

**PROJET DE L'OUVRAGE**  
**DEMANDE D'AUTORISATION DE CONSTRUIRE**

Présentée par

**ETAT DE VAUD**  
**Division ressources en eau et économie hydraulique (DGE-EAU)**

**LA VENOGÉ**

**SUPPRESSION DU SEUIL O1 DE DENGES SUR LA VENOGÉ**  
**RÉAMÉNAGEMENT DU LIT DE LA VENOGÉ AU DROIT DU SEUIL**  
**CRÉATION D'UN MODELÉ DE TERRAIN ARBORISÉ POUR LA**  
**PROTECTION CONTRE LES CRUES**

**MEMOIRE TECHNIQUE**

Avril 2022

L'Ingénieur  
**GRUNER STUCKY SA**  
**HYDROBIO CONSEILS SA**

Le Requérant  
**ETAT DE VAUD**

## Feuille de contrôle

Auteur	Emeline Calixte Jean-Daniel Pilotto (HydroBio Conseils) Thomas Michaud	Fonction	Ingénieurs de projet
Contrôlé par	Thomas Michaud	Fonction	Chef de projet
Validé par	Stéphanie André	Fonction	Comité de projet

## Historique des modifications

*La dernière version annule et remplace les précédentes.*

<b>Version</b>	<b>Modifications</b>	<b>Date</b>	<b>Réalisé / modifié par</b>
-	Version de base	18.11.21	CAEM/MITH
a	Version modifiée suite à remarque du MO	25.01.22	HOTH/MITH
b	Version modifiée suite à remarque OFEV	28.04.22	HOTH/MITH

## Sommaire

	page
<b>1 Introduction</b>	<b>3</b>
1.1 Objet du mandat	4
1.2 Périmètre d'étude et d'intervention	4
1.3 Historique des études existantes	5
1.4 Etudes antérieures et références	5
<b>2 Etat actuel</b>	<b>7</b>
2.1 Diagnostic nature	7
2.2 Dangers naturels	12
2.3 Hydrologie et débits de dimensionnement	14
2.4 Transport solide et granulométrie	14
2.5 Foncier et patrimoine bâti	16
2.6 Protection des eaux souterraines	18
<b>3 Définition des objectifs</b>	<b>19</b>
3.1 Description de l'état de référence (ou naturel)	19
3.2 Comparaison de l'état actuel et de l'état de référence (ou naturel)	20
<b>4 Objectifs du projet</b>	<b>22</b>
4.1 Déficiets et objectifs de développement écologique	22
4.2 Objectifs sécuritaires	22
<b>5 Description du projet</b>	<b>23</b>
5.1 Variante 1 : rampe rugueuse à l'aval du seuil	23
5.2 Variante 2 : rampe rugueuse centrée sur le seuil	24
5.3 Variante 3 : rampe rugueuse à l'amont du seuil	25
5.4 Variante 4 : redimensionnement du chenal de migration	26
5.5 Variante 5 : élimination complète du seuil et renaturation	27
5.6 Analyse multicritère	28
5.7 Conséquence du projet	29
5.7.1 Patrimoine bâti	29
5.7.2 Charriage	30
5.7.3 Protection contre les crues	32
5.7.4 Environnement	34
5.7.5 Protection de la forêt et des arbres, défrichements temporaires	34
5.8 Devis	35
<b>6 Organisation générale des travaux</b>	<b>37</b>
6.1 Accès et zone d'installation de chantier	37
6.2 Phasage et programme des travaux	37
6.3 Détails pour la destruction du seuil	40
6.4 Recommandations environnementales	41
<b>7 Conclusion</b>	<b>42</b>

**Annexe**

A) Tableau des résultats de l'analyse multicritère

## 1 Introduction

Dans le cadre d'une planification globale de rétablissement de la migration piscicole de la Venoge, 6 seuils ont été identifiés et constituent actuellement des obstacles majeurs à la libre circulation piscicole. Le seuil de Denges (seuil O1) revêt une importance particulière puisqu'il est situé le plus en aval. En effet, les aménagements migratoires déjà réalisés ou prévus plus en amont ne se justifient pleinement que si le seuil de Denges est assaini, en particulier si l'on considère le cycle de vie de la truite lacustre, espèce menacée prioritaire.

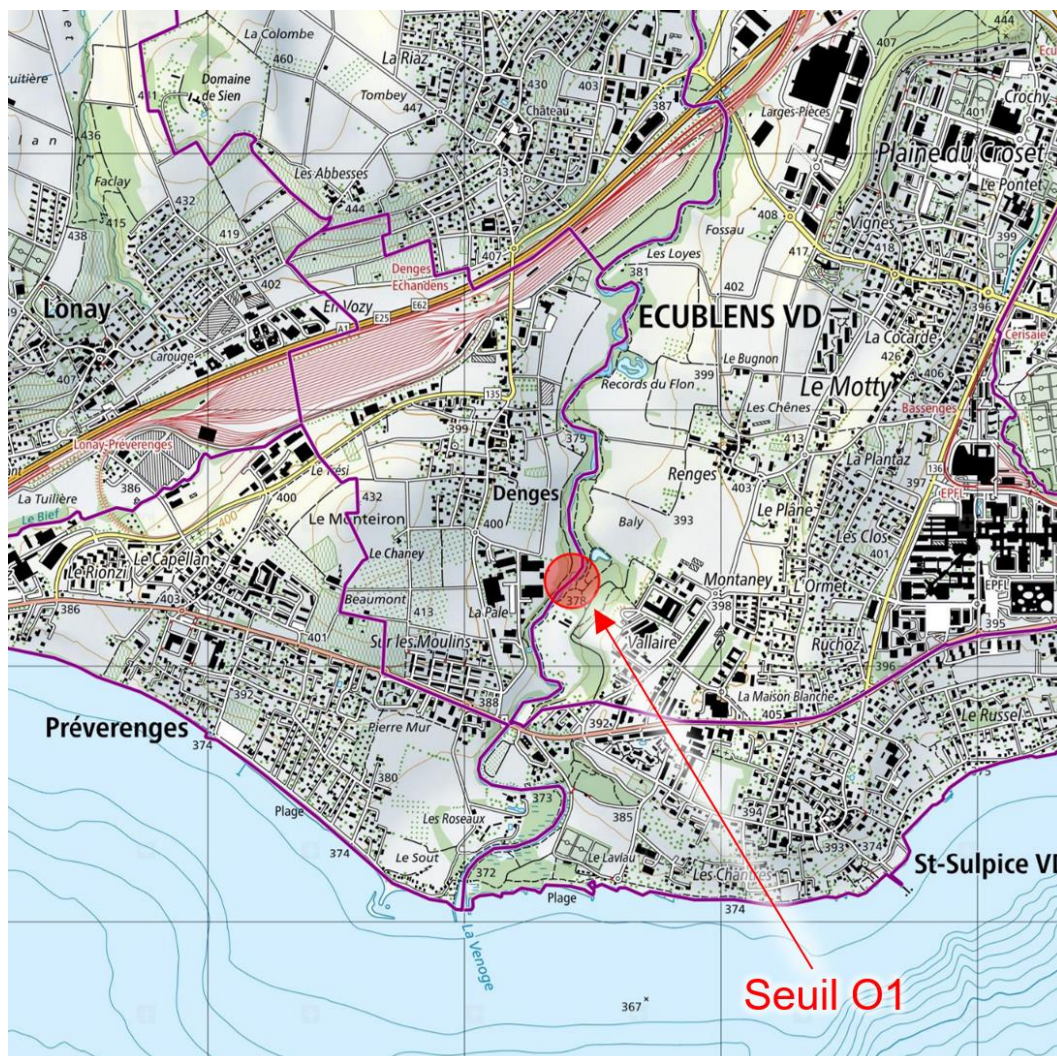


Figure 1 : Plan de situation de la zone d'étude

En plus de l'amélioration de la migration piscicole, l'assainissement du seuil O1 de Denges doit contribuer à la renaturation du cours d'eau, c'est-à-dire redonner à la Venoge ses propriétés naturelles, notamment en termes de dynamique d'écoulement et de transport de matériaux, de morphologie et de biodiversité.

Enfin, l'assainissement du seuil de O1 s'inscrit dans un programme d'aménagement de 5 seuils entre le lac et la Sarraz, dans le cadre de la mise en œuvre de la 3ème série de mesures prioritaires du Plan de protection de la Venoge.

## 1.1 Objet du mandat

À la demande du Chef de section renaturation de la Direction Générale de l'Environnement (DGE), le bureau Stucky SA a été mandaté pour l'étude de l'assainissement du seuil O1 sur la Venoge (commune de Denges).

Le bureau HydroBio Conseils, spécialiste des enjeux environnementaux et biologiques au sein des cours d'eau, a été mandaté en parallèle pour dresser une synthèse du contexte environnemental dans lequel les travaux seront réalisés et qui intègre des recommandations générales pour limiter les impacts en phase de chantier et pour la remise en état des terrains. Les aspects piscicole et nature (espèces-cibles, critères de dimensionnement de la rampe, critères de dimensionnement du chenal d'étiage, etc.) sont également intégrés dans la prestation de ce bureau.

## 1.2 Périmètre d'étude et d'intervention

Afin de situer le seuil O1 sur le linéaire de la Venoge, le kilométrage utilisé dans la carte des dangers liés aux inondations est utilisé. L'embouchure correspond au km 0.0. Ainsi, comme le montre la Figure 2, le seuil O1 est situé à environ 2'130 m en amont de l'embouchure de la Venoge.

Le périmètre d'étude concerne l'ensemble du linéaire de la Venoge depuis la station hydrométrique de l'OFEV d'Ecublens, Les Bois (km 2432), au niveau du pont de l'autoroute, jusqu'à l'embouchure dans le lac (Figure 2). Le périmètre d'intervention, quant à lui, se limitera à quelques centaines de mètres en amont et en aval du seuil.

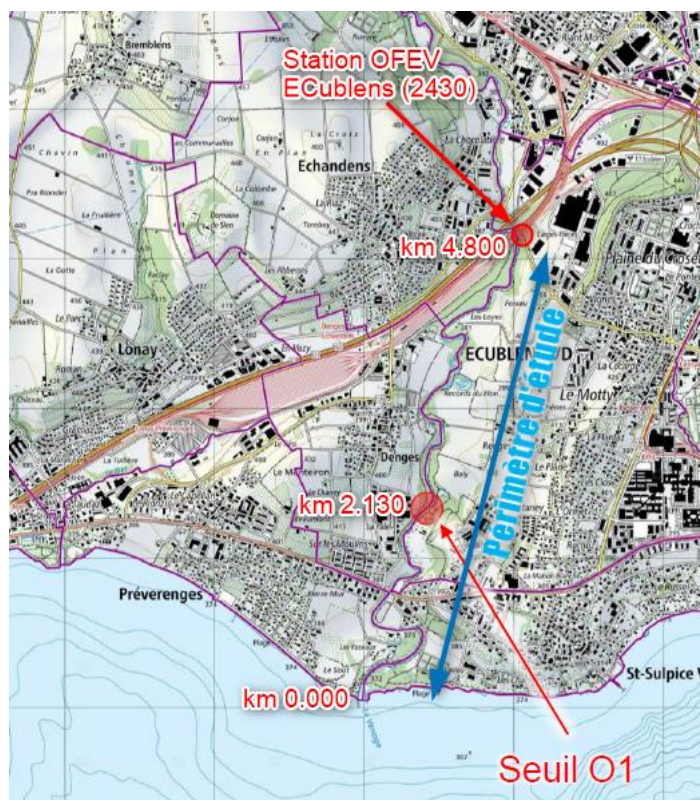


Figure 2 : Périmètre d'étude du projet d'assainissement du seuil O1 de la Venoge

### 1.3 Historique des études existantes

Le seuil O1, ou seuil de la chute de la prise d'eau de Denges, est lié à l'activité du moulin de St-Sulpice, aujourd'hui disparu. A cet endroit se trouvait, historiquement, le départ du bief menant au moulin. En effet, le seuil est mentionné par le terme « Ecluse » sur les plans dès 1738, mais aucune trace du bief n'est visible sur place aujourd'hui.

De façon à rouvrir la Venoge à la faune piscicole un bief de contournement a été réalisé en 1999. L'objectif du projet de 1999 a consisté à exécuter un bief de contournement à seuils successifs en blocs d'enrochement permettant la migration de toutes les espèces de poissons à n'importe quel débit. L'aménagement se compose d'un chenal latéral en rive droite qui by-passe le seuil. Cependant, à cette époque, le dispositif de la prise d'eau du bief ne fonctionnait pas à satisfaction. C'est pourquoi, en 2006, l'ECF (Entreprise de Correction Fluviale) des mesures piscicoles relatives au PAC-Venoge a entrepris de réaliser un nouvel ouvrage de régulation afin de garantir des débits acceptables permettant la montaison de toutes les espèces piscicoles présentes dans la Venoge.

Les travaux effectués en 2006 sont les suivants :

- > Démantèlement de l'ancienne prise d'eau
- > Renforcement de la rive droite de la Venoge au droit du dispositif
- > Exécution d'une nouvelle prise d'eau avec vanne de régulation
- > Réaménagement du bief de contournement en rampe

Les travaux de 2006 ont majoritairement servi à remettre en état l'ouvrage datant des années nonante. Cependant, le suivi de ce nouvel aménagement a permis de mettre en évidence que sa fonctionnalité était toujours limitée à une plage de débits (dans le chenal) relativement étroite, ce qui restreint d'autant les possibilités de migration du poisson. Plus précisément, alors que ces conditions sont déjà assez limitées pour la truite, espèce cible emblématique, elles le sont encore bien davantage pour les autres espèces de plus petite taille. A titre informatif, c'est dans cette station que l'on peut trouver la plus grande diversité piscicole dans la Venoge. En effet, un monitoring par pêche électrique effectuée en 2012 a recensé 13 espèces de poissons indigènes sur les 18 potentiellement présentes.

Ainsi le seuil O1 reste un obstacle très important pour la migration de la faune piscicole, et un verrou pour l'ensemble du cours d'eau. Un assainissement de ce seuil est donc nécessaire pour permettre la totale migration du poisson, et pour justifier les ressources engagées pour l'assainissement des seuils en amont.

### 1.4 Etudes antérieures et références

Dans le cadre du présent projet, les études suivantes ont été consultées :

- [1]. Bassin versant de la Venoge, *Etude des dangers liés aux inondations et à l'érosion*, Laboratoire HYDRAM de l'EPFL, J-M. Lance et D. Consuegra, Juillet 1998
- [2]. Revitalisation de la Venoge à Eclépens-Lussery-Villars, avant-projet, Groupement d'étude pour l'aménagement et la revitalisation des cours d'eau, préparé pour l'Etat de Vaud (SFFN & SESA)
- [3]. ECF du Bois-de-Vaux- PAC Venoge - Réponses aux remarques OFEV du 26 août 2014, mise à jour du 19 juin 2017 - Aquavision Engineering
- [4]. Espace Réservé à la Venoge ajusté, 1:20'000, Canton de Vaud, DGE-EAU, mars 2016
- [5]. Plans historiques du Bief et du barrage-Ecluse de St-Sulpice transmis par la Direction de l'archéologie et du patrimoine du canton de Vaud

## La Venoge

Destruction du seuil de Denges O1

*Demande d'autorisation de construire*

**gruner** >



- [6]. Hefti D., « Migration du poisson vers l'amont et vers l'aval à la hauteur des ouvrages hydroélectriques. Check-list Best practice. Berne », Office fédéral de l'environnement, 2012
- [7]. Passerelle sur la Venoge - communes de Denges et Ecublens - Avant-projet - INGPHI SA, 08.10.2021



## 2 Etat actuel

### 2.1 Diagnostic nature

Selon les données du Géoportail VD, la Venoge et son ancien bras mort (Record du Flon) en rive gauche à 1170 mètres en amont du barrage sont inscrits à l'inventaire des monuments naturels et sites. La région de l'embouchure (aval route cantonale, zone bleue sur la Figure 3) est un corridor à faune d'importance régionale et territoire d'intérêt biologique prioritaire à renforcer (voir Figure 5). En amont de la route cantonale il s'agit d'un corridor à faune d'importance suprarégionale et territoire d'intérêt biologique supérieur (surtout rive gauche). Le cours de la Venoge est une liaison biologique amphibie régionale à renforcer.

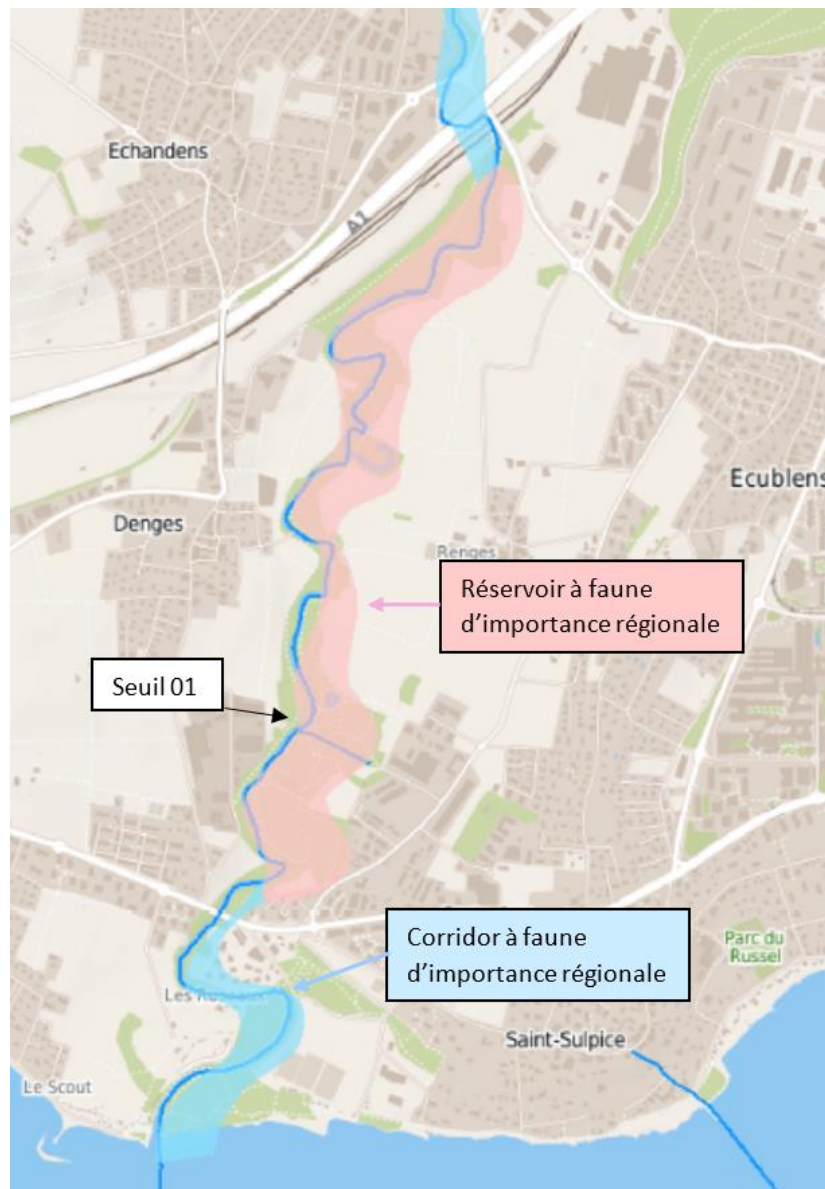


Figure 3 : Extrait de la carte de la Venoge concernant les corridors à faune

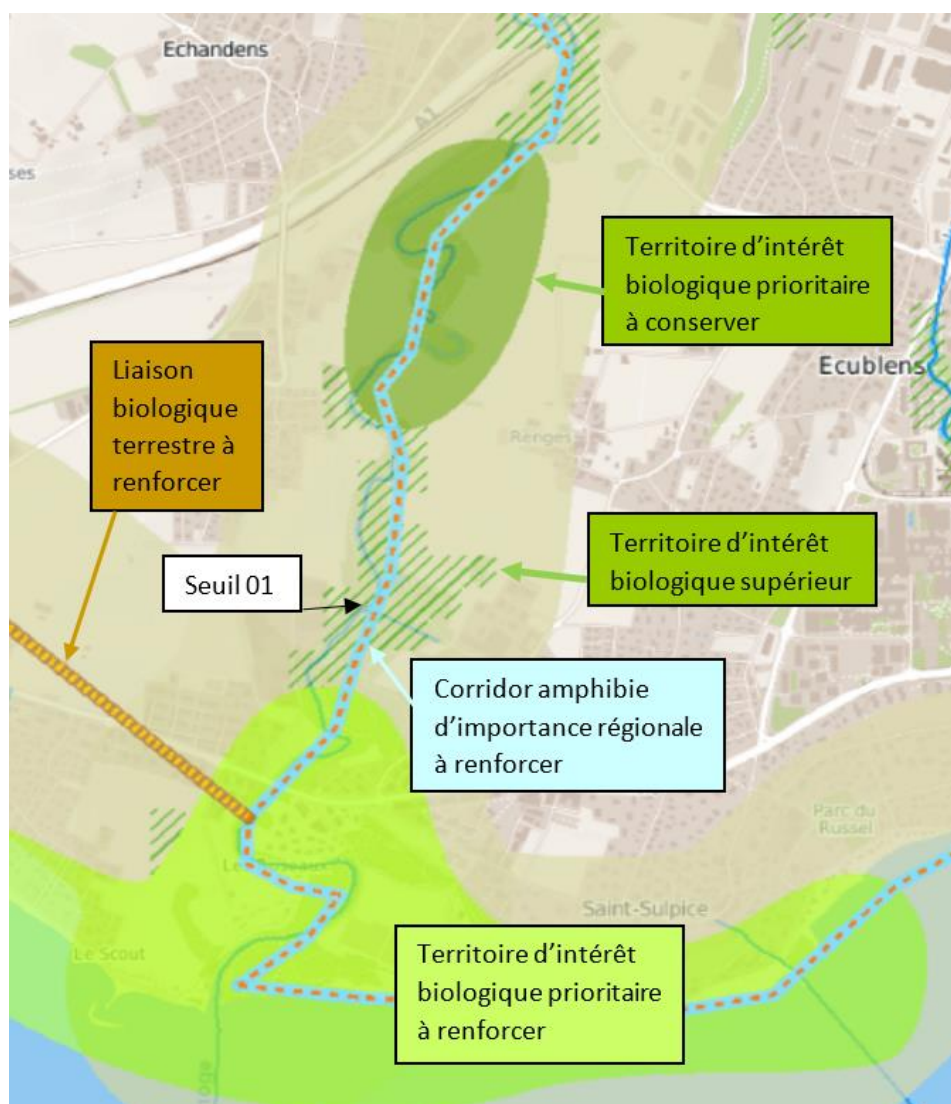


Figure 4 : Extrait de la carte de la Venoge concernant les réseaux écologiques

### Végétation aquatique et riveraine

La flore aquatique est constituée par l'ensemble des plantes aquatiques vasculaires qui se développent sur le fond des lacs et des cours d'eau (macrophyte). En raison de l'occurrence de crues, il n'y a pas de végétation aquatique présente dans la Venoge et les mousses (bryophytes) sont absentes sans doute en raison d'une qualité d'eau insuffisante. En ce qui concerne la végétation riveraine, elle est également peu représentée dans le périmètre, principalement à cause de l'ombrage porté par le cordon boisé et de l'absence de biotopes riverains (essentiellement des touffes localisées de faux roseaux, des prèles, carex et quelques fougères). Par ailleurs, le secteur comporte diverses zones de développement de néophytes envahissantes (buddleia, renouée, ...).

### Boisements riverains

Les rives sont comprises dans le cadastre forestier et essentiellement boisées d'essences qui constituent une association forestière commune dans la région (peupliers, frênes, aulnes, charmes, chênes, acacias, bouleaux, noisetiers, ...). Il n'y a pas vraiment de zonation typique des séries végétales avec dominance d'essences à bois tendre à proximité du cours d'eau et d'espèces à bois dur plus en retrait. Quelques saules isolés parviennent à se développer sur les

secteurs les plus ensoleillés, mais il n'y a pas à proprement parler de saulaies sur le secteur concerné en raison de l'ombrage uniformément important porté par la strate arborescente.

### Macrofaune benthique

La macrofaune benthique est constituée par l'ensemble des organismes invertébrés qui colonisent le fond des lacs et des cours d'eau. Ces organismes jouent un rôle essentiel dans la biologie aquatique (détritivores, prédateurs, filtreurs). Ils participent ainsi au cycle de la matière et aux processus d'autoépuration des milieux aquatiques et constituent la principale ressource alimentaire des poissons, de certains oiseaux (ex. cincle plongeur, bergeronnette) et micromammifères (ex. musaraigne aquatique, chauve-souris). Pour autant que la qualité de l'eau le permette, il est vraisemblable que les communautés benthiques présentes en aval du barrage où les conditions sont lotiques soient typiques et composées en bonne partie d'organismes rhéophiles, notamment des éphémères, plécoptères et trichoptères (EPT). En revanche, sur environ 600 mètres en amont du seuil de Denges (Seuil O1) où les écoulements sont fortement ralentis (conditions lentiques), les fonds sont recouverts d'un substrat fin et homogène. Sur ce secteur il est probable que les communautés benthiques soient simplifiées et contiennent essentiellement des organismes ubiquistes (annélides, gammares, mollusques, diptères, etc.).

### Poissons <sup>1</sup>

La partie aval de la Venoge présente des caractéristiques qui permettent le développement des salmonidés ainsi que d'autres espèces de rivière, principalement des cyprinidés d'eau vive. La reproduction des cyprinidés est possible sur ce secteur, mais celle des salmonidés est très aléatoire en raison d'une qualité d'eau insuffisante et de fonds partiellement colmatés.

La truite lacustre grossit dans le Léman et doit impérativement pouvoir accéder aux sites de frai plus favorables présents en amont. Les truites et ombres de rivière sont dans la même situation mais leurs populations sont également présentes en amont de cet obstacle et leur survie ne dépend pas entièrement de la migration au niveau de la chute de Denges.

En dehors des espèces lacustres qui peuvent être observées occasionnellement à proximité de l'embouchure et dont le cycle vital n'est pas lié à la possibilité de migrer dans la Venoge (brochet, perche, lotte, gardon, ablette ...), les espèces régulièrement rencontrées au niveau de la chute de Denges sont les suivantes :

Priorité 1 : cycle de vie entièrement dépendant de la migration à la chute de Denges

- > Truite lacustre (frayères peu fonctionnelles en aval)

Priorité 2 : cycle de vie fortement dépendant de la migration à la chute de Denges

- > Truite de rivière (frayères peu fonctionnelles en aval)
- > Ombre de rivière (idem)

Priorité 3 : cycle de vie partiellement dépendant de la migration à la chute de Denges

- > Spirlin (reproduction possible en aval)
- > Barbeau (idem)
- > Goujon (idem)
- > Chevaine (idem)
- > Vairon (idem)

Priorité 4 : cycle de vie peu dépendant de la migration à la chute de Denges

---

<sup>1</sup> Inventaire piscicole des cours d'eau du canton de Vaud (Etat de Vaud, 2004)

- > Loche franche (espèce benthique principalement sédentaire)
- > Chabot (idem)

La plupart des poissons concernés par la problématique de migration à la chute de Denges sont des espèces rhéophiles et lithophiles dont la reproduction dépend d'un lit caillouteux baigné par un courant dynamique. Ces conditions sont en partie respectées en aval du barrage et jusqu'à la route cantonale, bien qu'à ce niveau de la Venoge la qualité de l'eau et un certain colmatage des fonds soient très limitants pour les espèces les plus sensibles (truites et ombres). Au contraire, en amont du barrage l'écoulement est fortement ralenti sur environ 600 mètres et les conditions ne conviennent pas à la reproduction des espèces concernées.

Du point de vue de l'habitat piscicole, le secteur en aval du barrage et jusqu'à la route cantonale présente des conditions acceptables (classe écomorphologique verte : peu atteint) bien que le cours localement assez linéaire et stabilisé limite sensiblement la capacité d'accueil. En amont du barrage, les rives sont en grande partie naturelles et l'habitat reste satisfaisant (classe écomorphologique verte : peu atteint) avec toutefois une absence de secteurs lotiques favorables aux salmonidés sur environ 600 mètres.



Figure 5 : Extrait de la carte d'écomorphologie de la Venoge

Dans la situation actuelle, un ouvrage de franchissement construit en rive droite permet dans une certaine mesure la migration des poissons vers l'amont. Le fonctionnement de cet ouvrage est toutefois aléatoire et dépend fortement des conditions de débit et de l'entretien du système de prise d'eau. Par ailleurs, il est sélectif et ne permet vraisemblablement pas à toutes les espèces

concernées de remonter l'obstacle, notamment les petits cyprinidés, les loches et les chabots. La connectivité piscicole est donc mal respectée au niveau du barrage de Denges (voir §1.3).

### **Amphibiens et reptiles**

Bien que la Venoge soit classée comme axe biologique amphibia régional à renforcer, le secteur concerné ne constitue pas un milieu particulièrement favorable aux batraciens et ne permet notamment pas leur reproduction, sauf éventuellement pour la grenouille rousse si aucune crue ne survient entre le début du printemps et l'été (ce qui est rarement le cas). Dans la situation actuelle les rives n'offrent pas non plus d'intérêt particulier pour les amphibiens car il n'y a pas de biotope riverain aquatique favorable à leur développement, en dehors de l'ancien bras mort en rive gauche à quelques 1170 mètres en amont du barrage (Record du Flon). Enfin, comme les rives sont fortement ombragées sur la plus grande partie du secteur concerné, les conditions ne sont pas favorables à la plus grande partie des reptiles. Ainsi, l'intérêt du secteur pour ces groupes se limite vraisemblablement à la présence plus ou moins occasionnelle d'espèces communes comme les grenouilles rieuse et rousse, le crapaud commun, l'orvet et éventuellement la couleuvre à collier.

Pour les amphibiens et reptiles, les connectivités longitudinale et transversales sont globalement bien respectées sur le secteur de projet puisque les individus peuvent se déplacer le long des rives et que les espèces amphibiens peuvent traverser la Venoge d'une rive à l'autre. Le manque de biotopes riverains relais est toutefois un facteur limitant pour le développement de ces groupes.

### **Avifaune**

Le cordon boisé qui borde la Venoge constitue un habitat favorable à diverses espèces d'oiseaux cependant l'avifaune n'est pas particulièrement diversifiée. Les raisons sont liées à l'absence de biotopes remarquables (milieux annexes sauvages, roselières, glariers, etc.) et à la relative homogénéité des milieux riverains naturels (cordons boisés d'essences forestières). Les principales espèces liées au milieu aquatique susceptibles d'être rencontrées sur le secteur sont : le martin pêcheur, le cincle plongeur, la bergeronnette, le héron cendré, le harle, le cormoran et divers canards. A cette avifaune spécialisée s'ajoutent plusieurs espèces plus ou moins communes dans les milieux boisés suburbains (pics, corvidés, passereaux, rapaces diurnes et nocturnes, etc.).

Le secteur ne présente aucun problème de connectivité longitudinale ou transversale pour l'avifaune.

### **Mammifères**

Toute la partie de la Venoge en aval de l'autoroute est fortement enclavée entre les zones urbanisées (Echandens, Ecublens, Saint Sulpice, Préverenge). De ce fait elle n'est pas fréquentée par la grande faune et les espèces susceptibles d'être rencontrées régulièrement sur le secteur sont essentiellement représentées par des renards, des blaireaux et des petits mustélidés (fouines, belettes, hermines), des écureuils, des chauves-souris, des rongeurs et autres micromammifères (ex. musaraignes, hérissons). L'espèce la plus remarquable est toutefois le castor qui est présent le long de la Venoge et effectue vraisemblablement des incursions sur ce secteur voire jusqu'au Léman, notamment les jeunes qui, une fois émancipés, doivent partir à la recherche de nouveaux territoires où ils peuvent s'implanter.

Le secteur ne présente pas de problème de connectivité puisque les animaux peuvent se déplacer sur les deux rives dans le cordon boisé. En revanche, pour la plupart des espèces l'enclavement en aval (route cantonale et Léman) et en amont (autoroute et zones urbanisées) limite les possibilités de déplacement à grande échelle.

## 2.2 Dangers naturels

La carte de danger de la Venoge a été réalisée par le laboratoire HYDRAM de l'EPFL en 1997-1998 [1]. En 2016, le bureau B+C Ingénieurs SA a standardisé la carte de danger vis-à-vis des inondations. Ainsi, sur la base des informations tirées de l'étude de l'EPFL, les résultats ont été convertis en fiche de scénarios. Par ailleurs, des mises à jour locales ont également été apportées afin d'inclure les évolutions du territoire ou des données du MNT pour affiner les limites de danger.

D'après la carte des dangers liés à l'eau sans le secteur du seuil O1, des débordements sont attendus dans le lit majeur pour des événements fréquents (temps de retour inférieur à 30 ans). Leurs intensités varient de forte (dans le lit mineur) à moyenne puis faible en rive gauche, au droit du seuil O1 (voir Figure 6 et Figure 7). Pour des événements de temps de retour moyen (entre 30 ans et 100 ans), la rive gauche en aval du seuil est touchée par une intensité faible. Il s'agit du domaine de la Garenne.

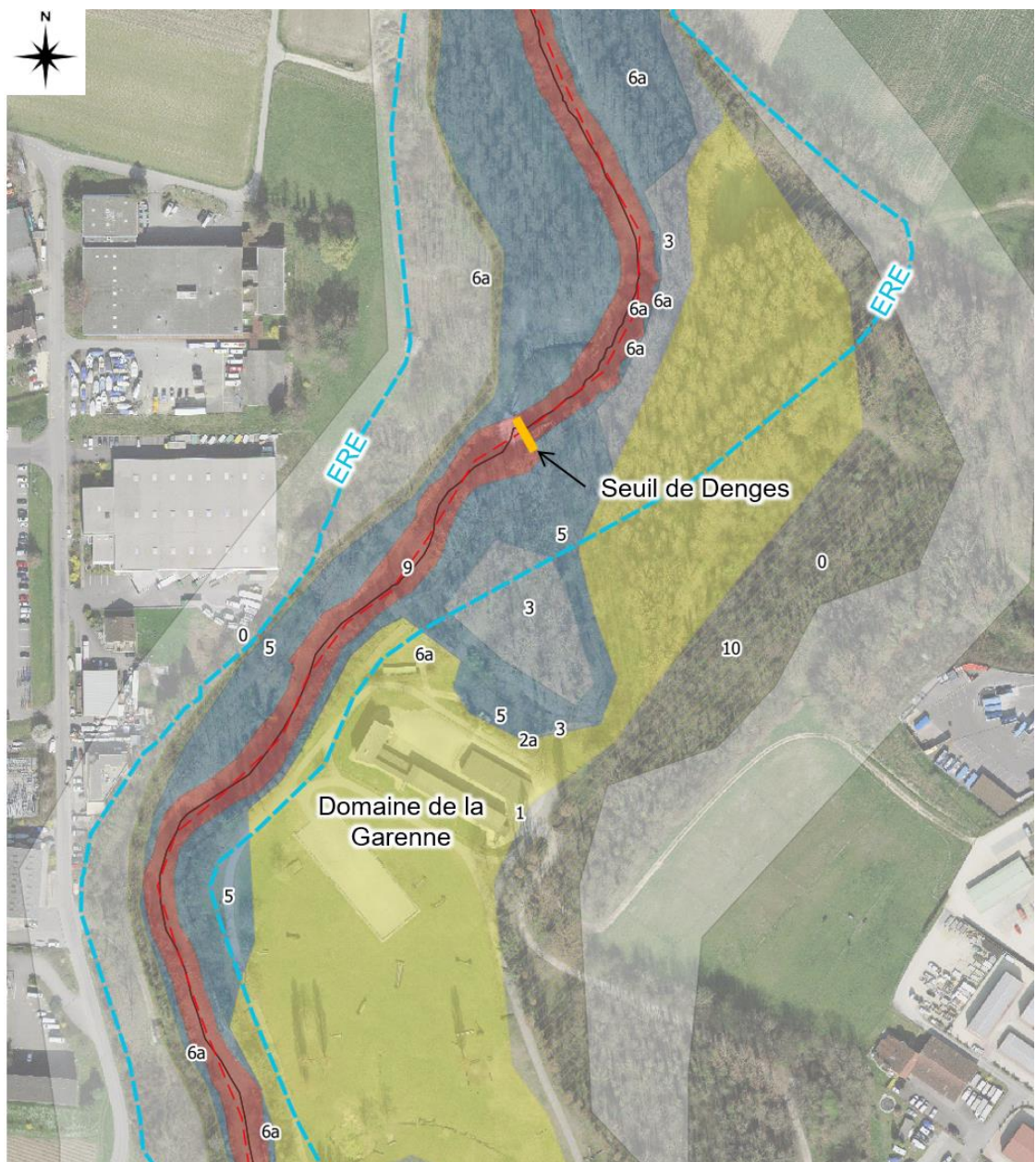


Figure 6 : Carte des dangers vis-à-vis des inondations au niveau de la chute de Denges et représentation de l'Espace Réservé aux Eaux (ERE)

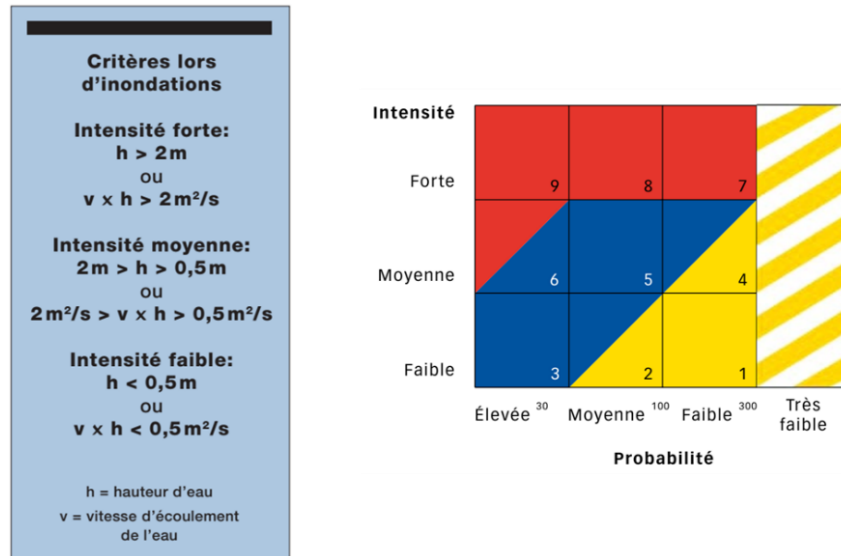


Figure 7 : Critères de détermination de l'intensité d'inondation (à gauche) et du degré de danger (à droite), résultat de la combinaison de l'intensité et de la probabilité d'occurrence d'un évènement

L'étude des scénarios de débordement de la Venoge en cas de crue a également permis d'identifier les chemins d'écoulements à l'origine des zones de dangers décrites précédemment (voir Figure 8).

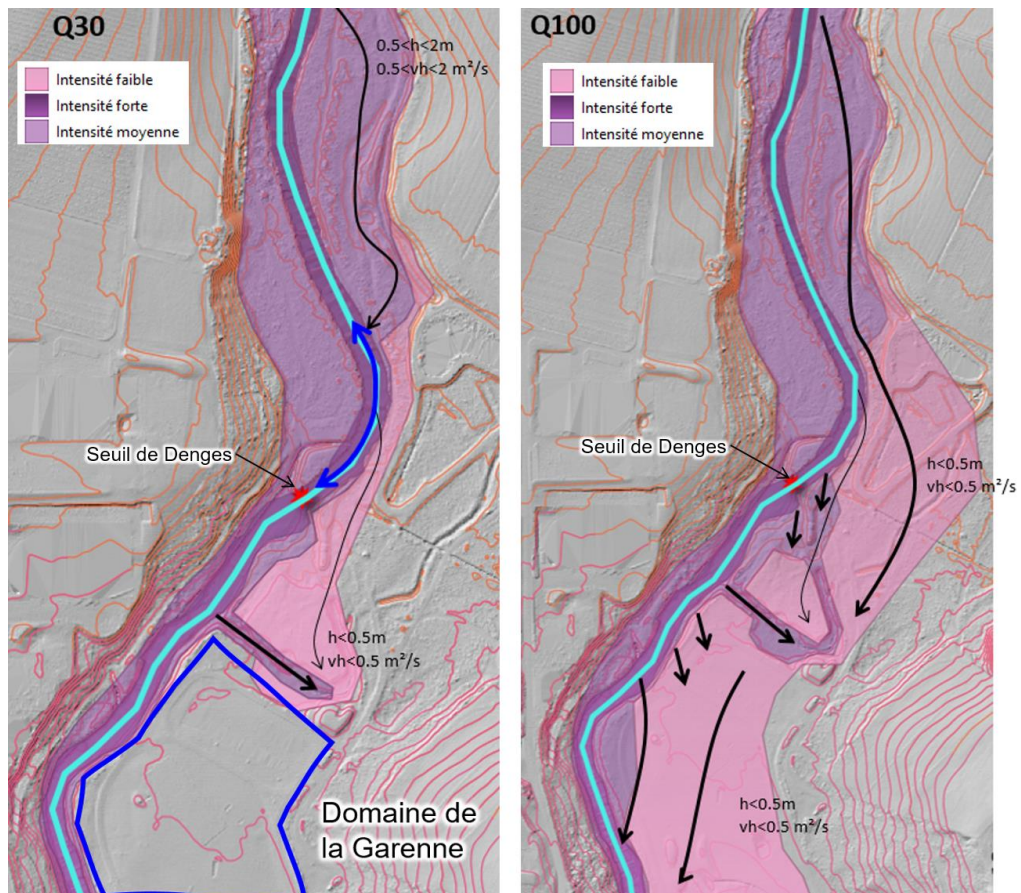


Figure 8 : Extrait des cartes d'intensités, pour les crues de probabilité élevée (à gauche) et moyenne (à droite). Les flèches noires indiquent les chemins d'écoulements. La flèche bleue indique un secteur en sous-capacité dès Q30

## 2.3 Hydrologie et débits de dimensionnement

Les débits de crue de la Venoge retenus pour cette étude au droit du périmètre d'étude sont listés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Type de débit/crue	Débit [m <sup>3</sup> /s]	Source
Q <sub>2</sub>	46	Statistiques station OFEV n°2432 (Ecublens)
Q <sub>10</sub>	74	Statistiques station OFEV n°2432 (Ecublens)
Q <sub>30</sub>	90	Carte de danger [1]
Q <sub>100</sub>	125	Carte de danger [1]
Q <sub>300</sub>	134	Carte de danger [1]
> Q <sub>300</sub> (Extrême)	190	Carte de danger [1]

Tableau 1 : synthèse des débits de crue sur la Venoge au droit du périmètre d'étude

La Figure 9 ci-dessous donne la courbe des débits classés à la station OFEV n°2432. D'après [6], un ouvrage piscicole doit être fonctionnel pour des débits allant de Q30j à Q330j, soit dans le cas présent de 0.64m<sup>3</sup>/s à 10.7m<sup>3</sup>/s (Figure 9).

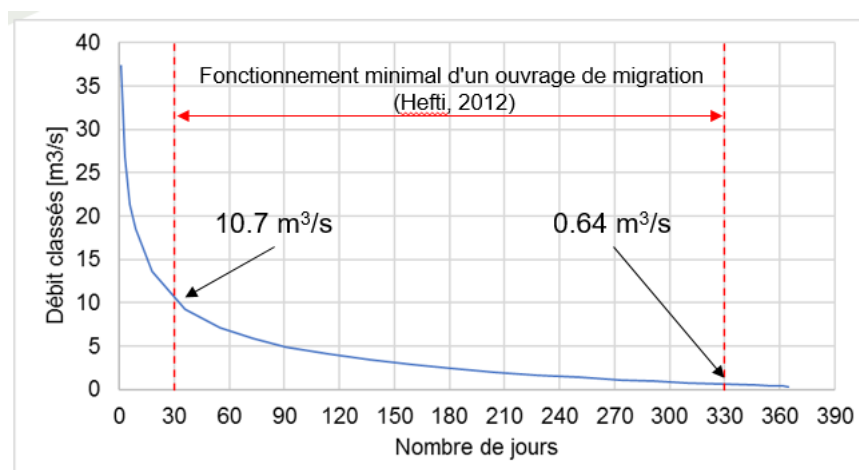


Figure 9 : Courbe des débits classés de la Venoge (station OFEV 2432) et plage de fonctionnement d'un ouvrage de migration piscicole [6]

## 2.4 Transport solide et granulométrie

A l'état actuel, le transport solide peut être considéré comme faible sur le périmètre d'étude. L'influence du seuil et les pentes relativement faibles du lit qui en découlent ont pour conséquence de ralentir le charriage et limiter ainsi les évolutions morphologiques. On note toutefois la présence de bancs de gravier, notamment à l'aval du seuil (voir photo de la Figure 10 ci-dessous).

Une modélisation 1D hydraulique couplé transport solide a été réalisée dans le cadre du présent projet notamment pour évaluer les effets de la solution retenue sur le régime de charriage. Elle est présentée au §5.7.2.



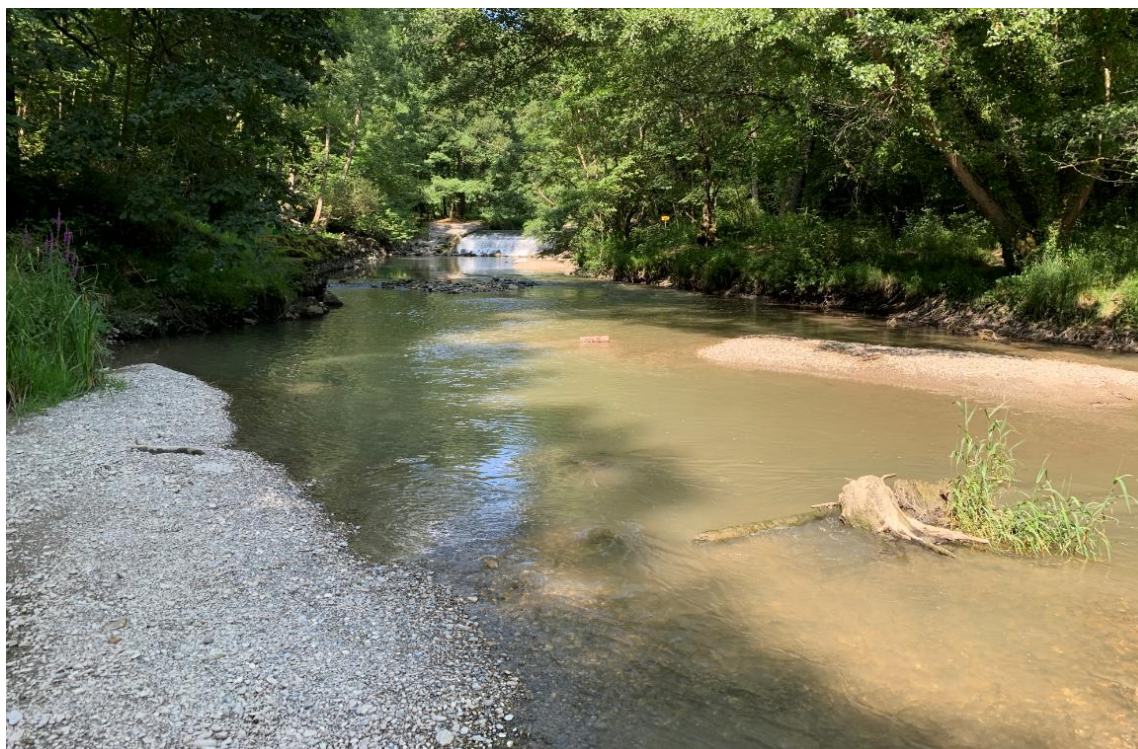


Figure 10 : Morphologie du lit actuel à l'aval du seuil de Denges

Les données de granulométrie utilisées dans la présente étude proviennent de relevés réalisés dans le cadre de l'étude [2]. La Figure 11 ci-dessous illustre les courbes granulométriques réalisées sur la base de ces relevés.

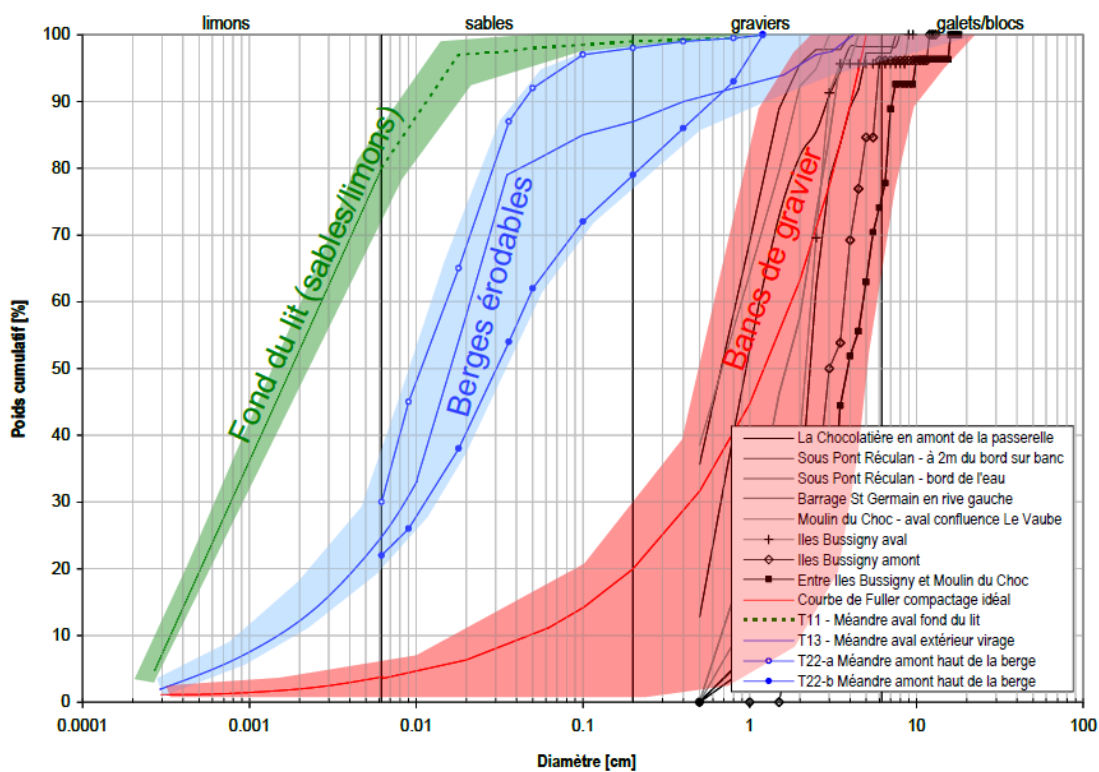


Figure 11 : Courbes granulométriques utilisées dans le cadre de la présente étude (source : [2])

## 2.5 Foncier et patrimoine bâti

L'ensemble du site d'étude est situé dans le périmètre du PAC Venoge. Les parcelles qui entourent le seuil O1 appartiennent pour la plupart à la commune de Denges et sont situées dans l'aire forestière (zone naturelle protégée selon l'inventaire cantonal). Seule la parcelle n°1059 (domaine de la Garenne) en aval du seuil O1, en rive gauche, appartient à un privé (voir Figure 12).

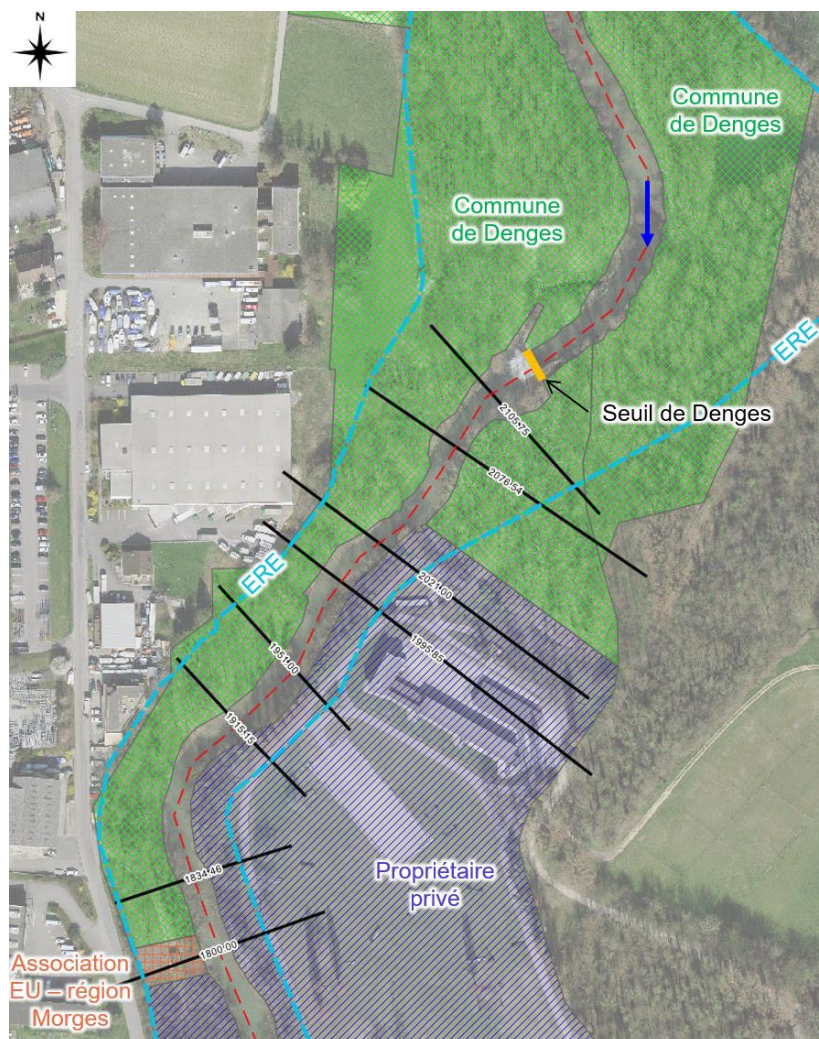


Figure 12 : Localisation des propriétaires des parcelles entourant le seuil O1 de Denges. En bleu est représenté l'ERE (Espace réservé aux eaux)

L'ensemble de l'ouvrage du seuil O1 (murs en maçonnerie, coursier, promontoire métallique, vanne, etc.) est inscrit au patrimoine cantonal des Monuments Naturels et Sites et doit donc à priori être conservé dans son ensemble.

En effet, ces vestiges sont le témoin du passé et sont de première importance dans la sauvegarde du patrimoine. L'historique a été retracé par la Direction de l'archéologie et du patrimoine du canton de Vaud, dans le cadre du présent projet :

*Le long de la Venoge, à l'emplacement du barrage actuel, se trouvait le départ du bief qui menait à l'ancien moulin de Saint-Sulpice, aujourd'hui disparu, ainsi qu'une « Ecluse » attestée en tous les cas au début du XVIIIe siècle, puisque visible sur le plan cadastral de la commune de Denges levé en 1738. Signalée de manière très schématique sur le plan de 1827-1828, l'écluse figure de manière beaucoup plus détaillée sur le plan de 1910 selon un dispositif en maçonnerie qui correspond aux aménagements actuels, en grande partie conservés. Le « canal de décharge » situé plus bas, ainsi que le « canal*

du moulin » qui serpente sur la rive gauche, sont visibles sur le plan de la commune d'Ecublens, levé en 1907 (voir Figure 13). Ce bief, aujourd'hui canalisé (encore visible en 1986 selon swisstopo), menait au moulin de Saint-Sulpice. Attesté au XVe siècle, en tout cas, cet édifice s'accompagnait d'une fabrique de papier dans la première moitié du XVIIe siècle, d'un battoir et d'une dépendance rurale. Transformé en 1870, l'ancien moulin, complètement démonté vers 1940, a été démoli en 2011, pour faire place à un nouvel immeuble. Cet établissement faisait partie d'un complexe industriel plus vaste qui regroupait divers bâtiments construits dans le delta de la Venoge. (voir aussi Saint-Sulpice, fiche 52).

Le barrage de Denges, mis en évidence en 1991 lors du recensement des objets situés le long de la Venoge, a été porté à l'inventaire des monuments historiques d'importance cantonale, conformément à la LPNMS, art. 49 et suivants, le 24 novembre 1999. Il constitue un précieux témoin des ouvrages aménagés sur la rivière (canalisée dès le XVIIe siècle), qu'il s'agit de conserver. Pourvoyeuse d'énergie, la Venoge et ses affluents ont fait tourner, du Moyen Âge au XXe siècle, une centaine de roues de moulins, battoirs, huileries, papeteries, filatures et câbleries, dont la plupart ont malheureusement disparu.



Figure 13 : Plan historique de la commune d'Ecublens datant de 1907

## 2.6 Protection des eaux souterraines

L'ensemble du périmètre d'étude et du périmètre d'intervention se trouve en zone Au de protection des eaux souterraines (voir Figure 14 ci-dessous).

Le présent rapport fait office de demande de dérogation à l'interdiction de construire en zone Au.

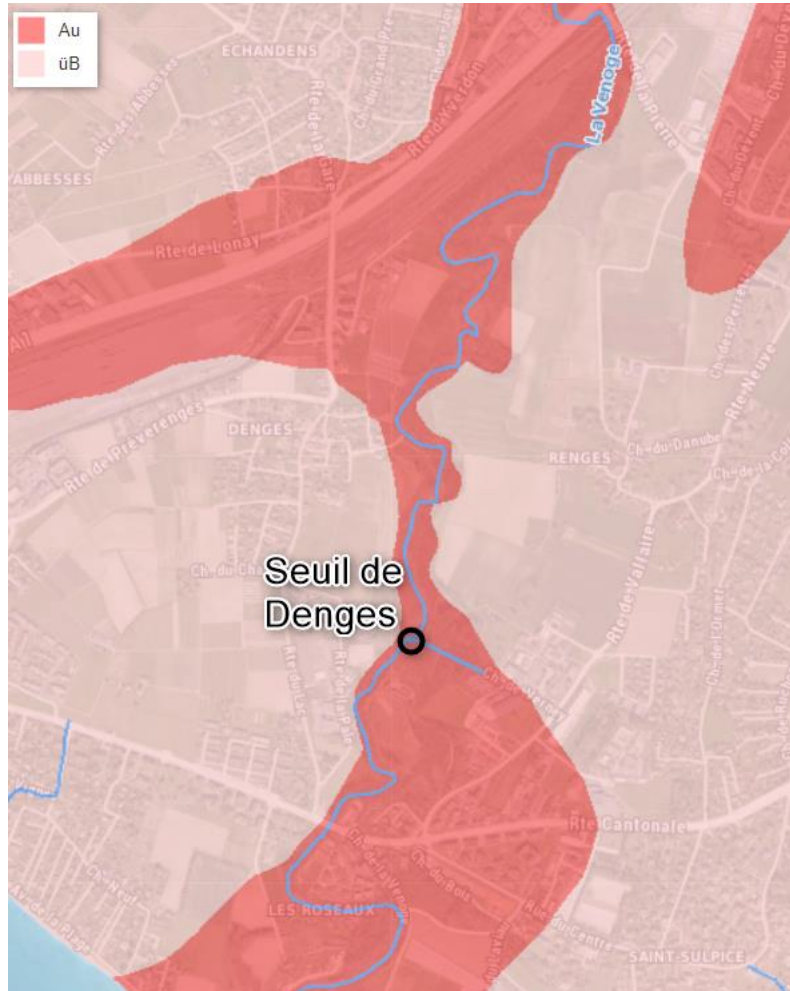


Figure 14 : Zones de protection des eaux souterraines Au et üB

### 3 Définition des objectifs

Dans ce chapitre, il s'agit dans un premier temps de décrire l'état de référence (ou naturel), qui correspond à une situation antérieure à la construction de seuil. Cet état est ensuite comparé à l'état actuel, dans le but d'identifier les déficits vis-à-vis des aspects nature, afin de formuler les nouveaux objectifs à atteindre.

#### 3.1 Description de l'état de référence (ou naturel)

##### Profil en long et morphologie

L'état naturel avant construction du barrage de Denges (ou seuil O1) n'est pas documenté. Il est toutefois vraisemblable que la pente naturelle du cours d'eau était proche de la pente d'équilibre qui a été définie dans le cadre du présent projet sur la base de l'observation du profil en long (Figure 15 ci-dessous) et des résultats des modélisations de transport solide (§5.7.2). Selon ces derniers, il semblerait que le seuil ait été construit sous forme de remblayage du lit à l'amont et que le lit aval n'ait pas subi de modification majeure, en attestent le profil en long de la Figure 15 ci-dessous et la dénomination historique de "barrage" qui avait été donnée au seuil à l'époque (voir §2.5).

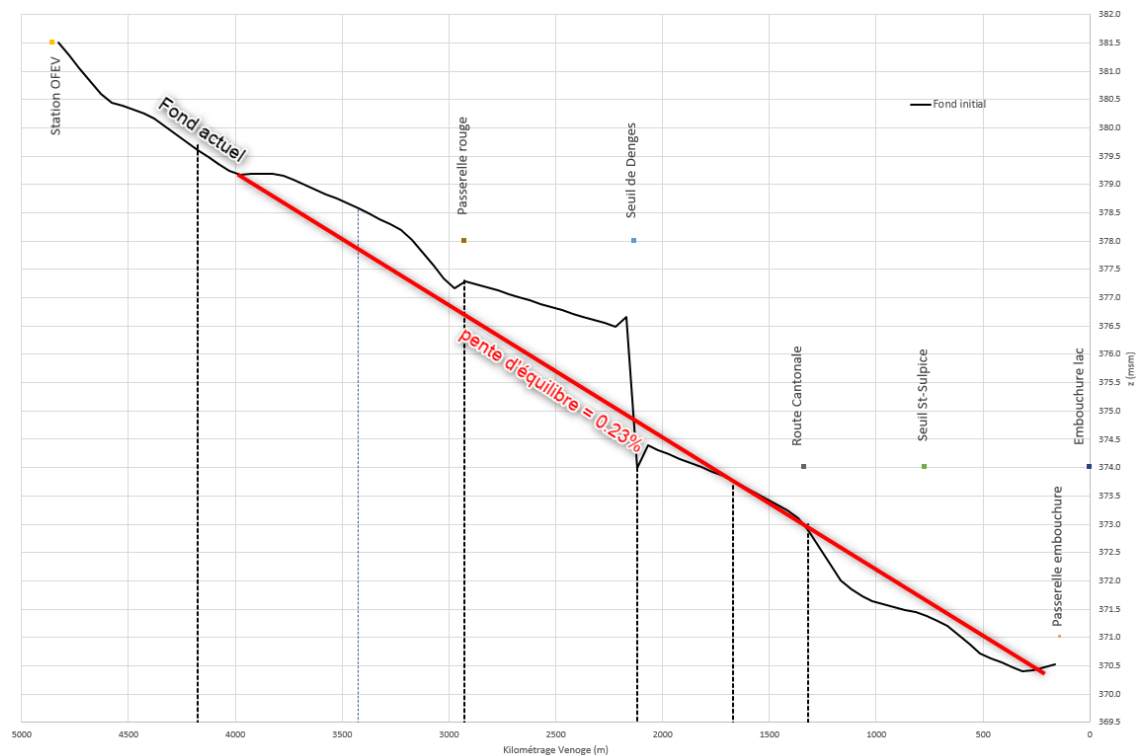


Figure 15 : Profil en long actuel de la Venoge (trait noir) et pente d'équilibre ou fond de l'état de référence (trait rouge)

C'est notamment sur plusieurs centaines de mètres (au moins 600 mètres) en amont du seuil que l'écoulement devait être plus dynamique, permettant une évolution du cours d'eau plus active qu'actuellement (phénomène d'érosion et de dépôt, méandrage).

##### Végétation aquatique et riveraine

Les caractéristiques de la Venoge n'étaient sans doute pas favorables au développement de la végétation aquatique (macrophytes) et celle-ci était probablement déjà absente en raison de l'occurrence des crues. En revanche une végétation riveraine plus diversifiée, de type pionnière, pouvait vraisemblablement se développer sur les zones de dépôt qui devaient exister à

l'intrados des méandres (glariers). Par ailleurs, la dynamique alluviale devait favoriser la formation de bras morts, lesquels devaient permettre le développement de biotopes humides riverains favorables aux héliophytes.

### **Boisements riverains**

La dynamique naturelle du cours d'eau devait permettre la formation d'un cordon boisé riverain présentant localement une zonation typique des séries végétales (végétation étagée), soit une succession naturelle d'essences riveraines à bois tendre (saule, fusain, aulne, frêne ...) vers des essences forestières à bois dur (érable, charme, chêne, ...).

### **Macrofaune benthique**

D'une part en raison d'une qualité d'eau sans doute meilleure qu'actuellement et d'autre part du fait que les conditions étaient uniformément lotiques, les communautés benthiques devaient être dominées par des organismes rhéophiles, notamment des éphémères, plécoptères et trichoptères.

### **Poissons**

Proche du Léman, le secteur devait abriter une faune piscicole diversifiée et de nombreuses espèces lacustres devaient occasionnellement fréquenter le secteur. Toutefois, les caractéristiques originelles devaient favoriser la présence des salmonidés (truites et ombres) qui devaient être dominants sur ce secteur de la Venoge comme plus en amont. En l'absence de barrage, la connectivité piscicole ne posait pas de problème et les poissons pouvaient migrer sans entrave vers l'amont.

### **Amphibiens et reptiles**

La dynamique originelle du cours d'eau devait générer la formation de biotopes riverains, comme le bras mort encore présent en rive gauche à quelques 1170 mètres en amont du barrage (Record du Flon). Ainsi, les milieux riverains présentaient sans doute des potentialités plus importantes pour les batraciens et les reptiles du fait de la présence de nombreux biotopes relais et d'une bonne connectivité pour ces groupes.

### **Avifaune et mammifères**

La composition de l'avifaune était sans doute comparable à l'actuelle, avec toutefois des potentialités plus importantes en raison d'une diversité plus grande en habitats riverains (glariers, biotopes, végétations riveraines, boisements étagés) comparativement à la relative homogénéité des milieux riverains actuels (cordons boisés d'essences forestières).

Toute comme pour l'avifaune, lorsque la dynamique du cours d'eau permettait la formation de biotopes riverains les potentialités de développement de la faune riveraine (mammifères) étaient sans doute plus importantes que les actuelles. Toutefois, c'est l'enclavement du secteur entre les zones urbanisées qui a certainement contribué de manière prépondérante à l'appauvrissement de la faune riveraine et notamment à la disparition de la grande faune.

## **3.2 Comparaison de l'état actuel et de l'état de référence (ou naturel)**

La construction du barrage de Denges et les stabilisations de rives en amont et en aval de ce dernier ont contribué à diminuer la dynamique naturelle du cours d'eau. Sur un linéaire d'environ 600 mètres en amont du barrage, les phénomènes morphodynamiques naturels d'érosion et de déposition ont pratiquement disparu et les structures naturelles riveraines se sont figées et simplifiées, aboutissant à un appauvrissement de la diversité et des potentialités pour la végétation et la faune riveraine.

### **Végétation aquatique et riveraine**

Le barrage n'a pas eu d'influence sur l'absence de végétation aquatique. En revanche, la disparition des zones de déposition (glariers) et des biotopes riverains (bras morts) a contribué à un appauvrissement sans doute important de la végétation riveraine sur au moins 600 mètres en amont du barrage (espèces pionnières, héliophytes, ...).

### **Boisements riverains**

Le barrage a contribué à stopper le renouvellement d'une végétation étagée typique des bords de cours d'eau, qui dépend des processus actifs d'érosion et de déposition. En conséquence, les boisements riverains se sont figés et sont essentiellement composés d'essences forestières.

### **Macrofaune benthique**

C'est principalement sur un linéaire de 600 mètres en amont du barrage que les conditions lenthiques ont eu un effet sur la composition des communautés benthiques. Celles-ci se sont simplifiées et les organismes rhéophiles typiques (EPT qui constituent par ailleurs l'essentiel de la base nutritive des poissons et d'autres organismes) ont été remplacé par des organismes plus ubiquistes.

### **Poissons**

La connectivité longitudinale (migration) a été fortement impactée par la création du barrage. Celui-ci a rendu difficile et aléatoire l'accès aux frayères et aux zones de grossissement plus favorables qui existent en amont pour les espèces prioritaires que sont la truite lacustre, la truite fario et l'ombre de rivière. C'est également le cas pour toutes les autres espèces accompagnatrices qui peuvent aussi effectuer des migrations comportementales ou de reproduction.

### **Amphibiens et reptiles**

La disparition des biotopes riverains qui devaient se former et se renouveler naturellement avant la création du barrage a provoqué un appauvrissement des potentialités pour ces groupes plutôt affiliés aux biotopes riverains qu'au cours principal de la rivière.

### **Avifaune et mammifères**

La perte de diversité en habitat (végétation étagées, glariers, biotopes riverains) est responsable d'une diminution des potentialités pour l'avifaune ainsi que pour les mammifères présents le long du cours d'eau.

## **4 Objectifs du projet**

### **4.1 Déficits et objectifs de développement écologique**

Les principales problématiques concernent une qualité d'eau encore insuffisante, l'enclavement du secteur entre les zones urbanisées, le manque de connectivité pour la faune piscicole au niveau du barrage et l'influence que celui-ci exerce en ralentissant la dynamique alluviale et la formation de biotopes dont dépendent les biocénoses végétales et animales associées au cours d'eau.

Le principal objectif est de restaurer la migration piscicole au niveau du barrage de Denges, qui constitue un déficit évident et majeur compte tenu du fait que les principales espèces concernées sont considérées comme menacées sur la liste des espèces prioritaires au niveau national (truite lacustre et ombre). Pour ces espèces, l'accès à des sites de reproduction de bonne qualité comme il en existe encore plus en amont est essentiel à leur survie à long terme. Les autres espèces piscicoles font également partie des objectifs puisque quasiment toutes sont susceptibles d'effectuer des migrations, que ce soit pour des raisons reproductives ou dans le cadre de processus de colonisation de nouveaux habitats.

Le projet vise également à dynamiser la végétation riveraine ainsi que les autres groupes faunistiques (invertébrés, amphibiens, reptiles, oiseaux, mammifères) en restaurant des habitats plus diversifiés par le biais de la réactivation des processus morphodynamiques naturels.

A noter encore une synergie avec l'activité de pêche en rivière. En effet la restauration de la migration au seuil de Denges devrait permettre de favoriser les populations piscicoles et en particulier les salmonidés qui sont les plus recherchés. Le projet devrait donc être bénéfique à la poursuite de cette activité traditionnelle actuellement en perte de vitesse en raison de la diminution du rendement de la pêche dans la Venoge.

### **4.2 Objectifs sécuritaires**

D'un point de vue de la protection contre les crues, les mesures d'assainissement du seuil ne doivent pas péjorer la situation actuelle de dangers en conservant la capacité hydraulique du tronçon et en veillant à garantir la stabilité des ouvrages/infrastructures présentes le long du cours d'eau sur le périmètre d'étude influencé et nécessitant protection.

En termes d'objectif de protection, le principal objet à protéger, le Domaine de la Garenne en rive gauche doit être protégé pour Q100, ce débit constituera le débit de dimensionnement du projet.



## 5 Description du projet

Dans le cadre du projet d'assainissement du seuil n°O1 de la Venoge, cinq variantes ont été développées afin de répondre aux objectifs présentés au §4. Ces variantes sont décrites dans les sections qui suivent puis sont comparées par le biais d'une analyse multicritère au §5.6ci-après. Le descriptif complet de l'analyse de faisabilité et analyse des variantes figure à l'annexe A).

### 5.1 Variante 1 : rampe rugueuse à l'aval du seuil

Cette première variante prévoit la rampe complètement à l'aval du seuil existant. Le seuil est conservé dans son état actuel ainsi que toutes les structures historiques attenantes. Le lit est donc remblayé à l'aval du seuil et enroché sous forme de rampe rugueuse. Le chenal de contournement actuel en rive droite est remblayé ou conservé, des mouilles pourraient être aménagées sur l'îlot central afin de créer des biotopes annexes favorisant la biodiversité.



Figure 16 : Variante 1 : rampe rugueuse à l'aval du seuil - situation

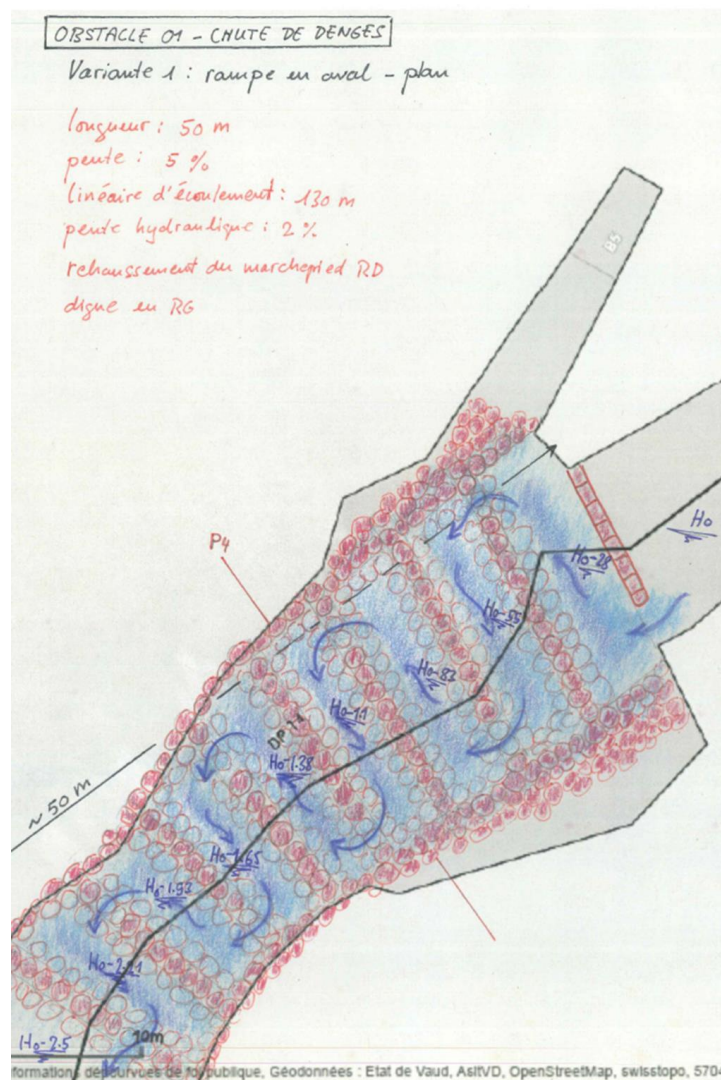


Figure 17 : Variante 1 : rampe rugueuse à l'aval du seuil - croquis en plan

## 5.2 Variante 2 : rampe rugueuse centrée sur le seuil

Pour cette deuxième variante, la rampe est située à cheval et uniformément sur l'amont et en aval du seuil. Le seuil est partiellement détruit et les structures historiques attenantes sont conservées. Le lit est donc déblayé à l'amont et remblayé à l'aval du seuil puis enroché sous forme de rampe rugueuse. Le chenal de contournement actuel en rive droite est remblayé ou conservé, des mouilles pourraient être aménagées sur l'îlot central afin de créer des biotopes annexes favorisant la biodiversité.



Figure 18 : Variante 2 : rampe rugueuse centrée sur le seuil - situation

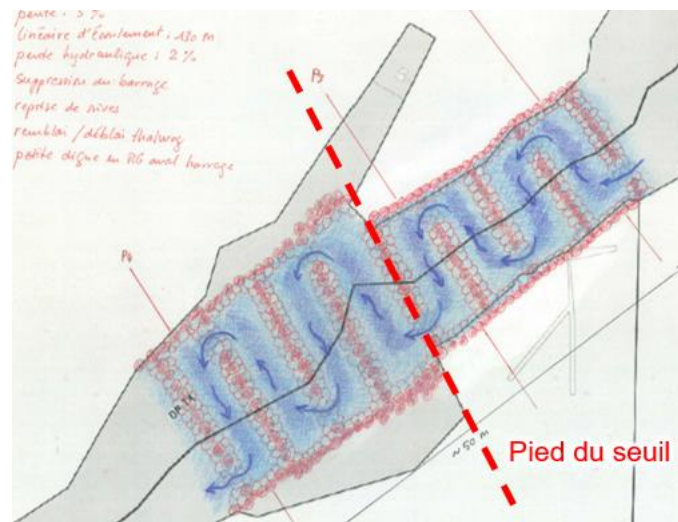


Figure 19 : Variante 1 : rampe rugueuse centrée sur le seuil - croquis en plan

### 5.3 Variante 3 : rampe rugueuse à l'amont du seuil

Cette troisième variante prévoit la rampe complètement à l'amont du seuil existant. Le seuil est complètement détruit, un aménagement spécifique pourrait néanmoins permettre de conserver les structures historiques en rive gauche. Le lit est excavé à l'amont du seuil et enroché sous forme de rampe rugueuse. Le chenal de contournement actuel en rive droite est remblayé ou conservé, des mouilles pourraient être aménagées sur l'îlot central afin de créer des biotopes annexes favorisant la biodiversité.

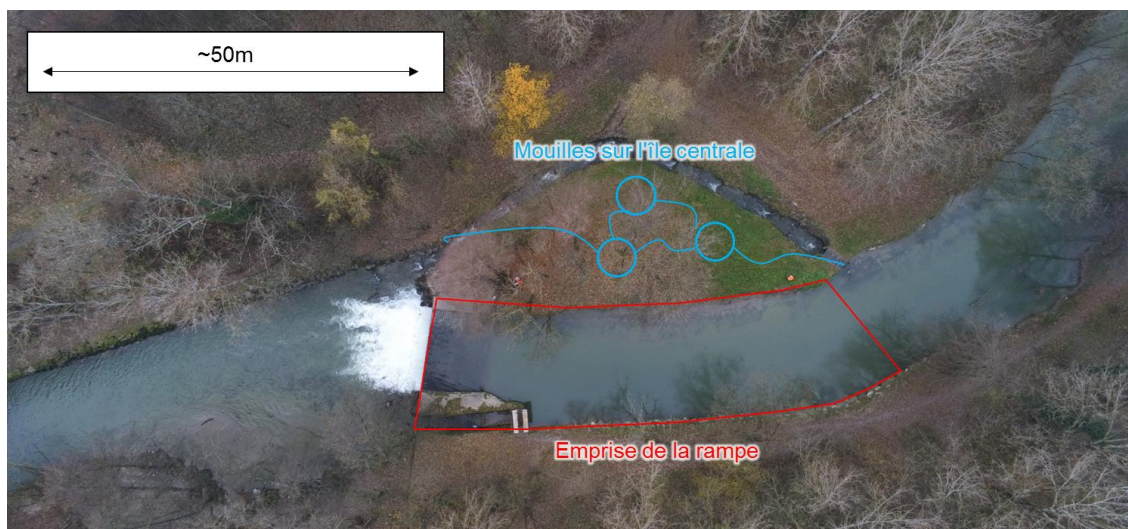


Figure 20 : Variante 3 : rampe rugueuse en amont du seuil - situation

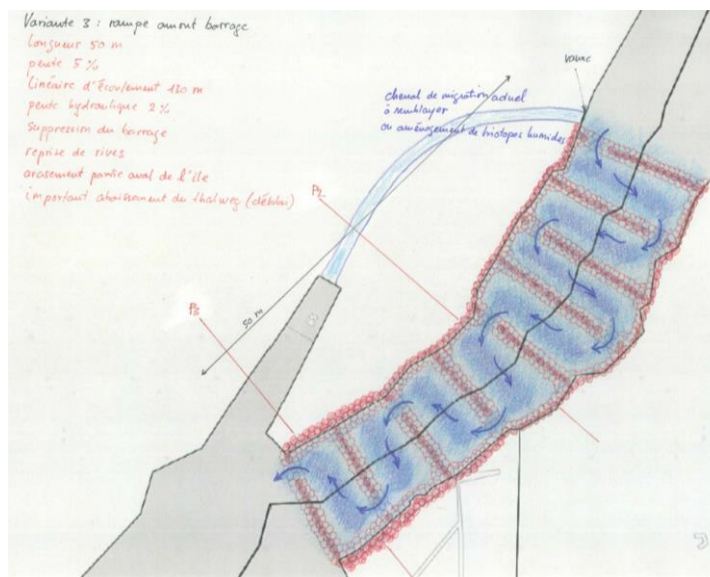


Figure 21 : Variante 3 : rampe rugueuse en amont du seuil - croquis en plan

#### 5.4 Variante 4 : redimensionnement du chenal de migration

Cette variante prévoit de conserver l'ouvrage actuel et d'utiliser le chenal de migration existant comme chenal principal de migration en augmentant son gabarit (largeur du lit doublée et augmentation de la longueur du bief pour diminuer sa pente à 3.6%). La vanne en entrée devrait également être modifiée afin de permettre une augmentation des débits dans le chenal. Là aussi, des mouilles pourraient être aménagées sur l'îlot central afin de créer des biotopes annexes favorisant la biodiversité.



Figure 22 : Variante 4 : redimensionnement du chenal de migration existant - situation

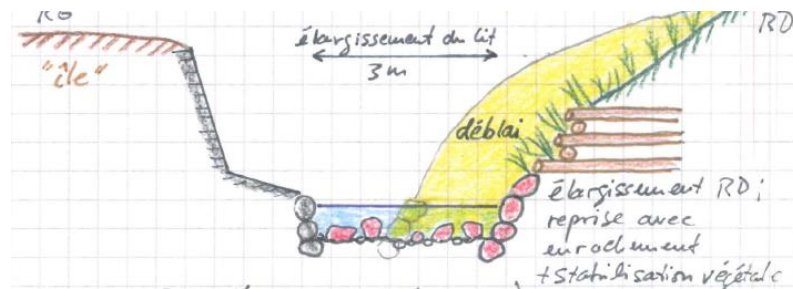


Figure 23 : Variante 4 : redimensionnement du chenal de migration existant - profil-type

### 5.5 Variante 5 : élimination complète du seuil et renaturation

Cette variante prévoit la destruction complète du seuil, avec une intervention minimale sur le cours d'eau et les berges en amont et en aval. La démarche consiste à laisser la rivière retrouver son profil en long d'équilibre après suppression du seuil. Les structures historiques en rive gauche pourraient être conservées moyennant un aménagement de stabilisation spécifique. Le chenal et toute la banquette en rive droite pourraient être utilisés pour aménager un bras secondaire et un élargissement du cours d'eau. L'esquisse de l'aménagement en situation est illustrée sur la Figure 24 ci-dessous et le profil-type est représentée à la Figure 25 ci-après.

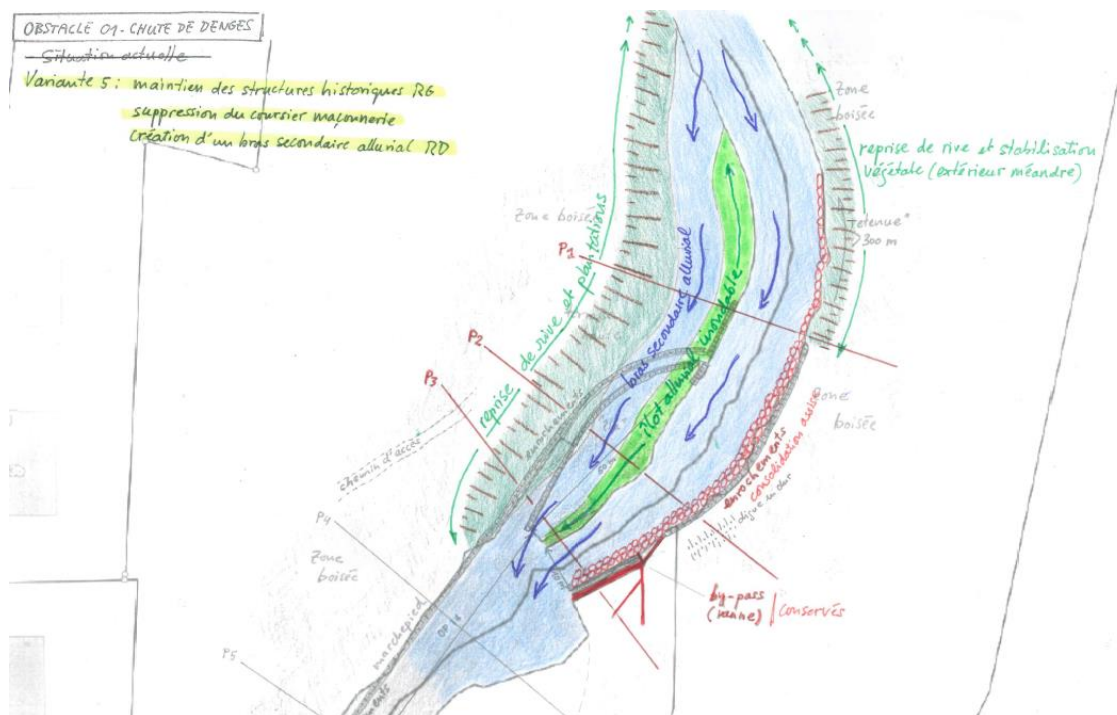


Figure 24 : Variante 5 : suppression complète du seuil - situation

Profil en travers PK = 2149.41

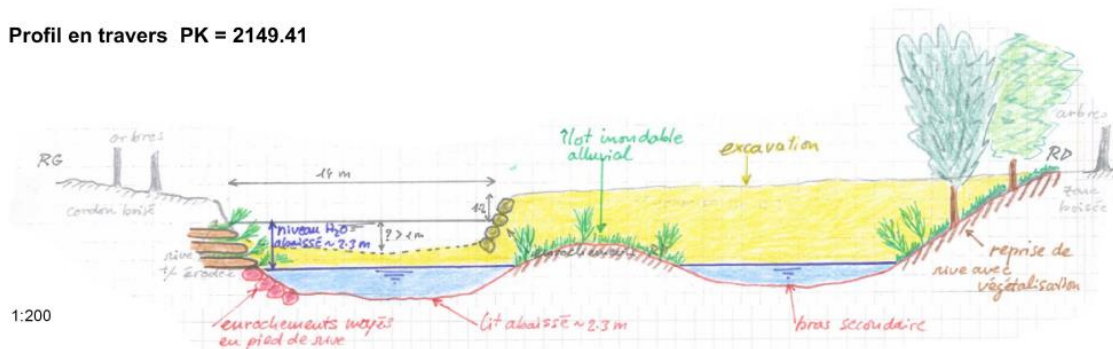


Figure 25 : Variante 5 : suppression complète du seuil - profil-type

## 5.6 Analyse multicritère

Une analyse multicritère a permis de comparer l'ensemble des variantes susmentionnées sous les aspects suivants :

- > Environnement : migration piscicole et autres aspects (milieux riverains, dynamique du cours d'eau, etc.)
- > Technique : protection contre les crues, entretien
- > Foncier et procédures
- > Coûts

Le tableau complet des résultats de l'analyse multicritère est donné en annexe A). La variante 5 de renaturation a été préférée aux autres variantes pour les raisons suivantes :

- > Les variantes 1 à 3, même si ce sont celles qui offrent les meilleurs résultats à court terme d'un point de vue de la migration piscicole, sont plus coûteuses et figent complètement le lit du cours d'eau par une stabilisation en blocs.
- > La variante 4 pose un problème d'efficacité piscicole dans le sens où l'attractivité du chenal élargi dépendra de la répartition des débits et de l'entretien de la prise.
- > La variante 5 est celle qui offre les plus grandes possibilités au cours d'eau de retrouver un régime de charriage et une dynamique proche de l'état naturel. L'ampleur des travaux et donc les coûts sont moindres que pour les autres variantes. Même si le rétablissement de la migration piscicole à court terme ne peut pas être garanti, à moyen et long terme, après rétablissement de la pente d'équilibre et du chenal d'étiage, la migration piscicole sera assurée. Néanmoins, pour être mise en œuvre en s'assurant de ne pas impacter la sécurité contre les crues, une analyse plus poussée a dû être menée afin d'évaluer les évolutions du fond du lit et les impacts sur les berges et sur les niveaux de protection. Ces éléments sont développés au §5.7.

## 5.7 Conséquence du projet

### 5.7.1 Patrimoine bâti

Comme décrit au §2.5, l'ensemble du site est inscrit au patrimoine cantonal des Monuments Naturels et Sites et doit donc à priori être conservé dans son ensemble. Des séances de coordination ont été menées dès l'avant-projet avec la division Monuments et Sites du canton de Vaud. Le choix s'étant porté sur la variante 5, un compromis a été trouvé avec la division Monuments et Sites afin de conserver une partie des structures historiques. La rive gauche qui inclut l'ancienne prise d'eau et la vanne sera conservée et stabilisée (voir Figure 26 ci-dessous). Des panneaux didactiques pourront être mis en place, et axés sur 2 thématiques différentes :

- > Retracer l'historique du site en donnant les détails historiques de l'aménagement. Il est envisagé de marquer l'ancien départ du bief qui menait au Moulin de St-Sulpice, aujourd'hui invisible.
- > Expliquer pourquoi le site a été en partie démantelé en mettant en avant le projet de renaturation.

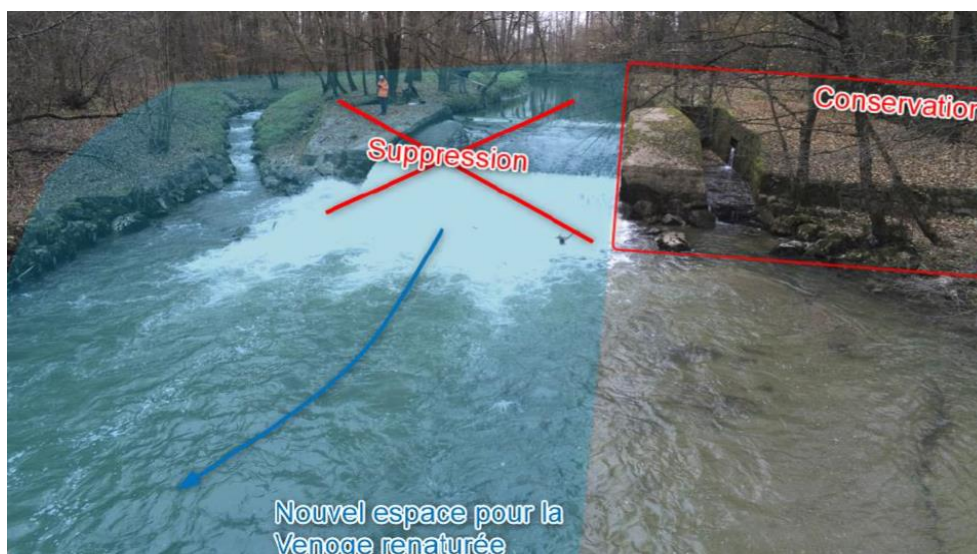


Figure 26 : Montage-photo indiquant la démarche de suppression du seuil et de maintien des structures historiques en rive gauche

Constructivement, un aménagement spécifique de protection des structures historiques en rive gauche est prévu dans le projet. Il s'agit d'un enrochement bétonné dont la profondeur d'ancrage est suffisamment importante pour permettre de se prémunir contre un abaissement éventuel du cours d'eau après suppression du seuil (voir résultats de la modélisation de charriage au §5.7.2) ci-dessous. Le profil-type d'aménagement est représenté sur la Figure 27 ci-dessous.

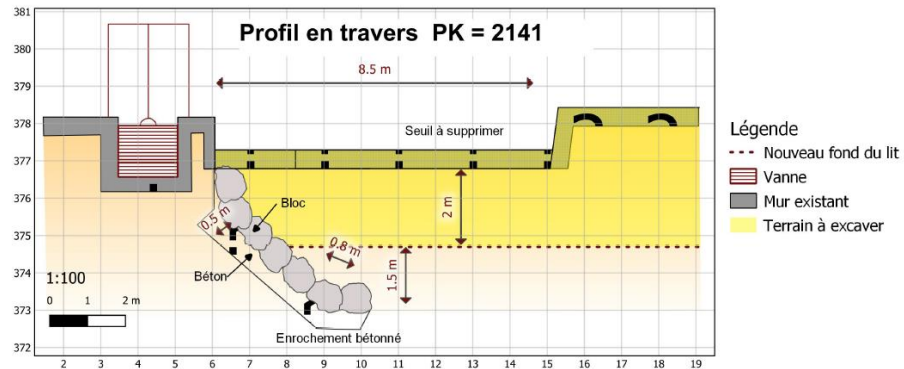


Figure 27 : Profil-type d'aménagement de protection des structures historiques en rive gauche conservées

### 5.7.2 Charriage

Afin de pouvoir appréhender l'impact de la destruction du seuil de Denges sur le lit de la Venoge, un modèle DUPIRO 1D hydraulique couplé transport solide a été réalisé. Le linéaire étudié s'étend depuis la station OFEV (sous le pont de l'autoroute) jusqu'à l'embouchure dans le lac, soit sur environ 5km (voir Figure 28 ci-dessous).



Figure 28 : Emprise du modèle hydraulique couplé transport solide de la Venoge

Un calage de l'état actuel a été réalisé sur la série hydrologique 2000-2005 mesurée à la station OFEV. La granulométrie utilisée provient de l'étude [2] (voir §2.4).



Le modèle a ensuite été utilisé afin d'évaluer l'impact de la suppression du seuil de Denges sur le profil en long de la rivière à différents horizons de temps :

- > 17 ans, avec l'utilisation de la série hydrologique 2000-2017
- > 29 ans, après récupération du fond final de la 1<sup>ère</sup> simulation ci-dessus et simulation avec la série 2005-2017

Les profils en long du lit actuel et du lit après la suppression du seuil selon ces 2 horizons de temps sont illustrés sur la Figure 30 ci-dessous. La localisation des différents tronçons analysés peut être observée sur la Figure 29. Il en ressort les éléments suivants :

- > Une érosion régressive sur un linéaire de près de 800m à l'amont du seuil et pouvant dépasser 1m.
- > Un risque d'exhaussement du fond du lit de moins de 1m sur un linéaire de moins de 400m à l'aval du seuil.
- > L'impact sur le reste du linéaire de la simulation est limité, les oscillations étant liées aux conditions limites du modèle.

Ces conclusions impliquent un certain nombre de réflexions quant à la situation de danger vis-à-vis des crues et à la stabilité des berges, ces éléments sont développés au §5.7.3.

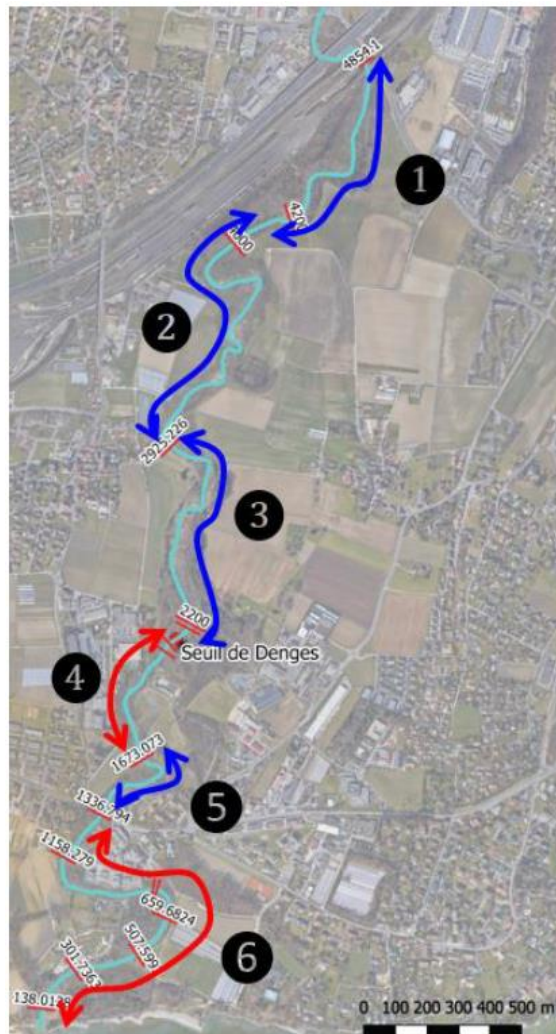


Figure 29 : Plan de situation des tronçons analysés dans l'étude de charriage

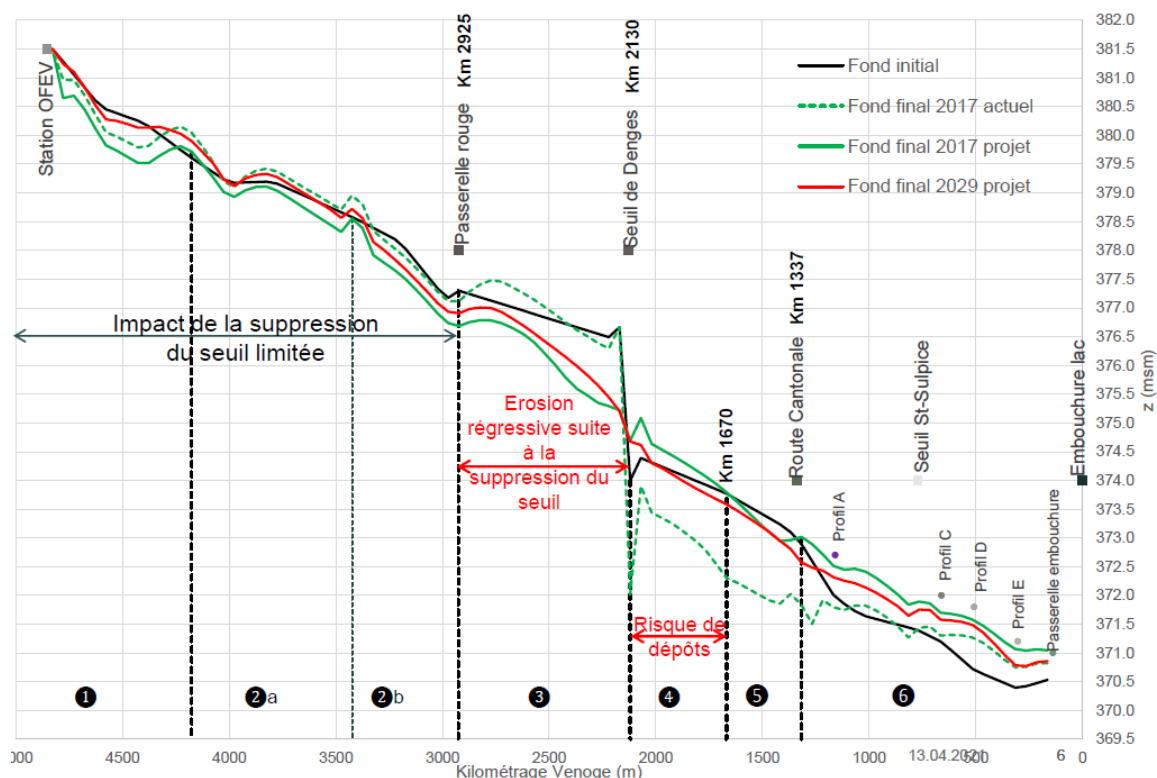


Figure 30 : Profil en long du lit de l'état actuel et de l'état après suppression du seuil

### 5.7.3 Protection contre les crues

En amont de la passerelle rouge, la situation de danger n'est pas modifiée par le projet. Au niveau de la passerelle rouge, une érosion du fond du lit d'environ 80cm peut être attendue. Néanmoins, les piles étant fondées sur micropieux, cela ne devrait pas poser de problèmes de stabilité. Ces éléments sont toutefois pris en compte par le bureau INGPPI en charge du projet de rénovation de la passerelle [7].

Entre le seuil de Denges (km 2.130) et la passerelle rouge (km 2.925), une érosion importante du fond du lit pouvant dépasser les 1m est attendue. Cela va engendrer une déstabilisation des protections de berge. Une analyse du profil d'équilibre des talus de berge a été réalisée afin d'évaluer l'impact de cette déstabilisation sur le profil en travers de la rivière et son emprise potentielle en situation. La Figure 31 ci-dessous illustre la potentielle érosion du fond du lit ainsi que l'impact sur l'emprise des sommets de berge si le talus venait à se déstabiliser et à s'équilibrer selon une pente de 2v:3h et 1v:3h.

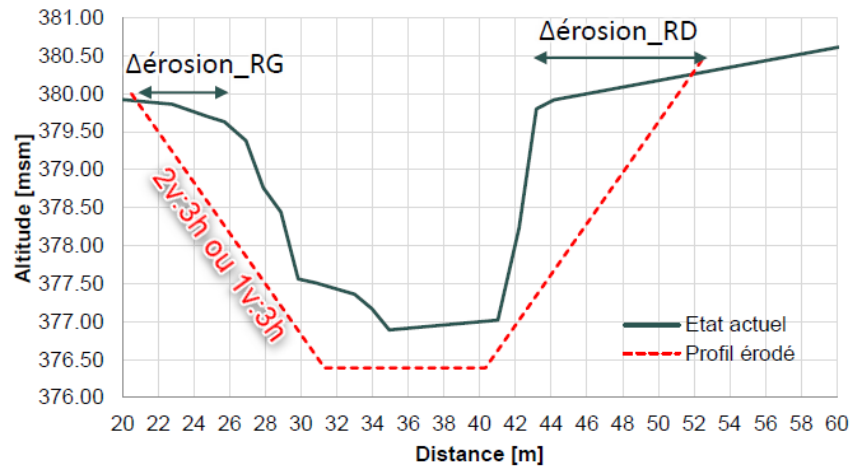


Figure 31 : Profil en travers-type d'équilibre des talus après abaissement du fond du lit

L'emprise de ces nouveaux sommets de berge potentiels se trouve dans les zones de danger actuelles et dans l'Espace Réservé aux Eaux. Cette déstabilisation potentielle des berges n'a pas d'impact sur la situation de danger, de plus, les dégâts potentiels à proximité sont faibles (forêt et champs). Ce phénomène permettra, de surcroît, un rééquilibrage naturel de la rivière et des rives, cohérent dans un projet de renaturation. Il conviendra néanmoins de garantir un suivi régulier de ce tronçon notamment du fait de la présence de sentiers pédestres à proximité de la berge.

D'un point de vue des débordements, là aussi, la situation de danger n'est pas péjorée car l'abaissement du lit permet de redonner du gabarit hydraulique au cours d'eau.

En amont et en aval direct du seuil de Denges, l'étude des scénarios de débordement de la Venoge en cas de crue (§2.2) a permis d'identifier les chemins d'écoulements à l'origine des zones de dangers. Comme indiqué sur la Figure 8 du §2.2, des débordements surviennent en amont du seuil dès Q30. Le projet pourrait même améliorer cette situation du fait de l'abaissement attendu à l'amont. En revanche, à l'aval du seuil, l'exhaussement du fond tend à péjorer la situation de danger en rehaussant la ligne d'eau. Le Domaine de la Garenne, déjà menacé par une crue centennale aujourd'hui, pourrait l'être encore davantage après réalisation du projet. Pour pallier ce problème, un modelé de terrain végétalisé permettant de protéger le Domaine de la Garenne est proposé dans le présent projet. Son profil-type est illustré à la Figure 32 et son emprise en situation à la Figure 33 ci-après.

Le calcul des forces d'arrachement en cas de crue ne dépasse pas 50N/m<sup>2</sup>. Cependant, afin de se prémunir des risques d'érosion du modelé de terrain, une protection de la façade exposée (coté Venoge) sera mise en place. Il s'agit d'un géotextile biodégradable coco entre le pied de digue et la cote niveau Q30 et Q100 (état futur) ainsi qu'un ensemencement adapté.

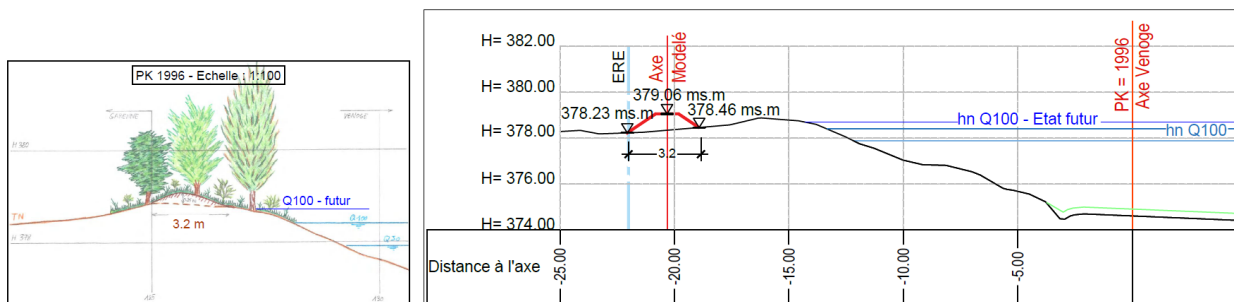


Figure 32 : Profil-type d'aménagement du modelé de terrain végétalisé permettant de protéger le Domaine de la Garenne contre les crues

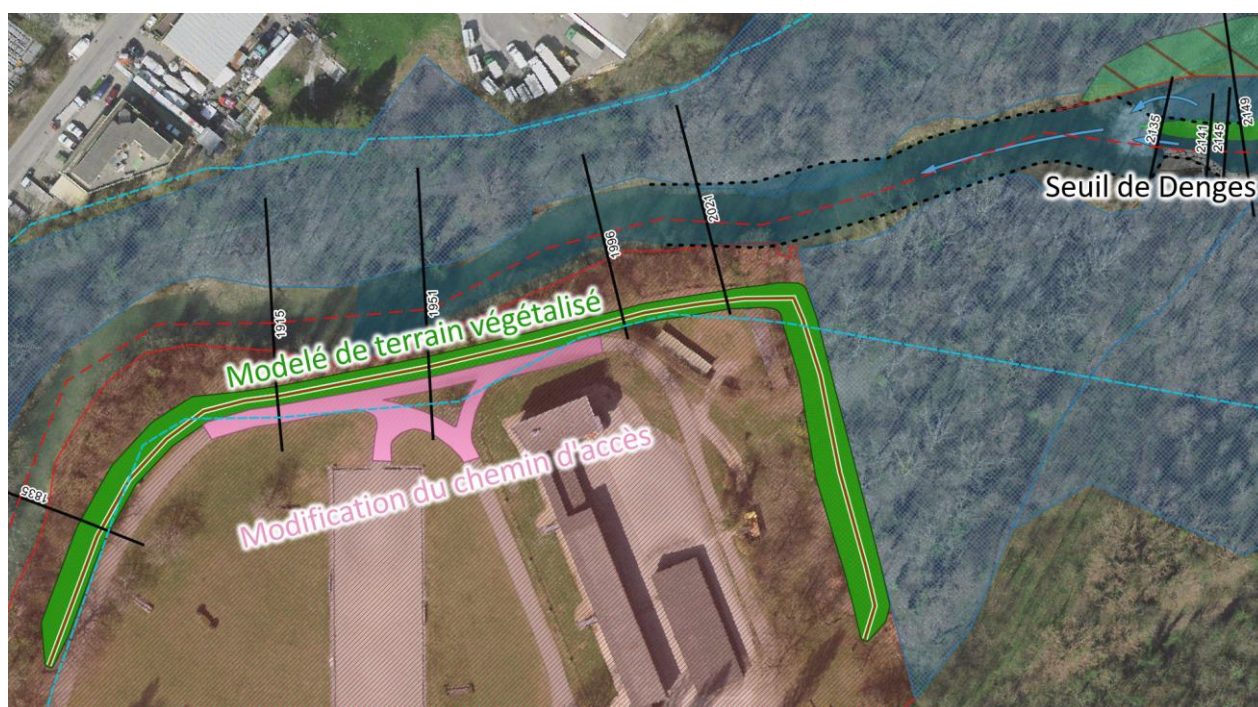


Figure 33 : Emprise en situation du modelé de terrain végétalisé permettant de protéger le Domaine de la Garenne contre les crues

#### 5.7.4 Environnement

La restauration de la migration piscicole va permettre de dynamiser le développement des populations piscicoles de la Venoge sur un long linéaire vers l'amont. C'est en particulier pour les espèces cibles prioritaires que sont les truites lacustres, les truites de rivière et les ombres que l'aménagement va avoir des effets bénéfiques en leur permettant d'accéder aux sites de frai de bonne qualité encore présents plus en amont. En conséquence, il est également prévisible que l'aménagement contribue à améliorer le rendement de la pêche et à pérenniser cette activité traditionnelle dans ce cours d'eau.

Parallèlement aux enjeux piscicoles, le projet va également restaurer un profil en long proche de l'originel, selon la pente d'équilibre naturelle du cours d'eau. Ceci permettra de relancer les processus de dynamique morphologique (érosion, déposition, méandrage) qui sont à l'origine de la diversité structurelle du cours d'eau et dont dépend l'installation de biocénoses végétales et animales diversifiées. Ainsi, toutes les associations végétales (végétation riveraine, saulaies et cordon boisé) et animales (invertébrés, amphibiens, reptiles, oiseaux, mammifères) sont concernées par la suppression du barrage de Denges, qui devrait à terme aboutir à une sensible amélioration des potentialités et des composantes biologiques sur plusieurs centaines de mètres le long de la Venoge.

Concernant les eaux souterraines, afin de quantifier les éventuels impacts sur le niveau de la nappe du fait de l'évolution possible du profil en long du lit de la Venoge à terme, un suivi par la mise en place de piézomètres est proposé. Ils devront être mis en place suffisamment longtemps avant les travaux afin de documenter l'état initial puis un suivi pendant et après les travaux sera nécessaire.

#### 5.7.5 Protection de la forêt et des arbres, défrichements temporaires

Le périmètre du projet est intégralement compris dans la zone forestière et aucun arbre isolé n'est touché. Les zones concernées par les défrichements temporaires sont :

- > En rive droite, le périmètre d'aménagement au droit du seuil y.c installation de chantier (2993 m<sup>2</sup>).

- > En rive gauche, le périmètre d'aménagement au droit du seuil y.c installation de chantier (385m<sup>2</sup>).
- > En rive gauche, le périmètre du modelé de terrain pour sécurisation de la Garenne (1180m<sup>2</sup>).

La surface totale concernée par les défrichements temporaires est de 4'558 m<sup>2</sup>. Ces surfaces, hors nouveau bras secondaire, seront revégétalisées avec des essences indigènes de qualité et adaptées aux milieux reconstitués. A cet effet, un plan de plantation sera établi en concertation avec le Service des Forêts.

Avant le début des travaux, l'inspecteur des forêts et le garde forestier seront avertis pour organiser le martelage des arbres à abattre et les travaux de défrichement. En concertation avec ceux-ci, des adaptations localisées sont réservées afin de conserver les lisières et les arbres les plus intéressants présents dans le périmètre d'intervention. Pendant les travaux, toutes les mesures utiles seront prises pour éviter des dommages à la forêt et aucun déblai ou matériau ne sera déposé en forêt ou à moins de 3 m des troncs. Les arbres à conserver à proximité des emprises de chantier seront protégés (mise en place de clôture ou de chabouris sous la couronne) et, si nécessaire, une coupe soignée de branches sera réalisée par un spécialiste.

## **5.8 Devis**

Le devis estimatif pour la variante de suppression du seuil est donné dans le Tableau 2 ci-dessous.

Le coût total estimé pour la suppression du seuil est de plus de 900'000 CHF TTC. Ce montant inclut les mesures d'accompagnement liées au suivi de la destruction du seuil et l'évolution du niveau du fond du lit jusqu'à la pente d'équilibre.

		Unité	Quant. [-]	C. unit. [CHF/un]	Coût [CHF]
<b>1</b>	<b>Dérivation des eaux</b>				<b>5'000.00</b>
1.1	Pendant toute la durée du chantier, en plusieurs endroits (digues, batardeaux ou autres).	p	1	5'000	5'000
<b>2</b>	<b>Assainissement du seuil O1 Denges</b>				<b>440'050.00</b>
<b>2.1 - Terrassement et remblayage</b>					
2.1.1	Excavation en pleine masse y compris remodelage du fond du lit, et des berges y compris tri des matériaux (y compris passe à poissons en rive droite). <i>Le seuil et la rive droite en maçonnerie ne sont pas compris dans cette position.</i>	m <sup>3</sup>	10'370	10	103'700
2.1.2	Remblayage et revalorisation sur place des matériaux excavés, créations d'îlots et remodelage du fond du lit afin de garantir une pente continue au niveau du seuil O1 (y compris recouvrement des enrochements de stabilisation de l'ouvrage historique)	m <sup>3</sup>	8'370	15	125'550
2.1.3	Destruction du seuil en maçonnerie (y compris partie bétonnée en rive droite, prise d'eau, palplanches existantes), y compris évacuation et taxe de décharge	m <sup>3</sup>	410	350	143'500
2.1.4	Enrochements libres (fourniture + pose) en rive gauche.	t	230	100	23'000
2.1.5	Enrochements libres en rive gauche récupérés sur place (tri et pose).	t	100	30	3'000
2.1.6	Transport, chargement et déchargement, mise en place, réglage et compactage de matériaux de réglage (2 m <sup>3</sup> /m)	m <sup>3</sup>	190	15	2'850
2.1.7	Geotextile	m <sup>2</sup>	230	5	1'150
<b>2.2 - Stabilisation de l'ouvrage historique (enrochements bétonnés)</b>					
2.2.1	Fourniture et pose d'enrochements	t	230	100	23'000
2.2.2	Fourniture et pose du béton (1.3m <sup>3</sup> /m)	m <sup>3</sup>	50	250	12'500
2.2.3	Rejointoyage de mur (lavage, fourniture et pose mortier,...)	m <sup>2</sup>	30	60	1'800
<b>3</b>	<b>Mise en place d'un modelé de terrain (protection contre les crues)</b>				<b>116'800.00</b>
3.1	Fauchage, et élimination de l'herbe. Métré: m <sup>2</sup> défrichés.	m <sup>2</sup>	2'010	0.5	1'005
3.2	Décapage terre végétale (20 cm)	m <sup>3</sup>	410	5	2'050
3.3	Mise en stock pour réemploi puis remise en place TV sur les talus de digue	m <sup>3</sup>	410	20	8'200
3.4	Construction de la digue (y compris compactage des matériaux)	m <sup>3</sup>	1430	20	28'600
3.5	Déviation et réfection du chemin du Domaine de la Garenne (y compris fourniture et pose de grave)	m <sup>2</sup>	550	50	27'500
3.6	Tuyau de drainage DN500 (yc fourniture, mise en place et recouvrement TV)	ml	90	300	27'000
<b>3.7 - Ensemencement du modelé de terrain et plantations</b>					
3.7.1	Fourniture et pose de géotextile biodégradable type coco 700 g/m <sup>2</sup> (y compris agrafes bois) sur la surface côté Venoge.	m <sup>2</sup>	870	12	10'440
3.7.2	Préparation du sol et semis de prairie fleurie UFA (ou autre à définir ultérieurement)	m <sup>2</sup>	1740	5	8'700
3.7.3	Fourniture et plantation d'arbustes (quickpot de hauteur 40-60 cm ou racines nues de hauteur 80-100 cm)	p	220	15	3'300
<b>4</b>	<b>Suivi de la destruction de la berge</b>				<b>50'000.00</b>
<b>5</b>	<b>Installation de chantier, accès, pompage et remise en état</b>			15%	<b>91'778.00</b>
	<b>SOUS-TOTAL</b>				<b>703'628.00</b>
<b>6</b>	<b>Divers et imprévus</b>			20%	<b>141'000.00</b>
<b>7</b>	<b>Honoraires d'ingénieurs (phases SIA 41-52)</b>			10%	<b>70'000.00</b>
	<b>TOTAL HT</b>				<b>914'628.00</b>
	TVA			7.7%	70'430.00
	<b>TOTAL TTC</b>				<b>CHF 985'058.00</b>

Tableau 2 : Devis estimatif de la variante de suppression du seuil (±20%), y.c. mesures d'accompagnement.

## 6 Organisation générale des travaux

### 6.1 Accès et zone d'installation de chantier

Les accès au chantier sont possibles depuis le Route de Vallaire en rive gauche, ou depuis la Route de la Pale en rive droite (voir Figure 34). Dans les deux cas, l'accès au lit de la Venoge se fait par les chemins pédestres existants qui devront être déviés pendant toute la durée des travaux puis remis en état.

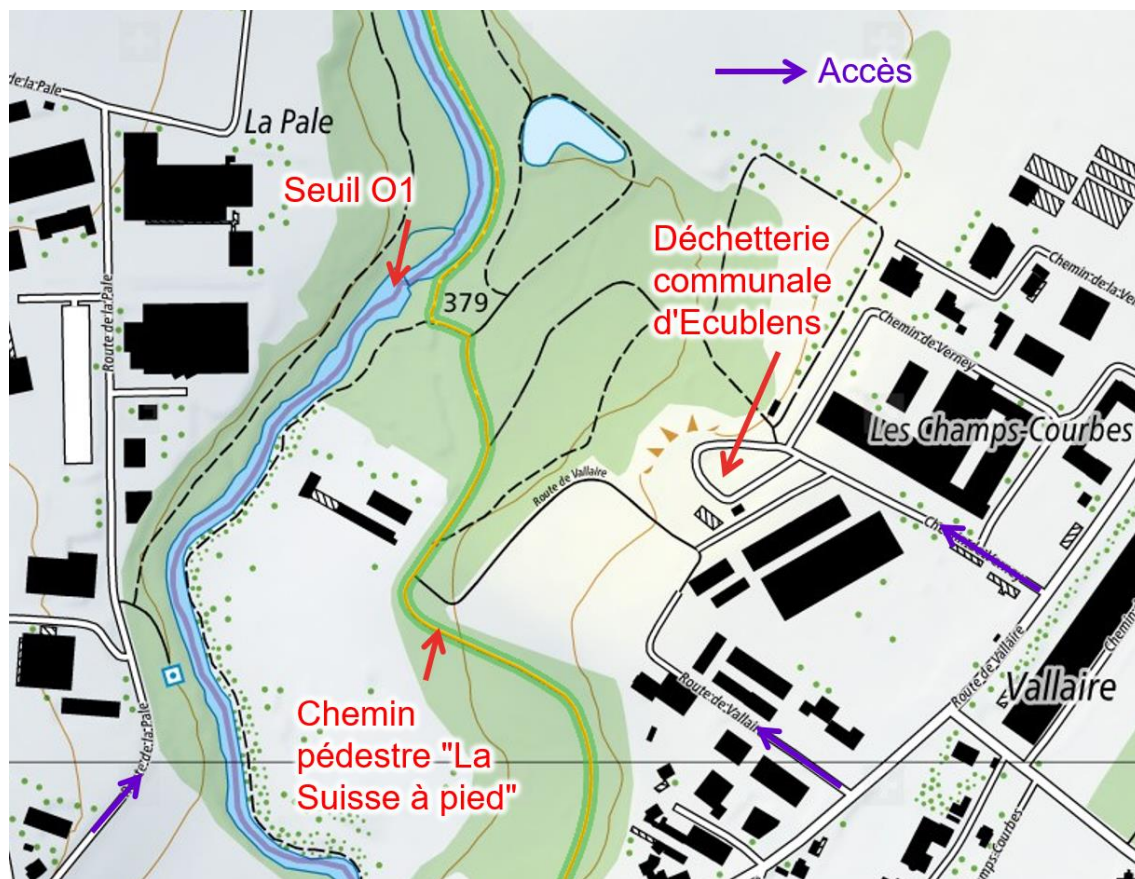


Figure 34 : Plan de situation des accès au chantier du seuil de Denges

### 6.2 Phasage et programme des travaux

La durée des travaux est estimée à 3 mois environ. Ils devront être réalisés durant l'été, afin de bénéficier de la période d'étiage de la Venoge et de rester hors période de reproduction des espèces piscicoles les plus sensibles (truites et ombres : octobre à avril).

L'abattage des arbres devra être planifié avant les travaux en rivière, si possible avant le printemps, afin d'éviter une intervention pendant la période de reproduction de l'avifaune, soit du 1<sup>er</sup> avril au 15 juillet.

Pour les travaux dans le secteur du seuil de Denges (destruction du seuil, protection des structures en rive gauche et aménagement du lit et des talus en rive droite), le phasage proposé prévoit 4 étapes :

1. Travaux préparatoires :
  - > Création des pistes d'accès
  - > Sécurisation du site
  - > Défrichage et abattage d'arbres
  - > Pêche électrique
2. Construction de la rive droite (voir Figure 35 et Figure 36 ci-dessous) :
  - > Déviation des eaux dans le lit actuel (mise en place de batardeaux)
  - > Réalisation du bras secondaire en rive droite
  - > Remblayage du chenal de contournement existant et destruction de la maçonnerie en rive droite du seuil
  - > Création des futurs talus de berge rive droite
  - > Création de l'îlot central
  - > Sciage du seuil et mise en place de palplanches ou batardeaux.

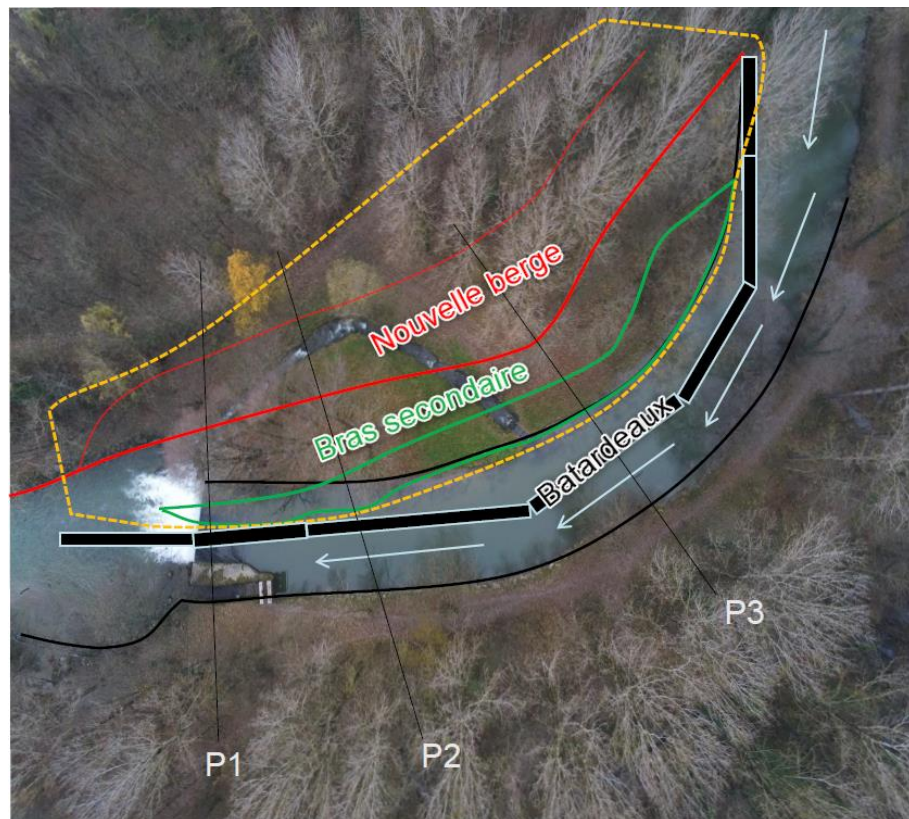


Figure 35 : Étape 2 des travaux dans le secteur du seuil (construction de la rive droite)



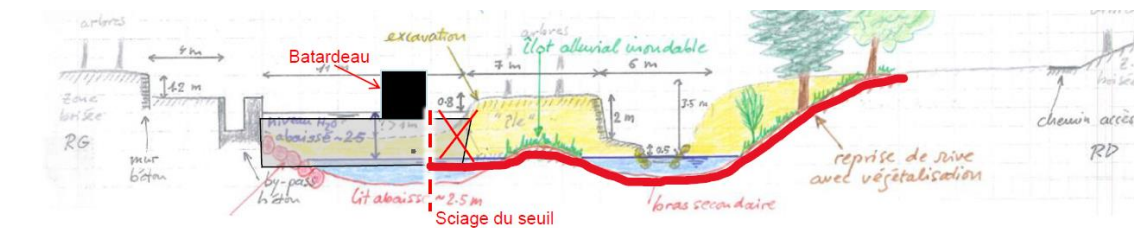


Figure 36 : Étape 2 des travaux dans le secteur du seuil (construction de la rive droite) - profil-type

3. Construction de la rive gauche (voir Figure 37 et Figure 38 ci-dessous) :

- > Déviation des eaux dans le bras secondaire
- > Batardeau à l'aval du seuil pour travail au sec
- > Sciage du seuil
- > Travaux de protection des structures historiques en rive gauche

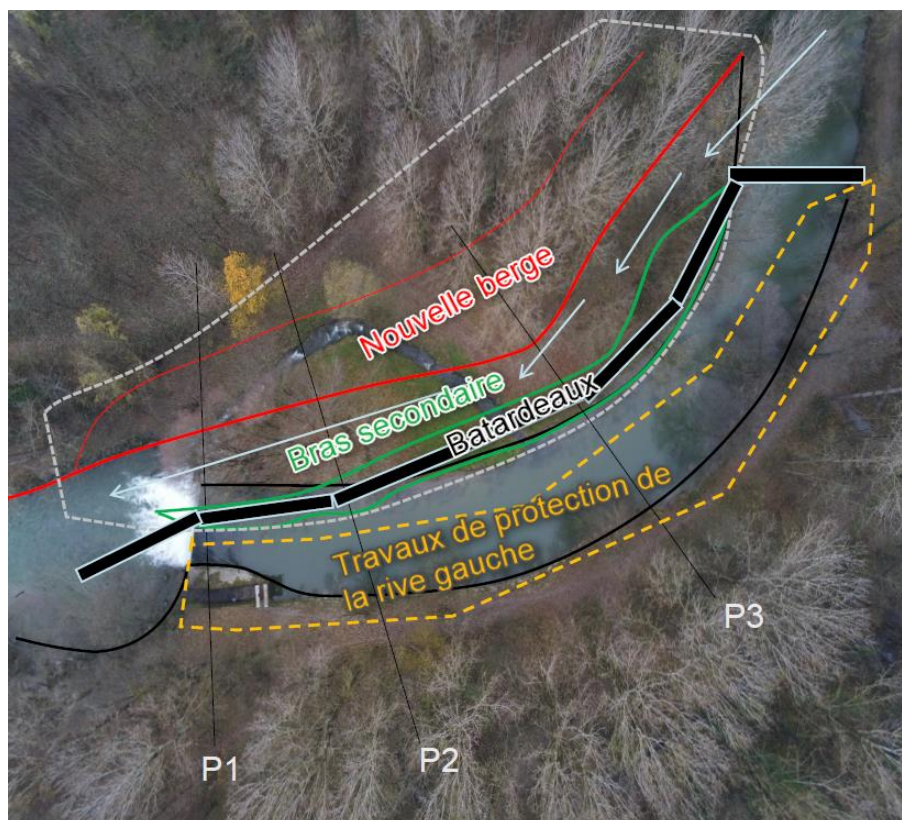


Figure 37 : Étape 3 des travaux dans le secteur du seuil (construction de la rive gauche)

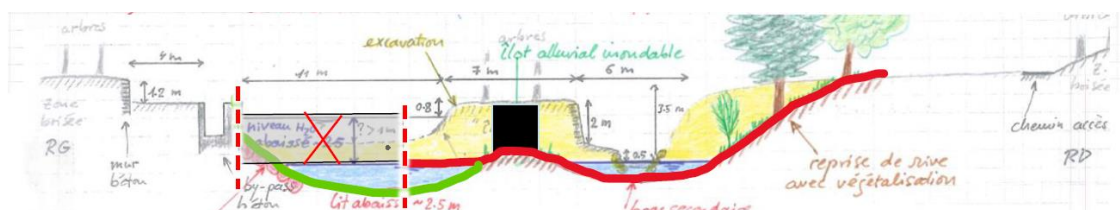


Figure 38 : Étape 3 des travaux dans le secteur du seuil (construction de la rive gauche) - profil-type

4. Aménagements finaux :
- > Retrait des batardeaux
  - > Remise en état de l'îlot inondable
  - > Plantations et génie biologique

Les travaux de réalisation du modelé de terrain de protection du domaine de la Garenne pourront être réalisés en parallèle, via l'accès en rive gauche.

### 6.3 Détails pour la destruction du seuil

Afin de tendre progressivement vers la pente d'équilibre du lit de la Venoge, la suppression du seuil O1 de Denges doit être accompagnée d'un remodelage local du fond du lit. La Figure 39 représente donc l'emprise de l'excavation à réaliser dans le cadre des travaux (courbe jaune). Les raccordements en amont et en aval sont respectivement de 130 m et de 100 m ce qui donne une emprise totale du projet de l'ordre de 400 m.

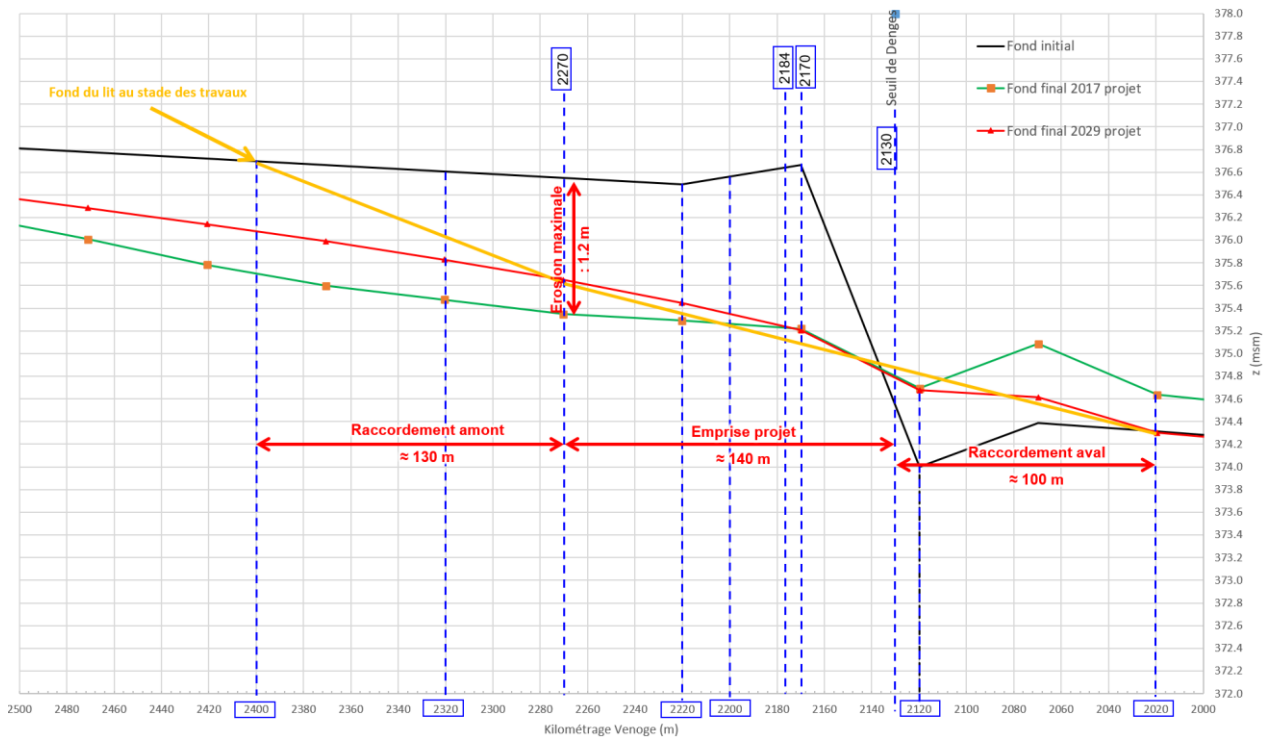


Figure 39 : Représentation du fond du lit de la Venoge à l'état initial (noir), pendant travaux (jaune) et après suppression du seuil (rouge et vert - résultats tirés du calcul DUPIRO).

Ce profil en long « stade travaux » permet de limiter les pentes du lit de la Venoge au droit du seuil de Denges entre 0.5 et 0.8%.



Figure 40 : Situation de l'emprise du chantier dans le cadre du remodelage du fond du lit lors des travaux de destruction du seuil O1.

#### 6.4 Recommandations environnementales

Au vu de la présence d'éléments environnementaux sensibles dans l'emprise des travaux le chantier devra faire l'objet d'un suivi environnemental ciblé sur les domaines suivants :

- > Protection des eaux, des eaux souterraines et des valeurs naturelles associées au cours d'eau
- > Protection de la forêt et des arbres
- > Protection des sols
- > Gestion des déchets et sites pollués
- > Protection de l'air
- > Protection contre le bruit

Pour ces différents domaines, les directives conformes aux prescriptions légales en matière de protection de l'environnement sur les chantiers seront précisées dans le cahier des charges des soumissions d'entreprise. Le suivi environnemental a pour but de vérifier leur application pendant toute la durée des travaux.

## 7 Conclusion

Le projet d'assainissement du seuil de Denges prévoit la destruction complète de celui-ci, afin de rétablir autant que possible la dynamique naturelle du cours d'eau sur ce tronçon dont le profil en long et le régime de charriage sont actuellement artificialisés par la présence de ce seuil de plus de 2m de haut. Le projet prévoit le maintien et la protection des structures historiques en rive gauche, témoins d'un patrimoine culturel de valeur. Le projet prévoit également un aménagement nature en rive droite au droit du seuil avec la création d'un bras secondaire, d'un îlot inondable et de berges renaturées. Enfin, un modelé de terrain végétalisé permettra de protéger le Domaine de la Garenne actuellement menacé par la crue centennale. La réalisation de ce modelé de terrain permettra de ne pas péjorer sa situation de danger suite à la destruction du seuil qui a pour conséquence un rehaussement du fond du lit à l'aval et donc un rehaussement de la ligne d'eau au droit du Domaine de la Garenne.

D'un point de vue piscicole, le but principal du projet consiste à rétablir la migration sur ce premier obstacle depuis le Léman. Ceci permettra de favoriser le développement de toutes les espèces présentes dans la Venoge mais en particulier de la truite lacustre, de la truite fario et de l'ombre de rivière (espèces menacées). En conséquence l'activité traditionnelle de pêche à la ligne, qui concerne principalement ces espèces, devrait également être dynamisée alors qu'elle est actuellement en perte de vitesse en raison de la baisse du rendement piscicole dans ce cours d'eau.

Parallèlement, le projet retenu a pour caractéristique de restaurer le profil en long original de la Venoge. En conséquence, le cours d'eau retrouvera sa dynamique naturelle permettant de recréer une mosaïque de biotopes favorables au développement de biocénoses végétales et animales typiques, rapprochant la biodiversité du site de celle présente avant la création du barrage de Denges.

### Gruner Stucky SA



Stéphanie André  
Comité de projet



Thomas Michaud  
Chef de projet

### HydroBio Conseils



Jean-Daniel Pilotto

		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	
		++	++	++	+	V5 - Court terme	V5 - Moyen/long terme
Environnement	Migration piscicole	La totalité du débit de la Venoge transite par la rampe.	La totalité du débit de la Venoge transite par la rampe.	La totalité du débit de la Venoge transite par la rampe.	Attractivité dépend de la répartition des débits et de l'entretien de la sortie (amont).	La totalité du débit transite par l'actuel lit mineur (déconnexion du chenal latéral de migration), mais pente et largeur d'équilibre pas encore atteintes (vitesses encore fortes, voire chute résiduelle).	La Venoge aura atteint sa pente et sa largeur d'équilibre sans le seuil, permettant un transit continu des espèces migratrices.
	Environnement (hors aspects piscicoles)	Rampe à fort impact visuel lors d'étiages de la Venoge et conservation du seuil actuel. Augmentation du linéaire stabilisé du cours d'eau. Perte de la terrasse aval. Possibilité de créer des mouilles sur l'île centrale.	Rampe à fort impact visuel lors d'étiages de la Venoge et év. conservation partielle du seuil actuel. Augmentation du linéaire stabilisé du cours d'eau. Perte partielle de la terrasse basse aval. Possibilité de créer des mouilles sur l'île centrale.	Rampe à fort impact visuel lors d'étiages de la Venoge et démolition du seuil actuel. Possibilité de créer des mouilles sur l'île centrale.	Conservation des ouvrages actuels, amélioration de l'aménagement des berges du chenal de migration. Possibilité de créer des mouilles sur l'île centrale.	Impact très fort sur les milieux riverains dans le périmètre influencé par la disparition du seuil. Déconnexion des berges à l'amont (incision du lit), effet inverse sur l'aval. Déséquilibre temporaire des milieux.	Le cours d'eau et les milieux riverains aura retrouvé un nouvel équilibre. La liberté donnée aux berges (pas d'entretien des protections existantes) aura vraisemblablement permis une amélioration de la dynamique du tronçon.
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	V5 - Court terme	V5 - Moyen/long terme
Technique	Protection contre les crues	Création le long de la rampe de berges ayant une revanche suffisante pour le passage d'une crue centennale. Pas de modification de la situation de dangers actuelle.	Création le long de la rampe de berges ayant une revanche suffisante pour le passage d'une crue centennale. Pas de modification de la situation de dangers actuelle.	Création le long de la rampe de berges ayant une revanche suffisante pour le passage d'une crue centennale. Pas de modification de la situation de dangers actuelle.	Pas de modification de la situation de dangers actuelle.	La morphologie et le profil en long de la Venoge seront à court terme proches de l'état actuel. Incertitudes sur les conséquences des modifications locales du lit, notamment au droit du seuil actuel.	Le lit de la Venoge s'abaissera à l'amont du seuil et se comblera à l'aval pour retrouver un équilibre. Fortes incertitudes sur la réaction des berges à l'amont et sur les conséquences d'une surélévation des niveaux d'eau à l'aval.
	Entretien	Surveillance et entretien ponctuel de l'ouvrage (berges bétonnées, chenal préférentiel,...)	Surveillance et entretien ponctuel de l'ouvrage (berges bétonnées, chenal préférentiel,...)	Surveillance et entretien ponctuel de l'ouvrage (berges bétonnées, chenal préférentiel,...)	Surveillance et entretien du chenal et du seuil existant, surveillance fréquente de l'état de la sortie (amont) du chenal de migration (obstruction par des flottants, dépôts sédimentaires, ...)	Durant les premières années, la déstabilisation des berges à l'amont pourrait entraîner lors de crues d'importantes quantités de flottants dans le cours d'eau. Une surveillance de l'évolution des berges et un entretien sont à prévoir.	La Venoge ayant retrouvé sa liberté morphologique, aucun entretien particulier n'est à prévoir. Une surveillance de l'évolution du lit et des berges doit toutefois être assurée pour éviter d'exposer des objets aux dangers liés à l'eau.
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	V5 - Court terme	V5 - Moyen/long terme
Foncier et procédures	Impact foncier	Implantation dans le gabarit actuel de la Venoge	Implantation dans le gabarit actuel de la Venoge	Implantation dans le gabarit actuel de la Venoge	Implantation en partie dans le chenal existant et en partie dans l'aire forestière	Emprise dès la première crue sur la terrasse basse aval, voire d'autres zones selon rapidité du changement morphologique.	Elargissement du cours d'eau, emprises sur de l'aire forestière - zone naturelle protégée et sur de la zone agricole protégée.
	Procédure	Procédure LPDP Défrichement temporaire possible pour l'exécution (accès)	Procédure LPDP Défrichement temporaire possible pour l'exécution (accès)	Procédure LPDP Défrichement temporaire possible pour l'exécution (accès)	Procédure LPDP Défrichement définitif de l'emprise du chenal de migration	Risque d'opposition plus marqué que pour les variantes "contrôlées".	Risque d'opposition plus marqué que pour les variantes "contrôlées".
		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	V5 - Court terme	V5 - Moyen/long terme
Côuts	Coût [CHF TTC]	-	-	-	++	++	++