique sera prévue à la sortie de la chambre pour garantir que les matériaux restent en place. Un minimum de 35cm sera garanti au-dessus de la chambre.

#### 6.3.4.5 Secteur 5) Partie aval (canal à ciel ouvert + remise à ciel ouvert)

Ce dernier secteur comprend la fin de la partie **alternant souterraine et canal à ciel ouvert** sous un accès privé (rue perpendiculaire à la rue de la gare). Le même principe est appliqué avec une conduite souterraine en PRV de diamètre DN 1300. A nouveau, un fond naturel sera recréé à l'intérieur de la conduite avec des matériaux graveleux. Des ailettes (**e=3m**) seront de nouveau présentes afin d'éviter un glissement des matériaux. La pente pour tout le secteur souterrain (depuis la mise sous tuyau au secteur 2) jusqu'à la mise en superficiel est identique.

Le ruisseau est ensuite remis à ciel ouvert comme illustré à la Figure 62. Un chemin d'entretien est proposé en rive gauche du ruisseau. Celui-ci permet de faire tampon entre le cours d'eau et la zone bâtie. Ce chemin ne sera pas revêtu et fait partie de l'espace réservé aux eaux. Deux caissons végétalisés avec des branches de rejets sont proposés pour offrir un élargissement du fond (>1.8m) afin de créer une diversité des écoulements. Le profil standard de remise à ciel ouvert a une largeur de fond de 1.8m avec des variations de pentes de talus de 1 :2 à 1 :2.5. Des fascines de saules seront prévues. Des pieux en saules seront également prévus pour fixer la natte de coco. Finalement, l'étanchéité sera garantie avec une natte bentonite si nécessaire. **La ripisylve en bordure de la Suze sera reconstituée avec les mêmes essences qu'existantes actuelles.**

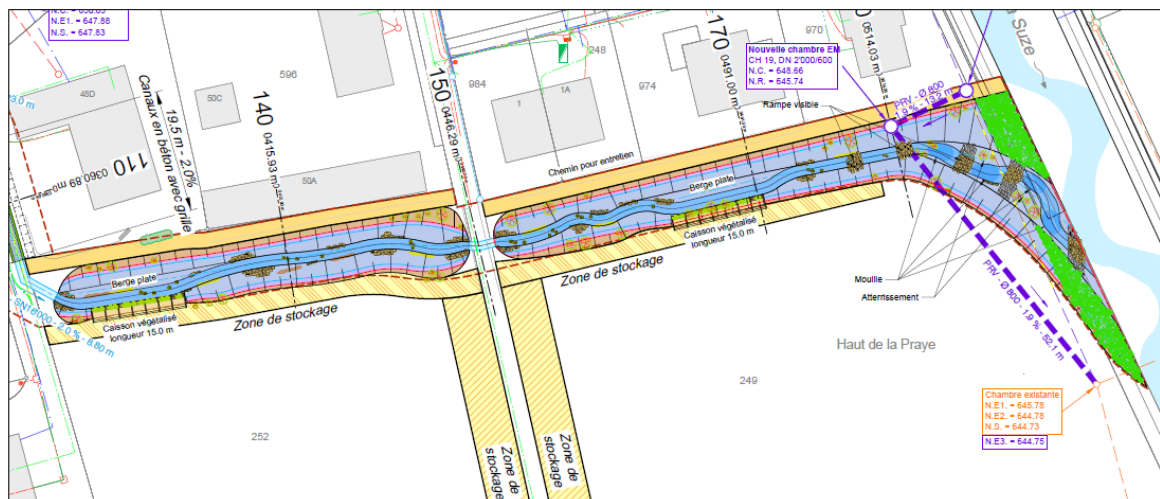


Figure 62: Secteur 5 avec partie alternant canal ouvert et souterraine suivi de la mise à ciel ouvert du ruisseau. Des mesures de génie biologique sont proposées avec 2 caissons végétalisés pour offrir des surlargeurs pour le ruisseau.

En rive droite, une zone tampon de 3m est également proposée. L'exploitant pourra la mettre en SPB (surface de la promotion de la diversité) afin de profiter de paiement direct. Cette bande permettra donc de garantir une zone de tampon entre le cours d'eau et le milieu agricole. Un fond du lit naturel sera également recréé avec des galets et des graviers. Dans ce secteur, le dimensionnement pour Q100 + revanche est garanti comme une zone d'habitations se trouve en rive gauche. Le cas de surcharge est assuré en rive droite pour garantir un débordement en zone agricole. Ces différents éléments sont présentés sur le profil type de la Figure 63. Une illustration est également présentée à la Figure 64 pour mettre en évidence l'état projeté de la revitalisation du ruisseau des Malés. Le profil en long annexé ainsi que les coupes types permettent également d'illustrer le dimensionnement ainsi que la présence des caissons végétalisés.

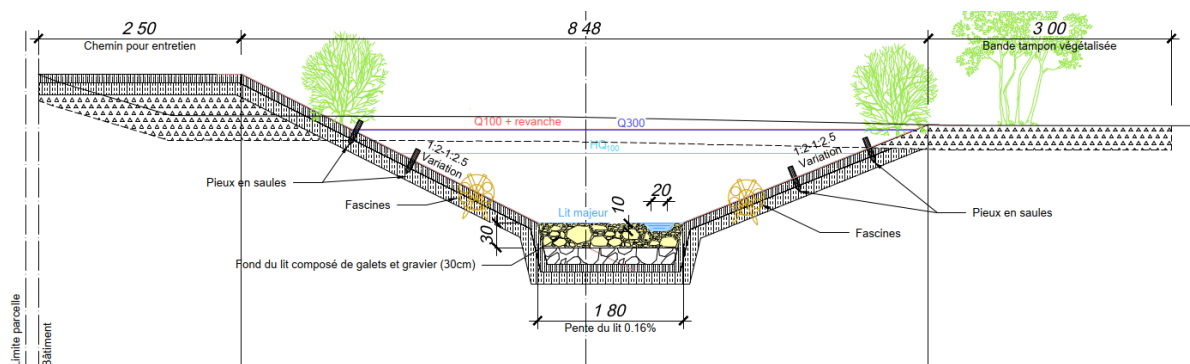


Figure 63: Profil type de la remise à ciel ouvert.



Figure 64: Illustration du secteur superficiel aval avec des mesures de génie biologique et avec le chemin d'entretien en rive gauche. Le replat en rive droite ne fait pas partie du projet mais pourra être comptabilisé en SPB selon le souhait du propriétaire.

#### 6.3.4.6 Synthèse

Les bases du projet de Niederhäuser ont été reprises avec une forte volonté de renaturer et revitaliser le cours d'eau. L'objectif de remettre le cours d'eau au maximum à ciel ouvert a été respecté au maximum en fonction des contraintes existantes (traversée CFF, bâtiments existants, propriétaires fonciers et infrastructure routière existante). De plus, des mesures biologiques importantes ont été prévues afin de recréer au maximum un cours d'eau naturel. Par rapport aux différents aménagements, il est possible de résumer les différents objectifs du projet avec les points ci-dessous.

1. Réservation d'un espace minimum de 11.00 mètres pour le développement du ruisseau.

2. Création d'un gué et remodelage avec entretien du ruisseau sur 200 mètres en amont du projet
3. Renaturation et revitalisation du ruisseau des Malés sur 532 mètres.
4. Remise à ciel ouvert du ruisseau avec des linéaires partiels de 22m, 23,6m et 19,5m qu'une partie superficielle finale de 329 mètres par rapport aux 96 mètres existants.
5. Aménagement d'un bras secondaire de 31 mètres en amont et à l'Ouest de la rue de l'Envers.
6. Aménagement complet du ruisseau des Malés depuis l'ouvrage à bois flottant jusqu'à la Suze.
7. Aménagement de 5 passages sous des voies de circulation (jusqu'à CFF) avec des voûtages en béton pour garantir le franchissement du ruisseau et une protection optimale des voies de circulation.
8. Aménagement de points durs pour éviter une érosion du fond du lit dans la partie amont. De petites chutes vont se créer naturellement par la présence des blocs dans le lit du cours d'eau (diamètre moyen 1m, 1 à 1.5 tonne par bloc).
9. Confection d'un lit mineur pour laisser libre passage aux poissons, même en étiage.
10. Aménagement d'un radier structuré avec lit mineur, avec une plage plus haute pour le passage de la petite faune dans le fond des passages couverts, en particulier dans la conduite circulaire et canaux en béton.
11. Aménagement d'un fond naturel dans tous les passages souterrains.
12. Aménagement de caissons végétalisés dans la partie aval pour créer des surlargeurs du fond du lit.
13. Confection d'un bassin de retenue des corps flottants avec dégrilleur avec des HEB 200, à l'amont du projet en sortie de forêt.

#### 6.3.4.7 Protection de berges / génie biologique

De manière générale, un lit naturel sera reconstruit pour le nouveau tracé. Celui-ci sera composé de groise fine 0-20mm, une natte étanche de bentonite pour la zone avale, d'une deuxième couche de groise fine 0-20mm, de chaille 0-400mm, de chaille 40-120mm et finalement de gravier de rivières avec la pose de quelques boulets. Une natte de coco sera prévue sur les talus pour tenir les plantations buissonnantes, telles que des plantations d'hélophytes ou fascines.

Les berges seront protégées par une natte de coco, la plupart du temps, une végétation indigène sera plantée. Des aménagements tels que pose de fascines mortes, vivantes, racines et murgiers y seront réalisés dans le cadre du génie végétal. La granulométrie du fond du lit sera composée de pierres calcaires grossières dans le fond et recouvertes par un gravier de rivière. Le fond du lit et la base des talus seront étanchés avec une natte bentonite dans la partie aval pour garder toute l'eau du ruisseau en étiage et préserver la nappe phréatique.

Dans toutes les sections, il est également prévu d'aménager un lit mineur pour le débit d'étiage de dimension 30/10 cm, avec méandre confectionné avec fascines mortes et enrochement.

Concernant les talus, ils seront ensemencés par un type prairie fleurie (type VSS Nature sol brut). La natte sera, quant à elle, fixée avec des pieux de saules (plançon). Des fascines d'hélophytes et autres plançons seront également prévues sur une des deux rives en alternance. Dans le lit, des mottes d'hélophytes seront prévues afin que la nature puisse reprendre rapidement.

Lors de la planification et de la mise en œuvre des mesures d'aménagement hydraulique, il s'agit de choisir la méthode de construction la plus adaptée aux spécificités locales ainsi que la période optimale. Une condition importante est que les méthodes de construction de génie biologique, qui se modifient continuellement, soient utilisées correctement afin de laisser au cours d'eau suffisamment de liberté de mouvement pour remplir ses fonctions écologiques et exprimer sa dynamique.

En termes d'aménagement biologique, des palissades filtrantes pourront être proposées dans la partie amont afin de casser les vagues et donc les régulariser. Ces palissades pourront être mises en place avec des fascines de saules par exemple. Dans la partie amont, des points durs seront, soit en enrochements, mais également en alternance avec des éléments de génie biologique, comme des fascines immergées à noyau transversales ou longitudinales (Figure 66). Des souches pourront également être utilisées comme prise énergie comme illustré à la Figure 65. Des troncs pourront également être utilisés le long du chenal pour offrir une variété des protections de berges (cf. Figure 66).



Figure 65: Souches utilisées comme seuil naturel.



Figure 66: Protection longitudinale avec des troncs et fascines de saules.

Finalement, différentes techniques de tressage ou de clayonnage de saules pourront également être proposées de manière hétérogène. Le but sera de proposer un maximum de variation. Les plantations initiales permettront de viser une saulaie typée buissonnante

avec une fixation rapide du sol par les réseaux racinaires, qui offriront à terme, des zones d'ombres à la rivière.

Finalement, des caissons en bois seront proposés dans deux zones du secteur aval. Le but de ces mesures est de créer un élargissement du fond en conservant la même emprise, mais en raidissant un talus. Ces caissons (Figure 67) seront végétalisés avec des branches de rejets, comme illustré dans les profils en travers. La végétalisation du caisson permettra également de faire des zones d'ombre pour la rivière. A nouveau, ces mesures locales permettent d'apporter des variations du lit avec des différences de largeurs, des surprofondeurs avec ces zones d'eau rapide, mais également avec des zones d'eau calmes.



Figure 67: Exemple de construction de caisson végétalisé en bois.

Le dimensionnement selon Stevens et al. (1976) a mis en évidence que des blocs de 1tonne à 1.5tonne sont nécessaires dans la partie amont du projet. Concernant la remise à ciel ouvert aval, la pente étant de 0.16%, des enrochements de 100kg sont suffisants. De plus, les forces tractrices pour ce secteur sont inférieures à 50 N/m<sup>2</sup>. De ce fait, des herbacées suffisent pour la stabilisation des talus. A noter que dans ce secteur, les vitesses sont inférieures à 0.6m/s.

Il est donc possible de résumer les deux secteurs aériens / superficiels de la manière suivante :

1. Partie amont **centre** : secteur mixte minéral (enrochements) en alternance avec des mesures de génie biologique.
2. Partie aval : exclusivement des mesures légères de génie biologique avec murgiers (tas de pierres) et tas de branches. Ces aménagements sont des refuges pour les insectes, la petite faune et l'avifaune. Quelques blocs de petite taille seront déposés de manière hétérogène pour offrir des variations de vitesses et donc d'écoulement. Le type d'aménagement de la partie aval est représenté à la Figure 68.



Figure 68: Type d'aménagement de la partie aval.

#### 6.4 Projets connexes / complémentaires

Le projet connexe de CFF a été coordonné par rapport au renouvellement des voies et **l'aqueduc de franchissement réalisé à l'automne 2024.**

Le collecteur du SEBV, au droit de la confluence entre les Malés et la Suze, **devra être dévié et reconstruit pour pouvoir accentuer la pente du ruisseau dans sa partie aval.** Les autres conduites d'eaux usées pourront aussi être inspectées pour vérifier que celles-ci ne doivent pas être changées.

Les autres infrastructures électriques, de télécommunications, d'eau potables ou d'eaux usées seront modifiées lorsque celles-ci sont en conflit avec le nouveau tracé, comme indiqué sur le plan en situation. Quelques nouvelles chambres sont prévues. Toutes les eaux claires qui se jetaient dans la conduite existante du ruisseau des Malés seront raccordées dans le nouveau tracé des Malés, que ce soit dans les secteurs superficiels ou souterrains dans la conduite projetée PRV.

## 7 COÛTS

### 7.1 Coûts de construction ventilés par objet (avec indication de la base tarifaire et du degré de précision)

L'Annexe 1 : Détail du devis permet de résumer toutes les hypothèses prises dans le cadre du devis, ainsi que tous les éléments qui ont été pris en compte en termes d'articles et de positions. Le résumé du devis est présenté au Tableau 4. Tous les différents prix unitaires sont basés sur l'expérience des différents chantiers cours d'eau. Concernant les quantités, une incertitude de 20% a été prise en compte. Tous les volumes mentionnés sont des volumes en place. Les divers et imprévus, selon la SIA, pour un projet d'ouvrage sont estimés à 10%.

CAN	Désignation des travaux	Unité	1. Partie amont (aérien) + passage à gué amont	2. Partie amont (souterrain) + conduite 500	4. Partie aval souterraine et canal (Rue de la Gare + privé)	5. Partie aval (aérien)
Chapitre			Montant	Montant	Montant	Montant
	CAN 111 Travaux en régie		46'230.00 CHF	9'045.00 CHF	26'130.00 CHF	25'125.00 CHF
	CAN 112 Essais		2'460.00 CHF	820.00 CHF	2'240.00 CHF	260.00 CHF
	CAN 113 Installations de chantier		90'137.00 CHF	16'855.00 CHF	51'795.00 CHF	48'790.00 CHF
	CAN 116 Coupes de bois et défrichements		9'725.00 CHF	- CHF	- CHF	2'025.00 CHF
	CAN 117 Démolitions et démontages		9'729.20 CHF	12'757.40 CHF	24'358.60 CHF	3'310.00 CHF
	CAN 151 Construction de réseaux enterrés		25'554.00 CHF	7'801.30 CHF	68'789.70 CHF	3'702.25 CHF
	CAN 211 Fouilles et terrassements		19'984.00 CHF	1'134.20 CHF	260.00 CHF	26'216.00 CHF
	CAN 213 Travaux hydrauliques		516'380.30 CHF	- CHF	- CHF	287'074.40 CHF
	CAN 221 Couches de fondation pour surface de circulation		8'070.30 CHF	6'693.61 CHF	9'893.05 CHF	2'262.75 CHF
	CAN 222 Pavages et bordures		28'360.00 CHF	5'510.00 CHF	1'334.00 CHF	- CHF
	CAN 223 Chaussées et revêtements		14'356.39 CHF	17'767.78 CHF	35'158.14 CHF	5'603.60 CHF
	CAN 237 Canalisations et évacuation des eaux		32'806.46 CHF	116'880.82 CHF	230'038.60 CHF	97'146.35 CHF
	CAN 241 Construction en béton coulé sur place		236'400.00 CHF	- CHF	148'120.00 CHF	60'560.00 CHF
	Supplément travaux de nuit		- CHF	- CHF	- CHF	- CHF
	<b>MONTANT TOTAL (HT)</b>		<b>1'040'192.65 CHF</b>	<b>195'265.12 CHF</b>	<b>598'117.09 CHF</b>	<b>562'075.35 CHF</b>
	<i>Frais d'étude yc géomètre</i>					
	<b>MONTANT TOTAL AVEC FRAIS D'ETUDE (HT)</b>		<b>1'196'221.55 CHF</b>	<b>224'554.90 CHF</b>	<b>687'834.65 CHF</b>	<b>646'386.65 CHF</b>
	<i>Divers et imprévus</i>					
	<b>MONTANT TOTAL (HT)</b>		<b>1'315'843.70 CHF</b>	<b>224'554.90 CHF</b>	<b>687'834.65 CHF</b>	<b>638'886.65 CHF</b>
<b>Expropriation y compris pertes de culture</b>						
<b>Exp.</b>	Terre agricole	m2	- CHF	- CHF	- CHF	7'500.00 CHF
	Zone à bâtir	m2	- CHF	- CHF	- CHF	- CHF
	Autre	m2	- CHF	- CHF	- CHF	- CHF
	<b>Expropriation y compris pertes de culture</b>	<b>CHF</b>	<b>- CHF</b>	<b>- CHF</b>	<b>- CHF</b>	<b>7'500.00 CHF</b>
	<b>MONTANT TOTAL (HT)</b>		<b>1'315'843.70 CHF</b>	<b>224'554.90 CHF</b>	<b>687'834.65 CHF</b>	<b>646'386.65 CHF</b>
	<i>TVA</i>					
	<b>MONTANT TOTAL (TTC)</b>		<b>1'422'427.05 CHF</b>	<b>242'743.85 CHF</b>	<b>743'549.25 CHF</b>	<b>698'743.95 CHF</b>
	<b>TOTAL TTC</b>		<b>3'107'464.10 CHF</b>			

Tableau 4: Résumé du devis estimatif.

Comme attendu, la partie la plus coûteuse est la partie amont à hauteur de 45%. Cela provient du fait que ce secteur nécessite un apport important de blocs d'enrochements pour la stabilisation du nouveau profil en long ainsi que la construction de plusieurs ouvrages de franchissement.

### 7.2 Positions secondaires

Aucune position secondaire n'a été identifiée.

### 7.3 Frais d'honoraires

Concernant les frais d'études, les frais de géomètres ont également été considérés en plus des honoraires d'ingénieurs. De ce fait, les frais d'études sont estimés à 15% du coût des travaux, soit un total de 359'347 CHF HT. Ce montant inclut l'étude du projet d'ouvrage (présente étude), ainsi que les honoraires d'ingénieurs pour les prochaines étapes (SIA 41 appels d'offres aux entreprises, SIA 51-53 phase d'exécution), ainsi que tous les frais de mutations des parcelles. La partie communication et participatif fait également partie de ces frais d'étude.

### 7.4 Acquisition de terrains

Finalement, l'expropriation pour la partie aval en terre agricole a été prise en compte avec les pertes de culture. Ce point pourra être discuté à l'amiable avec le propriétaire. Un prix moyen de 3.-/m<sup>2</sup> a été pris en compte dans l'estimation du prix. Les terres agricoles sont donc les parcelles 252 et 249 selon la Figure 69.

Pour la parcelle 686, une entente devra être trouvée entre la commune et le propriétaire pour pouvoir placer **la nouvelle conduite et le canal avec caillebotis du ruisseau des Malés**.

Pour la traversée CFF, aucune expropriation n'a été nécessaire et une convention a été établie.

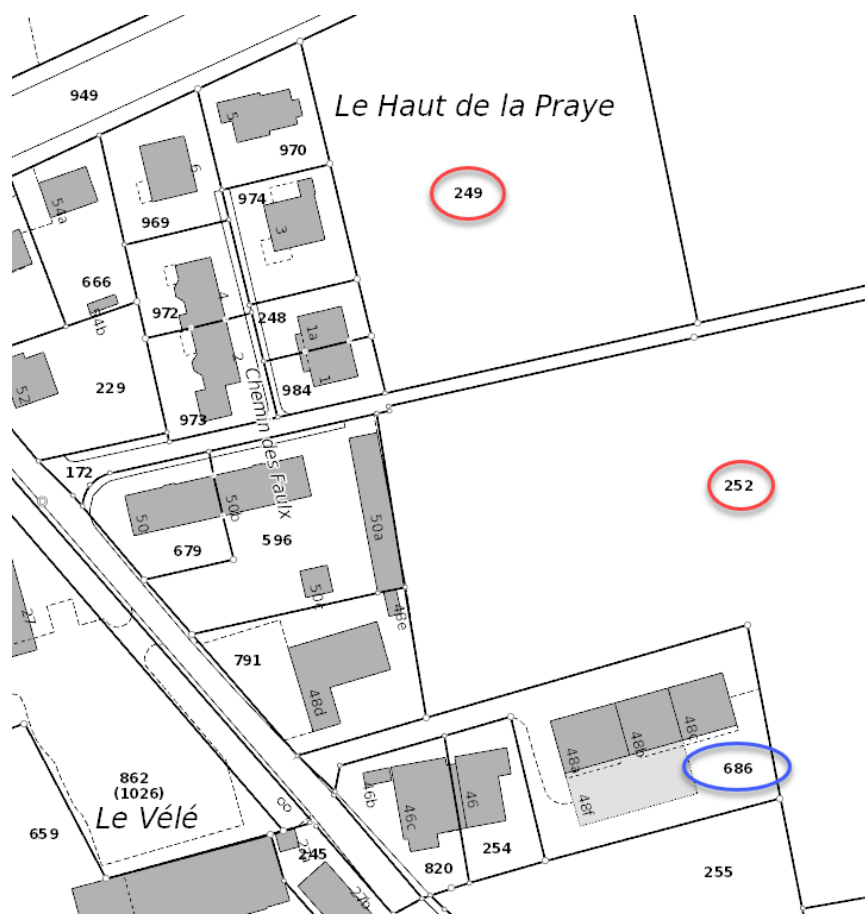


Figure 69 : Parcelles touchées par le projet. Les parcelles concernées par l'expropriation sont mentionnées avec le cercle rouge alors que pour la parcelle avec le cercle bleu, il s'agira de trouver une entente pour mettre en souterrain la conduite PRV.

### 7.5 Coût des risques

En termes de risque, il convient de répartir le devis global (3.1 mio) en deux catégories, à savoir la partie protection contre les crues / revitalisation (promotion de la nature et de la

biodiversité) d'un côté et les renouvellements et déviations de réseaux souterrains d'autre part. Cette distinction est nécessaire dans le calcul de rentabilité EconoMe. La distinction entre la part déviation et la part renouvellement étant dépendante de l'âge des conduites celle-ci est difficile à évaluer il a été admis un 75% au titre de renouvellement pour les conduites.

L'installation de chantier, les essais et régies ont été appliquées au prorata. Les mêmes frais d'études (15%), divers et imprévus (10%), ainsi que la TVA ont été appliqués. Il ressort donc les éléments suivants :

- Partie protection contre les crues / revitalisation : 2'855'215 CHF TTC
- Partie renouvellement de réseaux : 252'248 CHF TTC

Cet élément sera repris dans la partie EconoMe, car il s'agira uniquement d'évaluer la rentabilité par rapport à la protection contre les crues.

## 7.6 Total global devis

De manière très synthétique, le devis du global est résumé ci-dessous. Le devis global se monte à 3.1mio CHF.

<b>1. Partie amont (aérien) + passage à gué amont</b>	<b>1'422'427.05 CHF</b>	<b>46%</b>
<b>2. Partie amont (souterrain) + conduite 500</b>	<b>242'743.85 CHF</b>	<b>8%</b>
<b>3. Partie centre (CFF aqueduc)</b>	<b>- CHF</b>	<b>0%</b>
<b>4. Partie aval souterraine et canal (Rue de la Gare + privé)</b>	<b>743'549.25 CHF</b>	<b>24%</b>
<b>5. Partie aval (aérien)</b>	<b>698'743.95 CHF</b>	<b>22%</b>
	<b>3'107'464.10 CHF</b>	
<b>Part protection contre les crues et revitalisation</b>	<b>2'855'215.78 CHF</b>	<b>92%</b>
<b>Part renouvellement réseaux</b>	<b>252'248.33 CHF</b>	<b>8%</b>

Tableau 5: Devis global.

Comparé à l'étude Niederhäuser, le devis de 2017 était évalué à 2.955 mio CHF. Une différence d'environ 150'000 CHF est donc à relever.

## 7.7 Promoteurs du projet de construction

La commune de Sonceboz-Sombeval, qui est le maître d'œuvre, est le promoteur de construction du projet.

## 7.8 Répartition des frais et subventions attendues

CFF étant bénéficiaire, mais ayant aussi l'obligation d'entretien d'un ouvrage nécessaire aux voies pour le franchissement, a assumé l'intégralité des coûts de la reconstruction de l'aqueduc, raison pour laquelle ce montant n'apparaît plus de dans le devis général.

Selon la convention signée avec CFF, une contribution supplémentaire de 4.8% sera octroyée sur la partie amont du projet.

Le principe de financement provisoire se résume comme suit :

Coûts subventionnables	2'855'215.78 CHF
Subvention fédérale (35%)	- 999'325.52 CHF
Subvention cantonale (25%)	- 713'803.94 CHF
Coûts non subventionnables	252'248.33 CHF
Participation CFF (4.8%) de la partie amont	- 68'276.50 CHF
	1'326'058.14 CHF

*Tableau 6: Proposition de répartition financière entre les tiers et les acteurs concernés.*

Comme un effort particulier est mis sur le projet de remise à ciel ouvert, il n'est pas exclu que ces participations soient plus importantes. Après consultation, ce point pourra être éclairci. Cette clé de répartition est donc mentionnée à titre indicatif.

Selon le projet Niederhäuser, une participation du fonds écologique des FMB Energie SA avait été mentionnée avec une participation de 362'069 CHF TTC. De plus, le fonds de régénération de Canton de Berne participait également à hauteur de 362'069 CHF TTC. Une telle démarche devra être relancée pour voir si ces éléments sont toujours d'actualité par rapport au projet de 2017.

## 7.9 Communication

Une communication a eu lieu tout d'abord avec le propriétaire existant, ainsi qu'avec le locataire des terres agricoles du secteur 5. De plus, une séance participative a eu lieu avec tous les propriétaires qui se trouvaient aux abords du projet du PAE. **Enfin, une séance de communication en assemblée communale sera organisée au printemps 2025.**

## 8 DEROULEMENT DES TRAVAUX

### 8.1 Echelonnement

L'échelonnement des travaux sera prévu et optimisé pour les 4 secteurs du devis.

Afin de préserver les espèces de poissons menacées, toute intervention pouvant perturber leur fraie est interdite. Les travaux dans les cours d'eau depuis début novembre jusqu'à fin avril sont interdits. Dans le cas de ce projet, comme un nouveau cours d'eau est créé (avec remise à ciel ouvert) sur un nouveau tracé, il conviendra surtout de procéder à des mises en eaux hors de ces périodes.

### 8.2 Description de la procédure de construction

La procédure de construction se fera donc en 5 étapes avec les priorités suivantes :

- A. Secteur 3 : construction de l'aqueduc sous CFF (déjà réalisé)
- B. Secteur 5 puis 4 : construction du secteur aval
- C. Mise en eau du secteur 3, 4 et 5 et coupure du ruisseau des Malés partie aval
- D. Secteur 1 puis 2 : construction du secteur amont
- E. Raccord du secteur amont dans le PI et déviation du ruisseau dans son nouveau lit.

Ces cinq étapes sont représentées à la Figure 71. Il sera possible d'identifier 2 lots différents avec le lot amont et le lot aval. La partie centrale a été réalisée par CFF et l'entreprise mandatée pour les travaux de la gare.

Contrairement aux travaux standards en cours d'eau (aval vers l'amont), une priorité sera donc mise pour la construction de l'aqueduc. Dans le secteur amont, comme un nouveau tracé est prévu, il sera possible de réaliser ce secteur de manière indépendante au fonctionnement existant du ruisseau des Malés. De plus, le secteur aval (secteur 5) devra être fonctionnel avant que la déviation dans la route ne soit terminée (secteur 4). Finalement, comme l'aqueduc sous CFF est déjà réalisé, la conduite existante du ruisseau fonctionnera avec une zone centrale en siphon, étant donné que le nouvel aqueduc se trouve plus bas que la conduite existante. Comme deux chambres sont prévues en amont et en aval, il conviendra de les utiliser comme puits de contrôle pour le siphon. La section hydraulique proposée étant 5 fois supérieure à l'existante, l'écoulement ne sera pas péjoré. Le raccord à l'existant n'est donc pas contraignant. Le fonctionnement du ruisseau existant amont et aval, avec le raccord dans l'aqueduc par siphon, est illustré à la Figure 70.

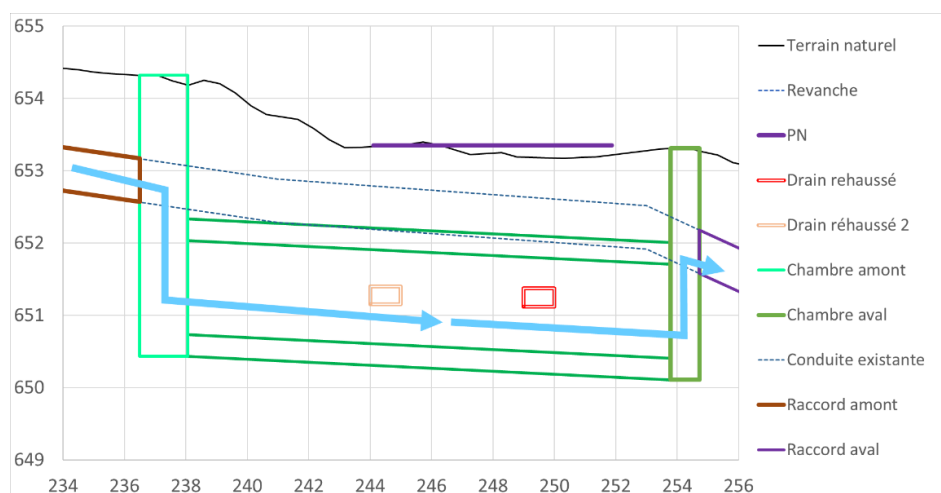


Figure 70: Fonctionnement provisoire en siphon de l'aqueduc.

Les travaux sont décrits comme suit :

- 1) Décapage de la terre végétale pour construction des pistes de chantier. Stockage provisoire sur site en hauteur de 1.5m et 2.5m pour les différents horizons.
- 2) Aménagement des pistes de chantier sur une rive et places d'installations de chantier.
- 3) Coupes d'arbres, essouchements, défrichement en bordure de cours d'eau vers le futur confluent. Idem dans le secteur amont pour le nouveau dépotoir.
- 4) Fichage de palplanches dans le secteur amont.
- 5) Travaux d'excavation, transport hors site des matériaux non réutilisables, et stockage provisoire si besoin ultérieur.
- 6) Mise en place de pompes si nécessaires (aqueduc CFF et partie aval).
- 7) Déconstruction, enlèvement et démontage d'éléments existants pour la réalisation des travaux. Déconstruction de la route existante pour les traversées, démolition des conduites existantes qui entravent le nouveau tracé. Déplacement des autres conduites existantes en conflit avec le nouveau tracé du ruisseau des Malés.
- 8) Consolidation d'éléments à protéger pendant les travaux.
- 9) Travaux de dérivation des eaux de la Suze pour pouvoir travailler sans avoir trop d'eau en retour de la Suze (partie aval)
- 10) Terrassement du nouveau lit avec talutage selon les profils en travers.
- 11) Confection et aménagement du fond du lit avec pose d'une natte étanche type Bentofix, pose d'épis en fascines mortes pour la formation d'un méandrage, de caches à poissons, mise en place de gravier de rivière, etc...
- 12) Confection des passages voutés
- 13) Pose d'enrochement pour pied de berges.
- 14) Confection des digues en récupérant partiellement du matériel des pistes de chantier.
- 15) Remise en état des routes et de la voie ferroviaire.
- 16) Travaux de plantation avec nouveaux végétaux.
- 17) Ensemencement hydraulique des berges et protection avec pose natte coco.
- 18) Finition de tous les travaux du génie biologique, selon saison et conditions météorologiques.
- 19) Déconstruction des pistes de chantier et places d'installation.
- 20) Réhabilitation des collecteurs d'eaux claires, mélangées et drainages qui seraient endommagés et aménagement exutoires pour les collecteurs à reprendre dans le ruisseau.
- 21) Remise en place des différentes couches de terre végétale avec, au préalable, scarification du terrain en sous-sol sous les pistes de chantier.

### 8.3 Programme de réalisation

Le programme intentionnel est le suivant

- Dépôt de plans auprès des services : janvier 2025 – mars 2025
- Mise au net du projet : avril 2025
- Présentation en assemblée à la population mai 2025
- Dépôt public : mai 2025 – juin 2025
- Levées des oppositions : juin - juillet 2025
- Approbation communale et votation des crédits : août 2025 – septembre 2025
- Approbation PAE : automne 2025
- Appel d'offres : automne 2025
- Octroi des subventions et adjudication des travaux hiver 2026
- Travaux printemps 2026 à automne 2027 ou printemps 2027 si travaux simultanés amont et aval.

Le principe général après la mise en place de l'aqueduc CFF est la réalisation des secteurs 4 et 5. Le ruisseau des Malés pourra ainsi passer par le nouveau tracé dans le secteur 3, 4 et 5. En parallèle, le secteur 1 pourra être réalisé sans conflit avec le tracé existant. Puis le secteur 2 pourra être réalisé pour finalement mettre en eau ce secteur (1 et 2).

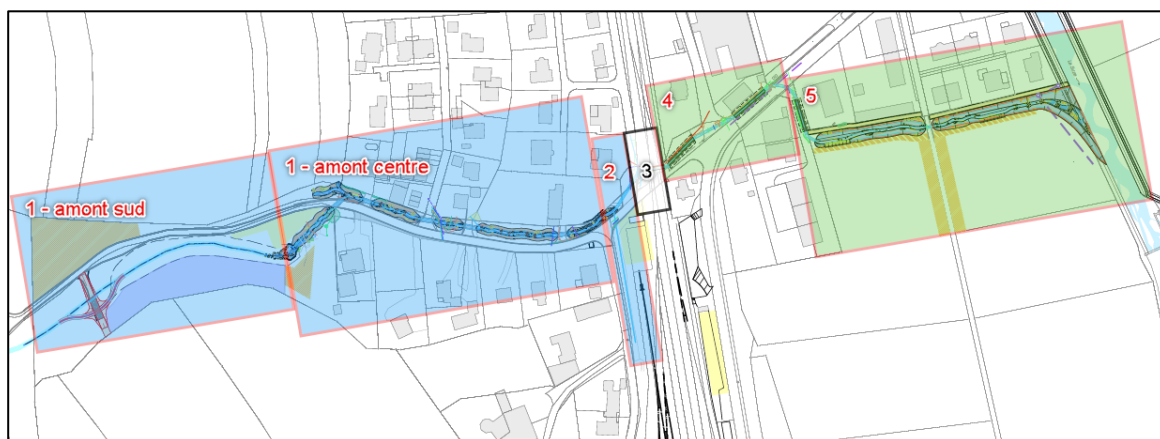


Figure 71: Déroulement des travaux par secteurs. Trois entreprises différentes pourront potentiellement travailler en même temps. Un seul marché public sera prévu mais avec une proposition de lots. Le lot amont (en bleu) et le lot aval (en vert).

### 8.4 Logistique de chantier / installations provisoires

Deux entreprises pourront être amenées à travailler potentiellement sur ce chantier.

Pour le secteur 4 et 5, il convient de trouver une installation de chantier (parcage de machines et dépôts de matériaux de construction) dans ce secteur. Comme il s'agit d'un secteur en zone agricole, une discussion devra être faite avec le propriétaire du terrain pour profiter des terres pour les stocks intermédiaires, moyennant un dédommagement pour perte de culture. Une emprise minimale a été considérée sur les terres agricoles comme aucun autre emplacement aux alentours n'a été trouvé. Une surface principale pour la zone vie et parcage des véhicules est prévue sur terrain CFF au nord des voies, à l'emplacement de l'installation de chantier utilisée dans le cadre des travaux de la gare.

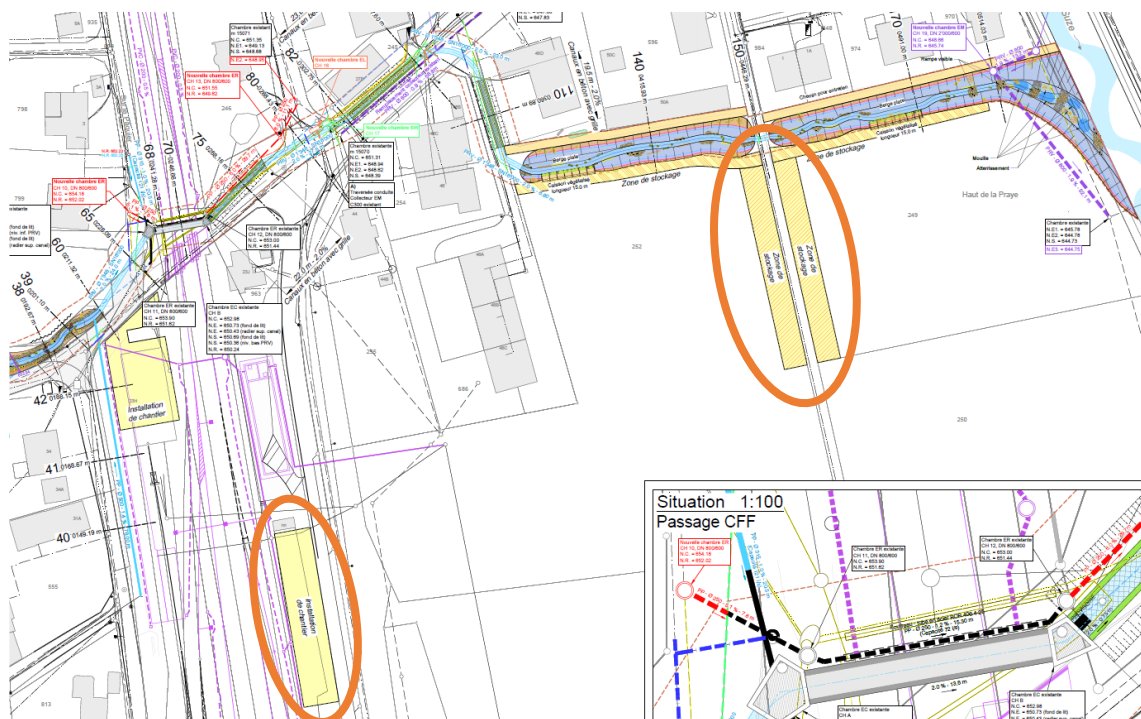


Figure 72: Installation de chantier dans la partie aval le long d'un chemin AF ainsi que sur terrain CFF.

Pour le secteur 1 et 2, il conviendra de discuter aussi avec CFF si la nouvelle place d'enraillement pourrait être utilisée étant donné que les travaux commenceront après la fin des travaux CFF. Il semblerait que cela soit envisageable avec la mise en place d'un dispositif de sécurité. De plus, tout à l'amont du projet, il sera possible d'utiliser une parcelle communale qui sera de toute façon impactée dans le cadre du projet pour la création du piège à bois. De plus, la partie amont du nouveau bras pourra également être utilisée ainsi qu'une zone en pâturage pour stock intermédiaire. Pour la partie amont, il semble que des places en suffisance soient présentes.

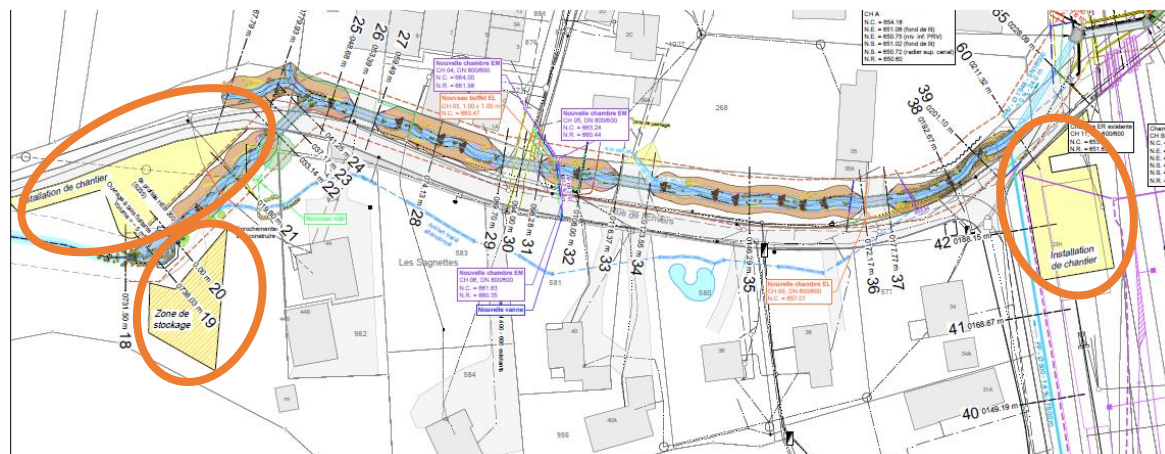


Figure 73: Installation de chantier dans la partie amont sur la parcelle appartenant à la commune. Une discussion pourra être menée avec CFF pour utiliser la place d'enraillement.

## 8.5 Epuisement des eaux dans les fouilles et eaux souterraines

Aucun époussement particulier des eaux n'est planifié. Périodiquement et ponctuellement, des travaux de pompage sont à prévoir lors de travaux spécifiques, **comme lors des conflits de tracé entre ancien et nouveau ruisseau.**

Les écoulements du ruisseau des Malés ne seront jamais déviés étant donné que l'intervention principale consiste en une remise à ciel ouvert avec un nouveau tracé depuis

le sud du projet (ouvrages à bois flottants) jusque tout au nord, à la confluence avec la Suze. La problématique des eaux souterraines est développée dans le rapport complémentaire établi à la demande du service cantonal, cf annexe 3 au présent rapport.

## 8.6 Risques liés aux travaux de construction

Au-delà des risques standards de ce type de travaux, aucun risque particulier lié aux futurs travaux d'aménagement de la Suze ne peut être mis en évidence. Les risques potentiels découlent d'une crue du ruisseau des Malés ou de la Suze. De ce fait, les hommes et machines œuvrant sur le chantier sont, chaque soir ou lors de la survenance d'un événement de crue, à évacuer du périmètre des zones inondables. De plus, aucune péjoration du danger n'est prévue, comme le cours d'eau ne sera jamais dévié, sauf lors de la mise en eau dans le nouveau chenal.

## 8.7 Impact sur l'environnement

La protection des sols, des eaux superficielles et la gestion des déchets sont les 3 impacts potentiels majeurs du chantier. La protection des sols fait l'objet d'un rapport complémentaire établi à la demande du service cantonal, cf annexe 2 au présent rapport.

Les pistes d'accès et tout travaux en terrains agricoles devront mettre en œuvre des moyens techniques pour éviter le compactage des sols dans l'emprise du chantier. Les machines travailleront uniquement sur des sols suffisamment ressuyés. Les machines seront, chaque soir, éloignées du cours d'eau et parquées sur des bacs étanches pour éviter d'éventuelles fuites dans le sol ou dans le cours d'eau.

Les autres aspects des impacts sur l'environnement (coupes d'arbres, bruit, air, ...) respecteront la législation. Un suivi environnemental (SER) est à préconiser, en particulier pour les aspects des sols pour la partie amont, ainsi que pour la partie aval. En effet, il ressort que les sols dans le secteur aval se trouvent en surface d'assolement (SDA) selon la carte indicative des terres cultivables. Il conviendra donc de trouver une nouvelle zone pour compenser la perte de 1'700m<sup>2</sup>, en particulier pour la revalorisation des sols. Les sols pourront être revalorisés en dehors du projet. Dans le cadre des appels d'offres, une évaluation de la qualité des sols devra être prévue par un bureau spécialisé afin de mettre en évidence la qualité, ainsi que les volumes de sols. Des mesures de revalorisation avec des mesures d'entretien seront alors proposées.

Finalement aucun site pollué n'est recensé dans le cadastre des sites pollués.

## 8.8 Surveillance des travaux

La surveillance des travaux sera assurée par le bureau mandataire. Un inventaire et si besoin, un suivi des plantes rares est à prévoir.

## 9 RÉPERCUSSIONS DU PROJET / DES MESURES

### 9.1 Répercussions sur l'utilisation

Mise à part des gênes temporaires (accès sur parcelles agricoles et privées), la réalisation du projet n'engendrera pas de répercussions importantes sur l'utilisation des terrains riverains. **L'itinéraire de randonnée pédestre passant à la rue Sur le Brassiège et à la rue de la Gare sera garanti en tout temps via éventuellement des ponts provisoires piétons.**

### 9.2 Répercussions sur le patrimoine et les sites

Aucune répercussion n'est à envisager.

### 9.3 Répercussions sur la nature, le paysage et l'habitat

Le projet permet une amélioration globale du domaine nature et paysage avec la diversification des rives et la réalisation d'un lit mineur naturel amenant une plus-value pour la faune et la flore. De plus, la remise à ciel ouvert sur la majorité du linéaire offrira une biodiversité très intéressante par rapport au ruisseau bétonné existant.

### 9.4 Répercussions sur l'écologie des cours d'eau et sur la pêche

Les obstacles piscicoles seront supprimés de manière à garantir le transit piscicole. Ces suppressions font partie intégrante du concept de revitalisation, **en particulier avec une pente douce de jonction dans le secteur de la confluence avec la Suze.** Comme illustré dans les profils en long, le refoulement de la Suze dans le ruisseau des Malés garantira une franchissabilité. Les eaux dans ce secteur seront très calmes. Dans les parties souterraines, la franchissabilité pour les poissons sera également garantie avec **la création de secteurs en canal à ciel ouvert** et d'un chenal d'étiage pour garantir un niveau d'eau suffisant en période de basses eaux. Finalement, dans la partie amont du projet (secteur aérien), comme les pentes sont importantes, un chenal d'étiage sera également construit. De plus, comme les vitesses attendues sont très élevées, des blocs et souches seront placées en travers du cours d'eau afin de ralentir l'énergie cinétique des écoulements et donc garantir une migration piscicole dans la mesure du possible. Les conduites de ruissellement de surface (en particulier la conduite PP dans la partie centrale) se trouvent toutes au-dessus du niveau d'eau d'étiage pour éviter un piégeage du poisson lors de la remontée du ruisseau.

L'écomorphologie s'en verra ainsi améliorée. Le bilan de charriage du cours d'eau restera lui inchangé, malgré la présence de l'ouvrage à bois flottants. Des zones d'ombres seront également présentes à moyen terme selon le développement de la végétation pour éviter au maximum un réchauffement des eaux du ruisseau. Par la mise en aérien du cours d'eau dans les parties amont et aval, la qualité biologique sera grandement améliorée. Dans la partie aval, le minimum de protection de berge sera prévu pour garantir une revitalisation optimale. Dans la partie amont, comme les forces sont beaucoup plus importantes, des enrochements bétonnés pour la partie inférieure sont inévitables par les pentes de berges importantes. La partie supérieure ne sera pas bétonnée. Des plantations dans la partie supérieure du talus amènera tout de même une végétation et un ombrage sur le cours d'eau.

### 9.5 Répercussions sur les eaux souterraines

L'ensemble du projet est situé en secteur de protection Au. **Un rapport spécifique à la demande du service cantonal compétent a été établi et est présenté en annexe 3.** A priori, aucune répercussion n'est prévue sur les eaux souterraines. En phase travaux, un pompage périodique n'est pas exclu. En phase finale, la nappe ne sera pas influencée car le nouveau ruisseau (partie superficielle) sera étanchéifié avec une natte de bentonite **sur**

la partie aval. De plus, celle-ci sera recouverte par des matériaux graveleux et par des blocs d'enrochements afin de garantir que celle-ci résiste au gré des crues morphogènes. De plus, au fur et à mesure des années, les matériaux en suspension pourront créer une étanchéité du fond du lit. Aucun suivi piézométrique n'est nécessaire après les travaux dans le cadre du projet, étant donné que la Suze est l'élément décisif dans la définition du niveau de la nappe, que ce soit dans le secteur amont, central ou aval.

## 9.6 Répercussions sur l'agriculture et SDA

Le projet de protection contre les crues du ruisseau des Malés est soumis à différentes exigences légales qui sont parfois antagonistes entre elles. Ainsi pour la protection contre les crues, le projet doit se conformer à la LEaux.

Celle-ci impose la mise à ciel ouvert de tout projet de cours d'eau, ceci ne peut dès lors se faire qu'au détriment de surfaces non occupées. Le projet proposé est imposé par sa destination puisque le ruisseau des Malés doit rejoindre la Suze et que la seule variante acceptable (cf analyse multicritère §6.1.2) est celle ramenant le tracé en bordure de zone bâtie dans la zone agricole (SDA).

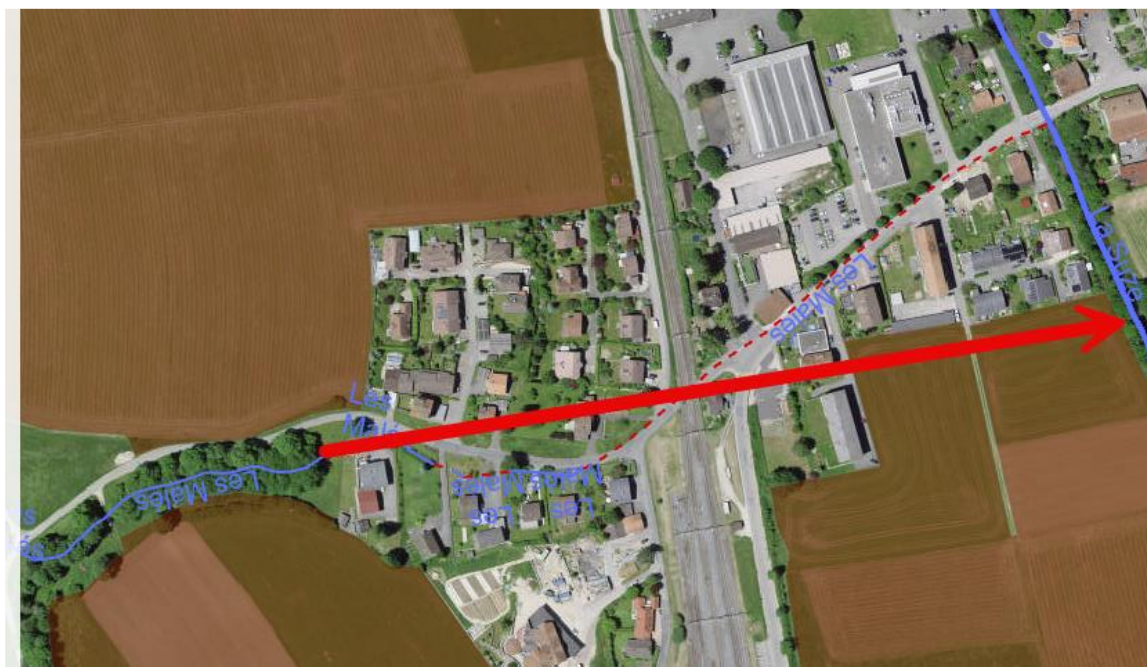


Figure 74: Plan des surfaces SDA

Le projet a néanmoins été réfléchi pour péjorer au minimum ces surfaces SDA, puisque seuls 25 ares seront utilisés de manière définitive par la remise à ciel ouvert du ruisseau, respectant ainsi les exigences de la LEaux. Des surfaces temporaires de 4 ares supplémentaires seront nécessaires pour la gestion des sols (cf annexe 2).

L'exploitation des parcelles concernées reste garantie tout en y intégrant les considérations liées à la mise en place de l'espace cours d'eau.

L'accès aux deux parcelles agricoles n° 249 et 252 sera perturbé pendant les travaux. Lors de la pose de la conduite PRV dans la route privée de la parcelle 686 (traitillé bleu ci-dessous) l'accès aux champs sera garanti par l'accès existant (trait rouge traitillé ci-dessous). En phase de réalisation de la remise à ciel ouvert, l'accès aux champs pourra être garanti par l'accès privé (traitillé bleu ci-dessous).

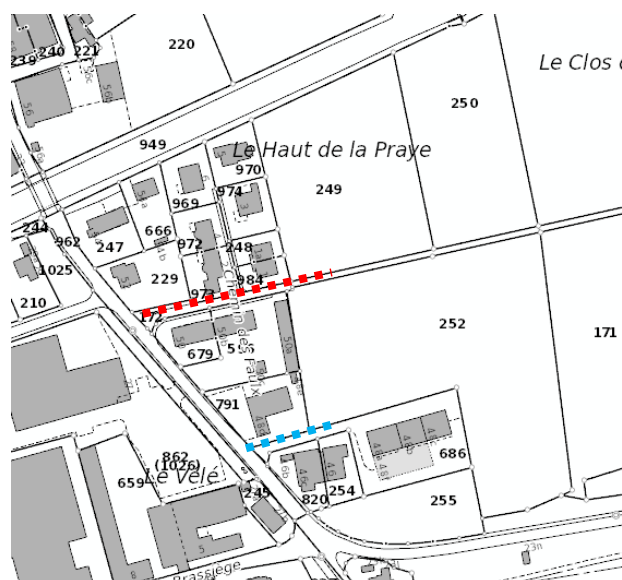


Figure 75: Accès aux champs.

Au sud du projet, des surfaces sont identifiées en surface SDA, mais ne sont pas exploitées de manière intensive puisque superposées à des haies. Elles servent donc plutôt de surfaces de promotion de la biodiversité. Leur utilisation temporaire et définie ne péjore ainsi pas leur utilisation, qui ne sera ainsi pas modifiée. Le rapport de protection de sols en annexe 2 donne toutes les indications nécessaires à ce sujet.



## 10 DANGERS ET RISQUES RESIDUELS

### 10.1 Surcharge

Le cas de surcharge est également vérifié selon les éléments suivants :

- Flottants : comme de nombreux passages sous route sont projetés avec des gabarits relativement faibles, il n'est pas exclu que des branches ou troncs obstruent ces passages et créent un débordement prématuré. Il est donc prévu, selon l'étude Niederhäuser, de retenir les bois flottants dans la partie amont du projet (à la fin du passage forestier). Si la herse devait s'obstruer, le retour des eaux est garanti dans le lit du cours d'eau.
- Charriage : le cas de transport solide n'est pas une problématique. Cependant, il est prévu que la herse soit aussi un ouvrage régulateur / tampon pour la rétention de matériaux solides. Le cas de surcharge avec une obstruction des passages souterrains n'est donc pas un scénario à prendre en compte.
- Débit supérieur au dimensionnement : comme mentionné, au vu des événements de 2021 (temps de retour de 300ans selon l'observation de terrain), la protection franc bord pour Q300 semble nécessaire. Le cas de surcharge se résume donc à la crue extrême supérieure à Q300. Comme le montre la figure suivante, dans la partie amont, la voie de circulation sera utilisée pour évacuer les eaux. Une partie des eaux se verra déversée sur la voie CFF, alors que le solde continuera tout droit à l'image de l'événement de 2021. Finalement, une asymétrie sera garantie dans la remise à ciel ouvert dans le secteur aval pour garantir un débordement dans les champs et éviter un débordement en direction de la zone à bâtir.

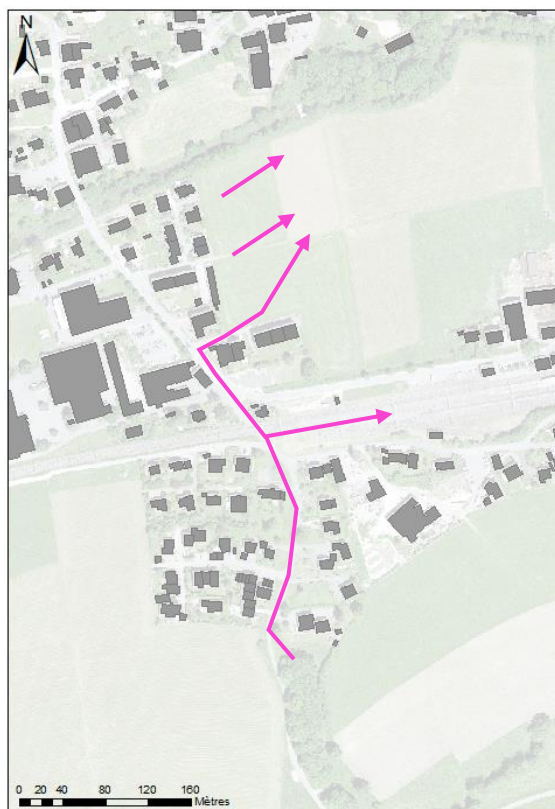


Figure 76: Schéma d'évacuation des eaux pour le cas de surcharge supérieur au débit de dimensionnement.

## 10.2 Risques résiduels (cartes des intensités et cartes des dangers après introduction des mesures)

Comme mentionné, jusqu'à Q300, toutes les eaux restent dans le lit actuel (danger rouge car forte intensité). En termes de danger d'érosion de berge, aucun danger résiduel n'existera étant donné que la stabilisation des berges et du profil en long sont garantis. Finalement, selon la modélisation 2D de l'état actuel, une emprise pour la crue extrême a été définie. Il s'agira d'un scénario avec embâcle depuis l'ouvrage à bois flottants.

Il est important de rappeler que cette carte de danger ne prend pas en compte les scénarios qui viennent depuis l'amont (au Sud du village). Il est probable que dès Q100, des débordements aient lieu en amont. Pour rappel, le périmètre du projet se limite à la partie urbaine, à savoir depuis l'entrée du village au Sud jusqu'à la confluence de la Suze. La carte ci-dessous ne prend pas en compte la concomitance de crue de la Suze ni le PAE de la Suze.

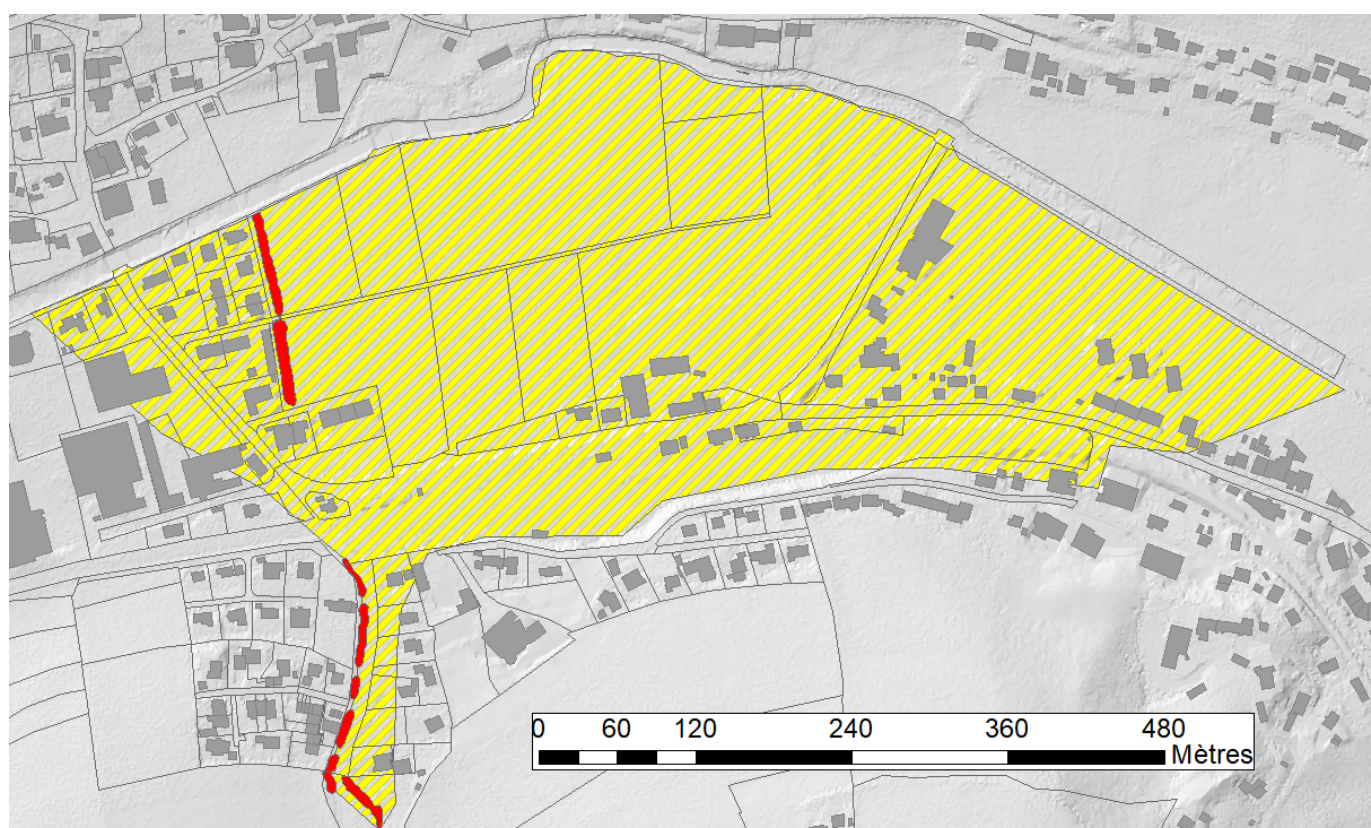


Figure 77: Carte de danger après mesure.

## 10.3 Valeur estimative des dommages après introduction des mesures

Concernant les dommages après mesures, comme EconoMe se limite à Q30, Q100 et Q300, plus aucun débordement n'aura lieu après réalisation des mesures. De ce fait, les dommages matériels sont donc nuls après la réalisation du PAE des Malés.

## 10.4 Risques matériels après introduction des mesures

Comme aucun dommage n'aura lieu après la réalisation des mesures, les risques matériels après mesures sont nuls. Ce point est présenté à la Figure 78 et la Figure 79.

## 10.5 Risque de décès après introduction des mesures

Comme aucun débordement n'aura lieu jusqu'à Q300, aucun risque de décès n'est à relever. Ce point est présenté à la Figure 78 et la Figure 79.

## 10.6 Risque individuel

Aucun débordement n'aura lieu jusqu'à Q300 une fois le projet réalisé ce qui implique qu'aucun risque de décès n'est à relever.

Inondation dynamique Dynmaique				
Synthèse de l'ampleur des dégâts sans aversion				
	Ampleur des dommages selon les scénarios			Risque complémentaire-cumulatif [CHF/a]
Catégorie	Scénario 30 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Scénario 100 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Scénario 300 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Risque Personnes / Biens matériels 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 précieux	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
Infrastructure	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 Tj	0 Tj	0 Tj	0 Tj
Personnes (monétarisées)	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Biens matériels	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Somme	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF

Figure 78: Synthèse des dégâts pour la partie dynamique.

Inondation statique CFF				
Synthèse de l'ampleur des dégâts sans aversion				
	Ampleur des dommages selon les scénarios			Risque complémentaire-cumulatif [CHF/a]
Catégorie	Scénario 30 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Scénario 100 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Scénario 300 Personnes / Biens matériels Totalité des dégâts	Risque Personnes / Biens matériels 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 précieux	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
Infrastructure	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 Tj	0 Tj	0 Tj	0 Tj
Personnes (monétarisées)	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Biens matériels	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF
Somme	0 CHF	0 CHF	0 CHF	0 CHF

Figure 79: Synthèse des dégâts pour la partie statique (CFF).

## 11 PREUVE DE L'EFFICACITE DES COÛTS

### 11.1 Efficacité du projet

La priorité est donnée à la protection des personnes, des biens et des infrastructures du milieu bâti. Pour le ruisseau des Malés, le degré de danger signifié ne correspond pas à une menace pour les personnes. Les mesures définies visent donc la protection des biens et des infrastructures dans les secteurs construits et inventoriés comme tels. Les mesures envisagées allient protection et revitalisation et leur application devra garantir l'efficacité du projet.

### 11.2 Efficacité des coûts, résultats des calculs selon EconoMe

Dans l'approche de chaque projet de protection contre les dangers naturels, les questions à se poser sont :

- Peut-on diminuer le risque → efficacité du projet
- Quel est le rapport entre la diminution du risque et les coûts occasionnés par les mesures de protection envisagées → rentabilité du projet

L'outil EconoMe 5.1, mis à disposition par la Confédération, permet de calculer la rentabilité d'un projet de protection. Comme déjà mentionné, la version offline a été utilisée et pourra être transférée en ligne grâce au fichier « .eco ». Dans le cadre du projet du PAE des Malés, les valeurs des éléments construits situés dans le périmètre d'inondation ont été introduites dans le logiciel EconoMe.

Les frais annuels d'entretien et de réparation correspondent à 0.5% des coûts d'investissement, les frais d'exploitation ont également été assimilés à 0.5%, comme déjà mentionné au chapitre 5.7 en page 39. La durée de protection est 100 ans et le taux d'intérêt est de 2%.

Selon ces bases, **le rapport utilité/coûts est supérieur à 1 (ici 1.1) sans tenir compte des coûts liés aux renouvellements de réseaux souterrains**. Cela signifie que le coût des mesures de protection contre les crues est inférieur aux coûts des biens mis en danger (ici 93'824 CHF / an). Le projet est donc rentable et remplit les conditions du canton de Berne et de la confédération (OFEV). Le résumé d'EconoMe offline est présenté au Tableau 7.

**Remarque :** comme mentionné au chapitre 5.2.3, il est possible de prendre en compte les dommages matériels supplémentaires (23'802 CHF / an) selon la modélisation 2D. Cette situation est donc la fourchette haute, mais est plus représentative du phénomène selon la carte issue du modèle 2D. Comme les dommages actuels passent à 117'625 CHF / an au lieu de 93'824 CHF / an, le rapport utilité/coûts passe à 1.4. Le projet est d'autant plus rentable.

Combinaison de tous les processus			
Risque avant mesures			93 824 CHF/a
Une fois la mesure prise Total			0 CHF/a
Diminution du risque (utilité) CHF/an			
Total			93 824 CHF/a
Coûts de la mesure CHF/an			
Total			85 656 CHF/a
Répartition selon les bénéficiaires			
Sans attribution d'un bénéficiaire			
Total			85 656 CHF/a (100%)
Rapport utilité/coûts			
Total			1.1
Risque individuel (nombre d'objets touchés)			
Avant la prise de la mesure	0	0	0
Une fois la mesure prise Total	0	0	0

Tableau 7: Tableau récapitulatif du calcul EconoMe offline 5.1.

## 12 INTEGRATION DES RISQUES RESIDUELS DANS LES PLANS D'AFFECTATION ET LES PLANS DIRECTEURS

La révision de la carte des dangers naturels, avec une réduction envisagée du degré de danger, devra être retranscrite dans les plans d'aménagements locaux

## 13 PLAN D'URGENCE

Aucun plan d'urgence n'est nécessaire pour le cours d'eau tel quel. Étant donné la capacité du cours d'eau pour Q300, aucune mesure du plan d'alarme et d'intervention n'est nécessaire. Une surveillance du piège à bois sera prévue lors de crue et un entretien annuel devra être planifié.

## 14 DELAIS

### 14.1 Mise à l'enquête publique

L'urgence initiale du projet étant la réalisation de l'aqueduc CFF, celui-ci ayant été maintenant réalisé, les étapes suivantes sont décrites au chapitre 8.3, la mise à l'enquête publique pourra intervenir fin du printemps 2025.

### 14.2 Approbation du projet et du crédit

L'approbation du projet avec la levée des oppositions est prévue pour l'été 2025. Le dossier de demande de subventionnement, ainsi que l'octroi des subventions, devraient arriver à terme en hiver 2026. Dans le cadre de ce projet, il est proposé de faire la votation en automne 2025.

### 14.3 Soumission

Toujours selon le chapitre 8.3, la procédure d'appels d'offres devrait être lancée **après l'approbation des crédits**. La levée des oppositions est prévue avant l'approbation des crédits afin de limiter le risque de refus, il n'est pas attendu d'avoir beaucoup d'oppositions étant donné que la population est sensible aux événements de 2021 et des dégâts occasionnés. La procédure d'appels d'offres commencera en **automne 2025 jusqu'en hiver 2026**. Cette procédure sera donc une procédure de marché publics avec les coûts projetés. Un découpage en deux lots est envisageable avec la partie amont et la partie aval. Deux entreprises pourront donc travailler en parallèle. Il n'est pas exclu qu'un seul consortium remporte la totalité des travaux. Ce planning laisse ouvert la possibilité d'avoir deux entreprises distinctes pour chacun des lots.

### 14.4 Début des travaux

Les travaux sont caractérisés par 4 secteurs selon la Figure 71. La première partie des travaux consistant en la réalisation de l'aqueduc CFF a déjà été réalisé.

Le secteur 5 et pourra débuter en **avril 2026**, le secteur 1 pourrait commencer en même temps car indépendant.

### 14.5 Fin des travaux / mise en service

La fin des travaux de tous les lots est prévue en **2027** avec une mise en service escomptée à l'automne **2027**.

### 14.6 Programme des travaux et échelonnement

Le programme a déjà été mentionné au chapitre 8.3 à la page 76. Cette répartition tient compte d'une dépense mensuelle de maximum 100'000 CHF par entreprise par mois, comme il s'agit de travaux sont particuliers et qu'il ne s'agit pas d'un modèle à reproduire.

## 15 JUSTIFICATIFS PRESTATIONS SUPPLÉMENTAIRES

Aucune prestation supplémentaire n'est prévue dans le cadre de ce projet. Le seul aspect qui ne fait pas partie de la protection contre les crues (**partie revitalisation**) a été intégré dans les coûts du projet.

Aucun surdimensionnement n'a été fait selon les objectifs de protection. Le gabarit permet de garantir Q300, mais il est la conséquence du passage souterrain sous CFF qui nécessite un recouvrement minimum.

## 16 RÉPERTOIRE DES DOCUMENTS DE BASE

Les documents de base ont déjà été mentionnés dans le cadre de l'introduction du présent rapport. De plus, la variante de base du projet de Niederhäuser a été reprise (projet 2017). Ces documents sont disponibles à la commune de Sonceboz-Sombeval.

### 16.1 Règlement, normes et documentation

- Ordonnance sur l'aménagement des eaux (OAE)
- Classeur sur l'aménagement des eaux, publié par l'OCP du canton de Berne, 01.07.2017
- Prise en compte des dangers naturels, publié par l'OACOT, version 2009
- Espace réservé aux eaux / Guide modulaire pour la détermination et l'utilisation de l'espace réservé aux eaux en Suisse, OFEV, juin 2019.

- Génie biologique et aménagement de cours d'eau : méthodes de construction », OFEV 2010
- Lachat B. 1994 : Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales, Ministère de l'environnement, DIREN Rhône-Alpes.
- Aménagements de cours d'eau, génie civil cycle master EPFL, Dr. Anton Schleiss, septembre 2007
- Atlas hydrologique de la Suisse
- Annuaire hydrographique du canton de Berne
- Norme VSS
- Office fédéral de l'environnement (OFEV), Division Hydrologie ([www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch))

## 16.2 Données texte

- Plan Directeur des Eaux de la Suze 1998, Commune de Sonceboz, élaboré par les bureaux NATURA au Reusilles et SUISELECTRA à Bienne, décembre 1997
- Rapport relatif à la carte des dangers, élaboré par la communauté d'ingénieurs et géologues K+H, K+Z et IMPULS, janvier 2009
- Plan d'aménagement des eaux, examen préalable, élaboré par le bureau d'ingénieurs P.-A. Niderhäuser SA, février 2017
- Rapport EconoMe CFF-Commune / PAE ruisseau des Malés, élaboré par le bureau d'ingénieurs P.-A. Niderhäuser SA, mars 2017

## 16.3 Cartes et plans

- Carte des dangers de la commune de Sonceboz-Sombeval, élaborée par la communauté d'ingénieurs et géologues K+H, K+Z et IMPULS, janvier 2009
- Plan d'aménagement des eaux, examen préalable, élaboré par le bureau d'ingénieurs P.-A. Niderhäuser SA, février 2017
- Plan de zone de la commune de Sonceboz-Sombeval
- Cartes du Géoportail du canton de Berne
- Cartes topographiques de Swisstopo

## 16.4 Données numériques

- Cadastre numérique du géomètre transmis par SIGEOM
- Cadastres numériques des canalisations, des conduites d'eau potable et réseaux électriques

## **17 ANNEXES**

---

17.1 Annexe 1 : Détail du devis

17.2 Annexe 2 : Plan de protection des sols

17.3 Annexe 3 : Etude hydrogéologique

17.4 Annexe 4 : Rapport de participation

# **Annexe 1**

## **Détail du devis**

CAN	Désignation des travaux	Unité	1. Partie amont (aérien) + passage à gué amont			2. Partie amont (souterrain) + conduite 500		4. Partie aval souterraine et canal (Rue de la Gare + privé)		5. Partie aval (aérien)	
			Quantités	Prix unitaire	Montant	Quantités	Montant	Quantités	Montant	Quantités	Montant
Chapitre											
CAN 111 Travaux en régie											
CAN 111	Montant des salaires	up	29'900.0	0.90 CHF	26'910.00 CHF	5'850.0	5'265.00 CHF	16'900.0	15'210.00 CHF	16'250.0	14'625.00 CHF
	Matériaux	up	4'600.0	0.90 CHF	4'140.00 CHF	900.0	810.00 CHF	2'600.0	2'340.00 CHF	2'500.0	2'250.00 CHF
	Machine, engins, outillage, etc...	up	11'500.0	0.90 CHF	10'350.00 CHF	2'250.0	2'025.00 CHF	6'500.0	5'850.00 CHF	6'250.0	5'625.00 CHF
	Montant des factures de tiers	up	4'600.0	1.05 CHF	4'830.00 CHF	900.0	945.00 CHF	2'600.0	2'730.00 CHF	2'500.0	2'625.00 CHF
CAN 111	Travaux en régie	CHF			46'230.00 CHF		9'045.00 CHF		26'130.00 CHF		25'125.00 CHF
CAN 112 Essais											
CAN 112	Essais de plaques contrôle assise fond de fouille	p	3.0	260.00 CHF	780.00 CHF	0.0	- CHF	3.0	780.00 CHF	1.0	260.00 CHF
	Essais de portance sur fond de fouille	p	4.0	260.00 CHF	1'040.00 CHF	2.0	520.00 CHF	2.0	520.00 CHF	0.0	- CHF
	Essais de portance sur coffre avant pose bitume	p	2.0	300.00 CHF	600.00 CHF	1.0	300.00 CHF	3.0	900.00 CHF	0.0	- CHF
	Transport échantillons béton	p	2.0	20.00 CHF	40.00 CHF	0.0	- CHF	2.0	40.00 CHF	0.0	- CHF
CAN 112	Essais	CHF			2'460.00 CHF		820.00 CHF		2'240.00 CHF		260.00 CHF
CAN 113 Installations de chantier											
CAN 113	Installation générale 10%	gl	90'137.0	1.00 CHF	90'137.00 CHF	16'855.0	16'855.00 CHF	51'795.0	51'795.00 CHF	48'790.0	48'790.00 CHF
	Accès de chantier	gl	0.0	200.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Passerelle piétonne y.c déplacement	gl	0.0	1'770.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Pont véhicules lourds (32 t) y.c ompris déplacement	gl	0.0	3'200.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Installation signalisation	gl	0.0	5'000.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Mise en place de feux tricolore	gl	0.0	1'575.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Location feux de chantier (par mois)	p	0.0	288.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Installation détecteurs	p	0.0	142.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Location détecteurs (par mois)	p	0.0	23.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Barrières de chantier (mise à disposition,installation et modification) HERSE	gl	0.0	1'000.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Installations et location bureaux de chantier	gl	0.0	3'116.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
CAN 113	Essais	CHF			90'137.00 CHF		16'855.00 CHF		51'795.00 CHF		48'790.00 CHF
CAN 116 Coupes de bois et défrichements											
CAN 116	Défrichement haie >(1.50.-/m2)	m	5.0	5.00 CHF	25.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	5.0	25.00 CHF
	Défrichement forêt (150.-/ pièce)	m2	485.0	20.00 CHF	9'700.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	100.0	2'000.00 CHF
CAN 116	Démolitions et démontages	CHF			9'725.00 CHF		- CHF		- CHF		2'025.00 CHF
CAN 117 Démolitions et démontages											
CAN 117	Découpe enrobé (101 à 150 mm)	m	260.0	6.00 CHF	1'560.00 CHF	556.0	3'336.00 CHF	1'306.0	7'836.00 CHF	190.0	1'140.00 CHF
	Plus value pour surépaisseur	m	39.0	1.00 CHF	39.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Démolition enrobé (101 à 150 mm)	m2	279.8	5.00 CHF	1'399.00 CHF	287.1	1'435.50 CHF	661.4	3'307.00 CHF	135.0	675.00 CHF
	Plus value pour surépaisseur	m2	66.0	1.00 CHF	66.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Plus value pour dégrappage trottoir	m2	0.0	5.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Démolition bordures 0.20 x 0.25m	m	175.0	10.00 CHF	1'750.00 CHF	45.0	450.00 CHF	103.0	1'030.00 CHF	0.0	- CHF
	Démolition de canalisation	m	30.0	13.00 CHF	390.00 CHF	154.0	2'002.00 CHF	60.0	780.00 CHF	0.0	- CHF
	Démolition conduite électrique	m	135.0	8.00 CHF	1'080.00 CHF	0.0	- CHF	643.0	5'144.00 CHF	35.0	280.00 CHF
	Démolition chambre de tirage tous compris (évac + taxe)	p	4.0	125.00 CHF	500.00 CHF	2.0	250.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Démolition regards en béton et sacs avec grilles	p	0.0	160.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Démolition chambre SWISSCOM	p	0.0	200.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Démolition de cape de vanne	p	2.0	26.00 CHF	52.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Démolition mur existant en maçonnerie de pierres naturelles	m3	0.0	55.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Chargement et transport enrobé	m3	42.0	20.00 CHF	839.40 CHF	43.1	861.30 CHF	99.2	1'984.20 CHF	20.3	405.00 CHF
	Chargement et transport de bordures	m	6.3	40.00 CHF	250.00 CHF	45.0	1'800.00 CHF	5.2	206.00 CHF	0.0	- CHF
	Chargement et transport de maçonnerie	m3	0.0	8.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Taxes maçonnerie	m3	0.0	10.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Taxes décharge enrobé	m3	42.0	40.00 CHF	1'678.80 CHF	43.1	1'722.60 CHF	99.2	3'968.40 CHF	20.3	810.00 CHF
	Taxes décharge bordures	m	6.3	20.00 CHF	125.00 CHF	45.0	900.00 CHF	5.2	103.00 CHF	0.0	- CHF
CAN 117	Démolitions et démontages	CHF			9'729.20 CHF		12'757.40 CHF		24'358.60 CHF		3'310.00 CHF
CAN 151 Construction de réseaux enterrés											
CAN 151	Fouille et tranchée jusqu'à 100 cm	m3	135.0	9.00 CHF	1'215.00 CHF	34.6	311.40 CHF	124.4	1'119.42 CHF	28.0	252.00 CHF
	Entraves longitudinales + trans.	m	140.0	11.00 CHF	1'540.00 CHF	83.0	913.00 CHF	841.0	9'251.00 CHF	70.0	770.00 CHF
	Elayage conduites	m	0.0	2.00 CHF	- CHF	41.5	83.00 CHF	420.5	841.00 CHF	70.0	140.00 CHF
	Sondage à la main	m3	7.0	60.00 CHF	420.00 CHF	1.7	103.80 CHF	6.2	373.14 CHF	6.3	378.00 CHF
	Transport et mise en dépôt matériaux excavés	m3	60.0	3.00 CHF	180.00 CHF	10.0	30.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Plus value pour transport en décharge	m3	84.0	15.00 CHF	1'260.00 CHF	34.6	519.00 CHF	124.4	1'865.70 CHF	28.0	420.00 CHF
	Taxes de décharge	m3	84.0	15.00 CHF	1'260.00 CHF	34.6	519.00 CHF	140.6	2'109.00 CHF	28.0	420.00 CHF
	Tube protection câble DN 100	m	140.0	9.00 CHF	1'260.00 CHF	83.0	747.00 CHF	841.0	7'569.00 CHF	35.0	315.00 CHF
	Pose tube protection câble DN 61 à 100	m	140.0	6.00 CHF	840.00 CHF	83.0	498.00 CHF	841.0	5'046.00 CHF	35.0	210.00 CHF
	PV pour fourniture de raccords	p	18.0	30.00 CHF	540.00 CHF	10.0	300.00 CHF	105.0	3'150.00 CHF	0.0	- CHF
	Pose de manchons	p	28.0	10.00 CHF	280.00 CHF	17.0	170.00 CHF	168.0	1'680.00 CHF	2.0	20.00 CHF
	PV pour fourniture de manchons	p	28.0	30.00 CHF	840.00 CHF	17.0	510.00 CHF	168.0	5'040.00 CHF	2.0	60.00 CHF
	Coupes de tube jusqu'à DN 100	p	28.0	10.00 CHF	280.00 CHF	17.0	170.00 CHF	168.0	1'680.00 CHF	2.0	20.00 CHF
	Pose de bandes de signalisation	m	140.0	1.00 CHF	140.00 CHF	16.6	16.60 CHF	841.0	841.00 CHF	35.0	35.00 CHF
	Calibrage de tuyaux DN 61 à 100	m	180.0	0.50 CHF	90.00 CHF	83.0	41.50 CHF	841.0	420.50 CHF	0.0	- CHF
	Introduction de fils métalliques	m	180.0	1.00 CHF	180.00 CHF	83.0	83.00 CHF	841.0	841.00 CHF	35.0	35.00 CHF
	Fourniture et pose chambre électrique de tirage DN600 yc couvercle	p	1.0	1'250.00 CHF	1'250.00 CHF	1.0	1'250.00 CHF	3.0	3'750.00 CHF	0.0	- CHF
	Plus value pour chambre diamètre DN800 au lieu de DN600	p	0.0	150.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Fourniture et pose chambre électrique de tirage pour BKW + gatic	p	1.0	8'000.00 CHF	8'000.00 CHF	0.0	- CHF	1.0	8'000.00 CHF	0.0	- CHF
	Chambre SWISSCOM (2.00 X 1.00) + couvercle	p	0.0	7'000.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	1.0	7'000.00 CHF	0.0	- CHF
	Fourniture de gravier concassée 0/25	m3	47.8	30.00 CHF	1'434.00 CHF	16.0	480.00 CHF	62.5	1'875.12 CHF	9.5	283.50 CHF
	Mise en place et compactage 0/25	m3	47.8	15.00 CHF	717.00 CHF	16.0	240.00 CHF	62.5	937.56 CHF	9.5	141.75 CHF
	Fourniture et pose de grave 0/80	m3	33.5	56.00 CHF	1'876.00 CHF	4.0	224.00 CHF	62.5	3'500.22 CHF	3.2	176.40 CHF
	Remblayage des fouilles avec matériaux d'excavation ou d'apport	m3	69.0	8.00 CHF	552.00 CHF	4.0	32.00 CHF	62.5	500.03 CHF	3.2	25.60 CHF
	Béton autour conduite	m3	5.0	280.00 CHF	1'400.00 CHF	2.0	560.00 CHF	5.0	1'400.00 CHF	0.0	- CHF
CAN 151	Construction de réseaux enterrés	CHF			25'554.00 CHF		7'801.30 CHF		68'789.70 CHF		3'702.25 CHF
CAN 211 Fouilles et terrassements											
CAN 211	Décapage terre végétale	m3	823.0	5.00 CHF	4'115.00 CHF	42.8	214.00 CHF	13.2	66.00 CHF	780.0	3'900.00 CHF
	Transport terre végétale pour réutilisation	m3	823.0	3.00 CHF	2'469.00 CHF	21.4	64.20 CHF	6.0	18.00 CHF	657.0	1'971.00 CHF
	Mise en place terre végétale	m2	3'300.0	4.00 CHF	13'200.00 CHF	214.0	856.00 CHF	44.0	176.00 CHF	1'700.0	6'800.00 CHF
	Fouille ouverte entre 2 et 3 m	m3	0.0	8.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Plus value pour fouille à la main	m3	0.0	75.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Géotextile sous fondation du radier 200g/m²	m2	100.0	2.00 CHF	200.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Transport en décharge TV	m3	0.0	20.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	451.5	9'030.00 CHF
	Taxe de décharge TV	m3	0.0	10.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	451.5	4'515.00 CHF
	Mise en place matériaux d'excavation	m3	0.0	15.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
CAN 211	Fouilles et terrassements	CHF			19'984.00 CHF		1'134.20 CHF		260.00 CHF		26'216.00 CHF
CAN 213 Travaux hydrauliques											
	Démolition au Montabert enrochement bétonné	m3	110.0	20.00 CHF	2'200.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fouille jusqu'à 3 m	m3	3'000.0	9.00 CHF	27'000.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	1'850.0	16'650.00 CHF
	Transport en décharge	m3	2'195.0	20.00 CHF	43'900.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	1'850.0	37'000.00 CHF
	Taxe de décharge	m3	2'195.0	10.00 CHF	21'950.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	1'850.0	18'500.00 CHF
	Transport intermédiaire passage à gué	m3	805.0	3.00 CHF	2'415.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Taxe de décharge (reprise secteur 5)	m3	805.0	10.00 CHF	8'050.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Mise en place matériaux d'excavation (gué)	m3	805.0	10.00 CHF	8'050.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Fourniture et pose de natte de coco 700 g/m2 avec pieux de fixation	m2	2'250.0	8.50 CHF	19'125.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	2'140.0	18'190.00 CHF
	Fourniture et pose fascine de saule	ml	310.0	120.00 CHF	37'200.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	397.0	47'640.00 CHF
	Fourniture et pose de bouture de saule p chaque m	p	310.0	6.00 CHF	1'860.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	795.0	4'770.00 CHF

CAN 213	Fourniture et pose de bouquets de buissons (1plant / 2m de talus)	p	370.0	30.00 CHF	11'100.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	199.0	5'970.00 CHF
	Fourniture et pose de bouquets de buissons (1plant / 5 m de bande tampon)	p	124.0	30.00 CHF	3'720.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	40.0	1'200.00 CHF
	Fourniture et pose d'arbre (1plant / 5 m de bande tampon)	p	124.0	100.00 CHF	12'400.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	40.0	4'000.00 CHF
	Préparation fond de fouille	m2		2.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	308.7	617.40 CHF
	Remise en état de la surface remblayage (fond du cours d'eau ouvrage flottants)	m2	90.0	4.00 CHF	360.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Fourniture et mise en place de blocs de 100-1500kg	t	760.0	110.00 CHF	83'600.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	260.0	28'600.00 CHF
	Fourniture et mise en place de blocs de 100-1500kg (passage à gué)	t	80.0	110.00 CHF	8'800.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Fourniture béton type X0 entre les blocs	m3	120.0	180.00 CHF	21'600.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	19.2	3'456.00 CHF
	Plus value pour mise en place de bloc dans enrochement bétonné	m3	170.5	70.00 CHF	11'935.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	16.0	1'120.00 CHF
	Fourniture et mis en place de souche chaque 10m	p	10.0	115.00 CHF	1'150.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	40.0	4'600.00 CHF
	Fourniture et mise en place de 3 blocs de 500-1000kg chaque 5m dans le lit	t	189.0	110.00 CHF	20'790.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	120.0	13'200.00 CHF
	Fourniture et mise en place de blocs de 500-1500kg pour ouvrages flottants	t	126.0	110.00 CHF	13'860.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Plus value mise en place fine sur site	t	500.0	20.00 CHF	10'000.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	236.0	4'720.00 CHF
	Natte de bentonite	m2	600.0	30.00 CHF	18'000.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	441.0	13'230.00 CHF
	Création de seuils en blocs chaque 5m (fourniture et pose de blocs de 1000-1500kg)	t	190.0	110.00 CHF	20'900.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Fourniture et mise en place de blocs de 100-1500kg	t	95.0	110.00 CHF	10'450.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	105.0	11'550.00 CHF
	Mise en place des blocs dans protection contre affouillement	t	95.0	20.00 CHF	1'900.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	105.0	2'100.00 CHF
	Plus value pour mise en place de bloc dans enrochement bétonné	m3	0.0	70.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	40.0	2'800.00 CHF
	Fourniture béton type X0 entre les blocs	m3	0.0	180.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	16.0	2'880.00 CHF
	Fourniture et mise en place de profilé HEB 200 (61kg/ml, 3.-/kg)	m	7.0	237.90 CHF	1'665.30 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fond du lit (gravier concassé 40/60)	m³	225.0	30.00 CHF	6'750.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	101.5	3'045.00 CHF
	Plus value pour mise en place fine	m³	225.0	10.00 CHF	2'250.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	101.5	1'015.00 CHF
	Excavation caisson végétalisé	m³	0.0	7.00 CHF		0.0	- CHF	0.0	- CHF	45.0	315.00 CHF
	Exacavtion arrière caisson végétalisé	m³	0.0	7.00 CHF		0.0	- CHF	0.0	- CHF	23.0	161.00 CHF
	Remise en place arrière caisson végétalisé	m³	0.0	15.00 CHF		0.0	- CHF	0.0	- CHF	23.0	345.00 CHF
	Caisson végétalisé (avec remblais)	m³	0.0	200.00 CHF		0.0	- CHF	0.0	- CHF	45.0	9'000.00 CHF
	Boutures caisson selon ml sur 2 niveaux	ml	0.0	20.00 CHF		0.0	- CHF	0.0	- CHF	30.0	600.00 CHF
	Fourniture et fonçage de palplanches	m²	300.0	260.00 CHF	78'000.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Passerelle en bois confluence	gl	0.0	15'000.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	1.0	15'000.00 CHF
	Reprise du lit (passage à gué)	m²	300.0	20.00 CHF	6'000.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Ensemencement des talus	m²	3'000.0	1.00 CHF	3'000.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	2'300.0	2'300.00 CHF
	Lutte néophyte pendant 5 ans	an	5.0	2'500.00 CHF	12'500.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	5.0	12'500.00 CHF
CAN 213	Travaux hydrauliques	CHF			516'380.30 CHF		- CHF		- CHF		287'074.40 CHF
CAN 221 Couches de fondation pour surface de circulation											
	Géotextile de séparation type Stratex	m2	305.0	3.50 CHF	1'067.50 CHF	391.4	1'369.82 CHF	313.5	1'097.25 CHF	52.5	183.75 CHF
	Fourniture et pose de la planie (Gravier 0 - 25)	m3	14.6	45.00 CHF	658.80 CHF	11.6	521.81 CHF	19.4	873.00 CHF	35.0	1'575.00 CHF
	Fourniture et pose du coffre (Grave GNT 0 - 45)	m3	97.6	60.00 CHF	5'856.00 CHF	70.5	4'227.78 CHF	110.0	6'600.00 CHF	8.4	504.00 CHF
	Fourniture et pose grave 0 - 16 autour PRV et dessus	m3	0.0	- CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose chaille 30 / 150 fond fouille	m3	0.0	- CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Réglage de la planie route grossière (grave 0/45)	m2	244.0	2.00 CHF	488.00 CHF	287.1	574.20 CHF	661.4	1'322.80 CHF	0.0	- CHF
CAN 221	Couches de fondations pour surfaces de circulation	CHF			8'070.30 CHF		6'693.61 CHF		9'893.05 CHF		2'262.75 CHF
CAN 222 Pavages et bordures											
	Fourniture bordures	m	240.0	40.00 CHF	9'600.00 CHF	45.0	1'800.00 CHF	11.0	440.00 CHF		- CHF
	Pose bordures de trottoir	m	240.0	70.00 CHF	16'800.00 CHF	45.0	3'150.00 CHF	11.0	770.00 CHF		- CHF
	Jointoyement bordures de trottoir	m	240.0	4.00 CHF	960.00 CHF	45.0	180.00 CHF	11.0	44.00 CHF		- CHF
	Taille Bordurettes	p	50.0	20.00 CHF	1'000.00 CHF	9.0	180.00 CHF	2.0	40.00 CHF		- CHF
	Taille bordures de trottoir	p	0.0	20.00 CHF	- CHF	10.0	200.00 CHF	2.0	40.00 CHF		- CHF
CAN 222	Pavages et bordures	CHF			28'360.00 CHF		5'510.00 CHF		1'334.00 CHF		- CHF
CAN 223 Chaussées et revêtements											
CAN223	Découpes supplémentaires	m	0.0	7.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Réglage de la grave 0/45 (planie)	m2	0.0	2.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	50.0	100.00 CHF	24.5	49.00 CHF
	Réglage de la grave de réglage (planie)	m2	279.8	4.00 CHF	1'119.20 CHF	287.1	1'148.40 CHF	50.0	200.00 CHF	35.0	140.00 CHF
	Réglage de la grave de réglage trottoir	m2	0.0	2.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Enduit d'accrochage	m2	279.8	1.00 CHF	279.80 CHF	287.1	287.10 CHF	711.4	711.40 CHF	35.0	35.00 CHF
	Ruban bitumineux	m	97.5	6.00 CHF	585.00 CHF	371.0	2'226.00 CHF	736.0	4'416.00 CHF	84.0	504.00 CHF
	Apprêt de joint entre 40 et 81 mm	m	97.5	3.00 CHF	292.50 CHF	371.0	1'113.00 CHF	736.0	2'208.00 CHF	70.0	210.00 CHF
	Installation de pose d'enrobé	gl	0.3	4'500.00 CHF	1'350.00 CHF	0.4	1'575.00 CHF	0.4	1'575.00 CHF		- CHF
	Fourniture et pose enrobé AC 11 N - (40mm)	t	26.9	150.00 CHF	4'029.12 CHF	28.9	4'340.95 CHF	67.9	10'186.56 CHF	13.0	1'944.00 CHF
	Fourniture et pose enrobé ACT 16 N - (60mm)	t	40.3	140.00 CHF	5'640.77 CHF	43.4	6'077.33 CHF	101.9	14'261.18 CHF	19.4	2'721.60 CHF
	Réhaussement couvercle	p	4.0	250.00 CHF	1'000.00 CHF	4.0	1'000.00 CHF	6.0	1'500.00 CHF		- CHF
	Réhaussement cape de vanne	p	1.0	60.00 CHF	60.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
CAN223	Chaussées et revêtements	CHF			14'356.39 CHF		17'767.78 CHF		35'158.14 CHF		5'603.60 CHF
CAN 237 Canalisations et évacuation des eaux											
CAN 237	Pompage	h	80.0	4.00 CHF	320.00 CHF	20.0	80.00 CHF	60.0	240.00 CHF	10.0	40.00 CHF
	Sondage à la main	m3	4.0	80.00 CHF	320.00 CHF	12.0	960.00 CHF	36.0	2'880.00 CHF	2.0	160.00 CHF
	Fouille jusqu'à 3 m	m3	117.0	15.00 CHF	1'755.00 CHF	415.8	6'237.15 CHF	1'184.2	17'763.00 CHF	79.8	1'197.00 CHF
	Plue value pour excavation autour de conduites	m3	12.0	20.00 CHF	240.00 CHF	83.0	1'660.00 CHF	118.0	2'360.00 CHF	8.0	160.00 CHF
	Réglage fond de fouille	m2	100.6	2.00 CHF	201.20 CHF	136.6	273.12 CHF	418.5	837.00 CHF	99.8	199.50 CHF
	Transport matériaux excavation au dépôt	m3	44.0	3.00 CHF	132.00 CHF	169.1	507.39 CHF	68.0	204.00 CHF		- CHF
	Plus value pour évacuation en décharge	m3	94.0	20.00 CHF	1'880.00 CHF	415.8	8'316.20 CHF	1'184.2	23'684.00 CHF	79.8	1'596.00 CHF
	Taxes de décharge	m3	94.0	10.00 CHF	940.00 CHF	415.8	4'158.10 CHF	1'184.2	11'842.00 CHF	79.8	798.00 CHF
	Blindage de type KRINGS	m2	239.9	16.00 CHF	3'837.76 CHF	445.1	7'121.68 CHF	847.0	13'552.00 CHF	90.0	1'440.00 CHF
	Fourniture et pose tube PRV 1'400 (avec ailette dans chaque tube)	m	0.0	1'152.00 CHF	- CHF	25.0	28'800.00 CHF	51.0	58'752.00 CHF	15.0	17'280.00 CHF
	Fourniture et pose tube en PE DN 40	m	0.0	18.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose tube en PP DN 160	m	0.0	20.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose tube en PP DN 200	m	10.0	25.00 CHF	250.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose tube en PP DN 250	m	24.0	40.00 CHF	960.00 CHF	9.0	360.00 CHF	45.0	1'800.00 CHF		- CHF
	Fourniture et pose tube en PP DN 315	m	0.0	85.00 CHF	- CHF		- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose tube en PP DN 500	m	0.0	180.00 CHF	- CHF	10.0	1'800.00 CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose tube en PP DN 600	m	0.0	311.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose tube PRV 600	m	0.0	500.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	56.0	28'000.00 CHF	0.0	- CHF
	Coudes DN 40	p	0.0	30.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Coudes DN 160 / 200	p	0.0	35.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Coudes DN 400	p	0.0	150.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Coude PRV 1'400 30°	p	0.0	3'288.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	4.0	13'152.00 CHF	0.0	- CHF
	Raccords DN 40	p	0.0	30.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Raccords DN 160 / 200	p	0.0	30.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Raccords DN 400	p	0.0	85.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose fonte 125 (yc tête à emboîtement)	m	0.0	120.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose fonte 150 (yc tête à emboîtement)	m	38.0	150.00 CHF	5'700.00 CHF	20.0	3'000.00 CHF	10.0	1'500.00 CHF		- CHF
	Manchon couissant par intervention DN 125	p	0.0	800.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Manchon couissant par intervention DN 150	p	4.0	1'000.00 CHF	4'000.00 CHF	2.0	2'000.00 CHF	2.0	2'000.00 CHF		- CHF
	Coude fonte DN 125/150	p	0.0	200.00 CHF	- CHF	4.0	800.00 CHF	4.0	800.00 CHF		- CHF
	Garniture de purge et d'aération automatique, PN 16 yc compris chambre	p	0.0	5'000.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Vanne de tronçon	p	1.0	800.00 CHF	800.00 CHF	0.0	- CHF	1.0	800.00 CHF		
	Manchons DN 500 / 600	p	0.0	180.00 CHF	- CHF	2.0	360.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Raccord PRV 1500	p	0.0	712.00 CHF	- CHF	5.0	3'560.00 CHF	0.0	- CHF	2.0	1'424.00 CHF
	Remplissage matériaux tube PRV 1'400 avec gravier concassé 40/60	m3	0.0	35.00 CHF	- CHF	15.4	537.60 CHF	15.0	525.00 CHF	15.0	523.25 CHF
	Plus value pour mise en place dans tube	m3	0.0	100.00 CHF	- CHF	15.4	1'536.00 CHF	15.0	1'500.00 CHF	15.0	1'495.00 CHF
	Coupe des tubes	p	0.0	15.00 CHF	- CHF	5.0	75.00 CHF	10.0	150.00 CHF		- CHF
	Nettoyage caméra	m	0.0	7.00 CHF	- CHF	44.0	308.00 CHF	156.0	1'092.00 CHF		- CHF
	Fourniture et construction de regards de visite avec couvercle	p	0.0	2'500.00 CHF	- CHF	2.0	5'000.00 CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Chambre DN800/600 : 1.50 à 2.00 / 2.01 à 2.50 / etc	p	3.0	1'200.00 CHF	3'600.00 CHF	0.0	- CHF	2.0	2'400.00 CHF	0.0	- CHF
	Couvercle DN 400 / 600	p	3.0	900.00 CHF	2'700.00 CHF	0.0	- CHF	2.0	1'800.00 CHF	0.0	- CHF
	Réhaussement de chambre existante	p	2.0	250.00 CHF	500.00 CHF	2.0	500.00 CHF	2.0	500.00 CHF		- CHF
	Fourniture coude plongeur DN 160	p	0.0	150.00 CHF	- CHF		- CHF	0.0	- CHF		- CHF

	Exécution ultérieure de raccordement de canalisations à regard/chambre	p	3.0	150.00 CHF	450.00 CHF	4.0	600.00 CHF	2.0	300.00 CHF		- CHF
	Fourniture gravier concassée 0/25 + mise en place	m3	35.3	45.00 CHF	1'588.50 CHF	131.7	5'926.50 CHF	278.9	12'549.60 CHF		- CHF
	Fourniture et pose de grave 0/80	m3	38.8	56.00 CHF	2'170.00 CHF	84.6	4'735.64 CHF	334.8	18'748.80 CHF	101.0	5'656.00 CHF
	Fourniture et pose chaille 30 / 150 fond fouille	m3	0.0	56.00 CHF	- CHF	21.4	1'197.00 CHF	110.7	6'199.20 CHF	81.9	4'586.40 CHF
	Remblayage des fouille avec matériaux d'excavation ou d'apport	m3	57.8	8.00 CHF	462.00 CHF	84.6	676.52 CHF	513.5	4'108.00 CHF	202.0	1'616.00 CHF
	Remplissage du PI CFF avec gravier concassé	m3	0.0	500.00 CHF	- CHF	0.0		0.0	- CHF		- CHF
	Fourniture et pose tube en PP DN 500	m	0.0	180.00 CHF		78.0	14'040.00 CHF				
	Fouille jusqu'à 3 m	m3	0.0	15.00 CHF		173.8	2'606.25 CHF			335.0	5'025.00 CHF
	Réglage fond de fouille	m2	0.0	2.00 CHF		105.3	210.60 CHF			0.0	- CHF
	Transport matériaux excavation au dépôt	m3	0.0	3.00 CHF		134.3	402.80 CHF			202.0	606.00 CHF
	Plus value pour évacuation en décharge	m3	0.0	12.00 CHF		84.2	1'010.88 CHF			233.6	2'803.20 CHF
	Taxes de décharge	m3	0.0	16.00 CHF		84.2	1'347.84 CHF			233.6	3'737.60 CHF
	Décapage terre végétale	m3	0.0	8.00 CHF		56.2	449.28 CHF			52.7	421.20 CHF
	Transport terre végétale pour réutilisation	m3	0.0	5.00 CHF		84.2	421.20 CHF			0.0	- CHF
	Mise en place terre végétale	m2	0.0	4.00 CHF		124.8	499.20 CHF			125.0	500.00 CHF
	Fourniture gravier concassée 0/25 + mise en place	m3	0.0	45.00 CHF		84.2	3'790.80 CHF			85.0	3'825.00 CHF
	Coudes DN 500 (45°)	p	0.0	150.00 CHF	- CHF	2.0	300.00 CHF				
	Remblai avec matériaux d'apport ou d'excavation	m3	0.0	8.00 CHF		89.5	716.08 CHF			100.9	807.20 CHF
	Fourniture et pose tube PRV 800	m	0.0	500.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	65.0	32'500.00 CHF
	Manchon DN 800	p		525.00 CHF						2.0	1'050.00 CHF
	Chambre DN 1500/600 + couvercle	p		5'200.00 CHF		0.0	- CHF			1.0	5'200.00 CHF
	Piquage dans chambre	p		1'250.00 CHF		0.0	- CHF			2.0	2'500.00 CHF
	Mur en béton avec coffrage et armature autour conduite	m3	0.0	1'000.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
CAN 237	Canalisations et évacuation des eaux	CHF			32'806.46 CHF		116'880.82 CHF		230'038.60 CHF		97'146.35 CHF
CAN 241 Construction en béton coulé sur place											
CAN 241	Mur traversée route en haut	m3	30.0	1'200.00 CHF	36'000.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Mur ouvrage flottants	m3	25.0	1'200.00 CHF	30'000.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Mur en béton avec coffrage et armature traversée 1	m3	23.0	1'200.00 CHF	27'600.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Mur en béton avec coffrage et armature traversée 2	m3	32.0	1'200.00 CHF	38'400.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Mur en béton avec coffrage et armature traversée 3	m3	28.0	1'200.00 CHF	33'600.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Mur en béton avec coffrage et armature traversée 4	m3	24.0	1'200.00 CHF	28'800.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Aqueduc en béton	m3	0.0	1'200.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	85.1	102'120.00 CHF	33.8	40'560.00 CHF
	Barrières	ml	210.0	200.00 CHF	42'000.00 CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Fourniture et pose de préfabriqués béton yc plus-value travail de nuit	m3	0.0	1'250.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Chambre PRV béton amont CFF	m3	0.0	1'200.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Chambre PRV béton aval CFF	m3	0.0	1'200.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Couvercle Chambre béton	p	0.0	1'700.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF		- CHF
	Cailllebotis	m²	0.0	1'000.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	46.0	46'000.00 CHF	20.0	20'000.00 CHF
CAN 241	Constructions en béton coulé sur place	CHF			236'400.00 CHF		- CHF		148'120.00 CHF		60'560.00 CHF
	CAN 111 Travaux en régie				46'230.00 CHF		9'045.00 CHF		26'130.00 CHF		25'125.00 CHF
	CAN 112 Essais				2'460.00 CHF		820.00 CHF		2'240.00 CHF		260.00 CHF
	CAN 113 Installations de chantier				90'137.00 CHF		16'855.00 CHF		51'795.00 CHF		48'790.00 CHF
	CAN 116 Coupes de bois et défrichements				9'725.00 CHF		- CHF		- CHF		2'025.00 CHF
	CAN 117 Démolitions et démontages				9'729.20 CHF		12'757.40 CHF		24'358.60 CHF		3'310.00 CHF
	CAN 151 Construction de réseaux enterrés				25'554.00 CHF		7'801.30 CHF		68'789.70 CHF		3'702.25 CHF
	CAN 211 Fouilles et terrassements				19'984.00 CHF		1'134.20 CHF		260.00 CHF		26'216.00 CHF
	CAN 213 Travaux hydrauliques				516'380.30 CHF		- CHF		- CHF		287'074.40 CHF
	CAN 221 Couches de fondation pour surface de circulation				8'070.30 CHF		6'693.61 CHF		9'893.05 CHF		2'262.75 CHF
	CAN 222 Pavages et bordues				28'360.00 CHF		5'510.00 CHF		1'334.00 CHF		- CHF
	CAN 223 Chaussées et revêtements				14'356.39 CHF		17'767.78 CHF		35'158.14 CHF		5'603.60 CHF
	CAN 237 Canalisations et évacuation des eaux				32'806.46 CHF		116'880.82 CHF		230'038.60 CHF		97'146.35 CHF
	CAN 241 Construction en béton coulé sur place				236'400.00 CHF		- CHF		148'120.00 CHF		60'560.00 CHF
	Supplément travaux de nuit				- CHF		- CHF		- CHF		- CHF
	MONTANT TOTAL (HT)				1'040'192.65 CHF		195'265.12 CHF		598'117.09 CHF		562'075.35 CHF
	Frais d'étude yc géomètre			15.00%							
	MONTANT TOTAL AVEC FRAIS D'ETUDE (HT)				1'196'221.55 CHF		224'554.90 CHF		687'834.65 CHF		646'386.65 CHF
	Divers et imprévus			10.00%							
	MONTANT TOTAL (HT)				1'315'843.70 CHF		224'554.90 CHF		687'834.65 CHF		638'886.65 CHF
Expropriation y compris pertes de culture											
Exp.	Terre agricole	m2	0.0	3.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	2'500.0	7'500.00 CHF
	Zone à bâtir	m2	0.0	250.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Autre	m2	0.0	2.00 CHF	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF	0.0	- CHF
	Expropriation y compris pertes de culture	CHF			- CHF		- CHF		- CHF		7'500.00 CHF
	MONTANT TOTAL (HT)				1'315'843.70 CHF		224'554.90 CHF		687'834.65 CHF		646'386.65 CHF
	TVA			8.10%							
	MONTANT TOTAL (TTC)				1'422'427.05 CHF		242'743.85 CHF		743'549.25 CHF		698'743.95 CHF
	TOTAL TTC										3'107'464.10 CHF

# **Annexe 2**

## **Plan de protection des sols**

## Commune de Sonceboz-Sombeval (BE)

### Aménagement des eaux du ruisseau des Malés - Sombeval

#### Plan de protection des sols

191239 | 16.01.2024

## 1. INTRODUCTION

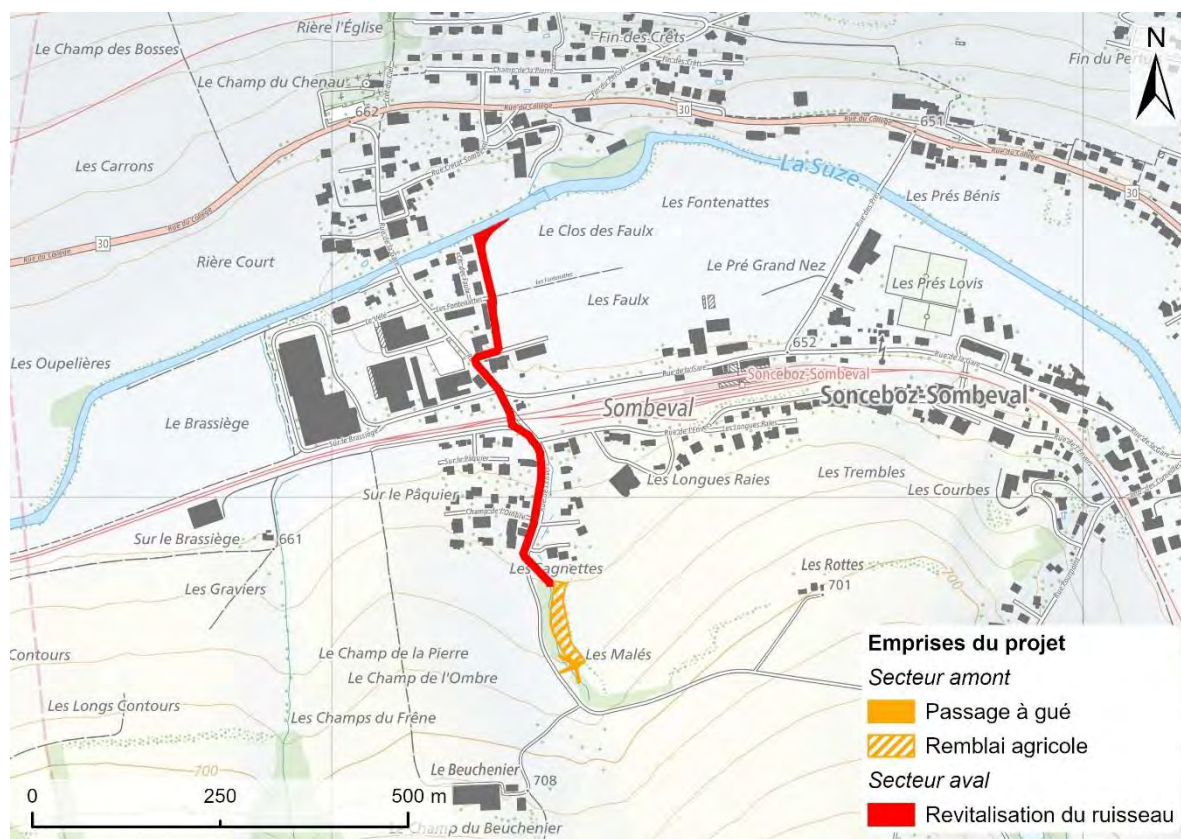
**Contexte** La Commune de Sonceboz-Sombeval (BE) prévoit de réaménager le cours d'eau des Malés sur un linéaire d'environ 540 m (Figure 1). Ce projet permettra de répondre aux objectifs suivants :

- protection contre les crues du village, des infrastructures ferroviaires et routières ;
- revitalisation de cours d'eau

Le projet comprend notamment la remise à ciel ouvert du cours d'eau sur plusieurs tronçons. Il occasionnera des travaux (décapage, stockage et remise en état des sols) ainsi que des emprises provisoires de chantier sur des sols au sens de l'OSol. Une surface totale de 7'620 m<sup>2</sup> est concernée dont 3'275 m<sup>2</sup> de sols agricoles inventoriés en surfaces d'assolement (SDA). La majeure partie des matériaux terreux générés sera si possible valorisée dans le cadre du projet, notamment lors de la réalisation du remblai agricole intégré au projet (mesure de protection contre les crues).

**Figure 1 :  
Localisation  
du projet**

(Source :  
Swisstopo)



Les emprises du projet étant supérieures à 2'000 m<sup>2</sup>, un plan de protection des sols s'avère nécessaire pour accompagner le dossier de mise à l'enquête publique, conformément à la notice « *Exigences relatives aux plans de protection du sol* » (Cercle Sol NWCH, juillet 2020) et conformément à la demande du service cantonal de la protection des sols formulée lors de l'examen préalable.

Le bureau biol conseils a été mandaté afin d'établir ce plan, dont les objectifs sont les suivants :

- décrire la qualité des sols (état initial et sensibilité à la compaction) ;
- décrire les impacts du projet (surfaces touchées par des emprises définitives et provisoires, plan de décapage du sol et bilan de volume et d'épaisseur du sol décapé) ;
- décrire les mesures prévues pour la protection des sols en phase de réalisation (circulation sur les sols, décapage, stockage et remise en état des sols et remise en culture) et la méthodologie de gestion des sols ;
- élaborer une stratégie de valorisation des matériaux terreux et des matériaux d'excavation excédentaires.
- établir le cahier des charges du spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (SPSC).

## 2. BASES LÉGALES

Le domaine de la protection des sols est principalement régi par l'Ordonnance fédérale sur la protection des sols (OSol, 1er juillet 1998). L'OSol précise que le sol doit être protégé de toute atteinte physique, chimique et biologique afin d'en préserver sa fertilité à long terme. Des mesures doivent donc être prises dans ce sens lors des chantiers. Ces mesures s'appliquent en particulier lors de la circulation des véhicules, du décapage des sols, du transport et du stockage des matériaux terreux, de la remise en état et la remise en culture des sols. Au droit des emprises définitives, les sols décapés doivent être valorisés conformément à leurs propriétés physico-chimiques.

Les documents suivants contiennent les principales dispositions légales en rapport à la protection des sols (non exhaustif) :

- Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE, 1983) ;
- Ordonnance fédérale sur les atteintes portées aux sols (OSol, 1998) ;
- Ordonnance fédérale sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED, 2015) ;
- Normes VSS 40 581 « Terrassement, sol. Protection des sols et construction » (2019) ;
- Sols et constructions (OFEV, 2015) ;
- Evaluation des sols en vue de leur valorisation (OFEV, 2021) ;
- Gestion respectueuse des sols lors de travaux de génie civil (OFEV, 2022) ;
- Remodelages de terrain en vue de la revalorisation des sols (OFEV, en consultation).

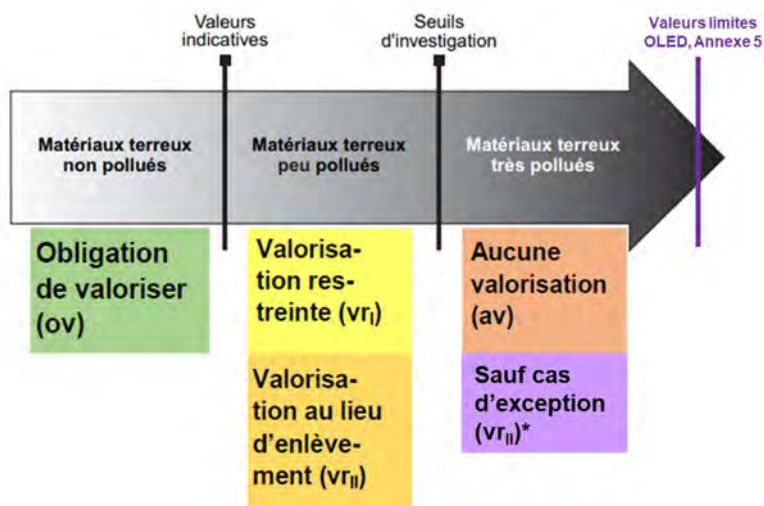
### **Valorisation et pollution des sols**

Conformément à l'art. 18 de l'OLED, les sols (couche supérieure et couche sous-jacente) décapés définitivement doivent, dans la mesure où ces matériaux remplissent des critères de qualité chimique, physique et biologique, être valorisés. L'OSol précise les restrictions de valorisation en cas de pollution chimique. En principe, si une concentration d'un polluant donnée dépasse le seuil d'investigation fixé par l'OSol, les sols sont considérés comme très pollués et ne peuvent être valorisés en tant que sol. Toutefois, selon la directive « *Evaluation*

des sols en vue de leur valorisation » (OFEV, 2021), les sols d'infrastructure de transport très pollués au métaux lourds et aux HAP, font cas d'exception avec une valorisation au lieu d'enlèvement ( $VR_{II}^*$ ) acceptée, pour autant que les conditions suivantes soient respectées :

- forte pollution aux métaux lourds ou aux HAP (dépassement d'un ou plusieurs seuils d'investigation) ;
- concentration restant inférieure aux valeurs limites de l'OLED ;
- restriction d'utilisation (usage pour les infrastructures de transport uniquement).

**Figure 2 :**  
**Schéma**  
**explicatif**  
**valorisation des**  
**matériaux terreux**  
**selon leur degré**  
**de pollution**  
**chimique**



A noter que les catégories de valorisation tiennent compte également de la qualité physique et biologique des sols

### 3. ETAT ACTUEL

#### 3.1. Préambule

##### Catégories de sols concernées

Trois catégories d'utilisation des sols sont concernées par le projet :

##### 1. Les sols anthropiques

Ils englobent les sols d'infrastructures et de jardins situés en zones d'habitation et aux abords immédiats de la route et du bâti. Ils correspondent probablement à d'anciens remblais ou à des sols remaniés en surface.

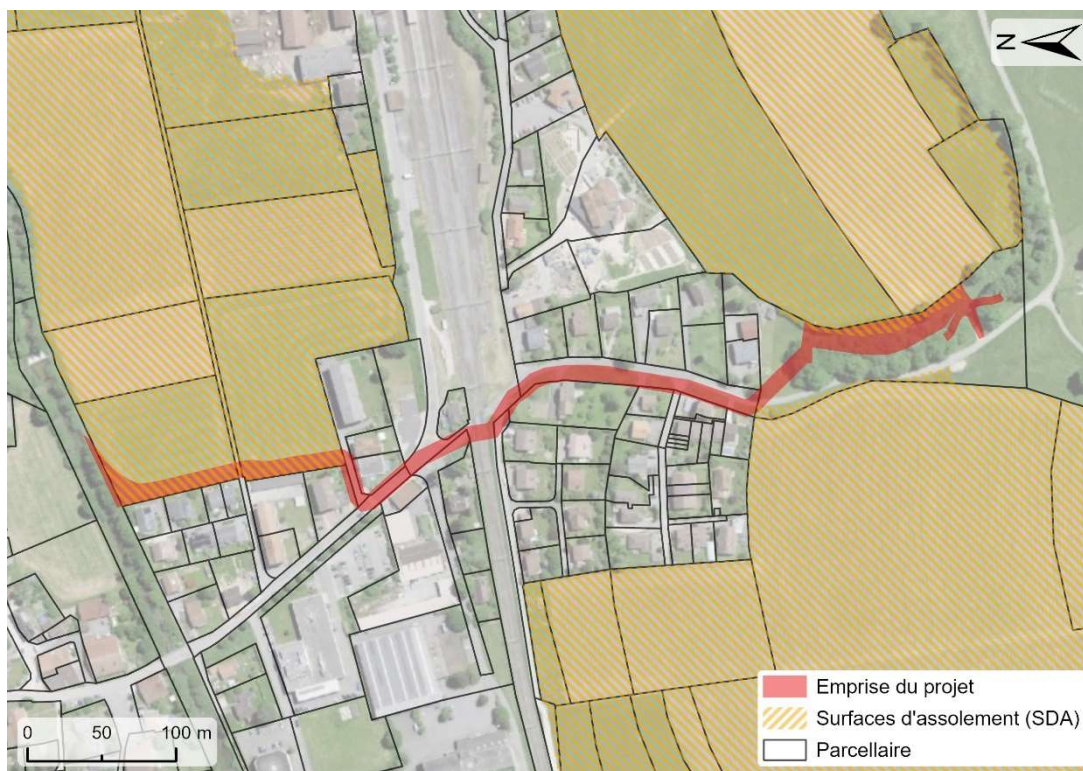
##### 2. Les sols agricoles

Ils sont situés sur les parties amont et aval du projet. Ils sont exploités en grandes cultures (partie aval) et en pâturage ou prairie permanent (partie amont). La majorité de ces surfaces sont classées à l'inventaire cantonal des SDA (voir Figure 3).

##### 3. Les sols alluviaux forestiers

Ils se situent essentiellement sur la partie amont du projet. Ils forment les berges semi-naturelles situées de part et d'autre du ruisseau des Malés et sont couverts d'un cordon boisé.

**Figure 3 :**  
**Surfaces**  
**d'assolement**  
**(SDA)**

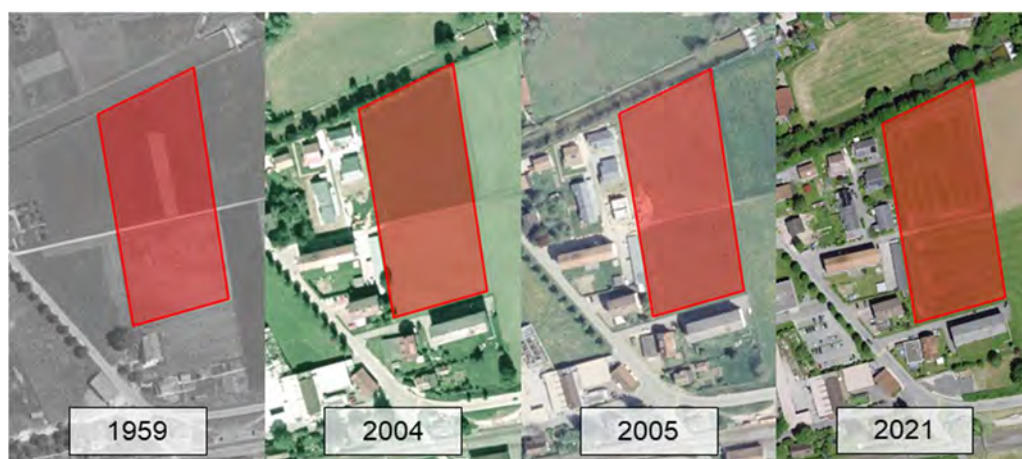


**Historique**  
**du site**

La consultation des orthophotos historiques (1959-2021) montre que sur l'ensemble du projet, les sols ont été peu ou non remaniés. Les sols agricoles en SDA ont toutefois subi quelques remodelages de terrain entre 2004 et 2005 liés à la construction des maisons adjacentes (Figure 4).

**Figure 4 :**  
**Carte indicative**  
**du remblai dans**  
**les parcelles**  
**en SDA**

(Source :  
 swisstopo)



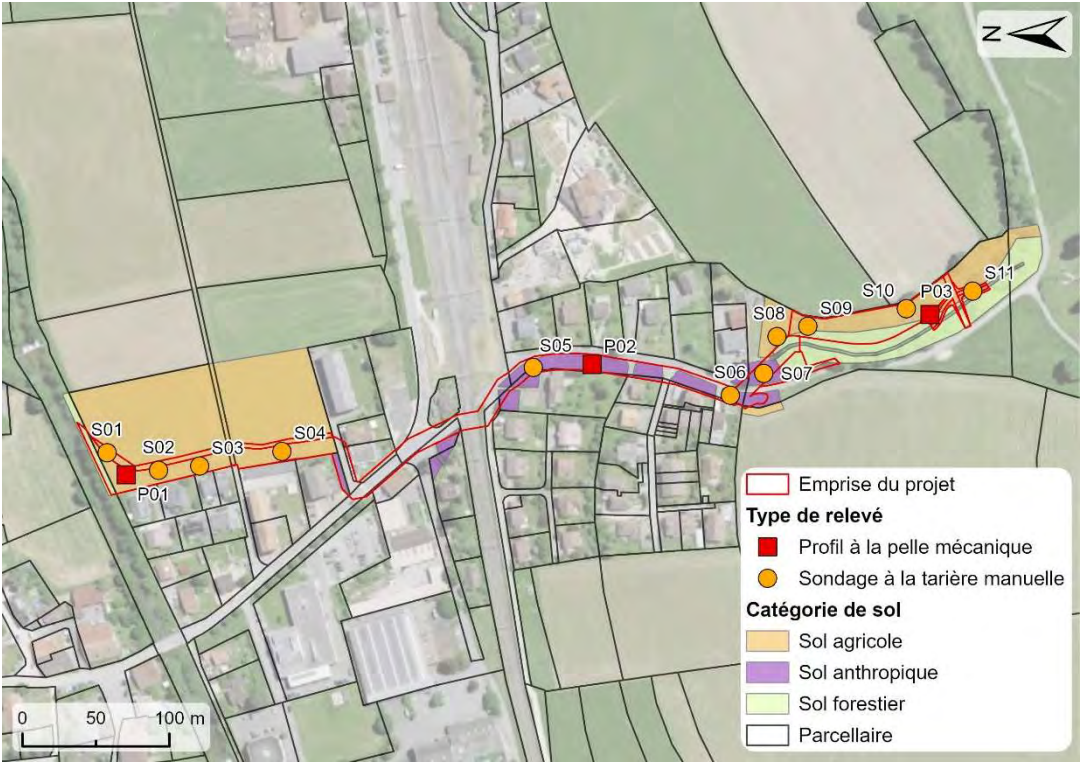
**Suspicion de**  
**pollution**

Aucune parcelle inscrite au cadastre cantonal des sites pollués n'est située à proximité du projet. En raison des remodelage de terrain ultérieurs, les sols d'infrastructure et les sols agricoles sont considérés comme potentiellement pollués.

3.2. Description des sols

**Relevés  
pédologiques** L'état actuel des sols dans les emprises du projet a été décrit en réalisant 3 fouilles à la pelle mécanique et 11 sondages à la tarière manuelle le 17 octobre 2023. La description des fouilles sont disponibles à l'Annexe 1 tandis que l'ensemble des relevés est illustré à l'Annexe 2.

Figure 5 :  
Localisation  
des profils et  
sondages de sol



**Types de sol  
(KLABS/FAL24)** Les paramètres principaux des relevés sont synthétisés dans le Tableau 1. Etant donné la différence de substrat géologique et d'utilisation du sol, trois unités de sol sont présentes sur les parcelles :

- remblai carbonaté superficiel (sol anthropique) au droit des plates-bandes herbeuses et accotements routiers ;
- Fluvisol carbonaté issus de alluvions a priori non remaniées ;
- Sol brun calcaire carbonaté issus des alluvions récentes de la Suze.

Tableau 1 : principales caractéristiques des unités de sols

Paramètre / unité de sols		Sol brun calcaire alluvial		Remblai carbonaté		Fluvisol carbonaté
Catégorie de sol		Sol agricole		Sol anthropique		Sol forestier
Relevé associé		P01, S01, S02, S03, S04, S10		P02, S05, S06, S07		P03, S08, S09, S11
Horizons	Horizon simplifié	A	B	A	B	A
		terre végétale	sous-couche	terre végétale	sous-couche	terre végétale
	Horizon détaillé [KLABS]	yaAh	yaB	yAha	yAB/(y)B	Ah/(B)A
	Épaisseur moyenne [cm]	25	25	20	20	30
	Classe texturale [KLABS]	tL	tL	tL	tL	sL
	Pierrosité [% volumique]	0	0	0	6	0
	Structure [FAL 24+]	Kr, Sp	Po, Pr	Kr	Po	Kr /Sp
	pH [Hellige]	-	-	-	-	-
	Carbonates [réaction au HCl]	4/5	4/5	4/5	4/5	5/5
	Compacité	peu compact	compact	meuble	compact	meuble
Sol	Hydromorphie [KLABS]	-	(g)	-	cn/g	-
	Type [KLABS]	Sol brun calcaire		Remblai		Fluvisol
	Sous type [KLABS]	AL, PM, E0, KH, I1		AL, PM, E0, KH, I1		AL, PM, E0, KH, I1
	Profondeur utile [cm]	30-40		20-30		10-30
	Régime hydrique [FAL 24+]	perméable, assez superficiel		perméable, superficiel		perméable, superficiel
	Sensibilité à la compaction [VSS 40 581]	peu sensible		normalement sensible		peu sensible
	Présence de déchets anthropiques	oui (<1%)		oui (<1%)		non

**Régime hydrique** Les sols concernés par le projet possèdent un régime hydrique percolé normalement perméable. Ils sont influencés par une nappe perchée et sont faiblement pseudogleyifiés.

**Atteintes chimiques** Des investigations des polluants selon l’OSol (prélèvements d’échantillons et analyses des teneurs totales en métaux lourds et HAP) ont été réalisées au droit des emprises définitives du projet afin de garantir une valorisation conforme des matériaux terreux excédentaires. Quatre échantillons ont été analysés :

- échantillon S02-S04 - 0-20 cm : échantillon composite (sondages S02 à S04) représentatif de l’horizon A des sols agricoles ;
- échantillons P02 - 0-15 cm et P02 - 15-55 cm : deux échantillons simples (profil P02) représentatifs des sols d’infrastructure potentiellement pollués ; l’horizon B a été analysé en raison d’une suspicion de pollution liée à la présence de déchets anthropiques ;
- échantillons P03 - 0-35 cm : échantillon simple d’horizon A représentatif des sols alluviaux forestiers.

Le Tableau 2 synthétise les résultats et les compare aux valeurs limites de l’OSol. Le rapport original d’analyses (laboratoire Wessling AG) est consultable à l’Annexe 3.

Tableau 2 : Synthèse des résultats d'analyses des polluants selon l'OSol

Paramètre	Unité	LQ	Valeurs limites de l'OSol (Etat au 12.04.2016)			Echantillons			
			Valeurs indicatives	Seuils d'investigation <sup>1</sup>	Valeurs d'assainissement <sup>2</sup>	S02-S04 - 0-20 cm	P02 - 0-15 cm	P02 - 15-55 cm	P03 - 0-35 cm
						23-150668-01	23-150668-02	23-150668-03	23-150668-04
Teneurs totales									
Mercuré (Hg)	mg/kg MS	0.05	0.5	0.5	-	0.62	0.1	0.07	<0.05
Plomb (Pb)	mg/kg MS	1	50	200	1000	34	140	47	11
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0.0025	0.8	2	20	0.5	0.7	0.6	0.4
Chrome (Cr)	mg/kg MS	1	50	200*	-	29	31	34	17
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	0.025	40	150*	1000	46	93	78	5.5
Molybdène (Mo)	mg/kg MS	1	5	-	-	<1.0	2.3	5.4	<1.0
Nickel (Ni)	mg/kg MS	0.025	50	100*	-	27	39	46	9.6
Zinc (Zn)	mg/kg MS	0.13	150	300*	2000	98	440	150	34
Paramètres organiques									
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0.05	0.2	1	10	<0.05	0.21	0.1	<0.05
HAP (somme)	mg/kg MS	0.05	1	10	100	-/-	2.5	1.1	-/-
Niveau de pollution :						Très pollué	Très pollué	Peu pollué	Non pollué

Remarques

<sup>1</sup> risque en cas de culture alimentaire / culture fourragère

<sup>2</sup> places de jeux / jardins privés et familiaux.

\* L'OSol ne renferme pas de valeur indicative ou de seuil d'investigation pour ces polluants. Les valeurs utilisées ici en vue de l'application pratique sont tirées de l'ancienne Information OSol n° 4 (valeurs d'appréciation de catégorie II), puis légèrement adaptées aux valeurs indicatives inférieures.

**Atteintes physiques** Lors des investigations de terrain, aucune atteinte physique majeure (compaction anthropique ou érosion) n'a été observée.

**Atteintes biologiques** La région est relativement préservée de la présence de plantes néophytes envahissantes. Aucune observation n'a été réalisée dans les emprises du projet, cependant des signalements existent concernant le solidage du Canada (*Solidago canadensis aggr.*) et la vergerette annuelle (*Erigeron annuus*), à proximité de la gare (observations du 11.08.20, carnet en ligne Infoflora).

**Aptitude des sols à être valorisés** Conformément à la directive « *Evaluation des sols en vue de leur valorisation* » (OFEV, 2021), les horizons A et B des sols alluviaux forestiers remplissent tous les critères d'aptitude des sols pour la valorisation et doivent donc obligatoirement être valorisés (classe de valorisation « ov »).

En tant que sols d'infrastructures routières, les matériaux « très pollués » issus des remblais pourront être valorisés avec restriction dans un contexte de réutilisation similaire (classe de valorisation *vr<sub>II</sub>\**), c'est-à-dire en tant que sols d'infrastructures routières.

L'horizon A des sols agricoles est « très pollué » au mercure et « peu pollué au cuivre » et sont en principe non valorisables (classe de valorisation « av »). Ces pollutions pourraient être expliquées par des sources agricoles (utilisation de fertilisants, produits phytosanitaires ou par épandages de boues) ou par une source géogène (anomalies en mercure dans les dépôts alluviaux). En raison de l'origine incertaine de la pollution et des volumes importants de matériaux terreux en jeu, une coordination avec le service cantonale de la protection des sols sera réalisée pour préciser les conditions de dérogation pour une valorisation de matériaux « très pollués » dans le périmètre du projet (réalisation du remblai agricole). Des

investigations supplémentaires devront être réalisées afin de répondre aux objectifs suivants :

- identifier l'étendue de la pollution, aussi bien verticalement (analyses de l'horizon B) qu'horizontalement (zonage de la pollution)
- évaluer le degré de la menace santé de l'homme, des animaux et des plantes ;
- définir les restrictions d'utilisation des sols à futur sur les surfaces remises en état.

## 4. EFFETS DU PROJET

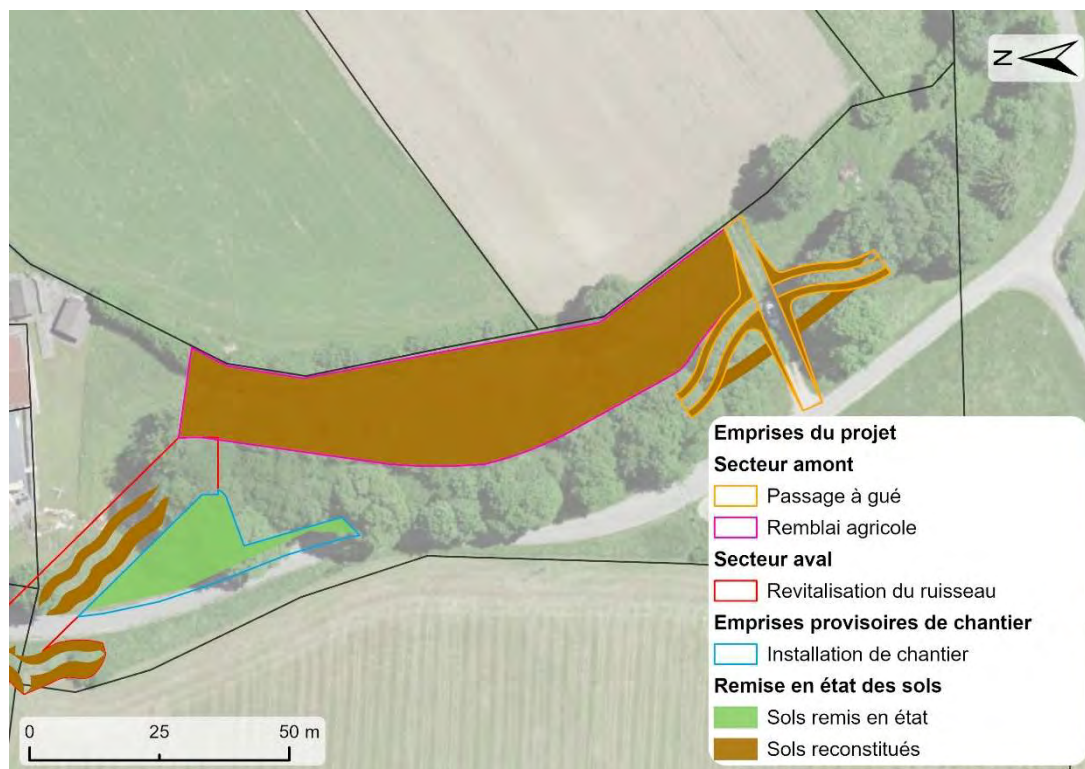
### 4.1. Emprise sur les sols

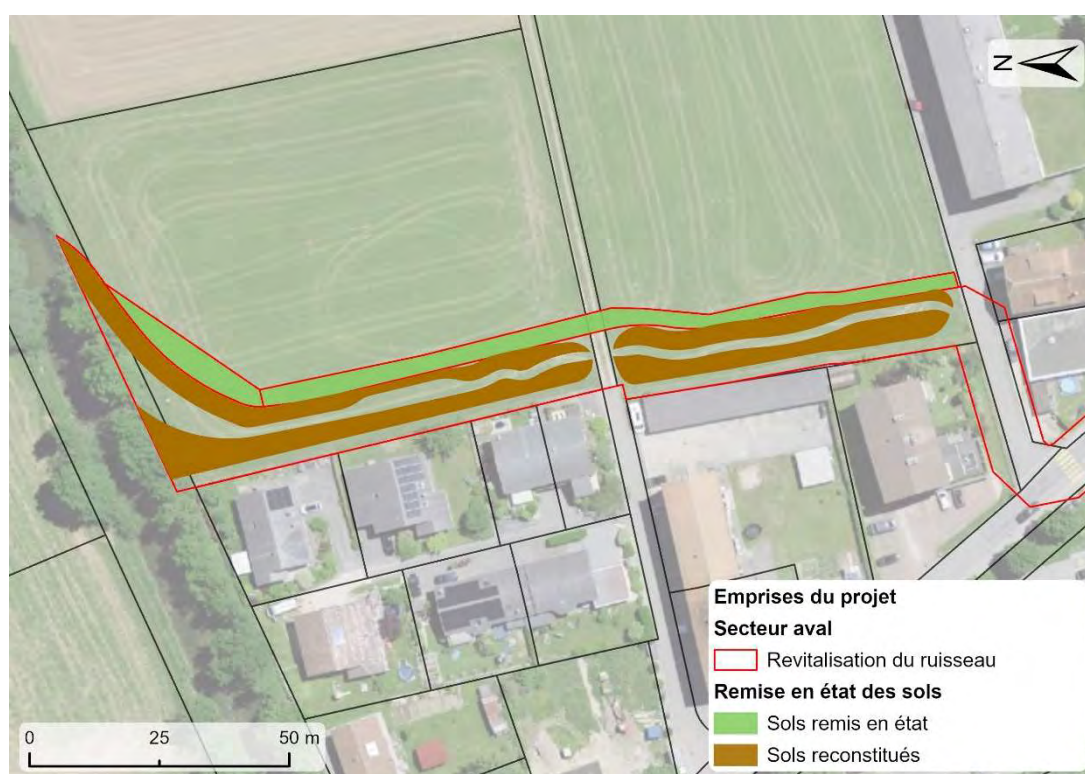
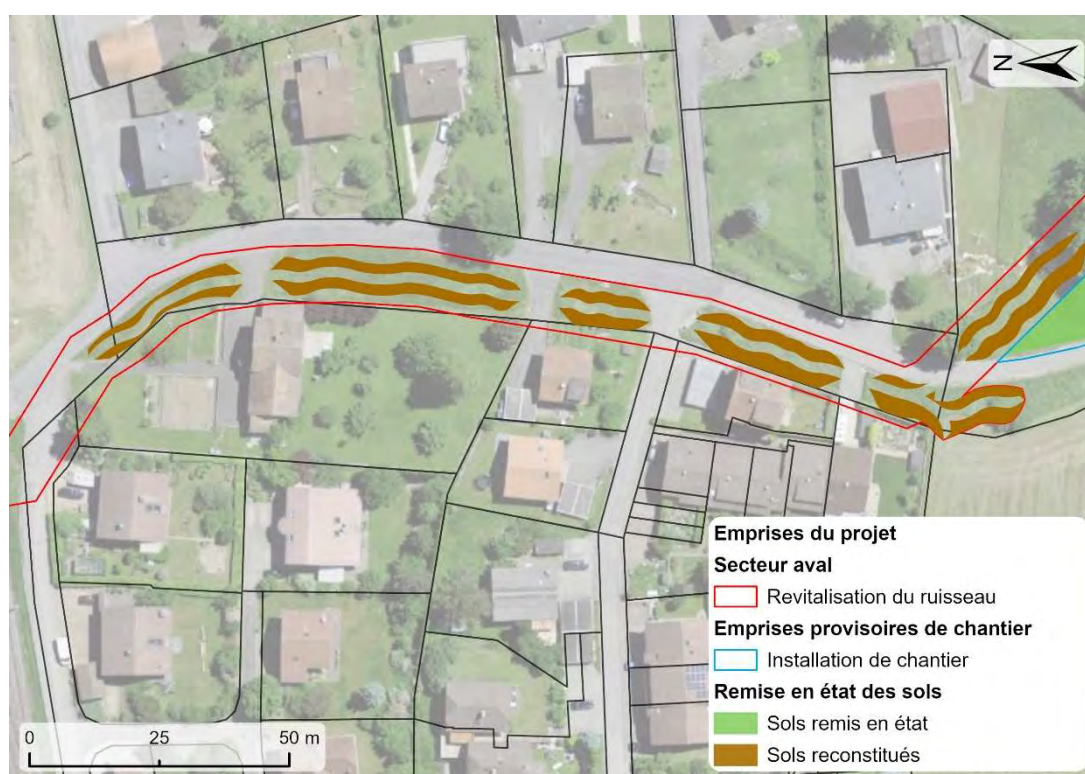
#### *Emprises sur les sols*

La réalisation du projet touche une surface de sol d'environ 7'600 m<sup>2</sup>. Les emprises sont les suivantes (Figure 6) :

- 410 m<sup>2</sup> : secteur amont : emprises de projet liées à la réfection du passage à gué et au réaménagement local du ruisseau ;
- 1'970 m<sup>2</sup> : secteur amont : emprises de projet liées à la réalisation d'un remblai agricole (comblement d'une cuvette) comme mesure de protection contre les crues ;
- 4'890 m<sup>2</sup> : secteurs central et aval : emprises de projet liées à la mise à ciel ouvert du ruisseau des Malés et à la pose de nouvelles chambres et de nouveaux collecteurs d'eaux claires ;
- 340 m<sup>2</sup> : secteur central : emprises provisoires de chantier (place d'installation de chantier et piste d'accès).

**Figure 6 :**  
**Emprises du**  
**projet sur les**  
**sols**





Le Tableau 3 donne un bilan par catégorie de sol et type d'emprise des surfaces de sols concernées par le projet. A noter que ce bilan ne prend pas en compte les surfaces d'emprises provisoires nécessaires au stockage des matériaux terreux et matériaux d'excavation (estimées à 2'200 m<sup>2</sup> supplémentaires, voir chapitre 4.3).

Tableau 3 :  
Bilan surfacique  
des emprises  
sur les sols

Catégorie de sols	Emprises sur les sols [m <sup>2</sup> ]				
	Revi- tali- sation	Passage à gué	Remblai agricole	Installation de chantier	Total
Sol agricole	2'920	260	1'430	100	4'710
Sol anthropique	1'610	0	0	0	1'610
Sol forestier	360	150	540	240	1'290
Total	4'890	410	1'970	340	7'610

Décapage  
des sols

Tous les sols compris dans l'emprise de la remise à ciel ouvert de ruisseau et de la réfection du passage à gué seront décapés, soit environ 5'300 m<sup>2</sup>. Au niveau des tronçons remis à ciel ouvert (secteur aval), des décapages provisoires ponctuels seront réalisés sur une zone tampon de 3 m de largeur pour permettre la pose des nouvelles chambres et collecteurs d'eaux claires.

La réalisation du remblai agricole impliquera le décapage provisoire de près de 2'000 m<sup>2</sup>.

Le Tableau 4 présente les volumes de matériaux terreux par horizon à décapier lors des travaux de réalisation. Les épaisseurs à décapier sont représentées à la Figure 9.

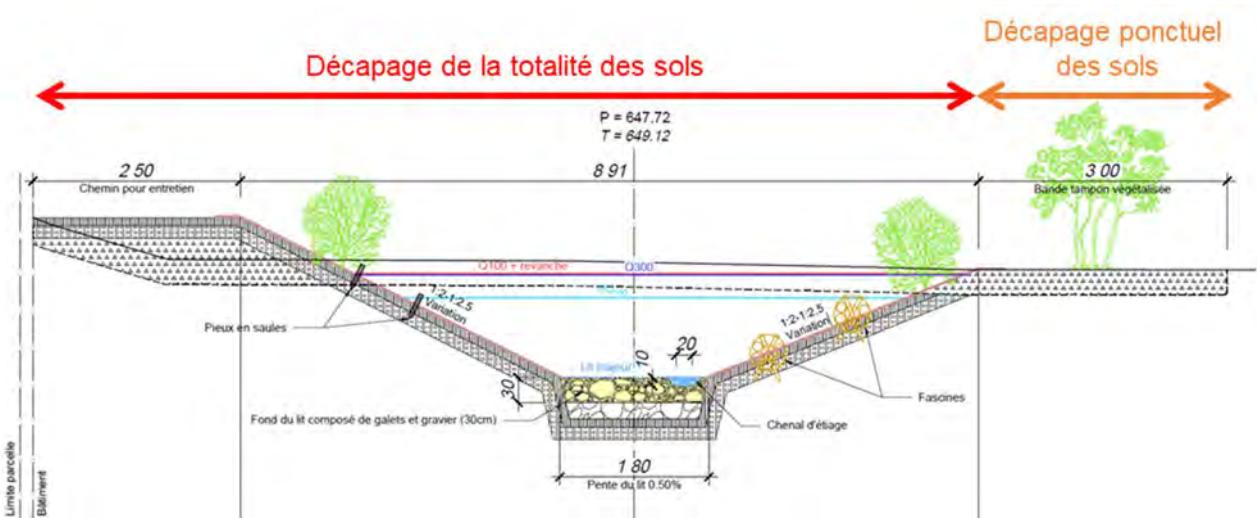


Figure 7 : Extrait d'un profil type du projet de revitalisation du ruisseau des Malés (Source : sd ingénierie jura)

Tableau 4 :  
Bilan estimatif  
des volumes  
à décapier  
(arrondis à la  
centaine)

Unité de sol	Horizon	Surface à décapier [m <sup>2</sup> ]	Epaisseur moyenne [cm]	Volume en place [m <sup>3</sup> ]	Volume foisonné* [m <sup>3</sup> ]
Sol agricole	A	4'610	25	1'200	1'500
	B		25	1'200	1'500
Sol anthropique	A	1'610	20	300	400
	B		20	300	400
Sol forestier	A	1'050	30	300	400
TOTAL		7'270	A	1'800	2'300
			B	1'500	1'900

\*\* coefficient de foisonnement = 1.25

**Emprises provisoires** Au droit des fouilles provisoires liées à la mise en place du réseau d'eaux claires, les sols seront décapés puis reconstitués avec les matériaux d'origine en épaisseurs similaires à l'état initial. Ils correspondent à une surface d'environ 600 m<sup>2</sup>.

Les emprises provisoires liées au stockage des matériaux terreux et aux zones d'accès ne seront en principe pas décapées. Les zones d'accès seront protégées par un dispositif de répartition des charges (géotextile recouvert de 50 cm de grave).

4.2. Valorisation des matériaux terreux

**Bilan de valorisation** Le Tableau 5 présente un bilan théorique des volumes de matériaux terreux remis en état sur site. Il devra être mis à jour en fonction du degré de pollution effectif des sols et de leur aptitude à être valorisés. Un excédentaire d'environ 700 m<sup>3</sup> d'horizon A est attendu.

Tableau 5 :  
Bilan provisoire des volumes de matériaux terreux

Valorisation	Horizon	Surface végétalisée [m²]	Epaisseur moyenne en place* [cm]	Volume en place* [m³]
Remise en état et valorisation sur site				
Emprises provisoires (fouilles)	A	600	25	150
	B		25	150
Revitalisation du ruisseau	A	2'900	10	250
	B		30	850
Remblai agricole	A	1'970	35	700
	B		25	500
TOTAL	A	.	-	1'100
	B		-	1'500
Volumes excédentaires à valoriser hors site				
Filière à définir selon degré de pollution	A	.	-	700
	B		-	0

\* après tassement naturel

**Valorisation des sols pollués** Le degré de pollution des sols agricoles devra être confirmé par des analyses complémentaires (mesure Sol 3). Les sols peu pollués seront prioritairement réutilisés dans le cadre du projet au lieu d'enlèvement. Les sols anthropiques très pollués pourront uniquement être valorisés à proximité immédiate de la route (accotements). Le cas échéant, leur filière d'élimination ou de valorisation devra être définie sur la base des analyses des polluants selon l'OSol.

**Valorisation dans le cadre du projet de revitalisation** Au niveau des tronçons remis à ciel ouvert, les sols seront reconstitués sur une partie des berges mais en épaisseur moindre par rapport à l'état initial dans le but de répondre aux objectifs paysagers (surfaces maigres). Selon la norme SIA 318, au minimum 30 cm d'horizon B et un maximum de 10 cm d'horizon A doivent être remis en état (épaisseurs après tassement naturel). La surface totale potentiellement remise en état correspond à environ 2'900 m<sup>2</sup>, soit un équivalent de 870 m<sup>3</sup> d'horizon B et de 290 m<sup>3</sup> d'horizon A (volumes non foisonnés).

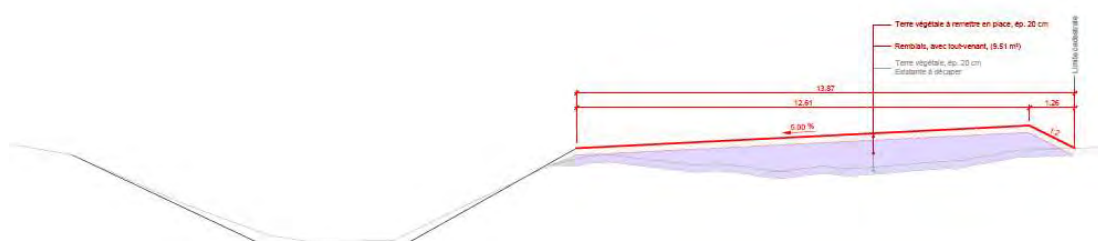
Les sols forestiers seront décapés en une seule couche (litière, horizon A et horizon (B)A) et seront utilisés prioritairement pour la remise en état des sols à proximité du passage de gué (reconstitution des sols au niveau de l'ancien lit du cours d'eau déplacé).

**Valorisation  
dans le cadre du  
remblai agricole**

Au niveau du secteur amont, le remblai agricole prévu sur la parcelle adjacente au ruisseau (RF 535) permettra de valoriser des matériaux d'excavation et des matériaux terreux issus des emprises de projet de revitalisation (apports d'horizon C, B et A). En considérant des épaisseurs moyennes remises en état de 35 cm d'horizon A et 25 cm d'horizon B, environ 1'200 m<sup>2</sup> de matériaux terreux pourront être remis en état. La mise en place préalable d'un horizon BC de transition entre horizon C compacté et l'horizon B permettra de garantir une profondeur utile suffisante (> 50 cm).

**Figure 8 :  
Extrait de profil  
transversal du  
remblai agricole**

(Source : sd  
ingénierie jura)



**Valorisation  
hors site**

Une filière de valorisation hors site devra être recherchée pour les volumes excédentaires d'horizons A. Les matériaux concernés étant potentiellement peu pollués à très pollués, ils ne sont toutefois pas soumis à obligation d'être valorisés.

À niveau de pollution égal, les horizons A issus des remblais et des sols agricoles pourront être mélangés et évacués en un stock confondu.

### 4.3. Méthode de travail et gestion des sols

**Planification  
des travaux  
sur les sols**

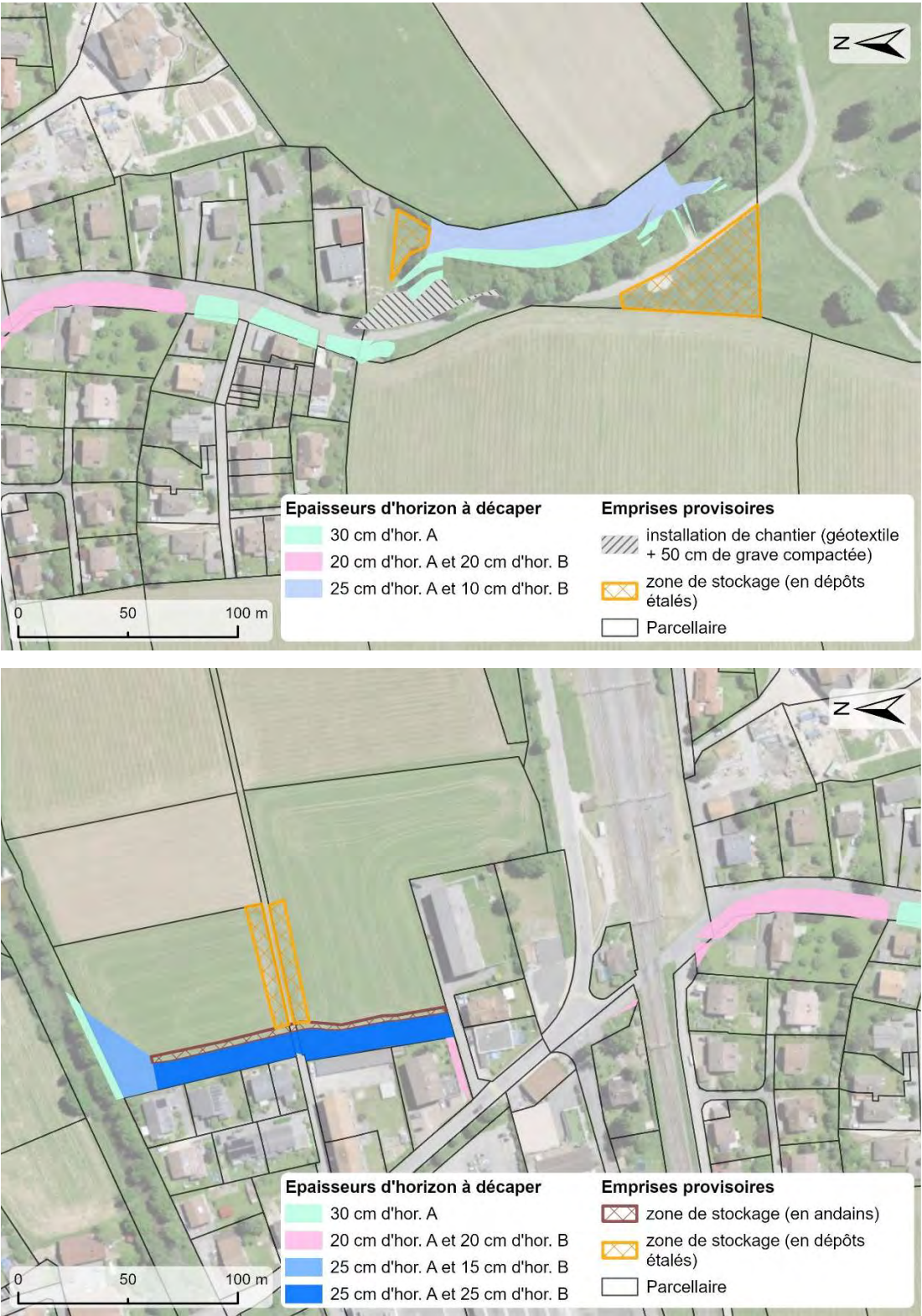
La Figure 9 donne une vue d'ensemble de la gestion des sols en phase de décapage et de des sols. Le calendrier intentionnel des travaux est disponible à l'Annexe 5.

Lors de la planification détaillée du chantier, les travaux de décapage et de manipulation des sols seront anticipés pour être réalisés dans des conditions d'humidité des sols conformes aux directives fédérales.

Une réflexion devra également être menée quant à la stratégie de décapage, de stockage et de remise en état des sols. Il s'agira notamment de planifier la réalisation de ces phases afin de minimiser les mouvements et manipulation de matériaux terreux.

Le SPSC qui sera mandaté (voir mesure Sol 2) devra planifier les aspects chantier en coordination avec la DT et l'ENT.

Figure 9 :  
Gestion des sols  
en phase de  
réalisation –  
épaisseurs à  
décaper et zones  
de stockage des  
matériaux terreux



Au stade actuel du projet, la Figure 9 présente les surfaces potentielles de stockage. L'utilisation provisoire de ces surfaces devra être validée par toutes les parties prenantes. Au niveau des emprises linéaires (revitalisation et pose de collecteur), les sols décapés et les matériaux d'excavation seront stockés temporairement à côté de la tranchée sous forme d'andains afin de faciliter la remise en état des sols à la fin des travaux.

Sur la base des volumes théoriques de 1'100 m<sup>3</sup> d'horizon A et 1'500 m<sup>3</sup> d'horizon B potentiellement valorisables sur place, une surface totale d'environ 2'200 m<sup>2</sup> est à prévoir pour le stockage temporaire :

- environ 1'200 m<sup>2</sup> pour les horizons A, avec une hauteur de stockage de 1.5 m après tassement naturel ;
- environ 1'000 m<sup>2</sup> pour les horizons B, avec hauteur de stockage de 2.5 m après tassement naturel.

Les sols seront en principe stockés par type d'horizon et degré de pollution. Les sols forestiers seront stockés à part. A niveau égal de pollution, les matériaux terreux issus des sols anthropiques et des sols agricoles pourront être mélangés (un dépôt d'horizon A et un dépôt d'horizon B, catégories de sol confondues). Tous les stocks de matériaux terreux excédant une durée de 3 mois devront être ensemencés avec un mélange trèfle, luzerne, graminées de type UFA 323 Gold ou similaire.

**Remise en place  
des matériaux et  
remise en culture**

Les remises en place des matériaux terreux respecteront les mesures de protection standard, soit une méthode de travail par bandes successives d'une largeur de 5 m (selon la longueur du bras de la pelle mécanique), sans circulation sur les sols fraîchement reconstitués. Les surfaces seront directement ensemencées avec si possible un mélange à enracinement profond (facilitation de la régénération de la structure du sol). Les surfaces agricoles reconstituées (emprises provisoires et remblai agricole) feront l'objet d'une phase transitoire de remise en culture d'une durée de trois ans (mesure Sol 6) avant d'être définitivement restituée à l'agriculture (réception finale).

## 5. MESURES DE PROTECTION DES SOLS

Les mesures de protection des sols listées ci-dessous seront intégrées au projet :

### **Sol 1** Prise en compte des directives en vigueur

Lors de la planification et de l'exécution des travaux affectant les sols, on tiendra compte des exigences des normes VSS et publications suivantes :

- VSS (2019), « *Protection des sols et construction* », norme SN 40 581.
- OFEV (2015), « *Sols et constructions* », Connaissance de l'environnement no 1508.
- OFEV (2021), « *Evaluation des sols en vue de leur valorisation* », L'environnement pratique no 2112 : 35 p. ;
- OFEV (2022), « *Gestion respectueuse des sols lors de travaux de génie civil* », L'environnement pratique no 2112 : 37 p. ;
- ASBG (2021, rév. 2023), « *Directives pour la remise en état des sites – Directives pour une manipulation appropriée des sols* »

- Canton de Berne (2010), « *Directives sur la protection des sols lors de chantiers linéaires (avec schémas)* » ;
- Canton de Berne (2017), « *Directives sur les remodelages de terrain pour la réhabilitation du sol hors zone à bâtir* ».

**Sol 2** Engagement d'un spécialiste de protection des sols sur les chantiers

Un spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (SPSC) sera mandaté. Le SPSC sera chargé d'appuyer le MO et ses mandataires pour tous les aspects liés à la protection et à la valorisation des sols. Il sera notamment chargé d'intégrer les mesures de protection des sols dans les appels d'offres aux entreprises, d'organiser et de suivre les travaux de manipulation des sols durant la réalisation des travaux et de s'assurer que les sols soient correctement valorisés. Le cahier des charges du SPSC est présenté à l'Annexe 4.

**Sol 3** Investigations supplémentaires de la pollution des sols agricoles

Une coordination avec le service cantonal de la protection des sols sera réalisée pour préciser les conditions de dérogation pour une valorisation de matériaux « très pollués » dans le périmètre du projet (réalisation du remblai agricole). Des investigations supplémentaires devront être réalisées afin de répondre aux objectifs suivants :

- identifier l'étendue de la pollution, aussi bien verticalement (analyses de l'horizon B) qu'horizontalement (zonage de la pollution)
- évaluer le degré de la menace santé de l'homme, des animaux et des plantes ;
- définir les restrictions d'utilisation des sols à futur sur les surfaces remises en état.

**Sol 4** Précision des filières de valorisation

Avant le début des travaux, le SPSC prendra contact avec l'entreprise adjudicataire des travaux de terrassement pour déterminer ensemble les filières de valorisation des matériaux terreux excédentaires (horizon A) à proximité du chantier.

**Sol 5** Planification des travaux et humidité des sol

Les travaux impliquant des sols seront réalisés uniquement lorsque les sols sont ressuyés. Leur planification en période hivernale (mi-novembre à mi-mars) devra être évitée car la force de succion durant cette période est quasi-nulle. Les forces de succion minimales telles que décrites dans le tableau suivant (OFEV, 2022) devront être respectées :

Tableau 3

Force de succion minimale (en cbar) pour un maniement des sols et un engagement des machines

cbar	Humidité et état du sol	Possibilités d'utilisation
< 6	Le sol est mouillé et adhère au godet.	La résistance du sol est insuffisante : • les matériaux terreux ne peuvent pas être manipulés (décapés et déplacés) ; • il ne faut ni circuler ni appliquer de charge sur le sol.
6 à 10	Le sol est humide et pétrissable, il n'adhère pas au godet.	La portance du sol est insuffisante pour la circulation des véhicules ; des travaux sans circulation sont envisageables : • les matériaux terreux peuvent être manipulés (décapés et déplacés) ; • il ne faut ni circuler ni appliquer de charge sur le sol.
≥ 10	Le sol est humide et friable, il se déverse librement dans le godet.	Des machines de chantier à chenilles peuvent circuler sur le sol. La limite effective d'engagement d'une machine est fixée à partir du nomogramme (voir annexe A2-2) et des caractéristiques techniques de la machine en question.
≥ 25	Le sol est sec.	Des engins de chantier dotés de pneus conventionnels (p. ex. petits dumpers sur pneus) peuvent rouler sur le sol en place dans la mesure où la charge par roue ne dépasse pas 2,5 t et la pression dans les zones de contact est inférieure à 0,5 kg/cm².

#### Sol 6 Application des mesures standard de protection des sols

Avant et pendant le chantier, les mesures de protection des sols devront être respectées. Il s'agira en particulier de :

- mettre en place les pistes de chantier en conditions sèches (force de succion >10 cbar), à l'avancement, sans circulation sur les sols, de la manière suivante :
  - mise en place d'un géotextile tissé résistant directement sur le sol en place (pas de décapage de la terre végétale sur la zone de stockage) ;
  - réalisation d'un coffre en grave non traitée et non recyclée 0/45 (selon la norme suisse SN 670 119a) de 50 cm d'épaisseur après roulage ;
  - roulage en une seule fois (pas de roulages successifs) ;
- lors des décapages :
  - vérifier les conditions d'humidité des sols (par exemple à l'aide de tensiomètres ou de manière tactile sur le chantier) afin de définir les possibilités de terrassement. La manipulation des sols n'est autorisée que lorsque ceux-ci sont bien ressuyés (force de succion > 6 cbar). Le SPSC devra être consulté lors des manipulations des sols (circulation, terrassement, etc.) ;
  - limiter les atteintes physiques : la pression au sol des machines doit toujours être la plus faible possible (max. 500 g/cm² et max. 25 t). L'utilisation de véhicules à chenilles est fortement recommandée pour limiter la pression au sol des engins. Le SPSC doit valider leur engagement en fonction des conditions d'humidité des sols ;
  - utiliser des bulldozers, scrapdozers, chargeuses (même à chenilles) pour manipuler les sols est interdit ;
  - sols agricoles et sols anthropiques : décaper les horizons A et B séparément : l'horizon A sera décapé en roulant directement sur le sol en place (ou depuis l'horizon C), alors que l'horizon B sera décapé en roulant sur l'horizon C déjà mis à nu (ou depuis l'horizon A). Il est interdit de rouler sur l'horizon B, même avec des engins à chenilles.
  - sols forestiers : décapage en une couche (horizon A et humus forestier compris) ;
- lors du stockage temporaire des horizons A et B :
  - mise en dépôts séparés par type d'horizon et degré de pollution

- à niveau égal de pollution, les matériaux terreux issus des sols anthropiques et des sols agricoles pourront être mélangés ; les sols forestiers seront stockés à part ;
- réaliser les dépôts directement sur les sols en place (sur l'horizon A). les zones de stockage ne seront pas décapées ;
- en cas de mise en dépôt sous forme étalée, s'assurer que les sols soient suffisamment ressuyés et les limites d'engagement des machines impérativement respectées lors de la circulation sur l'horizon A. Les machines à pneus doivent uniquement circuler sur les pistes de chantier ou l'horizon C ;
- mettre en forme les dépôts à la pelle retro, depuis le bas de ces derniers. En aucun cas les machines ne circuleront sur les dépôts ;
- éviter l'accumulation des eaux de ruissellement sur et au pied des dépôts terreux ;
- respecter les hauteurs maximales des dépôts : les dépôts d'horizon A auront une hauteur maximale de 1.5 m, ceux d'horizon B de 2.5 m (après tassement naturel) ;
- éviter tout déplacement de dépôts ou ajout de matériaux terreux supplémentaires en cours de chantier - en cas de nécessité, le SPSC sera préalablement consulté ;
- empêcher l'accès au dépôt par le bétail pour la pâture ;
- ensemer les dépôts temporaires d'horizon A laissés en place plus de 3 mois avec un mélange de type UFA 323 Gold ou similaire et faucher annuellement. Les résidus de fauches seront exportés ;
- durant la période de stockage temporaire, contrôler régulièrement la colonisation des dépôts par des néophytes envahissantes et, le cas échéant, prendre les mesures d'élimination (arrachage manuel, etc.) adaptées.
- sur chaque dépôt temporaire, déposer un panneau en bois qui indique de quel horizon et de quel type de sol il s'agit.
- ensemer l'ensemble des surfaces remises en état selon l'usage ultérieur du terrain. Ces travaux devront être réalisés en conditions sèches. Les surfaces touchées par les travaux seront maintenues enherbées. Pendant les 3 premières années, ces surfaces seront entretenues de manière à favoriser au mieux la régénération des sols :
  - fauche avec exportation des produits de fauche (2 à 3 fois par année) ;
  - éviter l'apport d'engrais ou de produits phytosanitaires.

#### **Sol 7 Concept de remise en état du remblai agricole**

Le concept de remise en état du remblai agricole décrit au chapitre 4.2 sera adapté en fonction des volumes réels. Les épaisseurs d'horizons remises en place devront garantir une profondeur utile d'au minimum 50 cm.

Les surfaces remises en état seront épierrées (ramassage des pierres d'un diamètre supérieur à 10 cm), hersées puis ensencées à l'aide d'un mélange à enracinement profond (mélange trèfle, luzerne, graminées de type 323 ou similaire).

**Sol 8** Concept de remise en culture (phase transitoire de 3 ans après les remises en état)

Un concept de remise en culture des surfaces agricoles fraîchement reconstituées sera établi par le SPSC afin de garantir la fertilité des sols sur le long terme. Il se basera notamment sur la directive ASBG (2021), « *Directives pour la remise en état des sites – Directives pour une manipulation appropriée des sols* » et comportera les éléments suivants :

- définition des étapes de remise en culture sur une durée de 3 ans (y compris descriptif des restrictions d'utilisation) ;
- préparation de documents servant de base au MO pour établir des conventions de remise en cultures avec les propriétaires/exploitants.

## 6. ANNEXES

- Annexe 1 Fiche de description des profils de sol
- Annexe 2 Illustration des relevés pédologique
- Annexe 3 Résultats d'analyses des polluants selon l'OSol (laboratoire Wessling AG)
- Annexe 4 Cahiers des charges du SPSC
- Annexe 5 Calendrier intentionnel des travaux

Collaborateurs ayant participé à l'étude :

Valentine Turberg, pédologue

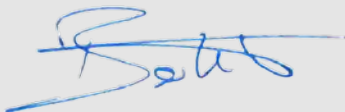
Alessia Mercado del Rio, pédologue

Michaël Balet, SPSC

191239 | Neuchâtel, le 16.01.2024



Simon Jeannotat








Michaël Balet

-----

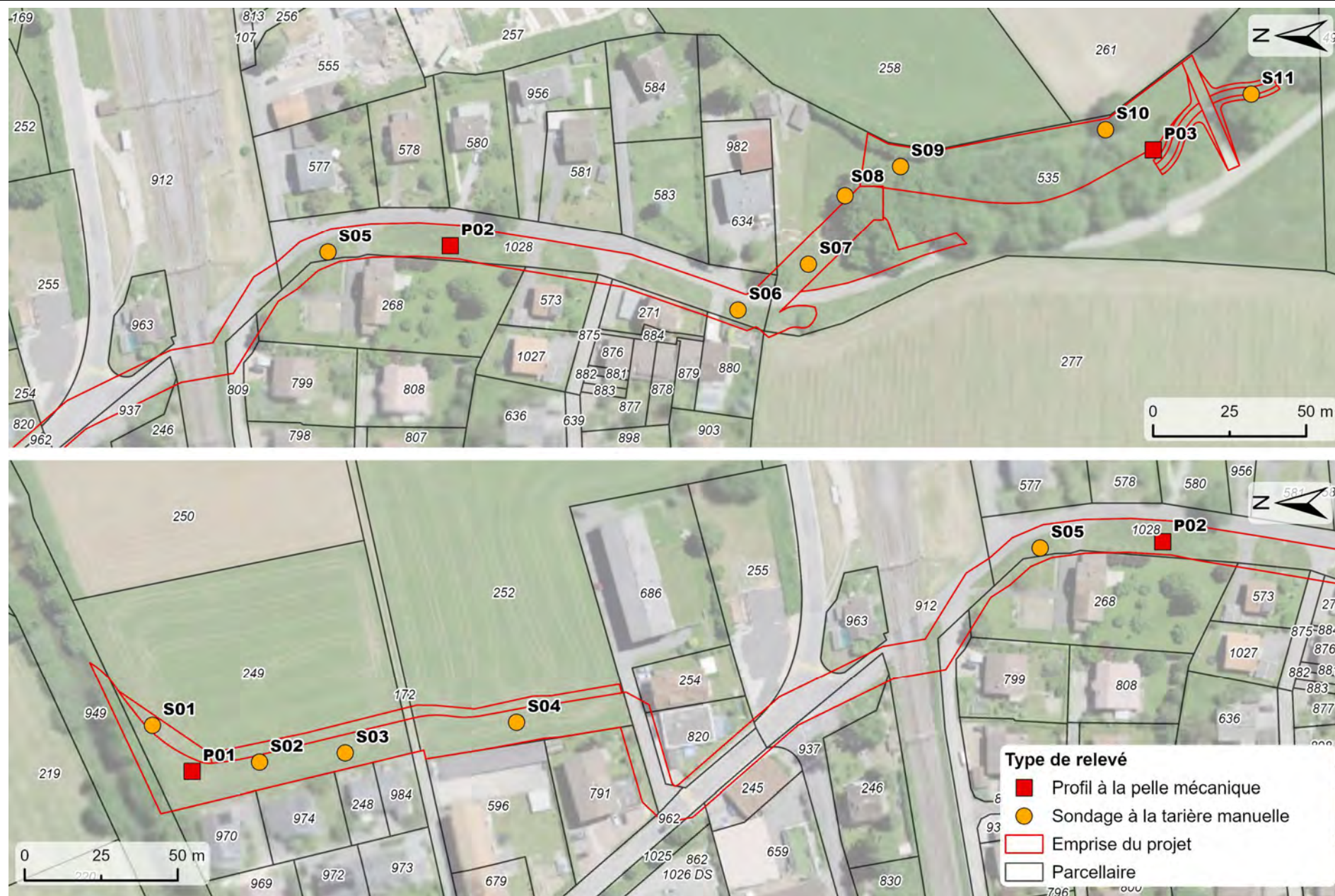
## **ANNEXE 1 : FICHE DE DESCRIPTION DES PROFILS DE SOL**

Situation		Topographie / Géologie		Données du profil											
Champ agricole au bord de la Suze en SDA		Remblai de 50cm sur alluvion		Clé de données	N° du projet	Type de profil	Pédologie	Date			Désignation du profil				
				1	2	3	4	5			6	7			
					191239	P	VTU/AMD	17	10	2023	P	01			
				8 Commune Sanceboz - Sarnbèval							Comm. N° 2605		10		
				9 Canton Berne									11		
				Localité Toponyme											
				12 N° feuille 1:25'000			Coordonnées	13	2'579	202	1'227	339	14		
				Code carto-graphique											
Remarques		Désignation du sol													
Limite racinaire 70cm Hydromorphe diffuse								Type de sol	16	K				17	
								Sous-type	AL PM EOKH II						18
								Pierrosité				19	1		20
								Texture de la terre fine				21	4L	4L	22
								Groupe du régime hydrique				d			23
								Profondeur utile	cm			39	5	24	
								Pente	25	0	%	Forme du terrain		a	26
Relevé du profil															
27	28	29/30		31/32	33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56	
Horizon			Croquis du profil	Structure	Matière org. %	Argile %	Silt %	Sable %	Graviers (0.2-5) Vol. %	Pierres (>5cm) Vol. %	Carbonat CaCO <sub>3</sub> %	pH CaCl <sub>2</sub>	Couleur (Munsell)	Echantillons remarques	
N°	Profondeur	Description													
		0													
		10	ya Ah		Kr 1-20	3	35	45	20	2	0	4/5	NA	brun foncé	RC F
	20	20			Sp 5-15										
	25	30	ya B(g)		Po/Pc	1.5	38	48	14	2	0	4/5	NA	brun gris	C PF
	40	40													
	45	50	ya C		Ek	0	NA	NA	NA	35	20	5/5	NA	beige	M TF
	50	60	yn Cg		Ko	<1	40	45	15	6	0	5/5	NA	brun gris	TC dépôts argileux
		70													
		80													
		90													
		100													
		120													
		140													
		160													
		180													
Profondeur du profil															
		57													
		75													
Site							Evaluation / Aptitude								
Altitude	Exposition	Zone agroclimatique	Végétation actuelle	Matériau de départ	Elément du paysage		Zone du cadastre agricole		Classe d'aptitude	Pointage du sol	Catégorie d'exploitation	Classe d'exploitation			
58	59	60	61	62/63	64	65	60 b		73	74	75	76			
653		C1-4	AK	AL	TS	0									
Restrictions à l'utilisation / Aménagements															
Etat de la structure		Limitations		Restrictions à l'utilisation		Aménagements constatés		Aménagements recommandés		Utilisation d'engrais solides		Utilisation d'engrais liquides			
66		67		68		69		70		71		72			
Forêt															
Forme d'humus	Peuplement	Hauteur arbres, m		Réserves, m³/ha		Age (ans)		Association	Espèces d'arbres adaptées			Capacité production			
		mes.	estim.	mes.	estim.	mes.	estim.					Classe	Points		
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109			110	111		
	a	b													

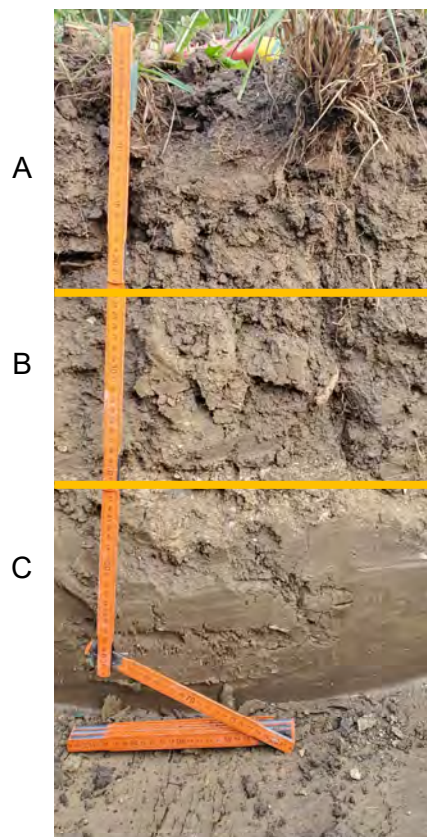
Situation		Topographie / Géologie		Données du profil										
Plate bande deraute prairie permanente	 remblai matériaux alluviaux	Clé de données	N° du projet	Type de profil	Pédologie	Date		Désignation du profil						
		1	2	3	4	5		6	7					
			191239	P	VTU/AMD	17	10	2023	P	02				
		8	Commune Scherz - Scherz						Comm.	10				
		9	Canton Berne						N°	2605				
		Localité Toponyme										11		
12	N° feuille 1:25'000		Coordonnées	13	2539	202	1217	339	14					
Code carto-graphique										15				
Remarques		Désignation du sol												
Limite racinaire 80 cm  ferraille à 30cm et brique	Remblai				Type de sol	16	K				17			
					Sous-type	AL EO KH I1					18			
					Pierrosité	19	1				20			
					Texture de la terre fine	21	TL	TL			22			
					Groupe du régime hydrique	d					23			
					Profondeur utile	cm	29	5			24			
				Pente	25	3	%	Forme du terrain	a	26				
Relevé du profil														
27	28	29/30		31/32	33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56
Horizon			Croquis du profil	Struc-ture	Matière org. %	Argile %	Silt %	Sable %	Graviers (0.2-5) Vol. %	Pierres (>5cm) Vol. %	Carbonat CaCO <sub>3</sub> %	pH CaCl <sub>2</sub>	Couleur (Munsell)	Echantillons remarques
N°	Profondeur	Description												
		0												
15	10	4Aha		Kr	3.5	32	45	23	4	0	4/5	NA	brun noir	M TF
30	20	4ABcn		Pa	2	32	48	20	6	3	4/5	NA	beige	marmorisé
14	30	Bg		Klk	1	35	48	20	6	3	4/5	NA	maître brun	C, PF chablon intercalaire
55	40													
	50													
	60	4C		Ek	0	10	10	80	30	40	5/5	NA	gris brun	C F
	70													
	80													
	90													
	100													
	120													
	140													
	160													
	180													
Profondeur du profil														
57														
80														
Site								Evaluation / Aptitude						
Altitude	Exposition	Zone agroclimatique	Végétation actuelle	Matériau de départ	Elément du paysage	Zone du cadastre agricole		Classe d'aptitude	Pointage du sol	Catégorie d'exploitation	Classe d'exploitation			
58	59	60	61	62/63	64	65	60 b	73	74	75	76			
653		C1-4	OL	AL	TS	O								
Restrictions à l'utilisation / Aménagements														
Etat de la structure		Limitations		Restrictions à l'utilisation		Aménagements constatés		Aménagements recommandés		Utilisation d'engrais solides		liquides		
66		67		68		69		70		71		72		
Forêt														
Forme d'humus	Peuplement	Hauteur arbres, m		Réserves, m³/ha		Age (ans)		Association	Espèces d'arbres adaptées		Capacité production			
		mes.	estim.	mes.	estim.	mes.	estim.				Classe	Points		
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109		110	111		
	a	b												

Situation		Topographie / Géologie		Données du profil										
Enhaut de berge à la limite de la forêt		Clé de données	N° du projet	Type de profil	Pédolo- gue	Date		Désignation du profil						
		1	2	3	4	5		6			7			
		191239	P	VTU/AM	17	10	2023	P	03					
	8	Commune Sanceloz Sarnaval						Comm.				10		
	9	Canton Berne						N° 2605						
		Localité Toponyme										11		
	12	N° feuille 1:25'000		Coordonnées		13	2579	311	1216	792	14			
		Code carto- graphique										15		
Remarques		Désignation du sol												
Limite racinaire 50cm						Type de sol	16	F				17		
						Sous-type	PAE0 KH					18		
						Pierrosité				19	1	20		
						Texture de la terre fine				21	sL	sL	22	
						Groupe du régime hydrique				d		23		
						Profondeur utile	cm			30	5	24		
						Pente	25	4 %	Forme du terrain		a	26		
Relevé du profil														
27	28	29/30		31/32	33/34	35/36	37/38	39/40	41 (43)	42	44/45	46/47	48 - 55	56
Horizon			Croquis du profil	Struc- ture	Matière org. %	Argile %	Silt %	Sable %	Graviers (0.2-5) Vol. %	Pierres (>5cm) Vol. %	Carbonat CaCO <sub>3</sub> %	pH CaCl <sub>2</sub>	Couleur (Munsell)	Echantillons remarques
N°	Profond- deur	Description												
		0												
15	10	Ah		Kr 1-2mm	3	18	40	42	8	0	5/5	NA	brun foncé	TFM mo'ceau br.que
	20	(B)A		Sp 1-2mm	1.5	18	40	42	12	0	5/5	NA	brun gris clair	TFM
	30	cn												
30	40	Cg		Ek	0	24	44	32	3	0	5/2	NA	blanc gris	CaTC induré compac finable
	50													
	60													
	70													
	80													
	90													
	100													
	120													
	140													
	160													
	180													
Profondeur du profil														
57														
55														
Site								Evaluation / Aptitude						
Altitude	Exposition	Zone agrocli- matique	Végétation actuelle	Matériau de départ	Elément du paysage		Zone du cadas- tre agricole		Classe d'aptitude	Pointage du sol	Catégorie d'exploitation	Classe d'exploitation		
58	59	60	61	62/63	64	65	60 b		73	74	75	76		
653		C1-4	C1-4	AL	TS	0								
Restrictions à l'utilisation / Aménagements														
Etat de la structure		Limitations		Restrictions à l'utilisation		Aménagements constatés		Aménagements recommandés		Utilisation d'engrais solides		Utilisation d'engrais liquides		
66		67		68		69		70		71		72		
Forêt														
Forme d'humus	Peuplement	Hauteur arbres, m mes. estim.		Réserves, m <sup>3</sup> /ha mes. estim.		Age (ans) mes. estim.		Associa- tion	Espèces d'arbres adaptées			Capacité production Classe Points		
100	101	102	103	104	105	106	107	108	109			110	111	
	a	b												

## **ANNEXE 2 : ILLUSTRATION DES RELEVÉS PÉDOLOGIQUE**



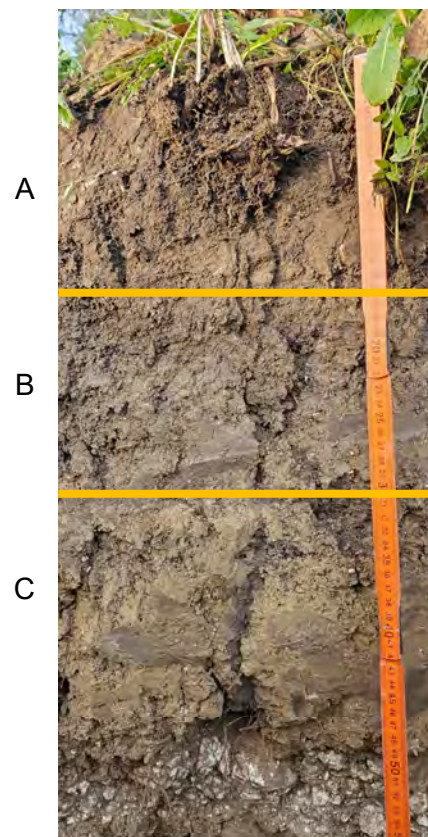
**P01**



Sol agricole

Sol brun calcaire  
AL, PM, E0, KH, I1

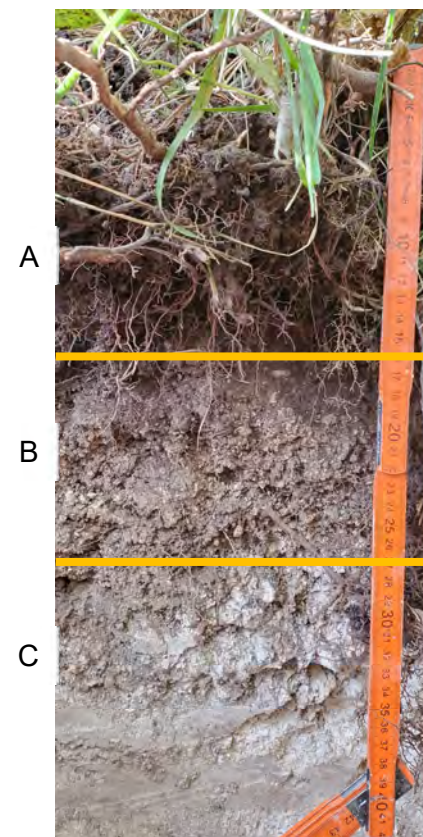
**P02**



Sol anthropique

Remblai  
AL, E0, KH, I1

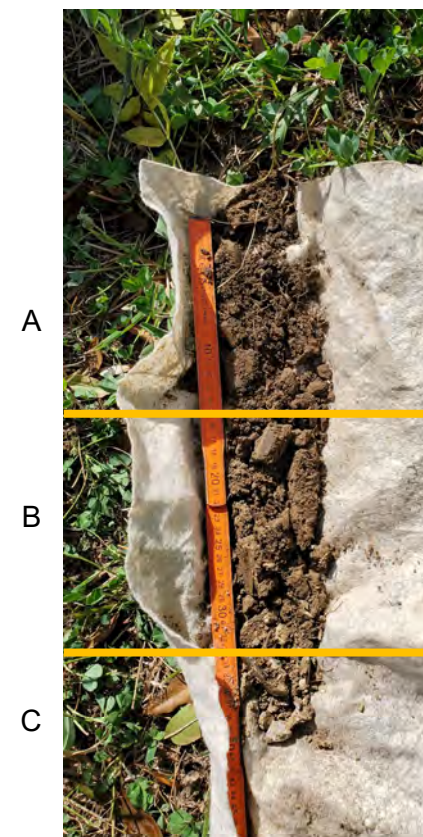
**P03**



Sol alluvial forestier

Fluvisol  
PA, E0, KH

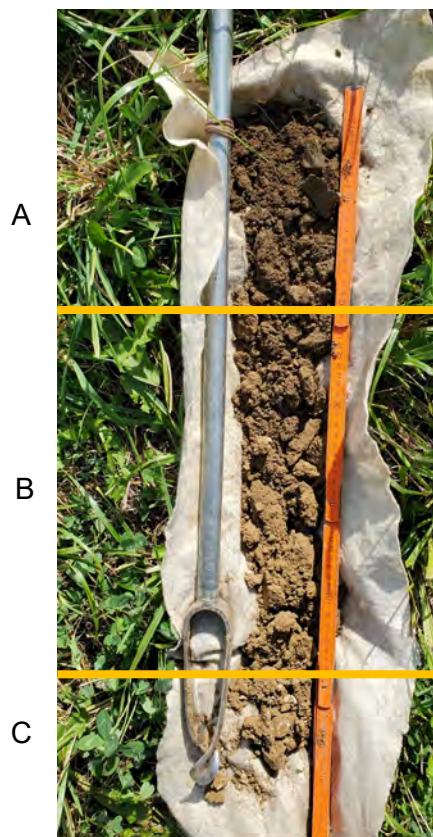
**S01**



Sol agricole

Sol brun calcaire  
AL, PM, E0, KH, I1

**S02**



Sol agricole

Sol brun calcaire  
AL, PM, E0, KH, I1

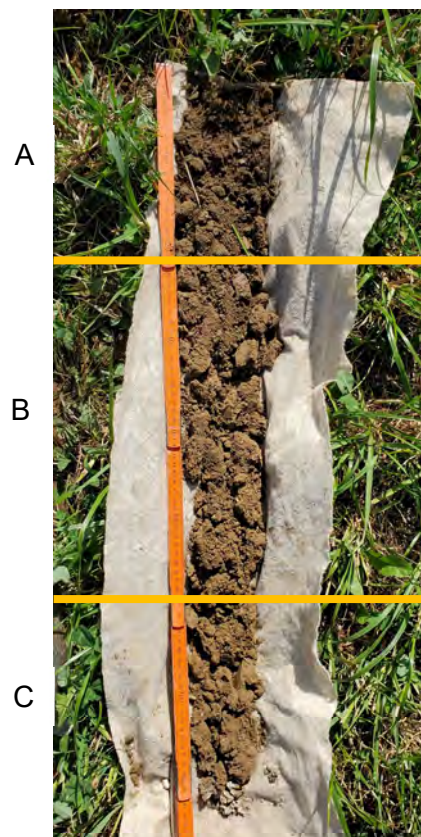
**S03**



Sol agricole

Sol brun calcaire  
AL, PM, E0, KH, I1

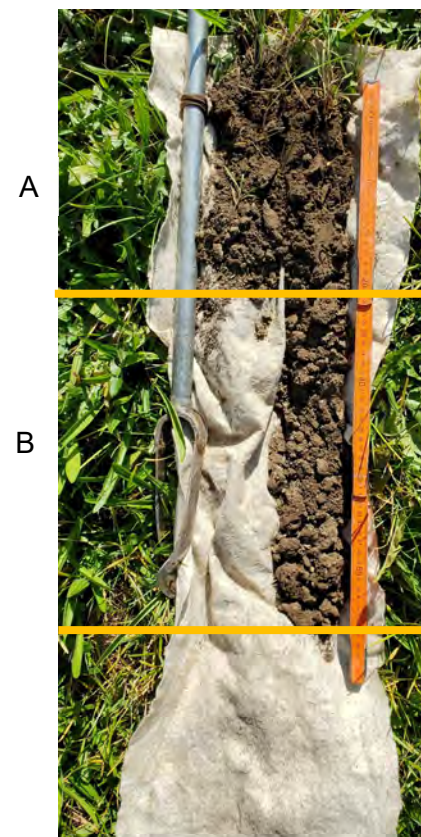
**S04**



Sol agricole

Sol brun calcaire  
AL, PM, E0, KH, I1

**S05**



Sol anthropique

Remblai  
AL, E0, KH, I1

**S06**



Sol anthropique

Remblai  
AL, E0, KH, I1

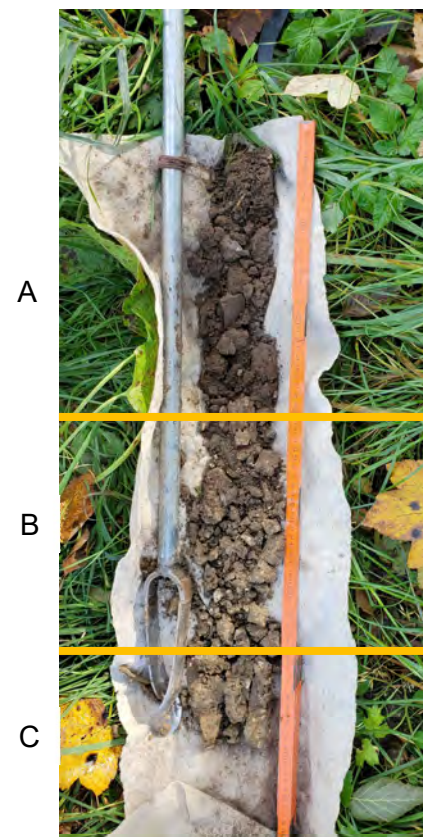
**S07**



Sol anthropique

Remblai  
AL, E0, KH, I1

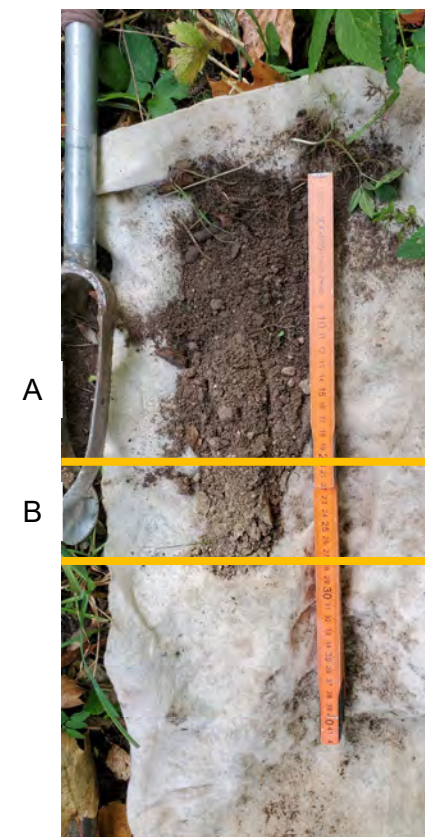
**S08**



Sol alluvial forestier

Fluvisol  
PA, E0, KH

**S09**



Sol alluvial forestier

Fluvisol  
PA, E0, KH

**S10**



Sol agricole

Sol brun calcaire  
AL, PM, E0, KH, I1

**S11**



Sol alluvial forestier

Fluvisol  
PA, E0, KH

---

**ANNEXE 3 : RÉSULTATS D'ANALYSES DES POLLUANTS SELON L'OSOL (LABORATOIRE WESSLING AG)**

WESSLING AG, Werkstrasse 27, 3250 Lyss BE  
Biol conseils s.a.  
Madame Valentine Turberg  
Av. Jean Jacques Rousseau 7  
2000 Neuchâtel

Commande n°.: ULS-07648-23  
Interlocuteur: Nicolas Amstutz  
Ligne directe: +41 32 387 67 41  
E-Mail: sales-env@wessling.ch

**Lyss, le 30.10.2023**

## **Rapport no. ULS23-009582-1**

**191239**

**Commune de Sonceboz- Sombeval - Ruisseau des Malés,  
Sombeval (BE)**



ISO/IEC 17025

Les résultats d'analyses se fondent uniquement sur les échantillons à notre disposition. Ce rapport ne peut être reproduit partiellement qu'avec l'autorisation préalable de WESSLING AG (DIN EN ISO/IEC 17025).

Rapport no. ULS23-009582-1  
Lyss, le 30.10.2023

Désignation d'échantillon			S02-S04 - 0-20 cm	P02 - 0-15 cm	P02 - 15-55 cm	P03 - 0-35 cm
N° d'échantillon	Unité	LQ	23-150668-01	23-150668-02	23-150668-03	23-150668-04

#### Propriétés générales

Matière sèche	% masse MB	0.1	73	72	82	79
---------------	------------	-----	----	----	----	----

#### Préparation

Matières sèches (40°C)			24.10.2023	24.10.2023	24.10.2023	24.10.2023
Partie fine < 2mm			24.10.2023	24.10.2023	24.10.2023	24.10.2023
Après minéralisation par HNO3 2 M			24.10.2023	24.10.2023	24.10.2023	24.10.2023

#### Métaux, métaux lourds et autres éléments

##### Métaux et autres éléments

Plomb (Pb)	mg/kg MS	1	34	140	47	11
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0.1	0.5	0.7	0.6	0.4
Chrome (Cr)	mg/kg MS	1	29	31	34	17
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	1	46	93	78	5.5
Molybdène (Mo)	mg/kg MS	1	<1.0	2.3	5.4	<1.0
Nickel (Ni)	mg/kg MS	1	27	39	46	9.6
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0.05	0.62	0.1	0.07	<0.05
Zinc (Zn)	mg/kg MS	5	98	440	150	34

#### Substances organiques moyennement et peu volatiles

##### HAP

Naphtalène	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Acénaphthylène	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Acénaphthène	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fluorène	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Phénanthrène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.17	0.11	<0.05
Anthracène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.05	<0.05	<0.05
Fluoranthène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.49	0.22	<0.05
Pyrène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.33	0.15	<0.05
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.24	0.09	<0.05
Chrysène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.27	0.11	<0.05
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.2	0.11	<0.05
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.21	0.09	<0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.21	0.1	<0.05
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.05	<0.05	<0.05
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.13	0.06	<0.05
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg MS	0.05	<0.05	0.14	0.07	<0.05
<b>Somme des HAP</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>	<b>2.5</b>	<b>1.1</b>	<b>-/-</b>

Rapport no. ULS23-009582-1  
Lyss, le 30.10.2023

## Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	23-150668-01	23-150668-02	23-150668-03	23-150668-04
Date de réception:	18.10.2023	18.10.2023	18.10.2023	18.10.2023
Désignation	<b>S02-S04 - 0-20 cm</b>	<b>P02 - 0-15 cm</b>	<b>P02 - 15-55 cm</b>	<b>P03 - 0-35 cm</b>
Type d'échantillons:	Sol	Sol	Sol	Sol
Prélèvement:	17.10.2023	17.10.2023	17.10.2023	17.10.2023
Prélèvement par:	Client	Client	Client	Client
Début des analyses:	18.10.2023	18.10.2023	18.10.2023	18.10.2023
Fin des analyses:	30.10.2023	30.10.2023	30.10.2023	30.10.2023

## Méthodes

### Paramètres

Matières sèches sur solide (séché à l'air à 40 °C)  
Tamisage de solides  
Matières sèches  
Extraction à l'acide nitrique à 2 M

Métaux/Elements (ICP-OES/ICP-MS) sur matière solide

HAP (16)

### Norme

DIN EN 12880 mod.<sup>A</sup>  
DIN ISO 11464 (2006-12)<sup>A</sup>  
DIN ISO 11465 (1996-12)<sup>A</sup>  
WES 1461 (3.3.301)<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 11885 mod. / DIN EN  
ISO 17294-2 mod. (2009-09 / 2017-01)<sup>A</sup>  
ISO 18287 mod.<sup>A</sup>

### Laboratoire

Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)

A = procédé de mesure accrédité (ISO 17025)

MB = matière brute

MS = matière sèche

LQ = limite de quantification

E/L = eau / lixiviat

G = gaz

nd = non détecté

LB = liant bitumineux



[Lien/code QR vers l'explication de l'évaluation](#)

Des compléments d'information sur les principes d'analyses, par exemple les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Ce document a été créé électroniquement et est également valable sans signature.

Marina Kuster

Directrice générale, Dr.

## **ANNEXE 4 : CAHIERS DES CHARGES DU SPSC**

<b>A. Phase préparatoire</b>		<b>Resp.</b>
<b>1. Planification et information</b>		
Compléter les investigations de pollution chimiques des sols agricoles		SPSC
Organiser les travaux (planning, emprises, etc.)		SPSC/DT
Définir les méthodes de travail les plus adaptées		SPSC/DT
Clarifier le comportement en cas d'interruption du chantier pour des raisons météorologiques		SPSC/DT
Intégrer le plan et les mesures de protection du sol dans l'appel d'offres		SPSC/DT
<b>2. Préparation du chantier</b>		
Informar le SPSC sur le déroulement des travaux		DT
Définir un calendrier et les durées d'interventions		DT
Finaliser le concept de valorisation des matériaux terreux en collaboration avec l'ENT		SPSC/ENT
Etablir la liste des machines amenées à circuler sur les sols		ENT
Définir les limites d'engagement des machines sur les sols		SPSC
Instruire les propriétaires fonciers et les exploitants au sujet des travaux préparatoires (fauchage)		DT/MO
<b>B. Phase d'exécution</b>		
Participer à toutes les réunions de chantier dont l'ordre du jour a un lien avec le sol, et conseiller la direction du chantier ainsi que le maître d'ouvrage		SPSC/DT
<b>1. Préparation des travaux</b>		
Vérifier les conditions d'humidité des sols		SPSC
Vérifier la mise en place des installations de chantier		SPSC
Contrôler la liste des machines effectives		SPSC
Adapter les mesures de protection des sols en cas de modification de projet		SPSC
Organiser une séance d'information et de rappel des mesures de protection des sols avec l'entreprise		SPSC
<b>2. Décapage et stockage</b>		
Vérifier et valider les épaisseurs de terrassement et le tri des matériaux		SPSC
Vérifier que les types de sols différents (agricole, anthropique, forestier) soient décapés et stockés séparément		
Contrôler la mise en dépôt des matériaux terreux et la hauteur des tas		SPSC
Vérifier la bonne manipulation des matériaux terreux, sans compactage		SPSC
Vérifier la circulation des machines sur les sols		SPSC
<b>3. Valorisation et évacuation des matériaux terreux</b>		
Réaliser un bilan de matériaux terreux disponibles et des matériaux d'excavation valorisables		SPSC
S'assurer de la valorisation des matériaux excédentaires valorisables		SPSC
Vérifier et valider les épaisseurs de matériaux remis en état		SPSC
Vérifier que chaque type de sols soit remis en place au bon endroit		
Vérifier la bonne manipulation des matériaux terreux, sans compactage		SPSC
Contrôler la remise en état de la surface (épierrage, hersage et ensemencement)		SPSC
<b>4. Rapports de suivi</b>		
Rédiger les comptes-rendus des visites (sous forme de mails à la DT)		SPSC
Rédiger le rapport final de suivi à l'attention de l'autorité compétente		SPSC
<b>C. Phase de remise en culture</b>		
<b>1. Définition de conditions de remise en culture</b>		
Organiser une réception du remblai nivelé en présence des exploitants et du maître d'ouvrage		SPSC
Etablir les conditions de remises en culture (type de culture, période de travail et choix des machines) avec l'exploitant et le maître d'ouvrage		SPSC
Etablir une convention de remise en culture signée par le(s) exploitant(s) et le maître d'ouvrage		DT/SPSC
Expliquer à l'exploitant le déroulement correct de la remise en culture en vue de la restructuration des couches de sol reconstitué		SPSC

2. Conseil et suivi de la phase de remise en culture	
Documenter les étapes de la remise en culture ainsi que les résultats obtenus	SPSC
Evaluer la qualité des sols reconstitués après 3 ans de remise en culture (constat intermédiaire)	SPSC
Etablir des mesures correctives en cas de non-conformités (compactions, pertes de sol)	SPSC
Rédiger les comptes-rendus des visites (sous forme de mails à la DT)	SPSC
3. Réception finale de l'aménagement de parcelles	
Evaluation de la qualité des sols reconstitués après 5 ans de remise en culture (constat final)	SPSC
Etablir les conditions d'exploitation des surfaces pour les 5 années suivantes (plan de cultures) avec le(s) exploitant(s)	SPSC
Organiser une réception finale du remblai en présence des exploitants et du maître d'ouvrage	
4. Rapport final de suivi	
Etablir un rapport final incluant une documentation photographique à l'intention de l'autorité délivrant les permis de construire et du service cantonal de la protection des sols	SPSC

SPSC : Spécialiste de la protection des sols sur le chantier

DT : Direction des travaux

ENT : Entreprise

MO: Maître d'ouvrage

## **ANNEXE 5 : CALENDRIER INTENTIONNEL DES TRAVAUX**

[illegible]

Tableau 9 : Planning de la procédure complète pour la phase SIA 32 à 53.

# **Annexe 3**

## **Etude hydrogéologique**

Municipalité de Sonceboz - Sombeval

PAE du ruisseau des Malés – Aqueduc CFF

Etude hydrogéologique

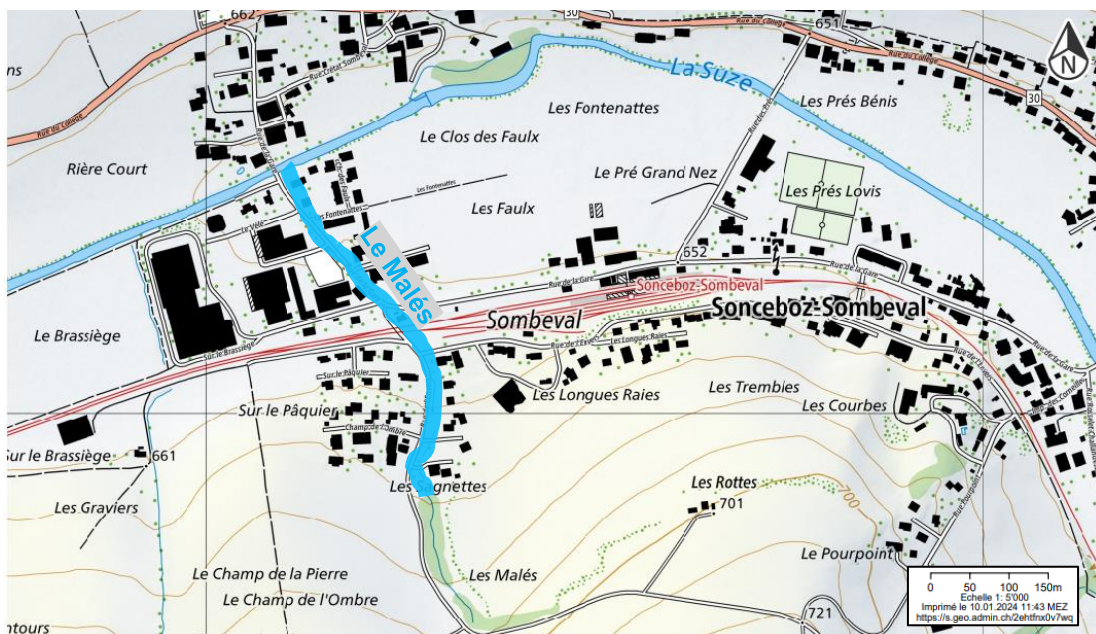
191239 | 25.01.2024

## 1. INTRODUCTION

**Contexte** Le projet du plan d'aménagement des eaux (PAE) du ruisseau des Malés, sur la commune de Sonceboz-Sombeval (Figure 1), prévoit le réaménagement du cours d'eau dans un but de sécurisation du village ainsi que des infrastructures ferroviaires et routières, en cas de crue importante du ruisseau.

Le réaménagement du ruisseau comprend la remise à ciel ouvert dans le premier tiers amont et dans le dernier tiers aval. Le tiers intermédiaire du tracé est maintenu en souterrain en raison de sa situation en milieu bâti et de la présence d'infrastructures routières et ferroviaires.

**Figure 1 :**  
Localisation du  
périmètre de  
réaménagement  
du cours d'eau  
en bleu



**Demande de compléments**

À la suite de la révision du projet, L'Office des eaux et des déchets du canton de Berne (OED) a émis une demande de complément en date du 27 juillet 2023, dans laquelle une étude hydrogéologique spécifique au projet est demandée. Cette étude fait l'objet du présent rapport, pour les deux tronçons à ciel ouvert. Une étude similaire a déjà été transmise aux autorités pour le tronçon couvert, sous les voies CFF [6].

2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE RÉGIONAL

2.1. Géologie

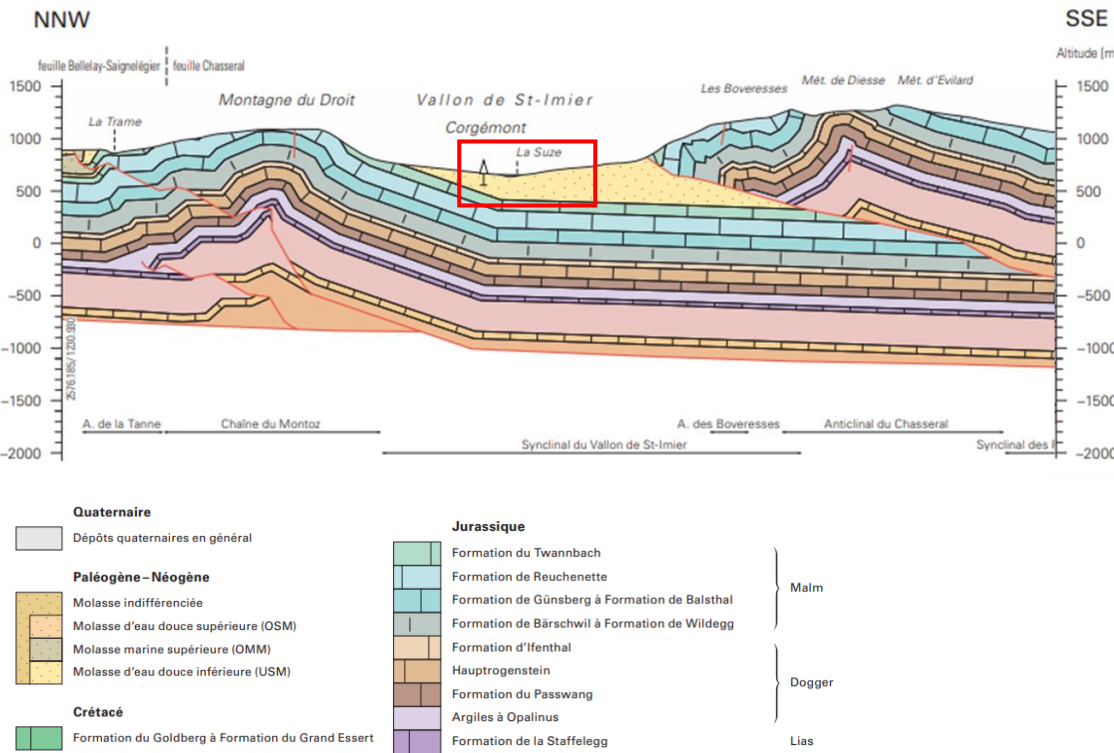
Géologie de la zone

D’après l’atlas géologique [1], le projet se trouve dans le synclinal du Vallon de St-Imier. Ce dernier est rempli de grès, marnes et calcaires correspondant à la molasse d’eau douce inférieure. Des alluvions récentes datant du quaternaire et déposées par la Suze surplombent la Molasse. Les dépôts torrentiels du ruisseau des Malés se trouvent de part et d’autre de ce dernier. Lors de la construction de la voie ferroviaire et du passage à niveau, une importante couche de remblais a été mise en place et se trouve aux abords de ces ouvrages.

Des sondages carottés réalisés à 200 m à l’est du projet [3] ont mis en évidence la succession lithologique suivante :

- des remblais ;
- des dépôts de bloc calcaires subanguleux avec du sable ;
- une alternance de limons argileux avec des sables limoneux présentant des gravillons calcaires subanguleux à subarrondis.

Figure 2 : Coupe géologique à proximité du secteur d’étude en rouge [1]



2.2. Hydrogéologie

Hydrogéologie locale

L’hydrogéologie de la région est essentiellement de type karstique. Sur les flancs nord et sud du Vallon de St-Imier, les écoulements se font en direction de la nappe du Malm de ce Vallon. Les dépôts molassiques qui recouvrent le synclinal confinent en grande partie cet aquifère.

Dans le Vallon de St-Imier, la Suze draine toute la vallée. De nombreuses sources karstiques situées le long de son tracé se déversent dans son cours. Les dépôts quaternaires du vallon abritent également la nappe alluviale de la Suze.

Le long des versant, les dépôts torrentiels et éboulis abritent finalement des lentilles d'eau qui s'écoulent en suivant la topographie.

**Protection des  
eaux  
souterraines**

La zone d'étude se trouve en secteur Au de protection des eaux souterraines. Aucune source ne se trouve à proximité.

### 3. SUIVI HYDROGÉOLOGIQUE

#### 3.1. Etude précédente (projet CFF, bureau PRONA)

**Suivi  
piézométrique  
2021-2022**

Un réseau de piézomètres (Figure 3) a été installé afin de suivre l'évolution des niveaux piézométriques dans le secteur de la gare de Sonceboz-Sombeval dans le cadre de son renouvellement. Un suivi hydrogéologique a été mis en place dans l'ensemble des piézomètres entre janvier 2021 et septembre 2022 (données fournies par le bureau PRONA, Figure 4). Les variations des niveaux piézométriques fournissent les indications suivantes :

- les piézomètres PR1 et PR4 sont restés secs ;
- le piézomètre PR3 n'est pas influencé par les précipitations météoriques ;
- les piézomètres SC1, SC2 et PR2 semblent recouper la même lentille, puisque leurs niveaux piézométriques respectifs varient de la même façon ;

Cette même lentille semble fortement influencée par les précipitations météoriques, puisque les niveaux piézométriques varient fortement en fonction des précipitations (élévation marquée du niveau piézométrique lors des événements pluvieux).

**Figure 3 : Réseau  
piézométrique à  
proximité (tiré de  
[1])**

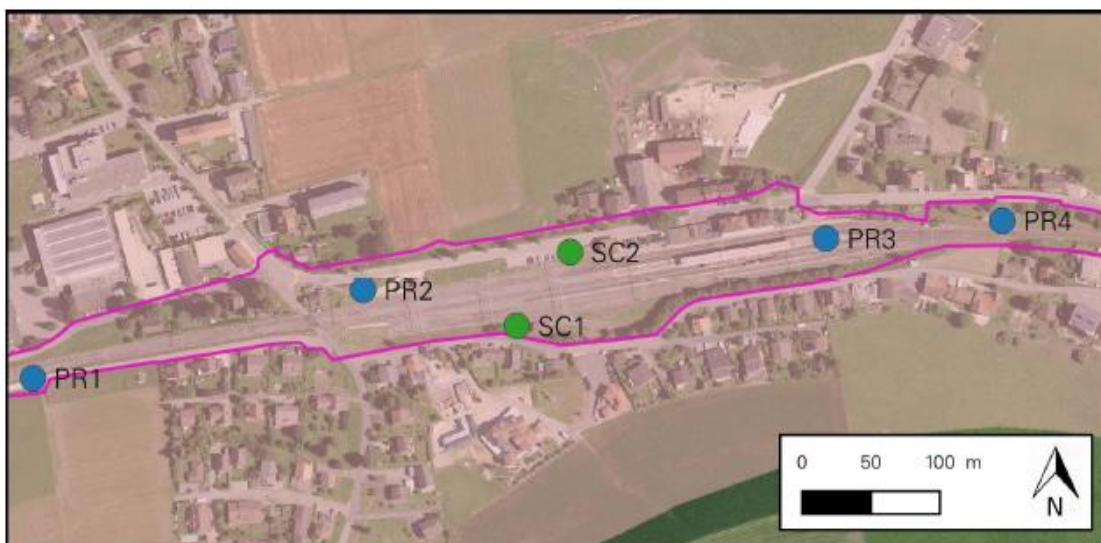
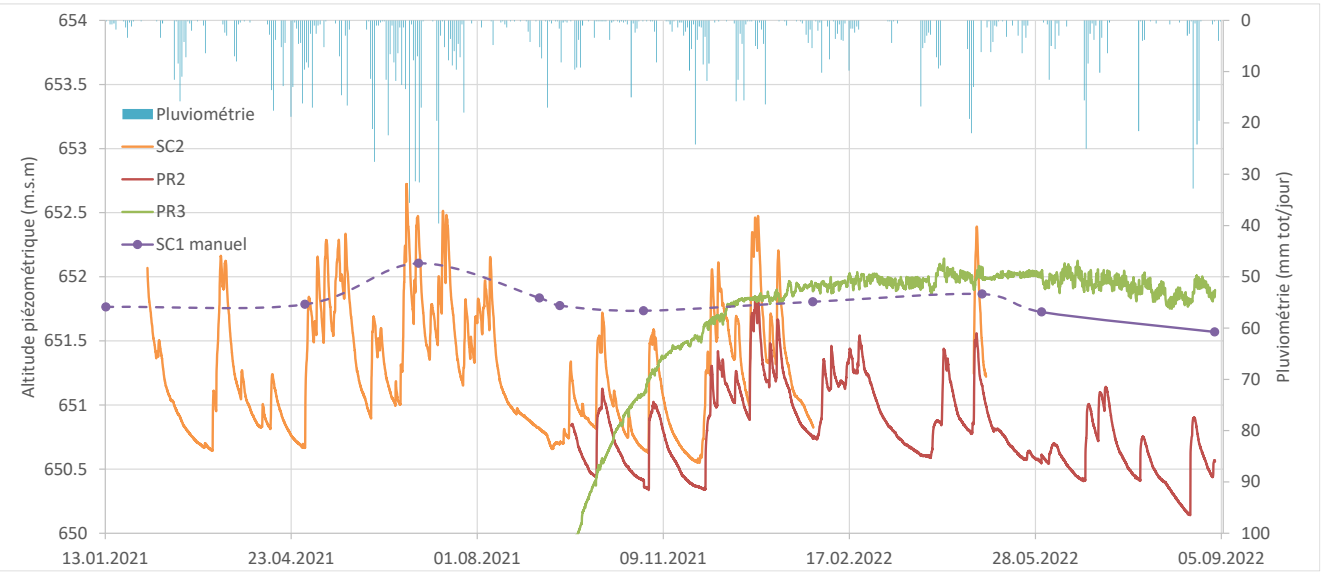


Figure 4 : Pluviométrie et évolution des niveaux piézométriques des piézomètres SC2, PR2, PR3 et SC1 entre janvier 2021 et septembre 2022 (Source : PRONA)



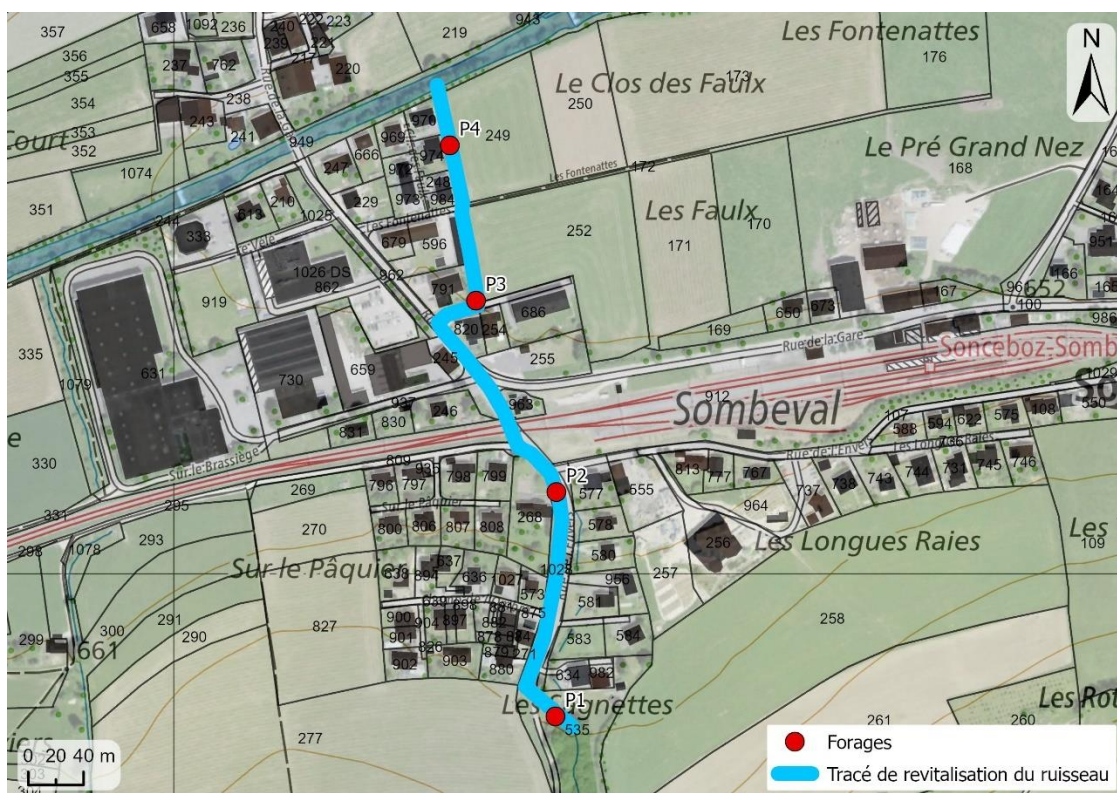
### 3.2. Campagne de mesures 2023-2024

**Suivi  
piézométrique  
2023-2024**

Le réseau piézométrique installé dans le cadre des travaux CFF a été détruit et n'a malheureusement plus pu être valorisé. Quatre nouveaux piézomètres ont été mis en place afin de suivre l'évolution des niveaux piézométriques le long du tracé du ruisseau des Malés (Figure 3). Le niveau d'eau y a été mesuré en continu à l'aide de sondes de pression automatiques. En parallèle, des mesures du niveau piézométrique ont été réalisées à deux reprises afin de calibrer les données.

Le suivi hydrogéologique a été mis en place dans l'ensemble des piézomètres entre le 2 novembre 2023 et le 3 janvier 2024

**Figure 5 :**  
**Emplacement**  
**des forages**  
**réalisés en 2023**  
**le long du tracé**  
**du projet**



**Géologie rencontrée**

Lors de la réalisation des piézomètres, la géologie rencontrée dans les 4 forages a montré une succession similaire aux forages précédemment réalisés. Les observations suivantes ont été effectuées :

- les forages P1 et P2, situés sur le versant sud de la vallée, présentent des colluvions de pente, avec des matériaux principalement limoneux. Dans le cas du piézomètre P2, des intercalations légèrement plus graveleuses et humides sont observées sur quelques dizaines de centimètres, sans que l'on puisse à proprement parler d'un niveau aquifère ;
- des sables limoneux présentant des graviers calcaires subanguleux à subarrondis ont été observés dans les forages P3 et P4 et correspondent à des dépôts alluvionnaires. Des limons argileux (aquiclude) sont retrouvés en surface et en dessous de cet horizon aquifère.
- Des remblais ont uniquement été retrouvés dans le forage P2, sur une épaisseur d'environ 1 m.

Les logs de forages se trouvent en Annexe 1. Un dossier photos des carottes se trouvent en Annexe 2.

### 3.2.1. Piézométrie

**Résultats des mesures**

Les mesures en continu des 4 piézomètres sont présentées dans la Figure 6 ci-dessous et sont mises en parallèle des précipitations. Les résultats sont présentés en profondeur de la nappe et non pas en altitude de la nappe dans une idée de lisibilité. En effet les variations de l'altitude entre les piézomètres (environ 20 mètres) dépassant de plusieurs ordres de grandeur les

variations au sein d'un unique piézomètre (environ 50 cm), les fluctuations ne seraient pas visibles en présentant toutes les données en parallèle.

Les altitudes minimum, maximum et moyennes mesurées dans chaque piézomètre sont présentées sur le Tableau 1. Elles sont comparées au niveau projeté du futur fond du lit du ruisseau dans les secteurs concernés. Les niveaux piézométriques sont également représentés en m.s.m. en Annexe 3.

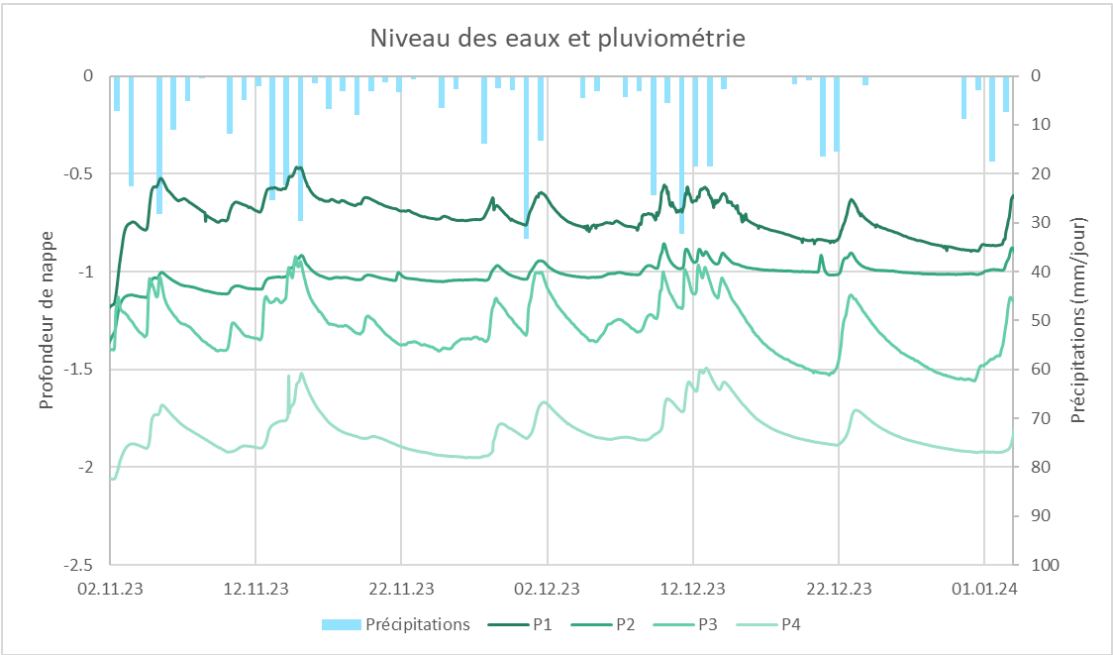
Une carte piézométrique est présentée en Figure 7.

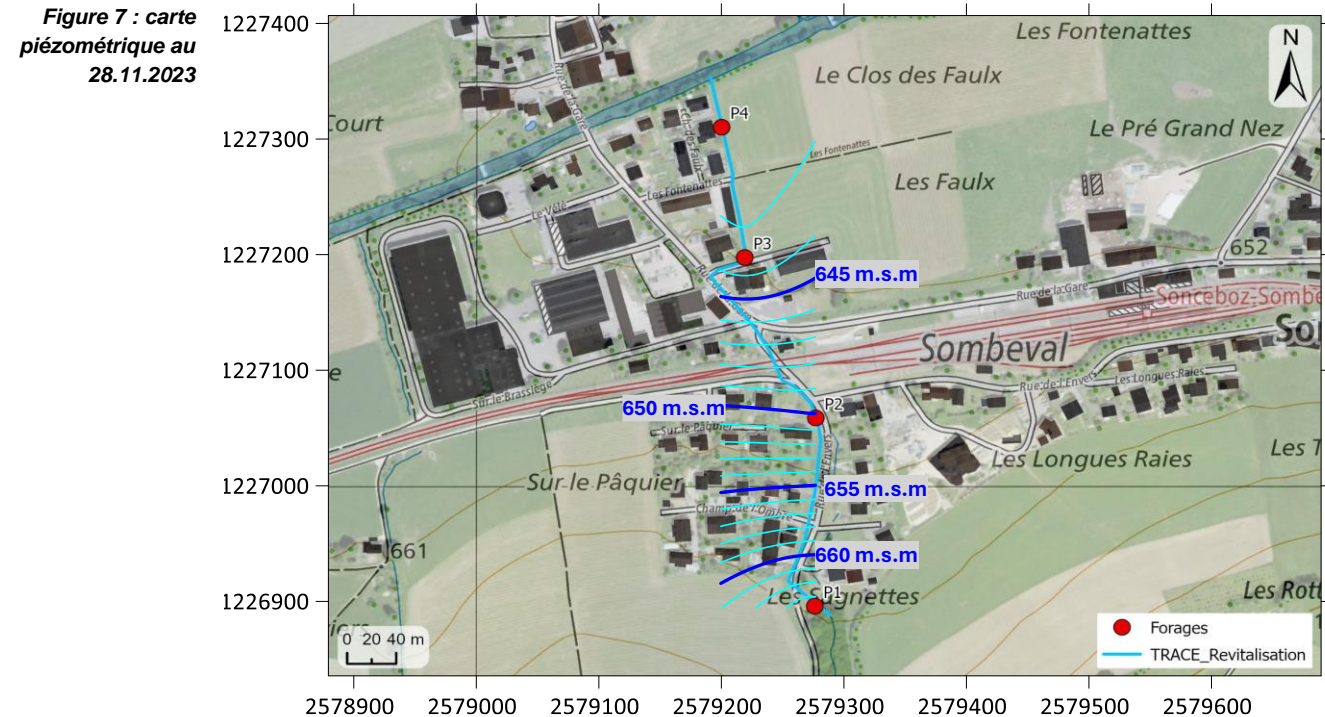
Ces résultats permettent les observations suivantes :

- les niveaux d'eau varient de manière similaire dans les 4 piézomètres et sont de l'ordre d'environ 0.5 m ;
- le niveau dans les piézomètres P1 et P2 varient avec une amplitude plus faible que dans les deux autres ;
- les eaux s'écoulent en direction de la Suze en suivant la topographie ;
- les précipitations influencent fortement les niveaux d'eau.

Les écoulements souterrains dans la partie amont du projet doivent correspondre à des écoulements de pente, sans véritable aquifère. Dans la partie aval plane, des alluvions du ruisseau des Malés ont créés un aquifère de faible puissance. Ce dernier est protégé par une couche de limons argileux et parfois légèrement captif. Les variations de niveau d'eau sont fortement corrélées avec les précipitations, qui influencent de manière très significative les niveaux piézométriques.

**Figure 6 :**  
**Pluviométrie et**  
**évolution des**  
**niveaux**  
**piézométriques**  
**des piézomètres**  
**P1, P2, P3 et P4**  
**entre novembre**  
**2023 et janvier**  
**2024**





**Tableau 1 :**  
Altitudes max, min  
et moyenne  
mesurées durant  
le suivi 2023-2024

	P1	P2	P3	P4
alt max de la nappe (msm)	669.08	655.43	648.65	647.72
alt min de la nappe (msm)	668.34	654.85	648.01	647.13
alt moy de la nappe (msm)	668.71	655.14	648.33	647.43
alt fond du futur ruisseau (msm)	667.72*	654.19	648.38	647.35
alt du toit de l'aquifère (msm)	-	655.34	648.29	648.40

\* forte pente - pas représentatif - future altitude correspondant environ à l'actuel

**Pluviométrie et niveaux des eaux souterraines**

Les précipitations des mois de novembre et de décembre ont été exceptionnellement élevées et ont induit des niveaux d'eaux souterraines correspondant à une période de hautes eaux. Elles peuvent donc donner une idée des niveaux annuels maximaux des eaux souterraines. Les valeurs moyennes et minimum ne sont en revanche pas représentatives de la situation annuelle globale.

**Projet de renaturation du ruisseau du Malés**

Les piézomètres P1, P2, P3 et P4 sont tous situés directement au droit du tracé de revitalisation du ruisseau des Malés et représentent au mieux les conditions hydrogéologiques en interaction avec le projet. Les caractéristiques hydrogéologiques suivantes sont ressorties du suivi :

- le niveau moyen se trouve autour de 668 et 647 m.s.m. et varie en fonction des conditions météorologiques ;
- le niveau piézométrique en période de hautes eaux a été mesuré entre 669.08 et 648.19 m.s.m.

- le niveau piézométrique en période de basses eaux n'a pas été déterminé lors de cette campagne de suivi. Un battement du niveau d'eau de l'ordre de 1.5 à 2 m au sein des lentilles perméables peut être estimé sur la base des précédentes études.

Le niveau maximal moyen et minimal des eaux souterraines mesuré dans les 4 piézomètres le long du tracé a été projeté et présenté dans le Tableau 1. Le fond du lit du ruisseau est globalement situé juste en dessous du niveau moyen des eaux souterraines.

**Aqueduc CFF** Au niveau des voies CFF, la remise à ciel ouvert n'est pas possible. Un aqueduc permettra le passage du ruisseau du Malés en direction de la Suze. Cette portion sera située en dessous du niveau des eaux souterraines et traversera des lentilles saturées en eau. L'aqueduc sera réalisé en béton et de manière à ne pas permettre d'interaction entre le ruisseau et les zones saturées en eau souterraine. Un drainage des eaux souterraines au droit de cet ouvrage est ainsi exclu. Par son caractère imperméable, cet ouvrage pourrait au contraire avoir un effet barrage sur les écoulements souterrains. Toutefois, grâce à l'installation de graviers autour de l'aqueduc, les écoulements des eaux souterraines seront maintenus. Cet objet a fait l'objet d'une note à part entière transmise à l'OED et respecte les prescriptions en vigueur [6].

**Interaction nappe ruisseau** Dans les parties à ciel ouvert, le futur lit du ruisseau est systématiquement situé juste en-dessous des niveaux d'eau mesurés dans les lentilles perméables. Le ruisseau devrait ainsi drainer en partie les eaux souterraines en période de hautes eaux. En période de basses eaux, il les alimentera dans certains secteurs et les drainera dans d'autres. Une interaction directe avec la nappe de la Suze apparaît comme peu probable mais ne peut pas être exclue dans la partie nord du tracé du ruisseau.

## 4. CONCLUSIONS

**Synthèse du suivi hydrogéologique** Le suivi hydrogéologique réalisé entre novembre 2023 et janvier 2024 a conduit aux conclusions suivantes :

- des dépôts torrentiels sont situés le long du tracé du ruisseau des Malés et abritent :
  - des écoulements de pentes dans des lentilles saturées en eau s'écoulant en suivant la topographie en direction de la Suze dans la partie amont ;
  - un aquifère de faible épaisseur dans la partie aval, potentiellement captif, dans des graviers présentant une matrice limoneuse.
- l'altitude du futur lit du ruisseau renaturalisé semble être systématiquement située au-dessous du niveau des eaux souterraines en hautes eaux selon les mesures réalisées. Il est cependant à noter que la période de mesure présentait des conditions très pluvieuses, avec des niveaux d'eau pouvant être caractérisées plutôt comme des hautes eaux. Il n'est ainsi pas exclu que les niveaux moyens puissent être situés en dessous du futur lit du ruisseau. Le ruisseau drainera en partie les eaux souterraines ou les alimentera en fonction des secteurs et des conditions hydrologiques ;
- si le futur tracé du ruisseau drainera en partie les eaux souterraines présentes au droit du projet, le drainage des alluvions n'aura néanmoins pas d'impact significatif à l'échelle régionale en fonction des relatives faibles perméabilités probables des matériaux aquifères gravello-limoneux ;
- le ruisseau des Malés se déverse dans la Suze.

Le projet de renaturation du ruisseau des Malés, ainsi que l'aqueduc pour le passage du ruisseau du Malés sous les voies CFF en gare de Sonceboz-Sombeval, n'auront pas d'influence significative sur les conditions hydrogéologiques régionales actuelles et ne menacent pas les ressources en eau de la région.

**Recommandations et mesures constructives**

Au regard de la période extrêmement pluvieuse dans laquelle s'est inscrit le suivi piézométrique, nous recommandons de continuer le suivi ou de réaliser un suivi piézométrique en période de basses eaux afin d'obtenir des données moyennes fiables.

Selon toute vraisemblance, lors des travaux de renaturation du ruisseau, des excavations seront réalisées en dessous du niveau moyen des eaux souterraines. Il conviendra donc d'appliquer toutes les mesures pour ne pas polluer ces eaux ainsi que de prévoir un pompage, un traitement et une évacuation des eaux conformes à la législation en vigueur. Ces mesures sont synthétisées au chapitre 5.

Lors des excavations, si des horizons graveleux aquifères venaient à être rencontrés dans la partie amont, ou que les excavations atteignent le niveau aquifère dans la partie aval, une épaisseur de 20 à 30 cm de limons sera mise en place afin d'étancher le lit et les berges du ruisseau. Cette couche permettra également de maintenir une couche de protection imperméable pour les eaux souterraines. Les limons excavés dans le cadre du projet pourront être utilisés à cet effet.

## 5. MESURES

### ES 01 Gestion des eaux en phase de chantier

Les eaux de chantier seront gérées conformément aux recommandations SIA 431 sur l'évacuation et le traitement des eaux de chantier ainsi que selon les directives pour la protection des eaux et la gestion des déchets sur les chantiers de l'OED. Un concept de gestion de ces eaux sera établi par l'entreprise avant le début du chantier et soumis à l'OED pour approbation.

### ES 02 Stockage des substances dangereuses pour les eaux

Les conteneurs (fûts, jerrycans, citernes) de substances dangereuses pour les eaux (carburants, lubrifiants, combustibles, produits chimiques pour travaux de construction) seront entreposés dans des bacs de rétention capable de retenir 100% du liquide entreposé et sous couverts afin que les fuites éventuelles puissent être détectées et stoppées rapidement.

### ES 03 Remplissages des réservoirs et maintenance

Le remplissage des réservoirs machines et des véhicules ne seront réalisés que sur des surfaces planes imperméables. Une surveillance permanente sera réalisée lors du ravitaillement. Il ne sera pas réalisé de réparation ou de nettoyage de machines sur site.

**ES 04** Places de stationnement pour véhicules et machines de chantier (sans service d'entretien)

Les véhicules et machines de chantier devront être stationnés chaque soir sur une place munie d'un revêtement étanche et de bordures, avec rétention des liquides. Le cas échéant, l'évacuation des eaux sera effectuée après traitement.

**ES 05** Inspection et maintien de l'état des machines

Les machines de chantier devront être maintenues dans un état qui assure raisonnablement qu'elles ne perdent pas de carburant ni de lubrifiant. Les conduites et les appareils hydrauliques seront inspectés régulièrement dans le but de prévenir des fuites.

**ES 06** Absorbants pour intervention rapide en cas d'épandage accidentel

L'entreprise mettra à disposition, en permanence, sur le chantier du matériel pour intervention rapide en cas d'épandage accidentel d'hydrocarbures. Après utilisation, les adsorbants (granulés) devront être récupérés en fûts pour être évacués et incinérés.

**ES 07** Protection des aquifères (mesures constructives)

Lors des excavations, si des horizons graveleux aquifères venaient à être rencontrés dans la partie amont, ou que les excavations atteignent le niveau aquifère dans la partie aval, une épaisseur de 20 à 30 cm de limons sera mise en place afin d'étancher le lit et les berges du ruisseau.

**ES 08** Suivi du chantier par un hydrogéologue

Le projet sera suivi par un hydrogéologue. Il réalisera un suivi piézométrique avant, pendant et après les travaux. Il définira, en accord avec le service cantonal spécialisé, les mesures de protection permettant d'exclure tout danger pour les eaux souterraines durant les travaux. Il définira également en accord avec les mêmes instances, un dispositif de surveillance et d'alarme à mettre en place au début des travaux.

**ES09** Coordination avec le service spécialisé cantonal

Tout accident ayant des implications potentielles sur les eaux souterraines et les eaux de surface sera annoncé au service spécialisé cantonal pour que le cas puisse être réglé selon ses instructions.

## **6. BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Atlas géologique au 1 :25'000, feuille 1125 Chasseral, 2017
- [2] Prona, 2021, P20171 – Mise en conformité LHand, notice d'impact sur l'environnement
- [3] Cadastre géologique du canton de Berne, <https://www.map.apps.be.ch/>
- [4] SD ingénieurs jura, 2023, PAE des eaux du Malés, rapport technique

[5] Canton de Berne, 2023, Notice – Constructions dans les eaux souterraines et abaissement de la nappe phréatique

[6] Biol conseils, 2023, PAE du ruisseau des Malés – Aqueduc CFF – Note hydrogéologique

## 7. ANNEXES

Annexe 1 Logs de forages

Annexe 2 Planches photographiques des carottes

Annexe 3 Niveaux piézométriques

Annexe 4 Formulaire CnP – Construction dans les eaux souterraines et abaissement de la nappe phréatique

191239 | Neuchâtel, le 25.01.2024




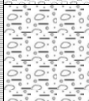
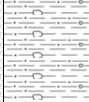

Simon Jeannotat






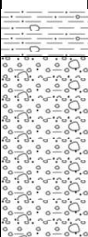
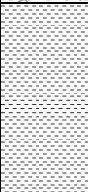
Emilie Sammali


-----

## **ANNEXE 1 : LOGS DE FORAGES**

<div>biol conseils</div>				Relevé géologique		1239 - P1
Mandat :		1239		Commune :		Sonceboz-Sombeval
Maître d'ouvrage :		Commune de Sonceboz - Sombeval		Coordonnée X :		2579272.3
Entreprise / foreur :		Studersond AG, Ürs Stähli		Coordonnée Y :		1226894.4
Géologue :		PGi		Altitude du terrain :		669.54 m
Date / type de forage :		25/10/2023, carottesimple		Point de référence :		670.39 m
Altitude	Profondeur	Équip. forage	Log	Description lithologique		Géologie
669 m	1 m	ø 3 in		0 — 0.2 m Terre végétale : limons bruns foncés, présence de racines		Terre végétale
				0.2 — 0.29 m Limons brun foncé avec des petits graviers anguleux (Ø2-3cm, 20-30%)		
				0.29 — 0.37 m Bloc calcaire		
668 m	2 m	ø 3 in		0.37 — 1 m Argiles limoneuses brunes puis beige foncé, quelques graviers à pierres (Ø1-5cm, <5%)		Colluvions de pente
				1 — 2.09 m Limons sableux avec des graviers anguleux calcaires (Ø2-3cm, 15-20%)		
667 m	3 m	ø 3 in		2.09 — 2.88 m Limons argileux ocre (oxydation?)		
				2.28 — 2.46 m Sables limoneux beiges-gris		
666 m	4 m	ø 3 in		2.46 — 4 m Argiles avec des graviers anguleux calcaires (Ø<1cm, 15-20%)		

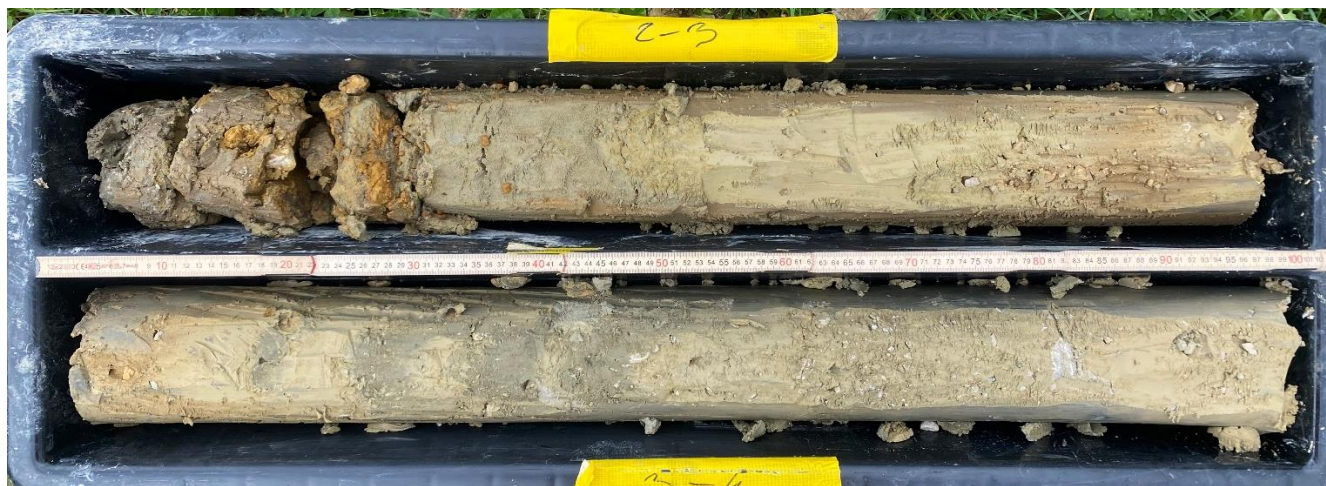
		Relevé géologique		1239 - P2	
Mandat :		1239	Commune :	Sonceboz-Sombeval	
Maître d'ouvrage :		Commune de Sonceboz - Sombeval	Coordonnée X :	2579276.8	
Entreprise / foreur :		Studersond AG, Ürs Stähli	Coordonnée Y :	1227058.5	
Géologue :		PGL	Altitude du terrain :	656.29 m	
Date / type de forage :		25/10/2023, carottesimple	Point de référence :	657.21 m	
Altitude	Profondeur	Équip. forage	Log	Description lithologique	Géologie
				0 — 0.3 m    Limons brun foncé (terre végétale)	Terre végétale
	1 m	ø 3 in		0.3 — 0.95 m    Limons brun foncé puis beige à partir de 0.60m, avec des graviers d'origines diverses, (Ø1-3cm, 30-35%) Présence de fragements de brique rouge	Remblais
655 m				0.95 — 1.49 m    Limons sableux avec des petits graviers (Ø 0.5cm ,15-20%) Matériel mouillé	Colluvions de pente
	2 m			1.49 — 1.79 m    Argiles avec quelques graviers (Ø1-2cm, <5%)	
654 m				1.79 — 2.9 m    Limons avec des graviers calcaires (Ø<0.5cm, 10-15%)	
	3 m	ø 3 in		2.9 — 4 m    Argiles limoneuses beige, avec graviers anguleux calcaires (Ø5-6cm, 10%)	
653 m					
	4 m				

<div></div>				Relevé géologique		1239 - P3
Mandat :				1239	Commune :	Sonceboz-Sombeval
Maître d'ouvrage :				Commune de Sonceboz-Sombeval	Coordonnée X :	2579219.6
Entreprise / foreur :				Studersond AG, Ürs Stähli	Coordonnée Y :	1227197.9
Géologue :				PGI	Altitude du terrain :	649.58 m
Date / type de forage :				25/10/2023, carottesimple	Point de référence :	650.51 m
Altitude	Profondeur	Équip. forage	Log	Description lithologique		Géologie
649 m	1 m	ø 3 in		0 — 0.35 m Limons brun foncé (terre végétale)		Terre végétale
				0.3 — 1.22 m Limons brun foncé puis ocre avec des graviers (Ø<1cm, %10-15%)		Terrasse alluviale
648 m	2 m	ø 3 in		1.29 — 1.59 m Limons argileux avec des graviers sub-arrondis calcaires (Ø1-2cm, 30%)		
647 m				1.59 — 2.73 m Limons gris avec graviers arrondis (Ømoy 1-2cm), puis pierres arrondies vers 2m (Ø8cm), 35% Matériel mouillé à 2m		
646 m	3 m	ø 3 in		2.73 — 4 m Argile bigarée gris, beige et noire		Dépôts lacustres
	4 m					

		Relevé géologique		1239 - P4	
Mandat :		1239	Commune :	Sonceboz-Sombeval	
Maître d'ouvrage :		Commune de Sonceboz - Sombeval	Coordonnée X :	2579199.5	
Entreprise / foreur :		Studersond AG, Ürs Stähli	Coordonnée Y :	1227309.0	
Géologue :		PGI	Altitude du terrain :	649.20 m	
Date / type de forage :		25/10/2023, carottesimple	Point de référence :	650.09 m	
Altitude	Profondeur	Équip. forage	Log	Description lithologique	Géologie
				0 — 0.15 m Limons brun foncé (terre végétale)	Terre végétale
				0.15 — 0.8 m Limons brun foncé puis ocre avec des graviers (Ø2-3mm, 10%)	Terrasse alluviale
648 m	1 m	ø 3 in		0.8 — 2.59 m Limons beige avec graviers subarrondis calcaires (35%) Matériel mouillé à 2m	
647 m	2 m				
				2.59 — 4 m Argile bigarée grise, beige et noire	Dépôts lacustres
646 m	3 m	ø 3 in			
	4 m				

## **ANNEXE 2 : PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES DES CAROTTES**

P1 :



**P2 :**



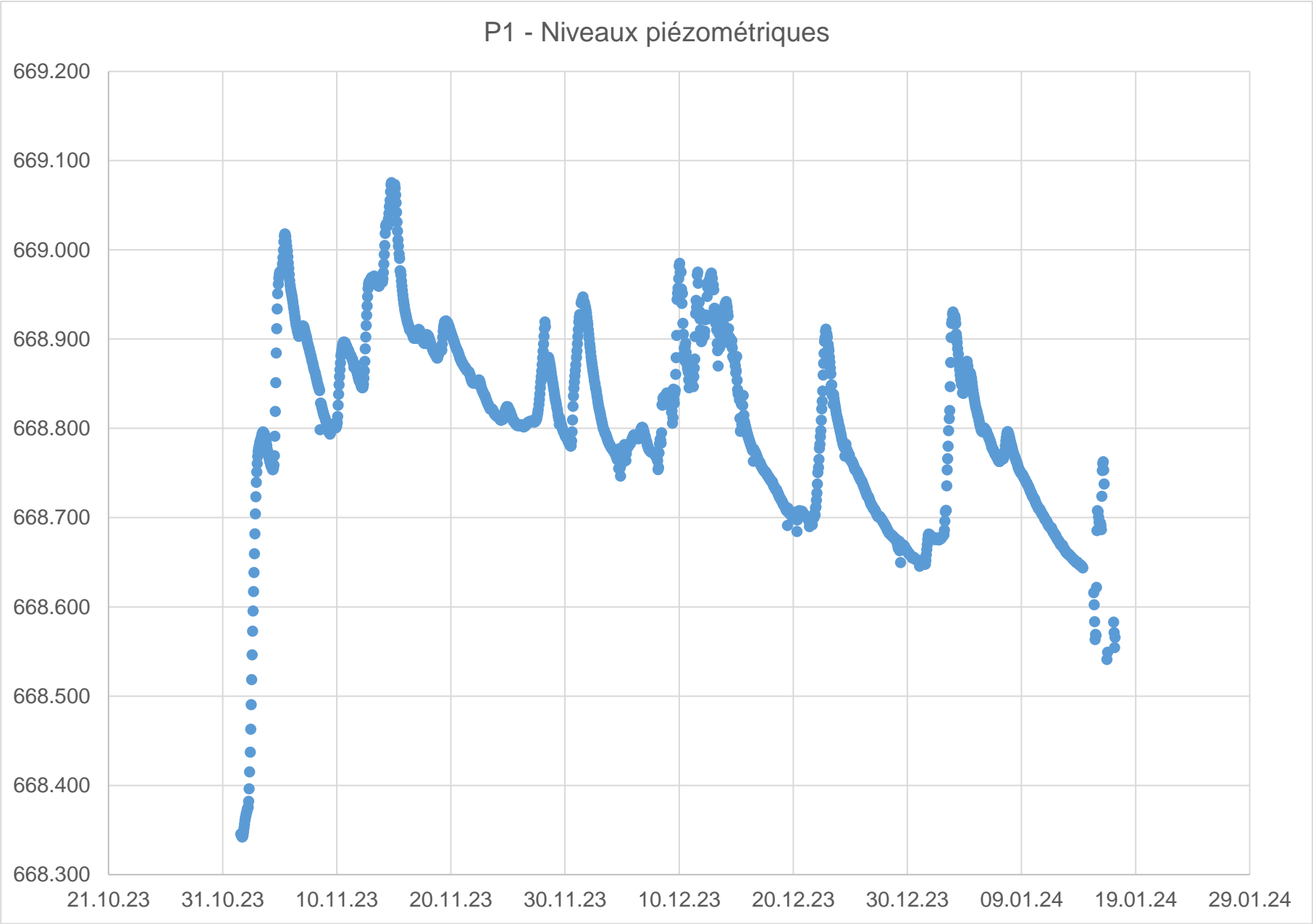
**P3 :**

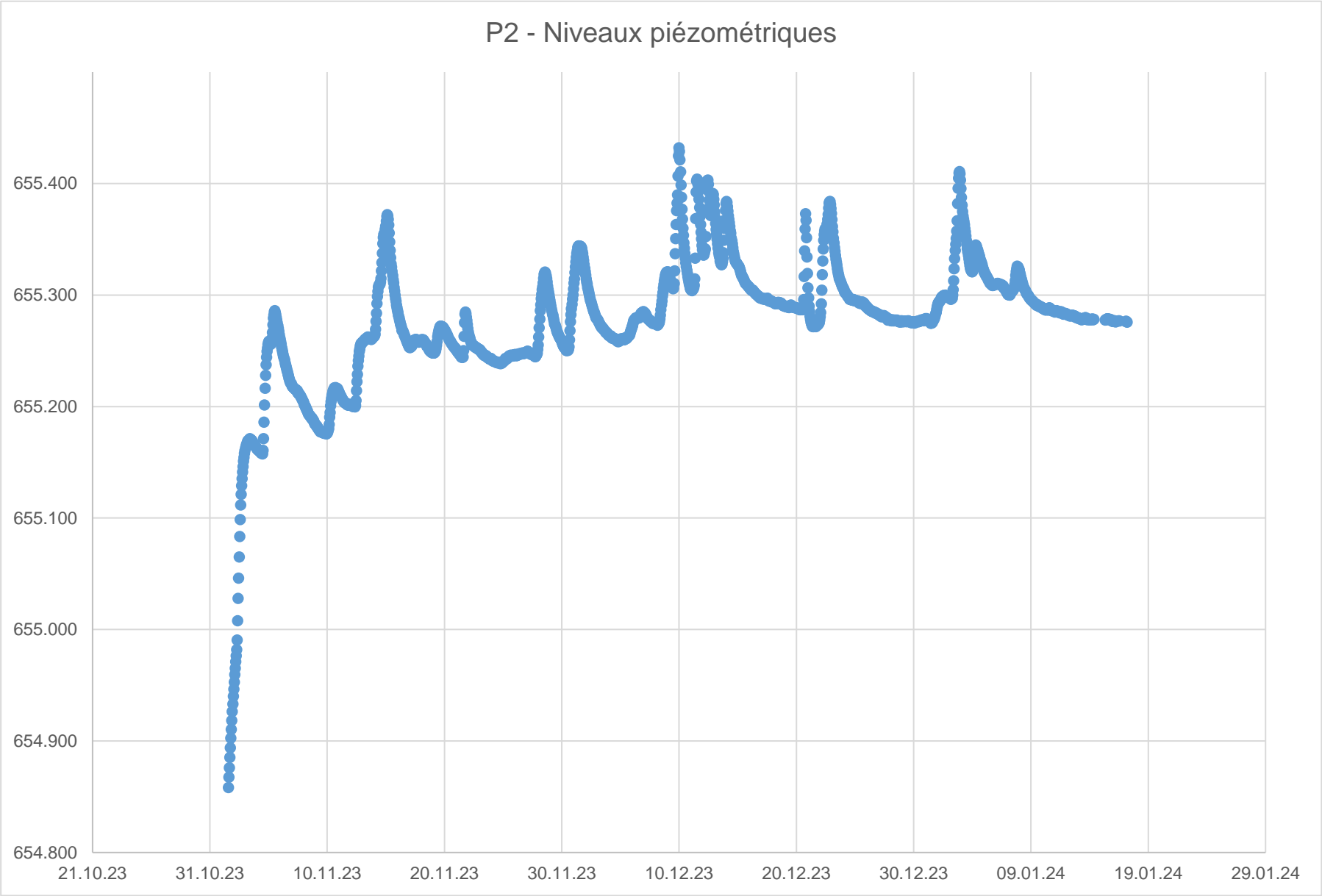


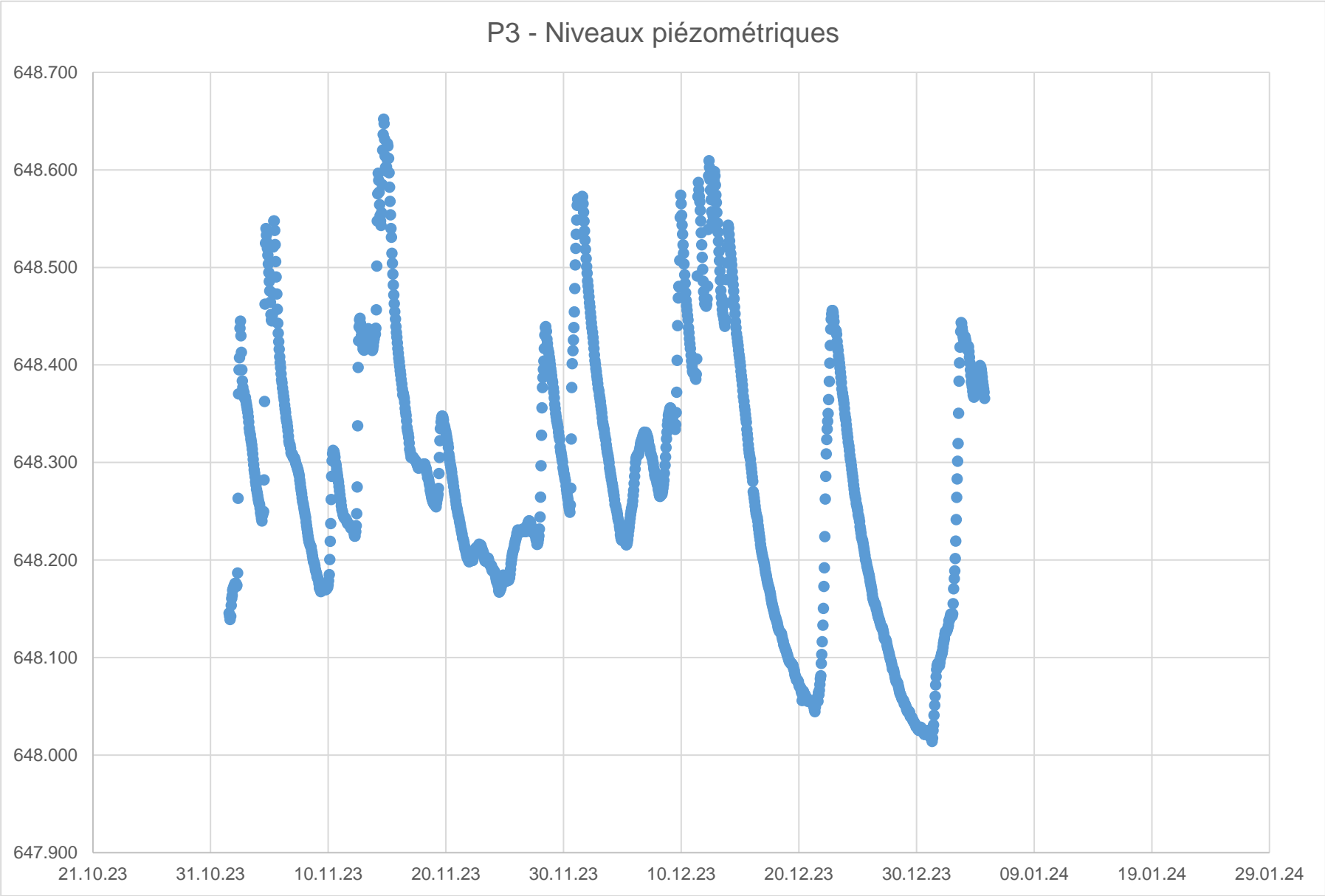
**P4 :**

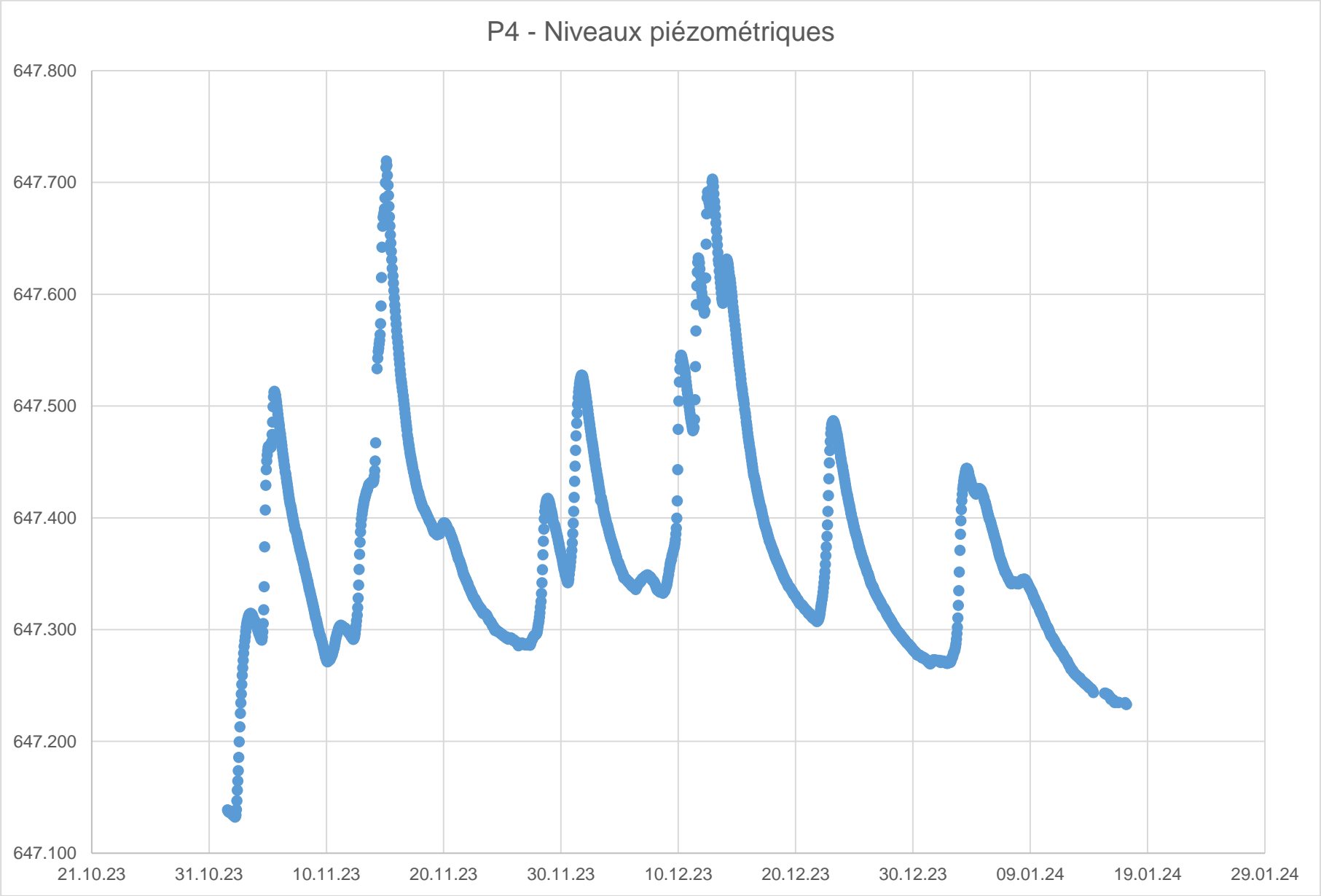


### **ANNEXE 3 : NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES**









**ANNEXE 4 : FORMULAIRE CNP – CONSTRUCTION DANS LES EAUX SOUTERRAINES ET ABAISSEMENT DE  
LA NAPPE PHRÉATIQUE**

<b>CnP</b>	<b>Constructions dans les eaux souterraines et abaissement de la nappe phréatique</b>	<b>Commune n°:</b> _____
		<b>Réception:</b> _____

NPA / Commune: 2605 Sonceboz-Sombeval

Office n°: \_\_\_\_\_

Rue / Lieu-dit: Rue de l'Envers / Rue de la Gare

N°: -

Parcelle(s)/Droit de superficie n°(s): nombreuses

## Informations concernant le projet de construction

Niveau du terrain: 669.544 / 656.291 / 649.575 / 649.195 m s. m.  
Niveau maximum de la nappe (hautes eaux): 669.08 / 655.43 / 648.65 / 647.72 m s. m.  
Niveau moyen de la nappe: 668.71 / 655.14 / 648.33 / 647.43 m s. m.  
Cote du point le plus bas de la fouille (y compris approfondissements locaux): 667.72 / 654.19 / 648.38 / 647.35 m s. m.  
Cote la plus basse de l'enceinte de la fouille: 667.72 / 654.19 / 648.38 / 647.35 m s. m.  
Volume immergé en permanence dans la nappe (y compris pieux) au niveau moyen: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

### Genre de fondations:

☐ Fondation superficielle ☐ Fondation par pieux, système: \_\_\_\_\_ ☒ Autres: pas de fondations

### Enceinte de la fouille:

☐ Talus ☐ Palplanches ☐ Parois berlinoises  
☐ Parois clouées ☐ Tirants, clous ☐ Parois moulées ☒ Autres: nouveau lit du ruisseau

### Technique d'abaissement de la nappe:

☐ Puits filtrant ☒ Epuisement de surface ☐ Aspiration sous vide ☒ Autres: \_\_\_\_\_

### Evacuation des eaux pompées par:

Quantité des eaux évacuées (estimée): \_\_\_\_\_ 50 l/min

☐ Infiltration

☒ Cours d'eau, nom: Malés ☐ directement ou ☒ via la canal. d'eau pluviale  
(seulement avec autorisation de police des eaux selon l'art. 48 LAE)

☐ Canalisation d'eaux usées ou d'eaux mixtes

## Suivi hydrogéologique du chantier et de l'abaissement de la nappe

Les travaux liés aux constructions dans les eaux souterraines, à l'abaissement de la nappe ou à l'évacuation des eaux souterraines doivent être suivis par un spécialiste dans ce domaine:

Nom, adresse: Emilie Sammali, e.sammali@biolconseils.ch, biol conseils, Av. J.-J. Rousseau 7 2000 Neuchâtel

## Pièces à joindre à la demande

Les annexes suivantes sont à soumettre **en double** à la commune (selon l'art. 28 de l'ordonnance cantonale sur la protection des eaux, OPE), à l'attention de l'Office des eaux et des déchets (OED):

- Formulaire de demande de permis de construire 1.0
- Extrait de carte ou plan de situation avec localisation de l'ouvrage
- Plan du sous-sol du bâtiment
- Coupe des sous-sols avec indication de l'enceinte de la fouille, description du système d'épuisement et du niveau moyen de la nappe phréatique (cotes en m s. m.)
- Plans de situation et coupes des installations: pieux, palplanches, injections, ancrages (m s. m.), le cas échéant
- Etudes géotechniques ou expertises géologiques (si disponibles)

Dans le secteur **Au** de protection des eaux, la mise en place d'installations situées au-dessous du niveau moyen de la nappe est interdite.

☐ Demande de **dérogation** munie d'une expertise hydrogéologique prouvant que la capacité d'écoulement des eaux souterraines n'est pas réduite de plus de 10 % par rapport à l'état non influencé de la nappe (OEaux, ann. 4, ch. 211, al. 2)

Lors de la planification la "Notice concernant les constructions dans les eaux souterraines et l'abaissement de la nappe phréatique" doit être observée.

### Remarques:

Les annexes sont présentes dans le dossier du projet de renaturation des Malés.

Le / la mandataire certifie l'exactitude des indications fournies ci-dessus.

Lieu et date: Neuchâtel le 25.01.2024

Le / la mandataire: biol conseils  
Av. J.-J. Rousseau 7  
CH-2000 Neuchâtel

*Sammali*

# **Annexe 4**

## **Rapport de participation**



Arrondissement  
d'ingénieur en chef III

Office des ponts  
et chaussées  
du canton de Berne

## Plan d'aménagement des eaux

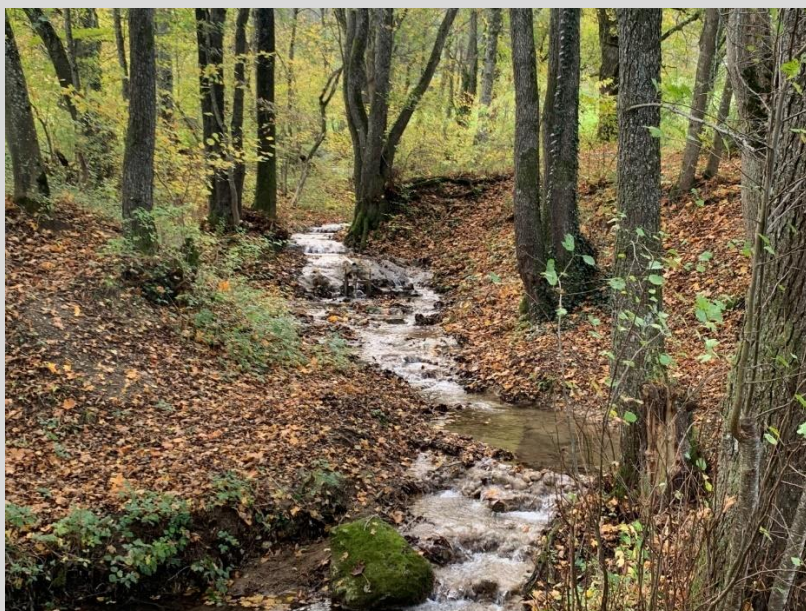
Dossier de dépôt des plans

Commune	Commune de Sonceboz-Sombeval	Date du dossier	Novembre 2022
Assujetti à l'exécution	Commune de Sonceboz-Sombeval	Révisé le	Novembre 2024
N° du cours d'eau	74709	N° du projet	191239

Cours d'eau : Ruisseau des Malés

Sonceboz-Sombeval  
Aménagement des eaux du ruisseau des Malés

## Rapport de participation publique



*Ruisseau des Malés partie amont du village.*

Auteur du projet :

  
**sd ingénierie**

jura sa  
www.sdplus.ch

CH - 2800 Delémont Rue Victor-Helg 18 Tél. +41 32 421 66 66 sdj.delemont@sdplus.ch	CH - 2900 Porrentruy Route de Courgenay 55 Tél. +41 32 466 64 33 sdj.porrentruy@sdplus.ch	CH - 2740 Moutier Rue de l'Hôtel-de-Ville 12 Tél. +41 32 493 11 67 sdj.moutier@sdplus.ch
---	--	---

Autorisation délivrée le :

## Table des matières

<b>0</b>	<b>RESUME</b>	<b>2</b>
0.1	Participation	2
<b>1</b>	<b>INFORMATION RIVERAINS DU DEPOT PUBLIC DU 11 AVRIL AU 10 MAI 2023</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SÉANCE RIVERAINS DU 24.04.2023</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DEMANDE RIVERAINS DU 09.05.2023</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>RÉPONSE COMMUNE DU 07.06 2023</b>	<b>6</b>

## 0 RESUME

---

### 0.1 Participation

Les différents propriétaires directement concernés ont été rencontrés individuellement entre décembre 2022 et février 2023.

La procédure d'information des riverains s'est déroulée de la façon suivante :

- Information des riverains du dépôt public du 11 avril au 10 mai 2023
- Séance d'information des riverains du 24 avril 2023
- Demande des riverains Joao Pedro et Anne Oliveira du 9 mai 2023
- Réponse de la commune du 7 juin 2023 donnée aux riverains

Les comptes rendus des séances et échanges sont présentés aux chapitres suivants.

Les demandes ont été prises en compte et intégrées au projet lorsque cela était techniquement et économiquement faisable.

## **1 INFORMATION RIVERAINS DU DEPOT PUBLIC DU 11 AVRIL AU 10 MAI 2023**

---



# Municipalité de Sonceboz-Sombeval

## Procédure d'information et de participation

Conformément à l'article 23 de la loi cantonale sur l'aménagement des eaux (LAE) du 14 février 1989, la Municipalité de Sonceboz-Sombeval ouvre une procédure d'information et de participation de la population relative au plan d'aménagement des eaux suivant :

### Plan d'aménagement des eaux du ruisseau des Malés

Les documents relatifs à ce plan sont déposés publiquement **du 11 avril au 10 mai 2023** au secrétariat communal de Sonceboz-Sombeval, Rue des Prés 5. Le dossier peut être consulté pendant les heures d'ouverture des guichets ou sur rendez-vous.

Pendant la durée du dépôt public, quiconque est en droit d'émettre des propositions et observations écrites et motivées. Les courriers seront envoyés à l'adresse suivante : Municipalité de Sonceboz-Sombeval, Rue des Prés 5, 2605 Sonceboz-Sombeval au plus tard jusqu'au dernier jour du dépôt.

Une séance d'information publique sera organisée le **lundi 24 avril 2023 à 20h00** à la halle de gymnastique (rue des Prés 5). Une délégation du Conseil municipal ainsi que le bureau d'ingénieurs répondront aux questions et recueilleront les avis du public.

Sonceboz-Sombeval, le 3 avril 2023

Le Conseil Municipal

## **2 SÉANCE RIVERAINS DU 24.04.2023**

---

**Procès-verbal de la séance d'information et de participation  
du 24 avril 2023 à 20 heures  
à la halle de gymnastique, Rue des Prés 5, Sonceboz-Sombeval**

<b>Participants :</b>	M. Claude-Alain Wüthrich, Maire Mme Livia Chevalier, Conseillère municipale M. Daniel Stanojevic, Conseiller municipal	Municipalité de Sonceboz-Sombeval
	M. Quentin Theiler, chef de projet	SD ingénierie, Delémont
	M. Philippe Fallot, chef de projet	OPC
<b>Procès-verbal</b>	Mme Cindy Bögli	Secrétaire municipale
<b>Nbre de participants</b>	15 personnes sont présentes dans la salle.	

M. Claude-Alain Wüthrich souhaite la bienvenue à toutes et tous, il rappelle les raisons pour lesquelles le dossier du Plan d'aménagement des eaux (PAE) du ruisseau des Malés a été rouvert. Il rappelle les intempéries du mois de juin 2021, où une personne a failli décéder. Puis, il présente M. Quentin Theiler, ingénieur en charge du projet et Mme Livia Chevalier, responsable du dossier, à qui il passe la parole.

Mme Chevalier souhaite également la bienvenue à toutes et tous et explique toutes les étapes réalisées à ce jour pour en arriver à ce stade du projet. Puis elle présente brièvement les étapes à venir avant de passer la parole à M. Quentin Theiler pour la présentation détaillée du projet de PAE du ruisseau des Malés.

M. Theiler explique que le dossier a été transmis au canton pour l'examen préalable et précise que pour que les remarques soient prises en compte, il faut que les questions soient déposées par écrit d'ici au 10 mai 2023 au secrétariat communal. Il passe ensuite à la présentation du projet.

Il présente en premier lieu le contenu de la présentation (Contexte, contraintes, variantes, projet et la suite du projet).

### **Contexte**

Il explique la carte des dangers et ce qu'est un Q30 => temps de retour de 30 ans. Le but est d'arriver à un Q100, l'événement de 2021 a été estimé à 2.4 m<sup>3</sup>/seconde. Il y a du débordement à très faible débit déjà. Il présente ensuite quelques photos, le tracé des Malés a évolué depuis 1845, en 2021, le ruisseau est complètement cantonné.

### **Contraintes**

Il faut prendre en compte l'écologie et la protection contre les crues. Il y a également des exigences fédérales. Toute la partie en aval a actuellement un déficit, car les eaux sont souterraines. Il est nécessaire de protéger les biens et les personnes et c'est à la commune de prendre en compte tous ces éléments. Elle peut obtenir un financement d'au minimum 60 % par le Canton et la Confédération, d'autres financements peuvent également être obtenus. Les CFF imposent également certaines contraintes. Notamment, au niveau des coûts, le plus cher c'est de

couper complètement la circulation. Comme ils font des travaux, nous aimerions en profiter, ceci permettra de réduire considérablement les coûts, car nous ne devrons ainsi pas payer de notre poche une coupure de la circulation ferroviaire. Il convient également de prendre en compte l'espace réservé aux eaux (ERE).

### ***Variantes***

Les variantes de 2017 du bureau d'ingénieurs Niederhauser ont été étudiées et en partie reprises. Notamment la partie en amont de la variante 2 qui est conservée. Concernant la partie en aval, deux nouvelles variantes ont été étudiées. C'est la variante 1 qui a été retenue.

### ***Projet***

Le but du projet est de passer à une carte des dangers en jaune traitillé et non plus en bleu. Il présente ensuite la partie amont qui se trouvera sur une parcelle communale, les passages existants seront conservés. C'est une zone à forte pente et il y aura pas mal d'enrochements.

Sous les voies des CFF, un élément en béton sera posé qui garantit un Q300. Les CFF ont validé le principe, mais des discussions auront encore lieu concernant le financement.

Il est proposé d'utiliser les remblais pour la partie en dessus des CFF. La partie basse après CFF sera sous conduites, puis le ruisseau sera mis à ciel ouvert. Ici, il y a peu d'enrochements, car la pente est plus douce. M. Theiler présente également quelques photos de cours d'eau en réalisation. Afin d'obtenir des subventions, le projet doit être rentable.

### ***Suite du projet***

Il est possible que nous fassions une demande de travaux anticipés pour la réalisation des travaux sous CFF. Le projet total est devisé pour le moment à CHF 3'150'000.00. M. Theiler présente ensuite le planning du projet. Pour terminer, il rappelle que les questions et remarques liées au projet doivent parvenir par écrit au secrétariat municipal d'ici au 10 mai 2023.

### ***Questions et remarques***

M. Claude-Alain Wüthrich rajoute que les intempéries de 2021 ont coûté près de CHF 900'000.00 aux CFF. Si le ruisseau avait été déjà été refait cela ne leur aurait rien coûté ou presque.

M. Oliveira ne trouve pas juste de dire que cela n'aurait rien coûté.

M. Theiler rajoute que l'on parlait des coûts imputés au ruisseau des Malés. Un autre phénomène est l'eau de surface qui peut avoir de la peine à s'infiltrer. Tous ces problèmes ne pourront pas être résolus, mais la nouvelle capacité permettra de mieux les absorber, en particulier les eaux de drainage.

M. Jeanfavre demande ce qu'il adviendra de l'ancien ruisseau ?

Il est répondu sur la partie amont, l'ancien lit va rester et il y aura un tout petit filet d'eau lié aux drainages et chaque propriétaire pourra choisir s'il souhaite que ce drainage reste à ciel ouvert ou s'il doit être recouvert.

Une personne demande concernant le coude à 90 degrés, est-ce qu'il est prévu de faire une chambre ?

Il est prévu d'en faire une qui devrait permettre de pas trop freiner le cours d'eau, les refoulements de la Suze ont également été pris en compte. De plus, un lit d'une épaisseur de 30 cm est prévu dans les différents tuyaux.

Est-ce que l'on ne peut pas conserver deux cours d'eau l'un à côté de l'autre ? Non, cela n'est pas possible en raison du cadre légal.

On ne peut pas conserver un peu d'eau dans l'ancien lit ? Techniquement, cela est possible, mais pas en raison du cadre légal ! Selon M. Fallot, le Canton et de la Confédération refusent catégoriquement.

M. Oliveira précise qu'actuellement la commune ne s'occupe pas de l'entretien du ruisseau.

M. Fallot précise encore que s'il y a deux ruisseaux, il faudra un ERE sur les deux cotés et plus rien ne sera plus constructible. Ensemble, la décision a été prise de laisser un drainage qui coule tout le temps, toute l'année du côté Est.

Pourquoi l'arrivée dans la Suze est-elle perpendiculaire ? Ceci est fait ainsi afin de limiter au maximum l'impact sur les terres agricoles.

Dans l'ERE, qu'en est-il des barrières ? Dans l'espace réservé aux eaux, on peut toujours entretenir les barrières. Aucune nouvelle construction n'est admise, mais l'existant bénéficie du droit acquit.

Il est demandé si nous n'avons pas peur que les tuyaux soient bouchés. Non, les diamètres des tuyaux ont été prévus en conséquence.

M. Jeanfavre souligne que le point faible du ruisseau est en dessus de la propriété Zerbini. M. Theiler explique que la cuvette sera comblée avec les remblais.

Une personne demande la dimension du tube CFF, M. Theiler donne la dimension du tube utilisé.

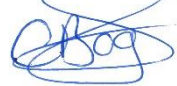
Est-ce qu'il est vraiment nécessaire de prévoir une telle profondeur ? Car chez M. Jeanfavre, au niveau sécuritaire, est-il prévu quelque chose ? Car il s'agit tout de même d'un trou de 3 mètres ? M. Theiler répond qu'il est prévu des barrières, tout comme sur chaque passage et c'est une norme qui en définit la hauteur.

Il n'y a plus de questions et remarques la séance est levée à 21 h 30.

---

#### **Pour le procès-verbal**

La Secrétaire municipale



Cindy Bögli

### **3 DEMANDE RIVERAINS DU 09.05.2023**

---

Joao Pedro & Anne Oliveira  
Rue de l'Envers 36  
2605 Sonceboz-Sombeval

Administration municipale  
Rue des Prés 5  
Case postale 47  
2605 Sonceboz-Sombeval

Sombeval, le 9 mai 2023

### **Aménagement du ruisseau des Malés**

Mesdames, Messieurs,

Sur la base des diverses discussions et pour donner suite à la dernière séance d'information du 24 avril 2023, nous vous faisons part, par écrit, de nos remarques et souhaits relatifs au projet de réaménagement du ruisseau des Malés.

Nous comprenons l'intention du projet de dévier le cours d'eau de l'autre côté de la route et le soutenons pour autant que nous puissions continuer à profiter de suffisamment d'eau dans le tracé actuel du ruisseau qui traverse notre parcelle, notamment pour alimenter notre étang.

En effet, nous avons acheté notre maison en raison du jardin, du ruisseau le traversant et de l'étang. Le fait de ne plus avoir suffisamment d'eau dans le ruisseau engendrerait, pour nous, une moins-value de notre parcelle et transformerait défavorablement une partie du jardin que nous apprécions particulièrement. Pour ces raisons, nous vous prions de bien vouloir considérer notre souhait de garder un débit d'eau suffisant.

Que ce soit par un droit d'eau organisé dans le cadre du projet (via un ruisseau bis) ou en ramenant toutes les sources d'eau aux alentours de la parcelle de Mme Zerbini (incl. évacuation des eaux claires) dans le présent lit du ruisseau, nous vous serions reconnaissants de bien vouloir trouver une solution pour garantir une bonne quantité d'eau dans le parcours existant.

Étant donné qu'il est aujourd'hui impossible de définir, après le réaménagement du ruisseau, la quantité exacte d'eau qui continuera à couler, nous vous prions de bien vouloir prévoir d'éventuels travaux d'aménagement. Nous envisageons deux cas de figure :

1. Si le débit d'eau n'est pas supérieur à celui démontré dans votre vidéo du 22 février 2023 (estimé à 20 litres à la minute), nous souhaitons que le lit actuel soit remblayé et que l'eau soit tubée, mais qu'elle puisse toujours alimenter l'étang. Le trop-plein de l'étang serait, comme aujourd'hui, reversé dans le parcours actuel du ruisseau qui se trouve en aval (dans ce cas-ci tubé).
2. Si, en revanche, vous pouvez garantir une plus grande quantité d'eau (au moins 30-40% du volume actuel), nous garderions le tracé actuel à ciel-ouvert. Dans ce cas, il faudra éventuellement aménager légèrement le haut du parcours sur notre parcelle. Ceci pour assurer une alimentation optimale de la mare étant donné la réduction de la quantité d'eau.

En résumé, il nous est impossible de dire aujourd'hui si nous souhaitons garder le tronçon à ciel ouvert ou tuber le parcours. Cela dépendra de la quantité d'eau qui traversera notre terrain. Nous espérons vivement qu'une solution garantissant une quantité suffisante d'eau puisse être trouvée. Dans les deux cas il s'agira de prévoir des travaux d'aménagement sur la parcelle mais de plus ou moins d'ampleur selon la solution choisie.

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

En vous priant de bien vouloir accuser réception de ce courrier, nous vous adressons, Mesdames, Messieurs, nos salutations distinguées.



Joao Pedro Oliveira



Anne Oliveira

## **4 RÉPONSE COMMUNE DU 07.06 2023**

---



Monsieur et Madame  
Joao Pedro & Anne Oliveira  
Rue de l'Envers 36  
2605 Sonceboz-Sombeval

Sonceboz-Sombeval, le 7 juin 2023

## **PAE Les Malés – Procédure d'information et de participation**

Madame, Monsieur,

En date du 30 mai 2023, le Conseil municipal a pris connaissance de votre courrier reçu le 9 mai 2023 suite à la procédure d'information et de participation relative au plan d'aménagement des eaux du Ruisseau des Malés qui s'est déroulée du 11 avril au 10 mai 2023 et y répond comme suit.

Suite à l'envoi du dossier du PAE du Ruisseau des Malés pour examen préalable aux différents offices cantonaux, des relevés hydrogéologiques permettant de définir le projet de réaménagement de l'ancien tracé devront être fait.

À ce stade du projet, nous pouvons d'ores et déjà affirmer que de l'eau ne pourra pas être prélevée dans le ruisseau principal pour alimenter un bras secondaire. Par contre, les eaux de drainage collectées sur les parcelles côté EST de la route seront conduites de ce côté de la chaussée jusque vers le passage à niveau où elles traverseront la route pour rejoindre le ruisseau.

Les propriétaires des parcelles privées du côté EST de la route se sont vu proposer soit une conduite souterraine, soit la possibilité de conserver la situation actuelle. Il ne sera pas possible pour la commune de prendre en charge des aménagements particuliers comme vous le demandez. Aussi, vous voudrez bien nous communiquer d'ici mi-septembre si vous souhaitez conserver la situation actuelle sur votre parcelle ou si vous souhaitez que le tracé actuel soit mis en terre.

Nous souhaitons encore vous rappeler les conséquences pour les propriétaires privés si un cours d'eau est maintenu à l'EST de la route, notamment la mise à ciel ouvert complète avec un nouveau lit à la capacité suffisante et l'aménagement de berges naturelles. Ceci impliquerait :

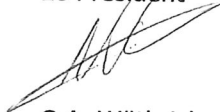
- Un lit situé au minimum à 3m, voire 5,5m de la route (espace réservé aux eaux) ;

- La pose de buses correctement dimensionnées (plus de 2m) sous tous les accès, avec les modelages nécessaires ;
- La mise en place d'une bande riveraine de végétation extensive sur toute la largeur de 11 mètres réservée aux eaux ;
- L'évacuation de toutes les installations situées dans l'espace réservé aux eaux (*étang compris*).

En vous souhaitant bonne réception de la présente, veuillez agréer, Madame, Monsieur, nos meilleures salutations.

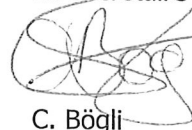
**Au nom du Conseil municipal**

Le Président



C-A. Wüthrich

La Secrétaire



C. Bögli

Copies : - M. Theiler, SD Ingénierie, Chef de projet  
- M. Fallot, OPC  
- Mme Livia Chevalier, Conseillère municipale