

**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





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'efficacité 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



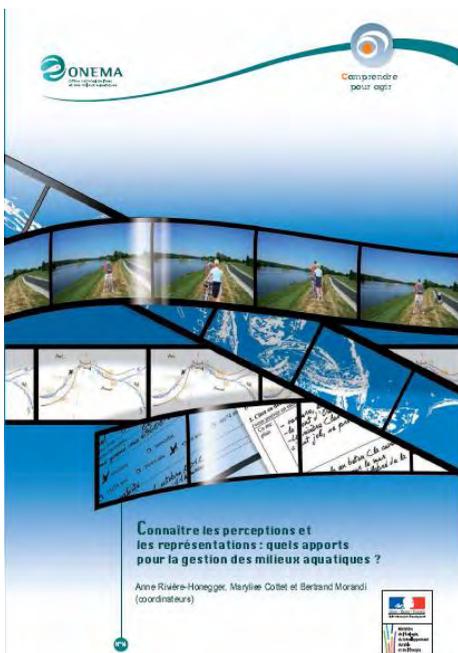


Ce travail ne concerne pas :

- 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)



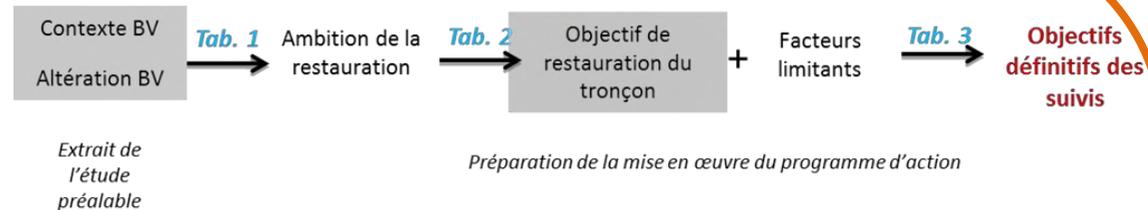


Plan de la présentation

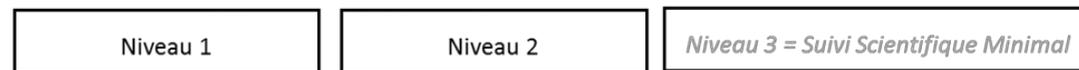
- Origine et objectifs
 - **Utilisation**
 - Exemples
 - Perspectives

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



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

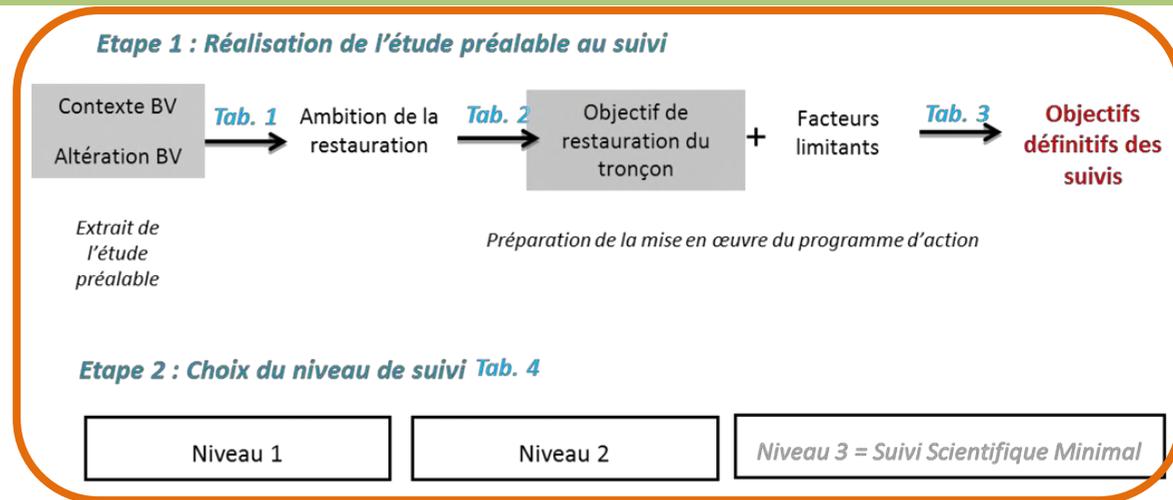
Etape 6 : Acquisition saisie et analyse des données

Etape 7 : Valorisation et communication

• **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 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.

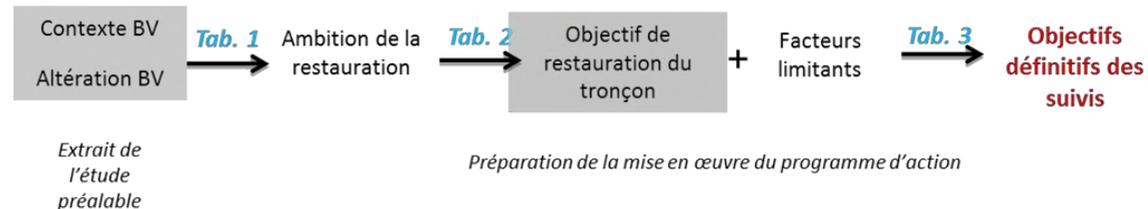
Partie pratique :

Cette partie permettra d'apporter différents outils opérationnels :

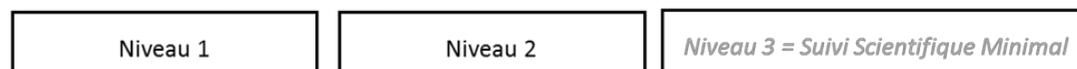
- Fiches « indicateurs » permettant de sélectionner les méthodes à mettre en place par type d'opération et par niveau de suivi
- Fiches « méthodes » pour faciliter la mise en œuvre du suivi
- Fiches standards de récolte et de saisie

des données

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

| |
|------------------------------------|
| 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

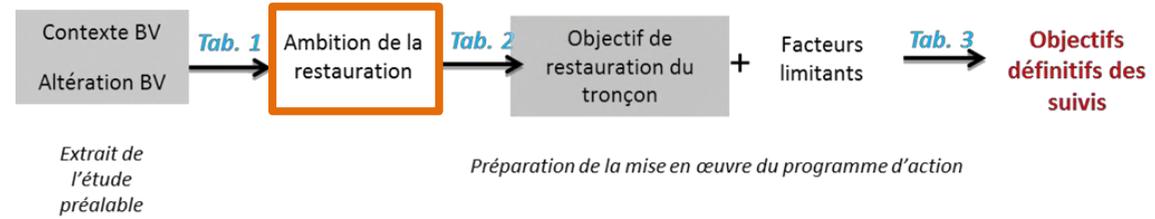
Etape 5 : Suivi avant et après travaux

Etape 6 : Acquisition saisie et analyse des données

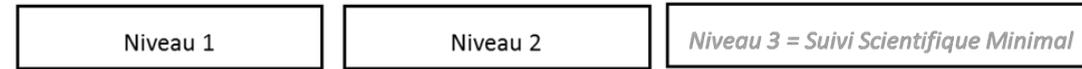
Etape 7 : Valorisation et communication

① Définir l'ambition de la restauration

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

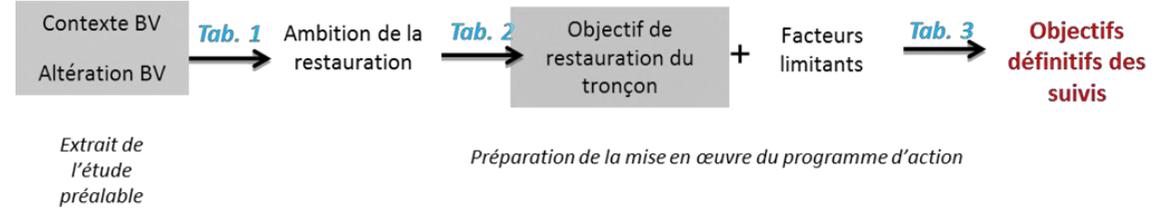
① **Définir l'ambition de la restauration** : déterminée en fonction de la technique de restauration mise en œuvre et du linéaire influencé par les travaux.

| | | 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 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 |



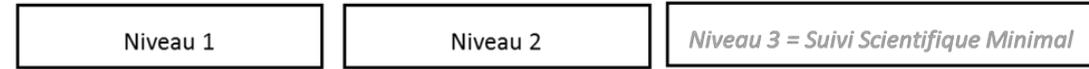
① Définir l'ambition de la restauration

Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi



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 | 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

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.

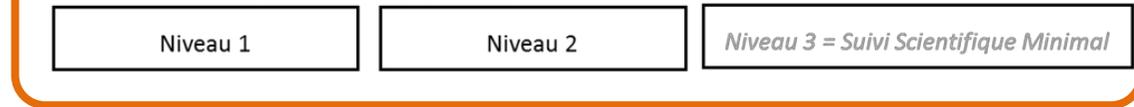
- Niveau 3

= 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 | 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

| | | 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

| | | BIODIVERSITÉ | HYDROMORPHOLOGIE | ÉGALITÉ DE TERRAIN |
|-------------------|--|---|------------------|--------------------|
| OBJECTIFS | | Améliorer le franchissement des espèces le long du lit et/ou des berges Maintenir et/ou améliorer les habitats aquatiques Maintenir et/ou améliorer les habitats ripariens Limiter la prolifération d'espèces invasives Améliorer la continuité sédimentaire Restaurer le profil en long naturel du cours d'eau Restaurer le profil en travers naturel du cours d'eau Rétablir le colonnage des talwegs Instaurer un régime hydrologique naturel (crues/étiages) Restauration de la relation talweg/berges/tafweg Améliorer les aspects paysagers Rétablir un régime thermique naturel | | |
| REFFÉRENCES | | | | |
| OCCUPATION DU SOL | | | | |
| ENVIRONNEMENT | | | | |
| COURS D'EAU | | | | |
| BIODIVERSITÉ | | | | |
| QUALITÉ DE L'EAU | | | | |

| | | AMBITION DE RESTAURATION | | |
|-----------------------|-----------------------------|---|--|---|
| | | Faible | Moyenne | Forte |
| CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE | 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 |
| 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

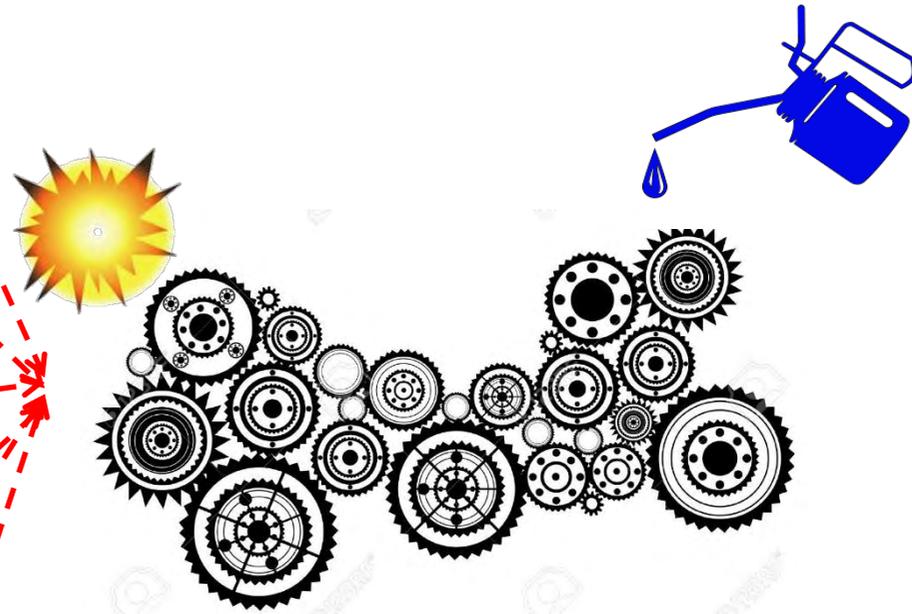
Lehmkuhl, 1972 ; Briers et Gee, 2004

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

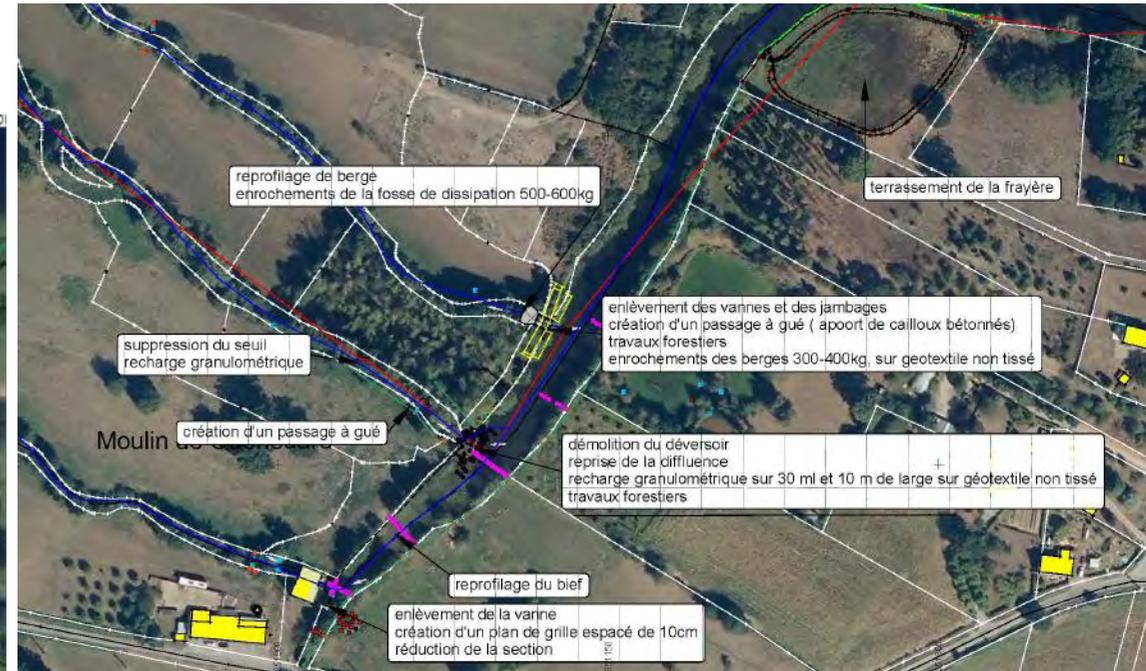
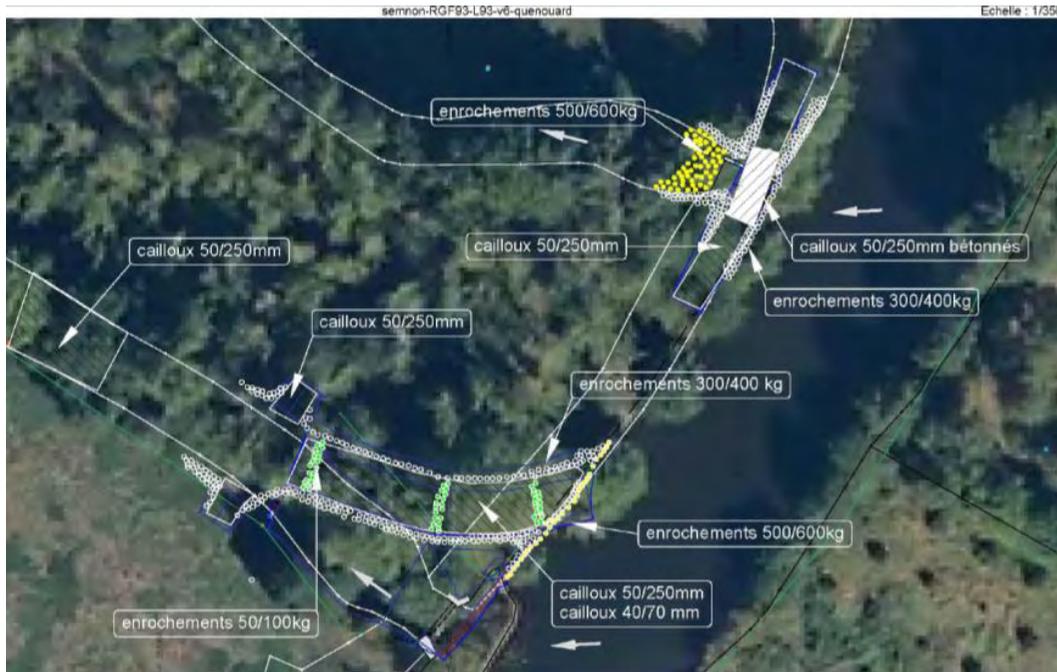
| | | Ambition de restauration | | |
|----------------------------------|--------------|--------------------------|----------|----------------------------|
| | | Faible | Moyenne | Forte |
| Incidence des facteurs limitants | Négligeable | Niveau 1 | Niveau 2 | Niveau 3 = SSM |
| | Faible | Niveau 1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

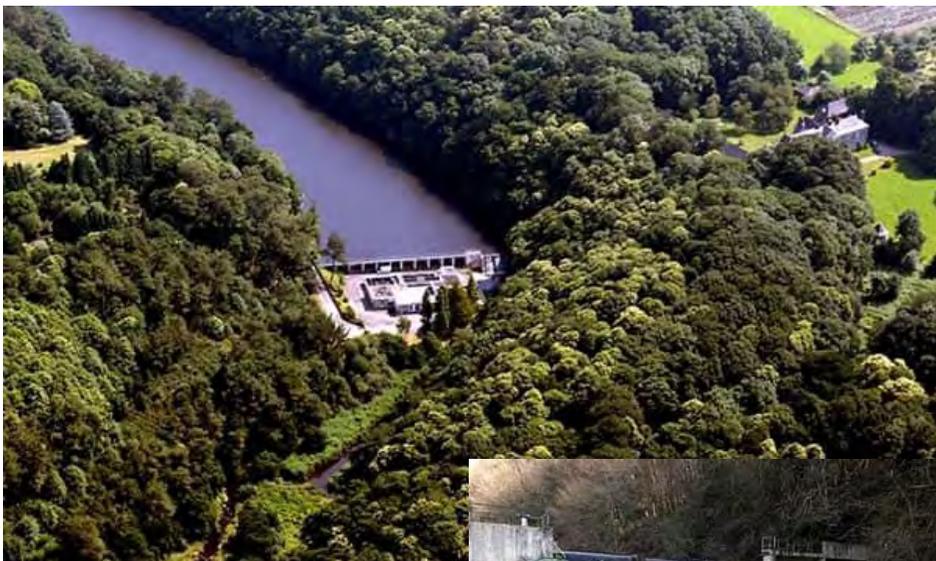


Restauration de la continuité écologique (35)

| | | 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**

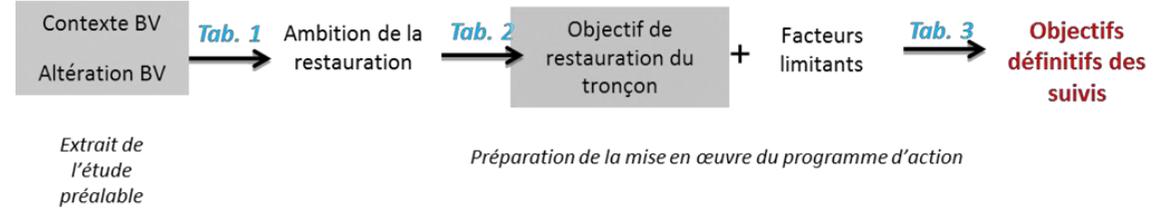


Suppression du barrage de Pont-Sal (56)

| | | 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



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

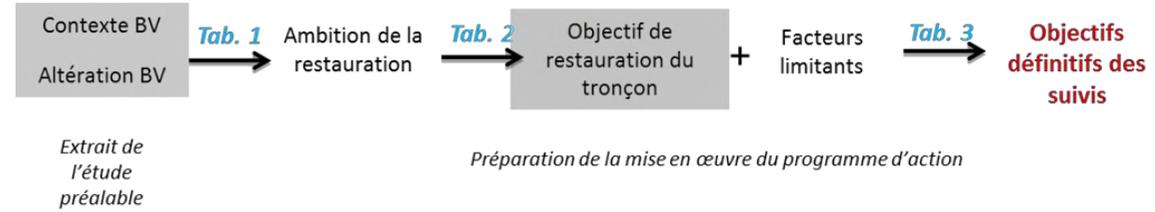
Etape 7 : Valorisation et communication



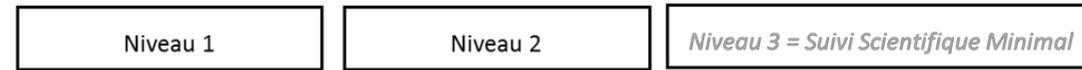
Typologie adaptée du recueil d'expériences sur l'hydromorphologie des cours d'eau



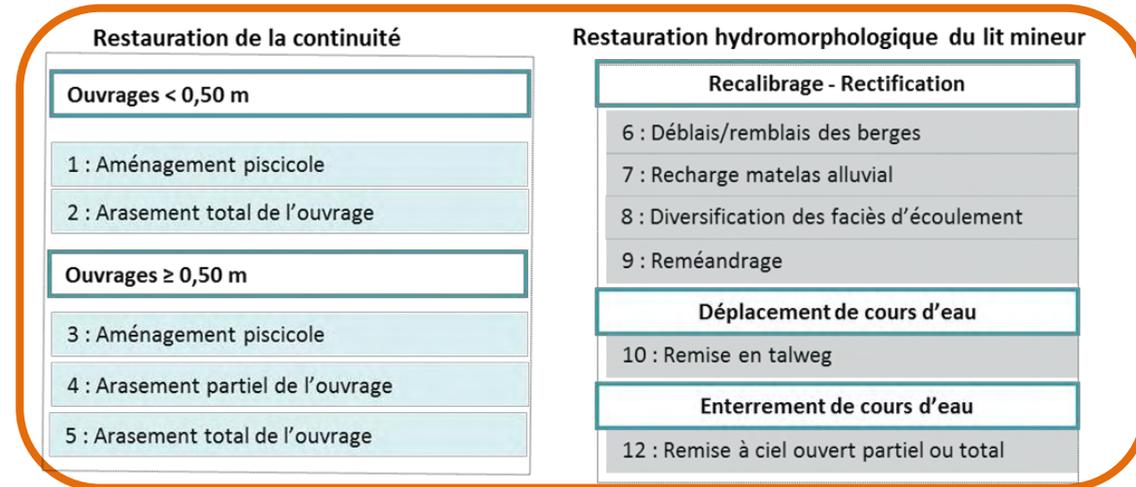
Etape 1 : Réalisation de l'étude préalable au suivi



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)



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

CONTINUITÉ ÉCOLOGIQUE

4 : Arasement total

Ouvrages ≥ 50 cm

SITUATION INITIALE

SITUATION PROJETÉE

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

| Méthodes de suivi | Avant travaux | | Après travaux | | Objectifs | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---|---------------|---|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
| | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 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 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) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | | | | |
| 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 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ○ | ○ | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

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

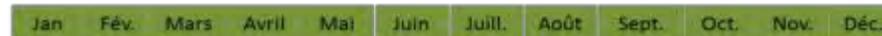


Moyens nécessaires



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 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°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
Terrain : 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

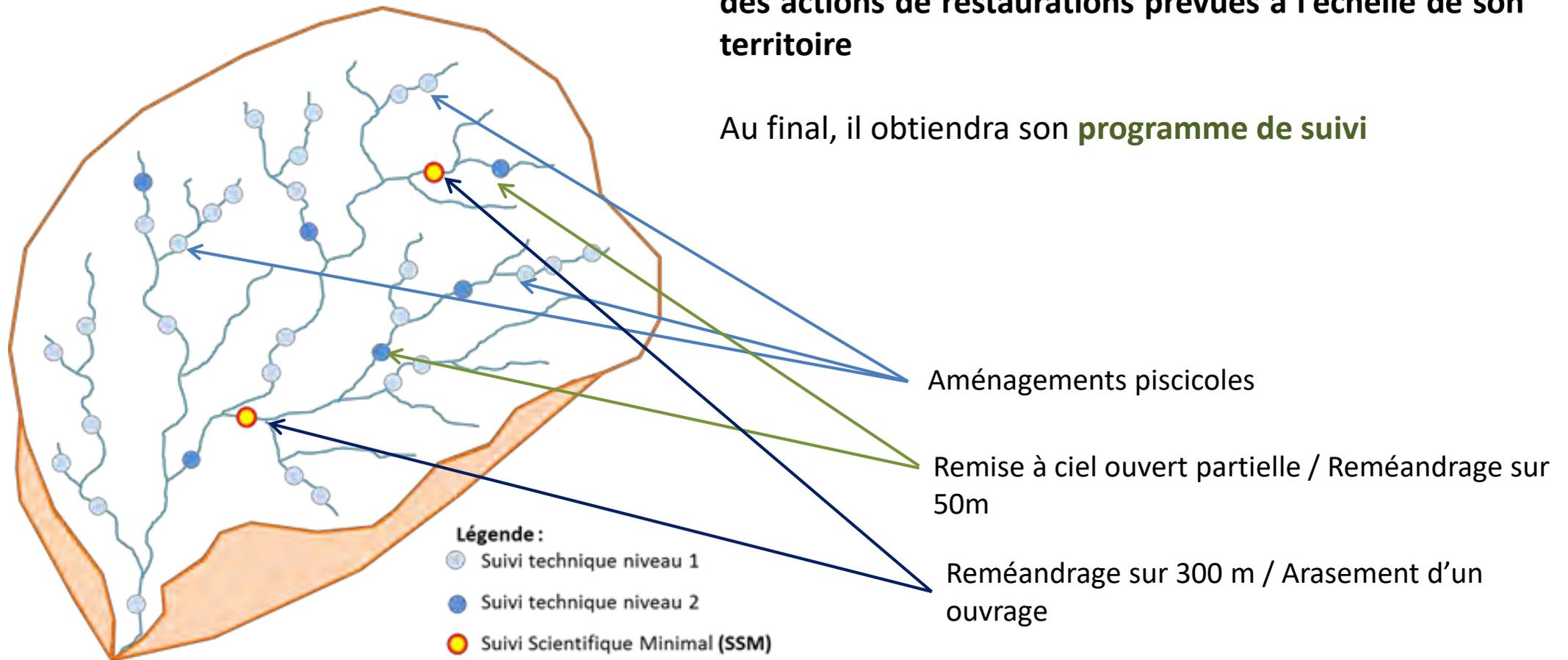


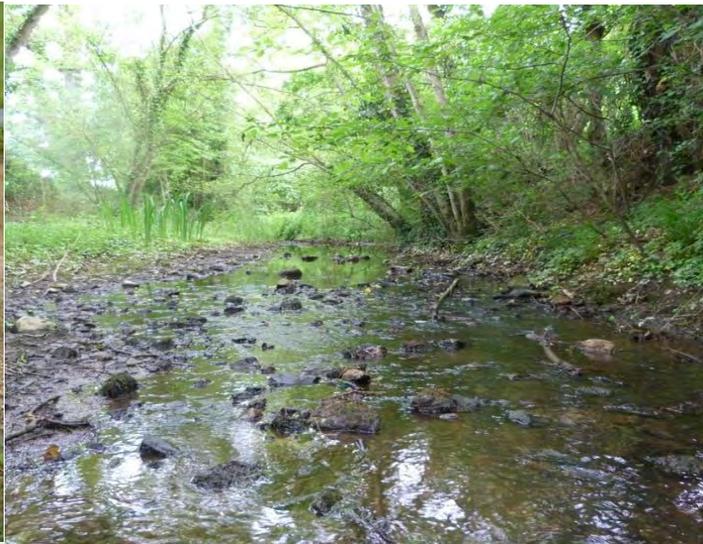
Macroinvertébrés



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**





Plan de la présentation

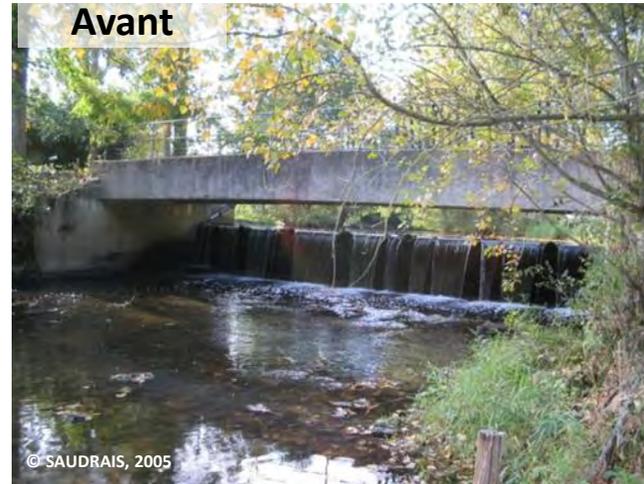
- Origine et objectifs
 - Utilisation
 - **Exemples**
- Perspectives

| | | |
|--|---|---|
| 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

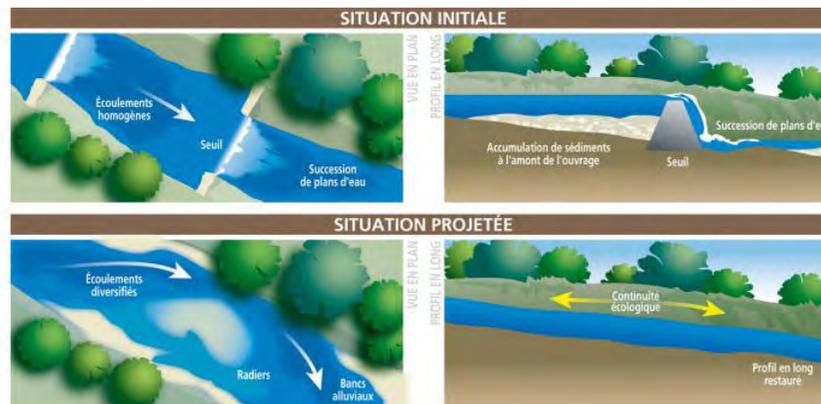


Septembre 2013



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

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**

Niveau de suivi 1

Photographies

Linéaire cumulé des travaux

Coefficient de sinuosité

Profil en travers

Proportion des faciès d'écoulement (en %)

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.

Données à bancariser : Reméandrage

Avant



Pendant (2014)



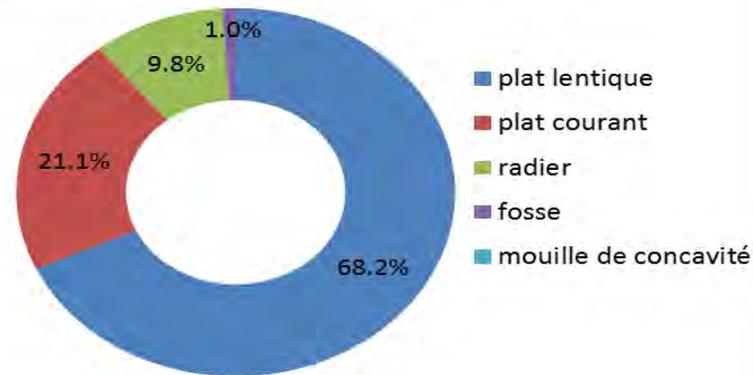
Après (2016)



Linéaire de travaux : **300ml**

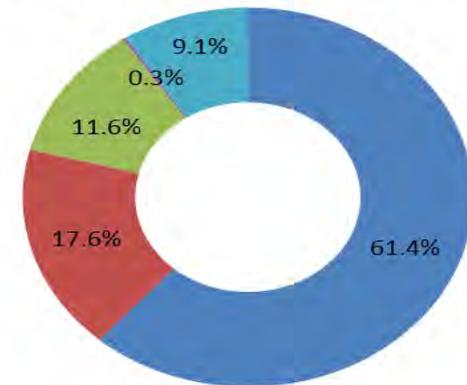
73 m de cours d'eau créés

Typologie des faciès avant travaux (2014)



Succession de faciès : **32**

Typologie des faciès 3 ans après travaux (2017)



Succession de faciès : **114**

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 %) |

Localisation des travaux

Département : Ille et Vilaine (35)

Cours d'eau : La Blanchetais

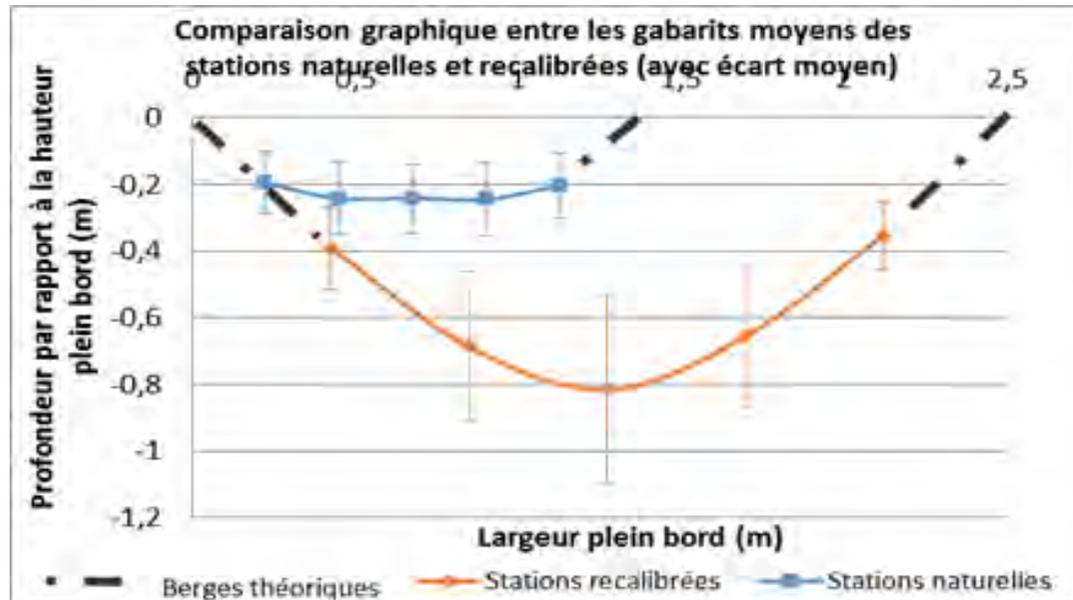
Commune : Orgères

Superficie du BV : 2.84 km²

Débit journalier biennal : 0.12 m³/s.

| 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 |



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] |

0 50 100 m

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.

Niveau de suivi 2

Classes granulométriques dominantes et accessoires des radiers Colmatage

Avant



Pendant (2014)



Après (2016)



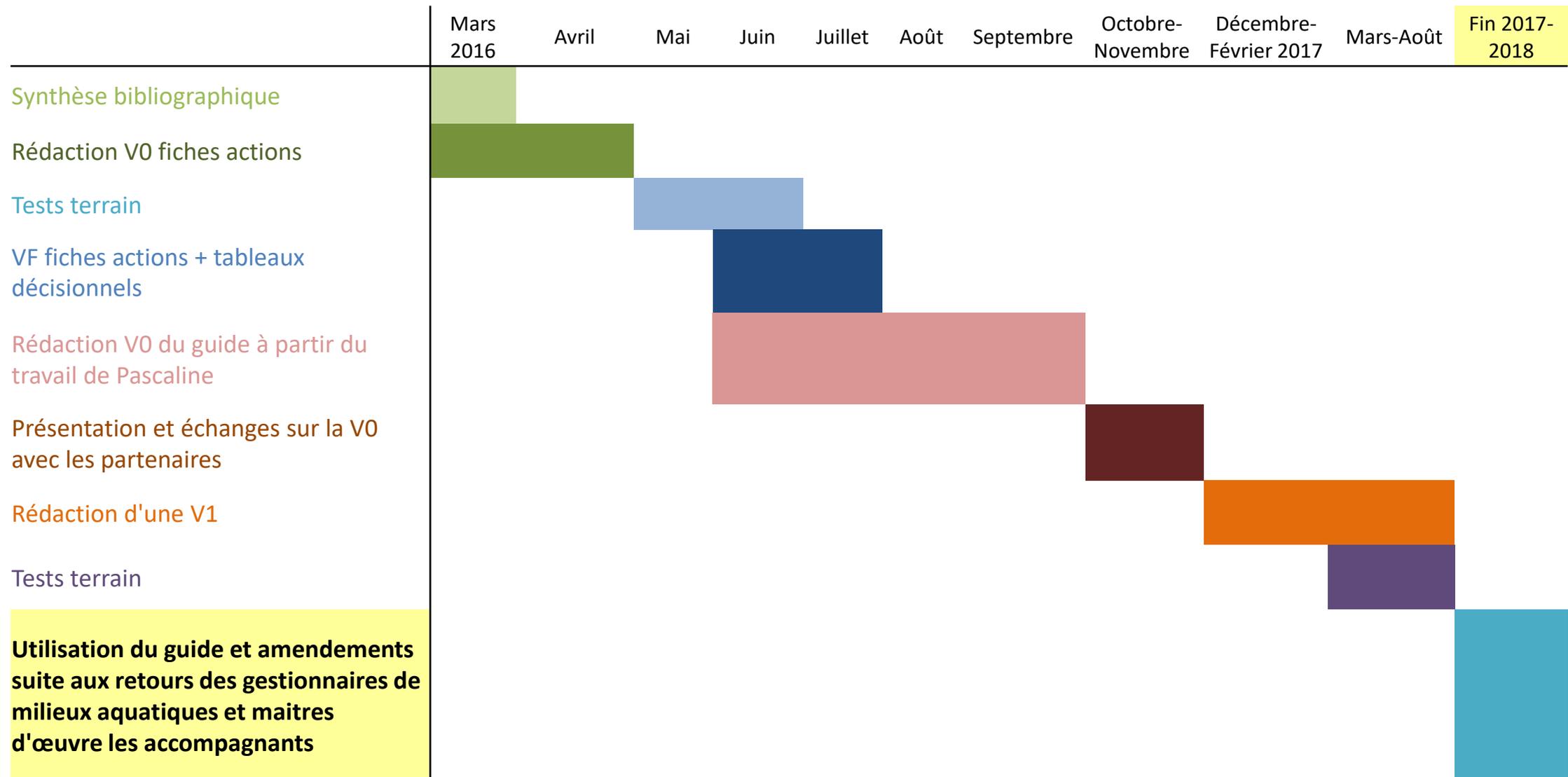
| 2014 | Granulométrie Dominante-Accessoire | Classe colmatage (Archambaud) |
|------|------------------------------------|-------------------------------|
| PT1 | Limons- Pierres Grossières | 3 |
| PT2 | Limons- Gravier fins | 5 |
| PT3 | Sables grossiers- Limons | 4 |
| 2017 | | |
| PT1 | Gravier grossiers- Cailloux fins | 2 |
| PT2 | Gravier grossiers- Cailloux fins | 3 |
| PT3 | Gravier grossiers- Cailloux fins | 2 |

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



Plan de la présentation

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



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 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.