

XI

Projets emblématiques

Sous la direction de Pierre-André Frossard et Jean-Louis Boillat

XI.1	Torrents de montagne	603
XI.2	Cours d'eau de plaine	615
XI.3	Traversées de zones urbanisées	627
XI.4	Confluences et embouchures	639



Présentation générale du chapitre

Ce dernier chapitre présente, de manière synthétique, un certain nombre de projets réalisés pour l'essentiel en Suisse romande, à l'exception d'un exemple en rive sud du lac Léman et d'un autre en Suisse alémanique. Ces études de cas illustrent concrètement les moyens mis en œuvre par les maîtres d'ouvrage et les concepteurs de projets pour atteindre les objectifs fondamentaux de la renaturation, que sont la protection contre les crues, la promotion de la biodiversité et l'amélioration de la qualité de vie pour les riverains. Bon nombre de concepts théoriques développés dans les chapitres précédents trouvent des exemples d'application dans les fiches descriptives qui suivent.

Les différents projets sont regroupés par thématiques correspondant à des environnements spécifiques : torrents de montagne, cours d'eau de plaine, traversées de zones urbanisées, et confluences et embouchures.

Torrent

Hydrauliquement, un torrent se distingue par un écoulement supercritique (cf. sous-chapitre III.1), caractéristique des cours d'eau à forte pente.

En raison de la force de son écoulement, le *torrent* possède une grande capacité de charriage. Son lit est constitué d'une granulométrie grossière et étendue.

Les problématiques les plus couramment associées aux torrents concernent l'hydroélectricité, le transport solide, la gestion sédimentaire et les crues.

XI.1.1 La Dranse à Sembrancher-Vollèges
Gestion sédimentaire, revitalisation et protection contre les crues

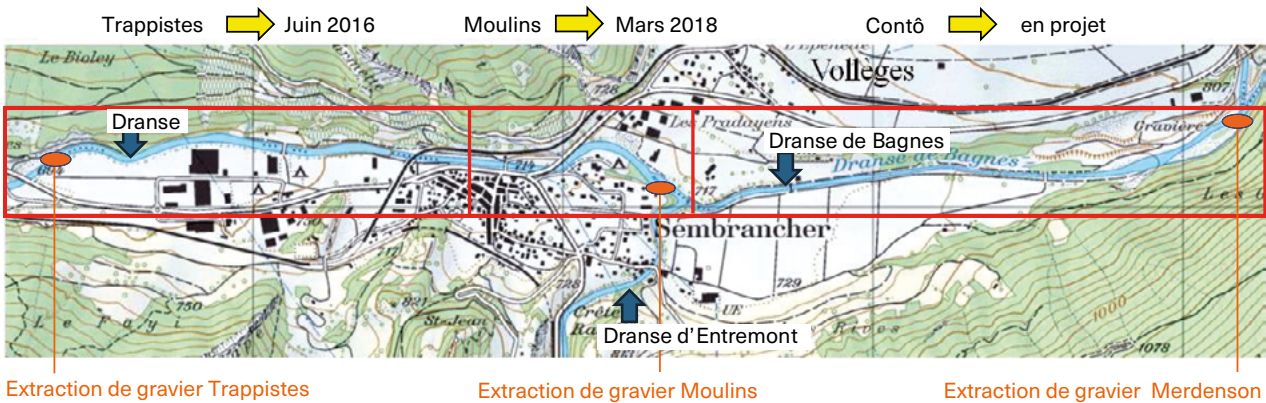
Jean-Louis Boillat, expert indépendant
Jérôme Dubois, HydroCosmos SA
Antoine Stocker et Flavio Zanini, Drosera Écologique Appliquée SA

Géométrie du tronçon Longueur : env. 4 km Largeur : 15-26 m Pente : 1,0-1,3 %	Granulométrie $D_m = 57 \text{ mm}$ $D_{90} = 200 \text{ mm}$	Débits caractéristiques $Q_2 = 51 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_5 = 75 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 210 \text{ m}^3/\text{s}$
Maître d'ouvrage Communes de Sembrancher et Vollèges	Années de réalisation 2016-2021	Coût indicatif des travaux 14 000 000 CHF

Contexte géographique

Fig. XI.1.1 La Dranse à Sembrancher-Vollèges. Étapes de réalisation et gravières.

La Dranse est l'un des principaux affluents du Rhône en amont du lac Léman. Le tronçon concerné par ce projet se situe dans la traversée des communes de Sembrancher et Val de Bagnes sur un linéaire de 4 km environ [Fig. XI.1.1](#).



En amont de la confluence des Dranses de Bagnes et d'Entremont, la moitié du bassin versant de 594 km² est exploitée pour la production d'électricité grâce aux barrages des Toules et de Mauvoisin.

La réalisation du projet, subdivisé en trois secteurs (Trappistes, Moulins et Contô) [Fig. XI.1.1](#), a été initiée depuis l'aval. Le dernier secteur, celui de Contô, fait partie du concept stratégique de renaturation des cours d'eau valaisans.

Problématique et objectifs du projet

Les régimes hydrologiques et sédimentaires de la Dranse sont significativement impactés par les aménagements hydroélectriques. Malgré la réduction de débit imposée à la rivière, les villages de Sembrancher et Vollèges restaient toujours exposés à des risques d'inondation, comme cela s'est produit lors de la crue d'octobre 2000. Cette apparente contradiction s'explique par la réduction de la capacité de transport sédimentaire, responsable de l'accumulation de dépôts alluvionnaires dans le lit du cours d'eau.

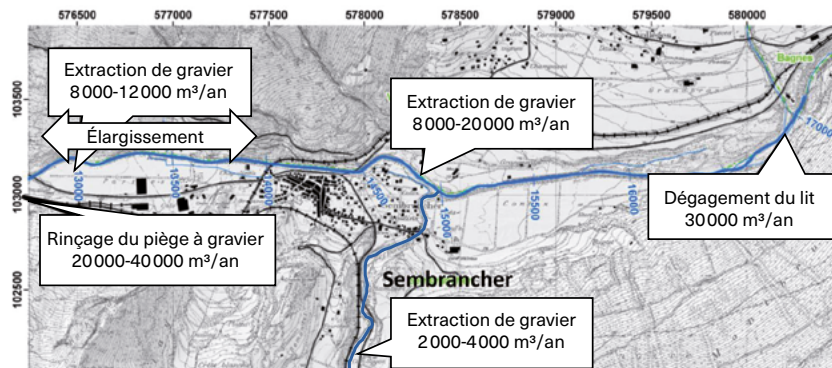
Le projet de la Dranse à Sembrancher-Vollèges concerne ainsi la gestion sédimentaire, la protection contre les crues et la revitalisation du cours d'eau.

Éléments de réalisation

Gestion sédimentaire et protection contre les crues

Dans les conditions topographiques locales, le transport sédimentaire présente une tendance naturelle à l'alluvionnement sur le tronçon des Trappistes. Pour maintenir un profil d'équilibre, des extractions de sédiments sont effectuées régulièrement à des endroits clés, en amont, en aval et dans le village de Sembrancher [Fig. XI.1.2](#). Ces extractions sont essentielles pour stabiliser le lit de la rivière. Le défi consiste à gérer les quelque 57 000 m³ de sédiments qui pénètrent annuellement dans ce tronçon.

Fig. XI.1.2 Extractions de gravier dans la Dranse sur le secteur de projet.



La largeur initiale du cours d'eau, de l'ordre de 15 m, était nettement inférieure à la largeur de régime estimée à 26 m par les approches théoriques ^[1, 2]. Avec cet élargissement, la morphologie rectiligne du chenal passe à un régime de bancs alternés, améliorant significativement le potentiel écologique de la rivière ^[3, 4].

Ces interventions sur la géométrie du cours d'eau et les extractions sédimentaires permettent également d'éviter le débordement d'une crue centennale.

Fig. XI.1.3 À gauche : schéma de déflecteur de rive gauche et diversification végétative. Au centre : rampe en enrochement pour la migration piscicole. À droite : bras mort en rive gauche.

Source : Drosera Écologie Appliquée SA



Connectivité biologique

Longitudinalement, les seuils existant aux emplacements des gravières ont été remplacés par des rampes en enrochements structurées ^[5] afin de supprimer les obstacles à la migration piscicole [Fig. XI.1.3](#).

Latéralement, l'amélioration et la diversification structurelle du lit ont été obtenues notamment grâce à une inclinaison réduite des berges, à la diversification des substrats avec des structures en bois et en enrochement, à la création de bras morts et à la mise en place de déflecteurs alternés sur les rives ^[6].

Ces diverses mesures favorisent la diversification de la végétation et des habitats dans la zone de transition entre les milieux aquatiques et terrestres, ainsi que la création de nouveaux écosystèmes ^[7]. Ainsi, des hauts-fonds propices aux oiseaux de rivage se sont formés, des pierriers garantissant des habitats hors gel pour les reptiles ont été constitués, des dépôts sableux pour l'entomofaune (en particulier pour les hyménoptères) ont été intégrés en alternance, des entrelacs de bois mort et de souches pour les coléoptères et autres insectes ont été ancrés sur les rives, et des groupes d'épineux et d'essences diverses ont été plantés comme abris pour l'avifaune.

Mobilité douce et loisirs

Dès le début du projet, les aspects détente et loisirs ont été intégrés, sous forme d'un parcours didactique pédestre, longeant la Dranse en rive gauche sur plus de 1 200 m [Fig. XI.1.4 droite](#). Ce sentier, qui relie le centre du village de Sembrancher à la rivière, est accessible aux personnes à mobilité réduite.

Monitoring sédimentaire et biologique

Afin de gérer le suivi des extractions de gravier, un programme de surveillance sédimentaire a été initié, basé sur un relevé annuel du lit de la Dranse par drone, ainsi qu'après chaque crue majeure. Les premiers relevés, réalisés en 2017, un an après la fin des travaux, ont validé l'efficacité de la gestion sédimentaire sur la stabilité du lit de la Dranse. En 2025, les dernières mesures confirment toujours la stabilité du profil en long de la rivière.

Un suivi de l'évolution végétative et de la colonisation par la faune des rives et des eaux de la Dranse a également été engagé. Ce monitoring a révélé l'apparition de *Cyperus fuscus* et de *Myricaria Germanica* [Fig. XI.1.4 gauche](#). Cette espèce végétale n'avait



Fig. XI.1.4 A gauche : réapparition de *Myricaria Germanica*.
Au centre : pontes de grenouilles rouges dans un bras mort.
À droite : chemin pédestre, plantations d'essences indigènes et talus végétalisé en rive gauche.
Photos: Drosera Écologie Appliquée SA

plus été observée dans la zone depuis plus de 50 ans ^[7]. La reproduction de la truite de rivière a été attestée un an seulement après la fin des travaux, alors qu'aucune ponte n'avait été enregistrée depuis des années. Des pontes de grenouilles rouges (*Rana temporaria*) ont également été observées dans un bras mort [Fig. XI.1.4 centre](#).

Conclusion

À Sembrancher-Vollèges, le comportement hydrologique et sédimentaire de la Dranse est fortement conditionné par la présence d'aménagements hydroélectriques dans la partie amont du bassin versant. La revitalisation du cours d'eau dans ce secteur est ainsi associée à la résolution de problématiques connexes, telles que la gestion sédimentaire et la protection contre les crues.

Le projet réalisé pour satisfaire ces objectifs est un bel exemple de collaboration pluridisciplinaire, dont la réussite repose sur un échange participatif de tous les acteurs concernés. Avec la diversification et la stabilisation de son lit, la Dranse a réactivé un écosystème oublié et s'offre comme un lieu de détente, grâce à un accès facilité.

Bibliographie du projet XI.1.1

- [1] Yalin, M. S., da Silva, A. M. F., 2001, *Fluvial processes*, International association of hydraulic engineering and research (IAHR), Delft.
- [2] Günter, A., 1971, *Die kritische mittlere Sohlenschubspannung bei Geschiebemischungen unter Berücksichtigung der Deckschichtbildung und der turbulenzbedingten Sohlenschubspannungsschwankungen*, Mitteilung 3 der Versuchsanstalt für Wasserbau Hydrologie und Glaziologie (VAW) der Eidgenössische Technische Hochschule (ETHZ), Zürich.
- [3] Dubois, J., Roquier, B., 2013, *DuPiro : modélisation hydraulique et sédimentaire*, comptes rendus du Certificate of Advanced Studies HES-SO en revitalisation de cours d'eau, HES-SO, Fribourg.
- [4] Roquier, B., Dubois, J., Boillat, J.-L., 2014, «Sediment management measures for river restoration and flood protection in alpine valleys», actes de la conférence River Flow 2014, 3-5 septembre 2014, Lausanne.
- [5] Studer, M. J., 2010, *Analyse von Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen auf verschiedenen Typen von Blockrampen*, Communication n° 42 du Laboratoire de constructions hydrauliques, EPFL, Lausanne.
- [6] Pereira, S. C., Boillat, J.-L., Kantoush, S. A., Meile, T., 2008, «Deflectors as riverbanks protection measures», actes de la conférence River Flow 2008, 6-8 septembre 2008, Çesme, Turquie.
- [7] Zanini, F., Stocker, A., Beyer, N., Boillat, J.-L., 2018, «Élargissement et revitalisation de la Dranse à Sembrancher et Vollèges», *Bulletin n°1 de l'association pour le génie biologique*, p. 20-28.

XI.1.2 La Navisence - Zinal Espace cours d'eau et libre expression de la dynamique alluviale

Pierre-André Frossard
Avec la collaboration de Lambert Zufferey (Patrick Epiney Ingénieurs sàrl, Vissoie)

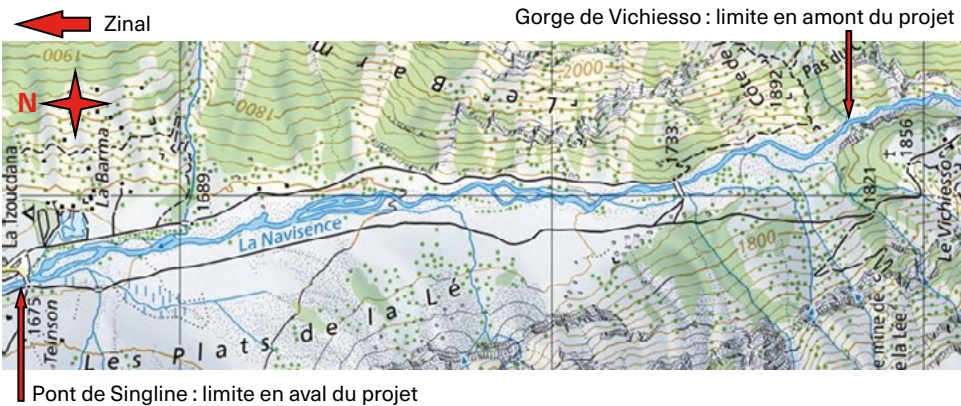
Partenaires du projet Patrick Epiney Ingénieurs Sàrl	Tronçon concerné Longueur: env. 2,3 km Largeur: 30-60 m Pente: 2-4 ‰	Débits moyens Décembre-mars ≤ 800 L/s Avril, novembre: 1-2 m³/s Mai, septembre, octobre: 2-8 m³/s Juin à août: 10-18 m³/s	Débits de crues $Q_{20} = 30-35 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 45-55 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{\text{ext}} = 65-80 \text{ m}^3/\text{s}$
Maître d'ouvrage Commune d'Anniviers	Bassin versant SBV = 73,2 km²	Années de réalisation 2012-2015	Coût indicatif des travaux 1 170 000 CHF

Contexte géographique

La Navisence est un affluent en rive gauche du Rhône qui draine l'ensemble du val d'Anniviers. Ce torrent prend naissance à environ 2100 m d'altitude, dans la marge proglaciaire du glacier de Zinal, où convergent plusieurs glaciers de la « couronne impériale », constituée de sommets dépassant les 4000 m. Sa confluence avec le Rhône se situe à Chippis (Sierre), à environ 520 m d'altitude.

En amont de la station-village de Zinal (1675 m.s.m), se situe la plaine alluviale de la Lée [Fig. XI.1.5](#), objet de l'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale, depuis novembre 2017 ^[1].

Fig. XI.1.5 La Navisence dans sa traversée des Plats de la Lée, en amont de Zinal.



Problématique et objectifs du projet

En raison de l'endiguement de certains tronçons et de la présence d'une zone d'extraction, la plaine alluviale de la Lée n'avait pas été incluse dans le premier inventaire fédéral de 1992 ^[2]. En effet, ces infrastructures étaient à l'origine de dysfonctionnements dans la dynamique du charriage naturel et le processus global de l'hydrosystème. Par exemple, des phénomènes d'incision du lit (jusqu'à -3 m) se sont manifestés sur plusieurs centaines de mètres en amont du site d'extraction ^[2].

Des mesures ont été planifiées pour redonner de l'espace au cours d'eau, pour régénérer les processus dynamiques, dont la sédimentation et l'inondation, et pour protéger des infrastructures menacées (pont et routes agricoles). La protection des communautés végétales et animales typiques des hydrosystèmes d'altitude a représenté l'objectif principal du projet, mais tout en maintenant les fonctions sociales, agricoles et touristiques du site.

Éléments de réalisation

Détermination de l'espace réservé aux eaux

La largeur naturelle de la Navisence dans la plaine alluviale de la Lée est difficile à définir car elle est influencée par la géomorphologie du vallon. En effet, des phénomènes de ravinement et de laves torrentielles génèrent latéralement des cônes de déjection qui limitent l'élargissement du cours d'eau [Fig. XI.1.7 droite](#). Deux principaux paramètres ont été utilisés, à savoir d'une part les références historiques et d'autre part le calcul de la largeur de régime, en tant que base d'identification du style fluvial et du développement morphologique possible ^[2].

Déplacement de l'activité d'extraction et réaménagement du site

La première mesure physique a consisté à déplacer l'activité d'extraction plus en aval, en dehors de la plaine alluviale. Cela a permis de restaurer un charriage naturel (3000 à 4000 m³ transitent annuellement) sur tout le linéaire impacté, avec comme principal effet un exhaussement du fond du lit qui devrait progressivement retrouver son niveau d'origine [Fig. XI.1.6](#). Sur l'ancien site d'extraction, la pente des berges a été adoucie et des annexes hydrauliques ont été aménagées, à l'exemple d'un bras latéral et d'un bras mort ^[2].

Fig. XI.1.6 Grâce à la recharge alluviale progressive, la Navisence reforme un lit en tresses à l'endroit de l'ancien site d'extraction – Situation en 2021.

Photo : Patrick Epiney
Ingénieurs sàrl



L'exhaussement du fond du lit induit un rehaussement de la nappe d'accompagnement et l'ensemble améliore significativement la connexion transversale, avec les terrasses alluviales et les milieux humides attenants. Les conditions sont alors favorables au développement de formations typiques des zones alluviales, en remplacement de formations végétales plus banales, qui traduisaient un déséquilibre.

Reconstruction d'un pont

Fig. XI.1.7 À gauche : vue générale de la plaine alluviale de la Lée en direction de l'aval (juillet 2017). Au fond, le village de Zinal.

Photo: Patrick Epiney
Ingénieurs Sàrl

Au centre : le nouveau pont de Gietti en construction.

Photo: P.-A. Frossard

À droite : les affluents, avec les laves torrentielles qu'ils génèrent et les cônes de déjection qu'ils forment, influencent l'espace réservé aux eaux de la plaine alluviale de la Lée.

Photo: P.-A. Frossard

Le pont de Gietti en amont du secteur de projet, fondamental dans l'organisation des activités liées au tourisme et la gestion pastorale des Plats de la Lée, a été reconstruit [Fig. XI.1.7 centre](#) après sa destruction par la crue de 2013 (Q_{100}). En prenant en compte l'espace réservé aux eaux et la nouvelle situation induite par les remaniements dus à la crue, sa portée a été augmentée de 8 à 42 m ^[2].

Déplacement de pistes carrossables et infrastructures de loisirs

En rive droite, une nouvelle piste carrossable assure l'accès principal au fond du vallon de Zinal et remplace l'accès carrossable qui existait initialement en rive gauche. Son tracé en pied de coteau lui confère une meilleure intégration paysagère et la protège des dangers naturels. Des mesures ponctuelles de stabilisation ont été nécessaires pour les tronçons les plus proches du lit majeur. En rive gauche, les accès de mobilité douce ont également été réorganisés mais n'ont pas nécessité de mesures de stabilisation en raison de l'espace suffisant à disposition ^[2].



Puissance au service de la renaturation

En raison de sa puissance et de sa capacité de transport solide, la Navisence est un exemple de cours d'eau capable de se réajuster rapidement, dès lors qu'on lui accorde à nouveau de l'espace. Pour preuve, les crues d'ordre centennal de 2013 et 2018, de caractère très morphogène, ont accéléré le processus de revitalisation et ont rendu caduques certaines mesures initialement prévues par le projet ^[2].

Suivi d'efficacité sur l'hydromorphologie et la biodiversité

Le projet prévoit la réalisation d'un monitoring qui a débuté en 2016 et qui porte sur la morphologie du cours d'eau [Fig. XI.1.8 gauche](#) et sur les groupes suivants : flore [Fig. XI.1.8 droite](#), orthoptère, papillon, avifaune, poisson. L'enchaînement

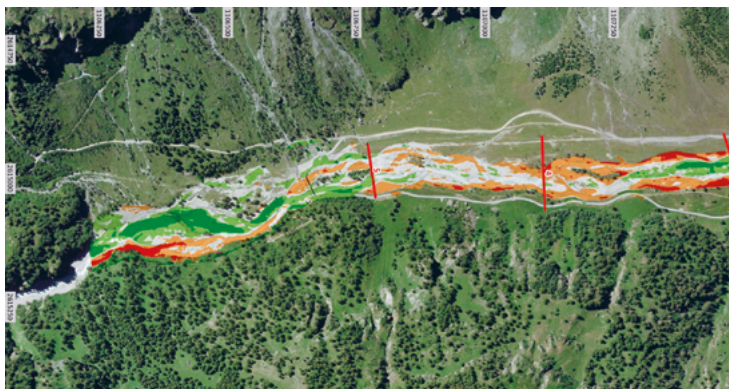


Fig. XI.1.8 À gauche : carte de suivi morphologique avec la position des transects pour les relevés.

À droite : le lit mobile en tresses et l'alluvionnement favorisent l'implantation d'une flore pionnière typique des zones alluviales, à l'image ici de la Myricaie d'Allemagne.

Source : Patrick Epiney
Ingénieurs Sàrl

d'occurrences morphogènes ont été très profitables aux milieux alluviaux qui se sont étendus de plus de 30 %. En effet, les phénomènes induits par les crues ont réinitialisé de nombreuses successions végétales au stade pionnier. Ils ont également permis un rééquilibrage du profil en long de la Navisence [3].

Conclusion

À la suite des premières mesures réalisées, le site a retrouvé son statut dans l'inventaire fédéral des zones alluviales. Mais au niveau régional, la plus-value du projet dépasse les seuls objectifs biologiques et des répercussions positives sont également attendues au niveau touristique, qui représente une branche fondamentale de l'économie de ce fond de vallée [2].

Après deux crues considérées comme centennales en 2013 et 2018, la Navisence a de nouveau connu un événement exceptionnel encore plus intense en 2024, qui a considérablement remanié la plaine alluviale. Un débit de $75 \text{ m}^3/\text{s}$ mesuré à Zinal et considéré dans les bases de dangers comme une crue centennale serait plutôt proche d'une fréquence de 10-20 ans [4].

Bibliographie du projet XI.1.2

- [1] Epiney, P., 2017, *Revitalisation de la plaine alluviale de la Lée / La Navisence-Zinal*, dossier de synthèse, commune d'Anniviers.
- [2] Epiney, P., Zufferey, L., 2018, « Revitalisation de la plaine de la Lée / La Navisence-Zinal », *Génie biologique*, 1/2018, p. 29-34.
- [3] Zufferey, L., 2024, *Revitalisation de la zone alluviale de la Navisence / Plat de la Lée – Zinal*, Monitoring 2016-2021, Patrick Epiney Ingénieurs Sàrl.
- [4] IDEALP, 2025, *Crue de la Navisence - 21 et 29 juin 2024*, rapport de synthèse, canton du Valais, Service des dangers naturels.

XI.1.3 La Dranse à Thonon-les-Bains (Haute-Savoie) Restauration du transport solide et du style fluvial

Pierre-André Frossard

Avec la collaboration de Guillaume Bugnet (Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Chablais (SIAC), Thonon-les-Bains)

Partenaires du projet SAFEGE SUEZ-Consulting Agence de l'Eau RMC Conseil départemental de la Haute-Savoie	Tronçon concerné Longueur: env. 4,5 km Largeur: 60-160 m Pente: 1 %	Débits caractéristiques (à l'embouchure) $MQ = 22 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{10} = 218 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_2 = 159 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 459 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_5 = 193 \text{ m}^3/\text{s}$	
Maître d'ouvrage Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Chablais (SIAC)	Bassin versant SBV = 547 km ²	Années de réalisation 2022-2024	Coût indicatif des travaux 4 000 000 €

Contexte géographique

La Dranse en Haute-Savoie naît de la convergence de la Dranse d'Abondance, de la Dranse de Morzine et du Brevon, trois torrents des Préalpes du Chablais dont les sources se situent proche de la frontière franco-suisse, à près de 2000 m d'altitude. Après la traversée d'une gorge encaissée, la Dranse arrive dans une zone de piémont, proche de l'agglomération de Thonon-les-Bains. Elle s'écoule alors sur son cône de déjection historique sur environ 4,5 km, avant de se jeter dans le lac Léman en rive sud, où son embouchure forme un delta qui abrite une réserve naturelle. C'est ce tronçon aval qui a fait l'objet d'un projet de restauration hydromorphologique ambitieux [Fig. XI.1.9](#).

Fig. XI.1.9 Le tronçon de la Dranse qui a fait l'objet du projet de restauration, depuis la sortie des gorges à gauche, jusqu'à l'embouchure dans le Léman, à droite.

Photo: IGN



Problématique et objectifs du projet

Fig. XI.1.10 La basse Dranse en 1934 (à gauche) et en 2015 (à droite).

À noter l'urbanisation extrême des rives et la réduction drastique de l'espace de mobilité.

Source : IGN

L'urbanisation galopante de l'agglomération de Thonon-les-Bains et le développement des activités industrielles et touristiques ont fortement diminué l'espace de liberté de la Dranse aval [Fig. XI.1.10](#). Certains tronçons ont été chenalisés et les berges artificialisées avec des protections en enrochement. S'ajoutent à cela les importantes activités d'extraction de matériaux alluvionnaires qui ont débuté avant la Seconde Guerre mondiale et ont perduré jusqu'à la fin des années 1970. Enfin, les trois principales branches qui composent la Dranse (Brevon, Abondance, Morzine) comptent toutes des aménagements impactant la connectivité du transport solide. Ce dernier a ainsi



fortement diminué, mais également en raison de l'importante réduction, au cours du XX^e siècle, des zones de production en matériaux (stabilisation des berges). Les apports solides dans la Dranse aval ont donc nettement baissé. Ce déficit sédimentaire, ajouté aux pressions anthropiques importantes, a affecté la morphologie de la Dranse et transformé considérablement son style fluvial, conduisant au pavage et à la chenalisation du lit [Fig. XI.1.11](#) dans un secteur historiquement en tresses et très mobile ^[1].

L'objectif central du projet a été de restaurer le fonctionnement hydromorphologique de la basse Dranse par l'intermédiaire des mesures sectorielles suivantes :

- créer de nouvelles zones de respiration de la rivière et la rendre à nouveau mobile, avec une dynamique de lit en tresses ;
- rétablir le transport sédimentaire en enrayant le processus d'immobilisation par la végétation ;
- restaurer la dynamique écologique des milieux riverains par la création de conditions favorisant la divagation et le rajeunissement régulier de la végétation ;
- renforcer de manière intégrée les berges au droit des secteurs à enjeux ^[2].



Fig. XI.1.11 À gauche : tronçon chenalisé de la Dranse aval, avant travaux.

Photo : SIAC

Au centre : érosion au pied des vignes de Marin, qui a nécessité une protection.

Photo : G. Bugnet

À droite : développement massif de renouées asiatiques sur un tronçon endigué.

Photo : SIAC

Éléments de réalisation

Favoriser la tendance à la divagation du cours d'eau

D'importants travaux de terrassement ont permis de reprendre certaines berges et d'adopter des pentes plus faibles. Des terrassements ont également été entrepris, après abattage de la végétation, pour rouvrir et remobiliser d'anciens bras secondaires. En complément, des travaux de broyage de la végétation existante ont été réalisés, en vue de remobiliser les dépôts alluvionnaires et rajeunir les milieux en cas de crue [Fig. XI.1.12](#).

Fig. XI.1.12 À gauche : état après travaux, le 5 juin 2024. À droite : de vastes dépôts d'alluvions se reforment et des habitats pionniers se régénèrent.

Photos : G. Bugnet



Protéger localement les infrastructures

Là où la présence d'infrastructures en sommet de berge et en rive nécessitait un certain niveau de protection (quartier à Thonon, camping de Publier, vignes de Marin, RD 902, seuil de Vongy) [Fig. XI.1.11](#), des travaux de confortement de berge ont été réalisés, mais toujours dans un souci d'intégration paysagère et écologique de ces ouvrages. Le plus souvent, ce sont des techniques mixtes qui ont été mises en œuvre, plus précisément des enrochements de pied de berge, surmontés de lits de plants et plançons (voir sous-chapitre VII.2).

Limiter les impacts de chantier

Un planning précis des travaux a été proposé et validé par l'État, afin de limiter les impacts négatifs sur la faune, la flore et les milieux naturels en général.

De même, afin de réduire les risques de dispersion des plantes néophytes à caractère invasif (renouées asiatiques et buddleia de David, notamment), induits par les travaux de terrassement, tous les matériaux gravelo-terreux infestés ont été enfouis ou ont fait l'objet d'opérations de criblage-concassage.

Conclusion

Malgré un environnement fortement urbanisé et soumis à une forte pression foncière, le projet de restauration hydromorphologique a permis à la Dranse de retrouver, dans une certaine mesure, le style fluvial qui lui est caractéristique dans ce secteur, à savoir un lit en tresses. Il lui a également permis d'améliorer sa capacité naturelle à absorber les crues et d'offrir des habitats aquatiques et riverains diversifiés et de meilleure qualité. L'avenir nous dira si, malgré un régime hydrologique influencé par les barrages en amont et les changements climatiques, les milieux pionniers seront à même de se renouveler uniquement grâce aux crues, ou si des interventions seront nécessaires de la part des gestionnaires pour maintenir cet équilibre dynamique fragile.

Bibliographie du projet XI.1.3

[1] Syndicat intercommunal du Chablais (SIAC), 2013, *Étude multifonctionnelle des Dranses et de l'Est lémanique préalable au contrat de bassin*.

[2] Syndicat intercommunal du Chablais (SIAC), 2020, contrat de rivières des Dranses, fiches techniques.

Les cours d'eau de plaine se caractérisent généralement par une faible pente du profil en long, ce qui les expose fréquemment à des problèmes de capacité hydraulique.

En matière de renaturation, la faible énergie dont ce type de cours est doté nécessite le plus souvent des mesures actives, assez interventionnistes, pour retrouver une morphologie du lit et des berges compatibles avec une amélioration significative de la capacité d'accueil pour la flore et la faune aquatiques et riveraines.

XI.2.1 La Petite Glâne à Missy, Saint-Aubin, Vallon et Vully-les-lacs Projet ambitieux dans un contexte agricole

Pierre-André Frossard

Avec la collaboration de Julien Devanthery (CSD Ingénieurs SA, Yverdon-les-Bains)

Partenaires du projet CSD Ingénieurs SA Association Broye Source de Vie	Tronçon concerné Longueur: env. 7 km Largeur: 35-60 m Pente: 1,2 ‰	Débits caractéristiques $Q_{\text{résiduel}} = 0,168 \text{ m}^3/\text{s}$ $M/Q = 0,615 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{10} = 52 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 64 \text{ m}^3/\text{s}$	
Maître d'ouvrage Association intercommunale pour la revitalisation de la Petite Glâne (AIRPG)	Bassin versant SBV = 87 km ²	Années de réalisation 2022-2030	Coût indicatif des travaux 25 000 000 CHF

Contexte géographique

La Petite Glâne prend sa source aux alentours de Vuissens (canton de Fribourg, commune d'Estavayer-le-Lac) au sommet du district de la Broye, à une altitude d'environ 800 m, puis s'écoule en direction de la Plaine du même nom. Au niveau du village de Salavaux (Vaud) se situe sa confluence avec la Broye, qui elle-même se jette dans le lac de Morat environ 750 m plus en aval, à une altitude de 430 m. Son bassin versant totalise 87 km² et son régime est de type pluvial jurassien en amont et pluvial inférieur à l'aval.

Le linéaire du projet s'étend depuis la commune de Vallon en amont jusqu'à la confluence avec la Broye, quelque 7,3 km plus en aval, les 600 derniers mètres étant toutefois dans un état proche du naturel [Fig. XI.2.1](#). Deux cantons et quatre communes sont concernés par le projet, soit Vallon (canton de Fribourg), Missy (Vaud), St-Aubin (canton de Fribourg) et Vully-les-Lacs (Vaud) ^[1].

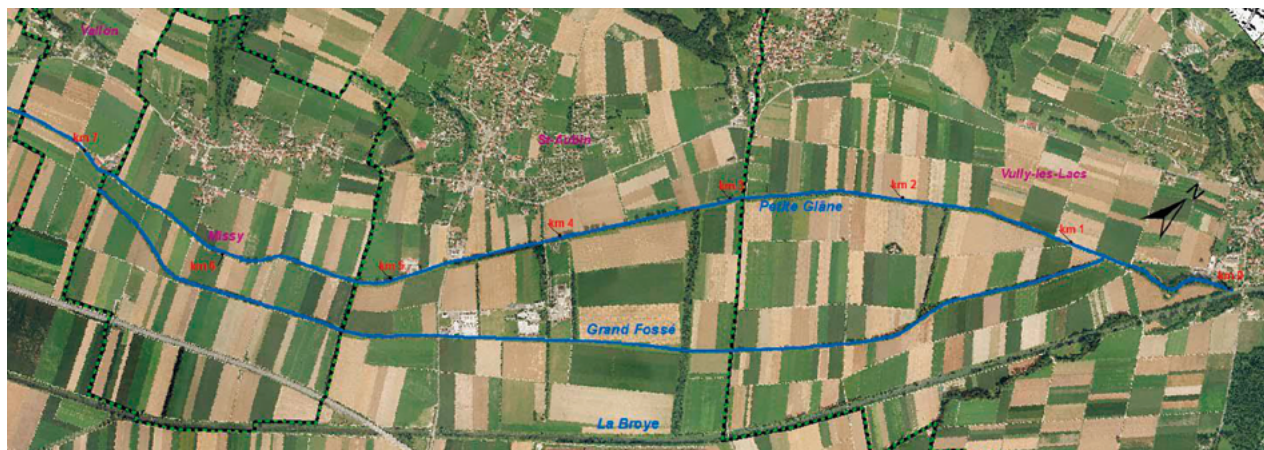


Fig. XI.2.1 Dans un paysage de grandes cultures, le tracé concerné par le projet (trait bleu du haut) entre la commune de Vallon à gauche et la confluence avec la Broye à droite.

Source : triform

Problématique et objectifs du projet

Fortement corrigée (1911-1933) depuis la commune de Cugy (canton de Fribourg) jusqu'à son embouchure avec la Broye, la Petite Glâne présente une pente faible (1,2 ‰ en moyenne), ce qui engendre des déficits de capacité récurrents et de fréquents problèmes d'inondation. Son gabarit fortement resserré (3-4 m de radier) et des pentes de berge prononcées (1:1 à 2:3 en moyenne) induisent également des problèmes d'érosion et génèrent un entretien régulier ^[1].

Le cours d'eau présente en outre un état écomorphologique « non naturel », fortement atteint, avec un tracé rectiligne, une variabilité de la largeur du lit inexistant et des pieds de berge renforcés avec des rondins, des blocs ou encore du béton. Les berges sont également monotones du point de vue de leur morphologie et présentent une végétation peu diversifiée ^[1].

Le projet vise donc à retrouver un cours d'eau qui réponde aux exigences en matière de protection contre les crues, notamment par la diminution des fréquences d'inondation, mais également en termes de fonctionnalités écologiques. En effet, l'amélioration de la qualité des habitats aquatiques et riverains ainsi que celle de la connectivité, aussi bien au niveau du lit que des habitats terrestres, constituent un objectif fondamental à l'échelle régionale.

Le projet s'est aussi développé dans un souci de préservation des terres agricoles.

Éléments de réalisation

Espace réservé aux eaux (ERE)

En situation initiale, l'espace dévolu au cours d'eau mesurait entre 15 et 23 m, au-delà desquels se trouve encore une bande tampon de 3 m ou des chemins AF (aménagés dans le cadre d'améliorations foncières).

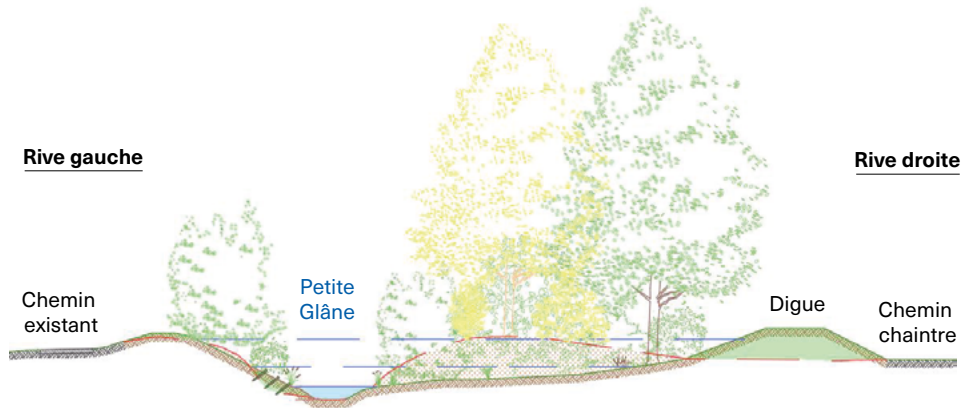
Dans le cadre du projet, l'ERE a été déterminé en fonction des contraintes de terrain et des possibilités foncières. Au final, 82 % du linéaire aménagé garantit un ERE de 37 m, avec des emprises ponctuellement plus généreuses allant de 40 à 60 m [Fig. XI.2.3 centre](#).

Excavation et talutage des berges

L'amélioration de la capacité hydraulique du cours d'eau et la réduction de la pente des berges a nécessité d'importants terrassements en déblai. Au niveau de la nouvelle limite d'emprise, la digue a été surélevée à des fins de protection des terres agricoles contre les inondations [Fig. XI.2.2](#). Du côté extérieur, ce remblai a été taluté avec une pente faible de 1:6, afin de le rendre praticable pour les machines agricoles et de limiter la formation de bassières en pied de digue ^[2].

Fig. XI.2.2 Profil en travers type de l'élargissement du cours d'eau en rive droite, avec défrichement, recul de la digue de protection et plantations.

Source : CSD Ingénieurs SA



Variabilité de la largeur du lit

Fig. XI.2.3 À gauche : situation avant revitalisation à Missy

Photo : CSD Ingénieurs SA

Au centre : exemple d'élargissement à 65 m à St-Aubin.

Photo : CSD Ingénieurs SA

À droite : zone élargie et structuration du lit mineur.

Photo : P.-A. Frossard

Parce qu'elle est fondamentale pour la diversité structurelle du lit (conditions hydrodynamiques, diversité de substrats) et la qualité de l'interface terre-eau, une attention particulière a été portée à la variabilité de la largeur du lit. Premièrement, les anciennes protections de pied de berge ont été retirées. Ensuite, l'expression de la dynamique du cours d'eau a été initiée par un léger méandrage et des structures ancrées dans le lit. Des poches de surcreusement ont ainsi été réalisées avec, sur la berge opposée, des aménagements de type épi prenant différentes formes (atterrissement, bois, souches d'arbre ancrées, épi végétal...) ^[2], dans le but de produire un effet déflecteur sur le courant et d'orienter les phénomènes érosifs [Fig. XI.2.4](#).



Milieux terrestres riverains

Des plantations ont été réalisées sur 50 % des berges (30 000 arbres et arbustes), afin de renforcer les fonctionnalités écologiques du projet, notamment la connectivité au sein de la plaine agricole [Fig. XI.2.4](#). Ces plantations permettront également de fournir de l'ombrage au cours d'eau et de limiter ainsi les hausses de température [2].

Une mosaïque de différents milieux, éligibles comme surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) en agriculture, couvre les berges et permet de les maintenir en surfaces agricoles utiles (SAU), ce qui est autorisé par l'OEau [2].

Fig. XI.2.4 À gauche : structuration progressive du lit mineur.

À droite : la plantation d'arbres (au premier plan) et de buissons (à l'arrière-plan) permet de renforcer la qualité des corridors terrestres et procurera à terme de l'ombrage sur le cours d'eau. Les souches et bois des quelques inévitables abattages sont réutilisés pour aménager des structures pour la petite faune.

Photos : P.-A. Frossard



Conclusion

Projet territorial d'envergure, la revitalisation de la Petite Glâne a soulevé de nombreux enjeux techniques et décisionnels. La bonne entente intercommunale a permis de surmonter les divergences de point de vue sur des questions sensibles comme les impacts du projet sur les surfaces de terres agricoles, la suppression ou le maintien de certaines infrastructures, ou encore l'emprise générale du projet. Cela a abouti à un projet ambitieux, ancré dans son territoire, au service de la population et de la nature, qui répond aux défis de demain, notamment en termes de dérèglements climatiques ou d'effondrement de la biodiversité.

Bibliographie du projet XI.2.1

[1] Devanthéry, J., Dubau, N., Knecht, S., 2024, « Quatre communes réunies pour redonner vie à la Petite Glâne », *Énergie et Environnement*, 4/2024.

[2] Triform, Ökobüro Bureau d'écologie, 2020, *Revitalisation de la Petite Glâne*, rapport technique.

XI.2.2 La Venoge de Lusser-Villars-Daillens à Bois de Vaux Revitalisation, protection contre les crues, migration piscicole, mobilité douce

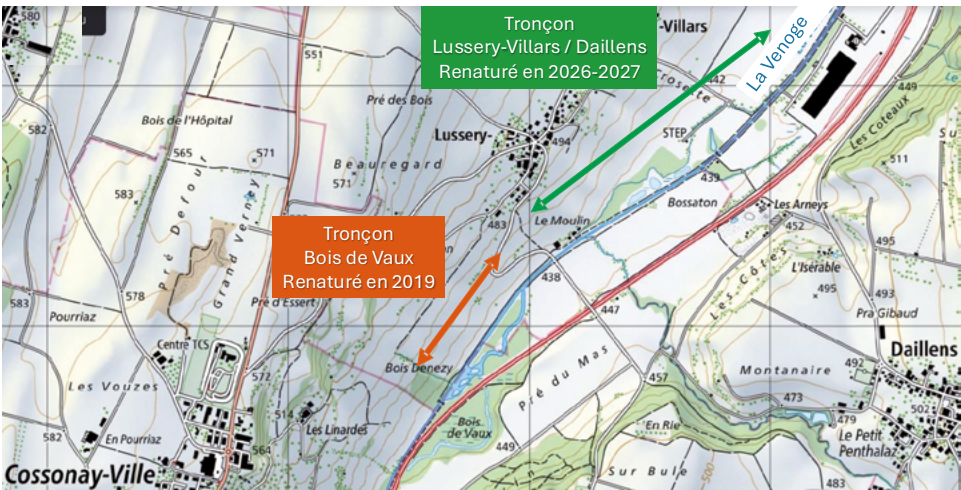
Stéphanie André, DGE-EAU, canton de Vaud

Tronçon concerné Longueur : env. 1,9 km Largeur : 9-13 m Pente : 0,20-0,36 ‰	Granulométrie Graviers et sable	Débits caractéristiques $Q_2 = 35 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_5 = 49 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 87 \text{ m}^3/\text{s}$
Maître d'ouvrage Canton de Vaud	Années de réalisation 2019 / 2026-2027	Coût indicatif des travaux 2 200 000 CHF

Contexte géographique

La Venoge est un cours d'eau emblématique du canton de Vaud, sublimée par le poète Jean Villard Gilles. Elle prend sa source sur la commune de l'Isle pour se jeter dans le Léman entre les communes de Saint-Sulpice et Prêverenges. Le projet de revitalisation concerne un linéaire amont de 1,3 km entre la zone industrielle de Daillens et le moulin de Lusser, ainsi qu'un tronçon aval d'environ 600 m dans la zone alluviale d'importance nationale de Bois de Vaux [Fig. XI.2.5](#). Le bassin versant drainé par la Venoge à ce niveau est de l'ordre de 148 km².

Fig. XI.2.5 La Venoge de Lusser-Villars à Bois de Vaux, étapes de réalisation.



La protection de la Venoge a été plébiscitée par le peuple en 1990, conduisant à l'introduction d'un nouvel article constitutionnel. Le plan de protection (PAC Venoge ^[1]) vise à redonner son espace naturel à ce cours d'eau canalisé sur de nombreux tronçons. Un vaste programme de renaturation de la Venoge a alors été élaboré par le canton de Vaud, avec pour objectifs de rétablir la dynamique alluviale, la morphologie, la biodiversité et la migration piscicole entravée par de nombreux seuils hérités de l'exploitation de la force hydraulique.

La réalisation du projet répond à deux paquets de mesures du PAC Venoge : l'un en amont, sur les communes de Lussery-Villars et Daillens, dont la mise en œuvre est prévue début 2026, l'autre en aval, sur les communes de Lussery-Villars et Penthalaz, dont les travaux ont été réalisés en 2019. Ces deux tronçons sont classés en priorité élevée de la planification stratégique cantonale de revitalisation des cours d'eau [2]. Ce projet prévoit aussi d'assainir un des derniers seuils, celui de Gravey, permettant de rétablir la libre migration piscicole dans la Venoge de son embouchure à la Tine de Conflens.

Problématique et objectifs du projet

La Venoge entre Bois de Vaux et Lussery-Villars / Daillens, historiquement de morphologie à grands méandres, a été dès 1890 fortement canalisée pour favoriser le développement de la plaine. Ainsi, de nombreux secteurs ont perdu toute dynamique alluviale, ils sont dépourvus de bancs de graviers ou de caches, avec des berges raides et enrochées. Les milieux riverains ont été déconnectés du cours d'eau, conduisant à une perte de ses fonctions naturelles et à la dégradation de la biodiversité. La réduction de largeur du cours d'eau a créé des points critiques d'inondation et d'érosion de berges. Dès la fin du XIX^e siècle, la Venoge a également été largement exploitée par l'industrie pour sa force hydraulique. Il en reste de nombreux seuils infranchissables par la faune piscicole.

Les objectifs répondent à une logique globale de renaturation, en vue de retrouver la continuité écologique du cours d'eau. Il s'agit de restaurer le régime de la Venoge au plus près de son état morphologique naturel, de redynamiser les forêts alluviales, tout en intégrant les contraintes territoriales et les usages actuels. Le projet inclut l'assainissement de décharges dans l'espace réservé aux eaux, le déplacement de conduites et services, et la protection des infrastructures existantes contre l'érosion et les inondations. Il vise un bilan des matériaux neutres.

Éléments de réalisation [3, 4]

Protection contre les crues et les étiages

Le régime de la Venoge dans ce secteur est de type pluvial-jurassien, sans stockage neigeux significatif, caractérisé par des crues hivernales et des étiages estivaux. La largeur canalisée du cours d'eau est largement inférieure à celle d'origine et la capacité d'écoulement est localement inférieure à la crue trentennale. En redonnant à la Venoge une surlargeur de divagation pour un tracé en grands méandres, le cours d'eau retrouve un régime naturel et sa capacité hydraulique, renforçant ainsi la protection des voies CFF, de la STEP, du moulin et des terres agricoles.

Dans cette zone, la Venoge est vulnérable aux périodes de sécheresse. Avec le changement climatique, les étiages estivaux sont de plus en plus sévères et de longue durée. Canalisée entre des berges raides et non arborées, avec un écoulement étalé et sans ombrage, la Venoge subit des élévations de température critiques en été pour la faune piscicole. Renaturée avec une morphologie en méandres, un chenal d'étiage, des berges douces et arborées, et des structures diversifiant l'écoulement (radiers, fosses), la Venoge procure des zones d'abri pour la faune piscicole et atténue le réchauffement de ses eaux en été.

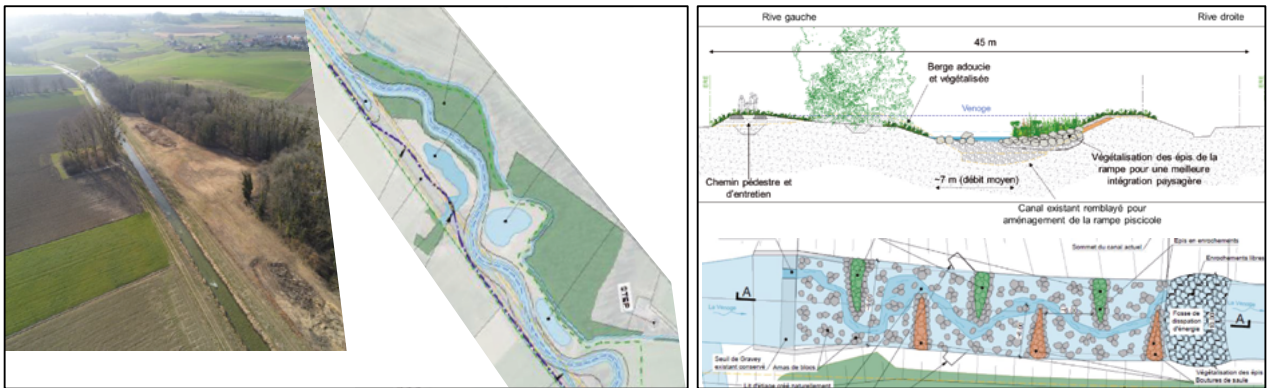
Connectivité biologique

Latéralement, le cours d'eau retrouve une aire de divagation grâce à l'enlèvement de son corset d'enrochements **Fig. XI.2.6 gauche**. Avec la destruction du pavage du lit et l'enrichissement du substrat, il peut diversifier sa morphologie avec des zones d'érosion et de dépôts sédimentaires. Les rives adoucies et irrégulières facilitent la reconnexion avec les milieux riverains, les zones humides anciennes et les forêts alluviales, grâce à des inondations locales et contrôlées de ces milieux. Les embouchures des affluents sont renaturées pour garantir leur connectivité biologique et piscicole avec la Venoge.

Longitudinalement, le seuil de Gravey, haut de 1,3 m, est rendu franchissable pour la migration piscicole par la réalisation d'une rampe rugueuse à pente maximale de 4 % sur une longueur de 40 m, dotée d'un chenal d'étiage pour concentrer l'écoulement en basses eaux **Fig. XI.2.6 droite**. Des fosses protégées lors des crues procurent des zones de repos à la faune piscicole. Les salmonidés et les cyprinidés d'eau vive (truite lacustre et de rivière, ombre de rivière...) peuvent ainsi migrer librement.

Fig. XI.2.6 À gauche: projet de renaturation à Lussery-Villars. À droite: structuration du lit pour le rétablissement de la migration piscicole.

Source : Gruner Ingénieurs



Sur tout le linéaire, le projet prévoit des aménagements légers tels que souches, amas de blocs, bancs de graviers, afin de diversifier l'écoulement avec des zones turbulentes à haute vitesse et des zones calmes, permettant ainsi l'attrait et l'abri de la faune aquatique et de l'avifaune.

Dans l'espace réservé à la Venoge, le projet inclut de nouveaux aménagements en faveur de la biodiversité (structures boisées et afforestations, prairies extensives, mares et plans d'eau temporaires, étangs, murgiers et glariers) et reconnecte des milieux dégradés (forêt alluviale de bois tendre, roselière fluviale, bassière).

Triton palmé, crapaud accoucheur, truite lacustre, ombre, couleuvre à collier, cinglé plongeur, martin pêcheur et bien d'autres espèces emblématiques de la Venoge retrouveront des milieux de qualité dans le cours d'eau et aux abords.

Mobilité douce et loisirs

La Venoge canalisée restait peu visible en raison de la raideur de ses berges et du manque de cordons boisés. Dans ces secteurs, elle était « oubliée » par la population. Dès le début du projet, les aspects de mobilité douce et de lieux de détente et d'observation ont été intégrés. Une boucle pédestre permet à présent de se promener le long de la rivière et de la traverser. Ainsi, le projet de Lussery-Villars prolonge la balade

Fig. XI.2.7 La Venoge renaturée à Bois de Vaux: plateforme d'observation (à gauche) et méandre renaturé (à droite).

Photos: DGE-EAU Vaud



attractive réalisée dans le secteur de Bois de Vaux, où une plateforme d'observation a été installée [Fig. XI.2.7 gauche](#). La rivière renaturée invite à une réappropriation des lieux par les riverains.

Conclusion

Le projet de renaturation de la Venoge depuis la zone industrielle de Daillens jusqu'à Bois de Vaux restitue un tracé et une largeur proches de l'état naturel historique, tout en garantissant la sécurité des infrastructures existantes et la pérennité des usages. Les objectifs ciblés sont de réactiver la dynamique fluviale du cours d'eau, ses valeurs naturelles, ainsi que la connectivité longitudinale des milieux aquatiques et latérale des milieux humides et terrestres. L'acceptation et la réussite du projet reposent sur une prise en compte des acteurs et des enjeux dès la phase de conception, sur la maîtrise foncière, ainsi que sur l'intégration des aspects pluridisciplinaires de l'environnement naturel et social.

Bibliographie du projet XI.2.2

- [1] PAC Venoge, 1997.
- [2] Canton de Vaud, 2014, *planification stratégique cantonale de revitalisation des cours d'eau*.
- [3] Groupement d'étude GVLRL, 2023, *La Venoge à Lussery-Villars/Daillens – Renaturation au Moulin de Lussery-Villars*, mémoire technique, dossier de demande de permis de Construire, État de Vaud, DGE-EAU.
- [4] AquaVision Engineering, 2013, *La Venoge – Revitalisation de la forêt alluviale du Bois de Vaux*, rapport technique.

XI.2.3 Le Schlossbach à Rümligen (canton de Berne) Revitalisation avec des BDA

Niels Werdenberg, Emch+Berger AG, Berne
Andreas Widmer, Emch+Berger AG, Berne
Silvan Minnig, Genossenschaft umweltbildner.ch
Timon Polli, Polli Natur und Dienste
Pascal Vonlanthen, Aquabios SARL
Nicole Egloff, AquaPlus AG

Géométrie du tronçon Longueur : env. 0,2 km Largeur : 1-1,5 m Pente : 7 %	Granulométrie Sable et gravier	Débits caractéristiques $HQ_2 = 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ $HQ_5 = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ $HQ_{100} = 7 \text{ m}^3/\text{s}$
Maître d'ouvrage Commune de Rümligen, Renaturierungsfonds des Kantons Bern	Année de réalisation 2022	Coût indicatif des travaux 28 000 CHF

Contexte géographique

Le Schlossbach est un affluent ouest de la Gürbe dans la vallée du même nom, dans le canton de Berne [Fig. XI.2.8](#). Son bassin versant est de 2,24 km². Le tronçon concerné se situe sur la commune de Rümligen.

Fig. XI.2.8 Le Schlossbach à Rümligen avec le tronçon revitalisé en BDA (encadré).



Problématique et objectifs du projet

Revitaliser des cours d'eau avec des BDA

Le terme *Beaver Dam Analogs* (BDA) désigne des structures transversales en bois inspirées de la nature, installées dans les cours d'eau et fonctionnant comme des barrages naturels de castors [1]. La structure de base est généralement construite perpendiculairement à l'écoulement, à l'aide d'une série de pieux en bois. Des branches de saule sont ensuite entrelacées entre les pieux et, si nécessaire, l'assemblage est calfeutré en amont avec de la terre et des matériaux extraits de la berge et du lit du ruisseau. Les barrages restent ainsi partiellement poreux, mais réduisent considérablement la vitesse d'écoulement, créant une surface de retenue. Il est important que plusieurs BDA soient toujours installés en série pour créer un effet de redondance.

À l'instar des barrages naturels de castors, les BDA ralentissent l'écoulement, augmentent le niveau d'eau et favorisent l'infiltration. Ils retiennent les sédiments et les nutriments, élèvent le lit du ruisseau à un niveau naturel, augmentent localement le niveau de la nappe phréatique et créent ainsi une zone tampon contre la sécheresse. Les zones humidifiées rafraîchissent l'environnement et offrent des habitats à humidité temporaire ou permanente, précieux pour de nombreux animaux et végétaux. En aval des barrages se forment des petits bassins ainsi qu'une diversité de trajectoires d'écoulement dynamiques dans des bras multiples.

L'expérience montre qu'il est possible de revitaliser des ruisseaux avec des BDA de manière très rentable (*low tech process based restoration* [2]), tout en rendant les zones riveraines plus résistantes aux extrêmes climatiques tels que sécheresses, fortes précipitations ou incendies de forêt, grâce à l'effet tampon généré par ces structures [3]. Comme le réseau de branchages se décompose avec le temps, il ne s'agit pas de structures inaltérables, mais de mesures initiales pour élever le lit du cours d'eau et développer des habitats aquatiques réseautés, notamment par la connexion eau-terre. La durée de vie des BDA peut être significativement augmentée s'ils accumulent suffisamment de feuilles et de débris ou si la structure tressée est renouvelée périodiquement [4].

L'implantation de BDA permet d'observer ces effets positifs sur des tronçons de rivières qui ne sont pas encore, ou qui ne seront jamais, colonisés par les castors. En outre, contrairement aux barrages naturels de castors, les BDA peuvent être planifiés en termes d'emplacement et de hauteur, de manière à éviter tout conflit avec les affectations existantes [4].

Retour d'expérience des BDA en Suisse

Dans ce contexte, plusieurs BDA ont été réalisés en Suisse depuis quelques années [5], tant pour l'amélioration écologique des cours d'eau [Fig. XI.2.9](#) que pour la régénération du bilan hydrique, en milieu agricole par exemple. L'expérience montre que ces structures sont simples à planifier, facilement approuvées et peu coûteuses [4].

Création d'espaces de vie

Les contrôles de réussite montrent que les BDA augmentent la diversité des habitats et favorisent le développement des espèces aquatiques, amphibiens et terrestres. Sur le



Fig. XI.2.9 Réalisations de BDA sur le Schlossbach.

Photos: S. Minnig (à gauche) et N. Werdenberg (à droite)

projet pilote du Schlossbach à Rümligen [Fig. XI.2.10](#) dans le canton de Berne, deux ans seulement après l'installation de six BDA, une forte augmentation de la surface mouillée (+600 %) et de la population piscicole (facteur +17), ainsi que des effets positifs sur les plantes aquatiques, les insectes et les amphibiens, ont pu être constatés ^[6].

Fig. XI.2.10 Le Schlossbach avant (en haut) et après (en bas) la réalisation de six BDA.

Photos: swisstopo / D. Tinner



Frein à l'érosion et recharge des eaux souterraines

Pour le cours à forte pente (environ 30 %) de l'Uechtgraben à Oberbalm, dans le canton de Berne, trente BDA ont été installées en cascade afin de ralentir l'écoulement, juguler l'érosion du lit fortement incisé et provoquer un nouvel alluvionnement. Parallèlement à la maîtrise de l'érosion, la connectivité du ruisseau avec ses zones riveraines a pu être rétablie, permettant le développement d'habitats typiques du site. L'augmentation durable du niveau de la nappe phréatique contribue également à lutter contre l'assèchement des pâturages riverains ^[7].

Laminage des crues

Une modélisation du cours supérieur de l'Emme montre que les cascades de BDA installées sur de petits affluents peuvent atténuer de manière significative les crues dans le lit principal (réduction de 35 % du débit de pointe, retardement de plus de 24 heures de la pointe de crue ^[8]). Ces structures ont donc également un potentiel de laminage dans la gestion naturelle des crues.

Conclusion

Souvent considérés comme des obstacles à l'écoulement, les barrages créés par les castors possèdent pourtant quelques vertus. Issus de cette source d'inspiration, les BDA permettent de dégager un bénéfice écologique par leur influence sur l'érosion, les vitesses d'écoulement, la recharge des eaux souterraines et les habitats aquatiques, et ceci à moindre coût.

Bibliographie du projet XI.2.3

- [1] Pollock, M., *et al.*, 2015, *The Beaver Restoration Guidebook: Working with Beaver to Restore Streams, Wetlands, and Floodplains*, Version 1.0, United States Fish and Wildlife Service, Portland.
- [2] Wheaton, J. M., Bennett, S. N., Bouwes, N., Maestas, J. D., Shahverdian, S. M. (éd.), 2019, *Low-Tech Process-Based Restoration of Riverscapes: Design Manual*, Version 1.0, Utah State University Restoration Consortium, 286 p., DOI 10.13140/RG.2.2.19590.63049/2.
- [3] Norman, L., *et al.*, 2022, «Natural infrastructure in dryland streams (NIDS) can establish regenerative wetland sinks that reverse desertification and strengthen climate resilience», *Science of The Total Environment*, n° 849, 157738, 10.1016/j.scitotenv.2022.157738.
- [4] Werdenberg, N., Widmer, A., 2022, *Beaver Dam Analogs - Klimaresilienz und Biodiversität für unsere Bäche*, Facts & figures, Emch+Berger AG, Berne.
- [5] Minnig, S., Werdenberg, N., Polli, T., Egloff, N., Widmer, A., Vonlanthen, P., Angst, C., 2022, «Revitalisieren mit „Beaver Dam Analogs“ in der Schweiz - Der Natur abgeschaut - innovative und kostengünstige Methoden zur Stärkung unserer Fliessgewässer», *Aqua & Gas*, Zürich.
- [6] Minnig, S., Polli, T., Werdenberg, N., Egloff, N., Vonlanthen, P., 2024, *Expert:innenbericht: Beaver Dam Analogs (BDAs) – Monitoring Schlossbach 2022-2028 (Phase 1 – 2022-2024)*, Genossenschaft umweltbildner.ch, Berne.
- [7] Werdenberg, N., Widmer, A., Honegger, P., 2023, *Konzept Schwammland - Naturbasierte Lösungen für Klimaschutz, Klimaanpassung, Wasserressourcenmanagement und Biodiversitätsförderung in der Landschaft*, Emch+Berger AG, Berne.
- [8] Käppeli-Wyss, S., 2024, *Auswirkungen naturähnlicher Verbauungen in den Zuflüssen auf den Spitzenabfluss im Hauptfluss*, mémoire de maîtrise, Geographical Information Science & Systems (UNIGIS MSc) am Fachbereich Geoinformatik (Z_GIS), université de Salzbourg, Salzbourg.

En milieu urbain, les projets de renaturation sont fortement contraints par des impératifs de sécurité des biens et des personnes, ainsi que bien souvent par la difficulté à trouver un espace suffisant. Cependant, ce contexte particulier revêt également des potentialités intéressantes, notamment pour améliorer la qualité de vie des citoyens et la fonctionnalité des corridors biologiques traversant le tissu urbain.

XI.3.1 La Versoix à Versoix (canton de Genève)

Protection contre les crues et amélioration de l'habitat aquatique

Pierre-André Frossard

Avec la collaboration d'Alain Demierre (GREN Biologie appliquée sàrl, Genève)

Partenaires du projet Groupement CERA-GREN-URBAPLAN	Tronçon concerné Longueur: env. 1 km Largeur: 30-60 m Pente: 0,5 %	Débits caractéristiques $Q_{\text{étiage}} = 1,1 \text{ m}^3/\text{s}$ $MQ = 3,4 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 75 \text{ m}^3/\text{s}$	
Maître d'ouvrage République et canton de Genève, OCEau	Bassin versant SBV = 92 km ²	Années de réalisation 2005-2015	Coût des travaux 5 545 000 CHF HT

Contexte géographique

La Versoix naît des eaux d'infiltration dans les roches calcaires du massif du Jura, en France, d'où elle s'écoule sous la forme d'un réseau de sources qui convergent et finissent par former la Divonne. Au passage de la frontière, elle change de nom et devient la Versoix. Longue de 22 km, cette rivière emblématique du canton de Genève présente une haute valeur biologique et paysagère: grâce à ses eaux fraîches, elle abrite encore de belles populations de salmonidés ^[1]. À la hauteur de la ville de Versoix, qu'elle traverse dans sa frange sud, elle se jette dans le Léman.

Dans ce projet de renaturation, on peut distinguer trois secteurs et étapes de travaux [Fig. XI.3.1](#) :

- en amont de la voie CFF Genève-Lausanne, au lieu-dit Le Molard;
- entre le franchissement sous la voie CFF et celui de la route nationale;
- à l'embouchure dans le Léman.

Fig. XI.3.1 Tracé de la Versoix qui a bénéficié des mesures de renaturation.

Source : <http://map.geo.admin.ch>



Problématique et objectifs du projet

Au début du XX^e siècle, des murs en béton ont été construits afin de protéger la ville contre les inondations. Avec le temps et l'urbanisation croissante, la rivière a modifié son comportement et cet endiguement s'est révélé insuffisant pour assurer un niveau de sécurité acceptable face aux effets potentiellement dévastateurs des crues. La situation était également aggravée par des passerelles et une canalisation d'eaux usées qui franchissaient le cours d'eau et qui pouvaient former d'importants embâcles, compte tenu d'un tirant d'air insuffisant [Fig. XI.3.3](#) et [2].

Plutôt que de rehausser les murs de protection, l'option a été prise de les démolir, de redonner de l'espace au cours d'eau et de lui permettre ainsi de transiter à travers la ville sans débordement.

Le projet d'aménagement a également représenté une occasion pour assainir la continuité écologique. C'est ainsi que des ouvrages bloquant la migration piscicole ont été démolis [2].

Enfin, l'embouchure dans le Léman a été revalorisée, aussi bien d'un point de vue écologique, en améliorant la zone d'interface et d'échanges entre le lac et le cours d'eau, que du point de vue de l'attractivité pour le public, en offrant une plage publique de qualité [1].

Éléments de réalisation

Création d'un parc public et aménagement d'un bras secondaire

En amont du pont CFF, une grande surface en enrobé qui constituait l'ancien site des forains au Molard a été remplacée par une zone de verdure qui sera prochainement transformée en parc public [Fig. XI.3.2](#). Un bras secondaire qui fait office de décharge de crue y a été aménagé. En plus de sa fonction purement hydraulique, cette annexe fluviale contribue en outre à diversifier les habitats aquatiques et constitue un site de reproduction potentiel pour la faune piscicole [1].

Fig. XI.3.2 Secteur « Le Molard » en amont du pont CFF, avec notamment son bras de décharge de crue, qui fait également office de site de reproduction pour la faune halieutique, ainsi que la promenade piétonne, une plus-value d'importance pour les riverains.

Photo: canton de Genève

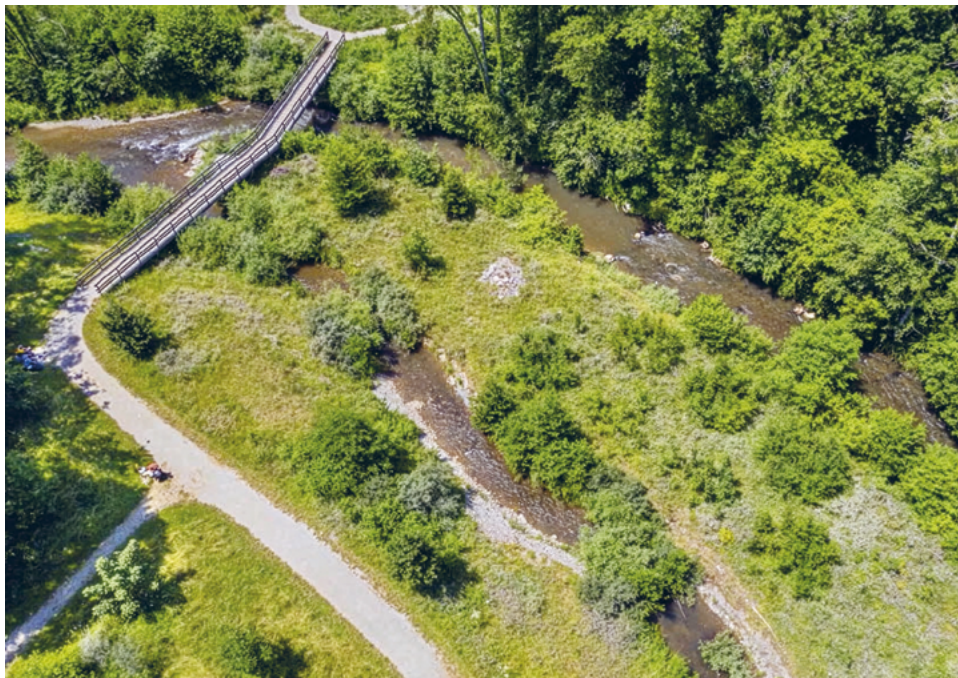


Fig. XI.3.3 À gauche: état de la Versoix en aval du pont CFF, avant le projet de renaturation.

Photo: canton de Genève

Au centre: le même tronçon après destruction des murs, élargissement, aménagement des berges et d'un bras mort – 10.02.2006.

Photo: P.-A. Frossard

À droite: le même tronçon en crue, après 9 ans de développement végétal – 04.05.2015.

Photo: P.-A. Frossard

Augmentation de la capacité hydraulique et amélioration de la qualité de l'habitat aquatique

Entre le pont CFF et celui de la route nationale, les possibilités de migration piscicoles ont été améliorées par la démolition d'un barrage et la reprise du profil longitudinal ^[2]. Le gabarit de la rivière a également été élargi de manière à obtenir un lit de crue [Fig. XI.3.3](#). Au niveau des berges, les protections en béton ou en enrochement ont été remplacées par des ouvrages inspirés du génie biologique voire forestier, avec localement des caissons en rondins végétalisés [Fig. XI.3.4](#). À ces endroits, le lit reste relativement contraint faute d'espace à disposition, mais la structure des berges est améliorée, davantage compatible avec une large capacité d'accueil pour la biodiversité. Enfin, le lit mineur s'est enrichi en structures afin de diversifier l'habitat aquatique et donc d'augmenter sa capacité d'accueil, avec, par exemple, des caches à poissons qui ont été aménagées en pied de berge [Fig. XI.3.4](#).



Démolition d'un port et aménagement d'une plage publique

Pour retrouver une dynamique de delta comprenant des fonds diversifiés, des surfaces caillouteuses et une végétation riveraine caractéristique, et favoriser la migration naturelle de la faune [Fig. XI.3.4](#), différentes actions préalables ont été nécessaires sur les structures existantes. C'est ainsi qu'une vingtaine d'arbres ont été abattus, les cabanons de pêcheurs déplacés et tous les aménagements terrestres du port démontés. La digue de protection du port Lachenal constituée d'enrochement et longue de 120 m a également été démolie ^[3].

Fig. XI.3.4 À gauche: sur les tronçons les plus contraints en raison d'un faible espace disponible, les murs en béton ont été remplacés par des ouvrages de type caisson en rondins et le lit mineur a été enrichi en structures. À droite: vue de l'embouchure restaurée.

Photos: P-A. Frossard



Des épis en enrochements noyés à effet «brise-lame» ont été aménagés, avec des objectifs différents selon leur position: piéger les graviers transportés par le déferlement des vagues; diminuer l'énergie de la houle lors de fortes bises, dans la zone de l'embouchure; diriger au large les alluvions amenées par la Versoix; remplacer la fonction de protection que remplissait le port Lachenal.

Enfin, pour faciliter l'accès à l'eau pour la baignade, la pêche de loisir ou d'autres activités de détente, de grandes dalles calcaires ont été disposées en gradins ^[3].

Conclusion

Le projet a permis d'effacer les dysfonctionnements en termes de protection contre les crues qui risquaient de générer de gros problèmes de sécurité. Au-delà de cette amélioration, le cours aval de la Versoix a gagné en fonctionnalité écologique. Ce cours d'eau, certainement le plus important du canton en termes de conservation des espèces piscicoles, a toujours gardé en amont un haut degré de naturalité et retrouvé une continuité écologique avec le lac, ce qui lui permettra de gagner encore en résilience et, espérons-le, de maintenir ses populations de salmonidés en dépit des changements climatiques. Enfin, la population de Versoix a beaucoup gagné dans l'opération, avec des promenades piétonnes de qualité le long du cours d'eau ainsi qu'une plage plus attrayante.

Bibliographie du projet XI.3.1

- [1] Office cantonal de l'eau (OCEau), 2020, *Renaturation des cours d'eau à Genève*, compilation de 20 ans de travaux.
- [2] Groupement CERA-GREN-URBAPLAN, 2004, *Réaménagement des berges des berges et du lit de*

- la Versoix*, notice d'impact sur l'environnement.
- [3] Groupement CERA-GREN-OXALIS, 2008, *La Versoix, renaturation de l'embouchure*, demande définitive d'autorisation de construire.

XI.3.2 La Gérine à Marly (canton de Fribourg) Revitalisation par élargissement dans le secteur Ancienne Papeterie-Pré aux Moines

Jean-Marc Ribí

Patrick Périsset, Ribí SA ingénieurs hydrauliciens, Fribourg et Lausanne

Jacques Studer, Bureau d'Écologie Jacques Studer, Fribourg

Auteurs du projet Ribi SA ingénieurs hydrauliciens, Fribourg Bureau d'écologie Jacques Studer, Fribourg	Tronçon concerné Longueur: env. 1 km Largeur: 20 à 120 m Pente: 1,7 %	Granulométrie $D_m = 70 \text{ mm}$ $D_{90} = 170 \text{ mm}$	Débits caractéristiques $MQ = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_5 = 87 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 152 \text{ m}^3/\text{s}$
Maître d'ouvrage Commune de Marly	Bassin versant SBV = 83 km ²	Biodiversité Grand potentiel de valorisation	Coût indicatif des travaux 5 800 000 CHF

Contexte géographique

La Gérine est une rivière préalpine, qui s'écoule sur 17 km, entre Plasselb et Marly, pour se jeter dans la Sarine à l'approche de Fribourg. Son bassin versant couvre une superficie de 83 km². Caractérisée par une forte dynamique alluviale [Fig. XI.3.5](#), elle présente sur la majeure partie de son cours un lit en tresses d'une largeur variable, supérieure à 60 m. Elle a subi peu d'atteintes anthropiques, sauf sur un tronçon de 2,4 km à travers la zone urbanisée de Marly. Sur cette longueur, elle a été rectifiée et endiguée vers 1930. La largeur du lit a été réduite à 20 m. En 1974, ce secteur a été endigué et stabilisé avec 24 seuils transversaux. En 2002, ces ouvrages ont été entaillés et complétés avec des rampes en enrochements [Fig. XI.3.5](#) pour permettre la migration des poissons. Simultanément, les digues ont été renforcées et des zones humides ont été créées dans les sous-bois.

Fig. XI.3.5 La Gérine à Marly. Situation de crue, et vue des seuils complétés avec des rampes à poissons en enrochements.

Photos: J.-M. Ribí



Pendant ce temps, un cordon boisé s'est développé sur chaque rive, tandis qu'en parallèle, des infrastructures d'eaux et de services ainsi qu'une ligne électrique aérienne ont été implantées. Les chemins utiles à leur exploitation sont devenus des itinéraires très appréciés par la population locale, avec des accès à l'eau pour la baignade, des places de pique-nique et des circuits de sport.

Problématique et objectifs du projet

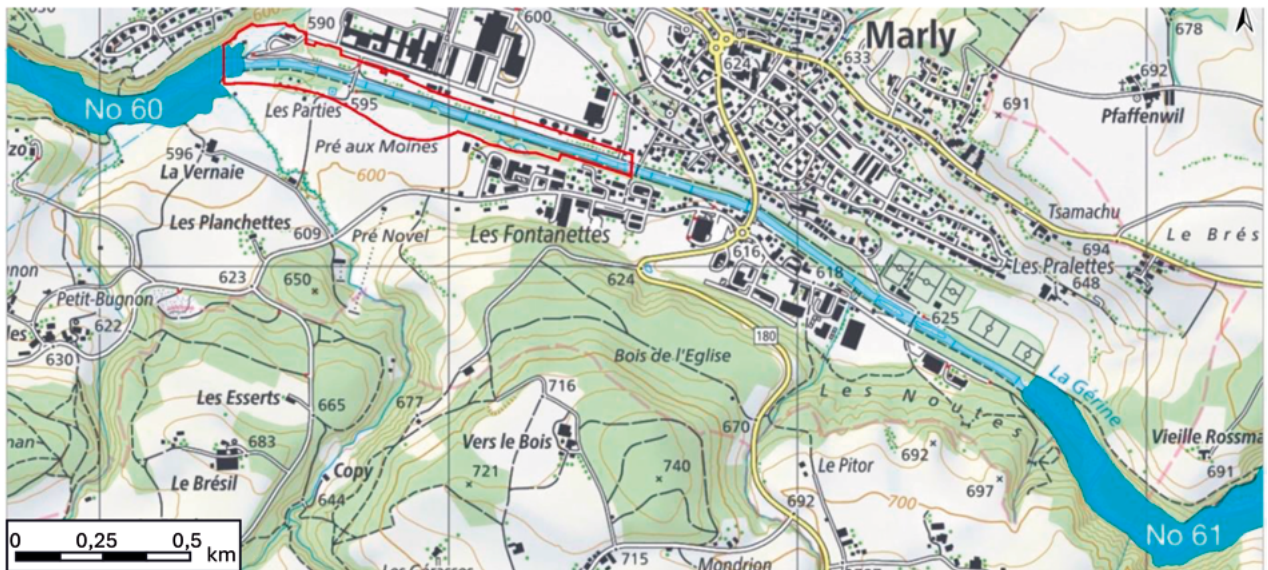
Le tronçon de Marly a été chenalisé il y a près d'un siècle. Ce recul permet de constater les disfonctionnements causés par la réduction de la largeur d'écoulement.

D'une part, les alluvions ne transitent plus librement. Le lit s'en est appauvri en raison de leur immobilisation en amont, à l'approche du resserrement. De fait, la pente entre les seuils est réduite à 0,7 % et la chute à leur endroit est augmentée. Les mesures de renforcement du lit sont fragilisées par déchaussement. Ce déficit en alluvions se manifeste aussi en aval du tronçon rectifié, où le toit rocheux est apparent.

D'autre part, le long du secteur chenalisé, la biodiversité est retreinte par manque de place. Cela tient au fait que l'étroitesse du couloir crée une discontinuité écologique entre les deux zones alluviales d'importance nationale, qui se trouvent de chaque côté [Fig. XI.3.6](#) (objets No 60 et 61). De récents relevés montrent que les habitats typiques de zones alluviales sont peu présents.

Fig. XI.3.6 La Gérine à Marly, écoulement de droite à gauche. Le contour rouge délimite l'espace réservé dans la zone d'étude pour l'élargissement.

Source : Ribl SA sur fond map. geo.admin



Considérant la grande qualité de la Gérine en amont et en aval de Marly, et l'intérêt compensatoire qu'elle représente par rapport à la Sarine, elle-même soumise aux éclusées, l'objectif est de restaurer sa largeur naturelle là où cela est possible. Dans le cadre de grands projets d'urbanisation qui se développent sur ses deux rives, l'élargissement de son lit a été étudié sur une longueur de 1 km [Fig. XI.3.6](#).

Les problématiques suivantes en découlent : dans le lit, tout en assurant la protection contre les crues, restaurer la libre dynamique alluviale et les habitats piscicoles, par élargissement et suppression des seuils ; sur les rives, prolonger la zone alluviale aval (objet 60) pour rétablir les habitats de la faune terrestre et enrichir la biodiversité. Comme la suppression des seuils n'est envisageable que pour un lit rectiligne d'une largeur de plus de 70 m, celle de l'espace réservé a été fixée de manière variable entre 100 et 120 m.

Éléments du projet

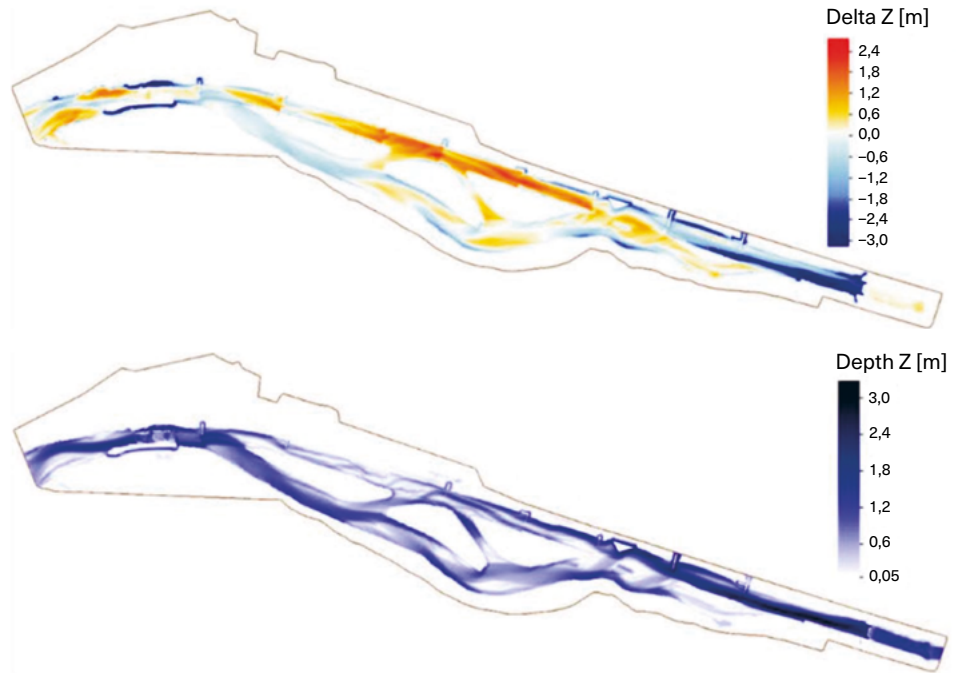
Données de base

À chaque étape d'aménagement, les connaissances de la Gérine ont été enrichies par de nouvelles données : des relevés topographiques, granulométriques et de biodiversité, les données de débits de sa station hydrométrique, des études de charriage et écologique. Ce suivi d'évolution a permis de valider les bases du projet.

Simulations morphologiques

En premier lieu, le développement morphologique du lit élargi a été étudié par simulation numérique 2D (Basement) [Fig. XI.3.7](#).

Fig. XI.3.7 Exemple de résultats Basement 2D. En haut, niveaux relatifs du lit. En bas, hauteurs d'eau. Écoulement de droite à gauche. Résultats produits par PL-LCH/EPFL ^[1].



Partant d'un fond lisse, différentes variantes ont été examinées en installant des déflecteurs pour amorcer l'épanchement vers la surlargeur mise à disposition. Globalement, le niveau et la pente du lit ont augmenté. Sur le tracé actuel, les seuils sont devenus inutiles par ensevelissement dans les dépôts d'alluvions. Après l'accumulation initiale de matériaux, le lit s'est façonné avec des chenaux multiples et entrelacés, et des îles rarement submergées.

Le projet

Sur la base de cette morphologie active, toutes les composantes ont été intégrées [Fig. XI.3.8](#). Partant du développement prioritaire de l'écosystème en vue d'un gain en biodiversité, la question du déboisement-reboisement a été traitée avec l'objectif de maintenir, autant que possible, la partie naturelle du cordon boisé en place. La mise en évidence des îles persistantes apporte un avantage sous cet angle. De plus, les cheminements piétons ont été tracés en suivant le périmètre de l'espace réservé, avec des passerelles aux extrémités de la zone d'étude.

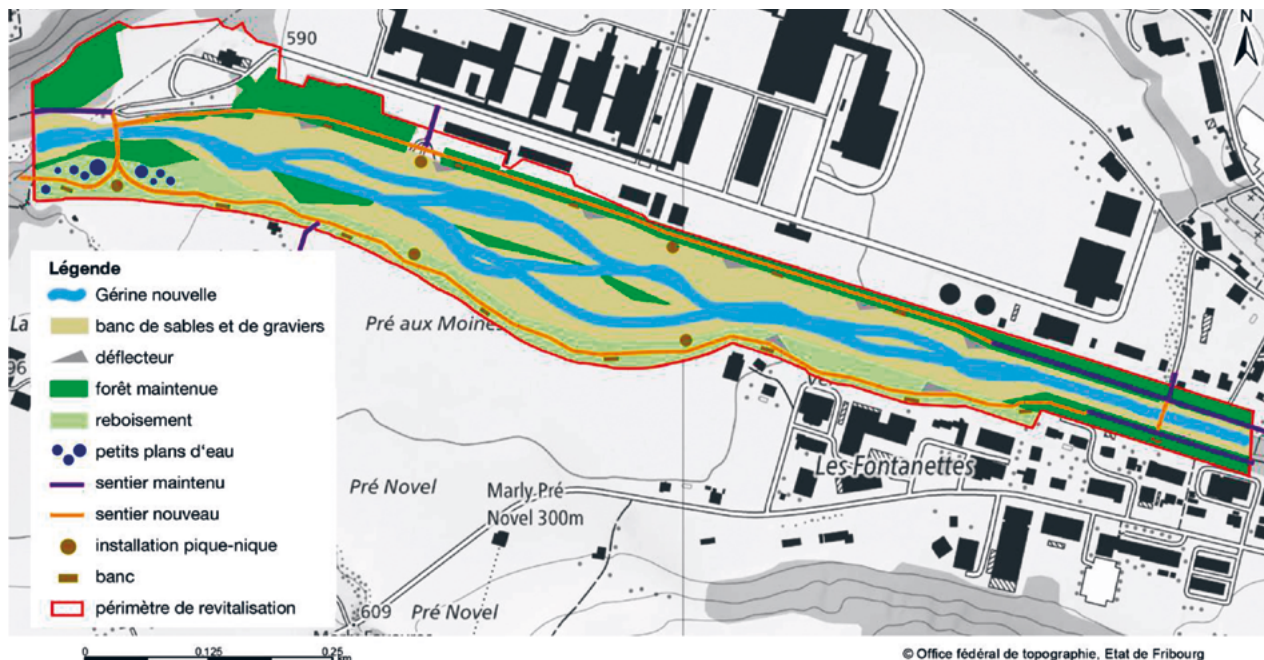


Fig. XI.3.8 Situation du lit de la Gérine après la revitalisation.

Source: Bureau d'écologie
Jacques Studer

Les difficultés

Outre les réglages en cours pour le partage des terres en rive gauche (Pré aux Moines) le grand problème à résoudre avant la réalisation du projet est le déplacement préalable des infrastructures et de la ligne à haute tension. Le montant estimé pour cette opération dépasse celui de la renaturation.

Conclusion

Quasiment libre sur la majeure partie de son cours, la Gérine est chenalisée dans sa partie inférieure. Il se trouve que la largeur nettement réduite de ce tronçon est pénalisante non seulement du point de vue morphologique et écologique mais aussi sous l'angle sécuritaire. D'une part, ses rives sont urbanisées et d'autre part son lit tend à s'enfoncer. Les berges et les digues qui les surmontent sont fragilisées, les seuils stabilisateurs sont attaqués. La solution est la restitution progressive de son espace naturel. Cependant, l'opération est rendue complexe par de nombreuses et lourdes contraintes territoriales. Il faut donc miser sur un déroulement à long terme.

Bibliographie du projet XI.3.2

- [1] Amini, A., Ribi, J.-M., De Cesare, G., 2025, «Optimizing morphological design for ecological restoration and flood resilience: A case study of the

Gérine River, Switzerland», actes du 41^e congrès mondial de l'IAHR, 22-27 juin 2025, Singapour.

XI.3.3 La Sorne à Delémont (Jura) - Delémont marée basse Renaturation et développement urbain

Pierre-André Frossard
Avec la collaboration de Denis Moritz (2MO ingénieur conseils sàrl, Delémont)

Partenaires du projet Partenaires: ENV, OFEV, EPFL, Mobi Copilotage: BAMO & EIE mandataires interdisciplinaires	Tronçon concerné Longueur: env. 3 km Largeur: 40 m Pente: 3,8 %	Granulométrie $D_m = 26 \text{ mm}$ $D_{90} = 57 \text{ mm}$	Débits caractéristiques $Q_{\text{crue } 2007} = 90 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 110 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{200} = 135 \text{ m}^3/\text{s}$ débit projet (Q_{300} laminé)
Maître d'ouvrage Ville de Delémont	Bassin versant SBV = 214 km ²	Années de réalisation 2010-2026	Coût indicatif des travaux 15 000 000 CHF

Contexte géographique

La Sorne prend sa source sur la frange est des Franches-Montagnes, proche de Bellelay (canton de Berne), à une altitude de 930 m. Après avoir franchi les gorges du Pichoux, elle atteint le canton du Jura et la vallée de Delémont qu'elle traverse d'ouest en est. Dans son cours le plus à l'aval, avant sa confluence avec la Birse, qui est un affluent du Rhin, elle traverse la ville de Delémont, chef-lieu du canton qui compte environ 13 000 habitants.

En août 2007, une inondation dévastatrice (fréquence env. 50-80 ans) a causé pour 10 millions de francs de dégâts dans la ville. L'analyse des dangers d'inondation livrée peu de temps avant (3 mois) indiquait néanmoins que des dommages bien plus importants pouvaient se produire en cas d'événement plus exceptionnel encore, le montant des dégâts potentiels pouvant s'élever à 120 millions de francs ^[1]. Une planification générale d'aménagement de la Sorne a été lancée sans attendre, de même que les mesures les plus urgentes à réaliser. Au plan fédéral, le projet a servi de modèle pour sécuriser les biens et les personnes face aux changements climatiques. Il en va de même des mesures d'encouragement à la restauration des fonctions naturelles des cours d'eau ^[1].

Fig. XI.3.9 Traversée urbaine de la Sorne avec les différents secteurs et étapes de projet. En vert, deux zones de stockage des eaux de crue qui permettent également la promotion de la biodiversité, le secteur « En-Dozière » à gauche (amont du projet) et le secteur « Morépoint » à droite.



Problématique et objectifs du projet

Au-delà de cette problématique de gestion des crues, la Sorne offrait une image peu valorisante, témoin d'un temps passé où il s'agissait de maîtriser la rivière en évacuant l'eau le plus rapidement possible et en limitant au mieux sa zone d'influence,

afin de réserver un maximum de place pour l'urbanisation et le développement des infrastructures. Il en a résulté des profils canalisés et trapézoïdaux sur toute la traversée urbaine comprenant un lit pavé [2]. Sur les tronçons les moins détériorés comme dans le secteur de Morépont, un cordon boisé avait pu se développer sur d'anciens enrochements.

C'est ainsi que le projet global intégral « Delémont marée basse – DMB » a été lancé, à savoir un projet de protection et de valorisation de la Sorne à travers toute la ville Fig. XI.3.9. Soutenu par l'aménagement du territoire, il a permis de donner de l'espace pour améliorer les conditions hydrologiques, tout en permettant un développement urbain qualitatif, à l'image de l'écoquartier du Gros-Seuc (350 logements).

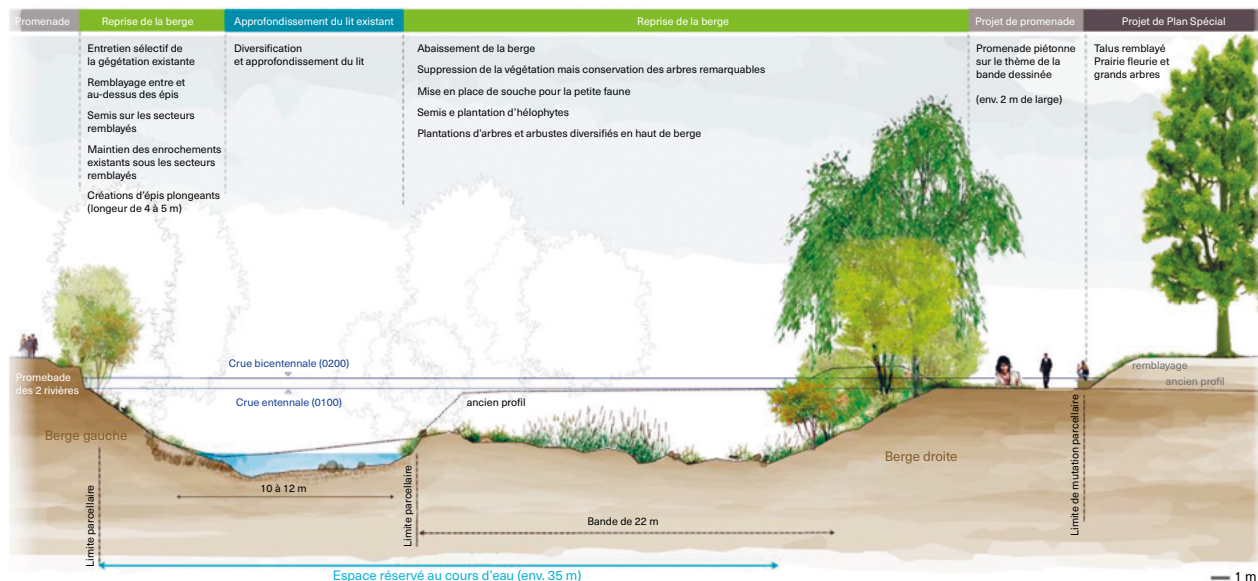
Éléments de réalisation

Élargissement de l'espace cours d'eau

La principale mesure a consisté en l'élargissement du chenal, jusqu'à doubler sa largeur dans le meilleur des cas, mesure qui s'est accompagnée par la construction de murs ou digues en retrait Fig. XI.3.10. Une grande partie des berges n'a pas été stabilisée, sauf localement, là où c'était nécessaire et prioritairement avec des techniques de génie biologique [2]. Certaines berges des extrados de méandre ont été stabilisées par une combinaison de construction en dur et en génie biologique Fig. XI.3.12.

Dans le secteur de Morépont, la largeur du cours est passée de 20 à 40 m, ce qui a permis de réserver 15 000 m² pour le développement d'habitats favorables à la faune et à la flore, ainsi que l'aménagement d'un parc urbain [1]. Ces espaces attirent un très nombreux public et constituent un laboratoire à ciel ouvert, très prisé par les écoles.

Fig. XI.3.10 Exemple d'un tronçon où l'espace réservé au cours d'eau est généreux dans un contexte urbain, permettant la création de zones humides (épandement de crue) et l'aménagement de promenades piétonnes très prisées.



Renforcement des protections et de la sécurité

Dans les secteurs les plus contraints par l'espace disponible, les mesures se sont concentrées sur la protection contre les crues. Pour améliorer la structure du lit et sa capacité d'accueil pour la faune aquatique, des risbermes partiellement végétalisées de plantes héliophytes ont été aménagées au pied de protections latérales [Fig. XI.3.11](#).

La mesure marquante du projet se matérialise par un ouvrage permettant, en cas de crue dépassant l'objectif de protection (Q_{200}), le déversement des eaux sur le tracé de la voie CFF Delémont-Bâle.

Amélioration de la mobilité douce

De nouveaux cheminements bordent les zones naturelles des rives, servant aussi bien à la détente de proximité qu'au renforcement des liaisons entre les différents quartiers. De nouvelles passerelles qui enjambent la totalité de l'espace cours d'eau ont remplacé les anciens ponts piétonniers [Fig. XI.3.11](#). À noter que tous les ouvrages de franchissement ont fait l'objet d'un concours d'architecte ^[3].

Fig. XI.3.11 À gauche : l'élargissement du lit et les berges en pente douce permettent le développement de zones d'interface généreuses. Au centre : l'espace et la nouvelle morphologie des berges favorisent l'accès à l'eau mais nécessitent la construction de nouvelles passerelles qui enjambent la totalité de l'espace cours d'eau, à l'exemple ici de celle du Haut Fourneau. À droite : aménagement de risbermes et structuration du lit, dans les secteurs les plus contraints par le manque d'espace à disposition.
Photos : P.-A. Frossard



Promotion de la biodiversité

Là où les enjeux de protection le permettent, les berges n'ont pas été spécifiquement aménagées et se façonnent d'elles-mêmes, laissant ainsi de la place à l'expression des phénomènes dynamiques, intrinsèquement liés au fonctionnement normal d'un cours d'eau [Fig. XI.3.12](#).

Fig. XI.3.12 À gauche : protection localisée d'un bâtiment avec des techniques mixtes, dans le secteur « En Dozière ». À droite : berge érodée et expression de la dynamique alluviale en pleine traversée urbaine.
Photos : P.-A. Frossard



La végétation arborée d'origine a été conservée dans la mesure du possible, en faisant passer des bras secondaires derrière cette végétation existante. Certains de ces bras sont en permanence en eau, d'autres ne se mettent en charge qu'en période de hautes eaux et sont combinés avec des terrasses de différentes hauteurs et inondées à des fréquences variables. Ces différentes structures forment un réseau d'habitats alluviaux d'intérêt.

L'aménagement de certaines berges par la plantation d'arbres et arbustes, la formation de tas de bois et tas de pierres ou encore d'ensemencement sur des substrats pauvres, afin de favoriser des prairies riches en espèces, complètent les mesures en faveur de la biodiversité [2].

Développement urbain

L'espace généreux accordé au cours d'eau et dépassant largement les exigences minimales a permis de protéger l'ensemble du quartier de Morépont, conduisant à la planification d'un pôle de développement urbain dans ce secteur. La dynamique induite par le projet « Delémont marée basse », dont le crédit a été approuvé par 83 % de la population, a fait naître une dynamique sociale qui a induit d'autres projets, à l'exemple du nouveau parc urbain [1].

Conclusion

Ce projet de protection contre les crues s'est métamorphosé en véritable projet de territoire et de société, participant à l'amélioration générale du cadre de vie urbain. Sa mise en œuvre a été rendue possible grâce au caractère participatif de la démarche de projet, où tous les groupes d'intérêt ont été intégrés à un stade précoce, et grâce à un regroupement de compétences qui a constitué un modèle de transdisciplinarité.

Bibliographie du projet XI.3.3

- | | |
|---|---|
| <p>[1] Siffert, D., 2020, « Protection contre les crues - un véritable projet de société », <i>Environnement</i>, 2/20, OFEV, p. 29-31.</p> <p>[2] Moritz, D., Wehse, H., 2024, « Dynamik in Delsberg: die Sorne im Abschnitt "Morépont</p> | <p>amont" gestaltet sich selbst », <i>Aqua & Gas</i>, n° 9, p.10-12.</p> <p>[3] Commune de Delémont, 2010, <i>Aménagement de la Sorne et de ses abords</i>, conception directrice et plan directeur localisé.</p> |
|---|---|

Les confluences de cours d'eau et les embouchures dans les lacs revêtent un intérêt particulier en raison de leur dynamique paysagère et de leur biodiversité. Ces zones sont fréquemment à la source de conflits d'usage, essentiellement liés à la sécurité en crue, à la continuité écologique, à la qualité de l'eau et à la navigation.

XI.4.1 La Broye à Salavaux sur le territoire de la commune de Vully-les-Lacs Renaturation de l'embouchure

Stéphanie André et Claude-Alain Davoli, DGE-EAU, canton de Vaud

Tronçon concerné Longueur: 350 m Largeur: 30 m Largeur de rive de lac: 400 m Surface: 12 ha	Granulométrie Sables et limons	Débits caractéristiques $Q_5 = 275 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{20} = 375 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 489 \text{ m}^3/\text{s}$
Maître d'ouvrage Canton de Vaud	Années de réalisation 2016-2019	Coût indicatif des travaux 4 300 000 CHF

Contexte géographique

La Broye est un cours d'eau qui prend sa source au pied des Préalpes fribourgeoises, traverse le Plateau en marquant sur certains tronçons la frontière entre les cantons de Vaud et Fribourg, pour finir vaudoise à son embouchure dans le lac de Morat.

Après la première correction des eaux du Jura (1868-1878), réalisée dans la région des trois lacs (Neuchâtel, Morat et Bienne) pour protéger les plaines des inondations et réduire les zones marécageuses, le tracé de la Broye a été partiellement canalisé dès 1880 entre les lacs de Morat et de Neuchâtel. En comparaison de la carte nationale de 1930, il peut être observé que le tracé de l'embouchure de la Broye a également été déplacé [Fig. XI.4.1](#). De plus, depuis les années 1960, l'embouchure de la Broye abrite des places d'amarrage et sa canalisation permet aux bateaux de rejoindre le lac grâce un tirant d'eau garanti.

C'est en 2003 que l'embouchure de la Broye a été inscrite à l'inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale, en tant que delta, avec une superficie de 12 ha. De plus, cette région abrite une réserve d'oiseaux d'eau et migrateurs d'importance nationale et internationale. Cependant, au cours du temps, la canalisation de la Broye a modifié fortement son comportement sédimentaire et hydraulique, altérant la dynamique alluviale de l'embouchure et de ses milieux caractéristiques. Le projet de renaturation de l'embouchure concerne un linéaire de 350 m jusqu'au lac de Morat, sur la commune de Vully-les-Lacs [Fig. XI.4.1](#). Le bassin versant de la Broye dans ce secteur est de l'ordre de 602 km².

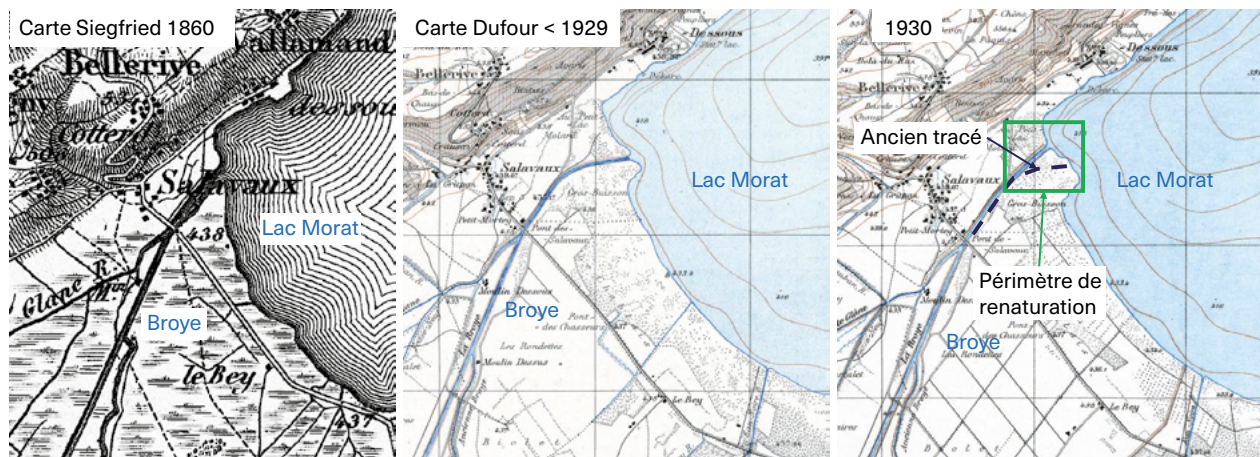


Fig. XI.4.1 État naturel de la Broye, de gauche à droite :
 • en 1860 avant la 1^{re} correction des eaux du Jura,
 • canalisée (1929),
 • déviée en (1930).
 Source : map.geo.admin.ch

Problématique et objectifs du projet

La 1^{re} correction des eaux du Jura a modifié significativement le fonctionnement hydrologique du bassin versant de l'Aar, en particulier dans la région des trois lacs. Avec un abaissement du lac de Morat d'environ 2,5 m et la canalisation de la Broye dès le début du XX^e siècle, le régime hydraulique et sédimentaire du cours d'eau a été fortement modifié. Cette région à haute valeur environnementale de bas-marais a ainsi perdu ses caractéristiques originelles ^[1] : la formation du delta s'est figée, la dynamique alluviale s'est atténuée, les zones de transition d'eau (Broye / marais / lac / forêt) ont disparu et les roselières se sont atterries.

Dans la Broye canalisée, les matériaux charriés, principalement des sables (environ 20 000 m³/an), s'accumulent à l'embouchure. Ces dépôts perturbent la navigation et provoquent un exhaussement de la hauteur d'eau dans la Broye, favorisant l'inondation de la plaine lors de crues extrêmes ^[2].

Le projet de renaturation de l'embouchure de la Broye a été considéré comme prioritaire dans la planification de la renaturation des embouchures du canton de Vaud. Il vise à restaurer le delta de la Broye, proche de sa morphologie historique et naturelle, afin de préserver la dynamique, les milieux naturels d'une zone alluviale, les oiseaux d'eau, les forêts alluviales, les hivernants ainsi que toute la faune typique de ces milieux humides. Ainsi, le projet couvre une renaturation de toute la zone de l'ancien/actuel tracé de la Broye et de la rive lacustre [Fig. XI.4.1](#), dans le but de rétablir une dynamique alluviale terrestre et lacustre. Le projet a également pour objectif d'instaurer une gestion durable des sédiments pour garantir la sécurité contre les crues. Enfin, il a pour ambition d'offrir aux riverains des cheminements, des zones d'observation et des zones de navigation. Les usages et infrastructures de la commune sont conservés et/ou déplacés.

Éléments de réalisation

Morphologie du delta et dynamique alluviale ^[3]

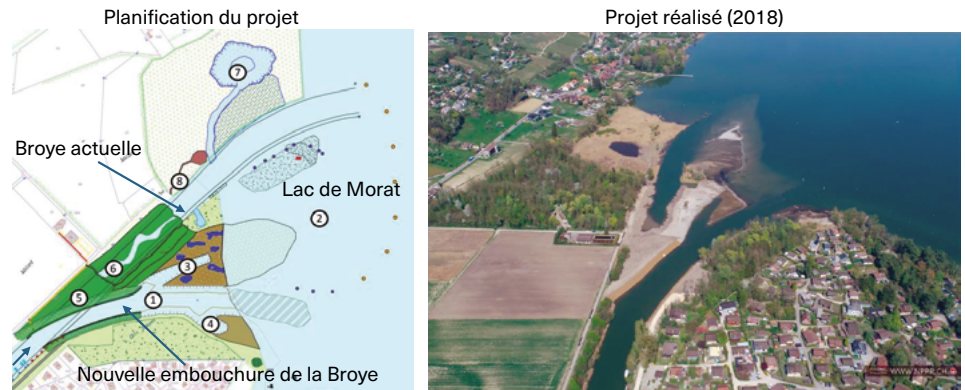
Afin de redonner une morphologie naturelle de delta [Fig. XI.4.2](#), l'ancien lit de la Broye a été remis en eau (1) profitant des reliques du talweg naturel. Les rives gauche et

droite du nouveau lit ont été remodelées (3 et 4) pour générer une dynamique alluviale terrestre lors des crues morphogènes : écoulement dans le lit principal et dans les amorces des bras secondaires avec exondation des îlots créés. La longueur du nouveau lit est de 150 m, et sa largeur de 30 m, équivalente à la largeur de la Broye canalisée. L'état de protection contre les inondations est atteint. Le pied des berges du nouveau lit amont, soumis aux contraintes les plus fortes, est protégé par des enrochements. Pour favoriser la dynamique morphologique en delta, les berges aval ne sont pas protégées, autorisant la divagation du lit.

Une partie des matériaux d'excavation a permis un comblement partiel du précédent canal de la Broye (6) et un ouvrage de dérivation (5) dirige les eaux vers le nouveau lit. Côté lac, un dragage de 5 000 m³ (2) était nécessaire pour garantir l'écoulement dans la nouvelle embouchure. Une partie des sables excavés ont été noyés dans le lac pour amorcer le développement du nouveau delta lacustre (2).

Fig. XI.4.2 À gauche : présentation schématique du projet de renaturation de l'embouchure de la Broye [3]. À droite : après travaux (avril 2018),

Source : NPPR ingénieurs et géomètres SA



Connectivité riveraine [2]

La partie aval du bras actuel, converti en bras mort dans le remous du lac (6), est aménagée de manière à favoriser une diversité de biotopes de milieux humides et des habitats pour des espèces telles que le castor, et pour la nidification du martin-pêcheur et de la mésange Rémiz.

Les réaménagements des rives de la nouvelle embouchure (3 et 4) ont permis de lutter contre les néophytes. Les forêts en place, reliques d'avant la correction des eaux du Jura, ont été valorisées en redynamisant l'interface entre les eaux de la Broye et le terrain naturel.

Au niveau du lac (2), de nombreux aménagements de bancs exondés, de pieux en bois et de plateformes pour la nidification des mouettes rieuses et des sternes pierregarins ont été réalisés pour améliorer l'attraction de l'avifaune.

Enfin, pour restaurer les roselières en voie d'atterrissement, une lagune a été créée (7). Ce milieu sera un habitat naturel pour les espèces cibles telles que le blongios nain, le butor étoilé et la rousserolle turdoïde.

Mobilité douce et loisirs

Étant donné la haute valeur écologique attendue du nouveau delta dans une zone alluviale d'importance nationale, la surface comprise entre l'ancien canal de la Broye et la nouvelle embouchure est dédiée exclusivement à la nature, protégée de toute

pression extérieure (aucune passerelle). L'accès public à une cabane d'observation par un chemin pédestre est réalisé en rive gauche de l'ancien canal (8). Une butte d'observation a également été réalisée en rive droite de la nouvelle Broye.

Les bouées d'amarrage dans le lac au droit de la nouvelle embouchure sont déplacées vers celles existantes plus au sud. Les travaux ont également nécessité le déplacement en rive gauche de la Broye d'une quarantaine de places d'amarrage en pleine eau, situées initialement en rive droite en amont de l'embouchure. À long terme, il est prévu de déplacer les bateaux dans un port adéquat afin de libérer la Broye de toute place d'amarrage. De plus, une fourrière à bateaux a été démantelée et reconstruite au droit de la plage de Salavaux au lieu-dit « Gros buisson ».

Conclusion

Fig. XI.4.3 Photos pendant les travaux et quantités de matériaux du chantier.

Source : NPPR ingénieurs et géomètres SA

Les travaux de renaturation de l'embouchure de la Broye ont duré plus de trois ans dans un milieu contraint par les usages territoriaux et lacustres et les zones de protection de l'environnement. Ils ont impliqué le mouvement d'importantes quantités de matériaux **Fig. XI.4.3**.



3 ha de broyage de la végétation
arbustive et roselière
500 m³ de souches
5000 m³ d'horizons forestier
et de roselière
27 000 m³ d'excavation
et de remblayage
2500 m³ de matériaux dragués
et valorisés
7000 m³ d'enrochements
4 km de pieux
800 ml de fascines de saules



Ce projet a contribué au développement d'une mosaïque de milieux en constante évolution, au gré des courants et du débit de la Broye. Le monitoring en cours montre que le nouveau delta favorise l'installation d'une flore et d'une faune diversifiées. L'objectif nature du projet est atteint.

La dynamique sédimentaire du nouveau delta reste difficile à gérer six ans après les travaux, montrant la complexité de retrouver un régime naturel dans un milieu perturbé en amont et influencé par la dynamique lacustre. La dynamique sédimentaire est en cours de monitoring, à la recherche de pistes d'optimisation.

Bibliographie du projet XI.4.1

- [1] ECOSCAN, 2015, *Embouchure de la Broye à Salavaux - Projet de renaturation*, notice d'impact sur l'environnement.
- [2] AquaVision Engineering, 2009, *Étude des mécanismes d'ensablement des rives du lac de*
- Morat*, étude préliminaire de variantes de solutions.
- [3] AquaVision Engineering, 2015, *Embouchure de la Broye à Salavaux – Projet de renaturation*, rapport technique.

XI.4.2 L'Areuse et l'embouchure du Bied de Môtiers Renaturation d'une confluence et protection contre les crues

Pierre-André Frossard
Avec la collaboration de Christelle Schneider (BIOTEC, Biologie appliquée SA,
Yverdon-les-Bains)

Partenaires du projet Biotec Biologie appliquée SA 2MO ingénieur conseils sàrl Hunziker Betatech SA	Tronçon concerné Longueur: env. 1,5 km Largeur: 40 m Pente: 1 ‰	Débits Areuse $Q_{347} = 1023 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_m = 7273 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_2 = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{10} = 88 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 125 \text{ m}^3/\text{s}$	Débits Bied de Môtiers $Q_{347} = 0,143 \text{ m}^3/\text{s}$ $MQ = 0,754 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_2 = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{10} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 25 \text{ m}^3/\text{s}$
Maître d'ouvrage Commune: Val-de-Travers Canton de Neuchâtel: service des Ponts et Chaussées	Bassin versant SBV Areuse = 202 km ² SBV Bied de Môtiers = 18 km ²	Années de réalisation 2022-2023	Coût indicatif des travaux 2 352 000 CHF

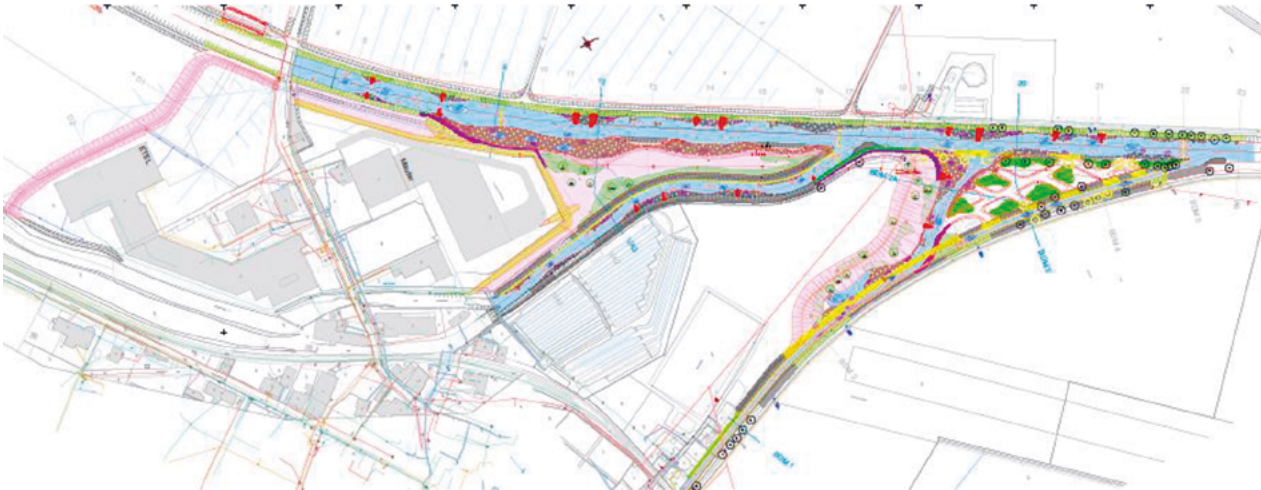
Contexte géographique

Fig. XI.4.4 Situation du projet de renaturation du complexe Areuse, Vieille Areuse, Bied de Môtiers. En rose, les digues de protection de la zone industrielle.

Source: Biotec Biologie appliquée SA

L'Areuse, rivière à régime hydrologique nivo-pluvial jurassien, draine le Val de Travers, vallée interne de l'Arc jurassien sise dans le canton de Neuchâtel. Entre Fleurier et Couvet, à proximité immédiate du village de Môtiers, se situe le complexe Areuse-Vieille Areuse et Bied de Môtiers, affluents en rive droite.

Cet hydrosystème fortement endigué par le passé présente des déficits aussi bien du point de vue de la protection contre les crues (au regard du développement territorial actuel) que de ses fonctionnalités écologique et paysagère.



Problématique et objectifs du projet

En 2016, la commune de Val-de-Travers a souhaité procéder à la modification du plan d'aménagement local (PAL) afin de pouvoir agrandir certaines installations industrielles, notamment la zone industrielle de Môtiers. Le terrain n'est constructible qu'à condition d'assurer la protection contre les crues sur l'ensemble du site industriel,

à savoir les infrastructures existantes et projetées. Or il s'avère que les digues d'une hauteur souvent insuffisante présentaient un état douteux et que des phénomènes de remontée de nappe généraient de l'inondation ^[1].

Dans le même secteur, le plan directeur cantonal et la planification stratégique en matière de revitalisation prônent une mise en valeur naturelle et paysagère de cet espace, en utilisant toutes les synergies possibles avec le train de mesures à prendre pour la protection contre les crues de la zone industrielle de Môtiers ^[1].

En raison des corrections des XIX^e et XX^e siècles, le système Areuse-Vieille Areuse et Bied de Môtiers a vu son écomorphologie fortement dégradée et sa dynamique très altérée. Mais cet espace présente également un potentiel important d'amélioration aussi bien en termes de fonctionnalité écologique que de qualité paysagère ^[1].

Les objectifs du projet ont donc été d'assainir la situation au niveau de la protection contre les crues, mais également de diversifier les milieux aquatiques et amphibies et de restaurer la dynamique des écosystèmes. Des mesures de revitalisation passives ont été privilégiées, laissant la place à la dynamique des substrats et aux processus alternés d'érosion et de sédimentation ^[2].

Éléments de réalisation

Ouvrages contre l'inondation

Une première mesure visant la protection contre les crues a consisté à reconstituer une ligne d'étanchéité par des modelés de terrain, des digues et des arrières-digues au niveau de la zone industrielle ^[1].

Amélioration des fonctionnalités et des habitats des milieux aquatiques

Sur l'Areuse, le dérasement de trois seuils existants a permis d'améliorer la continuité écologique pour les organismes aquatiques.

La capacité d'accueil du milieu a été étendue grâce à des mesures de diversification de la structure du lit mineur, afin de diversifier les conditions hydrodynamiques locales (vitesses, profondeurs) ainsi que la qualité des substrats constituant le fond du lit [Fig. XI.4.5](#). C'est ainsi que des structures ont été aménagées, sous forme de blocs isolés, d'amas de blocs, d'épis déflecteurs ou encore de souches d'arbres ancrées en pied de berge [Fig. XI.4.6](#).

Fig. XI.4.5 Diversification des écoulements et de la structure du lit pour améliorer la capacité d'accueil du milieu aquatique.

Photo : Biotec Biologie appliquée SA



En rive droite de l'Areuse, des terrasses inondables de hauteur et largeur variables ont été aménagées avec des matériaux grossiers de type graviers/cailloux, blocs, afin de resserrer ponctuellement le lit d'étiage [2].

Favoriser la dynamique alluviale

Recréer une embouchure perpendiculaire avec un delta dont la morphologie se rapproche au mieux de l'état de référence a constitué l'objectif principal pour le Bied de Môtiers. Cette intervention avait pour but de restaurer les fonctionnalités écologiques et d'améliorer l'écomorphologie par la création d'une zone élargie, favorable à la dynamique érosive (chenaux, îlots sous forme de losanges érodables) [Fig. XI.4.4](#).

Le triangle délimité par l'ancien et le nouveau tracé du Bied de Môtiers ainsi que l'Areuse a ainsi été transformé en un damier d'îlots grâce au terrassement de chenaux dans le terrain en place. L'altitude du fond des chenaux a été calée de manière à ce que les moyennes et hautes eaux puissent s'y engouffrer. Ce système a pour vocation d'être érodé et remodelé au gré des crues.

D'anciennes stabilisations du pied de berge ont été évacuées et remplacées, là où la protection contre les crues l'exigeait, par des techniques de génie biologique [Fig. XI.4.6](#).

Enfin, le long de l'ancien tracé aval court-circuité, toutes les anciennes protections ont également été évacuées et des surprofondeurs ont été ponctuellement creusées dans le lit, jusqu'au niveau de la nappe de l'Areuse, afin de créer des mares, milieux aquatiques d'eau stagnante, complémentaires au lit vif du cours d'eau [2].

Fig. XI.4.6 À gauche : état déficitaire de l'écomorphologie avant renaturation, avec des pieds de berge aménagés et une absence de variabilité de la largeur du lit
Au centre : aménagement de lits de plants et plançons renforcés en géotextile, pour les secteurs à enjeux sécuritaires.
À droite : souches, épis et amas de blocs pour structurer l'habitat aquatique et améliorer sa capacité d'accueil.
Photos : Biotec Biologie appliquée SA



Gestion de la végétation existante et plantations

Sur les deux cours d'eau, le maintien de l'ombrage représentait un enjeu important pour limiter le réchauffement des masses d'eau. Ainsi, autant que possible, les boisements existants de bonne composition spécifique ont été conservés. Sur les tronçons élargis, des plantations ont été effectuées de façon à reconstituer des boisements pluristratifiés aux nombreuses fonctionnalités écologiques (structures guides, habitats, effet tampon...) [2].

Conclusion

Ce projet a permis de retrouver une situation proche de l'état de référence et des modèles naturels correspondant à ce type de cours d'eau. Une mosaïque de milieux

Fig. XI.4.7 À gauche :
expression de la dynamique
alluviale au niveau de la
confluence Bied de Môtiers-
Areuse.
À droite : structuration du lit
et aménagement de terrasses
inondables en berge droite de
l'Areuse Une digue anti-crue
délimite l'espace d'influence du
cours d'eau.
Photos : Biotec Biologie
appliquée SA



alluviaux s'est formée et continuera d'évoluer au gré des crues, offrant de nombreux habitats à un cortège d'espèces animales et végétales caractéristiques.

Outre les objectifs relatifs à la biodiversité et à la qualité du paysage, le projet a permis d'assainir la situation en matière de protection contre les crues que nécessitait le développement territorial de Môtiers.

Bibliographie du projet XI.4.2

- [1] 2 MO Ingénieur conseil sàrl, Hunziker Betatech SA, 2021, Môtiers, *Protection contre les crues et revitalisation de la confluence de l'Areuse et de la vieille Areuse*, commune de Val-de-Travers.
- [2] Schneider, C. (Biotec Biologie appliquée SA), 2021, *Revitalisation du Bied de Môtiers et de son embouchure avec l'Areuse - projet d'ouvrage*, république et canton de Neuchâtel, section Lacs et cours d'eau.

XI.4.3 Le delta du Rhône dans le Léman (Vaud et Valais) Revitalisation, sécurisation et accès au public

Stéphanie André, DGE-EAU, canton de Vaud

Tronçon concerné Longueur: 1,6 km Pente moyenne: ~ 0,97 ‰ Bassin versant: ~ 5220 km ²	Granulométrie Sables fins à grossiers, graviers	Débits caractéristiques $Q_5 = 770 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{100} = 1650 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{300} = 1820 \text{ m}^3/\text{s}$
Maître d'ouvrage Cantons de Vaud et du Valais	Années de réalisation Étude 2013-2025 Durée des travaux estimée à 4 ans	Coût indicatif des travaux 52 700 000 CHF

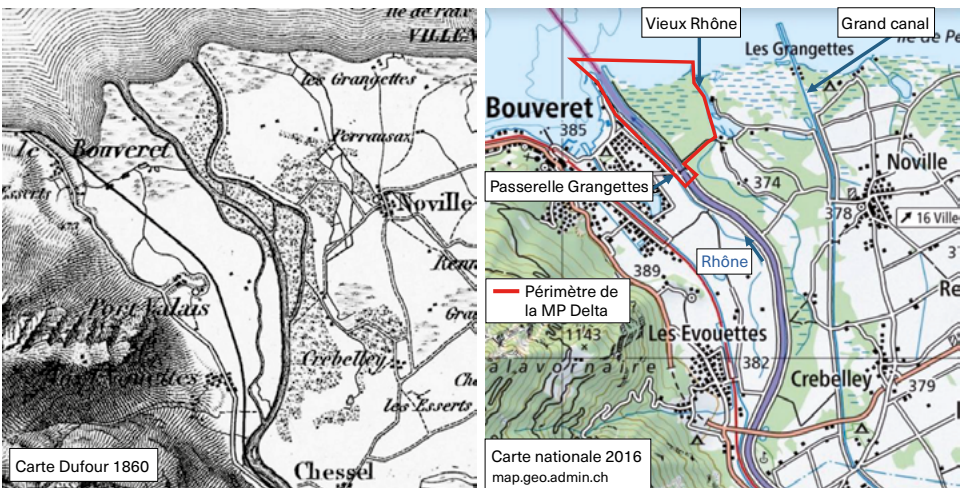
Contexte géographique

Le Rhône prend naissance sur territoire suisse à Gletsch (Valais) et parcourt 162 km jusqu'au lac Léman, lieu de sa première embouchure. Lorsqu'il passe Saint Maurice et Lavey, le Rhône devient bicantonal pour traverser la région du Chablais, sur environ 30 km.

À la suite de la crue majeure d'octobre 2000 et face à la fragilité des digues, le Rhône est l'objet d'un plan d'aménagement depuis sa source jusqu'au Léman, élaboré par le canton du Valais, en collaboration avec le canton de Vaud pour le tronçon du Chablais. En 2016, les gouvernements des deux cantons ont adopté le plan de la troisième correction du Rhône (PA-R3), visant à sécuriser durablement la plaine contre les inondations du fleuve, tout en améliorant sa biodiversité et l'accueil du public.

Dans ce contexte, la mesure prioritaire Delta (MP Delta) concerne l'embouchure du Rhône, sur un tronçon d'environ 1,6 km, depuis l'amont de la passerelle des Grangettes jusqu'au lac Fig. XI.4.8, drainant un bassin versant de plus de 5 220 km². La revitalisation du delta couvre toute la plaine alluviale, encadrée en rive gauche par la digue valaisanne et sur territoire vaudois par le vieux Rhône.

Fig. XI.4.8 Delta du Rhône historique (à gauche) et embouchure actuelle avec le périmètre de la mesure prioritaire Delta (à droite).



Cette zone possède actuellement des valeurs naturelles remarquables, protégées par l'OROEM et de nombreuses conventions (Ramsar, zone alluviale d'importance nationale, sites marécageux, inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels et inventaire cantonal vaudois des Monuments Naturels et Sites).

Problématique et objectifs du projet

À l'origine, l'embouchure du Rhône dans le Léman divaguait naturellement en plusieurs bras, morphologie typique de delta terrestre et lacustre [Fig. XI.4.8 gauche](#). Les terres riveraines, rendues humides au gré des crues, étaient impropres au développement industriel et agricole. Aussi, pour se protéger des inondations, le Rhône a été progressivement *endigué* dès 1863. En perdant ses bras, l'embouchure devient un canal uniforme, sans échange avec les milieux alluviaux. La forêt ainsi que les milieux environnants perdent progressivement leurs valeurs écologiques.

La MP Delta a pour but de revitaliser l'embouchure, en réactivant une dynamique morphologique, avec de nouveaux bras entre le Rhône et le Vieux Rhône, en aval de la passerelle des Grangettes. Elle vise aussi à restituer une dynamique alluviale dans le Léman, en favorisant le comblement de fosses d'extraction existantes et en alimentant un transport sédimentaire littoral pour engraisser les rives entre le Vieux Rhône et le Grand Canal.

La MP Delta doit garantir la sécurité contre les crues (inondation et rupture de digue) pour des événements tricentennaux. Elle répond aussi à la volonté d'améliorer les cheminements de mobilité douce dans ce site naturel. Sécurité, biodiversité et accueil sont les objectifs phares de la troisième correction du Rhône [Fig. XI.4.9](#).

Éléments de réalisation

Morphologie du delta et protection contre les crues [2, 3, 4]

Afin que l'embouchure retrouve une morphologie naturelle de delta, la MP Delta prévoit la réalisation de deux bras et le maintien du Rhône actuel, large d'environ 65 m, comme bras principal. La protection des berges et de la passerelle des Grangettes sera renforcée par des enrochements. Au museau de la bifurcation, lieu de turbulence et d'accélération, les enrochements seront enfouis jusqu'à 3 m de profondeur. La digue valaisanne sera conservée et renforcée sur les secteurs vulnérables et sur environ 300 m au droit de la bifurcation. La digue vaudoise sera arasée sur 200 m pour permettre l'alimentation des chenaux transversaux et des étangs et favoriser le développement morphodynamique lors de prochaines crues. La digue restante sera érodée au gré des crues.

Le bras secondaire, large de 55 à 65 m, sera creusé de 1,5 à 2 m sur un linéaire de 640 m. Il a pour rôle de dévier environ 50 % des eaux du Rhône. Un bras tertiaire est prévu, large de 35 à 40 m, profond d'environ 1,5 m, pour alimenter en eau le secteur compris entre le Rhône et le bras secondaire et y installer une dynamique alluviale. Les berges de ces bras ne seront pas protégées contre l'érosion. Dans le delta, les bras ont tout loisir de divaguer et d'inonder régulièrement la zone alluviale jusqu'au Vieux Rhône. Pour empêcher que les crues tricentennales ne se propagent au-delà, une diguette en terre de 1,5 m de hauteur est prévue en rive gauche du vieux Rhône.

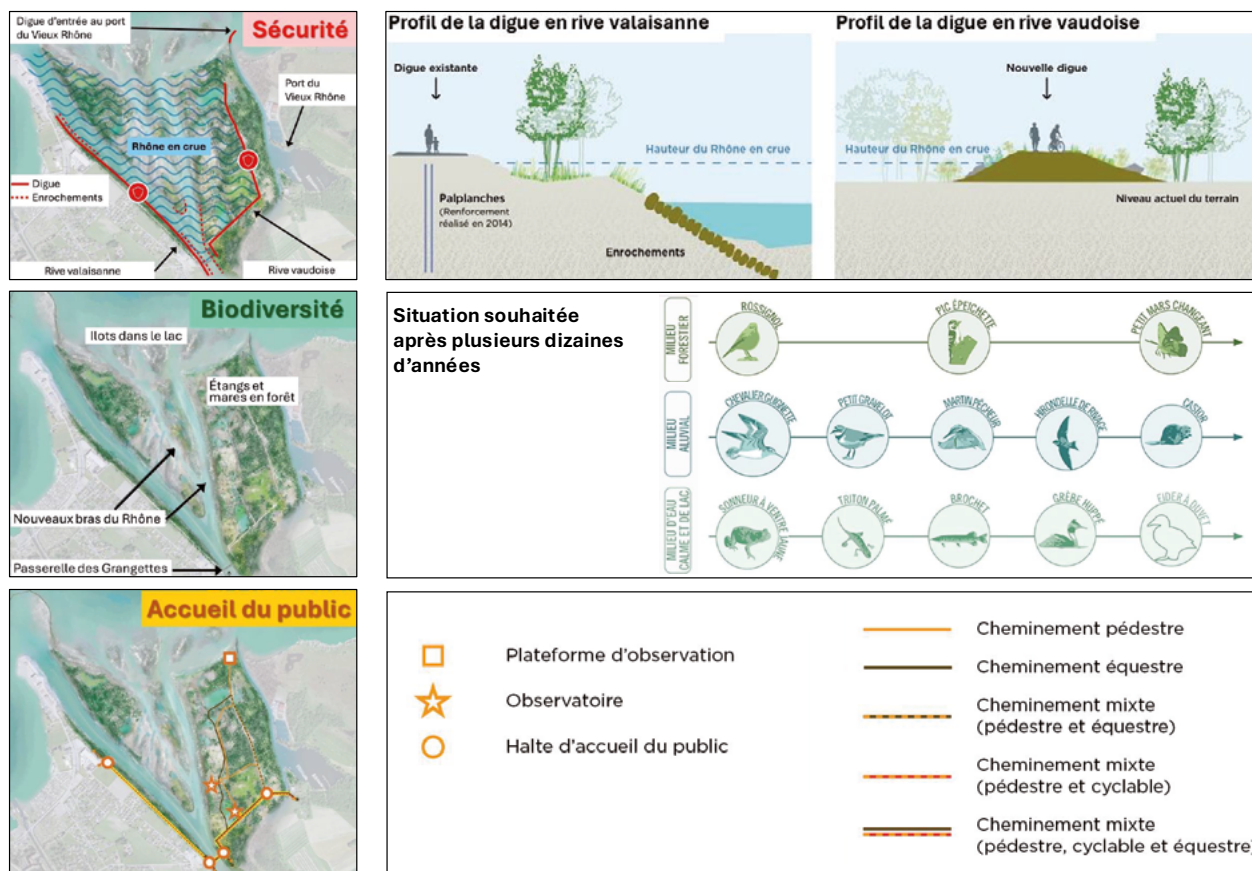


Fig. XI.4.9 Les objectifs de la MP Delta : sécurité, biodiversité, accueil du public ^[1].

Afin de favoriser l'économie circulaire, les sols décapés seront exportés sur des parcelles agricoles environnantes pour enrichir les sols et améliorer leur fertilité.

Une prolongation de la digue est prévue en rive gauche de l'embouchure du vieux Rhône pour éviter tout ensablement et garantir l'accès au port existant.

Biodiversité ^[2]

Classé dans des inventaires protégés, le site actuel présente certains milieux d'importance pour la biodiversité, comme les roselières, la *beine lacustre* et les marais. Les travaux sont planifiés de manière à préserver ces milieux qui resteront des refuges pour les espèces déjà présentes.

Ces écosystèmes seront ensuite valorisés grâce aux nouvelles franges de connexion dues à la dynamique du delta. Le projet vise à favoriser la création et la maintenance de ces milieux alluviaux. Pour amorcer les processus, les travaux prévoient le démantèlement de chemins existants dans la zone de divagation, des terrassements entre les futurs bras du Rhône pour la création d'étangs et de *lônes*, l'aménagement de buttes sablo-limoneuses pour l'initiation de parois d'érosion, et enfin la création d'ilots

Beine lacustre

Zone littorale peu profonde, de grande importance pour la biodiversité des lacs.

Lône

Bras d'un fleuve, situé en retrait du lit principal. Elle est alimentée en eau par la nappe alluviale et le fleuve en crue.

lacustres hors d'atteinte des prédateurs. La forêt existante sera entretenue pour recréer une forêt claire (chênaie). Les matériaux d'excavation seront partiellement utilisés pour amorcer les îlots lacustres et les buttes sablonneuses au bord des bras.

Mobilité douce et loisirs ^[2]

Le site actuel accueille de nombreux usagers de la mobilité douce (piétons, cyclistes, cavaliers). Le projet veille à la fois à préserver les milieux naturels de la pression humaine tout en offrant aux riverains un lieu de détente. Le réseau de cheminements dans le delta prévoit de restituer, pour chaque catégorie d'usagers, une desserte qualitativement équivalente, voire améliorée. Les visiteurs pourront faire une halte aux abords de la passerelle des Grangettes et avoir un point de vue sur tout le delta. Une plateforme d'observation près de la rive lacustre offrira un autre angle de vue sur le delta. Cet accueil du public sera accessible aux personnes à mobilité réduite.

Monitoring des flottants et des sédiments ^[2, 3, 5]

Lors des crues majeures, le Rhône véhicule de grandes quantités de bois. Le projet prévoit de conserver la barrière à flottants installée à l'embouchure. Ce dispositif retient une grande majorité des bois (en moyenne 2650 m³/an), évitant qu'ils se dispersent dans le lac, au risque d'impacter les roselières, les infrastructures et la navigation. Les essais sur modèle physique du delta ^[5] ont montré qu'environ 40 % des bois pourraient passer par les nouveaux bras du delta et qu'une partie s'y déposerait. L'installation d'une barrière pour retenir les bois flottants à la bifurcation n'est pas appropriée pour des raisons de sécurité. Aussi un monitoring du suivi des bois flottants est prévu pendant 3 à 5 ans après les travaux pour évaluer la répartition des bois dans le delta, ainsi que leur impact dans les nouveaux bras, les îlots et le Haut Lac. Des mesures complémentaires seront prises, le cas échéant.

La dynamique sédimentaire du delta est complexe et dépendante du calendrier de réalisation de l'ensemble des mesures du PA-R3, des plans d'extraction mis en œuvre, ainsi que des fluctuations du niveau du lac.

À l'embouchure, le débit de charriage de référence est estimé à environ 7 000 m³/an. Le débit actuel des matériaux charriés en amont du delta est de l'ordre de 42 500 m³/an et sera d'environ 12 500 m³/an, une fois le PA-R3 réalisé.

Les modélisations numériques 2D ^[4] prévoient ainsi différents scénarios d'ensablement de la bifurcation et des bras, qui peuvent avoir des impacts sécuritaires en amont de la passerelle des Grangettes et sur la dynamique alluviale.

Étant donné la complexité du processus, un monitoring sédimentaire est prévu après les travaux. Des cotes sécuritaires feront l'objet d'un suivi topographique à la bifurcation des bras et limnigraphique sous la passerelle des Grangettes.

Enfin, un suivi biologique est également prévu pour évaluer le développement des milieux alluviaux recherchés et des espèces attendues.

Une commission Delta sera créée pour suivre le monitoring de la zone et pour évaluer les enjeux sécuritaires et environnementaux des interventions de curage et d'extraction des bois flottants.

Conclusion

La mesure prioritaire du Delta est pilotée conjointement par le canton du Valais et le canton de Vaud, en partenariat avec les deux communes territoriales de Noville (Vaud) et Port-Valais (Valais) et les principales ONG actives dans la région. Des ateliers participatifs ont permis à tous les acteurs d'exprimer leurs attentes.

Initié en 2013, le projet a fait l'objet de nombreux travaux de terrain (investigations de l'état des digues, suivi de la nappe, sondages, relevés biologiques) et de modélisations hydro-sédimentaires 2D ainsi que d'une modélisation physique. Cette démarche a abouti à un projet intégré et durable, prenant en compte tous les enjeux pluridisciplinaires.

La MP Delta se situe entièrement sur des parcelles cantonales, permettant d'éviter une procédure foncière de compensation. Elle nécessite, en revanche, une modification partielle des plans d'affectation cantonaux, la majorité de la zone revitalisée revenant au domaine public des eaux.

L'image visée du delta se rapproche de sa morphologie naturelle historique et sa dynamique évoluera en minimisant l'intervention humaine. Elle répond aux trois piliers de la troisième correction du Rhône : sécurité, environnement et socio-économie.

Le delta redeviendra ainsi un hotspot d'écosystèmes fluviaux et lacustres.

Bibliographie du projet XI.4.3

- | | |
|--|---|
| <p>[1] Canton du Valais, SDANA, Canton de Vaud, ECF-R3, DidWeDo, Urbaplan, 2026, <i>Mesure prioritaire du Delta</i>, présentation du projet.</p> <p>[2] Canton du Valais, SDANA, Canton de Vaud, ECF R3, Gruner, Aquavision, BEB, Urbaplan, 2025, <i>3^e correction du Rhône, Mesure prioritaire du Delta</i>, dossier d'enquête publique.</p> <p>[3] Canton de Vaud, SESA, Jaeggi, M., 2010, <i>Delta du Rhône</i>, étude de faisabilité morphologique.</p> | <p>[4] AquaVision Engineering, 2017, <i>Le delta du Rhône Tome I, Étude préliminaire hydraulique et morphodynamique</i>, rapport final.</p> <p>[5] Artelia, 2017, <i>3^e correction du Rhône, Delta du Rhône, étude sur modèle physique</i>, rapports volumes 1 et 2.</p> |
|--|---|