

**Aide à l'élaboration d'un programme pour le suivi  
des travaux de restauration de cours d'eau  
(continuité et hydromorphologie) :**  
**Guide à l'usage des gestionnaires de milieux  
aquatiques**



Rapport en version provisoire

Août 2018



**AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ**  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



- **AUTEURS**

AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ - DIRECTION INTERRÉGIONALE BRETAGNE, PAYS DE LA LOIRE : **MIKAËL LE BIHAN & ALEXANDRA HUBERT**

MAIL : mikael.le\_bihan@afbiodiversite.fr & alexandra.hubert@afbiodiversite.fr

TÉL : 02-23-45-06-06

CENTRE DE RESSOURCES ET D'EXPERTISE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU EN BRETAGNE : **LAURENT GRIMAUULT**

INSTITUTION D'AMÉNAGEMENT DE LA VILAINE : **NATHALIE PECHEUX**

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DU BASSIN DU SEMNON : **CAMILLE MAY & PASCALINE SEGUY**

SYNDICAT LOIRE AVAL : **ARNAUD MEVEL**

- **CONTRIBUTEURS**

**Agence Française de la Biodiversité** : Fabrice GOUBIN, Denis ROBERT, Thibault VIGNERON.

**Conseil général du Morbihan – Cellule ASTER** : Arnaud CHOLET

**Syndicat Loire Aval** : Stéphane RENO

- **REMERCIEMENTS**

De nombreuses personnes ont contribué à l'accomplissement de cette étude et nous tenons à les remercier pour l'aide apportée.

- **MOTS CLES :**

Suivis écologiques ; Cours d'eau ; Travaux de restauration ; Niveaux de suivi.

**Droits d'usage** : accès libre

**Niveau géographique** : régional

**Couverture géographique** : Bretagne, Pays de la Loire

**Niveau de lecture** : professionnels, experts

- **SYNTHÈSE POUR L'ACTION OPÉRATIONNELLE**

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) impose l'atteinte d'objectifs environnementaux dont la non-dégradation et l'atteinte du bon état pour les masses d'eau dégradées. Cette évolution implique une évaluation des politiques publiques mises en œuvre et notamment des programmes d'actions de restauration des milieux aquatiques. Cependant les techniciens rivières rencontrent des difficultés à évaluer l'efficacité des travaux en raison notamment d'une mauvaise définition des objectifs des suivis, de méthodologies souvent inadaptées et d'absence de document cadre (AELB, 2014).

Ce guide s'adresse aux gestionnaires de milieux aquatiques et aux maîtres d'œuvre les accompagnant. Il propose une méthodologie commune pour le suivi des travaux de restauration des cours d'eau. De plus, il pourra servir à élaborer le programme de suivi à l'échelle du bassin versant dès la conception du programme d'action. Ce document sera actualisé suivant l'évolution des connaissances et des projets en cours de réalisation sur notre territoire.

- **CITATION**

**GRIMAUULT, HUBERT, LE BIHAN, MAY, MEVEL, PECHEUX & SEGUY, version provisoire, Août 2018.** Aide à l'élaboration d'un programme pour le suivi des travaux de restauration de cours d'eau (continuité et hydromorphologie) : Guide à l'usage des gestionnaires de milieux aquatiques. Rapport de l'Agence Française pour la Biodiversité, Direction Interrégionale Bretagne, Pays de la Loire, 47 pages.

## Table des matières

I. Introduction .....	5
1. Pourquoi ce guide ? .....	5
2. Pour suivre quels types de travaux ? .....	6
3. Comment utiliser ce guide ? .....	6
Partie méthodologique : logigramme pour définir le suivi à mettre en œuvre .....	6
Partie pratique : les fiches « indicateurs », fiches terrain, protocoles et outils de bancarisation .....	7
II. Les étapes de la réalisation des suivis.....	7
Clé méthodologique.....	7
Étape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi .....	8
Étape 2 : Choix du niveau de suivi .....	11
Étape 3 : Choix des indicateurs et des méthodes à mettre en place .....	12
Étape 4 : Suivi avant et après travaux.....	12
Étape 5 : Préparation de la phase terrain .....	12
Étape 6 : Analyse, valorisation et communication .....	12
III. Les fiches indicateurs .....	13
IV. Les fiches méthodes .....	14
Lexique .....	49
Références bibliographiques .....	51

## I. Introduction

### 1. Pourquoi ce guide ?

Avant la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) de 2000, la politique de l'eau reposait en France sur une logique de moyens. Désormais celle-ci impose l'atteinte d'objectifs environnementaux dont la non-dégradation et l'atteinte du bon état pour les masses d'eau dégradées. Cette évolution implique une évaluation des politiques publiques mises en œuvre et notamment des programmes d'actions de restauration des milieux aquatiques.

A l'issue de la première génération de Contrats Territoriaux – volet Milieux Aquatiques, les gestionnaires rencontrent des difficultés à évaluer l'efficacité des travaux en raison notamment d'une mauvaise définition des objectifs des suivis, de méthodologies souvent inadaptées et d'absence de document cadre (AELB, 2014). De plus, un sondage mené en début d'année 2016 sur les suivis de travaux en milieux aquatiques et envoyé par la délégation interrégionale Bretagne - Pays de la Loire de l'Onema auprès des gestionnaires de cours d'eau confirme que les suivis ne sont pas suffisamment poussés, que des difficultés demeurent et que le temps et les moyens à y consacrer restent limités.

D'un point de vue scientifique, la connaissance des effets globaux de la restauration des rivières demeure limitée puisque la majorité des projets de restauration ont été suivis via des méthodes non standardisées et établies sur peu de paramètres (Bash & Ryan, 2002 ; Bernhardt et al., 2005 ; in Kail et al., 2015). Dans la pratique, le succès de la restauration des rivières a souvent été évalué au travers de l'aspect final du projet ou de la perception du public (Bernhardt et al., 2005 ; Alexander & Allan, 2007), avec des approches scientifiques ne permettant pas d'apprécier les effets de la restauration (Palmer et al., 2005 ; Tullios, Penrose & Jennings, 2006 ; Woolsey et al., 2007 ; Tullios et al., 2009) (in Jahnig et al., 2010).

Ce guide s'adresse aux gestionnaires de milieux aquatiques et aux maîtres d'œuvre les accompagnant. Il propose une méthodologie commune pour le suivi des travaux de restauration des cours d'eau. De plus, il pourra servir à **élaborer le programme de suivi à l'échelle du bassin versant** dès la conception du programme d'action.

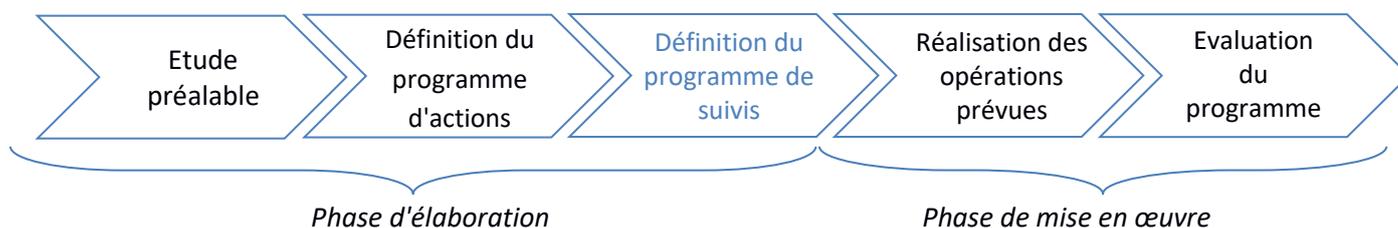


Figure 1: Étapes de conception d'un programme d'action de restauration

 **Ce guide est complémentaire du document présentant le Suivi Scientifique Minimal<sup>1</sup> (SSM). Ce dernier n'est donc pas détaillé ici.**

Tableau 1 : Comparaison entre le SSM et le présent guide

	Effort de la restauration	Incidence des facteurs limitants	Nombre de stations suivies	Période idéale des suivis	Bancarisation	Réalisation des suivis
Suivi Scientifique Minimal	Moyen à fort = Résultats attendus à l'échelle étendue	Idéalement négligeable à faible	5 stations : Linéaire restauré / Témoin altéré / Témoin non altéré / Échelle étendue	De n-3 jusqu'à n+7	Bases nationales	En régie + opérateurs externes
Aide à l'élaboration du programme de suivi	Faible à fort = Résultats attendus à l'échelle du linéaire restauré	Négligeable à forte	1 station : Linéaire restauré	De n à n+2/3	Base inter-régionale (à construire)	En régie (par une ou deux personnes)

<sup>1</sup> Rédaction en cours au niveau national d'un document portant sur l'élaboration des suivis scientifiques des opérations de restauration dans le cadre des sites de démonstration (<http://www.onema.fr/node/4155>)

Les objectifs visés se déclinent à deux échelles :

✓ Locale :

- Disposer d'un référentiel commun à tous les gestionnaires de milieux aquatiques
- Connaître l'évolution du milieu à l'échelle de la station après restauration
- Impliquer les décideurs afin de faciliter leur adhésion aux projets (actuels et à venir)

✓ Globale :

Disposer d'un patrimoine important de données sur l'ensemble d'un territoire dans des contextes variés (SAGE, bassins versants, département...) pour :

- 1- Améliorer les connaissances sur la mise en œuvre des techniques de restauration des cours d'eau (modalités techniques, pérennité)
- 2- Alimenter la réflexion sur les effets des opérations de restauration, essentiellement sur le milieu physique.

 **Lors de la rédaction de ce guide, une attention particulière a été portée à la nécessité de rationaliser le suivi au regard des contraintes financières des gestionnaires et de la disponibilité des équipes techniques.**

Remarque : Au moment de l'évaluation d'un programme d'action, il est important de tenir compte d'un contexte plus large de gestion intégrée de l'eau et des milieux aquatiques (Schémas directeurs, plans de désherbage communaux, plans d'actions contre les pollutions diffuses, restaurations du bocage, lutte contre le piétinement des berges...).

## **2. Pour suivre quels types de travaux ?**

Ce guide concerne spécifiquement les opérations de restauration de cours d'eau suivantes :

- **Continuité écologique** : regroupe les opérations sur les obstacles transversaux (seuils et barrages)

 Le seuil de 0,50m de hauteur de chute<sup>2</sup> a été fixé pour différencier les ouvrages en deux groupes)

- **Hydromorphologie** : regroupe toutes les opérations touchant au lit mineur et/ou aux berges du cours d'eau

Ce travail ne concerne pas :

- les restaurations de zones humides, marais et annexes hydrauliques. Pour le suivi de ces milieux, il est possible de se référer à la mallette d'indicateurs de travaux et de suivis en zones humides du Forum des Marais Atlantiques (FMA, 2015)
- la suppression ou l'atténuation d'altérations ponctuelles (exemple : pollutions ponctuelles, érosions ponctuelles, foyer d'espèces invasives...)
- l'évaluation des perceptions sociales.

## **3. Comment utiliser ce guide ?**

Ce guide se présente en deux parties :

### **Partie méthodologique : logigramme pour définir le suivi à mettre en œuvre**

Elle se présente sous la forme d'un logigramme qui propose au gestionnaire une démarche étape par étape pour élaborer et mettre en œuvre sa stratégie de suivi.

Trois niveaux de suivis ont été définis :

- **Niveau 1** = suivi se composant d'informations simples à collecter sur toutes les actions de restauration. Cela doit permettre de disposer d'un suivi de base (à l'échelle locale) avec des données récoltées sur l'ensemble du territoire.
- **Niveau 2** = suivi intermédiaire entre le suivi de niveau 1 et le suivi scientifique minimal (niveau 3) et à appliquer aux projets ambitieux après identification des facteurs limitants.
- **Niveau 3** = Suivi Scientifique Minimal à appliquer aux projets très ambitieux et ne présentant pas ou très peu de facteurs limitants. Ce niveau de suivi a fait l'objet d'une publication et ne sera donc pas développé dans ce document.

---

<sup>2</sup> Issu du décret n°93-743 du 29 mars 1993 en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau

## Partie pratique : les fiches « indicateurs », fiches terrain, protocoles et outils de bancarisation

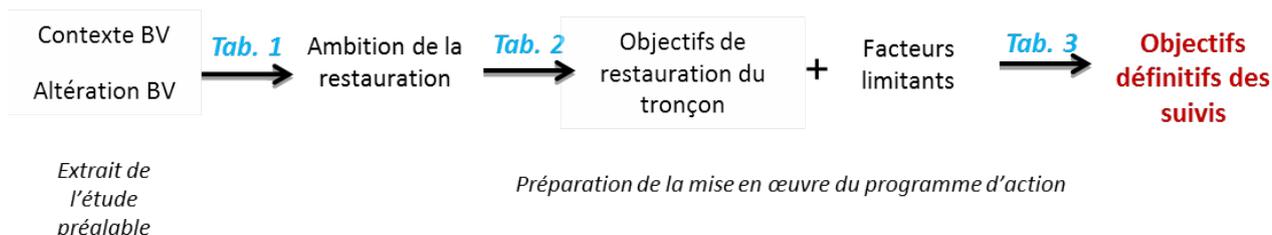
Cette partie permettra d'apporter différents outils opérationnels :

- Fiches « indicateurs » permettant de sélectionner les méthodes à mettre en place par type d'opération et par niveau de suivi
- Fiches de protocoles sous forme de fiches terrain pour faciliter la mise en œuvre de la méthode (construites en adéquation avec les structures des données à bancariser)
- Fiches standard de saisie des données (en cours de réalisation)

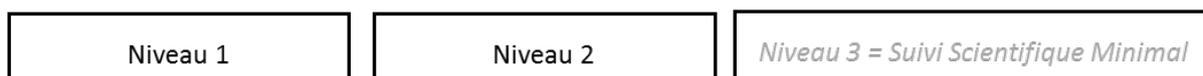
## II. Les étapes de la réalisation des suivis

### Clé méthodologique

#### Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi



#### Etape 2 : Choix du niveau de suivi Tab. 4



#### Etape 3 : Choix des indicateurs et de la méthodologie à mettre en place (fiches indicateurs + fiches méthodes)

Restauration de la continuité	Restauration hydromorphologique du lit mineur
<b>Ouvrages &lt; 0,50 m</b>	<b>Recalibrage - Rectification</b>
1 : Aménagement piscicole	6 : Déblais/remblais des berges
2 : Arasement total de l'ouvrage	7 : Recharge matelas alluvial
<b>Ouvrages ≥ 0,50 m</b>	8 : Diversification des faciès d'écoulement
3 : Aménagement piscicole	9 : Reméandrage
4 : Arasement partiel de l'ouvrage	<b>Déplacement de cours d'eau</b>
5 : Arasement total de l'ouvrage	10 : Remise en talweg
	<b>Enterrement de cours d'eau</b>
	12 : Remise à ciel ouvert partiel ou total

#### Etape 4 : Suivi avant et après travaux

#### Etape 5 : Préparation de la phase terrain

#### Etape 6 : Analyse, valorisation et communication

Ces 7 étapes permettent au gestionnaire de bien appréhender son projet et de se poser les bonnes questions pour définir son suivi.

## Étape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi

L'étude préalable permet, à partir de l'analyse du contexte du bassin versant et d'un état des lieux-diagnostic des cours d'eau, de définir une stratégie et un programme de suivis à mener sur une sélection de segments de cours d'eau à l'échelle du bassin versant. Actuellement, les études de diagnostic de bassin versant sont réalisées, en Bretagne et Pays de la Loire, avec la méthodologie du Réseau d'Expertise des Habitats (REH).<sup>3</sup>

Le tableau 2 permet de caractériser les grands types de travaux en les classant en fonction de l'ambition de restauration (niveau d'ambition).

 **L'ambition d'une restauration est déterminée en fonction de la technique de restauration mise en œuvre et du linéaire impacté par les travaux.** Le tableau 2 ci-dessous se présente comme une aide à la décision. Il appartient au gestionnaire d'effectuer sa propre analyse en fonction du contexte local.

Tableau 2 : Les travaux en fonction de l'ambition de restauration

		AMBITION DE RESTAURATION		
		Faible	Moyenne	Forte
CONTINUITÉ ECOLOGIQUE	Ouvrages < 50cm	<b>Aménagement</b> visant à améliorer le franchissement piscicole : <i>SEUIL</i> : brèches, rampe... <i>BUSE</i> : recalage de buse, microseuil, déflecteur...	<b>Arasement total ou partiel</b> : Diminution de la hauteur de chute Remplacement ou suppression de l'ouvrage	
	Ouvrages ≥ 50cm	<b>Aménagement</b> visant à améliorer le franchissement piscicole : Rivière de contournement Passe à poisson	<b>Arasement partiel</b> <b>Brèche</b> dans l'ouvrage	<b>Arasement total</b> de l'ouvrage (conservation d'un seuil de fond éventuellement)
HYDROMORPHOLOGIE	Recalibrage - Rectification	Linéaire d'intervention <b>inférieur à 20 fois la largeur plein bord</b> et dont l'emprise sera comprise dans le lit existant <i>Exemple</i> : Recharge du matelas alluvial / Déblai remblai des berges / Diversification des faciès d'écoulement (Risbermes, épis, blocs, déflecteurs ...)	Linéaire d'intervention compris <b>entre 20 et 100 fois la largeur plein bord</b> et dont l'emprise sera comprise dans le lit existant <i>Exemple</i> : Recharge du matelas alluvial / Déblai remblai des berges / Diversification des faciès d'écoulement (Risbermes, épis, blocs, déflecteurs ...)	Linéaire d'intervention <b>supérieur à 100 fois la largeur plein bord</b> ou dont l'emprise pourra se situer en dehors du lit existant <i>Exemple</i> : Recharge du matelas alluvial / Déblai remblai des berges / Reméandrage
	Déplacement cours d'eau		Restauration hydromorphologique <b>en dehors de son talweg</b>	Restauration hydromorphologique <b>dans son talweg</b>
	Busage de cours d'eau		Remise à ciel ouvert <b>partielle</b>	Remise à ciel ouvert <b>totale</b>

<sup>3</sup> Cette méthode est basée sur un diagnostic pression impact par tronçon des principaux compartiments (débits, ligne d'eau, lit, berges et ripisylve, annexes et continuité). Ce diagnostic est une phase clé pour bien identifier les facteurs limitants et dimensionner le programme d'action.

Le tableau 3 a pour but de définir les objectifs que le gestionnaire peut espérer atteindre sur la biodiversité, l'hydromorphologie et la qualité de l'eau, suite à la réalisation des travaux présentés dans le tableau 2.

**Tableau 3 : Présentation des objectifs écologiques auxquels peuvent possiblement répondre les grands types de travaux.**

		CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE					HYDROMORPHOLOGIE						
		Ouvrages (< 0,5 m)		Ouvrages (≥ 0,5 m)			Recalibrage - Rectification				Déplacement de cours d'eau		Enterrement de cours d'eau
		Aménagement	Arasement ou effacement total de la chute	Aménagement	Arrasement partiel	Arrasement total	Déblai remblai des berges	Recharge matelas alluvial	Diversification des faciès d'écoulement	Reméandrage	Restauration dans le talweg	Restauration en dehors du talweg	Remise à ciel ouvert partielle ou totale
BIODIVERSITÉ	Améliorer la franchissabilité des espèces le long de la rivière	•	•	•	•	•						•	
	Maintenir et diversifier les habitats aquatiques		(•)		(•)	•	•	•	•	•		•	
	Maintenir et diversifier les habitats rivulaires				•	•	(•)	(•)	•	•		•	
	Limiter la prolifération d'espèces invasives aquatiques		(•)		(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)	(•)		
HYDROMORPHOLOGIE	Améliorer la continuité sédimentaire		•		(•)	•		(•)		(•)		(•)	
	Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau		(•)		(•)	•		(•)	•	•	(•)	•	
	Diversifier les faciès d'écoulement		•		•	•	•	•	•	•	•	•	
	Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau		(•)		(•)	•	(•)	(•)	•	•	(•)	•	
	Réduire le colmatage du substrat		(•)		(•)	•		•	(•)	•	•	(•)	
	Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)		(•)		(•)	•		(•)	•	•	(•)	•	
	Restauration de la relation nappe/rievière/lit majeur		(•)		(•)	(•)		(•)	•	•		•	
QUALITÉ DE L'EAU	Améliorer les capacités autoépuration		(•)		(•)	•		•	(•)	•	•	(•)	
	Limiter l'accumulation de polluant		(•)		(•)	•							
	Rétablir un régime thermique naturel		(•)		(•)	•		(•)	(•)	•	•	(•)	

Légende : • L'action répond très favorablement à l'objectif / (•) L'action répond favorablement à l'objectif / □ L'action ne répond pas ou peu à l'objectif

Le tableau 4 est un outil d'aide à l'identification des facteurs qui limitent les effets bénéfiques attendus d'un programme de restauration des cours d'eau. Il convient de comparer les problématiques rencontrées sur votre bassin versant avec celles décrites au sein du tableau. En fonction du nombre, de l'intensité et des effets cumulés des facteurs limitants identifiés, il conviendra de ré-évaluer la réponse du milieu et d'adapter le suivi en conséquence. Pour estimer au mieux le degré de réponse probable des travaux, le gestionnaire doit se demander si les facteurs limitants identifiés sur son territoire peuvent impacter ses objectifs. Il s'agit d'évaluer le gain potentiel de la restauration.

C'est au gestionnaire de quantifier l'impact des facteurs limitants identifiés, en se référant à l'un des trois cas de figure suivants :

- **Absence ou négligeable** : aucun facteur limitant n'est identifié ou les facteurs limitants présents sur le territoire sont négligeables,
- **Faible** : un ou plusieurs facteurs limitants sont présents sur le site mais ne peuvent biaiser que faiblement l'atteinte des objectifs,
- **Fort** : un ou plusieurs facteurs limitants sont très impactant pour l'atteinte des objectifs.

 La présence de facteurs limitants, même importants ne doit pas systématiquement remettre en question les projets de restauration. Cependant le programme de suivi devra être adapté et proportionnel aux effets attendus de la restauration. L'interprétation des résultats de la restauration devra intégrer les facteurs limitants pré-identifiés. En effet, ceux-ci peuvent atténuer les effets bénéfiques attendus de la restauration.

Tableau 4 : Présentation des facteurs limitants pouvant influencer les objectifs fixés

TABLEAU D'IDENTIFICATION DES FACTEURS LIMITANTS POUVANT COMPROMETTRE LES OBJECTIFS			BIODIVERSITE		HYDROMORPHOLOGIE				QUALITE DE L'EAU							
REFERENCES	OBJECTIFS		Améliorer la franchissabilité des obstacles	Retrouver les peuplements naturels du bassin versant	Maintenir et diversifier les habitats aquatiques	Maintenir et diversifier les habitats rivulaires	Améliorer la continuité sédimentaire	Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau	Diversifier les faciès d'écoulement	Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau	Réduire le colmatage du substrat	Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)	Restaurer la relation nappe/rivière/lit majeur	Améliorer les capacités autoépuration	Réduire les pollutions ponctuelles ou diffuses	Rétablir un régime thermique naturel
CONTEXTE DU BASSIN VERSANT	Moerke 2009 / (Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008) dans Kail et al 2015	BV fortement urbanisé (taux d'imperméabilisation, infrastructures linéaires ...)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	(Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008) dans Kail et al 2015 / Haase 2013	BV fortement industrialisé ou anciennes activités impactantes	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	(Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008) dans Kail et al 2015 / (Pretty et al 2003 / Hamison et al 2004) dans Gretchen 2007 / Baran et Souchon 2007	BV fortement agricole (disparition du bocage, modification des tracés de cours d'eau, présence de drainages...)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
HYDROLOGIE	Clay 2015 / Moerke 2004 / Laub 2012 / Vehanen et al 2010 / Roni 2008 / Verdonschot et al. 2016 / Poff et al 2006 / Baran et Souchon 2007	Régime hydrologique perturbé (prélèvements, climat, contexte hydrogéologique...)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Boulton 2003	Intermittence	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
HYDROMORPHOLOGIE	Wasson et al. 1998	Impact des travaux hydrauliques (rectification, endiguement, protection de berges, recalibrage, entretien...)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Arango et al 2015 / Palmer 2009 / Laub 2012 / Kitto et al. 2015	Impacts des obstacles à la continuité écologique et sédimentaire	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Parkyn et Davies Colly 2003 dans Gretchen 2007	Ripisylve peu présente ou inexistante	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Armor et al. 1991 / Belsky et al. 1999 / Del Rosario et al. 2002 / Sweeney et al. 2004 / Dans Muller et al. 2015	Piétinement des berges	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Pretty 2003	Faible pente (faible puissance spécifique)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Roni 2008 / Malavoi 2007	Problème d'apport solide (ex : forte érosion du BV, manque d'apport de sédiments du versant...)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
QUALITE DE L'EAU	Haase 2013 / Sundermann 2011 / Matthiessen et al. 1995 / Peterman et al. 1996 / Liess et Schultz 1999 / Hurst et Sheahan 2003 / Berenzen et al. 2005 / Beketov et Liess 2013	Présence de pollution ponctuelle	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Haase 2013 / Sundermann 2011	Présence de pollution diffuse	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Gayraud 2002 / Muller et al. 2014	Colmatage par les sédiments fins	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Lehmkuhl 1972 / Briers et Gee 2004	Impact thermique	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
BIODIVERSITE	Moerke 2009 / Clay 2015 / Roni 2008 / Poff et al 2006 dans Moerke 2009 / Stoll 2014 / Haase 2013 / Radinger 2015 / Lorenze 2012	Manque de connaissance sur la biologie du cours d'eau (peuplement de référence, espèces protégées, espèces invasives...)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Lake et al. 2007	Impact sur la biodiversité à l'échelle du bassin versant (espèces restantes opportunistes, hautement tolérantes, généralistes)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Sundermann et al. 2011 / Nilsson et al. 2017	Difficulté de recolonisation / Manque de populations sources	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Verdonschot et al. 2016	Impact sur les phases de vie terrestre sur les macro invertébrés aquatiques (exemple : suppression de la ripisylve)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Roni 2008	Présence d'espèces invasives	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

**L'échelle du suivi** est directement liée à l'échelle de réponse présumée d'une restauration (voir le tableau 1). Deux échelles sont considérées : locale et globale. C'est au gestionnaire de déterminer à quelle échelle son projet est susceptible d'avoir un effet. Voici toutefois quelques éléments de réponse tirés de *Navarro et al. (2012)* :

- **Échelle locale** : suppression de seuil ou barrage sur un cours d'eau où il en existe d'autres ; restauration hydromorphologique d'un linéaire sur une longueur inférieure à 100 fois la largeur de plein bord alors que l'ensemble du tronçon est altéré.

Quand le gestionnaire estime se placer à l'échelle locale, les indicateurs choisis sont à relever au niveau de la station et/ou de l'ensemble du linéaire restauré. Cela correspond à la zone d'intervention lorsque les travaux sont opérés sur un linéaire de cours d'eau et dans la zone d'écoulement libre retrouvée lors d'une restauration de la continuité écologique.

- **Échelle globale** : suppression de plusieurs seuils ou barrages ou d'un seul ouvrage affectant tout ou la plus grande partie du tronçon ; restauration d'un linéaire supérieur à 100 fois la largeur moyenne naturelle à plein bord.

Quand le gestionnaire estime se placer à l'échelle globale, il est nécessaire qu'il se rapproche des partenaires techniques et scientifiques avec lesquels il pourra mettre en place un Suivi Scientifique Minimal qui s'étendra sur un nombre plus important de stations et/ou de sites.

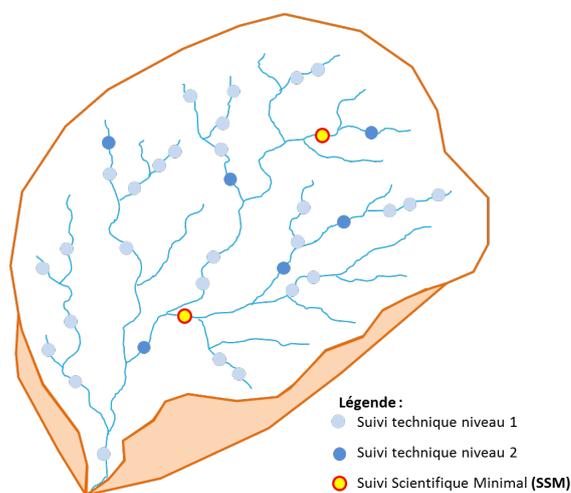
### Étape 2 : Choix du niveau de suivi

Un objectif de ce guide est de distinguer 3 niveaux d'ambition dans les suivis à mener : le niveau 1 qui sera mené en routine sur tous les projets de restauration, le niveau 2, sur des opérations assez ambitieuses, et le niveau 3 (SSM) qui suivra des protocoles standardisés et répondra à des objectifs bien précis. L'aboutissement de l'étude préalable conduit au tableau 5 permettant de déterminer le niveau de suivi à viser :

**Tableau 5 : Détermination du niveau de suivi**

		Ambition de restauration (cf. tableau 2)		
		Faible	Moyenne	Forte
Incidence des facteurs limitants (cf. tableau 4)	Négligeable	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 = SSM
	Faible	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2   Niveau 3 = SSM
	Fort	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2

Le gestionnaire devra définir le niveau de suivi de chacune des opérations menées à l'échelle de son territoire d'intervention (schéma ci-contre).



**Figure 2 : Illustration de la répartition et du choix des suivis à l'échelle d'un bassin versant**

### **Étape 3 : Choix des indicateurs et des méthodes à mettre en place**

Les indicateurs à utiliser sont proposés dans les fiches à partir de la page 10. Actuellement certaines opérations de restauration peuvent combiner plusieurs techniques sur un même site, ce qui implique de bien réfléchir au choix des indicateurs de suivis. Les méthodes sont décrites à partir de la page 22. Pour certaines méthodes plusieurs solutions techniques sont proposées, notamment en fonction de la taille du cours d'eau ou du niveau de précision attendu.

### **Étape 4 : Suivi avant et après travaux**

**Chaque suivi préconisé dans ce document devra comporter à minima un état avant et après travaux.**

Leur fréquence de mise en œuvre est à adapter selon l'appréciation du gestionnaire en fonction des événements hydrologiques significatifs (crue morphogène, étiage sévère...). Néanmoins des recommandations sur les pas de temps à respecter pour chaque méthode sont développées à partir de la page 20.

Il faut s'assurer que le découpage en segments morphologiquement homogènes soit comparable entre l'état initial et l'état après travaux. Parmi les fiches indicateurs, certaines mesures s'effectuent à l'échelle du tronçon, du segment, de la station. Les mesures effectuées à l'échelle de la station impliquent au préalable de bien choisir une station représentative du linéaire étudié.

Il est conseillé de réaliser une couche SIG des sites suivis associée à un calendrier d'échantillonnage destinés à faciliter la pérennité et la valorisation de ces suivis.

### **Étape 5 : Phase terrain**

Afin d'homogénéiser les données récoltées sur le territoire des fiches terrain standardisées sont proposées à partir de la page 46.

Dans un premier temps ces données pourront être bancarisées dans les tableurs fournis. Des réflexions sont en cours pour élaborer une base de données inter-régionale (Broussin et al., 2018).

### **Étape 6 : Analyse, valorisation et communication**

Dans un premier temps, il est pertinent de comparer les résultats entre l'état initial et le(s) état(s) après restauration (premier onglet du tableur). Cette étape permet d'appréhender les évolutions du milieu.

C'est en confrontant l'ensemble des résultats avec les objectifs de la restauration qu'il sera possible de quantifier les bénéfices et limites de cette opération (à l'échelle de temps du suivi).

Dans un second temps, ces résultats pourront être valorisés au sein d'une fiche de synthèse intégrant les différents éléments des suivis (photographies, tableaux, graphiques, cartes, ...).

À terme, ces fiches pourront alimenter un recueil de connaissances inter-régional sur le suivi des opérations de restauration.

### III. Les fiches « indicateurs »

Dix fiches « indicateurs » ont été élaborées par type d'opération (tableau 6 ci-dessous).

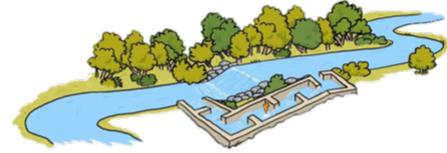
**Tableau 6 : Typologie des opérations de restauration prises en compte dans les fiches « indicateurs »**

Restauration de la continuité	Restauration hydromorphologique du lit mineur
<b>Ouvrages &lt; 0,50 m</b>	<b>Recalibrage - Rectification</b>
1 : Aménagement piscicole	6 : Déblais/remblais des berges
2 : Arasement total de l'ouvrage	7 : Recharge matelas alluvial
	8 : Diversification des faciès d'écoulement
	9 : Reméandrage
<b>Ouvrages ≥ 0,50 m</b>	<b>Déplacement de cours d'eau</b>
3 : Aménagement piscicole	10 : Remise en talweg
4 : Arasement partiel de l'ouvrage	<b>Enterrement de cours d'eau</b>
5 : Arasement total de l'ouvrage	12 : Remise à ciel ouvert partiel ou total

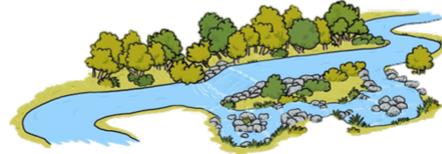
1 : Aménagement piscicole



Rampe en enrochement



Passé à poisson



Rivière de contournement

- ➔ Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité.
- ➔ Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (méthode conseillée) et blancs (méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeux particuliers).

Objectifs

Méthode de suivi proposée par niveau, suite à l'aménagement piscicole de d'ouvrage <0.5m et objectifs associés	Avant travaux		Après travaux		Améliorer la franchissabilité des espèces le long de la rivière Maintenir et diversifier la biodiversité
	Niveau de suivi 1				
Photographies	◀	◀			

Objectifs

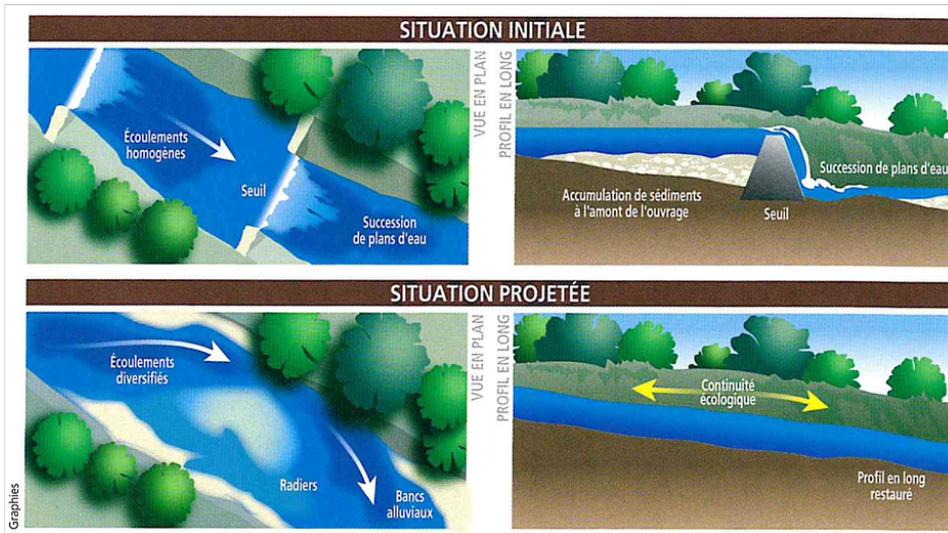
Méthodes de suivis proposées par niveau, suite à l'aménagement piscicole d'ouvrage ≥0.5m et objectifs associés

Niveau de suivi 1					
Photographies	◀	◀			
Niveau de suivi 2					
Fonctionnalité de la passe à poisson		◀	•		
Ichtyofaune	◀	◀	○	○	

Avant travaux  
Après travaux

Améliorer la franchissabilité des espèces le long de la rivière  
Maintenir et diversifier la biodiversité

2 : Arasement partiel ou total



Effet attendu de la suppression de la hauteur de chute

Objectifs

Améliorer la franchissabilité des espèces le long de la rivière	Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau
Favoriser la biodiversité	Diversifier les faciès d'écoulement
Maintenir et diversifier les habitats aquatiques	Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau
Limiter la prolifération d'espèces invasives	Réduire le colmatage du substrat
Améliorer la continuité sédimentaire	Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)
Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau	Améliorer les capacités autoépurationnaires
Diversifier les faciès d'écoulement	Rétablir un régime thermique naturel
Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau	
Réduire le colmatage du substrat	
Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)	
Améliorer les capacités autoépurationnaires	
Rétablir un régime thermique naturel	

Méthodes de suivi proposées par niveau, suite à un arasement ou à suppression de la hauteur de chute d'ouvrage <0.5m et objectifs associés

Avant travaux

Après travaux

Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique qui sont optionnelles.

Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs.

Une indication est donnée à l'aide des points noirs (• méthode conseillée) et blancs (○ méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeux particuliers).

Niveau de suivi 1												
Photographies	✓	✓										
Hauteur de chute (à l'étiage)	✓	✓										
Linéaire amont réouvert à la circulation piscicole		✓										
Linéaire de la zone de remous liquide et/ou solide	✓	✓										
Proportion des faciès d'écoulement (en %)	✓	✓										
Niveau de suivi 2												
Information sur la Continuité Ecologique (ICE)	✓	✓	•									
Taux d'étagement (à partir du rang 2 dans l'arborescence de Stralher)	✓	✓	•					•	•			
Taux de fractionnement brut et/ou spécifique (échelle des tronçons géomorphologiquement homogènes de l'outil SYRAH)	✓	✓	•					•				
Cartographie des faciès d'écoulement	✓	✓		•	•			○	•	•	○	•
Profil en long	✓	✓						•	•		•	
Profil en travers	✓	✓								•		•
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers		✓		•	•			•				
Wolman		✓		•	•			•				
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès		✓		•	•			•				
Colmatage		✓		•							•	•
Habitats complémentaires	✓	✓		•	•							
Macro invertébrés	✓	✓		○	○						○	○
Ichtyofaune	✓	✓		○	○	○					○	○

3 : Arasement partiel



Travaux d'arasement partiel - Indre et Loire (37)

Source : Michel Bramard / Agence française pour la biodiversité

- ➔ Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique, qui sont optionnelles.
- ➔ Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (• méthode conseillée) et blancs (○ méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeux particuliers).

Méthodes de suivi proposées par niveau, suite à un arasement d'ouvrage ≥ 0.5m et objectifs associés

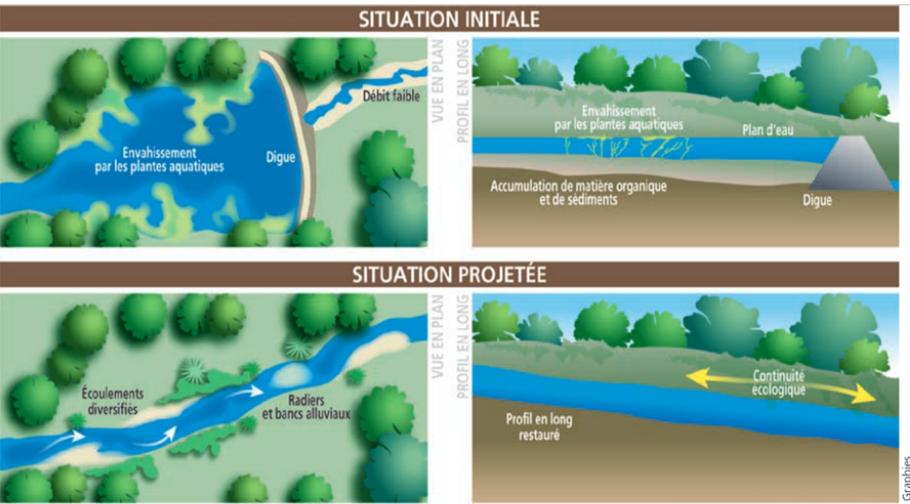
Avant travaux

Après travaux

Améliorer la franchissabilité des espèces le long de la rivière	Objectifs									
Favoriser la biodiversité										
Maintenir et diversifier les habitats aquatiques										
Limiter la prolifération d'espèces invasives										
Améliorer la continuité sédimentaire										
Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau										
Diversifier les faciès d'écoulement										
Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau										
Réduire le colmatage du substrat										
Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)										
Améliorer les capacités autoépuration										
Rétablir un régime thermique naturel										

Niveau de suivi 1												
Photographies	✓	✓										
Hauteur de chute (à l'étiage)	✓	✓										
Linéaire de la zone de remous liquide et/ou solide	✓	✓										
Proportion des faciès d'écoulement (en %)	✓	✓										
Linéaire amont réouvert à la circulation piscicole		✓										
Niveau de suivi 2												
Information sur la Continuité Ecologique (ICE)	✓	✓	•									
Taux d'étagement (à partir du rang 2 dans l'arborescence de Stralher)	✓	✓	•			•	•					
Taux de fractionnement brut ou/et spécifique (échelle des tronçons géomorphologiquement homogènes de l'outil SYRAH)	✓	✓	•			•						
Cartographie des faciès d'écoulement	✓	✓		•	•	○	•	•	○		•	
Profil en travers	✓	✓							•		•	
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers		✓		•	•	•						
Wolman		✓		•	•	•						
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès		✓		•	•	•						
Habitats complémentaires	✓	✓		•	•							
Colmatage		✓		•						•	•	
Macro invertébrés	✓	✓		○	○					○	○	
Ichtyofaune	✓	✓		○	○				○	○	○	○

4 : Arasement total



Effet attendu de la suppression de la hauteur de chute

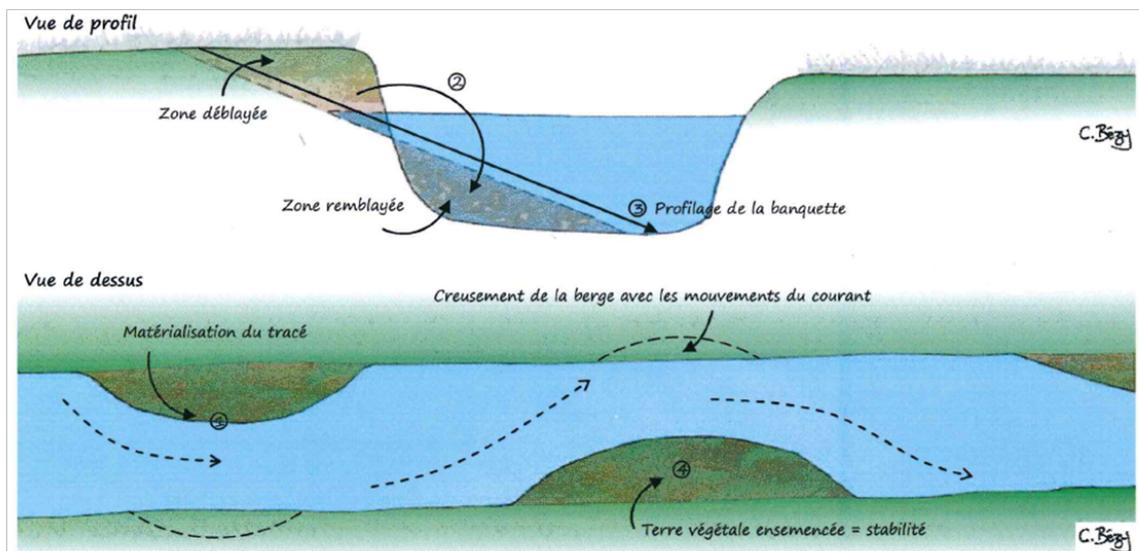
- Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique qui sont optionnelles.
- Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (• méthode conseillée) et blancs (○ méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeux particuliers).

Méthodes de suivi proposées par niveau, suite à une suppression de la hauteur de chute d'ouvrage ≥ 0.5m et objectifs associés

Objectifs

	Avant travaux	Après travaux	Améliorer la franchissabilité des espèces le long de la rivière	Favoriser la biodiversité	Maintenir et diversifier les habitats aquatiques	Maintenir et diversifier les habitats rivulaires	Limiter la prolifération d'espèces invasives	Améliorer la continuité sédimentaire	Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau	Diversifier les faciès d'écoulement	Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau	Réduire le colmatage du substrat	Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)	Améliorer les capacités autoépuration	Rétablir un régime thermique naturel	
<b>Niveau de suivi 1</b>																
Photographies	✓	✓														
Hauteur de chute (à l'étiage)	✓	✓														
Linéaire amont réouvert à la circulation piscicole		✓														
Taux d'étagement (à partir du rang 2 dans l'arborescence de Stralher)	✓	✓														
Taux de fractionnement brut ou/et spécifique (échelle des tronçons géomorphologiquement homogènes de l'outil SYRAH)	✓	✓														
Linéaire de la zone de remous liquide et/ou solide	✓															
Profil en travers	✓	✓														
Proportion des faciès d'écoulement (en %)	✓	✓														
<b>Niveau de suivi 2</b>																
Cartographie des faciès d'écoulement	✓	✓		•	•			○	•	•	○			•		
Profil en long	✓	✓						•	•			•				
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers		✓		•	•			•								
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès		✓		•	•			•								
Wolman		✓		•	•		•									
Colmatage		✓		•								•		•		
Habitats complémentaires	✓	✓		•	•	•										
Macro invertébrés	✓	✓		○	○							○		○		
Ichtyofaune	✓	✓		○	○					○		○		○		○

5 : Déblai remblai des berges



Effet attendu du déblai remblai des berges

➔ Le déblai remblai est une opération de re-talutage des berges visant à resserrer le lit mineur en conditions de basses eaux ainsi qu'à adoucir la pente des berges

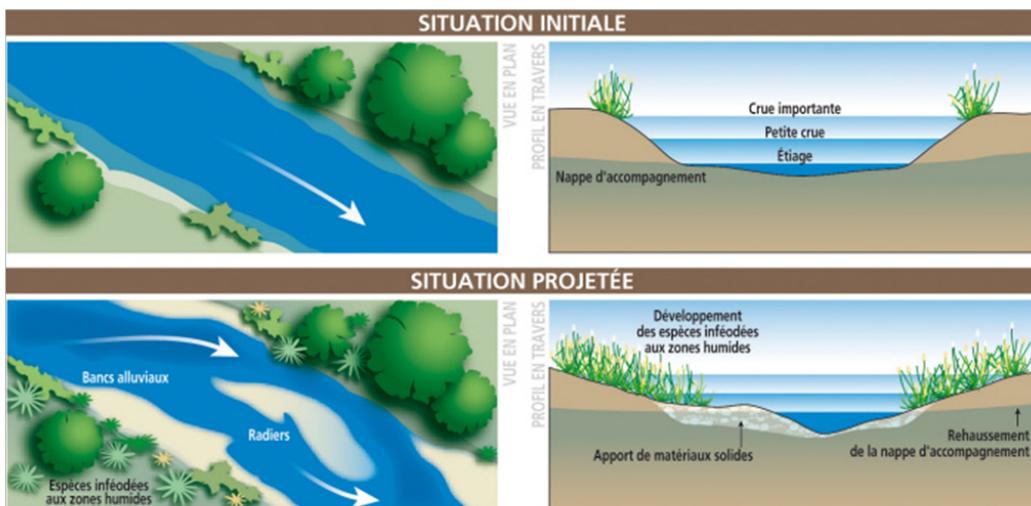
- ➔ Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique qui sont optionnelles.
- ➔ Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (• méthode conseillée) et blancs (○ méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeux particuliers).

Objectifs

	Avant travaux	Après travaux	Favoriser la biodiversité				Maintenir et diversifier les habitats aquatiques		Maintenir et diversifier les habitats rivulaires		Diversifier les faciès d'écoulement		Réduire le colmatage du substrat	
<b>Niveau de suivi 1</b>														
Photographies	✓	✓												
Linéaire cumulé des travaux		✓												
Profil en travers	✓	✓												
<b>Niveau de suivi 2</b>														
Proportion des faciès d'écoulement (en %)	✓	✓	•	•					•					
Cartographie des faciès d'écoulement	✓	✓	•	•					•					
Colmatage	✓	✓	•										•	
Habitats complémentaires	✓	✓	•	•	•									
Macro invertébrés	✓	✓	•	•									•	
Ichtyofaune	✓	✓	•	•					•				•	

Méthodes de suivi proposées par niveau, suite à la réalisation de déblai – remblai de berge et objectifs associés

6 : Recharge du matelas alluvial



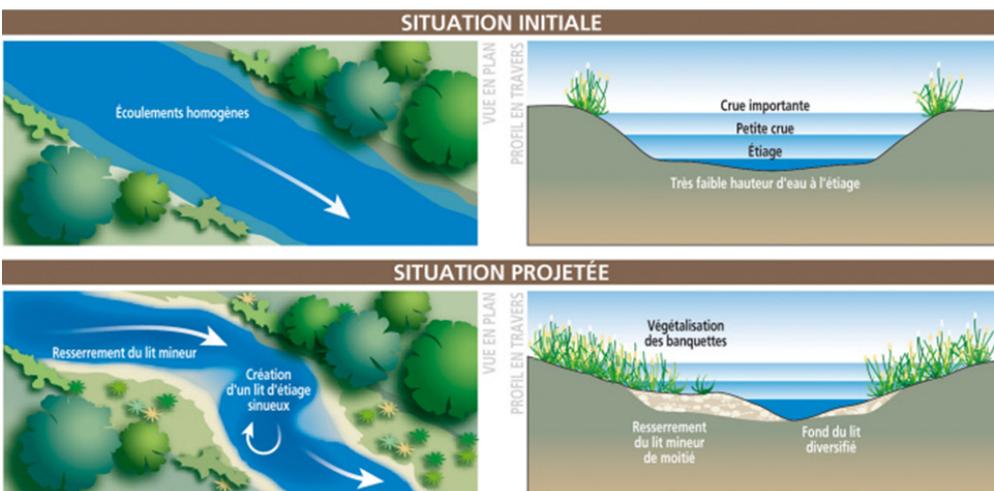
Objectifs

- Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique qui sont optionnelles.
- Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (• méthode conseillée) et blancs (○ méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeux particuliers).

Méthodes de suivi proposées par niveau, suite à la d'une recharge de matelas alluvial et objectifs associés

	Avant travaux	Après travaux	Favoriser la biodiversité	Maintenir et diversifier les habitats aquatiques	Limiter la prolifération d'espèces invasives	Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau	Diversifier les faciès d'écoulement	Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau	Réduire le colmatage du substrat	Améliorer les capacités autoépuration	Rétablir un régime thermique naturel
<b>Niveau de suivi 1</b>											
Photographies	✓	✓									
Linéaire cumulé des travaux		✓									
Profil en travers	✓	✓									
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers	✓	✓									
Proportion des faciès d'écoulement (en %)	✓	✓									
Rupture d'écoulement	✓	✓									
<b>Niveau de suivi 2</b>											
Profil en long	✓	✓				•			•		
Cartographie des faciès d'écoulement	✓	✓	•	•		•	•	○		•	
Wolman		✓		•	•		•				
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès	✓	✓	•	•		•	•			•	
Colmatage	✓	✓	•						•	•	
Habitats complémentaires	✓	✓	•	•							
Macro invertébrés	✓	✓	○	○					○	○	
Ichtyofaune	✓	✓	○	○			○		○	○	○

7: Diversification des faciès d'écoulement



- ➔ Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique qui sont optionnelles.
- ➔ Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (• méthode conseillée) et blancs (○ méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeu particuliers).

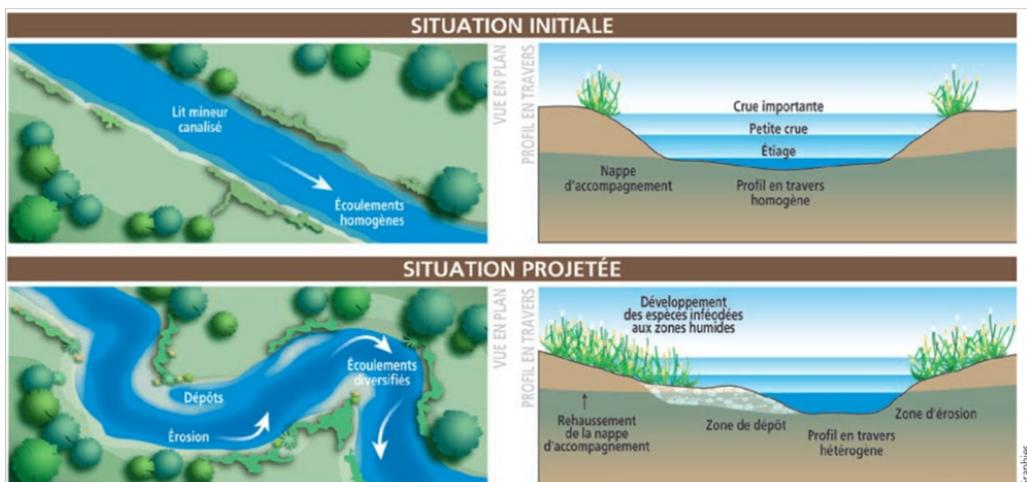
Favoriser la biodiversité	Objectifs									
	Maintenir et diversifier les habitats aquatiques	Maintenir et diversifier les habitats rivulaires	Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau	Diversifier les faciès d'écoulement	Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau	Réduire le colmatage du substrat	Améliorer les capacités autoépuration			

Méthodes de suivi proposées par niveau, suite à la mise en place de structures diversifiant les faciès d'écoulement et objectifs associés

Avant travaux  
Après travaux

Niveau de suivi 1										
Photographies	✓	✓								
Linéaire cumulé des travaux		✓								
Proportion des faciès d'écoulement (en %)	✓	✓								
Niveau de suivi 2										
Cartographie des faciès d'écoulement	✓	✓	•	•		•	•	○		•
Profil en long	✓	✓				•			•	
Profil en travers	✓	✓						•		
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès	✓	✓	•	•						
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers	✓	✓	•	•						
Wolman		✓		•	•		•			
Colmatage	✓	✓	•						•	•
Habitats complémentaires	✓	✓	•	•	•					
Macro invertébrés	✓	✓	○	○					○	○
Ichtyofaune	✓	✓	○	○			○		○	○

8 : Reméandrage



Effet attendu du reméandrage

- ➔ Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique qui sont optionnelles.
- ➔ Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (• méthode conseillée) et blancs (○ méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeux particuliers).

Méthodes de suivi proposées par niveau, suite au reméandrage de cours d'eau et objectifs associés

Avant travaux

Après travaux

Favoriser la biodiversité

Maintenir et diversifier les habitats aquatiques

Maintenir et diversifier les habitats rivulaires

Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau

Diversifier les faciès d'écoulement

Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau

Réduire le colmatage du substrat

Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)

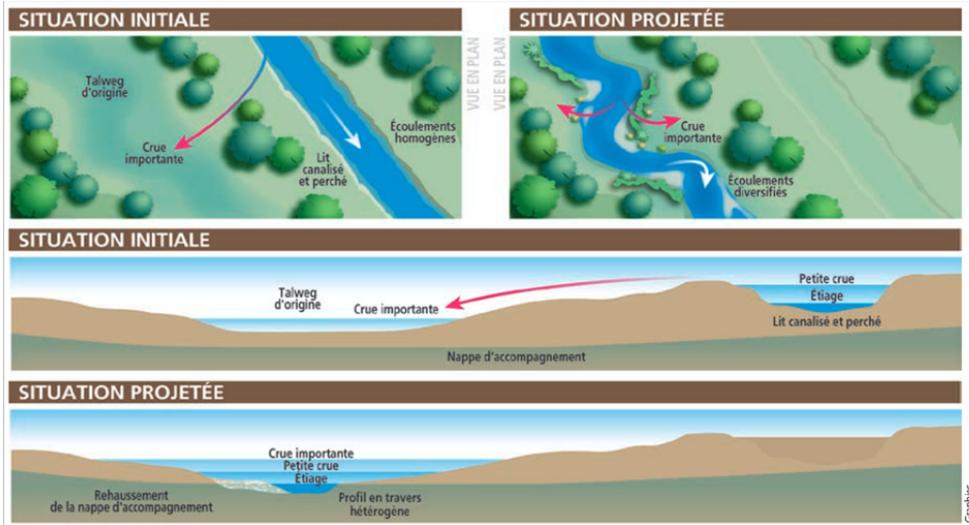
Améliorer les capacités autoépuration

Rétablir un régime thermique naturel

Objectifs

	Niveau de suivi 1		Niveau de suivi 2													
Photographies	✓	✓														
Linéaire cumulé des travaux		✓														
Coefficient de sinuosité	✓	✓														
Profil en travers	✓	✓														
Proportion des faciès d'écoulement (en %)	✓	✓														
Caractérisation de la bande riveraine	✓	✓														
Cartographie des faciès d'écoulement	✓	✓	•	•			•	•	○					•		
Profil en long	✓	✓					•			•						
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès	✓	✓	•	•												
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers	✓	✓	•	•												
Wolman		✓		•	•			•								
Colmatage	✓	✓	•	•						•				•		
Habitats complémentaires	✓	✓	•	•	•											
Macro invertébrés	✓	✓	○	○							○			○		
Ichtyofaune	✓	✓	○	○				○		○				○	○	

9 : Remise en talweg



Objectifs

Effet attendu de la remise en talweg

- ➔ Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique qui sont optionnelles.
- ➔ Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (• méthode conseillée) et blancs (○ méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeu particuliers).

Méthodes de suivi proposées par niveau, suite à la remise en talweg de cours d'eau et objectifs associés

	Avant travaux	Après travaux	Favoriser la biodiversité	Maintenir et diversifier les habitats aquatiques	Maintenir et diversifier les habitats rivulaires	Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau	Diversifier les faciès d'écoulement	Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau	Réduire le colmatage du substrat	Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)	Améliorer les capacités autoépuration	Rétablir un régime thermique naturel
<b>Niveau de suivi 1</b>												
Photographies	✓	✓										
Linéaire cumulé des travaux		✓										
Coefficient de sinuosité	✓	✓										
Profil en travers	✓	✓										
Proportion des faciès d'écoulement (en %)	✓	✓										
Altitude du cours d'eau	✓	✓										
Caractérisation de la bande riveraine	✓	✓										
<b>Niveau de suivi 2</b>												
Cartographie des faciès d'écoulement	✓	✓	•	•		•	•	○			•	
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès	✓	✓	•	•								
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers	✓	✓	•	•								
Wolman		✓		•	•		•					
Colmatage	✓	✓	•						•		•	
Habitats complémentaires	✓	✓	•	•	•							
Macro invertébrés	✓	✓	○	○					○		○	
Ichtyofaune	✓	✓	○	○			○		○		○	○



Objectifs

Effet attendu de la remise à ciel ouvert du cours d'eau

- ➔ Les méthodes du niveau de suivi 1 sont à réaliser systématiquement dans leur globalité, à l'exception de celles indiquées en italique qui sont optionnelles.
- ➔ Au niveau de suivi 2, c'est au gestionnaire de choisir les méthodes qu'il souhaite réaliser en fonction de ses objectifs. Une indication est donnée à l'aide des points noirs (• méthode conseillée) et blancs (○ méthode pouvant être mise en place sur des secteurs à enjeux particuliers).

Méthodes de suivi proposées par niveau, suite à la remise à ciel ouvert de cours d'eau et objectifs associés

	Avant travaux	Après travaux	Améliorer la franchissabilité des espèces le long de la rivière	Favoriser la biodiversité	Maintenir et diversifier les habitats aquatiques	Maintenir et diversifier les habitats rivulaires	Améliorer la continuité sédimentaire	Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau	Diversifier les faciès d'écoulement	Retrouver un profil en travers naturel du cours d'eau	Réduire le colmatage du substrat	Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)	Améliorer les capacités autoépuration	Rétablir un régime thermique naturel
<b>Niveau de suivi 1</b>														
Photographies	◀	◀												
Linéaire cumulé des travaux		◀												
Linéaire amont rouvert à la circulation piscicole		◀												
Coefficient de sinuosité	◀	◀												
Profil en travers		◀												
Proportion des faciès d'écoulement (en %)		◀												
Caractérisation de la bande riveraine		◀												
<b>Niveau de suivi 2</b>														
Information sur la Continuité Ecologique (ICE)	◀	◀	•											
Cartographie des faciès d'écoulement	◀	◀		•	•		○	•	•	○			•	
Profil en long		◀					•	•			•			
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès		◀		•	•		•							
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers		◀		•	•		•							
Wolman		◀		•	•		•							
Colmatage		◀		•							•		•	
Habitats complémentaires		◀		•	•	•								
Macro invertébrés		◀		○	○						○		○	○
Ichtyofaune		◀	○	○	○				○		○		○	○

#### **IV. Les fiches méthodes**

Deux tableaux récapitulatifs des méthodes proposées dans les fiches indicateurs sont présentés dans les pages suivantes. Ceux-ci sont organisés par niveau de suivi et précisent le matériel nécessaire, l'objectif de la méthode, les fréquences préconisées, les points de vigilance éventuels puis le numéro de la fiche détaillant cette méthode. Les 21 fiches sont disponibles à partir de la page 24.

**METHODES DE SUIVIS DES TRAVAUX PROPOSEES POUR LE NIVEAU 1**

METHODE	MATERIEL	OBJECTIF	FREQUENCE ET		POINT DE VIGILANCE	Fiche méthode
			AVANT TRAVAU X	APRES TRAVAUX		
<b>Photographie</b>	Appareil photo GPS	Visualiser les évolutions des milieux et des paysages Valoriser les opérations auprès du grand public	N	N (N+1,+2,+3)	Bien définir en amont du suivi les objectifs attendus en terme de valorisation Multiplier les points de prises vue afin d'anticiper les évolutions du site (exemple : végétalisation) Veillez à ne pas multiplier les clichés sur un même point afin de faciliter la gestion de la base de données photographique Garder les mêmes réglages de l'appareil photo	N°1
<b>Linéaire cumulé des travaux</b>	Décamètre	Mesurer sur le terrain le linéaire total de cours d'eau restauré. Lorsque plusieurs techniques sont mises en oeuvre, il est également important de mesurer le linéaire restauré par type de restauration.		N		
<b>Hauteur de chute (à l'étiage)</b>	Mire (topographie) / Décamètre	Caractériser avec précision l'évolution de la hauteur de chute à l'étiage	N	N	Bien vérifier le calage de la mire Si intérêt de comparer cette hauteur de chute dans le temps, nécessité de prendre un point de référence pour recalcr les relevés entre eux	N°2
<b>Altitude du cours d'eau</b>	Mire Niveau à bulle	Caractériser avec précision la différence d'altitude suite au repositionnement du cours d'eau au sein de son talweg	N	N	Intérêt de multiplier les points de mesure pour identifier avec précision l'emplacement du talweg Bien définir l'espacement inter-point en fonction du site étudié pour un bon rapport temps / précision de la mesure Attention à la présence de remblais qui peut fausser la mesure	N°3
<b>Indice de sinuosité</b>	Logiciel de cartographie libre : Qgis	Caractériser avec précision l'évolution de la sinuosité du cours d'eau	N	N	Pour les cours d'eau inférieurs à 2 mètres de largeur mouillée ou en contexte forestier, il est conseillé d'utiliser la méthode de calcul sur le terrain (fiche 4 bis) Pour les cours d'eau dont l'axe d'orientation n'est pas rectiligne, il est conseillé d'utiliser la méthode d'Allen pour calculer l'indice de sinuosité	N°4
	Décamètre Piquets Topofil GPS		N	N	Pour les cours d'eau supérieurs à 2 mètres de largeur mouillée, il est conseillé d'utiliser la méthode de calcul par SIG Il est important de bien définir au préalable le degré de précision de la mesure (micro-sinuosité au sein du lit mineur / sinuosité d'un cours d'eau méandriforme)	N°4 bis
<b>Profil en travers</b>	Mire Niveau à bulle Décamètre GPS (Appareil photo)	Caractériser l'évolution de la géométrie du lit du cours d'eau	N	N (N+3)	Il faut éviter les zones de méandres pour réaliser ces mesures	N°5
<b>Proportion des faciès d'écoulement (%)</b>	Clé adaptée de Malavoit et Souchon (2002) Décamètre	Caractériser l'évolution d'une des caractéristiques du lit mineur du cours d'eau : les faciès d'écoulement	N	N (N+3)	Les notions de profondeurs présentes dans la clé (< ou > 60 cm) ne doivent pas être prises en compte pour les cours d'eau en tête de bassin versant Effectuer le suivi des faciès à des périodes hydrologiques comparables	N°6
<b>Classes granulométriques dominantes et accessoires d'un radier</b>	Gabarit classes granulométriques Pied à coulisse Décamètre Fiche terrain	Connaître la typologie sédimentaire du cours d'eau	N	N N+3	Bien localiser le radier (ou à défaut plat courant) où les mesures granulométriques sont réalisées pour s'assurer de les effectuer au même endroit Bien effectuer la mesure de la deuxième plus grande largeur de l'élément granulométrique étudié	N°7
<b>Rupture d'écoulement</b>	Appareil photo Fiche terrain GPS	Connaître finement les modalités d'écoulement du cours d'eau. Repérer une éventuelle perte du fil d'eau suite à des travaux de restauration		N	C'est au gestionnaire d'adapter ses chroniques de suivis, selon le contexte local et le temps disponible	N°8
<b>Linéaire amont réouvert à la circulation piscicole</b>	Logiciel de cartographie libre : Qgis Base de données à jour recensant les obstacles à la continuité	Mesure sous SIG du linéaire hydrographique ré-ouvert à la circulation piscicole		N	S'assurer de l'exhaustivité de la base de données ouvrages et de la précision du référentiel cours d'eau utilisé Intérêt de coupler cette réflexion avec l'inventaire des frayères	N°9
<b>Linéaire de la zone de remous liquide</b>	Décamètre GPS	Déterminer le linéaire de la zone de remous liquide généré par l'obstacle à l'écoulement	N	N	La zone de remous de l'ouvrage peut être réduite du fait de la présence d'un autre obstacle à l'amont. Dans ce cas, la zone de remous liquide s'étend de l'obstacle étudié jusqu'à l'obstacle en amont	N°10
<b>Taux d'étagement</b>	Logiciel de cartographie libre Disposer d'une base de données à jour sur la hauteur de chute des ouvrages Référentiel hydrographique MNT	Le taux d'étagement est un descripteur de la pression globale et traduit principalement l'effet retenue	N	N	Unité : Le taux d'étagement des drains principaux des masses d'eau a été calculé pour le bassin Loire Bretagne : <a href="http://www.data.eaufrance.fr/jdd/7c4b9714-16b2-41be-8013-ecc89cc21123">http://www.data.eaufrance.fr/jdd/7c4b9714-16b2-41be-8013-ecc89cc21123</a>	N°11
<b>Taux de fractionnement</b>	Logiciel de cartographie libre Disposer d'une base de données à jour sur la hauteur de chute des ouvrages Référentiel hydrographique	Le taux de fractionnement repose sur la somme des hauteurs de chute rapportées au linéaire du drain principal. Il met en évidence la compartimentation du cours d'eau.	N	N	Unité : Le taux de fractionnement des drains principaux des masses d'eau a été calculé pour le bassin Loire Bretagne : <a href="http://www.data.eaufrance.fr/jdd/7c4b9714-16b2-41be-8013-ecc89cc21123">http://www.data.eaufrance.fr/jdd/7c4b9714-16b2-41be-8013-ecc89cc21123</a>	N°12
<b>Présence d'espèces invasives</b>	Appareil photo	Présence / absence au niveau du linéaire restauré	N	N (N+3)	A réaliser seulement si la problématique espèces invasives est présente sur le site. Observations à adapter selon l'espèce/les espèces présente(s)	
<b>Caractérisation de la bande riveraine</b>	Appareil photo Fiche terrain GPS	Caractériser l'évolution de la bande riveraine	N	N (N+3)	La prise en compte de la bande riveraine est essentielle du fait des nombreux rôles et fonctions qu'elle peut jouer	N°13

**METHODES DE SUIVIS DES TRAVAUX PROPOSEES POUR LE NIVEAU 2**

METHODE	MATERIEL	OBJECTIF	FREQUENCE ET DUREE		POINT DE VIGILANCE	Fiche méthode
			AVANT TRAVAUX	APRES TRAVAUX		
<b>Profil en travers</b>	<i>Méthode décrite dans le suivi de niveau 1</i>		N	N (N+3)		N°5
<b>Profil en long</b>	Mire Niveau optique Décamètre GPS	Caractériser finement les cotes de la ligne d'eau, du fond du lit, du haut de berge et le cas échéant de la hauteur de sédiments du cours d'eau	N	N (N+3)	Ne pas oublier de prendre un repère d'altitude afin de pouvoir comparer les différentes mesures avant et après travaux Effectuer le suivi des faciès à des périodes hydrologiques comparables	N°14
<b>Proportion des faciès d'écoulement (%)</b>	<i>Méthode décrite dans le suivi de niveau 1</i>		N	N (N+3)		N°6
<b>Cartographie des faciès d'écoulement</b>	Clé adaptée de Malavoï et Souchon (2002) Décamètre	Caractériser finement l'évolution d'une des caractéristiques du lit mineur du cours d'eau : les faciès d'écoulement	N	N N+3	Les notions de profondeurs présentes dans la clé (< ou > 60 cm) ne doivent pas être prises en compte pour les cours d'eau en tête de bassin versant Effectuer le suivi des faciès à des périodes hydrologiques comparables	N°15
<b>Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers</b>	<i>Méthode décrite dans le suivi de niveau 1</i>		N	N N+3	Bien localiser le radier (ou à défaut plat courant) où les mesures granulométriques sont réalisées pour s'assurer de les effectuer au même endroit à chaque relevé	N°7
<b>Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès</b>	Gabarit classes granulométriques Pied à coulisse Décamètre	Connaître la typologie sédimentaire du cours d'eau	N	N N+3	Bien localiser le radier (ou à défaut le plat courant) où les mesures granulométriques sont réalisées pour s'assurer de les effectuer au même endroit Bien effectuer la mesure de la deuxième plus grande largeur de l'élément granulométrique étudié	N°16
<b>Wolman</b>	Gabarit classes granulométriques Pied à coulisse Fiche terrain	Connaître la typologie sédimentaire du cours d'eau	N	N N+3	Bien localiser le radier (ou à défaut le plat courant) où les mesures granulométriques sont réalisées pour s'assurer de les effectuer au même endroit Bien effectuer la mesure de la deuxième plus grande largeur de l'élément granulométrique étudié (voir photo ci-dessus) Sur les cours d'eau de petite taille, seuls 50 éléments seront prélevés et mesurés	N°17
<b>Colmatage</b>	Outil de décision Archambaud	Estimation visuelle du colmatage du substrat grossier de surface en utilisant le protocole Archambaud. Réalisation d'une estimation par tronçon homogène du linéaire restauré.	N	N N+3	La mesure n'est pas applicable sur des cours d'eau présentant des affleurements de la roche mère	N°18
	Appareil photo Batonnet en bois Masse Double décimètre GPS	Connaître l'intensité du colmatage du lit des cours d'eau en évaluant la profondeur d'oxygénation du substrat via le développement de bactéries sulfuroductrices sur des supports en bois			La lecture doit se faire immédiatement sur le terrain. Il est important de repérer le plus précisément possible l'endroit où le substrat artificiel a été placé pour pouvoir le retrouver un mois plus tard. Sur des cours d'eau de moins de 2 m de large, il est préconisé de répartir les 4 bâtons sur deux radiers	N°19
<b>Habitats complémentaires</b>	Appareil photo Décamètre	Caractériser et dénombrer les habitats complémentaires présents	N	N (N+3)	S'assurer de la bonne visibilité du fond du cours d'eau (hauteur d'eau/turbidité)	N°20
<b>Information sur la Continuité Ecologique (ICE)</b>	Appareil photo Mire Fiche terrain	Réalisation d'un ICE au niveau de l'obstacle concerné par les travaux. Lien de téléchargement du guide technique : <a href="http://www.onema.fr/node/3632">http://www.onema.fr/node/3632</a>	N	N		
<b>Fonctionnalité de la passe à poisson</b>	Mire Niveau optique Décamètre Fiche ICE passe ou fiche RefMADI et logiciel Cassiopée	Définir la fonctionnalité hydraulique d'une passe à poissons et son attractivité		N	Bien définir le niveau du diagnostic : un pré diagnostic type ICE sera fait sans modélisation hydraulique et correspondra à une analyse le jour des mesures. Un diagnostic complet nécessitera d'avoir des compétences pour utiliser les logiciels spécifiques Il est nécessaire d'intégrer la notion d'attractivité du dispositif (implantation, débit d'alimentation et conditions hydrauliques à proximité)	N°21
<b>Taux d'étagement</b>	<i>Méthode décrite dans le suivi de niveau 1</i>		N	N		N°11
<b>Taux de fractionnement</b>	<i>Méthode décrite dans le suivi de niveau 1</i>		N	N		N°12
<b>Macroinvertébrés</b>	Filet surber Tamis Pots pour le prélèvement Loupe binoculaire Clé de détermination	Evaluer la qualité biologique générale d'un cours d'eau	N	N N+3	Attention au choix de la méthode : IBGN (Indice Biologique Global Normalisé NF T90-350) et l'IBG-DCE (Indice Biologique Global DCE compatible XPT90-333 – XPT90-388) pour les cours d'eau prospectables à pieds. Pour les cours d'eau profonds, le protocole expérimental d'échantillonnage des macro-invertébrés en cours d'eau profonds du Cemagref 2009, anciennement appelé IBGA est utilisé.	
<b>Ichtyofaune</b>	Epuisettes Martin Pêcheur <sup>®</sup> ou Héron <sup>®</sup> Anodes et cathode Equipements de sécurité	Selon les objectifs de la restauration et les moyens disponibles, plusieurs protocoles et calculs d'indices sont possibles	N	N N+3	Selon le protocole mis en oeuvre : - Indice Abondance Anguilles - Vigitruite - Indice Poissons Rivière diverses méthodes de pêche à l'électricité sont possibles (complète/par ambiance) à l'échelle d'une station représentative du linéaire restauré.	

### Objectifs du protocole

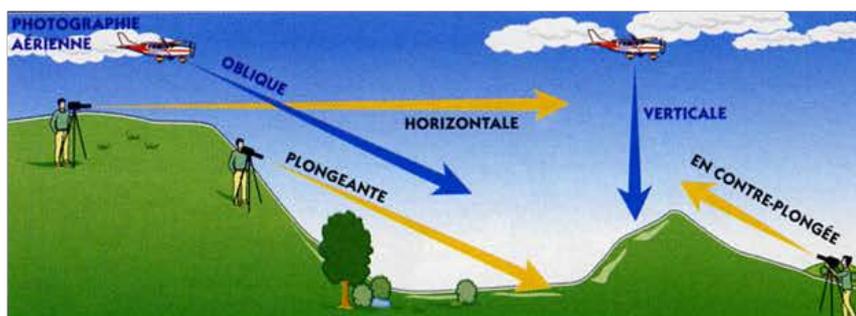
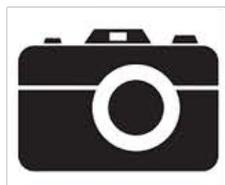
Visualiser les évolutions des milieux et des paysages  
Valoriser les opérations auprès du grand public

### Temps nécessaire

Bureau : 10 min  
Terrain : 1h



### Moyens nécessaires



### Période conseillée

Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### Déroulement de l'opération

#### Phase terrain :

- Identifier les points stratégiques de prises de vues
- Géoréférencer et si possible matérialiser ces points sur le terrain (à l'aide de repères naturels ou disposés par l'opérateur)
- Choisir et identifier l'angle de prise de vue ainsi que le seuil de zoom pour chaque point
- Commencer les prises de vues en prenant soin de référencer à chaque point les numéros de photos correspondants

#### Phase bureau :

- Réaliser une cartographie ou un schéma des localisations des points de prises de vues du site étudié
- Bancariser les clichés en veillant à identifier la date, le site et l'auteur des photos (exemple : 2017\_01\_01\_pointA\_NOM)

### Points de vigilance

Bien définir en amont du suivi les objectifs attendus en terme de valorisation

Multiplier les points de prises vue afin d'anticiper les évolutions du site (exemple : végétalisation)

Veiller à ne pas multiplier les clichés sur un même point afin de faciliter la gestion de la base de données photographique

Garder les mêmes réglages de l'appareil photo

### Objectif du protocole

Caractériser avec précision l'évolution de la hauteur de chute à l'étiage

### Temps nécessaire

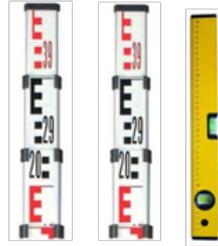
Bureau : 1 min  
Terrain : 5 min



### Moyens nécessaires



OU



### Période conseillée

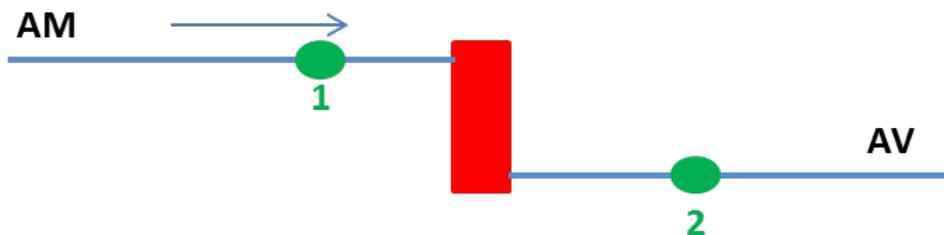
A la période de basses eaux (à adapter selon les années)

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### Déroulement de l'opération

#### Phase terrain :

- Mesurer la cote altitudinale de la ligne d'eau à l'amont de l'ouvrage (cote 1) ainsi qu'à l'aval immédiat de l'ouvrage (cote 2)
- Faire la différence entre ces deux valeurs pour obtenir la hauteur de chute à l'étiage et s'assurer sur le terrain de la cohérence de la mesure



#### Phase bureau :

- Saisie directe de la hauteur de chute au sein de la base de données

### Points de vigilance

Si la mire est nécessaire à la mesure, il faut bien en vérifier le calage  
S'il y a un intérêt à comparer cette hauteur de chute dans le temps, il est nécessaire de prendre un point de référence pour recalibrer les relevés entre eux  
Les mesures avant et après travaux s'effectuent à des débits similaires (connus via une station hydro positionnée sur le bassin ou grâce à une mesure in situ)

# ALTITUDE DU COURS D'EAU : MESURE SUR LE TERRAIN

## Objectif du protocole

Caractériser avec précision la différence d'altitude suite au repositionnement du cours d'eau au sein de son talweg

## Temps nécessaire

Bureau : 5 min  
Terrain : 15 min



## Moyens nécessaires



## Période conseillée

Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

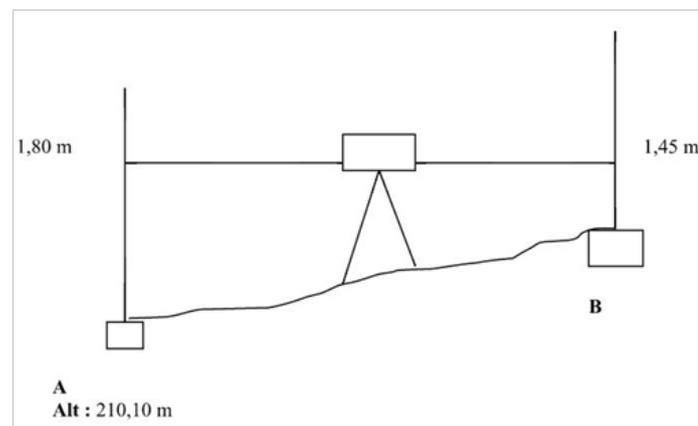
## Déroulement de l'opération

### Phase terrain :

- Mesurer la différence de niveau entre le haut de berge du cours d'eau avant (B) et après travaux (A)

### Phase bureau :

- Calculer la différence de niveau (B-A) et reporter la mesure dans la base de données



## Points de vigilance

Intérêt de multiplier les points de mesure pour identifier avec précision l'emplacement du talweg

Bien définir l'espacement inter-point en fonction du site étudié pour un bon rapport temps / précision de la mesure

Attention à la présence de remblais qui peut fausser la mesure

# INDICE DE SINUOSITE (selon Malavoi et Bravard) : MESURE PAR SIG

## Objectif du protocole

Caractériser avec précision l'évolution de la sinuosité du cours d'eau

## Temps nécessaire

Bureau : 15 minutes  
par tronçon



## Moyens nécessaires

Logiciel de cartographie libre



## Période conseillée

Toute l'année

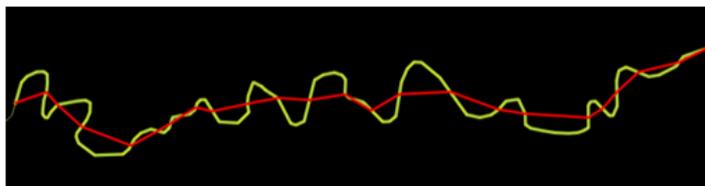
Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

## Déroulement de l'opération

### Phase bureau :

- Vérifier le tracé de la BD TOPO et si besoin le modifier à partir des photographies aériennes ou réaliser le tracé du cours d'eau sur le terrain grâce à la fonction « trace » du GPS
- Mesurer la distance écologique (ici en jaune) et la distance euclidienne (ligne passant par les points d'inflexion du tronçon, ici en rouge) pour obtenir le coefficient de sinuosité (méthode de Allen<sup>1</sup>)
- Réaliser le calcul de l'indice :

$$Si = \text{distance écologique} / \text{distance euclidienne}$$



## Points de vigilance

Pour les cours d'eau présentant une largeur mouillée inférieure à 2 mètres ou en contexte forestier, il est conseillé d'utiliser la méthode de calcul sur le terrain (fiche 4 bis)

<sup>1</sup> Voir le guide : Malavoi J.R. et Bravard J.P., 2010. Eléments d'hydromorphologie fluviale. Onema. 224 pages [page 66]

## INDICE DE SINUOSITE (selon Malavoi et Bravard) : MESURE SUR LE TERRAIN

### Objectifs du protocole

Caractériser avec précision l'évolution de la morphologie du cours d'eau

### Temps nécessaire

Bureau : 5 min

Terrain : 20 min pour 100 m



### Moyens nécessaires



### Période conseillée

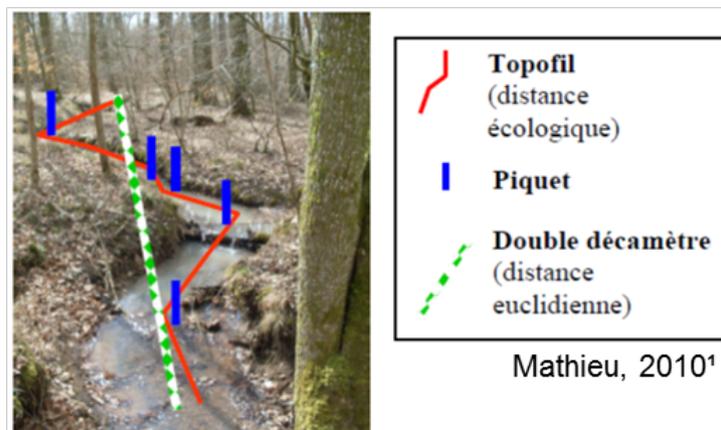
Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### Déroulement de l'opération

#### Phase terrain :

- Mesurer dans un premier temps à l'aide de piquets, la distance parcourue d'un point A à un point B par le cours d'eau en suivant le tracé du lit mineur (« distance écologique » : de 30 mètres minimum)
- Mesurer ensuite la distance AB en ligne droite (« distance euclidienne »)



Mathieu, 2010<sup>1</sup>

#### Phase bureau :

- Réaliser le calcul de l'indice :  $Si = \text{distance écologique} / \text{distance euclidienne}$
- Saisir le résultat dans la base de données

### Points de vigilance

Effectuer cette mesure sur une station ne présentant pas de changement d'axe de vallée. Pour les cours d'eau présentant une largeur mouillée supérieure à 2 mètres, il est conseillé d'utiliser la méthode de calcul par SIG (fiche 4)

Il est important de bien définir au préalable le degré de précision de la mesure (micro-sinuosité au sein du lit mineur / sinuosité d'un cours d'eau méandrique)

<sup>1</sup>MATHIEU, 2010, Quels pré-requis pour la restauration des cours d'eau enterrés en tête de bassin ? Rapport de stage, ONEMA/Université de Rennes 1, 36 pages.

### Objectif du protocole

Caractériser avec précision l'évolution de la géométrie du lit du cours d'eau

### Moyens nécessaires



### Période conseillée

Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### Déroulement de l'opération

#### Phase terrain :

Le nombre et la position des transects diffèrent suivant le type d'opération

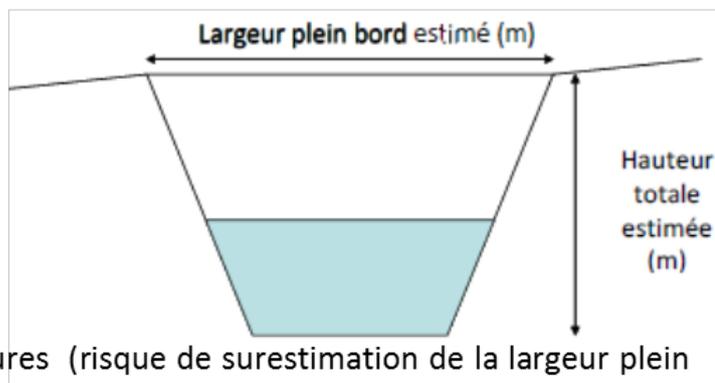
- Restauration hydromorphologique : suivant l'appréciation du gestionnaire les transects peuvent être placés de deux manières : systématique ou empirique (endroits où le gestionnaire souhaite étudier les effets de la restauration). Il est conseillé de réaliser à minima trois transects par segment morphologiquement homogène (si possible sur un plat, un radier et une mouille) mais ce nombre pourra être plus important selon la configuration du cours d'eau.
- Restauration de la continuité écologique : les transects sont à placer, idéalement et à minima : sur le premier radier en amont de l'obstacle, au niveau de la zone de remous, dans la fosse dissipation et au premier radier en aval de l'obstacle
- Mesurer pour chaque transect : la largeur plein bord et la hauteur plein bord (voir schéma ci-dessous)

#### Phase bureau :

- Saisir les mesures récoltées dans la base de données

### Point de vigilance

Il faut éviter les zones de méandres pour réaliser ces mesures (risque de surestimation de la largeur plein bord moyenne)



### Temps nécessaire

Bureau : 15 min

Terrain : 15 à 30 min



<sup>1</sup> D'après LE BIHAN, 2017, Note technique V1.3 : Méthode d'évaluation linéaire de l'hydromorphologie des cours d'eau en tête de bassin versant à l'échelle linéaire, AFB, 30 pages.

➤ Objectif du protocole

Caractériser l'évolution d'une des caractéristiques du lit mineur du cours d'eau : les faciès d'écoulement

➤ Temps nécessaire

Bureau : 10 min  
Terrain : 10 min pour 100 m



➤ Moyens nécessaires



➤ Période conseillée

En période de basses eaux (à adapter en fonction des années)

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

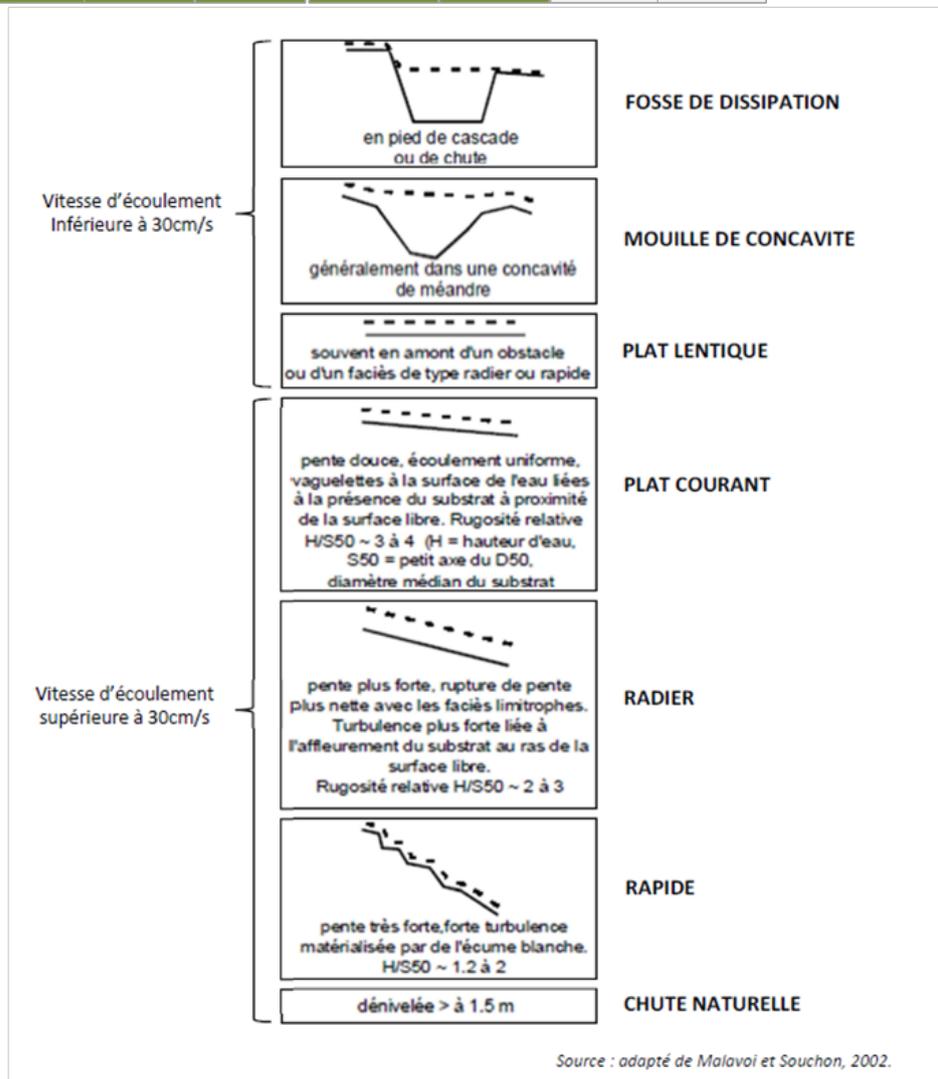
➤ Déroulement de l'opération

**Phase terrain :**

- Identifier (selon la typologie ci-contre) et mesurer la longueur des différents faciès d'écoulement présents sur le linéaire de cours d'eau

**Phase bureau :**

- Saisir les données récoltées puis calculer la proportion de chaque faciès d'écoulement sur le cours d'eau



➤ Points de vigilance

Effectuer le suivi des faciès à des périodes hydrologiques comparables (connus via une station hydro positionnée sur le bassin ou grâce à une mesure in situ)

# CLASSES GRANULOMETRIQUES DOMINANTES ET ACCESSOIRES D'UN RADIER

## Objectif du protocole

Connaître la typologie sédimentaire du cours d'eau grâce à une estimation visuelle des éléments granulométriques dominants et accessoires.

## Temps nécessaire

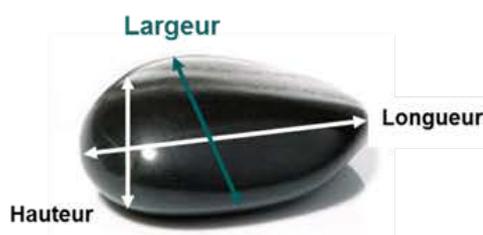
Bureau : 5 min

Terrain : 15 min



## Moyens nécessaires

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A



## Période conseillée

Toute l'année

Jan Fév. Mars Avril Mai Juin Juill. Août Sept. Oct. Nov. Déc.

## Déroulement de l'opération

### Phase terrain :

- Relever la classe granulométrique (selon Wenthorf, 1922) dominante et accessoire au niveau d'un radier présent sur le linéaire restauré. Plusieurs éléments peuvent être mesurés pour plus de précision. Ce relevé est effectué de manière empirique par appréciation du gestionnaire.

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A

### Phase bureau :

- Intégrer les résultats à la base de données

## Points de vigilance

Bien localiser le radier (ou à défaut plat courant) où les mesures granulométriques sont réalisées pour s'assurer de les effectuer au même endroit

Bien effectuer la lecture de la deuxième plus grande mesure de l'élément granulométrique étudié (*en vert sur la photo ci-dessus*)

Si la roche mère est affleurante il est important de le préciser

### ↳ Objectifs du protocole

Connaître finement les modalités d'écoulement du cours d'eau. Repérer une éventuelle perte du fil d'eau suite à des travaux de restauration

### ↳ Moyens nécessaires



### ↳ Période conseillée

En période de basses eaux (à adapter en fonction des années)

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### ↳ Déroulement de l'opération

#### **Phase terrain :**

- Parcourir le linéaire de cours d'eau afin d'identifier les éventuelles pertes de fil d'eau. Réaliser un point/une trace GPS le cas échéant

#### **Phase bureau :**

- Reporter les résultats dans la base de données

### ↳ Point de vigilance

C'est au gestionnaire d'adapter ses chroniques de suivis, selon le contexte local et le temps disponible

### ↳ Temps nécessaire

Bureau : 5 min

Terrain : 5 min pour 100 m



## LINEAIRE AMONT REOUVERT A LA CIRCULATION PISCICOLE

### ↳ Objectif du protocole

Mesure sous SIG du linéaire hydrographique ré-ouvert à la circulation piscicole

### ↳ Temps nécessaire

Bureau : 15 min



### ↳ Moyens nécessaires

Logiciel de cartographie libre + Base de données à jour recensant les obstacles à la continuité

### ↳ Période conseillée

Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### ↳ Déroulement de l'opération

#### **Phase bureau :**

- Définir les espèces présentes sur le cours d'eau étudié
- Localiser avec précision l'ouvrage aménagé ou supprimé
- Pour le drain principal : calculer la distance entre cet ouvrage et le premier obstacle infranchissable identifié en amont
- Pour les affluents : calculer les distances entre cet ouvrage et le premier obstacle identifié en amont sur chaque affluent et effectuer la somme des distances cumulées sur les affluents

### ↳ Points de vigilance

S'assurer de l'exhaustivité de la base de données ouvrages et de la précision du référentiel cours d'eau utilisé

Intérêt de coupler cette réflexion avec l'inventaire des frayères

### Objectifs du protocole

Déterminer le linéaire de la zone de remous liquide généré par l'obstacle à l'écoulement

### Temps nécessaire

Bureau : 5 min  
Terrain : 10 min



### Moyens nécessaires



### Période conseillée

A la période de basses eaux

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### Déroulement de l'opération

#### Phase terrain :

- Pour le remous liquide, identifier précisément la fin de l'effet retenue (correspondant au remous liquide) souvent caractérisé par l'apparition d'un radier ou d'un plat courant

#### Phase bureau :

- Calculer la distance entre l'ouvrage et la fin du remous liquide pour obtenir le linéaire de la zone de remous liquide

### Points de vigilance

La zone de remous de l'ouvrage peut être réduite du fait de la présence d'un autre obstacle à l'amont. Dans ce cas, la zone de remous liquide s'étend de l'obstacle étudié jusqu'à l'obstacle en amont

### Objectif du protocole

Le taux d'étagement est un descripteur de la pression globale et traduit principalement l'effet retenue. Il se calcule par le rapport de la somme des hauteurs de chute des ouvrages transversaux sur le dénivelé naturel des cours d'eau

### Moyens nécessaires

Logiciel de cartographie libre : Qgis. Disposer d'une base de données à jour sur la hauteur de chute des ouvrages (à défaut le ROE) d'un référentiel hydrographique (BD Carthage par exemple) et d'un MNT (25m)

### Période conseillée

Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### Déroulement de l'opération

#### Phase terrain :

- Mesurer les hauteurs de chute des ouvrages qui ne seraient pas connues dans le ROE. Il est possible d'attribuer la valeur moyenne des hauteurs de chute d'une HER (Hydro Eco Région) aux ouvrages dont cette hauteur n'est pas connue

#### Phase bureau :

- Sélectionner un tronçon hydrographique sur lequel sera calculé le taux d'étagement (ne pas considérer les rangs de Strahler <2 qui induisent un biais en raison de fortes pentes)
- Sommer les valeurs de hauteurs de chute des ouvrages concernés par ce tronçon
- Calculer à l'aide du MNT les altitudes amont et aval de ce tronçon afin de calculer le dénivelé naturel du cours d'eau
- Calculer le rapport de ces hauteurs :

### Point de vigilance

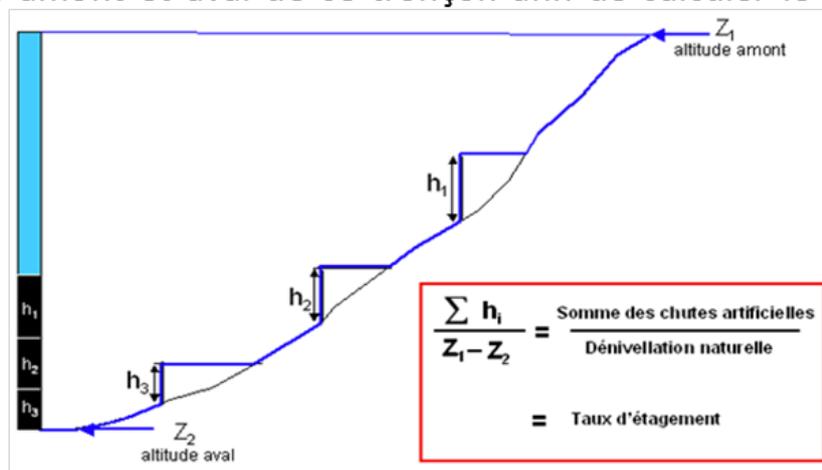
#### Unité

Le taux d'étagement des drains principaux des masses d'eau a été calculé pour le bassin Loire Bretagne :

<http://www.data.eaufrance.fr/jdd/7c4b9714-16b2-41be-8013-ecc89cc21123>

### Temps nécessaire

Bureau : 20 min pour un linéaire d'une dizaine de km



<sup>1</sup> Secrétariat technique de bassin, 2016, Fiche d'aide à la lecture du SDAGE Loire-Bretagne, 20 pages.

### ↳ Objectif du protocole

Le taux de fractionnement repose sur la somme des hauteurs de chute rapportées au linéaire du drain principal. Il met en évidence la compartimentation du cours d'eau. En s'affranchissant de la pente il permet une meilleure évaluation de l'effet des dans les zones de relief (où le taux d'étagement peut être faible malgré un grand nombre d'obstacles)

### ↳ Moyens nécessaires

Logiciel de cartographie libre : Qgis. Disposer d'une base de données à jour sur la hauteur de chute des ouvrages (à défaut le ROE) d'un référentiel hydrographique (BD Carthage par exemple).

### ↳ Période conseillée

Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### ↳ Déroulement de l'opération

#### **Phase terrain :**

- Mesurer les hauteurs de chute des ouvrages qui ne seraient pas connues dans le ROE. Il est possible d'attribuer la valeur moyenne des hauteurs de chute d'une HER aux ouvrages dont cette hauteur n'est pas connue

#### **Phase bureau :**

- Sélectionner un tronçon hydrographique sur lequel sera calculé le taux de fractionnement
- Sommer les valeurs de hauteurs de chute des ouvrages concernés par ce tronçon
- Calculer la longueur du linéaire du tronçon
- Calculer le rapport de ces hauteurs :

Taux de fractionnement = Somme des hauteurs de chute artificielles / Longueur du tronçon

### ↳ Point de vigilance

#### Unité

Le taux de fractionnement des drains principaux des masses d'eau a été calculé pour le bassin Loire Bretagne :

<http://www.data.eaufrance.fr/jdd/7c4b9714-16b2-41be-8013-ecc89cc21123>

### ↳ Temps nécessaire

Bureau : 20 min pour un linéaire d'une dizaine de km



### ➤ Objectif du protocole

Caractériser l'évolution de la bande riveraine

### ➤ Moyens nécessaires



### ➤ Période conseillée

Toute l'année

### ➤ Temps nécessaire

Bureau : 30 min

Terrain : 15 min pour 100 mètres



Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### ➤ Déroulement de l'opération

#### **Phase terrain :**

- Caractériser pour chaque rive et sur une largeur de 10 mètres :
  - l'occupation du sol : sur la bande 0-5 m et 5-10 m
  - la typologie de la ripisylve :
    - absente/isolée/espacée-régulière/bosquets épars/semi-continue/continue
    - naturelle/exotique/plantée
    - son épaisseur
  - les pressions sur le lit mineur :
    - le piétinement par le bétail : présence/absence ou informations plus détaillées (linéaire, degré d'érosion des berges, prise de photos et de coordonnées GPS)
    - la présence de protection du cours d'eau (clôtures, talus...) et d'abreuvoir (direct ou indirect, de type pompe à museau)

#### **Phase bureau :**

- Saisir les résultats dans la base de données et retranscrire ses informations sur une cartographie précise

### ➤ Point de vigilance

Définir avec précision la qualification de l'occupation des sols (ex : surfaces enherbées = bande enherbée / prairie temporaire / prairie permanente...)

<sup>1</sup> D'après LE BIHAN, 2017, Note technique V1.3 : Méthode d'évaluation linéaire de l'hydromorphologie des cours d'eau en tête de bassin versant à l'échelle linéaire, AFB, 30 pages.

### ↳ Objectifs du protocole

Caractériser finement les côtes de la ligne d'eau, du fond du lit, du haut de berge et le cas échéant de la hauteur de sédiments du cours d'eau

### ↳ Moyens nécessaires



### ↳ Période conseillée

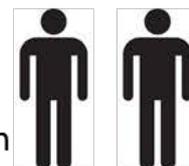
Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### ↳ Temps nécessaire

Bureau : 30 min

Terrain : 30 min à 1h  
pour 100 mètres



### ↳ Déroulement de l'opération

#### **Phase terrain :**

- Le profil en long de la station est réalisé en mesurant les côtes du fond du lit, de l'eau et de la berge la plus basse à divers points définis par le gestionnaire entre l'amont et l'aval du cours d'eau. La hauteur de sédiments est également mesurée si besoin

Les points de mesures seront placés différemment selon le type de restauration :

- Hydromorphologique : mesures par segment hydromorphologiquement homogène
- Continuité écologique : les relevés sont à placer à minima : premier radier en amont de l'obstacle, zone de remous, obstacle, fosse de dissipation et premier radier retrouvé en aval de l'obstacle

D'autres points de mesures peuvent être ajoutés pour obtenir un profil plus précis

2 méthodes peuvent être utilisés pour réaliser le profil en long : au point d'inflexion du profil en long ou tous les x mètres (selon le type de cours d'eau étudié)

#### **Phase bureau :**

- Saisir les mesures récoltées dans la base de données

### ↳ Points de vigilance

Ne pas oublier de prendre un repère d'altitude afin de pouvoir comparer les différentes mesures avant et après travaux

Effectuer le suivi des faciès à des périodes hydrologiques comparables

## Objectif du protocole

Caractériser finement l'évolution d'une des caractéristiques du lit mineur du cours d'eau : les faciès d'écoulement

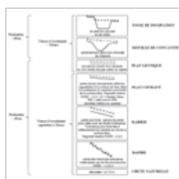
## Temps nécessaire

Bureau : 30 min

Terrain : 30 min à 1h pour 100 m



## Moyens nécessaires



## Période conseillée

En période de basses eaux (à adapter en fonction des années)

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

## Déroulement de l'opération

### Phase terrain :

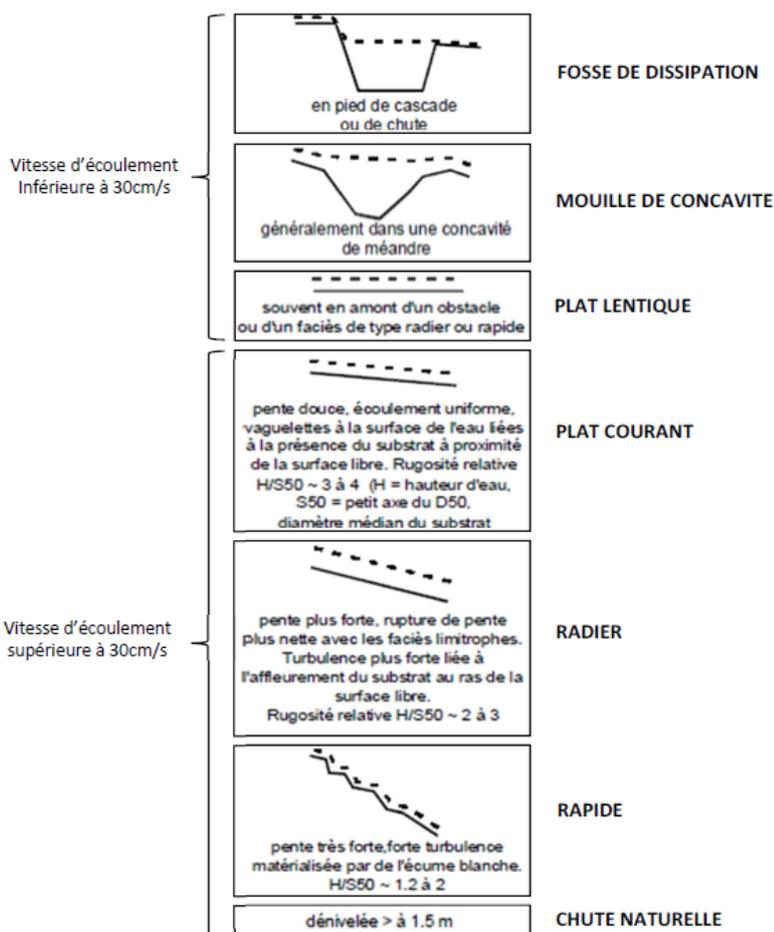
- Identifier les faciès (selon la typologie ci-contre), mesurer la longueur et reporter dans un tableau les successions de faciès d'écoulement tout au long du cours d'eau

### Phase bureau :

- Saisir les données récoltées puis réaliser la cartographie des faciès d'écoulement

### Recommandation :

- Ce travail peut être réalisé seul grâce à un GPS et un logiciel de cartographie libre. En effet un point GPS sera enregistré à chaque changement de faciès. Ce point sera nommé avec le type de faciès et son numéro (expl : radier1, plat courant2, radier3...). Ainsi la position et la longueur de chaque faciès d'écoulement seront renseignés précisément et permettront de réaliser facilement la cartographie fine des faciès d'écoulement.



Source : adapté de Malavoi et Souchon, 2002.

## Points de vigilance

Effectuer le suivi des faciès à des périodes hydrologiques comparables (connues via une station hydrologique positionnée sur le bassin ou via une mesure in situ)

Veiller à paramétrer correctement le GPS afin d'obtenir le maximum de précision dans les données

# CLASSES GRANULOMETRIQUES DOMINANTES ET ACCESSOIRES PAR FACIÈS

## Objectif du protocole

Connaître la typologie sédimentaire du cours d'eau grâce à une estimation visuelle des éléments granulométriques dominants et accessoires.

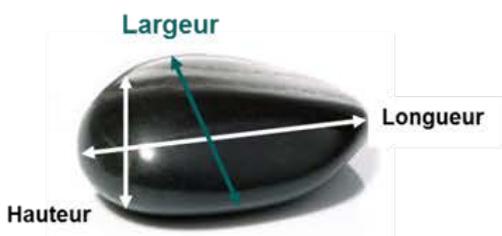
## Temps nécessaire

Bureau : 5 min  
Terrain : 20 min



## Moyens nécessaires

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A



## Période conseillée

Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

## Déroulement de l'opération

### Phase terrain :

- Relever la classe granulométrique (selon Wenthorf, 1922) dominante et accessoire au niveau de chaque faciès présent sur le linéaire restauré. Plusieurs éléments peuvent être mesurés pour plus de précision. Ce relevé est effectué de manière empirique par appréciation du gestionnaire.

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A

### Phase bureau :

- Intégrer les résultats à la base de données

## Points de vigilance

Bien noter les faciès correspondant aux différentes mesures granulométriques qui sont réalisées pour s'assurer de pouvoir comparer les données  
 Bien effectuer la mesure de la deuxième plus grande largeur de l'élément granulométrique étudié (voir photo ci-dessus)  
 Il est important de noter les faciès où la roche mère est affleurante

### Objectif du protocole

Connaître la typologie sédimentaire du cours d'eau

### Temps nécessaire

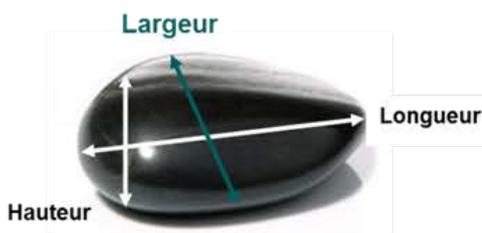
Bureau : 10 min

Terrain : 15 min



### Moyens nécessaires

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A



### Période conseillée

Toute l'année

Jan Fév. Mars Avril Mai Juin Juill. Août Sept. Oct. Nov. Déc.

### Déroulement de l'opération

#### Phase terrain :

- Prélever de manière systématique 100 éléments sur le radier identifié. Dix traversées sont réalisées le long du radier et un élément est prélevé et mesuré tous les 1/10 de la largeur mouillée

#### Phase bureau :

- Intégrer les résultats à la base de données

Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Rochers	> 1024	R
Blocs	256-1024	B
Pierres Grossières	128-256	PG
Pierres Fines	64-128	PF
Cailloux Grossiers	32-64	CG
Cailloux Fins	16-32	CF
Graviers Grossiers	8-16	GG
Graviers Fins	2-8	GF
Sables Grossiers	0,5-2	SG
Sables Fins	0,0625-0,5	SF
Limons	0,0039-0,0625	L
Argiles	< 0,0039	A

### Points de vigilance

Bien localiser le radier (ou à défaut le plat courant) où les mesures granulométriques sont réalisées pour s'assurer de les effectuer au même endroit

Bien effectuer la mesure de la deuxième plus grande largeur de l'élément granulométrique étudié (voir photo ci-dessus)

Sur les cours d'eau de petite taille, seuls 50 éléments seront prélevés et mesurés

<sup>1</sup>Wolman M.G. (1954) – A method of sampling coarse river-bed material. Transactions of the American Geophysical Union 35, 951-956.

Lien vers le guide complet : [http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/guide\\_technique\\_carhyce.pdf](http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/guide_technique_carhyce.pdf)

# COLMATAGE : PROTOCOLE ARCHAMBAUD

## Objectif du protocole

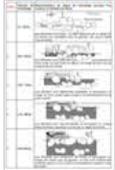
Estimation visuelle du colmatage du substrat grossier de surface. Réalisation d'une estimation par tronçon homogène du linéaire restauré

## Temps nécessaire

Bureau : 10 min  
Terrain : 15 min



## Moyens nécessaires



## Période conseillée

Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

## Déroulement de l'opération

### Phase terrain :

- Soulever un des éléments grossiers du substrat sur un radier (ou à défaut un plat courant) et estimer **sa facilité d'extraction** ainsi que la **densité du nuage de fines** qui est libéré lors de cette extraction. Cinq classes de colmatage ont été définies selon ces deux critères (schéma ci-contre)

### Phase bureau :

- Saisir les résultats dans la base de données

## Point de vigilance

La mesure n'est pas applicable sur des cours d'eau présentant des affleurements de la roche mère

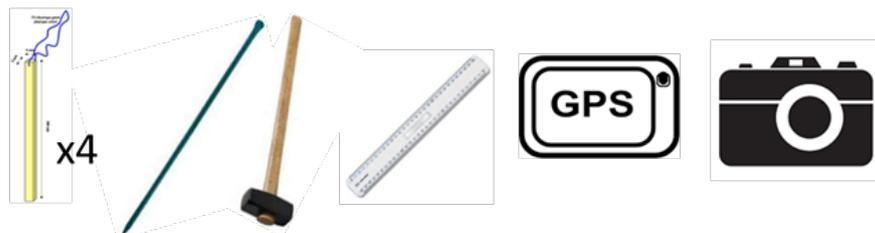
Code	Classes de Colmatage	Représentation du degré de colmatage (lorsque l'on soulève un élément du fond)
1	] 0 - 25%]	<p>Sens du courant</p> <p>Les éléments sont posés. On peut observer soit un dépôt fin de limons peu colmatant (cas de gauche) soit aucun dépôt (cas de droite)</p>
2	] 25 - 50%]	<p>Les éléments sont collés par une sous-couche de limon (avec ou sans limon en dépôt). Le nuage de limon qui se soulève est peu dense.</p>
3	] 50 - 75%]	<p>Les éléments sont légèrement enchâssés et provoquent un nuage de limon assez épais lorsqu'ils se désolidarisent de la sous-couche.</p>
4	] 75 - 90%]	<p>Les éléments sont très enchâssés et provoquent un nuage épais de limons (accentué ou non par un dépôt de limons)</p>
5	] 90-100%]	<p>Les éléments sont recouverts de limons et provoquent un nuage très épais (cas de gauche) ou bien sont entièrement cimentés dans la sous-couche et impossibles à soulever (cas de droite)</p>

# COLMATAGE : METHODE DES BATONNETS EN BOIS (adapté du protocole CarHyCE<sup>1</sup>)

## Objectif du protocole

Connaître l'intensité du colmatage du lit des cours d'eau en évaluant la profondeur d'oxygénation du substrat via le développement de bactéries sulfo-reductrices sur des supports en bois

## Moyens nécessaires



Les substrats artificiels sont des carrelets de bois clair (pin ou sapin non traité), de 8 x 8 mm et d'une longueur de 30 cm. Un trou est percé à 1 cm de l'extrémité supérieure du piquet afin d'y attacher un fil électrique gainé de plastique coloré qui permettra d'identifier leur position

## Période conseillée

Toute l'année

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

## Déroulement de l'opération

### Phase terrain :

- 1) Identifier une tête de radier (ou à défaut un plat courant) et y enfoncer les 4 piquets
- 2) Récupérer les piquets un mois après leur installation. Mesurer lors de leur retrait, la longueur entre le sommet du piquet (partie affleurant l'eau) et la première zone de noircissement (même ponctuelle) d'une des 4 faces avec un double-décimètre. Réaliser des clichés de chaque bâton

### Phase bureau :

- Reporter les mesures sur la base de données et classer les photos

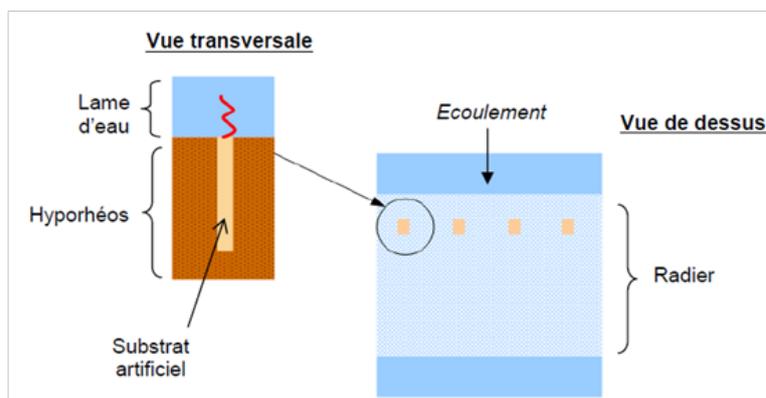
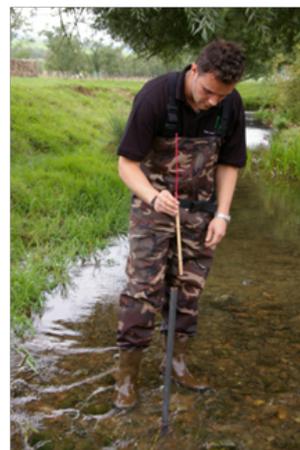
## Points de vigilance

La lecture doit se faire immédiatement sur le terrain. Par précaution et dans le cas d'une mesure plus tardive, la zone de changement de couleur sera surlignée sur le piquet à l'aide d'un crayon de papier. Il est important de repérer le plus précisément possible l'endroit où le substrat artificiel a été placé pour pouvoir le retrouver un mois plus tard. Il est conseillé de prendre une photographie et un point gps de l'aire de travail en incluant la berge la plus proche. Sur des cours d'eau de moins de 2 m de large, il est préconisé de répartir les 4 bâtons sur deux radiers.

## Temps nécessaire

Bureau : 10 min

Terrain : 15 min pour la pose + 15 min pour la récupération



<sup>1</sup> Lien vers le guide complet : [http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/guide\\_technique\\_carhyce.pdf](http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/guide_technique_carhyce.pdf)

### ➔ Objectif du protocole

Caractériser et dénombrer les habitats complémentaires présents

### ➔ Temps nécessaire

Bureau : 5 min

Terrain : 10 min pour 100 mètres



### ➔ Moyens nécessaires



### ➔ Période conseillée

A la période de basses eaux pour bien visualiser les habitats

Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
-----	------	------	-------	-----	------	--------	------	-------	------	------	------

### ➔ Déroulement de l'opération

#### **Phase terrain :**

- Identifier et dénombrer les différents habitats en suivant la classification adaptée de CARHYCE (voir tableau ci-contre)

#### **Phase bureau :**

- Saisir les résultats dans la base de données

Habitats complémentaires	Surface minimale pour la prise en compte de l'habitat
Chevelu racinaire	200 cm <sup>2</sup>
Bois en rivière	Diamètre > 3cm
Végétation aquatique	200 cm <sup>2</sup>
Pool détritique	200 cm <sup>2</sup>
Pierres grossières/blocs	Deuxième plus grande largeur > 12,8 cm
Sous-berges	Mesurer le linéaire en précisant la rive

### ➔ Point de vigilance

S'assurer de la bonne visibilité du fond du cours d'eau (hauteur d'eau/turbidité)

# FUNCTIONNALITE DE LA PASSE A POISSON adapté du protocole ICE<sup>1</sup> et des fiches RefMADI<sup>2</sup>

## Objectif du protocole

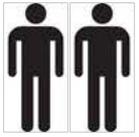
Définir la fonctionnalité hydraulique d'une passe à poissons et son attractivité

## Temps nécessaire

Bureau : 1 à 4 h

Terrain : 1 à 4 h

très variable selon le type de dispositif



## Moyens nécessaires



## Période conseillée

Lors des périodes de migrations des espèces cibles et à l'étiage pour les mesures de génie civil

Jan

Fév.

Mars

Avril

Mai

Juin

Juill.

Août

Sept.

Oct.

Nov.

Déc.

## Déroulement de l'opération

### Phase terrain :

- Identifier le type de passe à poissons (passe à bassins, passe à ralentisseurs, passe en enrochements régulièrement réparties, passe spécifique anguille) et prendre les mesures correspondantes (fiche RefMADI ou fiche ICE passe)

### Phase bureau :

- Utiliser les arbres de décision du protocole ICE pour le pré-diagnostic des passes à poissons
- **OU** réaliser une simulation pour différentes lignes d'eau sous le logiciel Cassiopée pour les passes à bassins ou les passes à ralentisseurs ou sous les fichiers Excel pour les rampes en enrochement dans le cas d'un diagnostic complet de la passe

## Points de vigilance

Bien définir le niveau du diagnostic : un pré diagnostic type ICE sera fait sans modélisation hydraulique et correspondra à une analyse le jour des mesures. Un diagnostic complet nécessitera d'avoir des compétences pour utiliser les logiciels spécifiques

Il est nécessaire d'intégrer la notion d'attractivité du dispositif (implantation, débit d'alimentation et conditions hydrauliques à proximité)

<sup>1</sup> Lien vers le guide complet : [http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/protocole\\_terrain\\_ice\\_V15.pdf](http://www.onema.fr/sites/default/files/pdf/protocole_terrain_ice_V15.pdf)

<sup>2</sup> Lien vers la fiche RefMADI : [http://www.onema.fr/sites/default/files/suivi\\_passe\\_poisson.pdf](http://www.onema.fr/sites/default/files/suivi_passe_poisson.pdf)





## Références bibliographiques

- AELB, 2014**, Eléments d'information pour l'élaboration d'un bilan évaluatif des contrats territoriaux volet « milieux aquatiques ».
- ALEXANDER G.G. & ALLAN J.D., 2007**, Ecological success in stream restoration : case studies from the Midwestern United States, *Environmental Management*, **40**, 245–255.
- BASH, J.S., RYAN, C.M., 2002**, Stream restoration and enhancement projects : is anyone monitoring ? *Environ. Manag.*, **29**, 877-885.
- BERNHARDT E.S., PALMER M.A., ALLAN J.D., ALEXANDER G., BARNAS K., BROOKS C. J., CLAYTON S., DAHM C., FOLLSTAD-SHAH J., GALAT D., GLOSS S., GOODWIN P., HART D., HASSET B., JENKINSON R., KATZ S., KONDOLF G.M., LAKE P.S., LARVE R., MEYER J.L., O'DONNELL T.K., PEGANO L., POWELL B., SUDDUTH E., 2005**, Synthesizing U.S. river restoration efforts, *Science*, **308**, 636-637.
- BROUSSIN A., BOISSADY E., MAURIN R., VARESANO L., 2018**. Bilan, suivi et évaluation des actions de restauration des cours d'eau bretons : état des lieux des pratiques de bancarisation des données, MASTER 2 GAED, Atelier professionnel, 29 pages.
- FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES, 2015**, Mallette d'indicateurs de travaux et de suivis en zones humides. Agence de l'eau Loire-Bretagne et Conseil régional des Pays de la Loire, 189 pages. Disponible sur: <http://www.forum-zones-humides.org/telechargement-mallette-indicateurs.aspx> (consulté le 01/11/2016).
- JÄHNIG, S.C., BRABEC, K., BUFFAGNI, A., ERBA, S., LORENZ, A.W., OFENBÖCK, T., VERDONSCHOT, P.F.M., HERING, D., 2010**. A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydromorphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers, *J. Appl. Ecol.*, **47**, 671-680.
- KAIL, J., BRABEC K., POPPE M. & JANUSCHKE K., 2015**, The effect of river restoration on fish, macroinvertebrates and aquatic macrophytes : A meta-analysis, *Ecological Indicators*, **58**, 311-321.
- LE BIHAN, 2017**, Note technique V1.3: Méthode d'évaluation linéaire de l'hydromorphologie des cours d'eau en tête de bassin versant à l'échelle linéaire, AFB, 30 pages.
- MALAVOI & SOUCHON, 2010**, Construire le retour d'expérience des opérations de restauration hydromorphologique, éléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal, volets hydromorphologie – hydroécologie, version 1 au 29/05/2010, Rapport ONEMA / CEMAGREF, 95 pages.
- NAVARRO L., PERESS J. & MALAVOI J.R., 2012**, Aide à la définition d'une étude de suivi -recommandations pour des opérations de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau, AERMC/ONEMA/IRSTEA, 48 pages.
- PALMER, M. A., E. S. BERNHARDT, J. D. ALLAN, P. S. LAKE, G. ALEXANDER, S. BROOKS, J. CARR, S. CLAYTON, C. N. DAHM, J. FOLLSTAD SHAH, D. L. GALAT, S. G. LOSS, P. GOODWIN, D. D. HART, B. HASSETT, R. JENKINSON, G. M. KONDOLF, R. LAVE, J. L. MEYER, T. K. O'DONNELL, L. PAGANO & E. SUDDUTH, 2005**, Standards for ecologically successful river restoration, *Journal of Applied Ecology*, **42**, 208–217.
- ROLAN-MEYNARD, M ET AL.,** Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration en cours d'eau, Onema (en préparation).
- TULLOS D., PENROSE D. & JENNINGS G., 2006**, Development and application of a bioindicator for benthic habitat enhancement in the North Carolina Piedmont, *Ecological Engineering*, **27**, 228–241.
- TULLOS, D. D., D. L. PENROSE, G. D. JENNINGS & W. G. COPE, 2009**, Analysis of functional traits in reconfigured channels: implications for the bioassessment and disturbance of river restoration., *Journal of the North American Benthological Society*, **28**, 80–92.
- WOOLSEY, S., CAPELLI, F., GONSER, T.O.M., HOEHN, E., HOSTMANN, M., JUNKER, B., PAETZOLD, A., ROULIER, C., SCHWEIZER, S., TIEGS, S.D., TOCKNER, K., WEBER, C. & PETER, A., 2007**, A strategy to assess river restoration success, *Freshwater Biology*, **52**, 752–769.