

Suivis d'opérations de restaurations hydromorphologiques en cours d'eau

Réunion d'information eau et nature DREAL Pays de la Loire



8 octobre 2019

Alexandra HUBERT - alexandra.hubert@afbiodiversite.fr

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

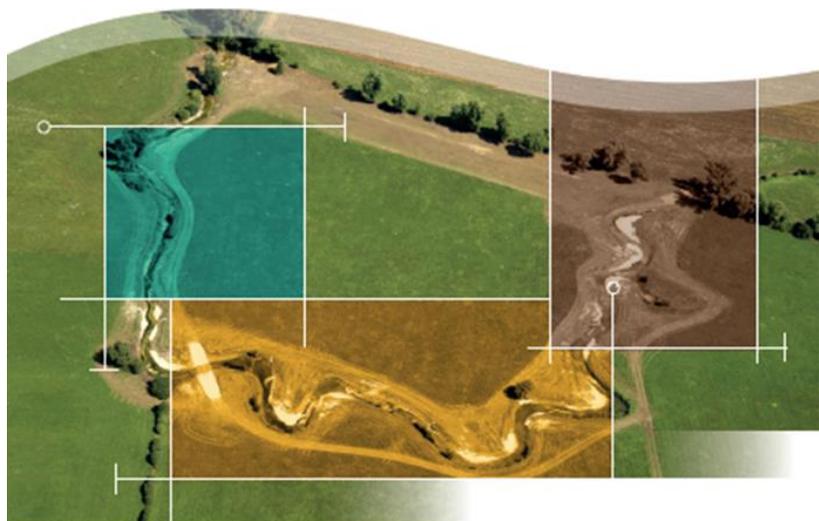
Deux guides AFB complémentaires !

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



GUIDE

pour l'élaboration de suivis d'opérations
de restauration hydromorphologique en
cours d'eau



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 1

Janvier 2019

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



Creseb Centre de Ressources et d'Expertise Scientifique sur l'Eau de Bretagne



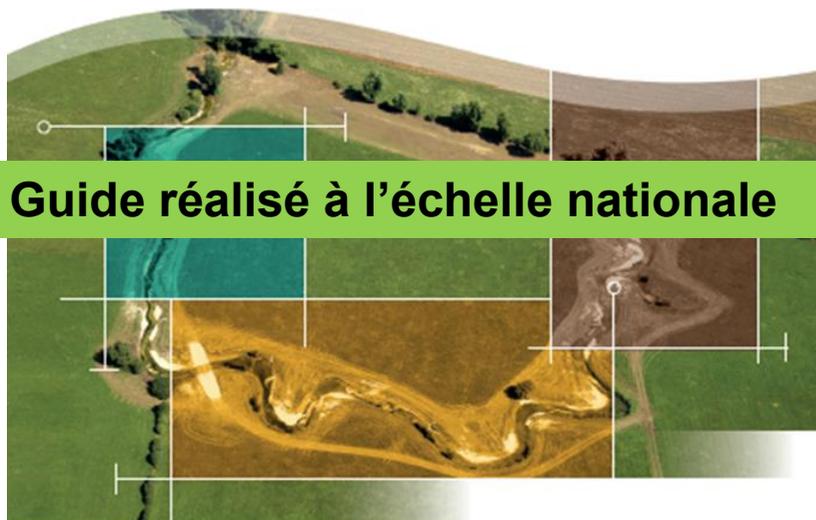
Deux guides AFB complémentaires !

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Guides et protocoles

GUIDE

pour l'élaboration de suivis d'opérations
de restauration hydromorphologique en
cours d'eau



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



Janvier 2019

Comment faire la différences ?

	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

Comment faire la différences ?

	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

Comment faire la différences ?

	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

Comment faire la différences ?

	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

Comment faire la différences ?

	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

Comment faire la différences ?

	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

Focus sur le guide « SSM »

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



Guides et protocoles

GUIDE

pour l'élaboration de suivis d'opérations
de restauration hydromorphologique en
cours d'eau



<https://professionnels.afbiodiversite.fr/fr/doc-guides-protocoles/guide-lelaboration-suivis-doperations-restauration-hydromorphologique-en>

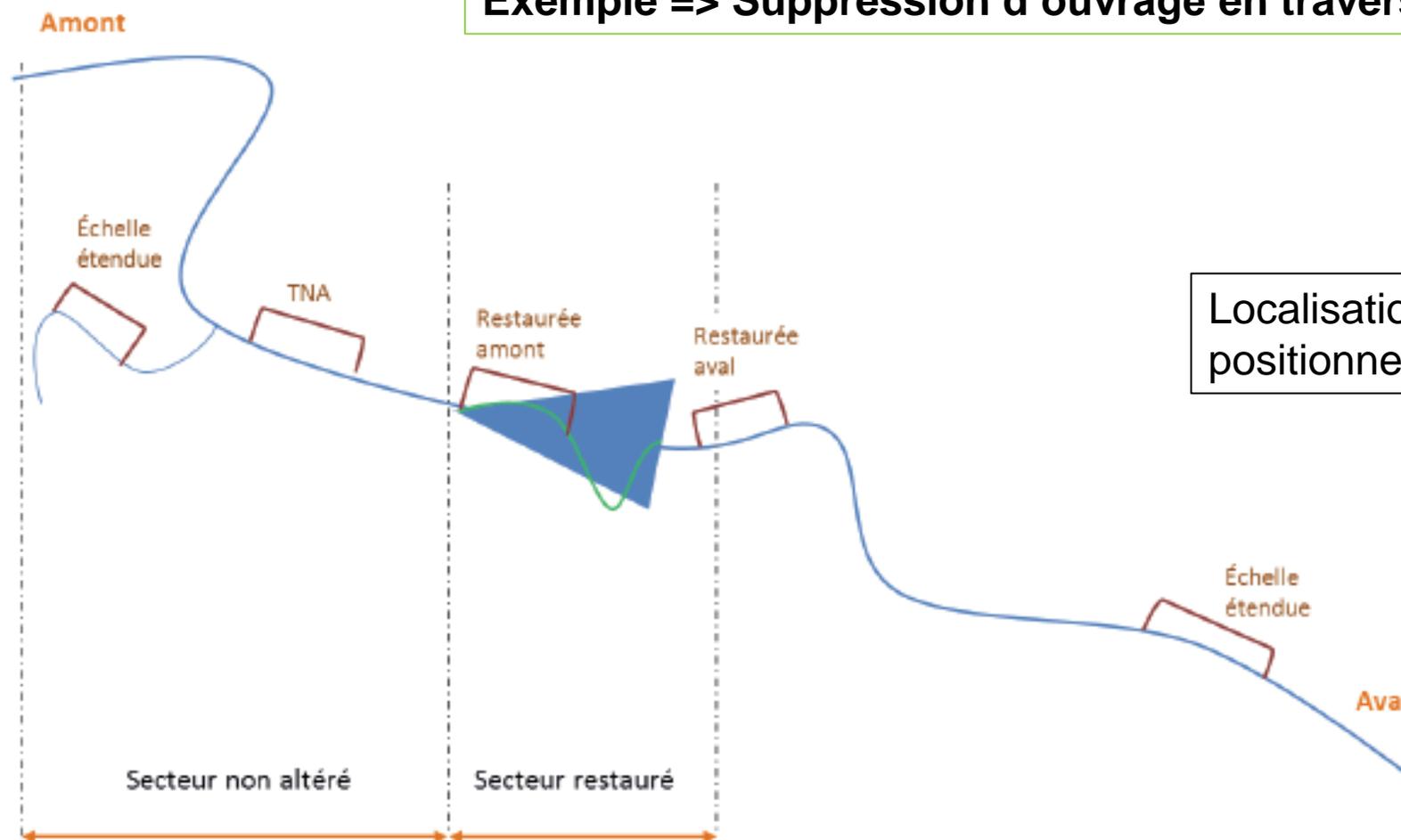
Partie A : **contexte général, définition du suivi, échelles et chronologie, processus de bancarisation des données.**

Partie B : **fiches par type d'opération de restauration hydromorphologique** détaillant le suivi à mettre en place.

Partie C : détail des **différents protocoles** à mettre en place et **éléments d'interprétation.**

Focus sur le guide « SSM »

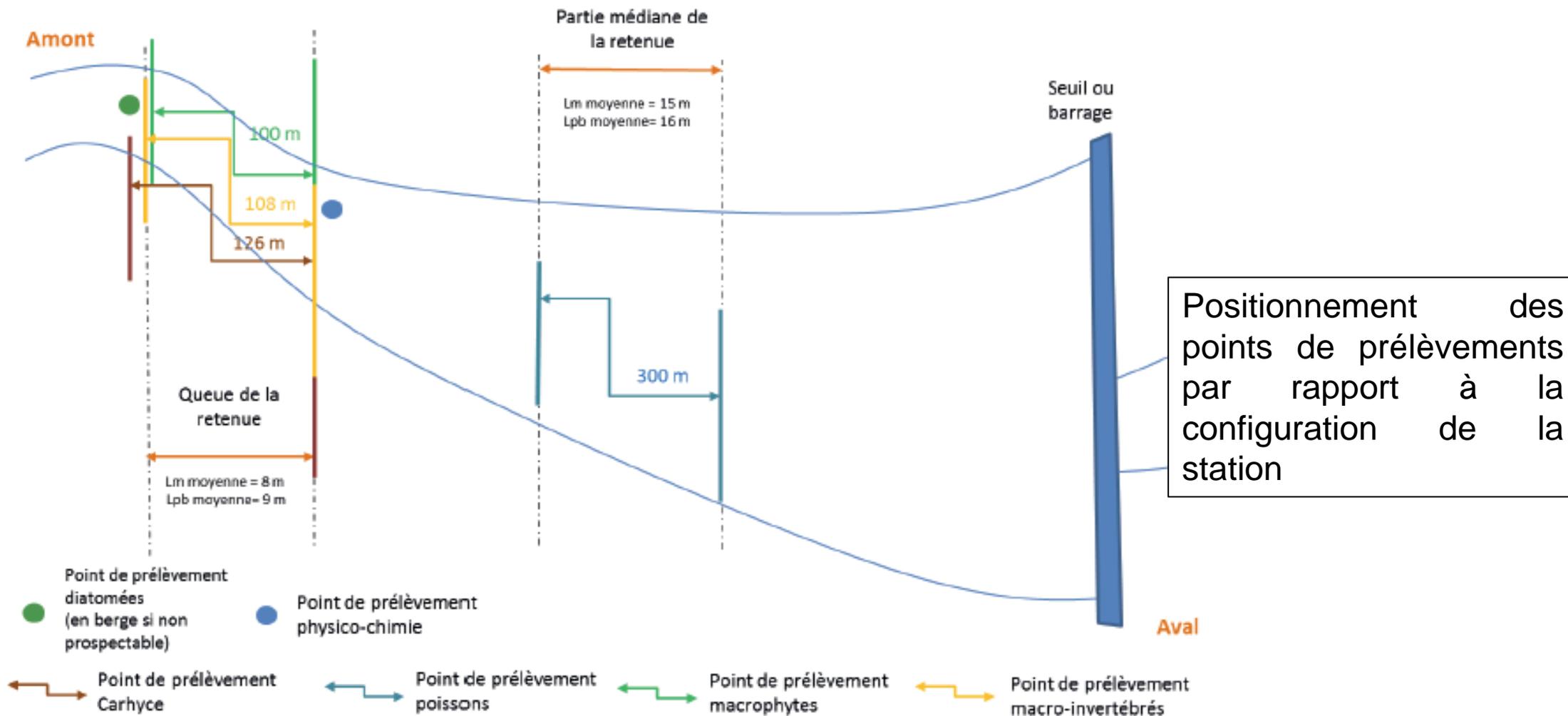
Exemple => Suppression d'ouvrage en travers



Localisation des secteurs et positionnement des stations

Focus sur le guide « SSM »

Exemple => Suppression d'ouvrage en travers



Focus sur le guide « SSM »

Exemple => Suppression d'ouvrage en travers

Suivis s'ajoutant aux protocoles standardisés cités précédemment

Suivi à l'échelle linéaire et associé

Suivi photo (obligatoire)

Objectif - Suivre l'évolution du paysage avant-après travaux en s'assurant de prendre des points de repères et de conserver le même positionnement au fil du temps. Suivre l'évolution du cours d'eau dans le contexte général du fond de la vallée et notamment observer les successions dans l'ancienne retenue.

Réalisation de photos du site, des ouvrages, du fond de vallée et du cours d'eau (se référer à la *Fiche 7 Photos*) ;

Suivi faciès et profil en long (obligatoire)

Objectif - Suivre les évolutions apportées par l'effacement (disparition ou diminution de l'effet retenue, diversification des écoulements, reprise des processus d'érosion/dépôt, profil en long plus naturel).

Relevé de faciès et profil en long (se référer à la *Fiche 8 Profil en long et faciès d'écoulements*) ;

Suivi de l'hydrologie (obligatoire)

Objectif - Connaître le fonctionnement hydrologique du tronçon, facteur explicatif des peuplements, de la morphologie et de la physico-chimie observés lors des suivis, évaluer les évolutions avant-après travaux (fréquence de débordements,...).

Se référer à la *Fiche 9 Hydrologie* ;

Suivi des connexions avec la nappe (recommandé)

Objectif - Suivre l'évolution de la nappe, en lien avec la baisse des niveaux d'eau dans la retenue.

Se référer à la *Fiche 10 Connexions avec la nappe*.

Focus sur le guide « Bretagne-Pays de la Loire »

Disponible sur demande

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 1

Janvier 2019

Partie méthodologique : **contexte général, définition du niveau de suivi et des indicateurs à mettre en place.**

Partie pratique : **fiches par type d'opération de restauration hydromorphologique** détaillant les méthodes à mettre en place.

Tableur Excel : **bancarisation et premières valorisation** des données

Focus sur le guide « Bretagne-Pays de la Loire »

ENJEUX

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**



Focus sur le guide « Bretagne-Pays de la Loire »

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

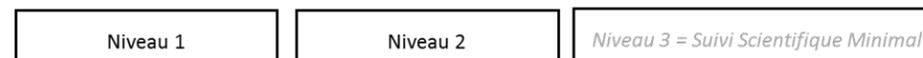


Focus sur le guide « Bretagne-Pays de la Loire »

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
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

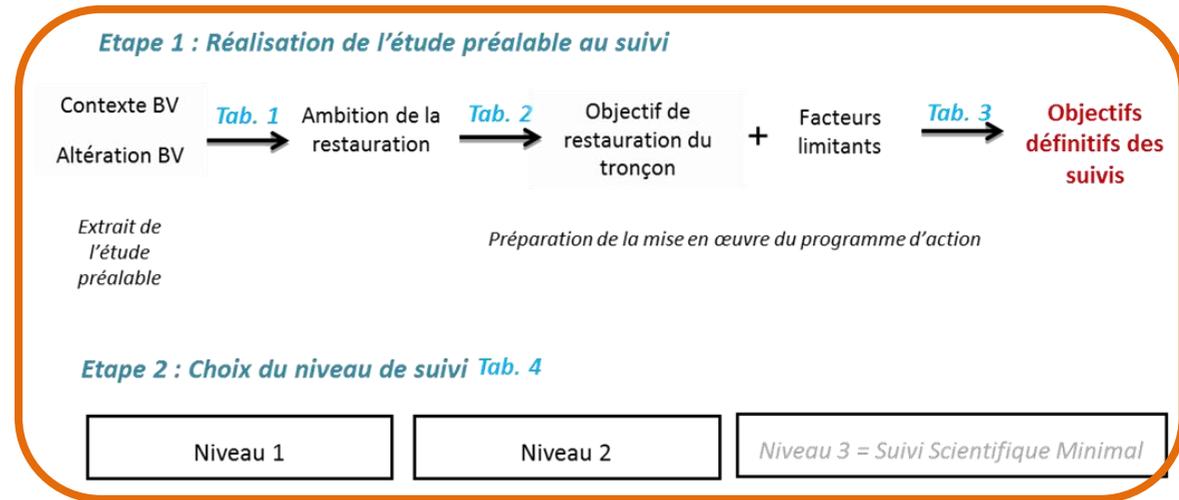
Etape 6 : Acquisition saisie et analyse des données

Etape 7 : Valorisation et communication

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

- Partie méthodologique :

Cette partie apporte des éléments de réflexions => aide à la définition de l'ambition de restauration, des facteurs limitants et du niveau de suivi.



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 apporte des éléments de réflexions => aide à la définition de l'ambition de restauration, des facteurs limitants et du niveau de suivi.

- 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

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
Ouvrages < 0,50 m 1 : Aménagement piscicole 2 : Arasement total de l'ouvrage	Recalibrage - Rectification 6 : Déblais/remblais des berges 7 : Recharge matelas alluvial 8 : Diversification des faciès d'écoulement 9 : Reméandrage
Ouvrages ≥ 0,50 m 3 : Aménagement piscicole 4 : Arasement partiel de l'ouvrage 5 : Arasement total de l'ouvrage	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

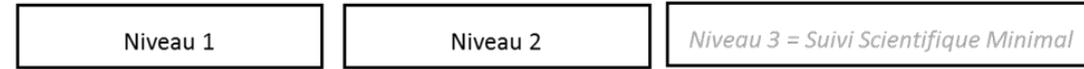
Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi



Extrait de
l'étude
préalable

Préparation de la mise en œuvre du programme d'action

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
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 influencé par les travaux.



		AMBITION DE RESTAURATION		
		Faible	Moyenne	Forte
CONTINUITÉ ECOLOGIQUE	Ouvrages < 50cm	Aménagement visant à améliorer le franchissement piscicole : <i>SEUIL</i> : brèches, rampe... <i>BUSE</i> : 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 <i>Exemple</i> : 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 <i>Exemple</i> : 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 <i>Exemple</i> : 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



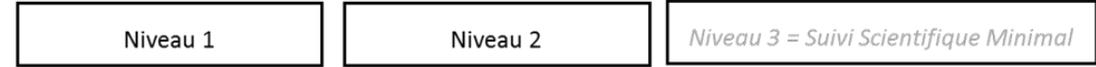
① Définir l'ambition de la restauration

Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi



② Choix du niveau de 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

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.

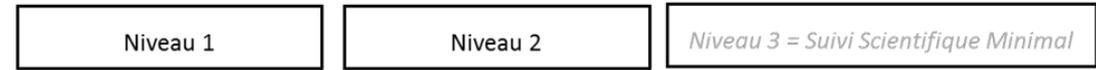
- Niveau 3

= Suivi Scientifique Minimal à appliquer aux projets très ambitieux et ne présentant pas ou très peu de facteurs limitants.

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
Ouvrages < 0,50 m <ul style="list-style-type: none"> 1 : Aménagement piscicole 2 : Arasement total de l'ouvrage 	Recalibrage - Rectification <ul style="list-style-type: none"> 6 : Déblais/remblais des berges 7 : Recharge matelas alluvial 8 : Diversification des faciès d'écoulement 9 : Reméandrage
Ouvrages ≥ 0,50 m <ul style="list-style-type: none"> 3 : Aménagement piscicole 4 : Arasement partiel de l'ouvrage 5 : Arasement total de l'ouvrage 	Déplacement de cours d'eau <ul style="list-style-type: none"> 10 : Remise en talweg
	Enterrement de cours d'eau <ul style="list-style-type: none"> 12 : Remise à ciel ouvert partiel ou total

Etape 4 : Préparation de la phase terrain

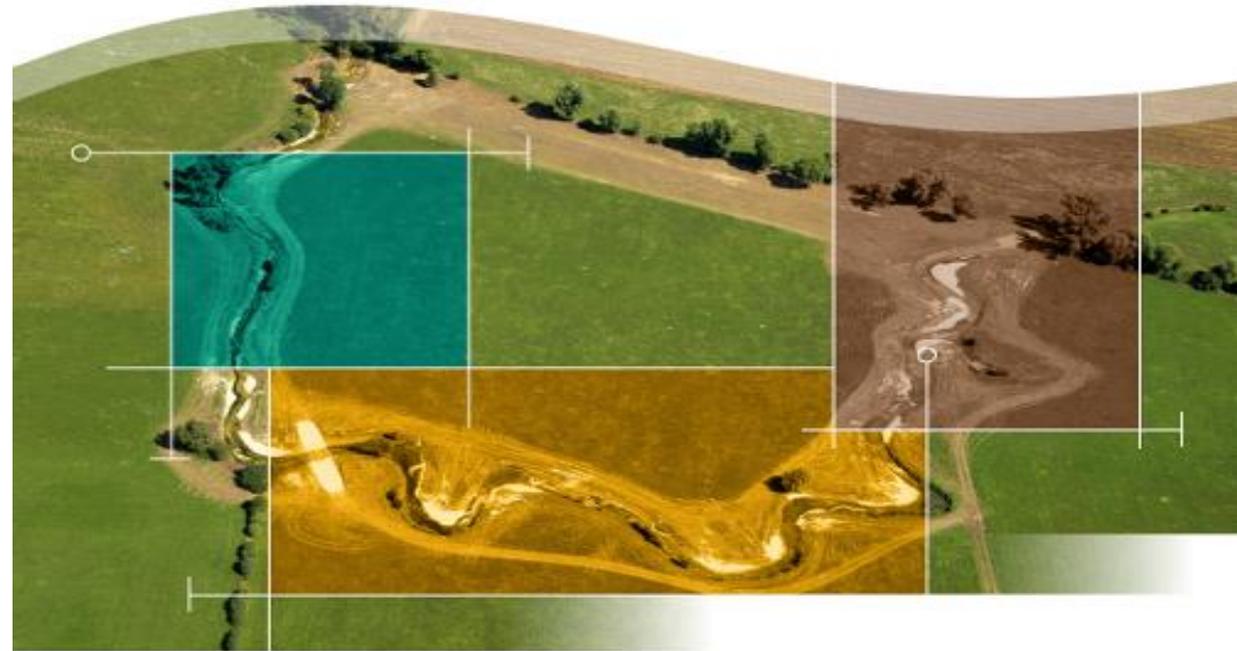
Etape 5 : Suivi avant et après travaux

Etape 6 : Acquisition saisie et analyse des données

Etape 7 : Valorisation et communication

GUIDE

pour l'élaboration de suivis d'opérations
de **restauration hydromorphologique en
cours d'eau**



- 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

② Choix du niveau de suivi

		Ambition de restauration		
		Faible	Moyenne	Forte
	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

Incidence des facteurs limitants

TABLEAU D'IDENTIFICATION DES FACTEURS LIMITANTS POUVANT COMPROMETTRE LES OBJECTIFS

	REPERTE	BIODIVERSITE	HYDROMORPHOLOGIE	QUALITE DE L'EAU
	<p>Objectifs</p> <ul style="list-style-type: none"> Améliorer la franchissabilité des espèces le long du lit existant Améliorer la continuité écologique Maintenir et diversifier les habitats aquatiques Limiter la prolifération d'espèces invasives Améliorer la continuité sédimentaire Restaurer la présence de végétaux aquatiques Restaurer la présence de végétaux émergents Restaurer un régime hydrologique naturel (précipitations) Restaurer la relation lit/cours d'eau Restaurer les ripisylves Restaurer un régime thermique naturel 			
REFERENCES	<p>Moerke 2009 / Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Pletty et al 2003 / Hanks et al 2004 2004) dans Gretchen 2007 / Baran et Souchon 2007</p> <p>Puff et al 2006 / Baran et Souchon 2007</p> <p>Clay 2013 / Moerke 2004 / Laub 2012 / Vahanen et al 2010 / Roni 2008</p> <p>Roni 2008 / Malavei 2007</p> <p>Lorenz 2012</p> <p>Pletty 2003</p> <p>Parkyn et Davies Colly 2003 dans Gretchen 2007</p> <p>Arango et al 2013 / Palmer 2009 / Laub 2012</p> <p>Présence de protection de berge</p> <p>Cours d'eau canalisé pour la navigation</p> <p>Absence d'anneaux hydrauliques et/ou d'habitats piscicoles (potentielles frayères, zones de refuge... etc)</p> <p>Moerke 2009 / Clay 2013 / Roni 2008 / Puff et al 2006 dans Moerke 2009 / Itoit 2014 / Haase 2013 / Stadler 2015 / Lorenz 2012</p> <p>Roni 2008</p> <p>Haase 2013</p> <p>Haase 2013</p> <p>Rejet de STEP/lagunes</p> <p>Fort apport MES</p> <p>Mauvaise qualité physique du cours d'eau (TC, O2d, conductivité...)</p>			
OCCUPATION DU SOL	<p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p>			
PRESSION	<p>Moerke 2009 / Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p>			
COURS D'EAU	<p>Moerke 2009 / Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p>			
BIODIVERSITE	<p>Moerke 2009 / Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p>			
QUALITE DE L'EAU	<p>Moerke 2009 / Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p> <p>Bord et Le lac 2003 / Miller et al 2010 / Palmer et al 2010 / Roni et al 2008 / dans Kail et al 2015 / Haase 2013</p>			

		AMBITION DE RESTAURATION		
		Faible	Moyenne	Forte
CONTINUITÉ 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 et 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
Biosphère	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

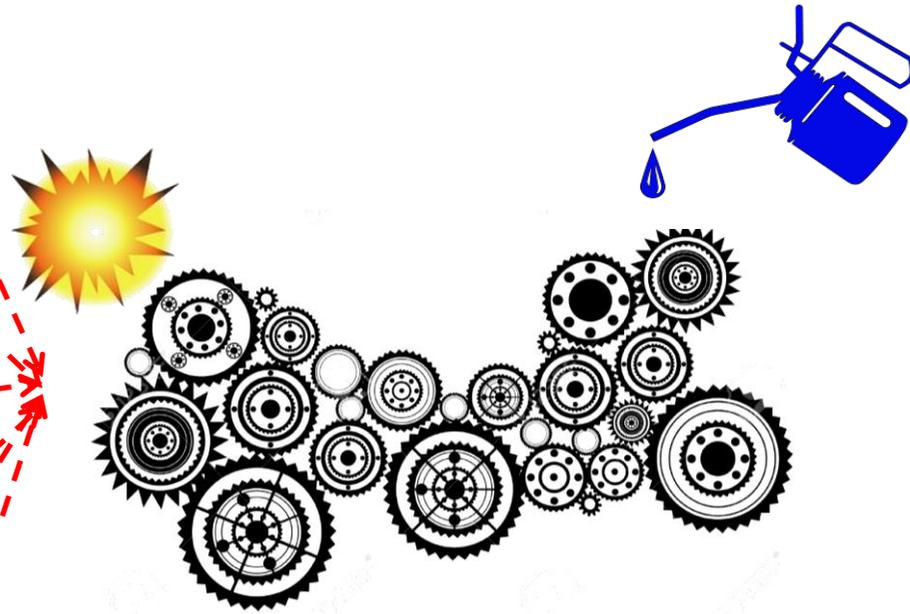
Lehmkuhl, 1972 ; Briers et Gee, 2004

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

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

	BIODIVERSITE	HYDROMORPHOLOGIE	QUALITE DE L'EAU
OBJECTIFS	Préserver la biodiversité des espèces le long du lit et des rives Maintenir et développer les habitats aquatiques Limiter la prolifération d'espèces invasives Améliorer la continuité sédimentaire	Préserver le profil en long naturel du cours d'eau Maintenir et améliorer la continuité écologique Rétablir le caractère de ruissellement Maintenir un régime hydrologique naturel (crues/étiages) Préserver les ripisylves et les zones humides Limiter les impacts des aménagements	Restaurer un régime hydrologique naturel
REFERENCES	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...)	
OCCUPATION DU SOL	Bv fortement industrialisé ou anciennes activités impactantes	Bv fortement agricole (agriculture intensive : disparition du bocage, modification des tracés de cours d'eau, présence de drainages...etc)	
PRESSIONS	Puff et al 2006 / Baran et Souchon 2007	Présence de captage d'eau - de réseau d'irrigation - de réservoir	
REGIME	Clay 2013 / Moerke 2004 / Laub 2012 / Vahanen et al 2010 / Roni 2008	Régime hydrologique perturbé (liées aux activités, au climat, au contexte hydrologique...etc)	
COURS D'EAU	Roni 2008 / Malavei 2007	Problème d'apport solide (ex : forte érosion du BV, manque d'apport de sédiments du versant...etc)	
INCIDENCE	Lorenz 2012	Fortes pentes	
QUALITE DE L'EAU	Pretty 2003	Faible pente	
INCIDENCE	Parkyn et Davies Colly 2003 dans Gretchen 2007	Ripisylve peu présente ou inexistante	
INCIDENCE	Arango et al 2013 / Palmer 2009 / Laub 2012	Nombreux obstacles à la continuité écologique et sédimentaire	
INCIDENCE		Présence de protection de berge	
INCIDENCE		Cours d'eau canalisé pour la navigation	
INCIDENCE		Absence d'anneaux hydrauliques et/ou d'habitats piscicoles (potentielles frayères, zones de refuge...etc)	
INCIDENCE	Moerke 2009 / Clay 2013 / Roni 2008 / Puff et al 2006 dans Moerke 2009 / Itoit 2014 / Haase 2013 / Stadler 2015 / Lorenz 2012	Non-conformance sur la présence, la répartition et les caractéristiques des espèces ciblées par le projet.	
INCIDENCE	Roni 2008	Présence d'espèces invasives	
INCIDENCE	Haase 2013	Présence de pollution ponctuelle	
INCIDENCE	Haase 2013	Présence de pollution diffuse	
INCIDENCE		Néjet de STEP/lagunes	
INCIDENCE		Fort apport MES	
INCIDENCE		Mauvaise qualité physique du cours d'eau (TC, O2d, conductivité...)	



		AMBITION DE RESTAURATION		
		Faible	Moyenne	Forte
CONTINUITÉ 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 <i>Exemple</i> : 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 <i>Exemple</i> : 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 et dont l'emprise pourra se situer en dehors du lit existant <i>Exemple</i> : 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

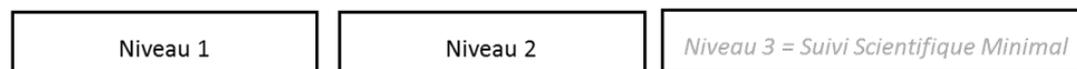
① Définir l'ambition de la restauration

Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi



② Choix du niveau de suivi

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



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	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



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

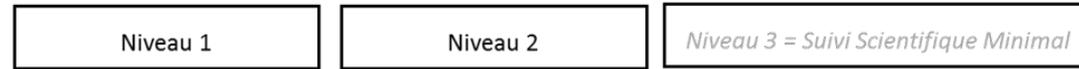
Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi



Extrait de l'étude préalable

Préparation de la mise en œuvre du programme d'action

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
Ouvrages < 0,50 m <ul style="list-style-type: none"> 1 : Aménagement piscicole 2 : Arasement total de l'ouvrage 	Recalibrage - Rectification <ul style="list-style-type: none"> 6 : Déblais/remblais des berges 7 : Recharge matelas alluvial 8 : Diversification des faciès d'écoulement 9 : Reméandrage
Ouvrages ≥ 0,50 m <ul style="list-style-type: none"> 3 : Aménagement piscicole 4 : Arasement partiel de l'ouvrage 5 : Arasement total de l'ouvrage 	Déplacement de cours d'eau <ul style="list-style-type: none"> 10 : Remise en talweg
	Enterrement de cours d'eau <ul style="list-style-type: none"> 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
- ② Choix du niveau de suivi
- ③ Sélection des indicateurs et des méthodes à mettre en place

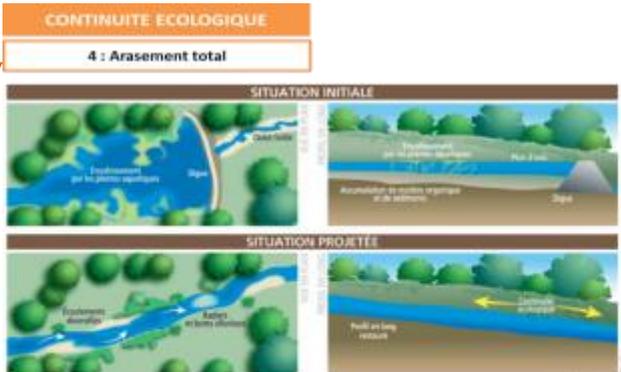
FICHE INDICATEURS

Par type d'opération

Par objectifs de restauration

Par niveau de suivi

Méthodes proposées



Ouvrages ≥ 50 cm

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 parociaux).

	Objectifs												
	Améliorer la franchissabilité des espèces long de la rivière	Favoriser la biodiversité	Maintenir et diversifier les habitats aquatiques	Maintenir et diversifier les habitats ripariaux	Limiter la prolifération d'algues 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	Réguler le colmatage du substrat	Retablir un régime hydrologique naturel (crue/étiage)	Améliorer les capacités autoépuration	Retablir un régime thermique naturel
Niveau de suivi 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Niveau de suivi 2	✓	✓	•	•	•	○	•	•	○	•	•	•	•

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										
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 Foutil 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)	✓	✓										
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	✓	✓										

① Définir l'ambition de la restauration

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

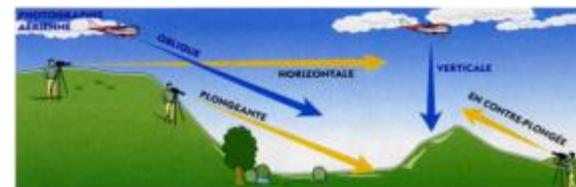
Visualiser les évolutions des milieux et des paysages
Valoriser les opérations auprès du grand public

Temps nécessaire

Bureau : 10 min
Terrain : 1h



Moyens nécessaires



Période conseillée

Toute l'année



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 de vues 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°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°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°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°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



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°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°5

PROFIL EN TRAVERS¹

↳ 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



22 fiches méthodes

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°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°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°19

COLMATAGE : METHODE DES BATONNETS EN BOIS (adapté du protocole CarHyCE¹)

↳ 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-réductrices sur des supports en bois

↳ Temps nécessaire

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



Comment s'équiper ?

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



- Quelques protocoles nécessitent du matériel spécifique :

Pêche électrique



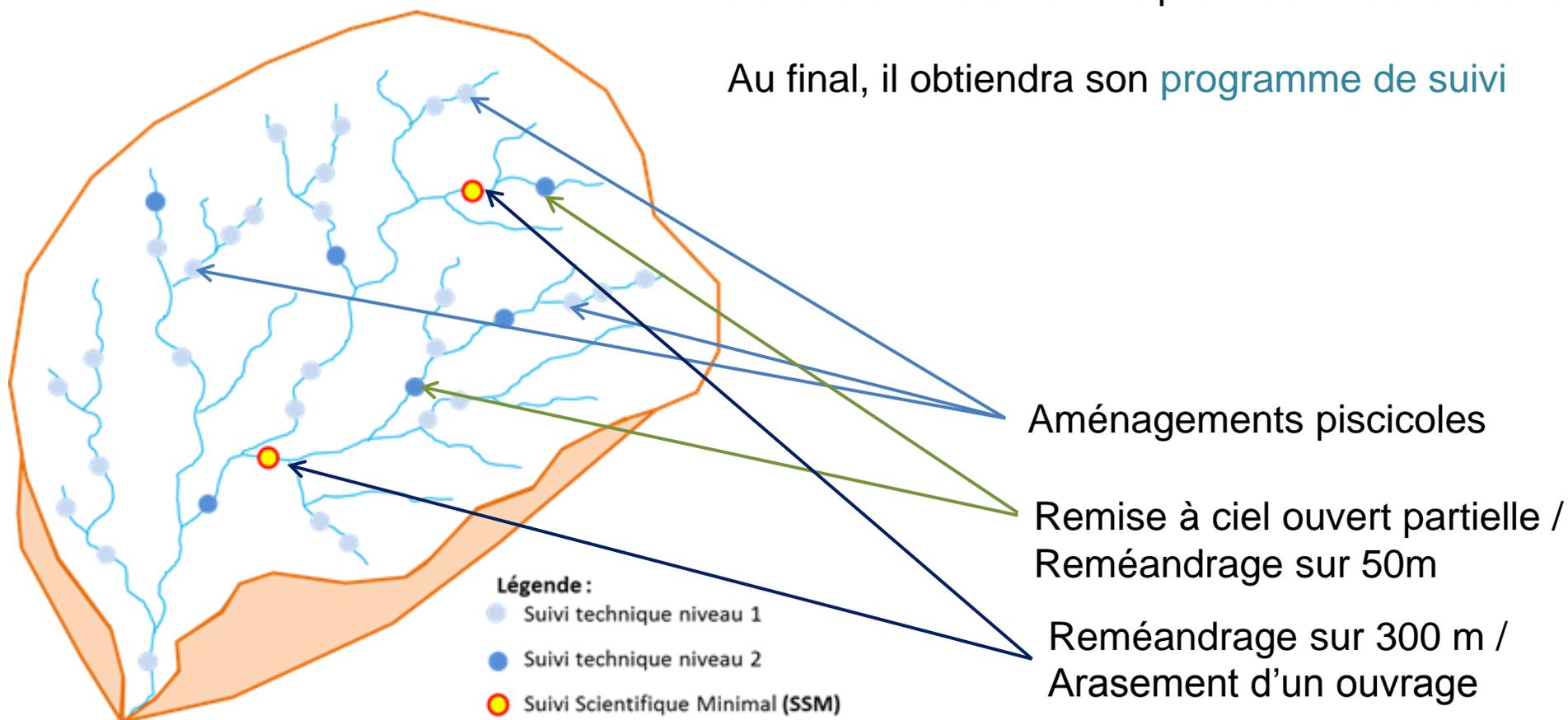
Macroinvertébrés



Deux guides = deux approches complémentaires !

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**



Deux guides = une même conclusion !

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 1

Janvier 2019

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



Creseb Centre de Recherche et d'Expertise Scientifique sur l'Eau de Bretagne

Institution
d'aménagement
de la Villedaine



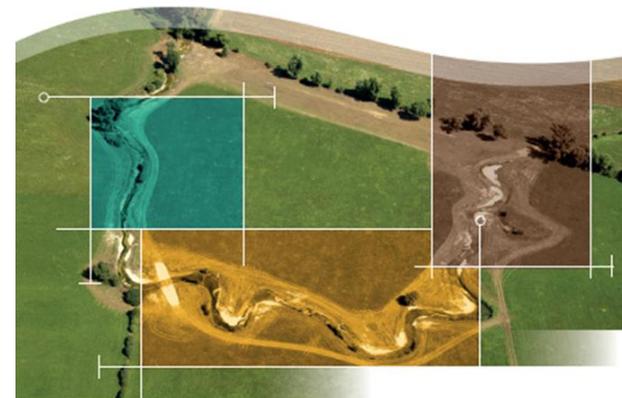
SYLOA
syndicat Loire aval

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

Guides et protocoles

GUIDE

pour l'élaboration de suivis d'opérations
de restauration hydromorphologique en
cours d'eau



LES
AGENCES
DE L'EAU



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



**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Références bibliographiques

- AELB, 2014**, *Éléments 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.
- 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.