



État : 15.03.2024 ; version 1.06

Fiche technique du jeu d'indicateurs 1

Diversité des habitats



- Indicateurs :**
- 1.1 Structure du fond du lit (d'après Woolsey et al. 2005, n° 36)
 - 1.2 Structure des rives (d'après Woolsey et al. 2005, n° 45)
 - 1.3 Profondeur d'eau (d'après Woolsey et al. 2005, n° 17)
 - 1.4 Vitesse d'écoulement (d'après Woolsey et al. 2005, n° 16)
 - 1.5 Offre en abris (d'après Woolsey et al. 2005, n° 11)
 - 1.6 Substrat (d'après Woolsey et al. 2005, n° 35 ainsi que Hunzinger et al. 2018)

Impressum

Éditeur : Office fédéral de l'environnement (OFEV)
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteurs de la publication originale (2005) : Lukas Hunzinger (Flussbau AG), Armin Peter (Eawag), Steffen Schweizer (KWO)

Accompagnement technique de l'adaptation (2019/2022) :

Experts accompagnants : Lukas Hunzinger (Flussbau AG), Steffen Schweizer (KWO), Pascal Vonlanthen (Aquabios),
Groupe d'accompagnement niveau national : Ulrika Åberg (Eawag), Marco Baumann (TG), Simone Baumgartner (OFEV), Anna Belser (OFEV), Nanina Blank (AG), Arielle Cordonier (GE), Roger Dürrenmatt (SO), Claudia Eisenring (TG), Martin Huber-Gysi (OFEV), Lukas Hunzinger (Flussbau AG), Manuela Krähenbühl (ZH), Vinzenz Maurer (BE), Nathalie Menetrey (VD), Erik Olbrecht (GR), Eva Schager (NW), Lucie Sprecher (Eawag), Gregor Thomas (OFEV), Pascal Vonlanthen (Aquabios), Heiko Wehse (Hunziker Betatech), Christine Weber (Eawag), Hansjürg Wüthrich (BE)

Référence bibliographique : Office fédéral de l'environnement (éd.) 2019 : Jeu d'indicateurs 1 – Diversité des habitats. Dans : Contrôle des effets des revitalisations de cours d'eau – Apprendre ensemble pour l'avenir. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne. Fiche technique 1, V1.06.

Rédaction : Christine Weber, Lucie Sprecher (Eawag)

Relecture : Evi Binderheim (Sponsolim Umweltconsulting), Régine Bernard (biol conseils)

Illustrations : Laurence Rickett (Firstbrand), Eliane Scharmin, Christine Weber (Eawag)

Image de couverture : Vinzenz Maurer (BE), Laurence Rickett (Firstbrand)

Traduction française : Service linguistique de l'OFEV

Téléchargement au format PDF :

<https://www.bafu.admin.ch/contrôle-des-effets-revit>

(il n'est pas possible de commander une version imprimée)
Cette publication est également disponible en allemand, italien et anglais.

© OFEV 2019

Ce document a été élaboré pour le contrôle des effets STANDARD sur l'ensemble de la Suisse pour les projets de revitalisation de cours d'eau et doit être utilisé conjointement avec le document « Contrôle des effets des revitalisations de cours d'eau – Apprendre ensemble pour l'avenir » (OFEV 2019). Les indicateurs contenus dans ce jeu proviennent de différentes sources (p. ex. Woolsey et al. 2005 ; Système modulaire gradué) et ont été partiellement adaptés pour cette documentation pratique. Vous trouverez un aperçu des changements les plus importants dans la fiche 7.

Principe

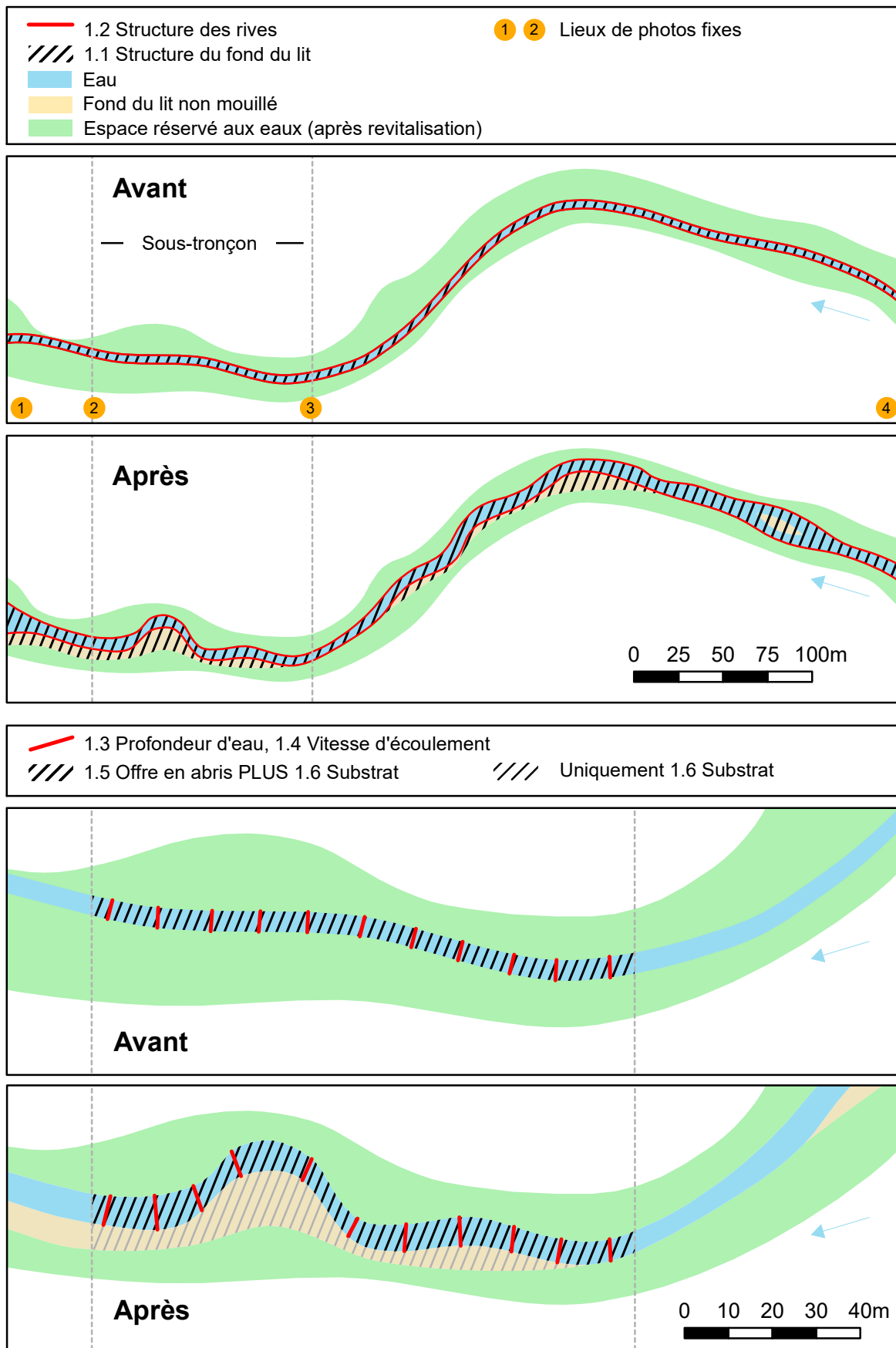
Un tronçon de cours d'eau comprend une grande diversité d'habitats aquatiques et terrestres. Ces habitats sont le résultat de processus abiotiques tels que les crues et le charriage, mais aussi d'une activité biologique, par exemple la croissance des plantes ou encore la présence de castors. En fonction de la vitesse d'écoulement, de la profondeur d'eau ou encore de la composition du substrat du lit, le milieu peut abriter différents organismes vivants. Le jeu d'indicateurs 1 doit permettre de déterminer dans quelle mesure la revitalisation a modifié la diversité des habitats. À ce titre, il est à la base du relevé et de l'interprétation des jeux d'indicateurs biologiques. Le jeu d'indicateurs 1 tient compte des structures morphologiques du lit et de la rive, des conditions hydrauliques qui en résultent (profondeur d'eau, vitesse d'écoulement) ainsi que de la composition et de la mobilité du substrat. Certains indicateurs sont relevés sur l'ensemble du tronçon de revitalisation, d'autres sur un sous-tronçon défini (cf. fiche 8).



Avec cette icône, des conseils et astuces des utilisateurs sont partagés.


Paramètres	<p>Les paramètres suivants sont relevés sur l'ensemble du tronçon de revitalisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Structure du fond du lit : présence de neuf types de structures et surfaces concernées • Structure des rives : longueur des rives avec différentes sinuosités, natures et pentes des berges <p>Les paramètres suivants sont déterminés dans un sous-tronçon défini, dans lequel les jeux d'indicateurs biologiques sont aussi relevés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profondeur d'eau : variabilité de la profondeur maximale sur minimum 10 profils en travers • Vitesse d'écoulement : variabilité de la vitesse d'écoulement sur minimum 10 profils en travers • Offre en abris : présence et surface [en m²] de 13 types d'abris • Substrat : pourcentage de recouvrement du substrat selon sa nature et son degré de mobilisation
Champ d'application	<p>Le jeu d'indicateurs 1 est prescrit pour l'ensemble des projets pour lesquels un contrôle des effets est réalisé. Il est notamment adapté pour les eaux peu profondes mais peut aussi être relevé dans des eaux plus profondes, en procédant à quelques adaptations (p. ex. mesures depuis un bateau).</p>
Particularités	<p>Le relevé du jeu d'indicateurs 1 doit être coordonné autant que possible avec les relevés biologiques afin de permettre une comparaison directe des indices abiotiques et biotiques. L'attribution à un type de structure et d'abri n'est pas toujours évidente et nécessite que l'observateur possède une certaine expérience. Des observateurs novices pourraient en effet aboutir à des résultats très différents.</p> <p>Par ailleurs, les relevés décrits ici permettent de calculer d'autres indicateurs relatifs à la diversité des habitats tels que l'IAM (indice d'attractivité morphodynamique ; Vonlanthen et al. 2018) ou encore l'IHMD (indice hydromorphologique de la diversité ; Gostner & Schleiss 2012).</p>
Lieu du relevé	<p>Tronçon de revitalisation et sous-tronçon (cf. fig. 1.1)</p> <p>Les relevés s'étendent sur toute la largeur du fond du lit, c'est-à-dire sur la zone située entre le pied de berge gauche et le pied de berge droit, qui est régulièrement mobilisée lors des crues et qui est donc dépourvue de végétation pérenne.</p>
Période de réalisation du relevé et fréquence	<p>D'un point de vue méthodologique, il convient de respecter les principes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conditions hydrologiques favorables : débit faible, p. ex. en fin d'été et à l'automne pour les cours d'eau de basse altitude (Q200 à Q300), bonne visibilité • Les relevés avant et après revitalisation doivent être réalisés dans des conditions hydrologiques similaires. • Aucun relevé n'est effectué directement après une forte crue, c'est-à-dire attendre que les conditions morphologiques et structurelles représentatives du cours d'eau se soient rétablies (p. ex. colonisation par des macrophytes) • En cas de présence de macrophytes, et si ceux-ci sont fauchés lors de travaux d'entretien du cours d'eau, le relevé doit être réalisé avant ces travaux.
Matériel et équipement	<ul style="list-style-type: none"> • Carte synoptique et carte de détail (p. ex. orthophotos à haute résolution), ruban métrique, mètre de charpentier, débitmètre, waders (pantalon de pêche) • Bateau (pour les cours d'eau plus profonds, afin de mesurer la profondeur d'eau et la vitesse d'écoulement)



Figure 1.1 : Lieu du relevé des indicateurs contenus dans le jeu d'indicateurs 1.



Déroulement du relevé de terrain

Le relevé s'effectue en deux étapes : Dans un premier temps, la structure du fond du lit et la structure des rives sont décrites grossièrement à l'aide d'une cartographie de l'ensemble du tronçon de revitalisation. On sélectionne ensuite un sous-tronçon pour lequel est effectué un relevé détaillé des indicateurs (vitesse d'écoulement, profondeur d'eau, offre en abris, substrat). L'emplacement du sous-tronçon reste le même avant et après la revitalisation. En d'autres termes, les relevés après la revitalisation sont effectués exactement au même endroit que ceux avant la revitalisation (fiche 8).

Étape	Description	Indicateur
Préparation de la cartographie de l'ensemble du tronçon de revitalisation	<ul style="list-style-type: none"> Établissement d'une carte synoptique (p. ex. plan détaillé du lieu, carte, schéma, photo aérienne actuelle prise par drone) qui représente l'ensemble du tronçon de revitalisation et sur laquelle les structures du fond du lit et de la rive peuvent être inscrites (échelle min. 1:1'000). En fonction du degré de modification au fur et à mesure de la revitalisation, la carte synoptique doit être remaniée pour les relevés après revitalisation, voire être à nouveau établie. <p> Pour une cartographie digitale, p.ex. avec QField, voir des conseils et astuces à la page 7.</p>	
Cartographie des structures du fond du lit (tronçon de revitalisation)	<ul style="list-style-type: none"> Parcours à pied le long du tronçon de revitalisation. Identification des structures du fond du lit (tab. 1.1) sur toute la largeur du fond du lit (voir Lieu du relevé dans le chapitre « Principe »), c.-à-d. y compris les zones non mouillées comme les bancs de gravier ou de sable ouverts (fig. 1.1). Cartographie des structures du fond du lit (surface, forme) sur la carte synoptique. Surface minimale d'une structure de fond du lit à prendre en compte pour les grands cours d'eau : 3-5 m², pour les cours d'eau moyen 1-3 m², pour les petits cours d'eau : 0.5-1 m² (> 50% de la largeur du fond de lit). Pour les plus grands cours d'eau, une cartographie basée sur une vue aérienne actuelle constitue la méthode la plus efficace. Les structures temporaires qui ont été créées dans le cadre d'une utilisation récréative (p. ex. barrages ou tas de pierres, piscines) ne sont pas prises en compte, c'est-à-dire que la seule structure qui existerait sans elles (généralement Eaux peu profondes) est cartographiée. Les rampes en enrochements sont cartographiées différemment selon leur type de construction: <ul style="list-style-type: none"> Enrochements jointifs = Fond du lit aménagé (0) Enrochements en rangées périodiques = Succession Seuil (8) - Mouille (9). Attention : l'évaluation ne prend en compte que 1 seuil et 1 mouille pour l'ensemble du tronçon de revitalisation afin de ne pas augmenter artificiellement la densité des structures. Enrochements régulièrement répartis = Radiers (5) 	1.1
Cartographie des structures de rive (tronçon de revitalisation)	<ul style="list-style-type: none"> Parallèlement à la cartographie des structures du fond du lit : cartographie du tracé de la ligne de rive (= limite milieu aquatique - milieu terrestre). À noter que la ligne de rive ne se trouve pas nécessairement au pied de la berge. De plus, la ligne de rive des bras latéraux ou d'écoulement secondaire doit également être incluse dans le relevé. Les surfaces d'eau généralement temporaires et déconnectées du chenal principal ne sont prises en compte que si elles se trouvent dans la zone régulièrement remaniée du lit (voir Lieu du relevé dans le chapitre « Principe »). Caractérisation des structures des rives à l'aide des trois attributs : sinuosité (= engrenage terre-eau), nature, pente des rives au niveau de la ligne de rive (tab. 1.2) et indication de la position et de l'étendue (longueur) de ces structures sur la carte synoptique. Longueur minimale d'une structure de rive : pour les petits cours d'eau : 1 m, pour les cours d'eau moyen : 3 m, pour les grands cours d'eau : 5 m. 	1.2

Documentation photo du tronçon de revitalisation	<ul style="list-style-type: none"> Parallèlement à la cartographie de la structure du fond du lit et de la structure des rives, une photo est réalisée à chaque fois en amont et en aval du cours d'eau depuis l'une des deux rives, à quatre points fixes (cf. fig. 1.1). Pour la documentation photo, il est recommandé de prendre une photo aérienne (Orthomosaïque) à l'aide d'un drone. 	
Préparation de la cartographie du sous-tronçon	<ul style="list-style-type: none"> Sur la base des modifications attendues en raison de la revitalisation, un sous-tronçon représentatif du projet de revitalisation est défini (fiche 8). La longueur de ce sous-tronçon doit correspondre à environ douze fois la largeur du fond du lit après revitalisation (pied de berge gauche à pied de berge droit incluant les dépôts non submergés/exondés), et doit être comprise entre 100 et 200 m (fiche 8). Si la longueur du tronçon de revitalisation est inférieure à 100 m, l'étude détaillée doit porter sur l'ensemble du tronçon de revitalisation. Une carte de détail est établie pour le sous-tronçon. Selon la longueur du projet de revitalisation, le cadrage ou l'échelle de la carte doit être adaptée par rapport à la carte synoptique. <p> Pour une cartographie digitale, p.ex. avec QField, voir des conseils et astuces à la page 7.</p>	
Relevés sur les profils en travers (sous-tronçon)	<ul style="list-style-type: none"> Relevé de 10 à 15 profils en travers à des distances ± régulières le long du sous-tronçon, soit tous les 10 m environ, perpendiculaire à l'axe du cours d'eau. Prise en compte des particularités entre chaque profil (p. ex. rétrécissement local du chenal). La position exacte du profil en travers est reportée sur la carte de détail. <p> Il s'est avéré judicieux de baliser le sous-tronçon et la position des profils en travers avant de commencer le relevé de terrain, p.ex. au moyen de piquets. La position des profils en travers peut alors être dessinée à l'avance sur la carte détaillée. Cela facilite également la cartographie de l'offre en abri et du substrat (indicateurs 1.5 et 1.6).</p> <ul style="list-style-type: none"> Mesure de la profondeur d'eau et de la vitesse d'écoulement sur 10 points au minimum le long du profil en travers, tous les 0.2 à 1 m, à intervalles réguliers. Si, en raison d'une largeur de lit mouillée réduite (< 2 m), il n'est pas possible de mesurer 10 points, il convient d'étudier davantage de profils en travers. Au total, des mesures doivent être effectuées sur 150 à 200 points. Profondeur d'eau [m] : au cm près, c.-à-d. avec deux chiffres après la virgule (x.xx m). Vitesse d'écoulement [m/s] : sur 40 % de la profondeur d'eau, soit 40 % depuis le fond du lit et au cm près, c.-à-d. avec deux chiffres après la virgule (x.xx m/s). Mesure de la largeur du lit mouillé. Détermination de la surface mouillée (= longueur du tronçon étudié x largeur moyenne du lit mouillé). 	1.3, 1.4
Cartographie de l'offre en abris (sous-tronçon)	<ul style="list-style-type: none"> Cartographie de l'ensemble des abris selon tableau 1.4. La surface de chaque abri est représentée sur la carte de détail et attribuée à un type d'abri. Décider s'il faut cartographier ou non : se poser la question si un poisson de 25-30 cm de long peut se cacher dedans/dessous. Si oui -> cartographier. Si un abri peut correspondre à deux types ou plus, la surface est attribuée au type dominant. 	1.5
Cartographie de la nature substrat (sous-tronçon)	<ul style="list-style-type: none"> Caractérisation du substrat en fonction de sa nature et de sa capacité à la mobilisation (tab. 1.3). Exception : dans les émissaires de lacs, les ruisseaux des tourbières et les tronçons alimentés par des sources limnocrènes, le gravier n'est pas mobilisé naturellement. On peut donc renoncer au relevé et à l'évaluation de la capacité à la mobilisation. La nature du substrat est cependant relevée. 	1.6

- Cartographie des surfaces possédant une nature et une capacité à la mobilisation homogène sur la carte de détail. Surface minimale pour la cartographie du substrat : pour les grands cours d'eau : 3-5 m², pour les cours d'eau moyen : 1-3 m², pour les petits cours d'eau : 0.5-1 m².
- De manière facultative (requis toutefois pour le calcul de l'IAM), le degré de consolidation du fond du lit peut être déterminé de manière qualitative pour chaque surface de substrat homogène à l'aide d'un test avec la botte (Schälchli 2002) : énergie et force nécessaires pour défaire la couche de pavage avec le pied. Il existe trois catégories ici : simple (absence de colmatage ou colmatage faible), moyenne (colmatage moyen), élevée (colmatage fort).
- Lors de formation de concrétions :
 - Nature du substrat : S'il n'y a pas d'interstitium/d'espace poreux, cartographier comme de la roche (7). S'il y a des interstices, les cartographier comme des blocs (6).
 - Capacité à la mobilisation : Le fond du lit n'est plus mobilisable lorsque des concrétions se sont formées, donc similaire à un colmatage fort -> pas de mobilisation (5), indépendamment du fait que la nature soit indiquée comme étant de la roche ou des blocs.

Numérisation de cartes synoptiques et de détail (des données de relevé de terrain)

- Numérisation des données de relevé à l'aide d'un SIG, en tenant compte des spécifications du modèle de données (à télécharger sous "Autres Annexes" sur le site de l'OFEV, là-bas se trouve aussi un exemple d'un jeu de données SIG)
- Création de 2 shapefiles pour le tronçon de revitalisation (pour le nom à donner au fichier, cf. « Données à rendre » plus loin :
 1. Shapefile de polygones, pour les 9 structures du fond du lit
 2. Shapefile de lignes, pour la structure des rives avec les attributs ligne de rive, nature, et pente
- Création de 3 shapefiles pour le sous-tronçon :
 1. Shapefile de points, pour la profondeur d'eau et la vitesse d'écoulement le long des profils en travers
 2. Shapefile de polygones, pour les 13 types d'abris
 3. Shapefile de polygones pour le substrat, basé de sur la nature et la capacité à la mobilisation



Pour la digitalisation des données cartographiées sur le terrain, le procédé suivant est recommandé:

1. Optionnel : géoréférencement de la prise de vue par drone. Utilisation de photos aériennes Swisstopo comme aide -> disponibles gratuitement depuis le 1.3.2021 : <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/images/ortho/swissimage10.html>
2. Placement des profils en travers.
3. Importation des données des profils en travers (instructions sous "Autres annexes" sur le site de l'OFEV).
4. Dessiner la ligne de rive et la subdiviser en sections en fonction de la structure de la rive. Dans le sous-tronçon, s'orienter sur les profils en travers et veiller à la précision.
5. Dessiner la surface du fond du lit et la subdiviser en sous-surfaces en fonction de la structure du fond du lit. La surface du fond du lit dépasse la ligne de rive s'il y a des bancs, sinon la ligne de rive sert de limite.
6. Dessiner le talweg. La longueur du talweg est utilisée pour déterminer la largeur moyenne du lit du cours d'eau (= surface du fond du lit / longueur du talweg) et, à partir de là, l'unité de longueur.
7. Dessiner l'offre en abris (sous-tronçon). Peuvent dépasser la ligne de rive (ex. épis de pierres, rives affouillées).
8. Dessiner le substrat (sous-tronçon). Dépasse la ligne de rive s'il y a des bancs de gravier, sinon la ligne de rive sert de limite.

- Exigences relatives à la qualité des données SIG à fournir :
 - Toutes les lignes doivent être couplées, sauf au début et à la fin du tracé.
 - Il ne doit pas y avoir d'auto-intersection ou de nœuds dupliqués.
 - Les polygones doivent comporter au moins trois nœuds.
 - Les polygones d'un même shapefile ne doivent pas se chevaucher.
 - Les polygones de la structure du fond du lit ou du substrat ne doivent pas présenter d'espaces entre eux.

Un contrôle de la topologie/de la géométrie permet d'identifier ces sources d'erreur.

 p.ex. avec le Plugin *Vérifier les géométries / Geometry Checker* dans QGIS. https://docs.qgis.org/3.34/fr/docs/user_manual/plugins/core_plugins/plugins_geometry_checker.html

Les instructions suivantes sont recommandées :

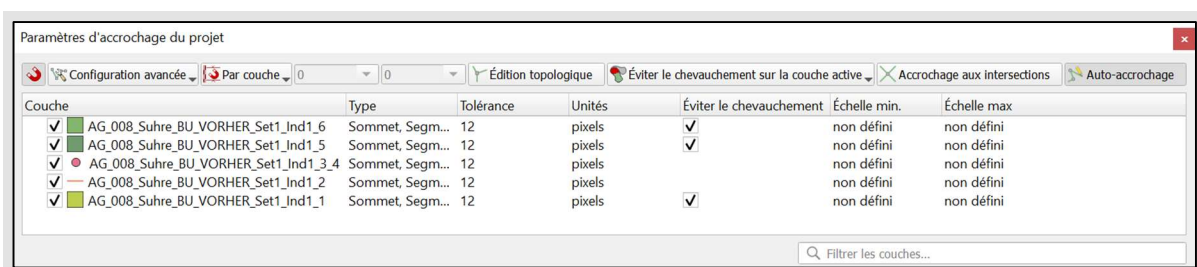
- Exécuter des contrôles de géométrie distincts pour chaque couche dans le plugin *Vérifier les géométries*
- Préférences:
 - Points:
 - Vérifications de la topologie → Chercher des doublons
 - Lignes:
 - Validité de géométrie → Auto-intersections
 - Validité de géométrie → Nœuds dupliqués
 - Validité de géométrie → Auto-contacts
 - Polygones:
 - Validité de géométrie → Auto-intersections
 - Validité de géométrie → Nœuds dupliqués
 - Validité de géométrie → Auto-contacts
 - Validité de géométrie → Polygone avec moins de 3 nœuds
 - Propriétés de la géométrie → Les polygones et les polygones multiples ne doivent pas avoir de trous
 - Conditions de la géométrie → Surface minimale de polygone 0.2 (en unités de carte au carré)
 - Conditions de la géométrie → Pas de micro polygones *minceur maximale 20*
 - Vérifications de la topologie → Chercher des entités à l'intérieurs d'autres entités
 - Vérifications de la topologie → Vérifiez les chevauchements inférieurs à 10 (unités cartographiques au carré)
 - Vérifications de la topologie → Vérifiez les espaces plus petits que 10 (unités cartographiques au carré)

Cartographie digitale sur le terrain



Avant le travail sur le terrain

- Sélectionner les paramètres d'accrochage du projet (snapping) dans le projet QGIS
 - Projet → *Options d'accrochage* → *Configuration avancée*
 - Sélectionner les paramètres suivants
 - Activer l'accrochage
 - Activer l'édition topologique
 - Éviter le chevauchement sur la couche active
 - Activer l'accrochage aux intersections
 - Couche: sélectionner toutes les couches
 - Type: *Sommet* et *Segment* pour toutes les couches
 - Tolérance: 12
 - Unités: pixels
 - Sélectionner Éviter le chevauchement





Pendant le travail sur le terrain

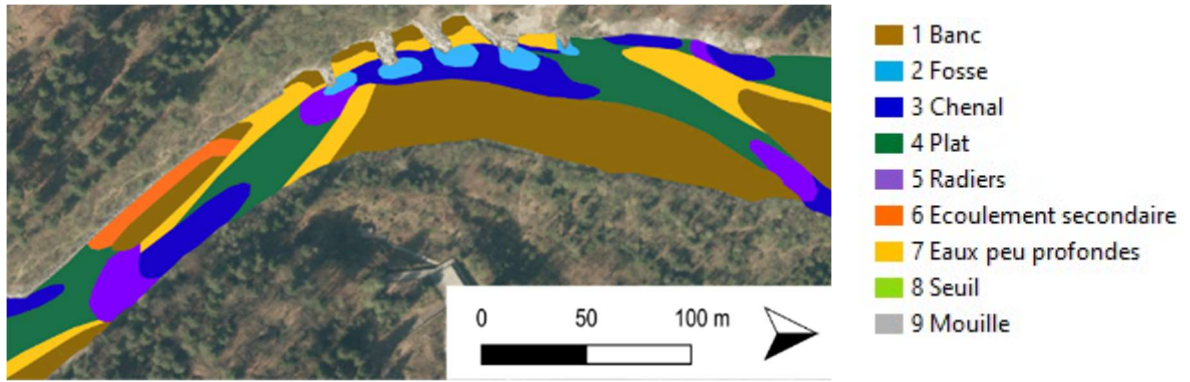
- NE PAS utiliser la fonction de numérisation à main levée dans QField
- Ne pas zoomer au-delà de l'échelle 1:100 pour dessiner.
- Remarque : Avec ces paramètres d'accrochage, il est possible de dessiner sur des polygones existants dans la couche active sans créer d'objets qui se chevauchent.

Tableau 1.1 : Les structures du fond du lit cartographiées dans l'indicateur 1.1 sur l'ensemble du tronçon de revitalisation, y compris photos d'exemples de la Kander (canton de Berne) ainsi que d'une succession de seuils et de mouilles (photos : Flussbau AG).

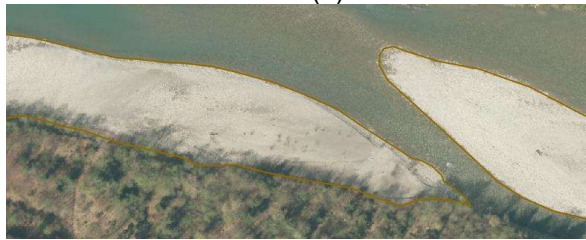
N°	Structure	Description
1	Banc	Dépôt local de sédiment, non submergé en période de débit faible, au milieu du cours d'eau ou le long de la rive
2	Fosse	Forme d'érosion locale dans le fond du lit, formée par des courants secondaires et/ ou des tourbillons
3	Chenal*	Tronçon du lit allongé, profond et avec un écoulement lent. Largeur du lit mouillée faible par rapport à la profondeur d'écoulement (<10-12).
4	Plat*	Tronçon du lit large, plat, avec un écoulement lent, possédant une pente longitudinale faible. Largeur du lit mouillée plus grande par rapport à la profondeur d'écoulement (>10-12).
5	Radiers*	Tronçon du lit pentu, avec un écoulement rapide, possédant une pente longitudinale importante
6	Écoulement secondaire	Zones mouillée, mais sans écoulement en période de débit faible («impasse»)
7	Eaux peu profondes	Zone de faible courant le long de la rive ou le long d'un banc de graviers
8	Seuil**	Naturel ou artificiel ; provoque une chute se terminant par une mouille. Le seuil commence en amont de celui-ci, c.-à-d. où le débit est accéléré vers la chute, et se termine là où le jet d'eau plonge dans l'eau en aval du seuil. S'ensuit alors la mouille.
9	Mouille**	Affouillement (creusement) important en aval d'un seuil
0	Fond du lit aménagé	Structure localement aménagée,(p.ex. revêtement du fond), qui n'est pas relevé comme seuil

* Chenal, plat et radiers forment ensemble une séquence. Celle-ci est typique pour les cours d'eaux de faible pente (< 3 %).

** Les successions des seuils et mouilles constituent des formes naturelles dans les eaux à plus forte pente (> 1 %). Elles peuvent apparaître aussi dans les cours d'eau de faible pente en raison de seuils artificiels.



Banc (1)



Fosse (2)



Chenal (3)



Plat (4)



Radier (5)



Ecoulement secondaire (6)



Eaux peu profondes (7)



Seuils (8) – mouilles (9)



Tableau 1.2 : Les trois attributs de la structure des rives, cartographiés avec l'indicateur 1.2 le long du tronçon de revitalisation. Photos présentant des caractéristiques de sinuosité, nature et pente des rives (photos: Flussbau AG).

Attribut	N°	Caractéristique
Sinuosité	1	Linéaire
	2	Convexe: cap, la rive dépasse sur l'eau
	3	Concave: crique, l'eau dépasse sur la rive
Nature	1	Aménagement perméable (berge lisse) : p. ex. matériau végétal, pierres naturelles lâches, bois
	2	Aménagement imperméable (berge plate) : p. ex. pierres naturelles étanches, mur, briques perforées en béton
	3	Substrat meuble (y compris herbe/gazon)
	4	Racines
	5	Roches
Pente	1	Plat ($\leq 1:2$)
	2	Pentu ($> 1:2$)

Aménagement perméable, pentu



Roches, pentu



Convexe



Substrat meuble, plat



Racines, pentu



Aménagement imperméable, pentu



Aménagement imperméable, pentu, linéaire



Concave



Substrat meuble, pentu



Substrat meuble, pentu



Tableau 1.3 : Les deux attributs du substrat (indicateur 1.6). L'attribut « Capacité à la mobilisation » correspond au paramètre « Type de substrat » de l'aide à l'exécution sur l'assainissement du régime de charriage (Hunzinger et al. 2018 ; photos : Flussbau AG).

Attribut	N°	Caractéristique	
Nature	1	Silt / limon / sédiments fins	<0,2 mm
	2	Sable	0.2-2 mm
	3	Graviers	2-16 mm
	4	Pierres	16-64 mm
	5	Grandes pierres	64-250 mm
	6	Blocs	> 250 mm
	7	Roches	Imperméable
Capacité à la mobilisation	8	Matériaux organiques	P. ex. herbe, roseaux, racines, bois mort, etc.
	9	Substrat artificiel	P. ex. aménagement du fond du lit
	1	Dépôts de matières en suspension	Sable, silt
	2	Matériaux charriés fins	Parties les plus fines du matériau charrié régulièrement (*)
	3	Matériaux charriés grossiers	Parties les plus grossières du matériau charrié régulièrement (*)
	4	Matériaux du fond du lit mêlés à des matériaux charriés	Des grains charriés sont déposés entre les grains grossiers des matériaux du fond du lit (*)
	5	Matériaux du fond du lit grossier	Les gros grains dominent dans les matériaux du fond du lit. Ils sont souvent déposés les uns sur les autres à la manière des tuiles (*)

(*) Ne pas se laisser tromper par la taille des grains sur les photos ci-dessous - la taille des grains capable d'être mobilisé varie selon les cours d'eaux et doit donc être déterminée en fonction du type de cours d'eau.

Dépôts de matières en suspension



Matériaux charriés fins



Matériaux charriés grossiers



Matériaux du fond du lit mêlés à des matériaux charriés



Matériaux du fond du lit grossiers



Tableau 1.4 : Les types d'abris cartographiés dans le sous-tronçon avec l'indicateur 1.5.

N°	Type d'abri
1	Pierres ou blocs immergés
2	Pierres ou blocs non immergés (également surfaces se trouvant derrière les rochers)
3	Petites particules organiques (mobiles, p. ex. petites branches, tas de feuilles, herbe)
4	Particules organiques de taille moyenne (relativement mobiles, p. ex. racines fines, bryophytes, diamètre compris entre 5 et 20 cm)
5	Grosses branches dans l'eau, grosses racines (d'arbres se trouvant au bord de l'eau)
6	Troncs d'arbres (couchés)
7	Souches ou système racinaire entier (couchées)
8	Végétation surplombante (morte ou vivante, jusqu'à max. 50 cm au-dessus de la surface de l'eau)
9	Rive creusée
10	Plantes aquatiques, plantes flottantes
11	Herbe surplombante / roseaux
12	Zones d'eau avec turbulences
13	Affouillements (différents types d'affouillements sont rassemblés)

Évaluation des résultats par indicateur

Les méthodes d'évaluation mentionnées ci-dessous se basent sur celles utilisées dans les publications d'origine des indicateurs (Woolsey et al. 2005 ; Hunzinger et al. 2018). Elles sont utilisées comme aide et feront l'objet d'une révision dans les années à venir à partir des expériences acquises dans le cadre des contrôles des effets STANDARD et APPROFONDI. Sur le site de l'OFEV, un fichier d'évaluation est disponible sous "Autre annexes". Différentes étapes de l'analyse et de l'évaluation des données y sont expliquées et automatisées.

Indicateur	Description
1.1 Structure du fond du lit	<p>Le nombre de structures de chaque type et le nombre total de structures sont déterminés pour chaque unité de longueur (p. ex. 2 mouilles, 1 banc, 1 chenal). Pour ce faire, le tronçon de revitalisation est divisé en tronçons de la taille d'une unité de longueur (nommé tronçon d'unité de longueur). Si le tronçon de revitalisation est plus long qu'un multiple entier de l'unité de longueur, il reste un tronçon résiduel qui est également évalué.</p> <p>Une structure est comptée si elle n'est pas reliée à une autre structure du même type dans un tronçon d'unité de longueur donné. Le type de structure 0 (fond du lit aménagé) n'est pas pris en compte pour les calculs, c.-à-d. il n'est pas compté. Si une structure s'étend sur la limite entre deux tronçons d'unité de longueur, il faut décider au cas par cas si la structure est comptée dans les deux tronçons ou seulement dans le tronçon dans lequel la plus grande partie de la structure est située. Les critères à prendre en compte pour la décision sont par exemple la taille de la plus petite partie de la structure ou l'influence sur l'évaluation (représentativité de l'évaluation pour le tronçon d'unité de longueur).</p> <p>Une unité de longueur correspondant à douze fois la largeur du fond du lit (pied de berge gauche à pied de berge droit incluant les dépôts exondés), soit à la longueur d'onde moyenne des bancs et méandres en alternance.</p> <p>Les classes d'évaluation et l'attribution de valeurs standardisées sans dimensions sont attribués par tronçon d'unité de longueur et pour le tronçon résiduel et sont les suivantes :</p>

Classes d'évaluation	Valeur standardisée
Un seul type de structure présent	0
Le type de structure « Chenal » domine. Présence d'autres types de structures avec des structures isolés, séparés	0.25
Présence de 4 types de structures ou plus avec une densité de 4 à 8 structures par unité de longueur. Si le type de structure « Chenal » domine, les structures des autres types de structures forment localement une mosaïque diversifiée.	0.5
Présence de tous les types de structures d'une séquence chenal-plat-radier ou de successions naturelles ou quasi-naturelles de seuils et de mouilles avec une densité de 8 à 11 structures de cette séquence ou succession par unité de longueur	0.75
Présence de tous les types de structures d'une séquence chenal-plat-radier ou de successions naturelles ou quasi-naturelles de seuils et de mouilles avec une densité de 12 structures ou plus de cette séquence ou succession par unité de longueur	1

L'évaluation au niveau du tronçon de revitalisation se fait par la moyenne des évaluations de chaque tronçon d'unité de longueur, pondérée selon leur taille. De ce calcul résulte une valeur entre 0 et 1.

1.2 Structure des rives

Deux paramètres sont calculés pour l'évaluation : un pour la proportion de ligne de rive avec aménagement longitudinal (paramètre aménagement longitudinal Along) et un pour la proportion de la ligne de rive sans aménagement longitudinal (paramètre éléments de la structure AStructure). Analogue au procédé de l'indicateur 1.1, l'évaluation des deux paramètres est d'abord calculée pour chaque tronçon d'unité de longueur avant d'en faire la moyenne pondérée (cf. description de l'évaluation de l'indicateur 1.1) :

- **Paramètre aménagement longitudinal (A_{long})**

Ligne de rive aménagée linéaire (types de structure de rives 111, 112, 121, 122)
 -> Sinuosité = linéaire
 -> Nature = aménagement perméable ou imperméable

$$A_{long} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{L_{Aménagement\ imperméable\ linéaire} + 0.5 L_{Aménagement\ perméable\ linéaire}}{L_{Rive}} \right)$$

Pour le paramètre Along, les valeurs standardisées oscillent entre 0 (des deux côtés aménagement plat / imperméable) et 0,5 (sans aménagement longitudinal).

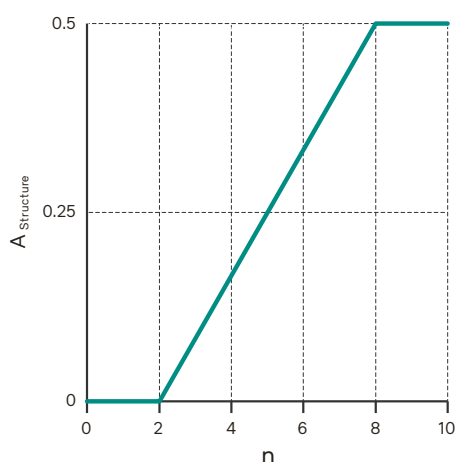
- **Paramètre éléments de la structure (A_{structure})**

Ligne de rive non aménagée -> Nature = matériel meubles, racines, roches
 ET ligne de rive aménagée convexe ou concave -> Nature = Aménagement perméable ou imperméable

Pour la ligne de rive sans aménagement longitudinal (c.-à-d. pour tous les types de structures SAUF 111, 112, 121, 122), on détermine le nombre de types de structures présents pour chaque unité de longueur (n). Les types de structures résultent de la combinaison des trois attributs des structures de rive. La longueur unitaire est définie dans le paragraphe relatif à l'évaluation de l'indicateur 1.1. Les valeurs n sont standardisées à l'aide de la figure 1.2.

n	A _{structure}
< 2	0
2 ≤ n ≤ 8	$(n - 2) * \left(\frac{1}{12}\right)$
> 8	0.5

Figure 1.2 : Calcul du paramètre éléments de la structure (A_{Structure}) à partir du nombre de types de structures par unité de longueur (n).



1.3 Profondeur d'eau

Pour évaluer la répartition des profondeurs d'écoulement maximales, on calcule le coefficient de variation des profondeurs d'eau maximales :

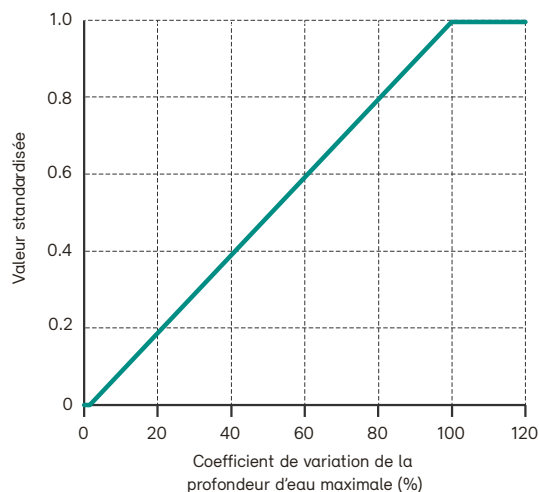
$$VC_{\text{Profondeur eau max}} = \frac{\sigma_{\text{Profondeur eau max}}}{\mu_{\text{Profondeur eau max}}} \times 100 \text{ [\%]}$$

$\sigma_{\text{Profondeur eau max}}$ = Ecart – type de profondeurs d'eau max *mesurées*

$\mu_{\text{Profondeur eau max}}$ = Moyenne des profondeurs d'eau max *mesurées*

Pour la standardisation, un coefficient de variation de 0 % correspond à la valeur 0. Un coefficient de variation ≥ 100 % correspond à la valeur 1. Entre les deux, la fonction de valeurs évolue de manière linéaire (fig. 1.3).

Figure 1.3 : Standardisation des résultats de l'indicateur 1.3. Profondeur d'eau.



1.4 Vitesse d'écoulement

Pour évaluer la répartition des vitesses d'écoulement, on calcule un coefficient de variation. Toutes les vitesses d'écoulement mesurées sont prises en compte de manière équivalente dans la formule suivante :

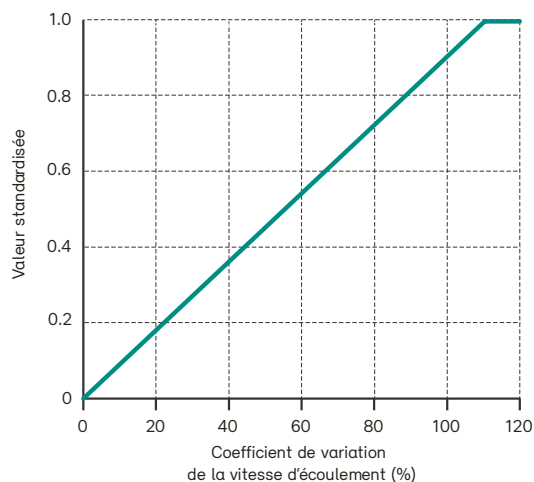
$$VC_{\text{Vitesse écoulement}} = \frac{\sigma_{\text{Vitesse écoulement}}}{\mu_{\text{Vitesse écoulement}}} \times 100 \text{ [\%]}$$

$\sigma_{\text{Vitesse écoulement}}$ = Ecart – type de vitesses d'écoulement mesurées

$\mu_{\text{Vitesse écoulement}}$ = Moyenne des vitesses d'écoulement mesurées

Pour la standardisation, un coefficient de variation de 0 % correspond à la valeur 0. Un coefficient de variation ≥ 110 % correspond à la valeur 1. Entre les deux, la fonction de valeurs évolue de manière linéaire (fig. 1.4).

Figure 1.4 : Standardisation des résultats de l'indicateur 1.4 Vitesse d'écoulement.



1.5 Offre en abris D'abord, la surface totale pour les 13 types d'abris est calculée. Puis, l'offre en abris sur toute la surface mouillée (= « offre en abris effectivement présent » aux moments Avant, Après 1 ou Après 2 de la revitalisation) est déterminée.

À partir de là, on estime l'offre en abris spécifique au type de cours d'eau (état de référence). À l'heure actuelle, cette étape se base sur le savoir d'experts (prise en compte du type de cours d'eau, connaissances issues de cours d'eau de référence, si nécessaire : utilisation de tronçons de référence connus du cours d'eau concerné). Enfin, l'offre en abris effectivement présent est comparée à l'offre en abris spécifique au type de cours d'eau.

$$\text{Proportion de l'état de référence [\%]} = \frac{\text{Offre en abris effectivement présent [\%]}}{\text{Offre en abris typique du cours d'eau [\%]}} \times 100$$

Ce rapport décrit la proximité avec l'état de référence et peut être évalué et standardisé avec la matrice suivante. On évalue ici l'écart avec les conditions de référence (c.-à-d. 100% moins l'écart de l'état de référence [%]). En conséquence, toutes les augmentations de l'offre en abris ne sont pas considérées automatiquement comme des améliorations.

	Points d'évaluation				
	0	0.25	0.5	0.75	1
Écart avec l'état de référence (%)	Écart très important (> 80 %)	Écart important (50 - 80 %)	Écart visible (30 - 50 %)	Écart faible (10 - 30 %)	Aucun écart (<10 %)

1.6 Substrat

L'évaluation de l'attribut « Capacité à la mobilisation » est effectuée selon la procédure décrite dans l'aide à l'exécution sur l'assainissement du régime de charriage, pour le paramètre « Type de substrat ». La valeur standardisée pour le contrôle des effets des projets de revitalisation (entre 0 et 1) peut être reprise dans la liste ci-dessous. Le « Type de substrat » correspond à l'attribut « Capacité à la mobilisation » défini dans le jeu d'indicateurs 1.

Concernant l'attribut « Nature », une évaluation est actuellement en cours. Il s'agit toutefois d'un paramètre essentiel pour l'échantillonnage et l'interprétation des indicateurs biologiques.

1	Les dépôts de matériaux charriés dominent. Aucune ou peu de zones pavées. Relativement peu de sédiments fins.	
0.75	Répartition homogène de l'ensemble des classes.	
0.5	Substrat majoritairement grossier mêlé à des matériaux charriés. Dépôts de matériaux charriés par zones.	
0.25	Matériaux du fonds du lit essentiellement grossiers et pavés, en partie mêlés à des matériaux charriés. Petites surfaces avec dépôts de matériaux charriés.	
0	Matériaux du fonds du lit essentiellement grossiers et pavés, également localement mêlés à des matériaux charriés.	
0	Matériaux du fonds du lit essentiellement grossiers et pavés, avec des dépôts de sédiments fins sur de grandes surfaces. (-> Cette répartition se retrouve par exemple dans les tronçons à débit résiduel, dans lesquels le débit de crue diminue anormalement vite ou qui sont influencés par des curages de barrage)	
0	Lit de gravier recouvert de dépôts de sédiments fins. (-> Cette répartition se retrouve par exemple dans les tronçons plats des petits cours d'eau dont le bassin versant est exploité intensivement par l'agriculture ou à la racine d'un barrage)	

Charge de travail

Tableau 1.5 : Résumé des ressources nécessaires (temps et personnel) pour le relevé et l'évaluation du jeu d'indicateurs 1. Les charges supplémentaires (p. ex. distance pour accéder à la station) ne sont pas incluses. Une estimation globale des coûts est disponible dans le tableau 2.1 de la fiche 2.

Étapes	Spécialistes		Aide	
	Personnes	Temps par pers. (h)	Personnes	Temps par pers. (h)
Préparation des relevés de terrain (sans photos prises par des drones)	1	2		
Cartographie de la structure du fond du lit et de la structure des rives sur le terrain, par km	1	5-10		
Numérisation de la structure du fond du lit et de la structure des rives sur le terrain, par km			1	5-8
Relevé du sous-tronçon	1	5-10	1-2	5-10
Traitement des données du sous-tronçon			1	8-16
Évaluation	1	4-8		
Total heures/pers. (h)		16-30		18-44

Remarques : -

Informations complémentaires

- Données à rendre
- Formulaire de données du jeu d'indicateurs 1 : « CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_V#.xls »
 - Shapfiles, en tenant compte des spécifications du modèle de données (à télécharger sous "Autres Annexes" sur le site de l'OFEV)
 - Structure du fond du lit en tant que shapefile de polygones : « CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_Ind1_1.shp »
 - Structure des rives en tant que shapefile de lignes : « CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_Ind1_2.shp »
 - Profondeur d'eau et vitesse d'écoulement le long des profils en travers en tant que shapefile de points : « CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_Ind1_3_4.shp »
 - Types d'abris en tant que shapefile de polygones : « CT_CodeProjet_ERHEBUNG_Jeu1_Ind1_5.shp »
 - Substrat en tant que shapefile de polygones : « CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_Ind1_6.shp »
 - Photos des quatre points fixes : « CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_1up.jpeg ; CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_1down.jpeg ; CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_2up.jpeg ; CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_2down.jpeg ; CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_3up.jpeg ; CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_3down.jpeg ; CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_4up.jpeg ; CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_4down.jpeg »
 - Photo aérienne éventuelle, prise à l'aide d'un drone, pour documenter le tronçon de revitalisation : « CT_CodeProjet_RELEVE_Jeu1_air.jpeg »

Abréviations à remplacer (cf. fiche 5) :

- CT = Abréviations officielle du canton (p. ex. VD)
- CodeProjet = Code du projet
- RELEVE = Précise s'il s'agit d'un échantillonnage avant ou après la revitalisation. À remplacer donc par « AVANT », « APRES1 », « APRES2 » ou « APPROFONDI »
- V# = Remplacer le # par le n° de la version du formulaire de données

Annexes Le protocole de terrain, le formulaire de données et les autres annexes (p.ex. fichier d'évaluation, modèle des données SIG, exemple jeu de données SIG) peuvent être téléchargés sur : <https://www.bafu.admin.ch/contrôle-des-effets-revit>.

Répertoire des modifications

Les changements pertinents depuis la dernière version sont mis en évidence en vert.

Date (mm/yy)	Version	Modification	Responsabilité
4/2020	1.02	Correction d'erreurs typographiques, petits ajustements conceptuels	Eawag
4/2020	1.02	Petits ajustements graphiques	Eawag
4/2020	1.02	Précisions déroulement du relevé <ul style="list-style-type: none"> • Tableau 1.1 (description chenal, plat, écoulement secondaire, seuil) • Tableau 1.2 (description convexe, concave, substrat meuble) • Comment traiter les structures du fond du lit construit pour usage récréatif 	Eawag
4/2020	1.02	Précisions évaluation des résultats Indicateur 1.1 Structures du fond du lit (comptage des structures)	Eawag
4/2020	1.02	Données à fournir complété avec la documentation photos	Eawag
1/2021	1.03	Précisions dans relevé de terrain: <ul style="list-style-type: none"> • Définition de la précision souhaitée pour les mesures de la profondeur d'eau et de la vitesse d'écoulement • Zones/longueurs minimales pour la cartographie des cours d'eau moyens • Un balisage préalable pour faciliter l'orientation • La structure des rives est également relevée dans les bras latéraux 	Eawag
1/2021	1.03	Evaluation structure des rives paramètre AStructure: <ul style="list-style-type: none"> • Description complétée pour ligne de rive convexe ou concave aménagée • Ajustement du calcul et de la figure 	Eawag
7/2021	1.04	Petits ajustements graphiques	Eawag
7/2021	1.04	Relevé indicateur 1.1: <ul style="list-style-type: none"> • Complément du type de structure 0 (fond du lit aménagé) 	Eawag
7/2021	1.04	Evaluation indicateur 1.1: <ul style="list-style-type: none"> • Précisions des classes d'évaluations • Précisions de la prise en compte des unités de longueur 	
7/2021	1.04	Evaluation indicateur 1.2: <ul style="list-style-type: none"> • Précisions de la prise en compte des unités de longueur 	Eawag
7/2021	1.04	Evaluation indicateur 1.5: <ul style="list-style-type: none"> • Points minimaux possible pour l'évaluation = 0 (et pas 0.1) • Ajustement terminologie (« typique du site » remplacé par « typique du cours d'eau ») • Précisions sur la notion «écart de l'état de référence» 	Eawag
7/2021	1.04	Référence au modèle de données pour la création des shapefiles	Eawag
1/2023	1.05	Digitalisation des données : Description de la procédure par étapes	Eawag
1/2023	1.05	Ajout de trucs et astuces pour le relevé (indiqués par le symbole 🛠️)	Eawag

1/2023	1.05	Diverses petites choses (p. ex. adaptation de formulations pour la compréhension, mention du fichier d'évaluation et du jeu de données SIG exemple)	Eawag
1/2023	1.05	Lieu du relevé : Précision du terme de fond du lit	Eawag
1/2023	1.05	Indicateur 1.1: <ul style="list-style-type: none"> • Relevé/ évaluation: Précisions sur la gestion de rampes en enrochements 	Eawag
1/2023	1.05	Indicateur 1.2: <ul style="list-style-type: none"> • Relevé: Précision sur la gestion des masses d'eau découplées 	Eawag
1/2023	1.05	Indicateur 1.6: <ul style="list-style-type: none"> • Relevé: Précisions sur la gestion de formation de concrétions • Relevé/ Evaluation capacité à la mobilisation: Précisions sur comment procéder lors d'émissaires de lacs, de ruisseaux des tourbières et de tronçons alimentés par des sources limnocrènes • Evaluation capacité à la mobilisation: Ajout au tableau de deux autres distributions de types de substrats 	Eawag
3/2024	1.06	Conseils et astuces concernant la vérification des géométries en QGIS	Eawag
3/2024	1.06	Conseils et astuces concernant la cartographie digitale en QField	Eawag