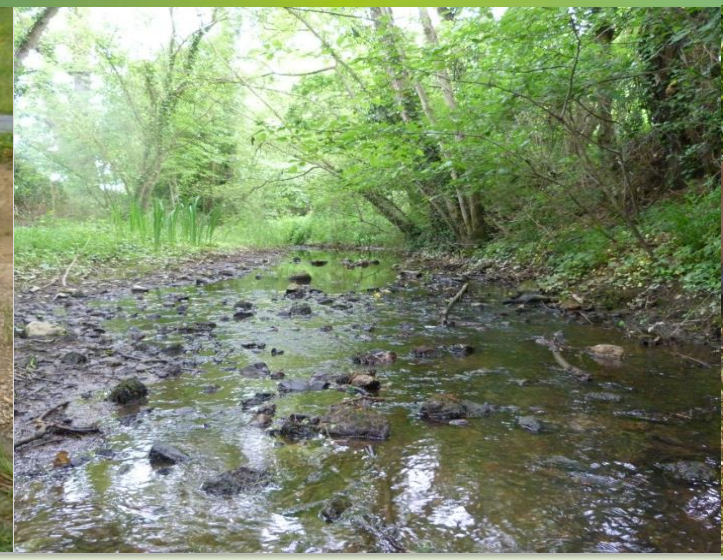
12 octobre 2018

Alexandra Hubert & Mikaël Le Bihan



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

UNION EUROPÉENNE
L'EUROPE S'ENGAGE en région Auvergne-Rhône-Alpes avec le FEDER
La Région Auvergne-Rhône-Alpes
TRAME BLEUE ESPACES ET CONTINUITÉS
AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Plan de la présentation

- Origine et objectifs
- Utilisation
- Exemples
- Perspectives

Plan de la présentation

- **Origine et objectifs**
- Utilisation
- Exemples
- Perspectives

- ## Pourquoi ce guide ?

Difficultés à évaluer l'efficience des travaux dans le cadre des contrats territoriaux : mauvaise définition des objectifs des suivis / méthodologies souvent inadaptées / absence de document cadre

- ## Origine de la démarche

Sollicitations par différentes structures (Agence de l'Eau, Cellules des Conseils Départementaux sur les cours d'eau, CTMA) pour mener une réflexion sur les suivis écologiques des opérations de restaurations écologiques de cours d'eau sur le territoire Bretagne, Pays de la Loire

Constitution d'un groupe de travail : ONEMA/AFB, Institution d'Aménagement de la Vilaine (IAV), Centre de Ressources et d'Expertise Scientifique sur l'Eau de Bretagne (CRESEB), Syndicat Intercommunal du Bassin du Semnon, Syndicat Loire Aval

- ## Pour qui est il destiné ?

Ce guide s'adresse aux gestionnaires de milieux aquatiques et aux maîtres d'œuvre les accompagnants. 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.

Les suivis biologiques (IBG,IPR,IBMR,IBD)

- Temps de mise en œuvre important
- Matériel spécifique
- Compétences pour la détermination des individus
- Etude des communautés biologiques sur plusieurs années et plusieurs stations pour comprendre les évolutions de peuplements via les protocoles standardisés

Sélection des indicateurs et des méthodes à mettre en place en fonction de la technique de restauration utilisée et du contexte local : **« Sur-mesure »**
Essentiellement sur le **milieu physique**

Lors de la rédaction du 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

Les indicateurs proposés dans le guide sont complémentaires à ceux réalisés dans le cadre des réseaux de type DCE

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)

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

- **Améliorer les connaissances** sur la mise en œuvre des techniques de restauration des cours d'eau (modalités techniques, pérennité)

- Alimenter la réflexion sur les **effets des opérations de restauration**

✋ Ce guide est complémentaire au document présentant le Suivi Scientifique Minimal (SSM)

	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 / Echelle 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 segment**	Négligeable à forte	1 station : Linéaire restauré	De n (avant travaux) à n+2/3	Base inter-régionale (à construire)	En régie (par une ou deux personnes) / BE

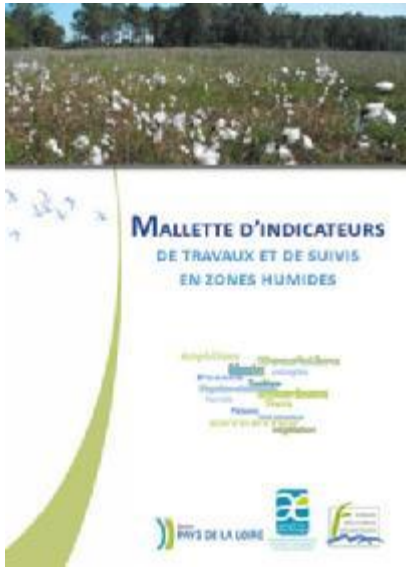
Il est nécessaire de consacrer du temps pour la réalisation des suivis !
(phase terrain, bancarisation des résultats, valorisation)

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)
  - Ouvrage < 0,50 m
  - Ouvrage > 0,50 m

> La limite de 0,50m de hauteur de chute, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation, a été fixé pour différencier les ouvrages en deux groupes (Issu de la NOMENCLATURE « EAU » Article 214-1 du code de l'environnement Modifié par Décret n°2017-81 du 26 janvier 2017 relatif à l'autorisation environnementale)

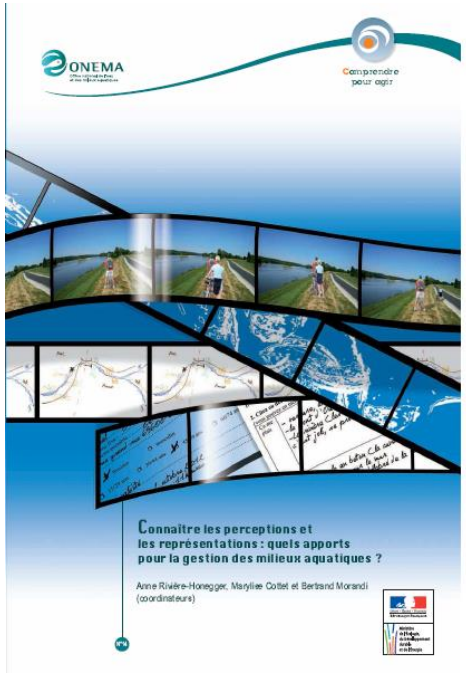
- **Hydromorphologie** : regroupe toutes les opérations touchant au lit mineur et/ou aux berges du cours d'eau



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 ou spécifiques (exemple : pollutions ponctuelles, érosions ponctuelles, foyer d'espèces invasives...)



- l'évaluation des perceptions sociales. Publication de l'ouvrage « Connaître les perceptions et représentations : quels apports pour la gestion des milieux aquatiques ? » (Collection comprendre pour agir, 2015)

Plan de la présentation

- Origine et objectifs
- **Utilisation**
- Exemples
- Perspectives

Logigramme qui propose au gestionnaire une démarche étape par étape pour élaborer et mettre en œuvre sa stratégie de suivi.

Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi

Contexte BV / Altération BV → *Tab. 1* Ambition de la restauration → *Tab. 2* Objectif de restauration du tronçon + Facteurs limitants → *Tab. 3* **Objectifs définitifs des suivis**

Extrait de l'étude préalable

Préparation de la mise en œuvre du programme d'action

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

Niveau 1	Niveau 2	*Niveau 3 = Suivi Scientifique Minimal*

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

Restauration de la continuité

Ouvrages < 0,50 m
1 : Aménagement piscicole
2 : Arasement total de l'ouvrage
Ouvrages ≥ 0,50 m
3 : Aménagement piscicole
4 : Arasement partiel de l'ouvrage
5 : Arasement total de l'ouvrage

Restauration hydromorphologique du lit mineur

Recalibrage - Rectification
6 : Déblais/remblais des berges
7 : Recharge matelas alluvial
8 : Diversification des faciès d'écoulement
9 : Reméandrage
Déplacement de cours d'eau
10 : Remise en talweg
Enterrement de cours d'eau
12 : Remise à ciel ouvert partiel ou total

Etape 4 : Préparation de la phase terrain

Etape 5 : Suivi avant et après travaux

Etape 6: Acquisition saisie et analyse des données

Etape 7 : Valorisation et communication

- **Partie méthodologique** :

Cette partie permettra d'apporter différents éléments de réflexions : une aide à la définition de l'ambition de restauration, des facteurs limitants et du niveau de suivi.

✋Toutefois il appartient au gestionnaire d'effectuer sa propre analyse en fonction du contexte local.

Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi

Contexte BV
Altération BV
→ *Tab. 1* Ambition de la restauration → *Tab. 2* Objectif de restauration du tronçon + Facteurs limitants → *Tab. 3* **Objectifs définitifs des suivis**

Extrait de l'étude préalable

Préparation de la mise en œuvre du programme d'action

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

Niveau 1	Niveau 2	*Niveau 3 = Suivi Scientifique Minimal*

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

Restauration de la continuité

Ouvrages < 0,50 m
1 : Aménagement piscicole
2 : Arasement total de l'ouvrage
Ouvrages ≥ 0,50 m
3 : Aménagement piscicole
4 : Arasement partiel de l'ouvrage
5 : Arasement total de l'ouvrage

Restauration hydromorphologique du lit mineur

Recalibrage - Rectification
6 : Déblais/remblais des berges
7 : Recharge matelas alluvial
8 : Diversification des faciès d'écoulement
9 : Reméandrage
Déplacement de cours d'eau
10 : Remise en talweg
Enterrement de cours d'eau
12 : Remise à ciel ouvert partiel ou total

Etape 4 : Préparation de la phase terrain

Etape 5 : Suivi avant et après travaux

Etape 6: Acquisition saisie et analyse des données

Etape 7 : Valorisation et communication

- **Partie méthodologique** :

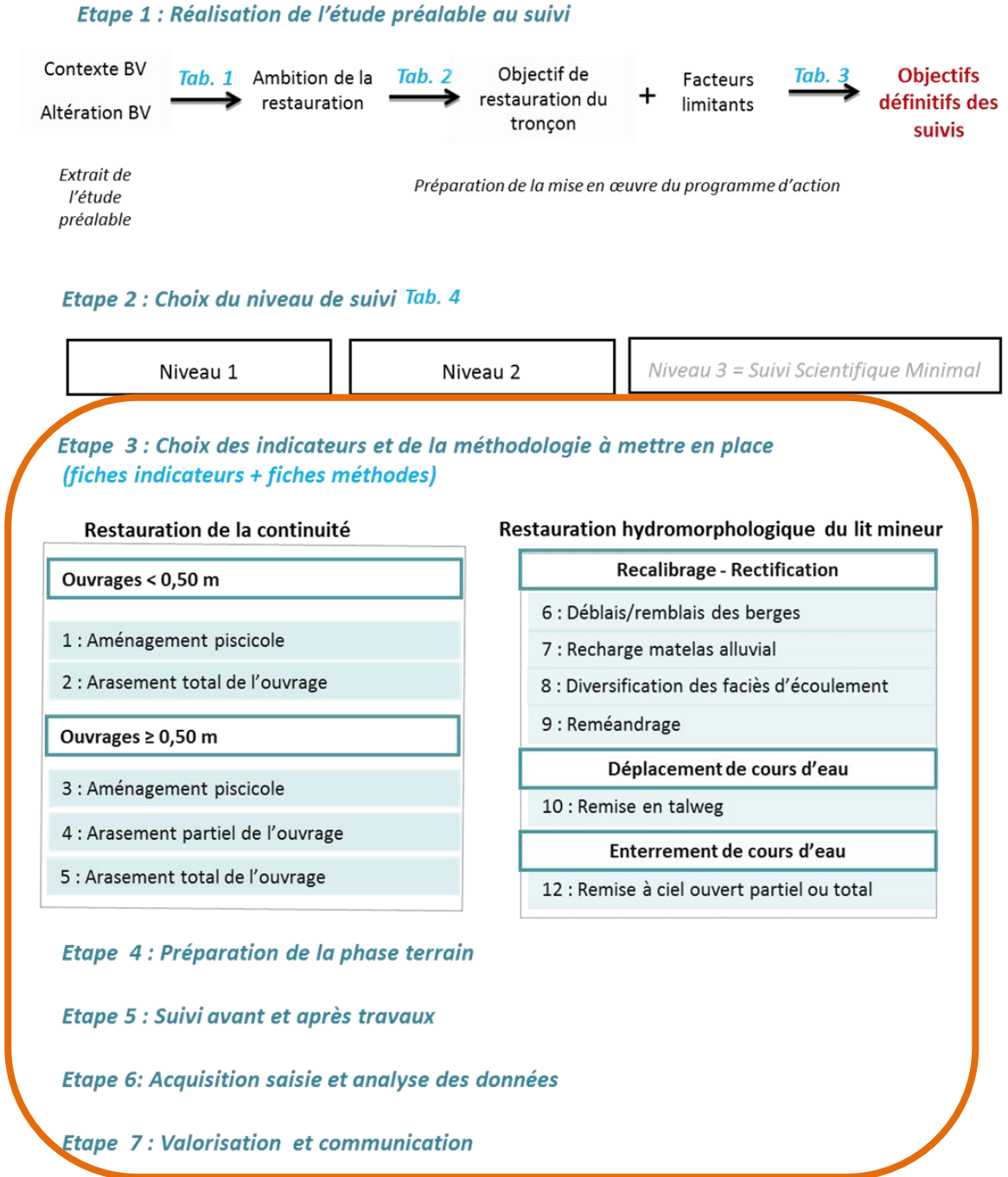
Cette partie permettra d'apporter différents éléments de réflexions : une aide à la définition de l'ambition de restauration, des facteurs limitants et du niveau de suivi.

Toutefois il appartient au gestionnaire d'effectuer sa propre analyse en fonction du contexte local.

- **Partie pratique** :

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 « méthodes » pour faciliter la mise en œuvre du suivi
- Fiches standards de récolte et de saisie des données



① Définir l'ambition de la restauration

Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi

Contexte BV / Altération BV → *Tab. 1* → **Ambition de la restauration** → *Tab. 2* → Objectif de restauration du tronçon + Facteurs limitants → *Tab. 3* → **Objectifs définitifs des suivis**

Extrait de l'étude préalable

Préparation de la mise en œuvre du programme d'action

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

Niveau 1	Niveau 2	*Niveau 3 = Suivi Scientifique Minimal*

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

Restauration de la continuité

Ouvrages < 0,50 m
1 : Aménagement piscicole
2 : Arasement total de l'ouvrage
Ouvrages ≥ 0,50 m
3 : Aménagement piscicole
4 : Arasement partiel de l'ouvrage
5 : Arasement total de l'ouvrage

Restauration hydromorphologique du lit mineur

Recalibrage - Rectification
6 : Déblais/remblais des berges
7 : Recharge matelas alluvial
8 : Diversification des faciès d'écoulement
9 : Reméandrage
Déplacement de cours d'eau
10 : Remise en talweg
Enterrement de cours d'eau
12 : Remise à ciel ouvert partiel ou total

Etape 4 : Préparation de la phase terrain

Etape 5 : Suivi avant et après travaux

Etape 6: Acquisition saisie et analyse des données

Etape 7 : Valorisation et communication

① **Définir l'ambition de la restauration** : déterminée en fonction de la technique de restauration mise en œuvre et du linéaire influencé par les travaux.

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

① Définir l'ambition de la restauration

Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi

Contexte BV / Altération BV → *Tab. 1* Ambition de la restauration → *Tab. 2* Objectif de restauration du tronçon + Facteurs limitants → *Tab. 3* **Objectifs définitifs des suivis**

Extrait de l'étude préalable

Préparation de la mise en œuvre du programme d'action

② Choix du niveau de suivi

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

Niveau 1	Niveau 2	*Niveau 3 = Suivi Scientifique Minimal*

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

Restauration de la continuité

Ouvrages < 0,50 m
1 : Aménagement piscicole
2 : Arasement total de l'ouvrage
Ouvrages ≥ 0,50 m
3 : Aménagement piscicole
4 : Arasement partiel de l'ouvrage
5 : Arasement total de l'ouvrage

Restauration hydromorphologique du lit mineur

Recalibrage - Rectification
6 : Déblais/remblais des berges
7 : Recharge matelas alluvial
8 : Diversification des faciès d'écoulement
9 : Reméandrage
Déplacement de cours d'eau
10 : Remise en talweg
Enterrement de cours d'eau
12 : Remise à ciel ouvert partiel ou total

Etape 4 : Préparation de la phase terrain

Etape 5 : Suivi avant et après travaux

Etape 6: Acquisition saisie et analyse des données

Etape 7 : Valorisation et communication

Trois niveaux de suivis ont été définis :

- Niveau 1

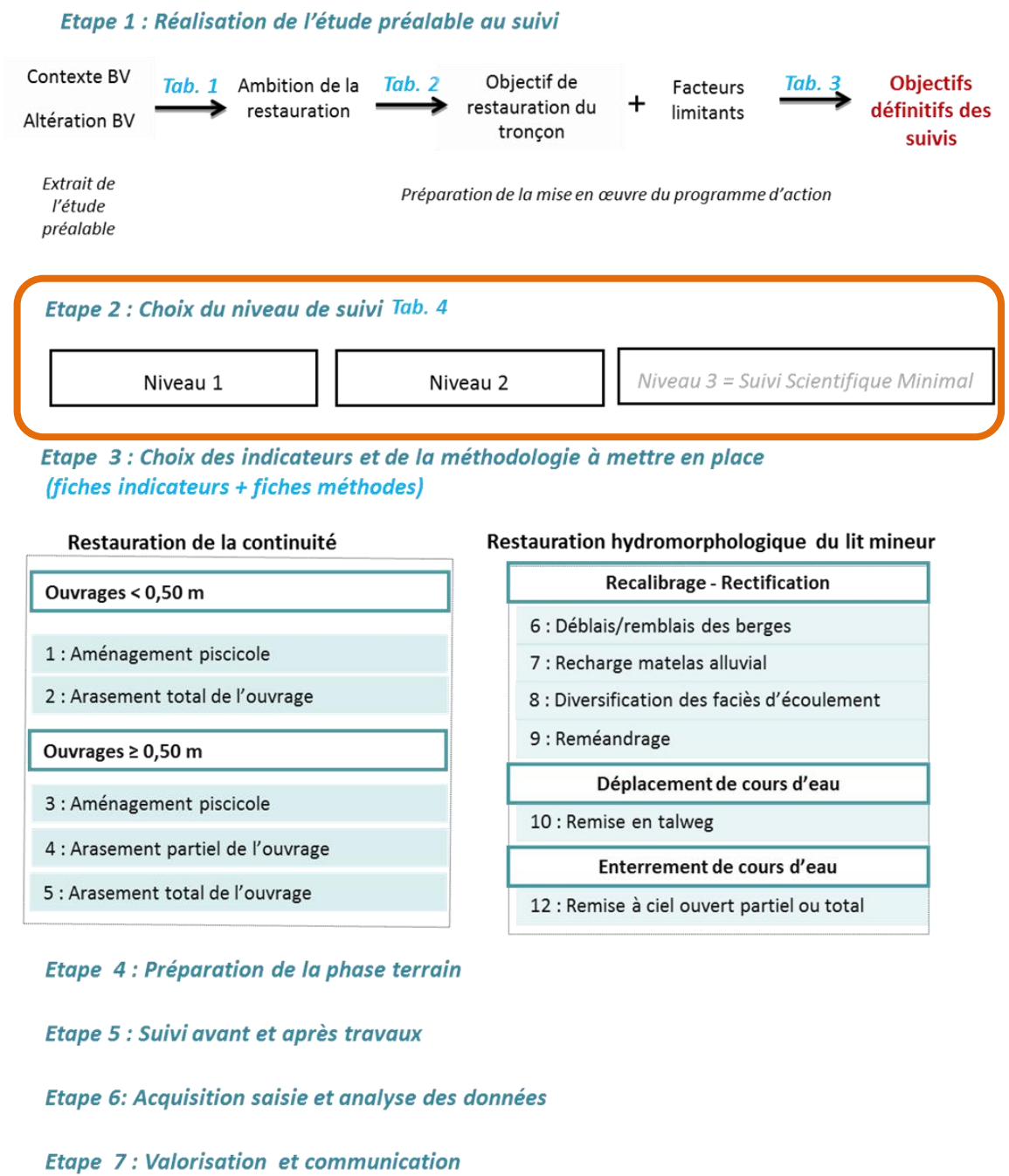
= suivi se composant d'informations simples à collecter sur toutes les actions de restauration. Cela doit permettre de disposer d'un suivi de base (à l'échelle locale) avec des données récoltées sur l'ensemble du territoire.

- 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.



① **Définir l'ambition de la restauration** : déterminée en fonction de la technique de restauration mise en œuvre et du linéaire impacté par les travaux

② Choix du niveau de suivi

		Ambition de restauration		
		Faible	Moyenne	Forte
Incidence des facteurs limitants	Négligeable	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 = SSM
	Faible	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2 / Niveau 3 = SSM
	Forte	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2

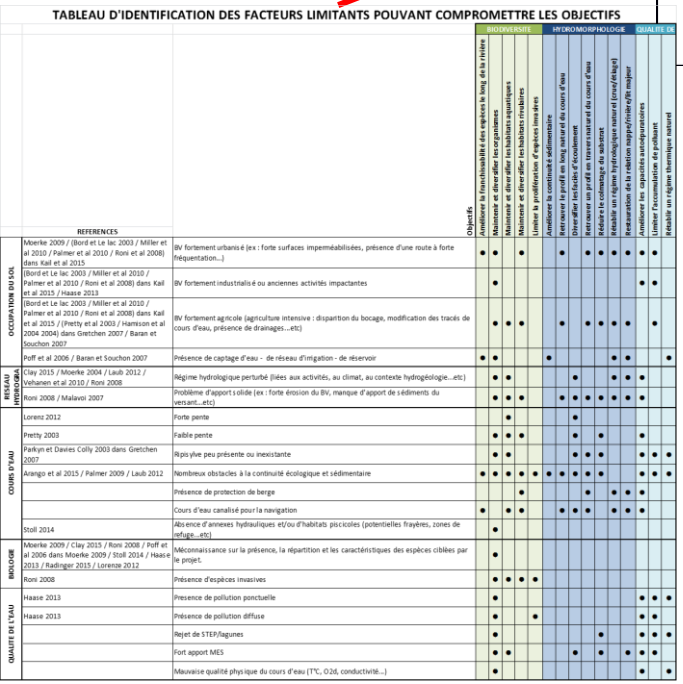


TABLEAU D'IDENTIFICATION DES FACTEURS LIMITANTS POUVANT COMPROMETTRE LES OBJECTIFS

	REFERENCES	Objectifs	BIODIVERSITE: Améliorer la franchissabilité des espèces le long de la rivière	BIODIVERSITE: Maintenir et diversifier les organismes	BIODIVERSITE: Maintenir et diversifier les habitats aquatiques	BIODIVERSITE: Maintenir et diversifier les habitats rivulaires	BIODIVERSITE: Limiter la prolifération d'espèces invasives	HYDROMORPHOLOGIE: Améliorer la continuité sédimentaire	HYDROMORPHOLOGIE: Retrouver le profil en long naturel du cours d'eau	HYDROMORPHOLOGIE: Diversifier les faciès d'écoulement	HYDROMORPHOLOGIE: Retrouver le profil en travers naturel du cours d'eau	HYDROMORPHOLOGIE: Rétablir le transport de sédiment	HYDROMORPHOLOGIE: Rétablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)	HYDROMORPHOLOGIE: Restauration de la relation nappe/rivière/ZH majeur	QUALITE DE: Améliorer les capacités autoépuratoires	QUALITE DE: Limiter l'accumulation de polluant	QUALITE DE: Rétablir un régime thermique naturel
OCCUPATION DU SOL	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 (ex : forte surfaces imperméabilisées, présence d'une route à forte fréquentation...)	●	●		●		●		●		●	●	●	●	●	
	(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 / Harrison et al 2004 2004) dans Gretchen 2007 / Baran et Souchon 2007	BV fortement agricole (agriculture intensive : disparition du bocage, modification des tracés de cours d'eau, présence de drainages...etc)		●	●	●		●		●	●	●	●		●		
RESEAU HYDROGRAPH.	Poff et al 2006 / Baran et Souchon 2007	Présence de captage d'eau - de réseau d'irrigation - de réservoir	●	●				●						●	●		●
	Clay 2015 / Moerke 2004 / Laub 2012 / Lehanen et al 2010 / Roni 2008	Régime hydrologique perturbé (liées aux activités, au climat, au contexte hydrogéologie...etc)		●	●				●					●	●	●	
	Roni 2008 / Malavoi 2007	Problème d'apport solide (ex : forte érosion du BV, manque d'apport de sédiments du versant...etc)		●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	
COURS D'EAU	Lorenz 2012	Forte pente			●				●								
	Pretty 2003	Faible pente		●	●	●				●		●			●		
	Parkyn et Davies Colly 2003 dans Gretchen 2007	Ripisylve peu présente ou inexistante		●	●					●	●	●			●	●	●
	Arango et al 2015 / Palmer 2009 / Laub 2012	Nombreux obstacles à la continuité écologique et sédimentaire	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●
		Présence de protection de berge				●					●		●	●	●		
		Cours d'eau canalisé pour la navigation	●		●	●		●	●	●			●	●	●		
	Stoll 2014	Absence d'annexes hydrauliques et/ou d'habitats piscicoles (potentielles frayères, zones de refuge...etc)		●													
BIOLOGIE	Moerke 2009 / Clay 2015 / Roni 2008 / Poff et al 2006 dans Moerke 2009 / Stoll 2014 / Haase 2013 / Radinger 2015 / Lorenze 2012	Méconnaissance sur la présence, la répartition et les caractéristiques des espèces ciblées par le projet.		●													
	Roni 2008	Présence d'espèces invasives		●	●	●	●										
QUALITE DE L'EAU	Haase 2013	Presence de pollution ponctuelle		●											●	●	●
	Haase 2013	Présence de pollution diffuse		●			●								●	●	
		Rejet de STEP/lagunes		●								●			●	●	●
		Fort apport MES		●	●					●		●			●	●	
		Mauvaise qualité physique du cours d'eau (T°C, O2d, conductivité...)		●											●		●

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

FACTEURS LIMITANTS : L'ensemble des facteurs qui limitent les effets bénéfiques attendus d'une opération de restauration de cours d'eau.

Hydrologie perturbée
(étiage sévère, crue importante)
Clay, 2015 ; Moerke, 2004

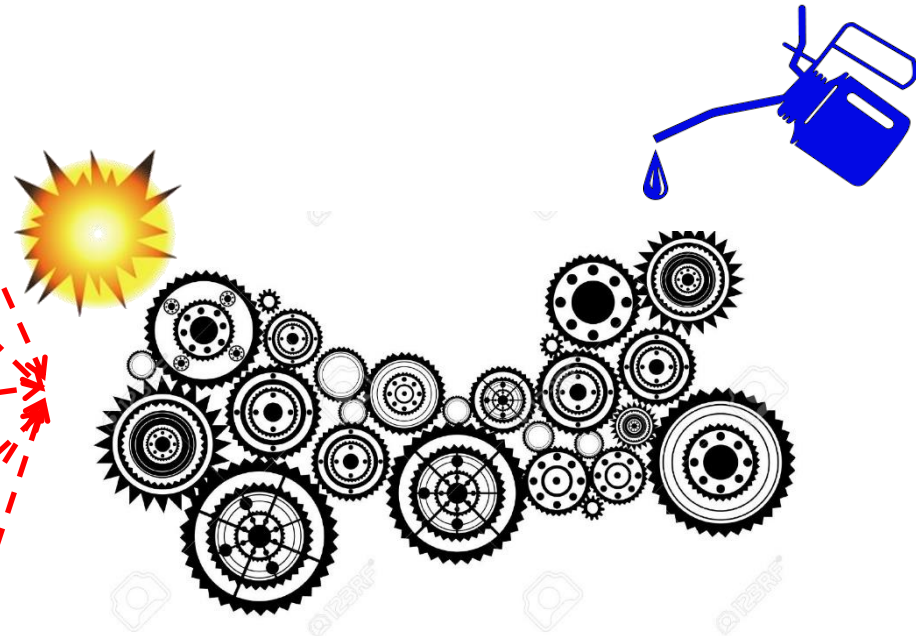
Qualité d'eau
(pollutions ponctuelles / diffuses)
Haase, 2013 ; Sundermann, 2011

Colmatage
Gayraud, 2002 ; Muller et al., 2014

Température
Lehmkuhl, 1972 ; Briers et Gee, 2004

Espèces invasives / envahissantes
Roni, 2008

Capacité de colonisation limitée des zones de sources
Sundermann et al., 2011 ; Nilsson et al., 2017



① **Définir l'ambition de la restauration** : déterminée en fonction de la technique de restauration mise en œuvre et du linéaire impacté par les travaux

② Choix du niveau de suivi

Commune de Chartres de Bretagne

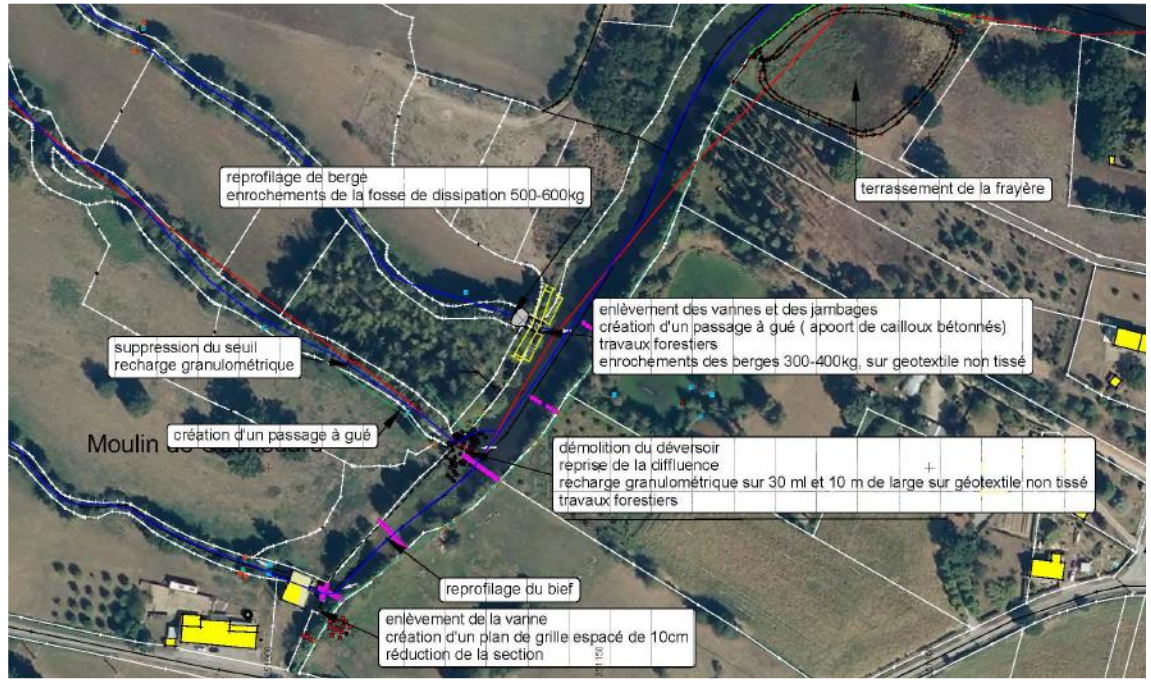
Ruisseau de la mécanique (35) : remise à ciel ouvert sur 1.3 km

		Ambition de restauration			
		Faible	Moyenne	Forte	
Incidence des facteurs limitants	Négligeable	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 = SSM	
	Faible	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 = SSM
	Forte	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2	

Ruisseau en assec

① **Définir l'ambition de la restauration** : déterminée en fonction de la technique de restauration mise en œuvre et du linéaire impacté par les travaux

② Choix du niveau de suivi



Restauration de la continuité écologique (35)

		Ambition de restauration		
		Faible	Moyenne	Forte
Incidence des facteurs limitants	Négligeable	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 = SSM
	Faible	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2 / Niveau 3 = SSM
	Forte	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2

① **Définir l'ambition de la restauration** : déterminée en fonction de la technique de restauration mise en œuvre et du linéaire impacté par les travaux

② **Choix du niveau de suivi**

Suppression du barrage de Pont-Sal (56)

Pour en savoir plus : http://www.pont-sal.eaudumorbihan.bzh/le-projet

		Ambition de restauration		
		Faible	Moyenne	Forte
Incidence des facteurs limitants	Négligeable	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3 = SSM
	Faible	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2 / Niveau 3 = SSM
	Forte	Niveau 1	Niveau 1	Niveau 2

① Définir l'ambition de la restauration

Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi

Contexte BV / Altération BV → *Tab. 1* Ambition de la restauration → *Tab. 2* Objectif de restauration du tronçon + Facteurs limitants → *Tab. 3* **Objectifs définitifs des suivis**

Extrait de l'étude préalable

Préparation de la mise en œuvre du programme d'action

② Choix du niveau de suivi

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

Niveau 1	Niveau 2	*Niveau 3 = Suivi Scientifique Minimal*

③ Sélection des indicateurs et des méthodes à mettre en place

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

Restauration de la continuité

Ouvrages < 0,50 m
1 : Aménagement piscicole
2 : Arasement total de l'ouvrage
Ouvrages ≥ 0,50 m
3 : Aménagement piscicole
4 : Arasement partiel de l'ouvrage
5 : Arasement total de l'ouvrage

Restauration hydromorphologique du lit mineur

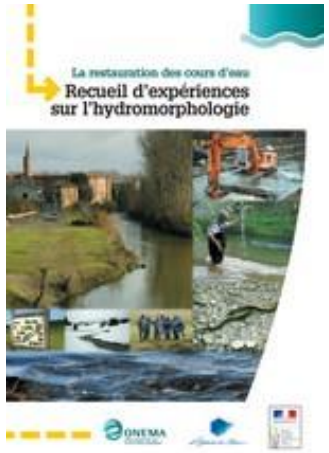
Recalibrage - Rectification
6 : Déblais/remblais des berges
7 : Recharge matelas alluvial
8 : Diversification des faciès d'écoulement
9 : Reméandrage
Déplacement de cours d'eau
10 : Remise en talweg
Enterrement de cours d'eau
12 : Remise à ciel ouvert partiel ou total

Etape 4 : Préparation de la phase terrain

Etape 5 : Suivi avant et après travaux

Etape 6: Acquisition saisie et analyse des données

Etape 7 : Valorisation et communication



Typologie adaptée du recueil d'expériences sur l'hydromorphologie des cours d'eau

Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi

Contexte BV / Altération BV → *Tab. 1* → Ambition de la restauration → *Tab. 2* → Objectif de restauration du tronçon + Facteurs limitants → *Tab. 3* → **Objectifs définitifs des suivis**

Extrait de l'étude préalable

Préparation de la mise en œuvre du programme d'action

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

Niveau 1	Niveau 2	*Niveau 3 = Suivi Scientifique Minimal*

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

Etape 4 : Préparation de la phase terrain

Etape 5 : Suivi avant et après travaux

Etape 6: Acquisition saisie et analyse des données

Etape 7 : Valorisation et communication

① **Définir l'ambition de la restauration** : déterminée en fonction de la technique de restauration mise en œuvre et du linéaire impacté par les travaux

② **Choix du niveau de suivi**

③ **Sélection des indicateurs et des méthodes à mettre en place**

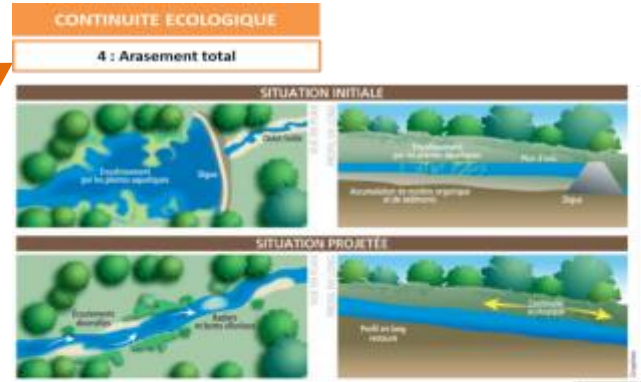
FICHE INDICATEURS

Par type d'opération

Par objectifs de restauration

Par niveau de suivi

Méthodes proposées



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

	Avant travaux	Après travaux	Objectifs : 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 autoépuratoires	Rétablir un régime thermique naturel
Niveau de suivi 1															
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 %)	✓	✓													
Présence/Absence d'espèces invasives (amont et aval)	✓	✓													
Niveau de suivi 2															
Cartographie des faciès d'écoulement	✓	✓		•	•			○	•	•	○			•	
Profil en long	✓	✓						•	•			•			
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers		✓		•	•			•							
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès		✓		•	•			•							
Colmatage		✓		•								•		•	
Habitats complémentaires	✓	✓		•	•	•									
Macro invertébrés	✓	✓		○	○							○		○	
Ichtyofaune	✓	✓	○	○	○					○		○		○	○

CONTINUITE ECOLOGIQUE
1 : Aménagement piscicole
Ouvrages (< 50 cm)
Ouvrages (≥ 50 cm)

CONTINUITE ECOLOGIQUE
2 : Arasement partiel ou total
Ouvrages (< 50 cm)

CONTINUITE ECOLOGIQUE
3 : Arasement partiel
Ouvrages ≥ 50 cm

CONTINUITE ECOLOGIQUE
4 : Arasement total
Ouvrages ≥ 50 cm

HYDROMORPHOLOGIE
5 : Déblai remblai des berges
Recalibrage - Rectification

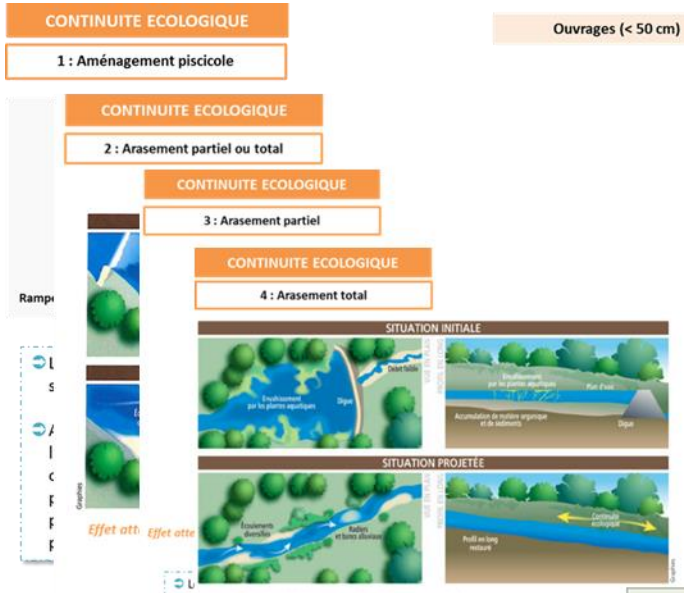
HYDROMORPHOLOGIE
6 : Recharge du matelas alluvial
Recalibrage - Rectification

HYDROMORPHOLOGIE
7: Diversification des faciès d'écoulement
Recalibrage - Rectification

HYDROMORPHOLOGIE
8 : Reméandrage
Recalibrage - Rectification

HYDROMORPHOLOGIE
9 : Remise en talweg
Déplacement de cours d'eau

HYDROMORPHOLOGIE
10 : Remise à ciel ouvert
Busage ou enterrement de cours d'eau



Effet attendu de la suppression de la hauteur de chute

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

10 fiches indicateurs

- 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

	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 autoépuratoires	Rétablir un régime thermique naturel
Niveau de suivi 1														
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 %)	✔	✔												
Présence/Absence d'espèces invasives (amont et aval)	✔	✔												
Niveau de suivi 2														
Cartographie des faciès d'écoulement	✔	✔		•	•		○	•	•	○		•		
Profil en long	✔	✔					•	•			•			
Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers		✔		•	•		•							
Classes granulométriques dominantes et accessoires par faciès		✔		•	•		•							
Colmatage		✔		•							•		•	
Habitats complémentaires	✔	✔		•	•	•								
Macro invertébrés	✔	✔		○	○						○		○	
Ichtyofaune	✔	✔	○	○	○				○		○		○	○

- 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 autoépuratoires	Rétablir un régime thermique naturel
Niveau de suivi 1														
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		✔												
Niveau de suivi 2														
Information sur la Continuité Ecologique (ICE)	✔	✔	•											
Cartographie des faciès d'écoulement	✔	✔		•	•		○	•	•	○			•	
Profil en long		✔					•	•			•			

① **Définir l'ambition de la restauration** : déterminée en fonction de la technique de restauration mise en œuvre et du linéaire impacté par les travaux

② **Choix du niveau de suivi**

③ Sélection des indicateurs et des méthodes à mettre en place

FICHE METHODE

Objectifs

Durée et moyens nécessaires

Description de la mise en œuvre

Points de vigilance

Fiche N°1 — **SUIVI PHOTOGRAPHIQUE**

➲ **Objectifs du protocole**

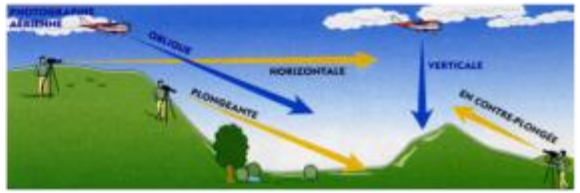
Visualiser les évolutions des milieux et des paysages
Valoriser les opérations auprès du grand public

➲ **Temps nécessaire**

Bureau : 10 min
Terrain : 1h

➲ **Moyens nécessaires**

GPS



➲ **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

Fiche N°10 — LINEAIRE DE LA ZONE DE REMOUS LIQUIDE

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

Fiche N°2 — HAUTEUR DE CHUTE A L'ETIAGE

Objectif du protocole

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

Temps nécessaire

Bureau : 1 min
Terrain : 5 min

Fiche N°8 — RUPTURE D'ECOULEMENT

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

Temps nécessaire

Bureau : 5 min
Terrain : 5 min pour 100 m

Fiche N°7 — 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

Fiche N°20 — HABITATS COMPLEMENTAIRES

Objectif du protocole

Caractériser et dénombrer les habitats complémentaires présents

Temps nécessaire

Bureau : 5 min
Terrain : 10 min pour 100 mètres

Fiche N°16 — CLASSES GRANULOMETRIQUES DOMINANTES ET ACCESSOIRES PAR FACIES

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

22 fiches méthodes

Fiche N°18 — 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

Fiche N°6 — PROPORTION DES FACIES D'ECOULEMENT

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

Fiche N°1 — SUIVI PHOTOGRAPHIQUE

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

Fiche N°4 — 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

Fiche N°19 — COLMATAGE : METHODE DES BATONNETS EN BOIS (adapté du protocole CarHyCE [1])

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

Temps nécessaire

Bureau : 10 min
Terrain : 15 min pour la pose + 15 min pour la récupération

Fiche N°5 — PROFIL EN TRAVERS[1]

Objectif du protocole

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

Temps nécessaire

Bureau : 15 min
Terrain : 15 à 30 min

Fiche N°9 — 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

Comment s'équiper ?

- **Les « indispensables » pour réaliser la majorité des méthodes du guide :**

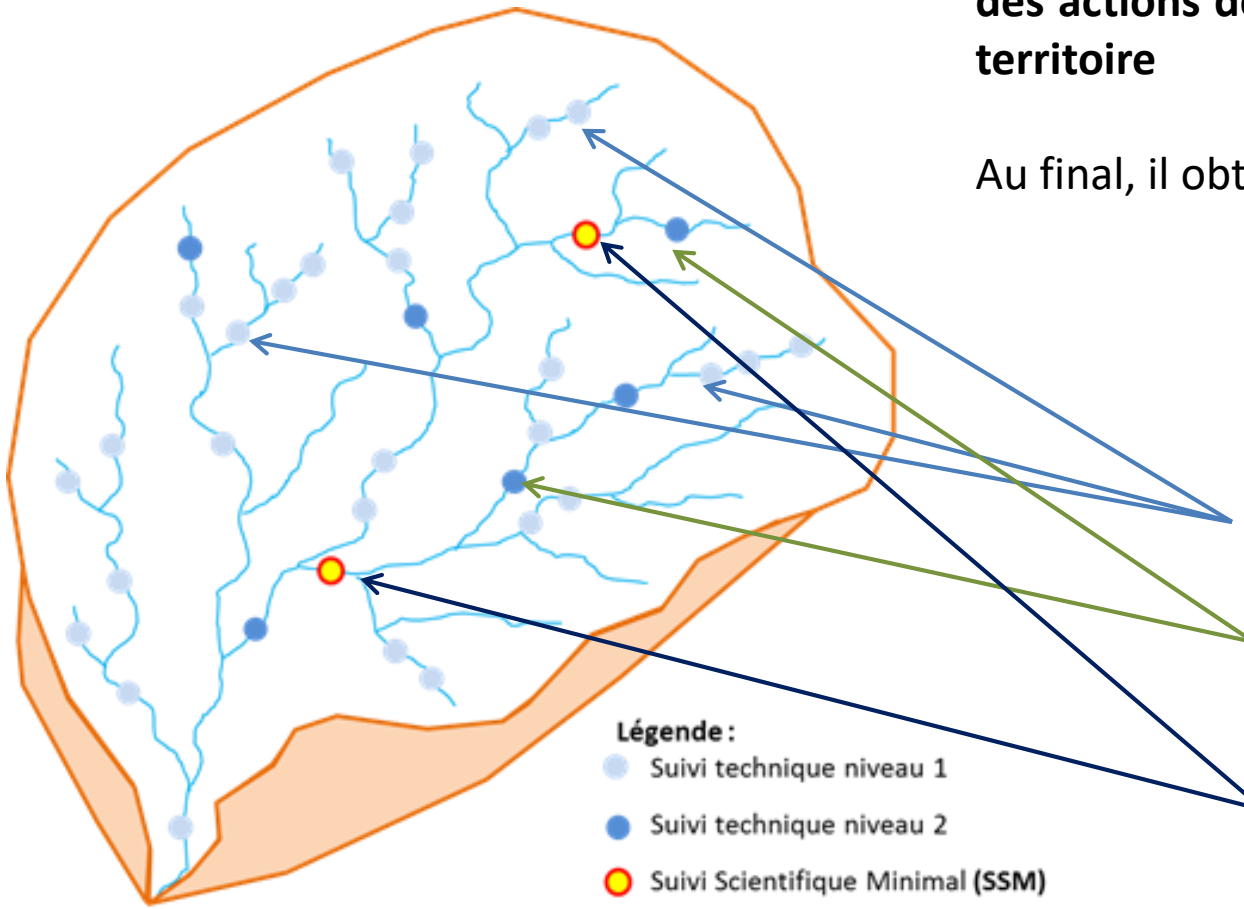
- **Quelques protocoles nécessitent du matériel spécifique :**

Pêche électrique

Macroinvertébrés

Le gestionnaire va suivre cette logique pour chacune des actions de restaurations prévues à l'échelle de son territoire

Au final, il obtiendra son **programme de suivi**



Aménagements piscicoles

Remise à ciel ouvert partielle / Reméandrage sur 50m

Reméandrage sur 300 m / Arasement d'un ouvrage

Plan de la présentation

- Origine et objectifs
- Utilisation
- **Exemples**
- Perspectives

Niveau de suivi 1		
Photographies	✔	✔
Hauteur de chute (à l'étiage)	✔	✔
Linéaire amont réouvert à la circulation piscicole		✔

Données à bancariser : Arasement

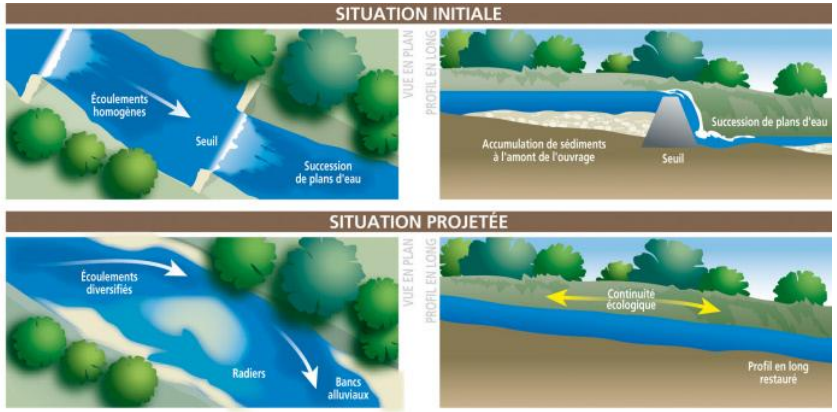
Localisation de l'ouvrage

Département : Mayenne (53)
Cours d'eau : l'Ernée
Commune : Saint-Germain-Le-Guillaume
Superficie du BV : 339,6 km²
Distance à la source : 45 km
Module estimé : 3,55 m³/s

Dispositif : Seuil avec clapet basculant
Hauteur de chute initiale = **1,60 m**

Septembre 2013

Dispositif : enrochements régulièrement répartis
Hauteur de chute résiduelle = **0,38 m**



Linéaire amont réouvert à la circulation piscicole **> 1 km**
Linéaire d'écoulement libre récupéré de **590 mètres**

Syndicat de Bassin pour l'Aménagement de la Rivière l'Ernée

Niveau de suivi 1
Photographies
Linéaire cumulé des travaux
Coefficient de sinuosité
Profil en travers
Proportion des faciès d'écoulement (en %)

Données à bancariser : Reméandrage

Avant

Pendant (2014)

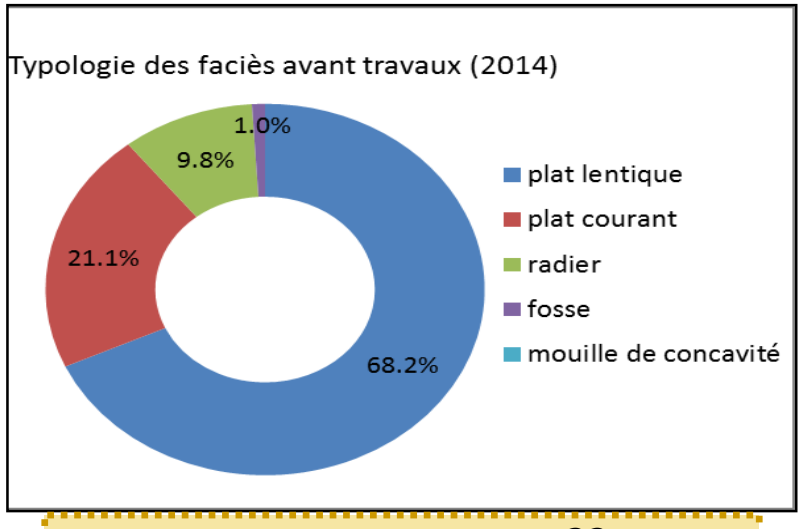
Après (2016)

Localisation des travaux

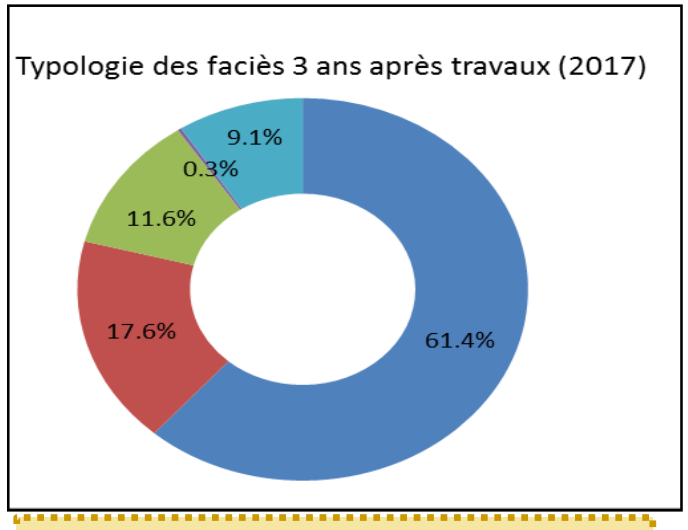
Département : Ille et Vilaine (35)
Cours d'eau : La Blanchetais
Commune : Orgères
Superficie du BV : 2.84 km²
Débit journalier biennal : 0.12 m³/s.

Linéaire de travaux : **300ml**

73 m de cours d'eau créés



Succession de faciès : **32**



Succession de faciès : **114**

SIBV Seiche
Syndicat Intercommunal du Bassin Versant de la Seiche

Données à bancariser : Reméandrage

Niveau de suivi 1
Photographies
Linéaire cumulé des travaux
Coefficient de sinuosité
Profil en travers
Proportion des faciès d'écoulement (en %)

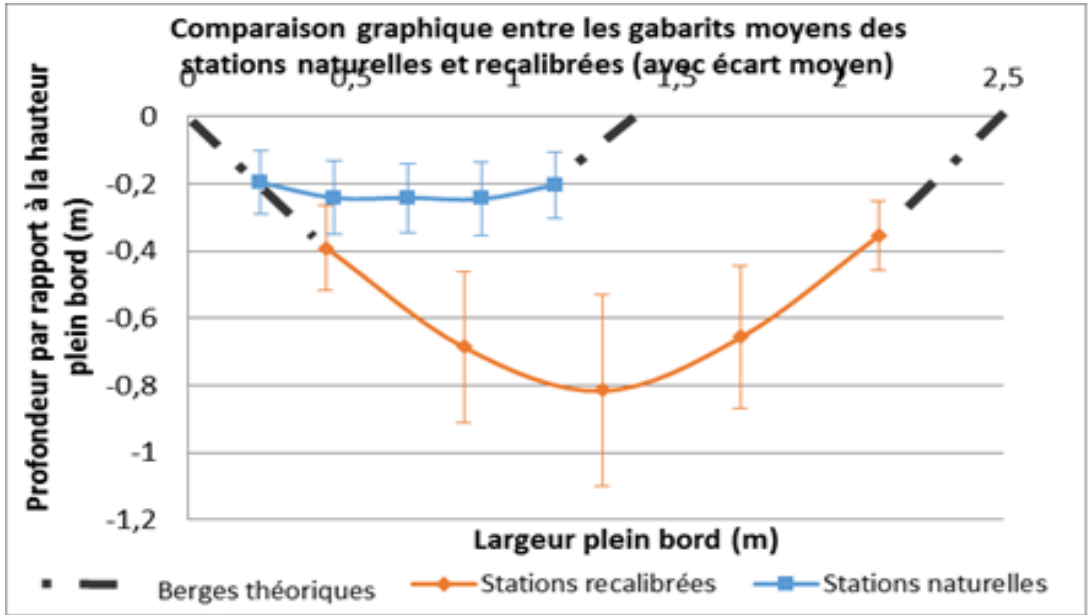
2014	Lpb	Ht
PT1	2.4	1.12
PT2	2.1	1.11
PT3	2.2	1.13
PT4	1.9	1.11
	2.15	1.12

2017	Lpb	Ht
PT1	1.45	0.3
PT2	0.9	0.2
PT3	0.9	0.2
PT4	1.8	0.32
	1.26	0.26

Ratio Lpb/Ht	
2014	**2017**
2.1	4.8
1.9	4.5
1.9	4.5
1.7	5.6

Localisation des travaux

Département : Ille et Vilaine (35)
Cours d'eau : La Blanchetais
Commune : Orgères
Superficie du BV : 2.84 km²
Débit journalier biennal : 0.12 m³/s.

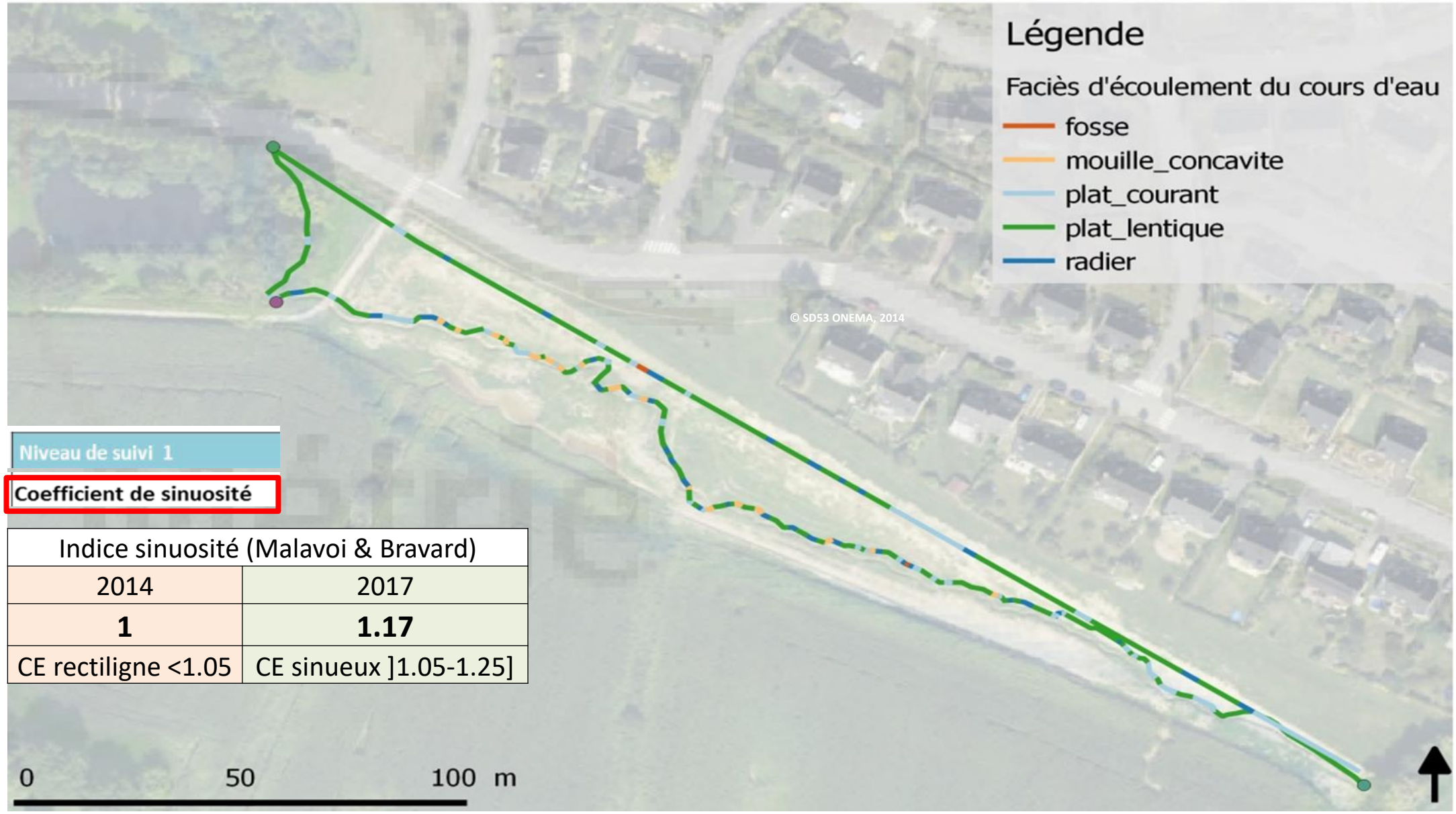


Colin, 2015

Données à bancariser : Reméandrage

Niveau de suivi 2

Cartographie des faciès d'écoulement



Niveau de suivi 1

Coefficient de sinuosité

Indice sinuosité (Malavoi & Bravard)	
2014	2017
1	**1.17**
CE rectiligne <1.05	CE sinueux]1.05-1.25]

Données à bancariser : Reméandrage

Localisation des travaux

Département : Ille et Vilaine (35)
Cours d'eau : La Blanchetais
Commune : Orgères
Superficie du BV : 2.84 km²
Débit journalier biennal : 0.12 m³/s.

Avant **Pendant (2014)** **Après (2016)**

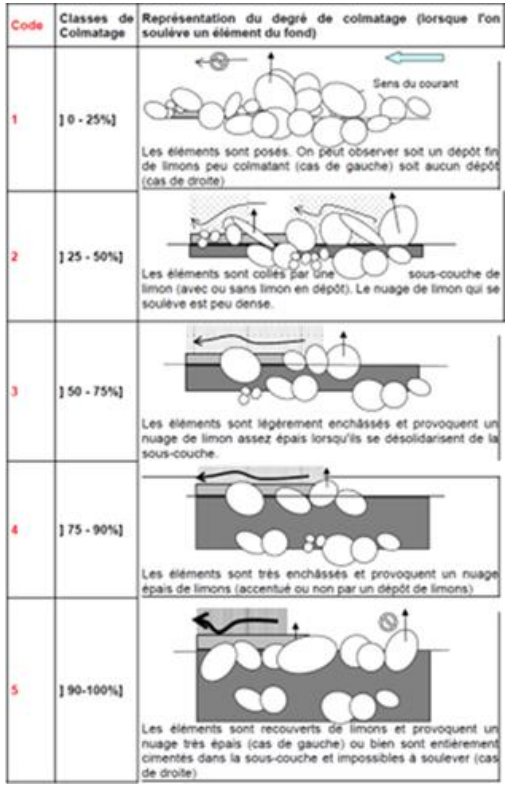
Niveau de suivi 2

Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers

Colmatage

2014	Granulométrie Dominante-Accessoire	Classe colmatage (Archambaud)
PT1	Limons- Pierres Grossières	3
PT2	Limons- Graviers fins	5
PT3	Sables grossiers- Limons	4

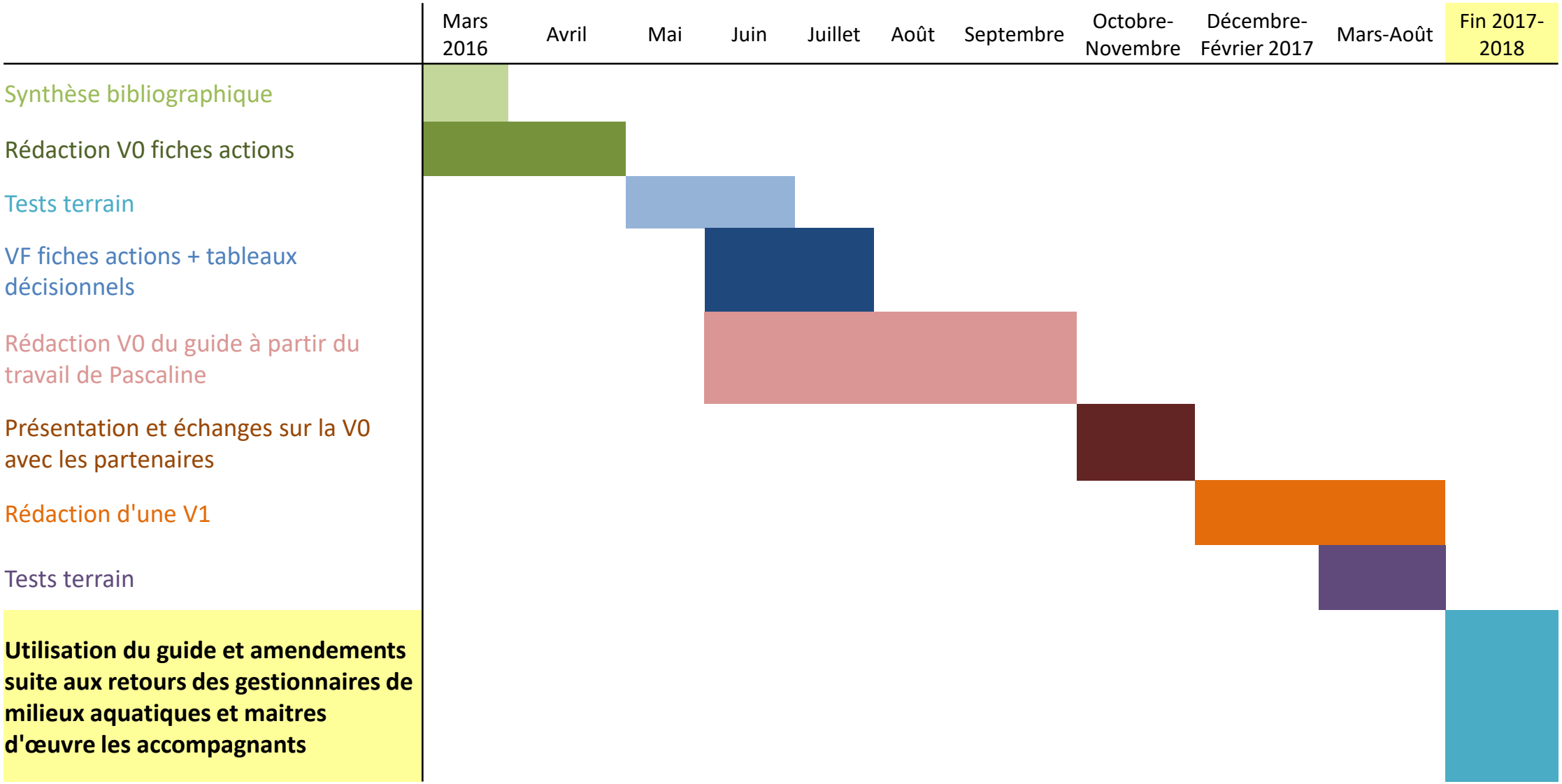
2017		
PT1	Graviers grossiers- Cailloux fins	2
PT2	Graviers grossiers- Cailloux fins	3
PT3	Graviers grossiers- Cailloux fins	2



SIBV Seiche
Syndicat Intercommunal du Bassin Versant de la Seiche

Plan de la présentation

- Origine et objectifs
- Utilisation
- Exemples
- **Perspectives**



Document en version provisoire. En attente de réactions, compléments et propositions de modifications

Un outil homogène de bancarisation des résultats des suivis est essentiel

- ✓ Faciliter la saisie,
- ✓ Faciliter l'analyse,
- ✓ Faciliter la valorisation à long terme.

	Valeurs ou éléments dans BDD	Date
Suivi photo	ras	avant-après
H chute ét	H chute	avant-après
altitude CE	altitude moyenne	avant-après
sinuosité	SI	avant-après
PT	graphique et valeurs (min, max, moyen)	avant-après
faciès	% plat, % radier...	avant-après
Classe granu	Dom et acc	avant-après
Linéaire amont réouvert	linéaire	après
linéaire remous	linéaire	après
taux d'étagement	taux	après
taux de fractionnement	taux	après
profil en long	graphique et valeur de pente	avant-après
carto faciès	carto	avant-après
classe dom et acc par faciès	granulo moy par faciès	avant-après
colmatage archambaud	classe moyenne	avant-après
batonnets	valeur moyenne	avant-après
habitats complémentaires	nb bois, blocs…	avant-après
fonctionnalité PAP	indice	après

Vers un deuxième groupe de travail pour réaliser cet outil de saisie

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

MERCI DE VOTRE ATTENTION

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 ant 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.

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 andtheir 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.