

**AIDE A LA DEFINITION D'UNE ETUDE DE
SUIVI -
RECOMMANDATIONS POUR DES
OPERATIONS DE RESTAURATION DE
L'HYDROMORPHOLOGIE DES COURS
D'EAU**

Version 2, Septembre 2012

**NAVARRO Lionel (AERMC), PERESS Josée (ONEMA),
MALAVOI Jean René (Pole ONEMA IRSTEA),**

**Contributions : NICOLAS Véronique (ONEMA),
GAUTIER Jean Noel (AELB), MANGEOT Pierre
(AERM), MESQUITA Johanna (AESN), BURGUN
Vincent (ONEMA), BARIL Dominique (ONEMA).**

Aide à la définition d'une étude de suivi - Recommandations pour des opérations de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau

1. Introduction

Pour répondre aux objectifs de suivis et d'évaluation visant la vérification de l'efficacité des mesures mise en œuvre et la réussite de l'opération de restauration par rapport aux objectifs fixés, attentes identifiées par les maîtres d'ouvrages et les financeurs, un 1^{er} document a été réalisé en 2010 portant sur « Eléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal / Volets hydromorphologie – hydroécologie » (Malavoi et Souchon, 2010)¹. Celui-ci propose comment définir une étude de suivi à partir d'un minimum de données à collecter en termes de fréquence, d'échelle spatiale et de compartiment, ce minimum devant permettre de mettre en évidence la réponse du milieu à l'action de restauration réalisée, grâce à l'analyse scientifique de données qu'il permet.

Certaines opérations de restauration des cours d'eau d'envergure, accompagnées par des suivis bien construits, harmonisés nationalement peuvent aussi présenter de réelles opportunités pour mieux comprendre comment, avec quelle intensité et quelle variabilité, l'hydromorphologie et la biologie interagissent, ceci grâce aux enseignements génériques que les scientifiques pourront en tirer.

Une phase de test sur un certain nombre d'opérations a été engagée en 2010 dans le but de répondre à deux objectifs :

- Le premier de comprendre la mise en œuvre pratique des recommandations du rapport Malavoi, Souchon 2010. Cette présente version fait suite au bilan réalisé à partir des deux premières années de test 2010 et 2011.
- Le deuxième d'affiner ce qu'est le minimum scientifique en vérifiant que le jeu minimum de données obtenu est suffisant pour permettre une analyse des résultats et leur interprétation. Ce deuxième objectif aboutira à l'issue des études de suivis engagées i.e. dans les 4 à 5 ans et permettra ainsi de valider ou de réviser les préconisations du suivi scientifique minimal.

Afin d'aider à l'appropriation des concepts et préconisations qui sont développés dans le rapport Malavoi et Souchon 2010, la présente note en reprend les principaux éléments techniques et apporte une synthèse des méthodes à mettre en œuvre pour le suivi d'opérations de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau. Cette note concerne seulement l'étude de suivi, de l'état initial aux suivis post restauration. Elle ne s'intéresse pas aux phases de diagnostic préalable des dysfonctionnements (caractérisation des altérations hydromorphologiques notamment), de définition de la trajectoire d'amélioration et de dimensionnement des interventions, diagnostic nécessaire à réaliser avant tout projet de restauration.

Il est ici important de préciser que la mise en place d'une étude de suivi n'est justifiée que si les interventions ont des effets mesurables a priori sur le milieu. Il est proposé, vu l'état des connaissances actuelles sur les réponses du milieu, de réaliser une étude de suivi, dans les cas suivants :

- **intervention sur un linéaire** : l'intervention doit concerner au minimum 50 fois la largeur moyenne de pleins bords naturelle du cours d'eau ;

¹ Construire le retour d'expérience des opérations de restauration hydromorphologique. Eléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal. Volets hydromorphologie – hydroécologie. Version 1 au 29/05/2010. J-R. MALAVOI, Y. SOUCHON. ONEMA/CEMAGREF. http://www.onema.fr/IMG/pdf/Restauration_SUIVI-MINIMAL-2.pdf

- **intervention sur un ou plusieurs obstacles transversaux** : hauteur de chute effacée supérieure à 2 m s'il n'y a pas de plan(s) d'eau formé(s) à l'amont (ouvrage comblé en zone de montagne par exemple), sinon, linéaire non influencé regagné supérieur à 50 fois la largeur moyenne de pleins bords naturelle du cours d'eau.

Ces bornes sont à adapter en fonction des autres intérêts que peuvent susciter le projet : opération pilote, intérêt technique particulier, intérêt politique, contexte local ...

Cette démarche de suivi vise seulement les opérations de restauration intervenant dans les lits mineur et majeur des cours d'eau, les actions agissant directement sur des pressions à l'origine d'une détérioration des processus hydromorphologiques à l'échelle du bassin versant (érosion des terres agricoles, altération de l'hydrologie, etc) ne sont pas concernées.

2. Concepts de base

2.1 Catégories d'interventions et échelle de réponse probable de l'opération de restauration

Nous distinguerons dans la suite de ce document deux grandes catégories d'interventions :

- **les interventions d'effacement total ou partiel** sur des obstacles transversaux de type seuils ou barrages;
- **les interventions sur un linéaire de cours d'eau** telles que la création de méandres, la suppression des digues, la reconstitution de matelas alluvial.

Nous distinguerons également deux échelles spatiales probables de réponses hydromorphologiques et biologiques : **l'échelle de réponse locale et l'échelle de réponse globale**.

Selon les interventions envisagées et leurs échelles de réponses probables, nous pouvons définir quatre grands types de stratégies de suivi d'opérations de restauration hydromorphologique (cas n°1 à 4 décrits en figure 1). La stratégie d'échantillonnage sera choisie en réponse à deux questions : (1) Les interventions concernent-elles des obstacles ponctuels (transversaux) ou bien un linéaire de cours d'eau ? (2) Quelle est l'échelle de réponses du milieu attendue ?

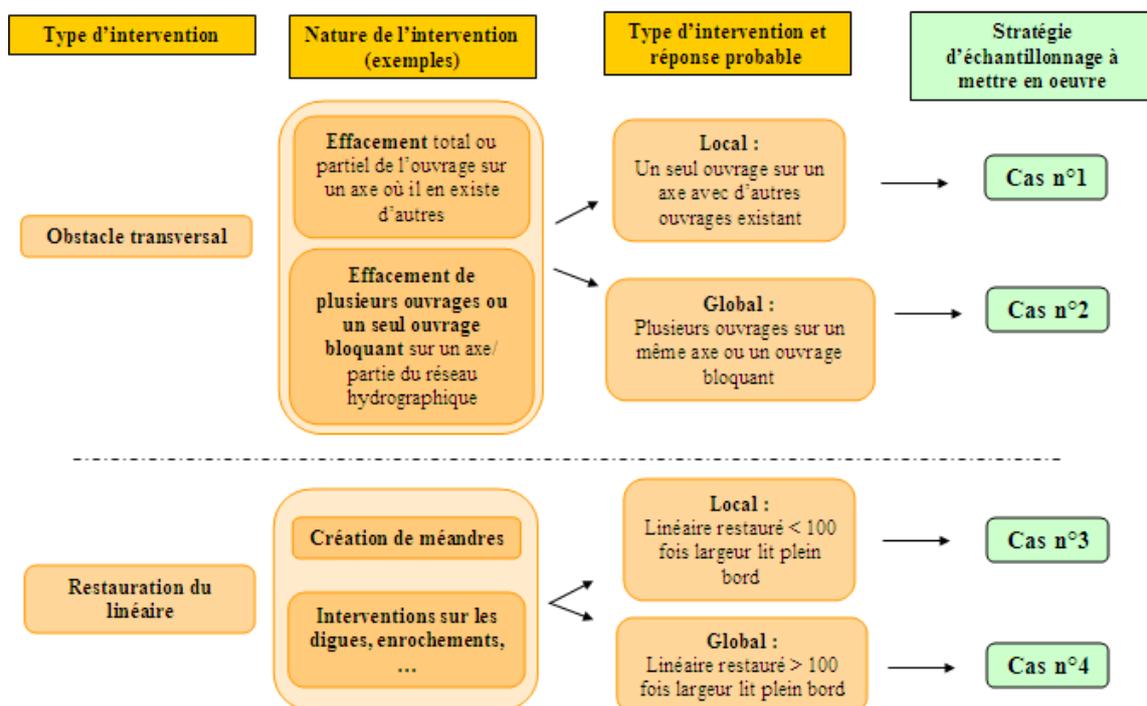


Figure 1 : Choix de la stratégie d'échantillonnage de l'étude de suivi à mettre en oeuvre en fonction du type d'interventions et de la réponse probable

2.2 Les échelles d'investigation pour l'étude de suivi

Le suivi devra être adapté à l'échelle locale ou globale des réponses probables du milieu aux opérations de restauration hydromorphologique. Nous retiendrons trois échelles d'investigation pour les mesures des paramètres et les collectes de données :

- **un suivi stationnel** au niveau d'une ou plusieurs stations représentatives du linéaire restauré. La station mesure 14 fois la largeur du cours d'eau à pleins bords.
- **un suivi sur l'ensemble du linéaire restauré**, c'est-à-dire, sur la zone d'intervention proprement dite ;
- **un suivi sur une échelle étendue réalisé sur un ou plusieurs sites**, pour mesurer si besoin les effets sur le réseau hydrographique amont et/ou aval, en dehors de la zone restaurée proprement dite. Chaque site mesure 6 fois la largeur du cours d'eau à pleins bords. Le suivi réalisé au niveau de ces sites est allégé vis-à-vis de ceux réalisés au niveau des stations.

2.2.1 Choix des Stations :

Le choix du nombre et de la localisation des STATIONS doit être effectué dans le souci de rechercher une bonne représentativité des faciès d'écoulement présents sur le secteur à restaurer. Ces faciès, caractérisés par leur morphologie (géométrie en long et en travers, granulométrie) et leur hydrodynamique (vitesses d'écoulement), sont en effet les mésohabitats des biocénoses aquatiques. C'est particulièrement leur restauration que l'on vise dans les opérations de restauration hydromorphologique.

La méthode présentée dans l'annexe au document « éléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal » (version 1), est particulièrement pertinente pour le choix des stations représentatives d'un tronçon ou sous tronçon naturel. Celle-ci peut être néanmoins mise en œuvre pour le choix de station sur un linéaire altéré qui va être restauré via la recherche de la représentativité des faciès présents actuellement dans le secteur altéré. Cette représentativité devra être réévaluée après restauration.

S'il s'avère que la station n'est plus représentative, elle pourra être déplacée dans une zone plus représentative. Dans le cas des effacements d'ouvrage, la station de suivi post restauration sera positionnée en fonction des faciès nouvellement exondés.

Sur les cours d'eau encaissés où les faciès ne suivent pas la rythmicité théorique que l'on observe sur les rivières de plaine, deux stations peuvent parfois être nécessaires pour en garantir la représentativité.

2.2.2 Choix des Sites :

Pour ce qui concerne les SITES, le choix de leur localisation est moins dicté par la représentativité que par la probabilité d'observer des effets sur les peuplements biologiques.

En effet les critères de choix des sites diffèrent selon que les effets attendus portent sur les peuplements ou sur l'hydromorphologie. Les critères proposés sont les suivants, soit:

- les sites peuvent être choisis de manière aléatoire
- Pour des effets attendus sur le compartiment hydromorphologique (reprise du transit sédimentaire), il est proposé de choisir un site dans les 5 km en aval de la zone restaurée, ou bien choisir 5 sites dans les 20 km en aval de la zone restaurée.
- Pour des effets attendus sur un ou plusieurs compartiments biologiques, il est recommandé de choisir le ou les sites en fonction de l'aire de répartition possible de l'espèce (suite à l'amélioration de la libre circulation) ou en fonction des zones d'habitat fonctionnel (suite à l'apparition possible de zones de reproduction, de croissance, etc..)

Sans qu'elle en guide le choix, la représentativité des sites choisis par rapport au reste du tronçon peut cependant être intéressante à connaître.

Ces trois échelles d'investigations sont prises en compte dans les 4 cas de stratégie d'échantillonnage de l'étude de suivi présentés en Figure 1 et détaillés dans la suite de cette note pour les cas n°1 à n°4 et dans un exemple d'effacement d'ouvrages.

2.3 Fréquence et durée de l'étude de suivi

La composante temporelle doit être prise en compte et adaptée aux compartiments fonctionnels étudiés afin d'intégrer les temps de retour à un état stabilisé (calibrage naturel du lit mineur suite aux premières crues morphogènes, temps de recolonisation par la biologie, ...) et la variabilité naturelle de l'écosystème. En d'autres termes, la fréquence des suivis dépendra de ce qu'on cherche à connaître : hydromorphologie, poissons, macroinvertébrés, ...

Afin de mesurer les effets des interventions de restauration, il apparaît nécessaire de disposer d'un état initial (avant travaux) pour les différents paramètres qui seront analysés par la suite (hydromorphologie, biologie, physico-chimie des eaux) et sur les différentes échelles de mesures concernées (station, ensemble du linéaire restauré et échelle étendue sur sites). Le cas échéant, une station altérée non restaurée subissant le même type d'altérations, située sur le même tronçon hydromorphologique, ou sur un tronçon assez similaire, pourra être suivie simultanément au suivi post-travaux et être considérée comme une station en état initial).

NB : dans la mesure du possible cet état initial est réalisé avec les mêmes protocoles que ceux envisagés pour le suivi post-travaux, l'idée étant de disposer de jeux de données comparables sur le plan méthodologique.

Les préconisations en termes de fréquences et durées pour le suivi scientifique minimal sont décrites dans les paragraphes suivants. Pour le suivi scientifique amélioré un plus grand nombre de campagnes de mesures ou un temps de suivi plus long que ce qui est proposé dans le minimum de base peuvent être mis en œuvre.

2.3.1 Avant restauration

Ce qui est conseillé pour le suivi scientifique minimal :

Il est proposé de réaliser un état initial sur 3 ans avant travaux (N-3, N-2, N-1) pour les paramètres physico-chimiques et biologiques, ce qui permet de prendre en compte la variabilité interannuelle naturelle des populations.

En revanche **l'état initial des paramètres hydromorphologiques est réalisé uniquement sur l'année précédent (N-1)** les travaux de restauration;

Des chroniques de l'hydrologie et des températures sont récupérées auprès des organismes concernés comme les Dreal ou les conseils généraux pour des données de station hydrologique permanente ou l'Onema pour l'utilisation de données de température. Le cas échéant, un suivi spécifique peut être mis en place en fonction des moyens financiers et techniques disponibles (utilisation de sondes thermiques, équipement de stations pour des mesures de débits en continu).

Le test mené en 2010 et 2011 sur la mise en œuvre du suivi scientifique minimal a montré la difficulté de pouvoir réaliser et de prévoir 3 années d'états initiaux sur les compartiments biologiques. Le manque de visibilité sur plus de 2 ans sur le démarrage de l'opération en explique majoritairement la raison pratique. Deux années semblent plus faisables, correspondant à la durée de l'instruction administrative. Une alternative est de suivre simultanément les éléments biologiques sur des stations de contrôle, de référence si existante et témoin, ce dernier situé sur un linéaire similaire non restauré.

Cet état initial comporte un suivi de l'hydromorphologie, de la biologie et de la physico-chimie au niveau des trois échelles d'investigation pressenties. L'étendue d'investigation de cet état initial va de l'échelle locale à l'échelle globale suivant la réponse attendue du milieu, et correspond donc à l'étendue du suivi post-restauration prévu.

2.3.2 Après restauration

Ce qui est conseillé pour le suivi scientifique minimal :

L'étendue d'investigation de l'état post-restauration va de l'échelle locale à l'échelle globale suivant la réponse attendue du milieu, et correspond donc à l'étendue de l'étude du suivi avant restauration.

En fonction du compartiment considéré, la fréquence du suivi est adaptée selon les préconisations suivantes :

- **Hydromorphologie** : un 1^{er} suivi est réalisé juste après les interventions (**année N**), le suivant est programmé la 3^{ème} année suivant les travaux au même moment que la biologie (à **N+3**). Le troisième est calé sur la crue morphogène entre **N+3** et **N+6** après travaux. Si la crue morphogène ne se produit pas dans cet intervalle, le troisième est alors calé à **N+6**. Pour les débits, en complément des mesures réalisées sur la station, il conviendra d'avoir des chroniques en utilisant si possible des stations hydrologiques permanentes à proximité.
- **Biologie** : pour laisser le temps de la recolonisation et le temps de la réalisation du cycle biologique, un suivi est réalisé à partir de l'année **N+3**, réitéré sur trois années (soit **N+3**, **N+4** et **N+5**) pour avoir une image fiable de l'impact des interventions et pour bien décrire la trajectoire d'évolution écologique. Un suivi biologique peut être calé après la crue morphogène après **N+5**.
- **Physico-chimie** : les années de suivis sont calées sur celles de la biologie.

Le nombre de campagnes, leur fréquences et leur pas de temps sont schématisés pour le suivi scientifique minimal pour chacun des 3 compartiments dans la figure 2 :

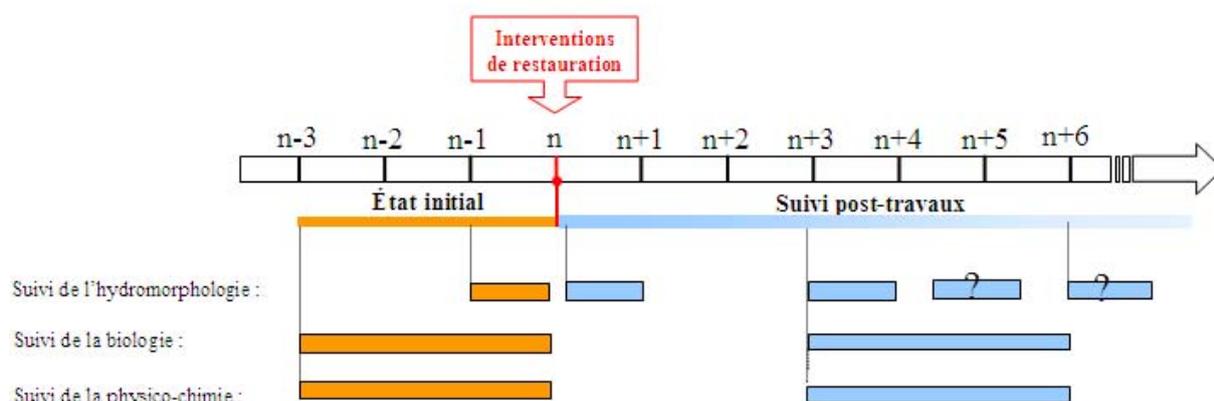


Figure 2 : Programmation du suivi scientifique minimal de l'hydromorphologie, la biologie et la physico-chimie

2.4 La détermination des paramètres à suivre

Il convient de déterminer les paramètres du milieu à suivre pour évaluer les effets du projet de restauration sur le milieu. Ces paramètres sont définis selon les pressions identifiées lors des études préliminaires, et selon les effets supposés du projet de restauration sur le milieu. Le tableau suivant détaille des paramètres qui peuvent être suivis en fonction du type de pression identifié et d'altérations hydromorphologiques associées.

2.5 Les méthodes de mesure ou de prélèvement à mettre en œuvre

Les stratégies d'échantillonnage proposées pour les 4 cas de figure permettent d'évaluer les effets, tant sur l'hydromorphologie que sur la biologie et la physico-chimie des eaux. Pour chaque cas de figure, une stratégie de suivi scientifique minimal et amélioré est présentée (voir tableau 2).

Pour chacune des trois échelles d'investigation, les méthodes de mesure ou de prélèvement sont définies pour les différents paramètres de suivi (voir tableaux 3 à 5). Une fiche méthodologique est disponible à la fin de ce document pour les méthodes normalisées ou référencées : celle-ci donne des précisions sur les documents de références, les grands principes et objectifs de chaque méthode, les contraintes techniques inhérentes à leur mise en œuvre.

2.6 Format des données collectées et bancarisation

Afin de faciliter l'acquisition des données sur le terrain et par la suite leur intégration dans les bases de données, il est recommandé d'utiliser les formats de saisies disponibles dans les documents de référence des protocoles proposés dans la suite de cette note. La plupart de ces documents sont disponibles en ligne sur internet (les liens, différents selon la nature des données collectées, sont précisés dans les fiches techniques à la fin de ce document).

La bancarisation de ces données collectées se fera à terme sous Naïades, la banque nationale des données des eaux de surface continentales, mise à disposition pour la saisie des données de suivi à partir de 2013.

2.7 Prise de photos

Les prises de vues datées du linéaire restauré sont à réaliser avant, pendant et après restauration depuis des positions géoréférencées et stables dans le temps et selon un même angle.

3. Les étapes permettant la définition de l'étude de suivi appliqué à un projet de restauration hydromorphologique

Pour définir le contenu de l'étude de suivi à mener (paramètres suivis, échelles d'investigation et méthodes de mesures et de prélèvement adaptées), il est nécessaire d'identifier:

- les pressions concernées par le projet
- les altérations hydromorphologiques observées
- les altérations écologiques résultantes
- l'échelle de réponse probable de la restauration

On distingue ainsi 3 étapes pour y parvenir.

3.1 La 1^{ère} étape: détermination des compartiments altérés et des paramètres hydromorphologiques et morpho-écologiques à suivre

Il est recommandé d'identifier dans un premier temps les altérations hydromorphologiques ciblées par le projet de restauration. Cette identification est réalisée grâce au diagnostic préalable qui a déterminé, à partir de la ou des pressions en jeu, les altérations hydromorphologiques subies par le linéaire que l'on souhaite restaurer et les altérations du fonctionnement écologique observées ou possibles.

Le tableau ci-dessous permet de déterminer les éléments hydromorphologiques et morpho-écologiques, physico-chimiques à suivre en conséquence.

Pour une pression hydromorphologique donnée, le tableau permet d'identifier les altérations morpho-écologiques résultantes et les paramètres hydromorphologiques associés qu'il faudrait suivre.

Attention :

Des paramètres ou compartiments peuvent être suivis en plus si le projet de restauration risque d'induire des impacts négatifs sur ces paramètres. C'est le cas par exemple d'effacement d'ouvrages transversaux où les modifications de berges, de niveau de nappe d'accompagnement, de présence de zones humides et de la ripisylve ont besoin d'être suivies s'il y a des risques possibles et si des enjeux y sont associés.

→ Tableau altérations hydromorphologiques et morphoécologiques et paramètres de suivi en fonction des pressions hydromorphologiques

Tableau 1 : altérations hydromorphologiques et morphoécologiques et paramètres à suivre

Pression	Altérations hydromorphologiques	Altérations morpho-écologiques	Paramètres à suivre	Compartiment altéré
barrages hydroélectriques ou d'irrigation	modification des caractéristiques hydrodynamiques (crues et/ou étiages)	modification des paramètres d'habitats	quantité et dynamique du débit liquide	hydrologie
recalibrage, rectification, seuils, extractions	homogénéisation des faciès	homogénéisation des habitats aquatiques	Variation de la largeur et de la profondeur, faciès d'écoulement	lit mineur
recalibrage	élargissement du lit mineur	profondeurs limitantes en étiage	variation de la largeur et de la profondeur	lit mineur
recalibrage, rescindement, endiguement étroit	incision du lit mineur	vitesse limitantes en crue	variation de la largeur et de la profondeur	lit mineur
recalibrage, amont seuil	surcharge en MES et/ou ralentissement de l'écoulement favorisant le dépôt des fines	colmatage des substrats grossiers	Structure et substrat du lit, colmatage de surface, colmatage profond	substrat alluvial
protection berges, modif. régime des crues	blocage des processus d'érosion latérale	perte de capacité de recharge alluviale grossière et perte des processus de rajeunissement des milieux	Structure et substrat du lit, linéaire de berge stabilisé, taux d'érosion	substrat alluvial
seuil, barrage, extractions, modif. régime des crues	perturbation fourniture et /ou transit de la charge de fond	perte de charge alluviale grossière et des habitats associés	Transport des sédiments, granulométrie	substrat alluvial
protection berges	modif structure berge	Appauvrissement de la qualité écologique des rives (disparition de l'écotone de rive)	Structure de la rive, linéaire de berge stabilisé	rives
suppression ripisylve + tous travaux se traduisant par une incision du lit mineur	disparition ripisylve	perte des habitats aquatiques liés à la ripisylve (racines)	Structure de la rive, linéaire et épaisseur de la ripisylve	rives
recalibrage, rescindement, endiguement, extractions	incision du lit mineur	perte de fréquence et de durée de submersion du lit majeur et des annexes hydrauliques	Fréquence et durée de connexion et submersion	lit majeur + annexes
recalibrage, rescindement, endiguement, extractions	incision du lit mineur	modification des relations nappe rivière (le cours d'eau draine la nappe en permanence)	Connexion aux masses d'eau souterraines, niveau de la nappe	nappe
déplacement	talweg perché	modification des relations nappe rivière (la nappe draine le cours d'eau en permanence : perte de capacité d'accueil)	Connexion aux masses d'eau souterraines, débit du cours d'eau	nappe
recalibrage, suppression ripisylve	élargissement du lit mineur	réchauffement de l'eau et atteinte de conditions létales pour les biocénoses	température	physico-chimie

recalibrage, suppression ripisylve	élargissement du lit mineur	réchauffement de l'eau et aggravation des effets de l'eutrophisation	Oxygène	physico-chimie
tous les travaux se traduisant par perte de faciès et/ou de substrat alluvial	homogénéisation des faciès et/ou perte de substrat alluvial	réduction capacité auto-épuratoire		physico-chimie
tous les travaux se traduisant par une disparition de la ripisylve	disparition ripisylve	perte des fonctions auto-épuratoires liées à la ripisylve et réchauffement	température	physico-chimie

3.2 2^{ème} étape : détermination de l'échelle de l'étude de suivi

Pour cela, on identifie les deux grandes catégories d'intervention (restauration linéaire ou effacement d'obstacles transversaux) auquel le projet de restauration correspond, ainsi que son échelle de réponse probable (locale ou globale). Le tableau ci-dessous distingue 4 cas de figure pour lesquels est présentée la stratégie d'échantillonnage pour le suivi minimal et le suivi amélioré.

Un suivi scientifique minimal est le jeu de données minimal à constituer pour exploiter et interpréter des données.

Le suivi dit « amélioré » donne des exemples de ce que l'on peut mesurer en complément du suivi minimal, dans un objectif d'amélioration des connaissances sur un point précis fonction de l'enjeu (paramètres supplémentaires, stations ou sites supplémentaires).

En fonction de l'échelle de la réponse, la stratégie d'échantillonnage s'appuiera sur un ou des sites, une ou des stations, un suivi de l'ensemble du linéaire restauré ou une combinaison des trois.

→ Tableau stratégie d'échantillonnage en fonction du type d'intervention et de réponse probable, pour le suivi scientifique minimal et pour le suivi scientifique amélioré

Dans le suivi scientifique minimal, sont listées toutes les mesures à mettre en œuvre. Dans le suivi scientifique amélioré sont proposées des mesures qui peuvent être suivies en plus du suivi scientifique minimal.

Tableau 2 : Stratégie d'échantillonnage

Type d'intervention	Echelle d'intervention et réponse probable	Suivi scientifique minimal (toutes ces mesures sont à mettre en œuvre dans chacun des cas)	Suivi scientifique amélioré (à inclure en plus du suivi minimal, par exemples)
CAS N°1: Effacement d'un seuil ou d'un barrage sur un cours d'eau sur lequel il en existe d'autres	Traitement d'obstacle échelle locale (ie réponse dans la zone dénoyée)	1 ou 2 station(s) ¹ dans l'emprise de la retenue (HM + Bio AVEC état initial + physico-chimie)	Quelques paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré (par ex : substrat alluvial)
		Faciès d'écoulement sur l'ensemble du linéaire restauré	N sites en amont sur réseau hydro.(Bio+ HM)
		Si déficit sédimentaire identifié ² 1 station en aval (HM + Bio+ physico-chimie) Ou N sites (HM + bio)	N sites aval pour suivre le transit sédimentaire (HM +bio)
CAS N°2: Suppression de plusieurs seuils ou barrages ou un seul ouvrage bloquant tout ou la plus grande partie du réseau hydrographique.	Traitement d'obstacle échelle globale	1 ou 2 station(s) ¹ dans l'emprise de certaines retenues jugées les plus représentatives (HM + Bio AVEC état initial + physico-chimie)	1 station dans l'emprise de N retenues supplémentaires (HM + Bio AVEC état initial + physico-chimie)
		N sites en amont sur réseau hydro.(Bio + HM)	quelques paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré (ex : substrat alluvial)
		Si déficit sédimentaire identifié 1 station en aval de l'ouvrage le + aval (HM+Bio + physico-chimie) et/ou N sites en aval (HM+Bio)	Si déficit sédimentaire identifié 1 station en aval de N ouvrages supplémentaires (HM+Bio + physico-chimie)
		Faciès d'écoulement sur l'ensemble du linéaire restauré	Si pas déficit sédimentaire, N sites en aval pour suivre le transit sédimentaire (HM+bio)
CAS N°3: Restauration "linéaire" sur une longueur inférieure à 100 fois la largeur moy. naturelle du lit pleins bords alors que l'ensemble du tronçon est altéré hydromorphologiquement	Restauration linéaire échelle locale	1 ou 2 station(s) ¹ représentative(s) du linéaire restauré (HM + Bio+ physico-chimie)	quelques paramètres <i>en plus</i> sur l'ensemble du linéaire restauré (ex : substrat alluvial)
		paramètres sur l'ensemble du linéaire restauré (faciès, berges, nappes, annexes)	1 station témoin ³ (HM + Bio+ physico-chimie)
			1 station de référence ⁴ (HM + Bio+ physico-chimie)
CAS N°4: Restauration "linéaire" sur une longueur supérieure à 100 fois la largeur moy. naturelle du lit à pleins bords	Restauration linéaire échelle globale	1 ou 2 station(s) ¹ représentative(s) du linéaire restauré dans chaque tronçon ou sous tronçon hydromorphologique restauré (HM + Bio + physico-chimie)	quelques paramètres <i>en plus</i> sur l'ensemble du linéaire restauré (par ex : substrat alluvial, ripisylve)
		paramètres sur l'ensemble du linéaire restauré (faciès, berges, nappes, annexes)	1 station témoin ³ par tronçon ou sous tronçon hydromorphologique
		N sites (HM+Bio)	1 station de référence ⁴ par tronçon ou sous tronçon hydromorphologique

Note 1 Sur les cours d'eau encaissés où les faciès ne suivent pas la rythmicité théorique que l'on observe sur les rivières de plaine, deux stations peuvent parfois être nécessaires pour en garantir la représentativité.

Note 2 Une station pourra être réalisée en aval si le diagnostic préalable avait fait ressortir un déficit sédimentaire lié à l'ouvrage (piégeage des alluvions) comme induisant en aval des altérations hydromorphologiques de type incision, pavage, disparition du substrat alluvial, etc. Dans ce cas, l'effacement de l'obstacle peut être considéré comme une opération de restauration pour l'aval en plus d'objectifs de résorption de dysfonctionnements « amont » (effet retenue, franchissement). Cette station peut éventuellement être remplacée par plusieurs sites.

Note 3 Une station témoin est une station altérée non restaurée située dans le même tronçon

Note 4 On parle d'une station de référence lorsque celle-ci ne présente pas ou peu de pressions et d'altérations, et doit être localisée sur le même tronçon hydromorphologique et ne pas être influencée par les travaux de restauration

Des exemples de cas de définition de la stratégie de l'étude de suivi sont présentés à la fin du document.

3.3 3^{ème} étape : Identification des méthodes de prélèvement pour les paramètres suivis pour le suivi scientifique minimal

Les tableaux ci-dessous permettent de déterminer, POUR UN SUIVI SCIENTIFIQUE MINIMAL, les méthodes de prélèvement et de mesures pour les paramètres qui vont être suivis tels que défini dans la première étape (partie 3.1).

Ces méthodes sont présentées aux trois échelles d'investigation qui ont été indiquées (station, ensemble du linéaire restauré, site) dans chacun des 4 cas de figure (présenté dans la 2^{ème} étape).

Les éléments de qualité biologique à étudier dans tous les cas sont les poissons et les invertébrés, dont les protocoles d'échantillonnage préconisés dépendent de l'échelle d'investigation choisie, l'échelle stationnelle et l'échelle étendue (voir la 1^{ère} colonne des tableaux 3 et 5).

Les éléments de qualité hydromorphologique à décrire dans tous les cas sont les faciès d'écoulement mesurés à l'échelle du linéaire restauré (voir tableau 4) et ceux étudiés à la station dans le protocole carhyce ainsi qu'une description poussée de la ripisylve et la mesure du colmatage du substrat grossier de surface (voir 2^{ème} colonne du tableau 3). Des éléments hydromorphologiques peuvent être donc suivis en plus, berges, annexes hydrauliques ou nappes, en fonction des altérations observées selon la logique décrite dans la 1^{ère} étape (voir tableau 1).

3.3.1-Suivi stationnel

Tableau 3 : Méthodes de mesures et de prélèvements pour le suivi scientifique minimal à la station

	Biologie	Hydromorphologie	physico-chimie
Fréquence , durée, pas de temps Restauration année N	3 états initiaux, N-3, N-2, N-1 ou sur une station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration,	1 état initial ou sur une station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration,	3 états initiaux, N-3, N-2, N-1 ou station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration
	3 états post restauration N+3, N+4, N+5	1 état post restauration juste après les travaux N, puis des suivis post restauration à N+ 3 puis après une crue morphogène de fréquence au moins biennale, cf 2.3.2.	3 états post restauration N+3, N+4, N+5

	Biologie: éléments à suivre dans tous les cas	Hydromorphologie: éléments de qualité à suivre dans tous les cas	physico-chimie
Echelle stationnelle: Station de longueur 14 fois la largeur plein bord	Invertébrés: protocole DCE réseau de surveillance, voir fiche méthodologique n°3	Eléments suivis dans carhyce : largeur pleins bords et mouillée, profondeur, pente ligne d'eau, faciès d'écoulement, débit plein bord, substrat sur radier, sur transect et substrat additionnel, colmatage profond, ripisylve, berge, voir fiche méthodologique n°1.	T°: méthode basée sur le protocole du réseau thermie de l'Onema. Mesure journalière petits enregistreurs immergeables, voir fiche n°6
	Poissons: Pêche au moins 2 passages complets sans remise à l'eau (Carl et Strube, 1978) ou pêche stratifiée par points ou par ambiance en milieux non entièrement prospectables à pied, effectué de préférence en automne cf fiche méthodologique n°4	Substrat: Colmatage du substrat grossier de surface: protocole Archambaud, voir fiche méthodologique n°2. Sauf dans la retenue.	O2 dissous et taux de saturation: mesure de l'O2 dissous sur cycles de 24 h En milieu avec excès de nutriment mesure des substances chimiques: mesurer aussi DBO5, DCO, NKj, NH4+, NO3-, NO2, PO43-, P total, COD, MEST, turbidité hors épisodes de crue
	Poissons: biométrie (taille et poids)	Ripisylve: Mesure du linéaire et épaisseur sur chaque berge de la station, détermination des essences à partir du terrain ou photo aérienne à basse altitude, voir fiche n°2.	Conductivité, pH
			Débits: Station permanente du réseau de suivi hydrométrique ou/et équipements des stations suivies Débits de crue: mettre une échelle pour mesurer les crues

3.2.2--Suivi sur l'ensemble du linéaire restauré

Seules des mesures sur l'hydromorphologie sont préconisées à cette échelle, aux mêmes fréquences et pas de temps que celles mis en œuvre aux échelles station et étendue sur sites.

Tableau 4 : Méthodes de mesures et de prélèvements pour le suivi scientifique minimal sur l'ensemble du linéaire restauré

	Hydromorphologie
Fréquence , durée, pas de temps Restauration année N	1 état initial ou sur une station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration,
	1 état post restauration juste après les travaux N, puis des suivis post restauration à N+ 3 puis après une crue morphogène de fréquence au moins biennale cf 2.3.2.

	Hydromorphologie: éléments de qualité à suivre en fonction des altérations observées (voir tableau 1)
Echelle de l'ensemble du linéaire restauré	Dans tous les cas : Faciès d'écoulement: Cartographie de la succession des longueurs des faciès sur l'ensemble du linéaire restauré, à pieds ou en bateau avec topofil ou GPS, photointerprétation de la Bdortho, voir fiche n°2bis.
	Berges: mesure au topofil ou au GPS du linéaire stabilisé par des protections .
	Berges: mesure du taux d'érosion in situ par mesure topographique ou par photos aériennes IGN à pas de temps de 5 ans par exemple voir fiche n°2bis.
	Connexion annexes hydrauliques et lit majeur: observations de terrain de la fréquence et durée de submersion du lit majeur et de connexion des annexes hydrauliques. voir fiche n°2bis
	Connexion nappe et cours d'eau, pour les cours d'eau incisés: mesures des cotes en lit mineur et dans les piézomètres pour diverses gammes de débit, voir fiche n°2bis.
	Connexion nappe et cours d'eau, pour les cours déplacés en limite de leur lit majeur : jaugeages en amont de la zone qui a été déplacée et dans la zone déplacée, voir fiche n°2bis.

3.3.3 Suivi étendue sur sites (en dehors du linéaire restauré proprement dit)

Un suivi étendu, réalisé au delà de la zone directement restaurée, devrait améliorer notablement la connaissance scientifique des effets « large échelle » d'opérations de restauration souvent très localisées. Cette approche est intéressante pour certains types d'évolution hydromorphologique ou biologique :

- **Hydromorphologique** : elle permet de suivre, sur un linéaire assez long, les processus de transport solide. On observera ainsi, le ré-engraissement sédimentaire de portions de cours d'eau où le *substratum* rocheux domine, la réapparition de substrat favorable à des frayères potentielles, etc., suite à des opérations de restauration de type effacement d'obstacle (seuil, barrage), la ré-ouverture d'un espace de mobilité par suppression de protections de berges, la réinjection ou la remobilisation de sédiments, etc...

Les **mesures hydromorphologiques** porteront principalement sur l'observation de processus hydrosédimentaires, notamment la recharge alluviale en aval du ou des linéaires restaurés. Néanmoins, la description de quelques paramètres hydromorphologiques « de base » sera utile au niveau des sites:

- Mesure des différents faciès d'écoulement au topofil ou au GPS,
- Mesure de 2 profils en travers très simplifiés permettant d'obtenir des valeurs de largeur et profondeur à pleins bords. L'idéal est de les réaliser au droit de faciès de type plat courant ou radier, si possible au niveau de points d'inflexion entre 2 sinuosités ou dans des portions rectilignes (portions du cours d'eau où le profil en travers est généralement symétrique),
- Mesure de la granulométrie de surface sur un radier ou, à défaut, sur le faciès le plus lotique, en notant le type de faciès choisi (protocole Wolman).

- **Biologique** : il s'agit principalement de suivre les processus de recolonisation du réseau hydrographique, suite notamment à des opérations de type effacement d'obstacle (seuil, barrage). Ce suivi s'appuiera sur des observations et mesures « allégées » par rapport au protocole stationnel décrit ci-avant, permettant de statuer par exemple sur l'évolution de la composition spécifique.

Pour les **compartiments biologiques**, l'échelle étendue sur sites est utile pour les aspects concernant notamment la recolonisation du réseau hydrographique par les poissons voire les invertébrés. Le suivi biologique à l'échelle du réseau hydrographique ne peut être facilement normalisé, à l'heure actuelle. Il s'agira donc de définir au cas par cas des stratégies de suivi adaptées aux groupes ou aux espèces dont on espère la recolonisation.

En terme de méthode d'échantillonnage, pour couvrir un linéaire suffisant, on aura par exemple recours à des échantillonnages allégés tels que des balayages rapides de radiers : « *kick sampling* » pour les macroinvertébrés, pêches de radiers pour les poissons rhéophiles telles que celles pratiquées dans les indices d'abondance visant les juvéniles saumons de l'année, pêches par ambiances judicieusement réparties, etc...

Tableau 5: Méthodes de mesures et de prélèvements pour le suivi scientifique minimal sur sites

	Biologie	Hydromorphologie
Fréquence , durée, pas de temps Restauration année N	3 états initiaux, N-3, N-2, N-1 ou sur station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration	1 état initial sur station témoin sur même tronçon ou similaire suivie après la restauration
	3 états post restauration N+3, N+4, N+5	1 état post restauration juste après les travaux N, puis des suivis post restauration à N+ 3 puis après une crue morphogène de fréquence au moins biennale cf 2.3.2.

	Biologie: éléments à suivre	Hydromorphologie: éléments de qualité à suivre pour toute intervention dont la réponse est globale
Echelle étendue sur site: Site de longueur 6 fois la largeur pleins bords	Poissons: mesure de la recolonisation du réseau hydrographique , méthode à adapter selon le groupe d'espèce concerné, par exemple pour les rhéophiles par pêche sur radier telle que celles pratiquées dans les indices d'abondance visant les juvéniles de saumons, pêche par ambiances bien réparties pour autres espèces, voir fiche méthodologique n°5 , ou dénombrement des habitats de reproduction potentiels et occupés, voir fiche méthodologique n°5 .	Faciès: mesure des longueurs des différents faciès d'écoulement au topofil ou GPS Indicateur de suivi: proportion des faciès d'écoulement répartis parmi les 11 types de faciès et 4 mégatypes dans chaque site de mesure
	Invertébrés dans certaines situations: mesure de la recolonisation du réseau hydrographique , méthode à adapter selon le groupe d'espèce concerné, par exemple par balayage rapide sur radier méthode "kick sampling" (cf fiche méthodologique n°5).	Géométrie du lit: Mesure de 2 profils en travers très simplifiés permettant d'obtenir des valeurs de largeur et profondeur à pleins bords, de préférence au droit de faciès de type plat courant ou radier, si possible au niveau de points d'inflexion entre 2 sinuosités ou dans des portions rectilignes (portions du cours d'eau où le profil en travers est généralement symétrique),
		Substrat: Mesure de la granulométrie de surface dans chaque site sur un radier ou, à défaut, sur le faciès le plus lotique, en notant le type de faciès choisi selon le protocole Wolman, voir fiche méthodologique n°5 . Indicateur de suivi: granulométrie la plus grossière et localisation/nombre de frayères potentiels

4- Éléments complémentaires pour une étude de suivi réussie

- **Validation, bancarisation** des données, à prévoir au plus tôt, dès la première campagne de mesure (ex. caractérisation initiale)
- **Exploitation régulière** des données et **maintien d'une attention** de la part des principaux partenaires des projets d'amélioration.

Il faut prévoir une mise en forme et une analyse des résultats à un pas de temps annuel, ce qui permet d'entretenir la « flamme », c'est à dire l'intérêt collectif pour le suivi, mais aussi de recueillir au fil du temps de précieux renseignements qualitatifs de la part des opérateurs. Il faut parfois penser à en extraire une information simplifiée à but de communication pour rendre compte simplement de l'avancement du suivi et déceler les premières tendances.

- **Synthèse** en fin de parcours

Elle doit répondre à la question initiale et vérifier si les objectifs originaux et les hypothèses posées sont confirmés ou non. Plus la question initiale est bien construite, plus la synthèse sera aisée.

- **Interprétation des résultats**

Celle-ci est plus aisée si le diagnostic préalable a été bien établi avec une mise en contexte et si les objectifs écologiques de l'opération de restauration réalisée ont été bien précisés. La prise en compte des échelles d'intervention de la restauration mise en œuvre et des temps de réponse des compartiments étudiés permettent aussi de juger de la trajectoire d'évolution écologique.

Pour plus d'information sur les éléments nécessaires à l'interprétation : Restaurations des cours d'eau, que nous apprennent les suivis écologiques documentés ? Souchon 2012, Onema/Irstea

- **Bancarisation nationale**

Essentielle pour la construction d'un retour d'expérience pour supporter des méta analyses de plusieurs cas, et si possible en extraire des lois communes généralisables. On rappelle ici l'importance d'avoir adopté des **protocoles de mesure standards**.

5 Recommandations pour le suivi de projets de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau

Les pages suivantes présentent les quatre cas de suivis (voir figure 1), et donne une illustration de suivis à mettre en œuvre dans le cas d'une intervention sur plusieurs ouvrages bloquant une partie du réseau hydrographique avec une suppression des protections de berges dans certaines retenues.

Pour plus de précisions notamment sur les protocoles proposés dans le cas du suivi scientifique amélioré, nous recommandons la lecture du document intitulé « Éléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal / Volets hydromorphologie – hydroécologie » (Version 1 au 29/05/2010. J-R. MALAVOI, Y. SOUCHON).

Cas n°1 : Obstacle transversal – Echelle locale

Ex : intervention sur un seul ouvrage au milieu d'une chaîne d'ouvrages

La figure 3 présente les altérations hydromorphologiques induites par la présence d'un seuil et les paramètres à suivre :

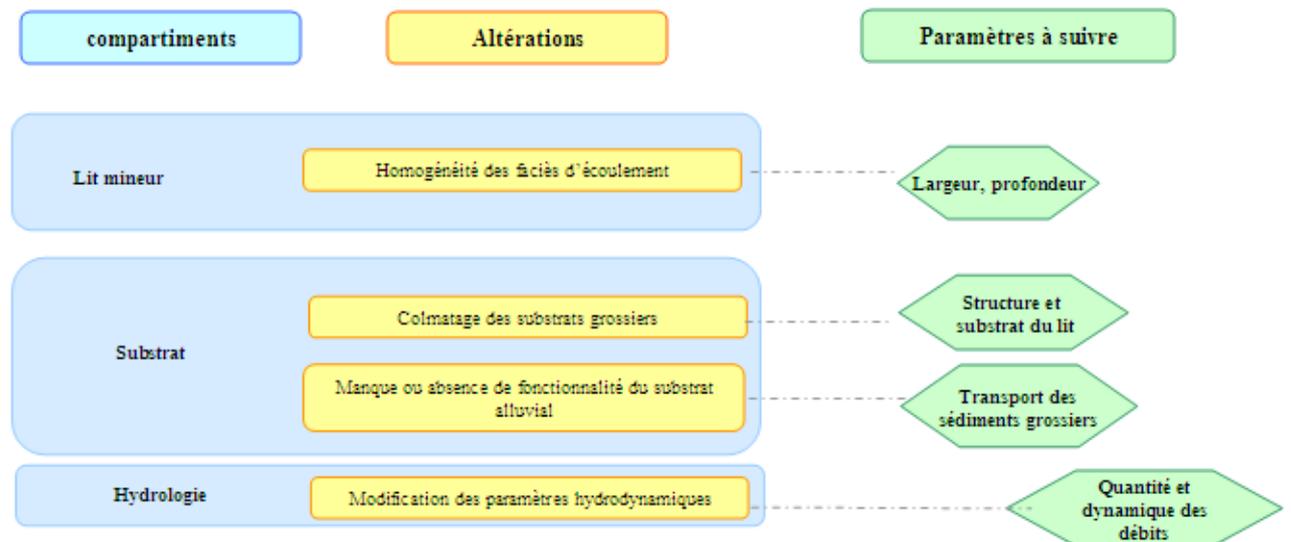


Figure 3 : Altérations hydromorphologiques et paramètres à suivre dans le cas d'une intervention sur un seuil.

Des paramètres ou compartiments peuvent être suivis en plus si le projet de restauration risque d'induire des impacts négatifs sur ces paramètres. C'est le cas par exemple d'effacement d'ouvrage transversal où les modifications de berges, de niveau de nappe d'accompagnement, de présence de zones humides et de la ripisylve ont besoin d'être suivies s'il y a des risques possibles et si des enjeux y sont associés.

❶ Stratégie d'échantillonnage

Pour le Suivi scientifique minimal : mesures à mettre en œuvre au minimum sur :

- Une station ou deux stations de suivi dans l'emprise de la retenue :
⇒ Suivi biologique, physico-chimique et hydromorphologique.
- l'ensemble du linéaire restauré, caractérisation des faciès d'écoulement, i.e., dans l'emprise de la retenue, zone qui sera dénoyée.
- Une station en aval si problème de déficit sédimentaire
⇒ Suivi hydromorphologique, biologique et physico-chimique.

OU

Ajout d'un ou plusieurs sites en aval pour suivre le transit sédimentaire

Pour le suivi scientifique amélioré : les mesures possibles à rajouter à la carte

- Ajout d'un ou plusieurs sites en aval pour suivre le transit sédimentaire
⇒ Suivi hydromorphologique et biologique
- Ajout d'un ou plusieurs sites en amont pour suivre la colonisation sur le réseau hydrographique
⇒ Suivi hydromorphologique et biologique
- Quelques paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré : le substrat alluvial par ex.

② Méthodes de mesure ou de prélèvement à mettre en œuvre

Suivi de l'hydromorphologie

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre dans le cas d'un suivi scientifique pour les différentes échelles d'investigations préconisées dans ce cas de figure.

Pour un suivi scientifique minimal, mesures à mettre en œuvre au minimum :

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Sur les STATIONS:

- CARHYCE Cf Fiche n°1
- Mesure du colmatage grossier de surface : protocole ARCHAMBAUD *et al.* Fiche n°2
- Mesure du colmatage du substrat grossier profond : mesure de la conductivité hydraulique ou utilisation de bâtonnets en bois selon la méthode décrite dans le protocole CARHYCE
- Prise de photos de la station d'échantillonnage depuis le sol
- Description de la ripisylve..... fiche n°2

Sur L'ENSEMBLE DU SITE RESTAURE :

- Caractérisation des faciès d'écoulementfiche n° 2bis

Exemples de mesures à réaliser pour le suivi scientifique amélioré

En fonction des moyens disponibles et des altérations hydromorphologiques visées par l'opération de restauration, des paramètres en plus peuvent être suivis ou un échantillonnage spatial plus dense peut être proposé avec des sites ou stations suivis en plus.

- Description de certains paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré par ex. le substrat alluvial dont frayères potentielles (voir 2.1.3.3 Malavoi et Souchon 2010) ou la ripisylve
- Prise de photos aériennes obliques basse altitude ;
- Des mesures au niveau des sites peuvent aussi être mises en œuvre :

Sur SITES, échelle étendue:

- Caractérisation de la géométrie du litcf tableau 5
- Mesures de faciès d'écoulementcf tableau n°5
- Mesure de la granulométrie de surface sur radier ou faciès le plus lotique , selon le protocole de Wolmancf fiche n°5

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessus, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches.

Suivi de la biologie

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre dans le cas d'un suivi scientifique pour les différentes échelles d'investigations préconisées dans ce cas de figure.

Pour un suivi scientifique minimal, les protocoles à mettre en œuvre sont les suivants :

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Sur les STATIONS :

- Macroinvertébrés : protocole IBG-DCE Cf Fiche n°3
- Poissons : protocole pêche à 2 passages sans remise à l'eau pour les cours d'eau entièrement prospectables à pieds ou pêches par points ou ambiances pour les cours d'eau non entièrement prospectables à pieds avec biométrie complète Cf Fiche n°4

La figure suivante présente les altérations des peuplements macroinvertébrés et poissons mises en évidence par les méthodes de prélèvement proposées.

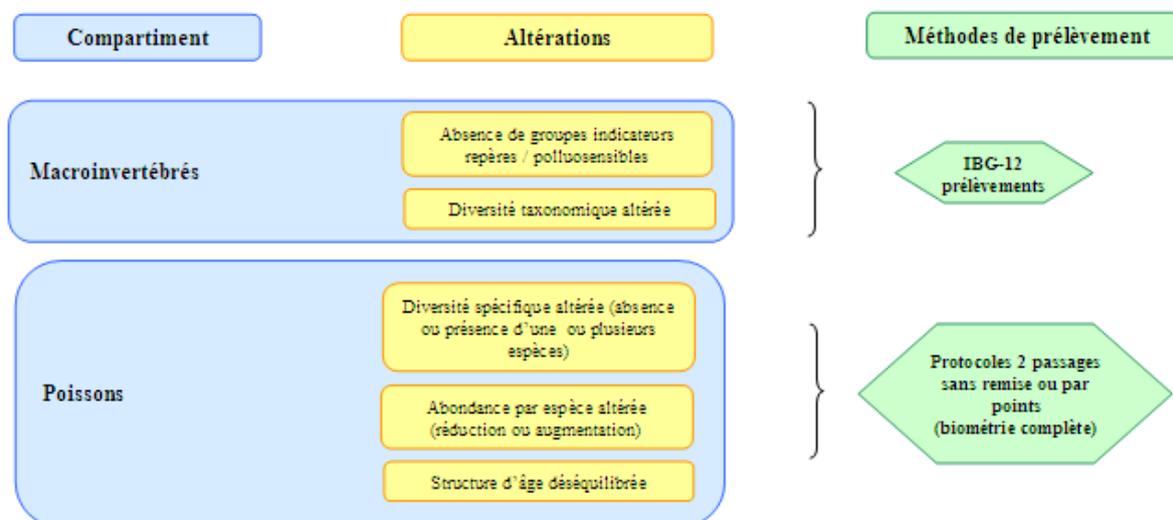


Figure 4 : Altérations biologiques et méthodes de prélèvement à la station recommandées pour un suivi scientifique minimal

Exemples de mesures à réaliser pour le suivi scientifique améliorés:

Afin d'appréhender les effets de la restauration à plus large échelle, des échantillonnages peuvent être réalisés au niveau de sites. Les protocoles à mettre en œuvre peuvent être les mêmes que ceux utilisés à la station, ou bien être allégés avec par exemple :

- Macroinvertébrés (selon pertinence) : méthode simplifiée pour évaluer la recolonisation, adaptée aux taxons recherchés (présence/absence), méthode Kick sampling par exemple ;

- Poissons : méthodes à adapter selon les espèces ciblées (pêche par indice d'abondance pour juvénile saumon, par ambiance, taux d'occupation des frayères).

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Sur SITES, échelle étendue:

- Poissons : pêche sur radier pour juvéniles de saumon dans le(s) sites cf fiche n°5
Ou pêche par ambiances bien réparties sur l'ensemble des sites cf fiche n°5
Ou occupation des frayères dans le(s) sites.....cf fiche n°5
- Invertébré dans certaines situations : kick sampling dans le(s) sitescf fiche n°5

En complément, les compartiments suivants peuvent être également suivis.

Sur stations :

- Etude de la végétation aquatique (protocole IBMR) ;
- Etude de la végétation terrestre (inventaires floristiques, recherche d'espèces invasives par exemple) ;

Suivi de la physico-chimie des eaux

Suivi scientifique minimal au niveau des stations

L'analyse des paramètres suivants est préconisée au niveau de chacune des stations d'échantillonnage concernées par un suivi de la physico-chimie des eaux :

- Paramètres classiques : pH, O₂ dissous et taux de saturation (cycle 24h), conductivité ;
- Température.

En complément, selon les pollutions mises en évidence lors du diagnostic initial, le suivi de la physico-chimie pourra être complété par les analyses suivantes :

- En cas de pollution de type excès de nutriments : DBO₅, DCO, NKj, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂, PO₄³⁻, P total, COD, MEST, turbidité hors crue ;
- Analyses de substances identifiées lors d'études préliminaires aux interventions ou suspectées en raison d'activités anthropiques environnantes.

Suivi minimal de la physico-chimie des eaux

- Paramètres classiques : pH, O₂ dissous et taux de saturation (cycle 24h), conductivité ;
- Température : protocole utilisé pour le réseau thermie de l'ONEMA.
- En cas de pollution de type excès de nutriments : DBO₅, DCO, NKj, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂, PO₄³⁻, P total, COD, MEST, turbidité hors crue ;

③ Fréquence des suivis

Les préconisations en termes de fréquence, durée, nombre de campagne pour le suivi scientifique minimal sont présentées dans la partie 2.3 page 5.

Cas n°2 : Obstacles transversaux – Echelle globale

Ex : intervention sur plusieurs ouvrages, ou un seul mais très bloquant

① Stratégie d'échantillonnage

Pour le suivi scientifique minimal : mesures à mettre en œuvre au minimum sur :

- Une ou deux stations dans l'emprise des retenues les plus représentatives :
⇒ Suivi hydromorphologique, biologique, physico-chimique.
- Plusieurs sites sur le réseau hydrographique, en amont des ouvrages :
⇒ Suivis essentiellement biologique et hydromorphologique.
- Une station à l'aval de l'ouvrage le plus à l'aval lorsqu'un fort déficit sédimentaire lié à l'ouvrage ou à la succession d'ouvrages est avéré :
⇒ Suivis biologique, physico-chimique et hydromorphologique.

Ou N sites en aval : ⇒ Suivi hydromorphologique, biologique

- Sur l'ensemble du linéaire restauré caractérisation des faciès d'écoulement.

Pour le suivi scientifique amélioré, les mesures à rajouter à la carte sur :

- Une station dans l'emprise de N retenues supplémentaires :
⇒ Suivi hydromorphologique, biologique, physico-chimique
- Une station à l'aval de N ouvrages supplémentaires lorsqu'un fort déficit sédimentaire est avéré :
⇒ Suivis biologique, physico-chimique et hydromorphologique
- Ajout de sites de suivis de l'hydromorphologie plus à l'aval afin de suivre le transit sédimentaire.
- Quelques paramètres à suivre en plus sur l'ensemble du linéaire restauré

② Méthodes de mesures ou de prélèvement à mettre en œuvre

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre dans le cas d'un suivi scientifique pour les différentes échelles d'investigations préconisées dans ce cas de figure.

Suivi de l'hydromorphologie

Pour un suivi scientifique minimal, mesures à mettre en œuvre au minimum :

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Sur les STATIONS :

- CARHYCE (en retenue carhyce aménagé) Fiche n°1
- Mesure du colmatage de surface : protocole Archambaud *et al.* Fiche n°2
- Mesure du colmatage du substrat grossier profond : mesure de la conductivité hydraulique ou utilisation de bâtonnets en bois selon la méthode décrite dans le protocole CARHYCE
- Prise de photos de la station d'échantillonnage depuis le sol
- Description de la ripisylveFiche N°2

Sur L'ENSEMBLE DU SITE RESTAURE :

- Caractérisation des faciès d'écoulementfiche n° 2bis

Suivi scientifique minimal au niveau des sites

En complément, une analyse à plus large échelle peut s'avérer nécessaire pour mesurer les effets de la restauration sur le bassin versant, le transport des sédiments :

Sur SITES, échelle étendue:

- Caractérisation de la géométrie du litcf tableau 5
- Mesures de faciès d'écoulementcf. Tableau n°5
- Mesure de la granulométrie de surface sur radier ou faciès le plus lotique , selon le protocole de Wolmancf fiche n°5

Exemples de mesures à réaliser pour le suivi scientifique amélioré

En fonction des moyens disponibles et des altérations hydromorphologiques visées par l'opération de restauration, des paramètres en plus peuvent être suivis ou un échantillonnage spatial plus dense peut être proposé avec des sites ou stations suivis en plus.

- Description de certains paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré par ex. le substrat alluvial dont frayères potentielles (voir 2.1.3.3 Malavoi et souchon) ou la ripisylve
- Prise de photos aériennes obliques basse altitude ;

Suivi de la biologie

Pour un suivi scientifique minimal, mesures à mettre en oeuvre au minimum :

Les protocoles suivants sont préconisés pour chacune des stations d'échantillonnage concernées par un suivi de la biologie :

Sur les STATIONS :

- Macroinvertébrés : IBG-DCE Fiche n°3
- Poissons : Protocole de pêche à 2 passages sans remise à l'eau pour les cours d'eau entièrement prospectable à pieds, sinon pêche par points (protocole RCS avec biométrie complète)Fiche n°4

Suivi scientifique minimal au niveau des sites

Afin d'appréhender les effets de la restauration à plus large échelle, des échantillonnages sont préconisés au niveau de sites. Les protocoles à mettre en oeuvre peuvent être les mêmes que ceux utilisés à la station, ou bien être allégés avec:

- Macroinvertébrés (selon pertinence) : méthode simplifiée pour évaluer la recolonisation, adaptée aux taxons recherchés (présence/absence), méthode kick sampling;
- Poissons : méthodes à adapter selon les espèces ciblées (pêche par indice d'abondance pour juvénile de saumon , pêche par ambiance, taux d'occupation des frayères) ;

Sur SITES, échelle étendue:

- Poissons : pêche sur radier pour juvéniles de saumon dans le(s) sites cf fiche n°5
Ou pêche par ambiances bien réparties sur l'ensemble des sites cf fiche n°5
Ou occupation des frayères dans le(s) sites.....cf fiche n°5
- Invertébré dans certaines situations : kick sampling dans le(s) sitescf fiche n°5

Suivi scientifique scientifique amélioré

En complément, les compartiments suivants peuvent être également suivis sur les stations :

- Etude de la végétation aquatique (protocole IBMR²) ;
- Etude de la végétation terrestre (inventaires floristiques, recherche d'espèces invasives par exemple).

Suivi de la physico-chimie des eaux

Suivi scientifique minimal au niveau des stations

L'analyse des paramètres suivants est préconisée pour chacune des stations d'échantillonnage concernées par un suivi de la physico-chimie des eaux :

- Paramètres classiques : pH, O₂ dissous et taux de saturation (cycle 24h), conductivité ;
- Température : protocole utilisé dans pour le réseau thermie ONEMA.

En complément, selon les pollutions mises en évidence lors du diagnostic initial, le suivi de la physico-chimie pourra être complété par les analyses suivantes :

- En cas de pollution de type excès de nutriments : DBO₅, DCO, NKj, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂, PO₄³⁻, P total, COD, MEST, turbidité hors crue ;
- Analyses de substances identifiées lors d'études préliminaires aux interventions ou suspectées en raison d'activités anthropiques environnantes.

③ Fréquence des suivis

Les préconisations en termes de fréquence, durée, nombre de campagne pour le suivi scientifique minimal sont présentées dans la partie 2.3 page 5.

² Indice Biologique Macrophytique. NF T90-395 octobre 2003. Documents disponibles sur le site de l'IRSTEA <https://hydrobio-dce.cemagref.fr>

Cas n°3 : Restauration linéaire – Echelle locale

Ex : création de méandres, sur un linéaire très inférieur à 100 fois la largeur du lit de plein bord

1 Stratégie d'échantillonnage

Pour le suivi scientifique minimal : mesures à mettre en œuvre au minimum sur:

- Une ou deux stations représentatives du linéaire restauré :
 - ⇒ Suivis biologique, physico-chimique et hydromorphologique.
- Sur l'ensemble du linéaire restauré : description des faciès d'écoulement et étude de certains paramètres en fonctions des altérations identifiées, par exemple les berges, connexions avec des annexes hydrauliques, connexions nappes cours d'eau.

Pour le suivi scientifique amélioré, les mesures à rajouter à la carte:

- Ajout d'une station témoin et de référence dans le même tronçon hydromorphologique :
 - ⇒ Suivis biologique, physico-chimique et hydromorphologique.
- Sur l'ensemble du linéaire restauré, suivre quelques paramètres en plus : substrat alluvial

2 Méthodes de mesures ou de prélèvement à mettre en œuvre

Suivi de l'hydromorphologie

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre dans le cas d'un suivi scientifique pour les différentes échelles d'investigations préconisées dans ce cas de figure.

Pour un suivi scientifique minimal, mesures à mettre en œuvre au minimum :

La figure suivante présente les altérations hydromorphologiques qui peuvent être visées par l'opération de restauration hydromorphologique dans le cas n°3 et les protocoles d'études associés pour un suivi minimal de l'hydromorphologie :

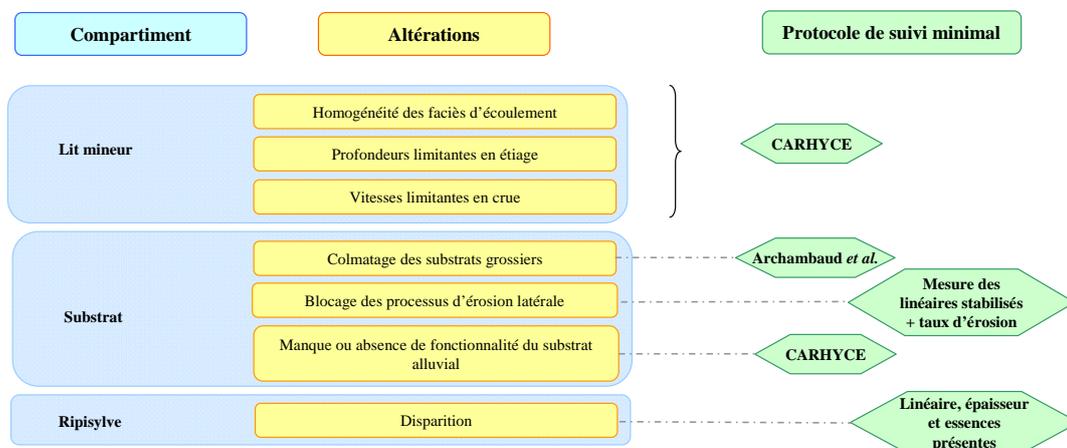


Figure 5 : Altérations hydromorphologiques (cas n°3) et protocoles d'études recommandés pour un suivi scientifique minimal.

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches.

Sur les STATIONS:

- CARHYCE Cf Fiche n°1
- Mesure du colmatage grossier de surface : protocole ARCHAMBAUD *et al.* Fiche n°2
- Mesure du colmatage du substrat grossier profond : mesure de la conductivité hydraulique ou utilisation de bâtonnets en bois selon la méthode décrite dans le protocole CARHYCE
- Prise de photos de la station d'échantillonnage depuis le sol
- Description de la Ripisylve..... fiche n°2

Sur L'ENSEMBLE DU SITE RESTAURE :

- Caractérisation des faciès d'écoulementfiche n° 2bis
- En fonction des altérations identifiées :
- Mesures des linéaires stabilisées et des taux d'érosion sur l'ensemble du linéaire restauré ..fiche 2bis
 - Connexion nappes cours d'eaufiche n° 2bis
 - Caractérisation annexes cours d'eau.....fiche n° 2bis

Exemples de mesures à réaliser pour le suivi scientifique amélioré

En fonction des moyens disponibles et des altérations hydromorphologiques visées par l'opération de restauration, des paramètres en plus peuvent être suivis ou un échantillonnage spatial plus dense peut être proposé avec des sites ou stations suivis en plus.

- Description de certains paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré par ex. le substrat alluvial dont frayères potentielles (voir 2.1.3.3 Malavoi et souchon) ou la ripisylve
- Prise de photos aériennes obliques basse altitude ;
- Des mesures au niveau des sites peuvent aussi être mises en œuvre :

Sur SITES, échelle étendue:

- Caractérisation de la géométrie du litcf tableau 5
- Mesures de faciès d'écoulement tableau n°5
- Mesure de la granulométrie de surface sur radier ou faciès le plus lotique , selon le protocole de Wolmancf fiche n°5

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessus, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches.

Suivi de la biologie

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre dans le cas d'un suivi scientifique pour les différentes échelles d'investigations préconisées dans ce cas de figure.

Pour un suivi scientifique minimal, les protocoles à mettre en œuvre sont les suivants :

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Sur les STATIONS :

- Macroinvertébrés : protocole IBG-DCE Cf Fiche n°3
- Poissons : protocole pêche à 2 passages sans remise à l'eau pour les cours d'eau entièrement prospectables à pieds ou pêches par points ou ambiances pour les cours d'eau non entièrement prospectables à pieds avec biométrie complète Cf Fiche n°4

La figure suivante présente les altérations des peuplements macroinvertébrés et poissons mises en évidence par les méthodes de prélèvement proposées.

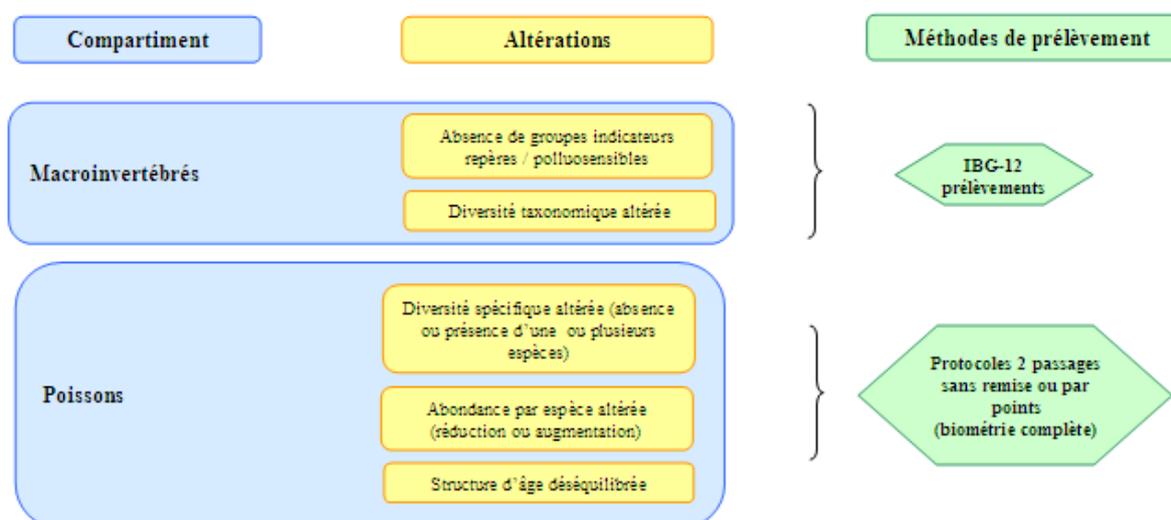


Figure 6 : Altérations biologiques et méthodes de prélèvement à la station recommandées pour un suivi scientifique minimal

Exemples de mesures à réaliser pour le suivi scientifique améliorés:

Afin d'appréhender les effets de la restauration à plus large échelle, des échantillonnages peuvent être réalisés au niveau de sites. Les protocoles à mettre en oeuvre peuvent être les mêmes que ceux utilisés à la station, ou bien être allégés avec par exemple :

- Macroinvertébrés (selon pertinence) : méthode simplifiée pour évaluer la recolonisation, adaptée aux taxons recherchés (présence/absence), méthode Kick sampling par exemple ;
- Poissons : méthodes à adapter selon les espèces ciblées (pêche par indice d'abondance pour juvénile saumon, par ambiance, taux d'occupation des frayères).

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Sur SITES, échelle étendue:

- Poissons : pêche sur radier pour juvéniles de saumon dans le(s) sites cf fiche n°5
Ou pêche par ambiances bien réparties sur l'ensemble des sites cf fiche n°5
Ou occupation des frayères dans le(s) sites.....cf fiche n°5
- Invertébré dans certaines situations : kick sampling dans le(s) sitescf fiche n°5

En complément, les compartiments suivants peuvent être également suivis.

Sur stations :

- Etude de la végétation aquatique (protocole IBMR) ;
- Etude de la végétation terrestre (inventaires floristiques, recherche d'espèces invasives par exemple) ;

Suivi de la physico-chimie des eaux

Suivi scientifique minimal au niveau des stations

L'analyse des paramètres suivants est préconisée au niveau de chacune des stations d'échantillonnage concernées par un suivi de la physico-chimie des eaux :

- Paramètres classiques : pH, O₂ dissous et taux de saturation (cycle 24h), conductivité ;
- Température.

En complément, selon les pollutions mises en évidence lors du diagnostic initial, le suivi de la physico-chimie pourra être complété par les analyses suivantes :

- En cas de pollution de type excès de nutriments : DBO₅, DCO, NKj, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂, PO₄³⁻, P total, COD, MEST, turbidité hors crue ;
- Analyses de substances identifiées lors d'études préliminaires aux interventions ou suspectées en raison d'activités anthropiques environnantes.

Suivi minimal de la physico-chimie des eaux

- Paramètres classiques : pH, O₂ dissous et taux de saturation (cycle 24h), conductivité ;
- Température : protocole utilisé pour le réseau thermique de l'ONEMA.
- En cas de pollution de type excès de nutriments : DBO₅, DCO, NKj, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂, PO₄³⁻, P total, COD, MEST, turbidité hors crue ;

③ Fréquence des suivis

Les préconisations en termes de fréquence, durée, nombre de campagne pour le suivi scientifique minimal sont présentées dans la partie 2.3 page 5.

Cas n°4 : Restauration linéaire – Echelle globale

Ex : suppression sur plus de 100 fois la largeur du lit de plein bord de digues ou enrochements

① Stratégie d'échantillonnage

Pour le suivi scientifique minimal : mesures à mettre en œuvre au minimum sur:

- Une ou deux stations représentatives du linéaire restauré dans chaque tronçon ou sous tronçon restauré :
 - ⇒ Suivis biologique, physico-chimique et hydromorphologique.
- Plusieurs sites répartis sur le tronçon restauré et/ou à l'amont et l'aval.
 - ⇒ Suivis biologique et hydromorphologique.
- Sur l'ensemble du linéaire restauré : description des faciès d'écoulement et étude de certains paramètres en fonction des altérations identifiées, par exemple les berges, connexions avec des annexes hydrauliques, connexions nappes cours d'eau.

Pour le suivi scientifique amélioré, les mesures à rajouter à la carte:

- Ajout d'une station témoin et une station de référence par tronçon ou sous tronçon hydromorphologique :
 - ⇒ Suivis biologique, physico-chimique et hydromorphologique.
- Sur l'ensemble du linéaire restauré suivre quelques paramètres en plus : substrat alluvial par ex ripisylve

② Méthodes de mesures ou de prélèvement à mettre en œuvre

Suivi de l'hydromorphologie

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre dans le cas d'un suivi scientifique pour les différentes échelles d'investigations préconisées dans ce cas de figure.

Pour un suivi scientifique minimal, mesures à mettre en œuvre au minimum :

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Sur les STATIONS:

- CARHYCE Cf Fiche n°1
- Mesure du colmatage grossier de surface : protocole ARCHAMBAUD *et al.* Fiche n°2
- Mesure du colmatage du substrat grossier profond : mesure de la conductivité hydraulique ou utilisation de bâtonnets en bois selon la méthode décrite dans le protocole CARHYCE
- Prise de photos de la station d'échantillonnage depuis le sol
- Description de la ripisylve..... fiche n°2

Sur L'ENSEMBLE DU SITE RESTAURE :

- Caractérisation des faciès d'écoulementfiche n° 2bis
- Mesures des linéaires stabilisées et des taux d'érosion sur l'ensemble du linéaire restauré ..fiche 2bis
- Connexion nappes cours d'eaufiche n° 2bis
- Caractérisation annexes cours d'eau.....fiche n° 2bis

Sur SITES, échelle étendue:

- Caractérisation de la géométrie du litcf tableau 5
- Mesures de faciès d'écoulement tableau n°5
- Mesure de la granulométrie de surface sur radier ou faciès le plus lotique , selon le protocole de Wolmancf fiche n°5

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessus, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches.

Exemples de mesures à réaliser pour le suivi scientifique amélioré

En fonction des moyens disponibles et des altérations hydromorphologiques visées par l'opération de restauration, des paramètres en plus peuvent être suivis ou un échantillonnage spatial plus dense peut être proposé avec des sites ou stations suivis en plus.

- Description de certains paramètres en plus sur l'ensemble du linéaire restauré par ex. le substrat alluvial dont frayères potentielles (voir 2.1.3.3 Malavoi et Souchon 2010) ou la ripisylve
- Prise de photos aériennes obliques basse altitude ;

Suivi de la biologie

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre dans le cas d'un suivi scientifique pour les différentes échelles d'investigations préconisées dans ce cas de figure.

Pour un suivi scientifique minimal, les protocoles s à mettre en œuvre sont les suivants :

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Sur les STATIONS :

- Macroinvertébrés : protocole IBG-DCE Cf Fiche n°3
- Poissons : protocole pêche à 2 passages sans remise à l'eau pour les cours d'eau entièrement prospectables à pieds ou pêches par points ou ambiances pour les cours d'eau non entièrement prospectables à pieds avec biométrie complète Cf Fiche n°4

Afin d'appréhender les effets de la restauration à plus large échelle, des échantillonnages peuvent être réalisés au niveau de sites. Les protocoles à mettre en oeuvre peuvent être les mêmes que ceux utilisés à la station, ou bien être allégés avec par exemple :

- Macroinvertébrés (selon pertinence) : méthode simplifiée pour évaluer la recolonisation, adaptée aux taxons recherchés (présence/absence), méthode Kick sampling par exemple ;
- Poissons : méthodes à adapter selon les espèces ciblées (pêche par indice d'abondance pour juvénile saumon, par ambiance, taux d'occupation des frayères).

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessous, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Sur SITES, échelle étendue:

- Poissons : pêche sur radier pour juvéniles de saumon dans le(s) sites cf fiche n°5
Ou pêche par ambiances bien réparties sur l'ensemble des sites cf fiche n°5
Ou occupation des frayères dans le(s) sites.....cf fiche n°5
- Invertébré dans certaines situations : kick sampling dans le(s) sitescf fiche n°5

Exemples de suivis améliorés

- Suivi sur stations témoins et de référence ;

En complément, les compartiments suivants peuvent être également suivis sur les stations :

- Etude de la végétation aquatique (protocole IBMR³) ;
- Etude de la végétation terrestre (inventaires floristiques, recherche d'espèces invasives par exemple).

Suivi de la physico-chimie des eaux

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre sur chacune des stations d'échantillonnage concernées par un suivi de la physico-chimie des eaux.

Suivi minimal au niveau des stations

- Paramètres classiques : pH, O₂ dissous et taux de saturation (cycle 24h), conductivité ;
- Température : protocole utilisé dans pour le réseau thermie ONEMA.
- En cas de pollution de type excès de nutriments : DBO₅, DCO, NKj, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂, PO₄³⁻, P total, COD, MEST, turbidité hors crue ;
- Ajout de substances identifiées lors d'études préliminaires aux interventions.

③ Fréquence des suivis

Les préconisations en termes de fréquence, durée, nombre de campagne pour le suivi scientifique minimal sont présentées dans la partie 2.3 page 5.

³ Indice Biologique Macrophytique. NF T90-395 octobre 2003. Documents disponibles sur le site de l'IRSTEA <https://hydrobio-dce.cemagref.fr>

Un exemple : Intervention sur plusieurs ouvrages bloquant une partie du réseau hydrographique et suppression des protections de berges dans certaines retenues

Il s'agit d'une suppression de protection de berges sur une longueur inférieure à 100 fois la largeur pleins bords, donc sont appliqués dans cet exemple les cas d'échantillonnage 3 et 2 du tableau 2.

La figure 7 présente les altérations hydromorphologiques induites par la présence de plusieurs seuils bloquant et la stabilisation des berges et les paramètres à suivre :

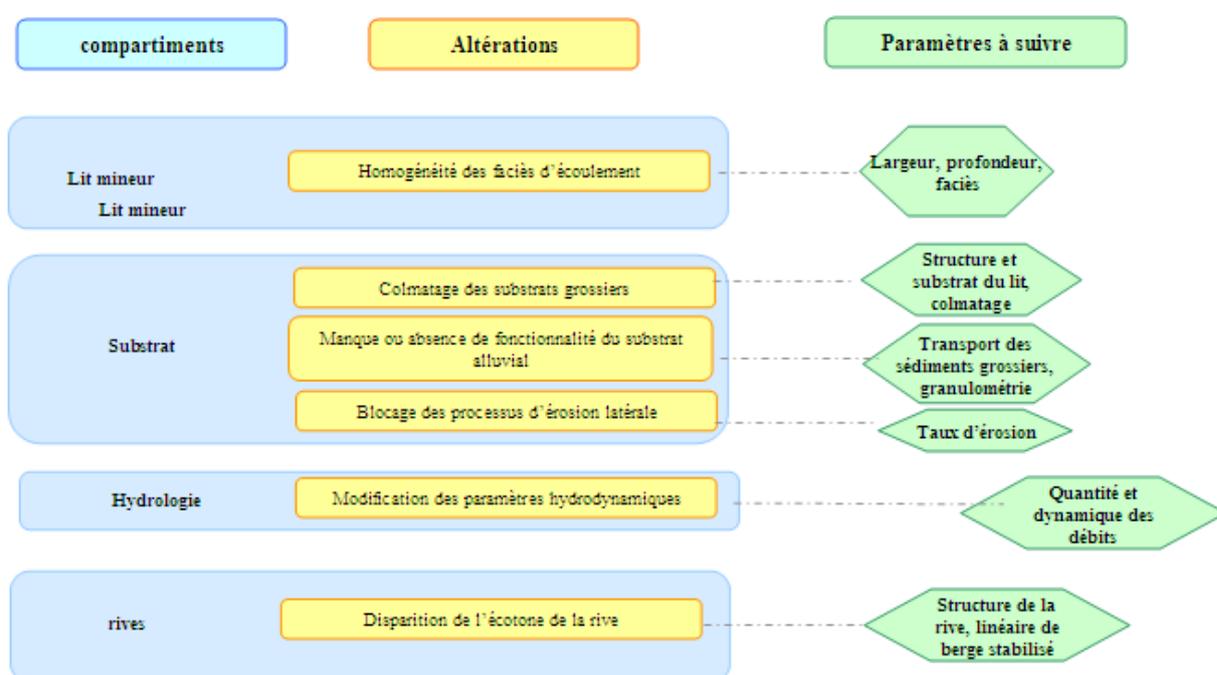


Figure 7 : Altérations hydromorphologiques et paramètres à suivre dans le cas d'une intervention sur plusieurs ouvrages bloquant une partie du réseau hydrographique et de la suppression de protection de berges.

Des paramètres ou compartiments peuvent être suivis en plus si le projet de restauration risque d'induire des impacts négatifs sur ces paramètres. C'est le cas par exemple d'effacement d'ouvrage transversal où les modifications de berges, de niveau de nappe d'accompagnement, de présence de zones humides et de la ripisylve ont besoin d'être suivies s'il y a des risques possibles et si des enjeux y sont associés.

❶ Stratégie d'échantillonnage

Pour le Suivi scientifique minimal : mesures à mettre en œuvre au minimum sur :

- Une station ou deux stations de suivi dans l'emprise de certaines retenues les plus représentatives :

⇒ Suivi biologique, physico-chimique et hydromorphologique.

- Une station ou deux stations de suivi représentatives du linéaire dont les berges seront supprimées qui peut être la/les même (s) que précédemment:

⇒ Suivi biologique, physico-chimique et hydromorphologique.

- Sur l'ensemble du linéaire restauré suivi des faciès d'écoulement et des berges sur

- Des sites en amont sur le réseau hydrographique pour suivre la colonisation sur le réseau hydrographique

⇒ Suivi biologique, et hydromorphologique.

- Une station en aval de l'ouvrage le plus en aval si déficit sédimentaire identifié

⇒ Suivi hydromorphologique, biologique et physico-chimique

OU sur plusieurs sites en aval

⇒ Suivi biologique, et hydromorphologique.

② Méthodes de mesure ou de prélèvement à mettre en œuvre

Suivi de l'hydromorphologie

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre dans le cas d'un suivi scientifique **minimal** pour les différentes échelles d'investigations préconisées dans ce cas de figure.

Sur les stations, il est préconisé de mettre en œuvre au minimum de réaliser les mesures suivantes :

Sur les STATIONS:

- CARHYCE Cf Fiche n°1
- Mesure du colmatage grossier de surface : protocole ARCHAMBAUD *et al.*
Fiche n°2
- Mesure du colmatage du substrat grossier profond : mesure de la conductivité hydraulique ou utilisation de bâtonnets en bois selon la méthode décrite dans le protocole CARHYCE
- Prise de photos de la station d'échantillonnage depuis le sol
- Description de la ripisylve..... fiche n°2

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessus, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches.

Sur L'ENSEMBLE DU SITE RESTAURE :

- Linéaire de berges stabilisés et taux d'érosion.....fiche N°2bis
- Caractérisation des faciès d'écoulementfiche N°2bis

En complément, une analyse à plus large échelle peut s'avérer nécessaire pour mesurer les effets de la restauration sur le bassin versant et le transport des sédiments :

Sur SITES, échelle étendue:

- Caractérisation de la géométrie du litcf tableau 5
- Mesures de faciès d'écoulementcf tableau 5
- Mesure de la granulométrie de surface sur radier ou faciès le plus lotique , selon le protocole de Wolmancf fiche n°5

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessus, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Suivi de la biologie

Les protocoles suivants sont à mettre en œuvre dans le cas d'un suivi scientifique **minimal** pour les différentes échelles d'investigations préconisées dans ce cas de figure.

Au niveau des stations, les protocoles sont à mettre en œuvre sont les suivants :

Sur les STATIONS :

- Macroinvertébrés : protocole IBG-DCE Cf Fiche n°3
- Poissons : protocole pêche à 2 passages sans remise à l'eau pour les cours d'eau entièrement prospectables à pieds ou pêches par points ou ambiances pour les cours d'eau non entièrement prospectables à pieds avec biométrie complète Cf Fiche n°4

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessus, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

La figure suivante présente les altérations des peuplements macroinvertébrés et poissons mises en évidence par les méthodes de prélèvement proposées au niveau de la station :

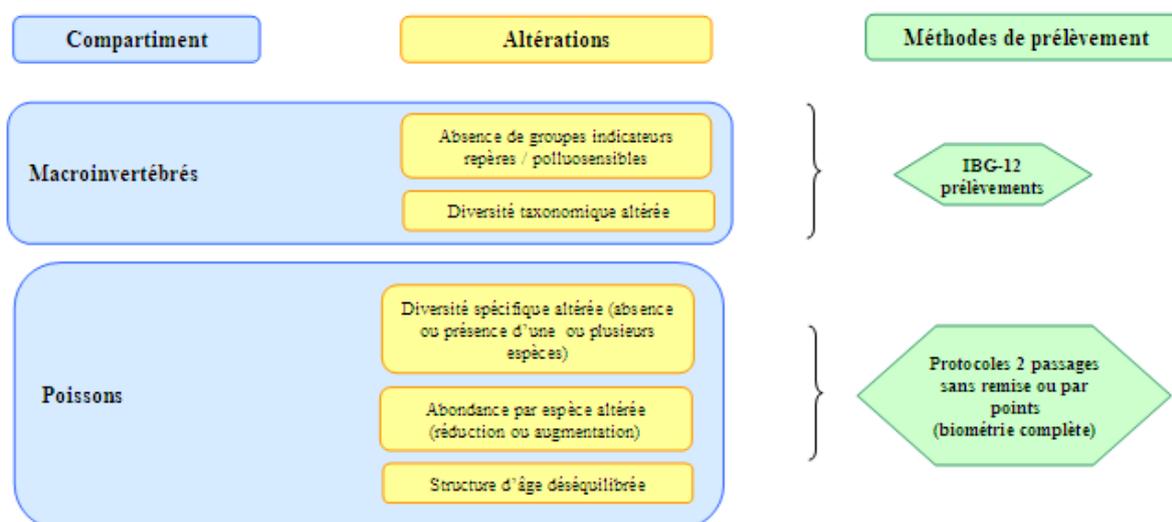


Figure 8: Altérations biologiques et méthodes de prélèvement à la station recommandées pour un suivi scientifique minimal

Au niveau des sites, échelle étendue :

Afin d'appréhender les effets de la restauration à plus large échelle, des échantillonnages sont préconisés

au niveau de sites. Les protocoles à mettre en oeuvre peuvent être les mêmes que ceux utilisés à la station, ou bien être allégés avec par exemple :

- Macroinvertébrés (selon pertinence) : méthode simplifiée pour évaluer la recolonisation, adaptée aux taxons recherchés (présence/absence), méthode Kick sampling par exemple ;
- Poissons : méthodes à adapter selon les espèces ciblées (pêche par indice d'abondance pour juvénile saumon, par ambiance, taux d'occupation des frayères).

Sur SITES, échelle étendue:

- Poissons : pêche sur radier pour juvéniles de saumon dans le(s) sites cf fiche n°5
Ou pêche par ambiances bien réparties sur l'ensemble des sites cf fiche n°5
Ou occupation des frayères dans le(s) sites cf fiche n°5
- Invertébré : kick sampling dans le(s) sites cf fiche n°5

Des précisions sur les protocoles cités ci-dessus, avec notamment les documents de référence, sont présentées à la fin de cette note sous forme de fiches :

Suivi de la physico-chimie des eaux

Suivi scientifique minimal au niveau des stations

L'analyse des paramètres suivants est préconisée au niveau de chacune des stations d'échantillonnage concernées par un suivi de la physico-chimie des eaux :

- Paramètres classiques : pH, O₂ dissous et taux de saturation (cycle 24h), conductivité ;
- Température.

En complément, selon les pollutions mises en évidence lors du diagnostic initial, le suivi de la physico-chimie pourra être complété par les analyses suivantes :

- En cas de pollution de type excès de nutriments : DBO₅, DCO, NKj, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂, PO₄³⁻, P total, COD, MEST, turbidité hors crue ;
- Analyses de substances identifiées lors d'études préliminaires aux interventions ou suspectées en raison d'activités anthropiques environnantes.

Suivi minimal de la physico-chimie des eaux

- Paramètres classiques : pH, O₂ dissous et taux de saturation (cycle 24h), conductivité ;
- Température : protocole utilisé pour le réseau thermie de l'ONEMA.
- En cas de pollution de type excès de nutriments : DBO₅, DCO, NKj, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂, PO₄³⁻, P total, COD, MEST, turbidité hors crue ;

③ Fréquence des suivis

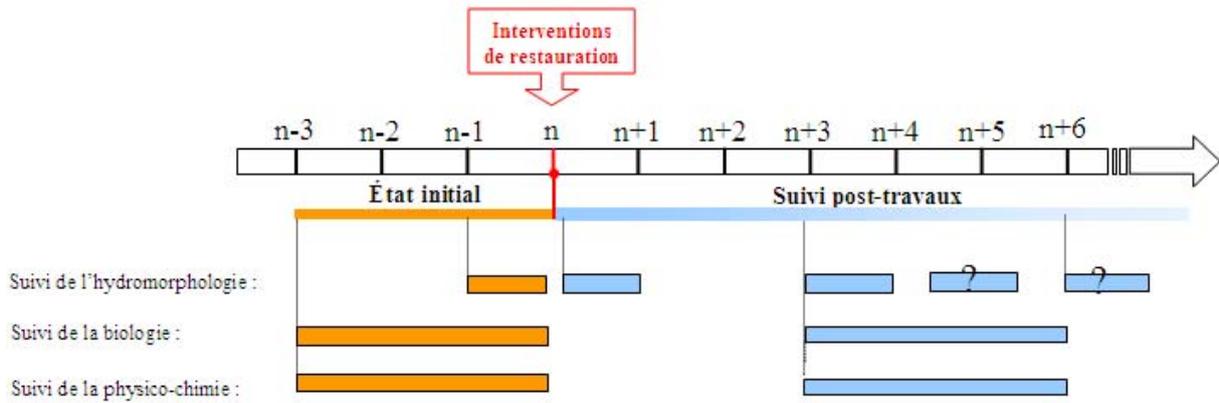


Figure 9 : Programmation du suivi scientifique minimal de l'hydromorphologie, la biologie et la physico-chimie

Fiche méthodologiques

**Fiche méthodologique n°1 : Mesures hydromorphologiques sur la station :
Protocole CARHYCE, page 38**

**Fiche méthodologique n°2 : Méthodes de mesures complémentaires relatives
à l'hydromorphologie sur la station, page 39**

**Fiche méthodologique n°2bis : Mesures hydromorphologiques préconisées
pour le suivi sur l'ensemble du linéaire restauré, page 41**

**Fiche méthodologique n°3 : Protocole d'échantillonnage des
macroinvertébrés sur la station – IBG à 12 prélèvements, page 42**

**Fiche méthodologique n°4 : Protocole d'échantillonnage du peuplement
piscicole sur la station, page 43**

**Fiche méthodologique n°5 : Méthodes préconisées pour le suivi étendu sur
sites, page 44**

Fiche méthodologique n°6 : Température, page 47

Fiche méthodologique n°1 :

Mesures hydromorphologiques sur la station :

Protocole CARHYCE

Documents de référence

Protocole de CARactérisation de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau. ONEMA. Actuellement en phase de test.

Objectifs

Le protocole CARHYCE s'attache particulièrement à décrire la topographie du lit, l'état et la structure de la zone riparienne, la nature et la structuration du substrat, la pente du cours d'eau et le débit instantané.

Principales caractéristiques du protocole

Zone d'étude : station de 14 x la largeur pleins bords

Période d'échantillonnage : débit moyen mensuel sec interannuel

Temps moyen nécessaire : ½ journée à 1 journée en fonction de la taille et de la morphologie de la station.

Mesures réalisées : profils transversaux (transects), pente, débit, cartographie des faciès d'écoulements, granulométrie, habitats en berges.

Indicateurs de suivi : ceux de qualité hydromorphologique en cours de définition

Guide Carhyce et format standard de fiches de terrains

En attente de mise à disposition par l'ONEMA sur le site Eaufrance à l'adresse :

<http://www.eaufrance.fr/spip.php?rubrique87>

Format standard de base de données numérisée

En attente de mise à disposition par l'ONEMA.

Fiche méthodologique n°2 : Méthodes de mesures complémentaires relatives à l'hydromorphologie sur la station

Protocole de mesure du colmatage de surface :

Selon la méthode Archambaud présentée dans l'annexe 3 du rapport « Eléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal / Volets hydromorphologie – hydroécologie » (Version 1 au 29/05/2010. J-R. MALAVOI, Y. SOUCHON) :

Annexe 3 : protocole de description du colmatage superficiel

Le CEMAGREF d'Aix-en-Provence (Archambaud et al., 2005) a développé une méthode d'évaluation visuelle sommaire mais reproductible du colmatage de surface et du niveau d'enclassement des éléments grossiers du substrat. Elle consiste à soulever un de ces éléments et à estimer sa facilité d'extraction ainsi que la densité du nuage de fines qui est libéré lors de cette extraction.

Cinq classes de colmatage ont été définies selon ces deux critères :

Code 1. Si les éléments se soulèvent facilement, nous attribuons la classe 1. Les éléments sont posés sur la sous-couche granulométrique et ne génèrent pas de nuage de limon lorsqu'ils sont soulevés.

Code 2. Si les éléments se soulèvent plus difficilement, nous attribuons la classe 2 en fonction de la quantité de limon qui se libère dans l'eau sous les éléments. Le nuage généré est peu dense, c'est-à-dire que la couche de surface est collée par une couche de limon légèrement colmatante, qui lie les éléments entre eux.

Code 3. Si les éléments se soulèvent avec un nuage de limon assez épais, nous attribuons la classe 3. Les éléments sont très enclassés.

Code 4. Si les éléments se soulèvent difficilement, nous attribuons la classe 4. Le nuage de limon produit est très dense. La structure est enclassée dans une sous-couche très compacte dont l'emprise est forte sur les éléments.

Code 5. Si les éléments ne se soulèvent pas ou très difficilement (structure cimentée ou sous forme d'un dallage) nous attribuons la classe 5. C'est le cas lorsque la granulométrie est recouverte par une épaisse couche de limon, cette classe granulométrique se retrouvant en Subs. Dom.

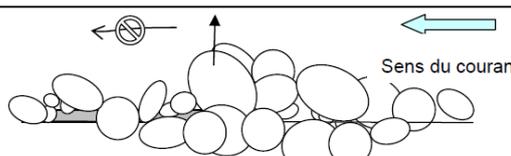
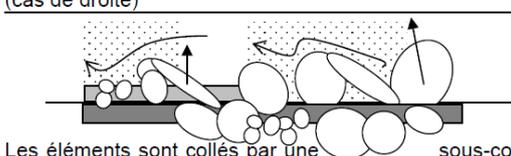
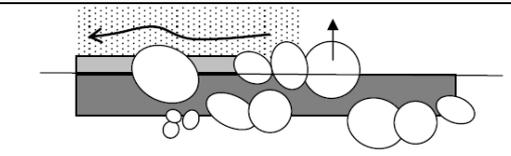
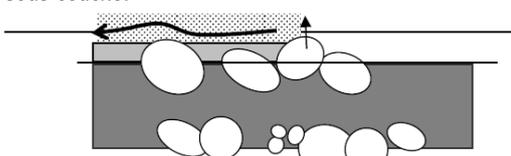
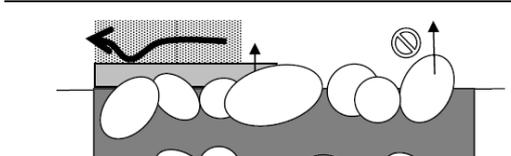
Code	Classes de Colmatage	Représentation du degré de colmatage (lorsque l'on soulève un élément du fond)
1	] 0 - 25%]	 <p>Sens du courant</p> <p>Les éléments sont posés. On peut observer soit un dépôt fin de limons peu colmatant (cas de gauche) soit aucun dépôt (cas de droite)</p>
2	] 25 - 50%]	 <p>sous-couche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

Figure 2 : exemple de méthode d'évaluation du degré de colmatage et d'enchâssement des matériaux du substrat alluvial (Archambaud et al., 2005)

Description de la ripisylve à la station, en plus de Carhyce

Mesure du linéaire et épaisseur sur photo aérienne IGN, sur photos prises lors de survol à basse altitude, ou sur le terrain.

Détermination des essences à partir de photos prises lors de survol à basse altitude, ou sur le terrain.

Indicateur du suivi: Linéaire par rive et épaisseur par rive, voire proportion des essences

Fiche méthodologique n°2bis : Mesures hydromorphologiques préconisées pour le suivi sur l'ensemble du linéaire restauré

Description des faciès d'écoulement sur l'ensemble du linéaire restauré

Mesure de la longueur de chaque faciès sur l'ensemble du linéaire restauré. 11 types de faciès sont utilisés pour la description (Malavoi, Souchon ; 2002)⁴.

La méthode de mesure est décrite dans l'annexe au rapport Malavoi et Souchon 2010 « Aide aux choix de stations représentatives du point de vue hydromorphologique d'un tronçon ou sous tronçon géomorphologique » : voir page 83 du rapport à l'adresse :

http://www.onema.fr/IMG/pdf/Restauration_SUIVI-MINIMAL-2.pdf

Indicateur de suivi: proportion dans le linéaire restauré des faciès répartis selon les 11 types en pourcentage de longueur

Protocole d'évaluation du blocage des processus d'érosion latérale

Sur l'ensemble du linéaire restauré :

- Mesurer les linéaires stabilisés par des protections, à l'aide d'un topofil ou GPS ;
- Evaluer des taux d'érosion actuels par analyse diachronique si possible, ou à l'aide d'autres données éventuellement disponibles. Le suivi des taux d'érosion pourra être basé sur des photos aériennes (IGN par exemple, renouvelées tous les 5 ans).

Protocole pour évaluer la perte de fréquence et de durée de submersion du lit majeur et de connexion des annexes hydrauliques

- détermination du débit de pleins bords et de sa fréquence (par interprétation des données CARHYCE)
- détermination de la durée de submersion à partir des chroniques hydrologiques
- modélisation hydraulique des connexions avec les annexes hydrauliques sur la base de données topographiques précises du lit mineur, du lit majeur et des annexes.

Indicateurs de suivi: Fréquence et durée de submersion et de connexion

Protocole de caractérisation des liens nappe/cours d'eau

- pour les cours déplacés en limite de leur lit majeur : jaugeages en amont de la zone qui a été déplacée et dans la zone déplacée;

Indicateur de suivi : Mesures comparées des côtes à l'étiage et au module

- pour les cours d'eau incisés: installation de piézomètres dans le lit majeur et éventuellement dans les annexes hydrauliques si besoin et mesures comparées des cotes en lit mineur et dans les piézomètres (ou les cotes de ligne d'eau phréatique dans les annexes) pour diverses gammes de débit, entre l'étiage et le module.

Indicateur de suivi : débit du cours d'eau

⁴ Malavoi J.R., Souchon Y. (2002). Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. Note technique. BFPP, 365, 1-16. Disponible en téléchargement : www.onema.fr/BFPP/bfpp/Article/365_366/365p357.pdf

Fiche méthodologique n°3 : Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés sur la station – IBG à 12 prélèvements

Documents de référence

Circulaire du 11 avril 2007 relative au protocole de prélèvement et de traitement des échantillons des invertébrés pour la mise en œuvre du programme de surveillance sur cours d'eau (rectificatif).

Objectif

Caractériser le peuplement d'invertébrés benthiques en orientant l'échantillonnage selon la représentativité des substrats sur la station (et non leur capacité biogène comme auparavant pour un IBGN). En comparaison à l'IBGN, le nombre de prélèvements est porté de 8 à 12 et le niveau de détermination est affiné au genre pour la plupart des groupes taxonomiques.

Comment procéder

Zone d'étude : station représentative du secteur restauré

Période d'échantillonnage : période de débit stabilisé (en s'éloignant des événements hydrologiques exceptionnels et dommageables pour les macroinvertébrés)

Temps moyen nécessaire : ½ journée par station

Indicateur de suivi:

Nombre de taxons de macroinvertébrés, listes faunistiques élémentaires par type d'habitat

Format standard de fiches de terrains et de base de données numérisée

Le site du Cemagref met à disposition les documents numériques standards nécessaires à la collecte des données sur le terrain et à leur mise en forme numérique :

<https://hydrobio-dce.cemagref.fr/>

En attente de Naiades

Fiche méthodologique n°4 : Protocole d'échantillonnage du peuplement piscicole sur la station

Documents de référence

Pêche à 2 passages sans remise :

Gerdeaux, D. (1987). "Review of methods of estimating population size based on removal data computer program of size estimation with the Carle and Strub method." Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 304: 13-21.

Pêche par point :

Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements, Onema, mai 2008.

Norme XP T90-383 (2008) relative au protocole d'échantillonnage .

Pêche par ambiances :

Porcher J.P., 1998, Réseau hydrobiologique et piscicole (R.H.P.), cahier des charges techniques, notes CSP, 27 p.

Prospecter au moins une trentaine d'ambiances par station en repassant sur les plus représentatives

Richard et Beaudou, 2011. Définition d'un protocole d'échantillonnage stratifié par habitat pour l'échantillonnage des poissons en cours d'eau, ONEMA, 8 p.

Objectifs

Caractériser le peuplement piscicole par pêche électrique (inventaire ou échantillonnage ponctuel selon la taille du cours d'eau) en réalisant des mesures biométriques sur l'ensemble des individus collectés.

Comment procéder

Zone d'étude : station représentative du secteur restauré (20 fois la largeur du lit mouillé ou 14 fois largeur pleins bords)

Période d'échantillonnage : période d'étiage, de préférence à l'automne (notamment pour échantillonner les jeunes de l'année)

Temps moyen nécessaire : ½ journée par station

Indicateurs de suivi:

Abondance relative entre espèces, structure de classes d'âge, nombre d'espèces de poissons par unité de surface ou associé à un type d'ambiance ou à un point en fonction de la technique de pêche

Saisie dans WAMA en attente de mise à disposition sur internet (Naiades)

Fiche méthodologique n°5 : Méthodes préconisées pour le suivi étendu sur sites

Poissons :

Pêche par indices d'abondance pour juvéniles de saumon atlantique :

Prévoist, et Baglinière, 1993, présentation et premiers éléments de mise au point d'une méthode simple d'évaluation du recrutement en juvéniles de saumon atlantique (*Salmo Salar*) de l'année en eau courante. Premier forum halieutique, Rennes, 29/06 au 01/07/1993, session 1 : dynamique des Ressources Halieutiques, 10 p.

Saisie dans WAMA en attente de mise à disposition sur internet (Naiades)

Pêche par ambiances :

Porcher J.P., 1998, Réseau hydrobiologique et piscicole (R.H.P.), cahier des charges techniques, notes CSP, 27 p.

Viser la prospection des ambiances réparties sur l'ensemble des sites de suivi de l'aire de colonisation.

Richard et Beaudou, 2011. Définition d'un protocole d'échantillonnage stratifié par habitat pour l'échantillonnage des poissons en cours d'eau, ONEMA, 8 p.

Indicateurs de suivi: présence /absence par espèce, voire par classe d'âge, nombre d'espèce,

Saisie dans WAMA en attente de mise à disposition sur internet (Naiades)

Occupation des frayères et frayères potentielles :

Dénombrement des frayères potentielles et frayères observées pour certaines espèces, truite fario et saumon atlantique .

Voir fiches du référentiel milieu aquatique, accessibles sur internet à partir de début 2013.

Indicateur de suivi: taux d'occupation des frayères.

Invertébrés :

Kick sampling :

ISO_TC_147\ISO_10870_

Qualité de l'eau — Lignes directrices sur la sélection des méthodes et des dispositifs d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques dans les eaux douces

Extrait :

5.1.3.2 Échantillonnage par coups de pied (kick sampling)

Le filet doit être tenu à la verticale sur le lit de la rivière, en aval des pieds de l'opérateur, le bord inférieur étant placé contre le substrat. Il convient de perturber énergiquement le substrat avec la pointe ou le talon de la botte et de capturer la matière remise en suspension dans le filet. Marcher dans la rivière pour prélever différents habitats. Cette méthode est quelque peu sélective car peu d'animaux accrochés peuvent être prélevés. Par conséquent, certaines pierres doivent être soulevées et examinées à la main, si cela s'avère utile. Pour pouvoir obtenir des résultats semi-quantitatifs, l'échantillonnage par coups de pied doit être effectué pendant une durée déterminée ou sur une zone définie. Les durées recommandées vont de deux à cinq minutes pour obtenir un échantillon correct destiné à l'évaluation en routine de l'état écologique. Le protocole pour des études de conservation et de biodiversité, destinées à capturer le maximum de taxons présents, peut nécessiter des durées d'échantillonnage plus importantes.

Il peut être plus facile de récupérer l'échantillon prélevé en utilisant de l'eau courante pour l'entraîner au fond du filet puis en agitant doucement le filet tout en le sortant de l'eau. Le filet peut ensuite être retourné pour faciliter le transfert de l'échantillon dans un récipient d'eau. Les animaux qui adhèrent au filet peuvent être décollés à la main puis ajoutés à l'échantillon. Il est recommandé de rincer soigneusement le filet entre chaque prélèvement. Un autre traitement des échantillons, par exemple la décantation puis l'élimination de l'excédent d'eau (pour réduire au maximum la prédation des carnivores), la réduction de l'échantillon global en éliminant morceaux de bois, pierres, feuilles et autres débris, et l'ajout de conservateurs, dépend des préférences de l'opérateur et de l'objectif du plan d'échantillonnage. Un tamis, de taille de vide de maille identique à celle du filet, peut être utilisé pour réduire l'échantillon global.

In Armitage PD, Moss D, Wright JF, Furse MT. 1983. *The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites.* Water Research 17: 333-347

Furse, M. T., J. F. Wright, P. D. Armitage and D. Moss. 1981. An appraisal of pond-net samples for biological monitoring of lotic macro-invertebrates. Water Research 15:679-689

Indicateurs de suivi: présence /absence par espèce, nombre d'espèce

Format standard de fiches de terrains et de base de données numérisée

Le site du Cemagref met à disposition les documents numériques standards nécessaires à la collecte des données sur le terrain et à leur mise en forme numérique :

<https://hydrobio-dce.cemagref.fr/>

En attente de Naiades

Hydromorphologie :

Protocole de Wolman :

Paragraphe 2.4.1.2 du protocole carhyce

2.4.1.2. PROTOCOLE ET NIVEAU DE PRECISION SOUHAITE

On prélèvera 100 éléments sur le radier le plus grossier de la station au moyen d'une cordelette sur laquelle on aura fait 10 noeuds tous les 30 cm. Cette cordelette sera lestée d'un plomb de ceinture de plongée à chaque extrémité afin d'être posée, tendue, dans l'eau. On prélèvera les éléments situés sous chaque noeud puis on reportera 10 fois la corde d'environ 0.3 m sur le côté afin d'obtenir l'échantillon complet des 100 éléments, que l'on mesurera au moyen de n'importe quel instrument de mesure d'une précision millimétrique (pied à coulisse recommandé).

Si l'agent ne souhaite pas utiliser la cordelette, il peut réaliser les prélèvements en cheminant sur le radier, perpendiculairement à l'axe d'écoulement, et en prélevant un élément à chaque 1/10 de la largeur mouillée (en vérifiant que cette distance est] à la granulométrie mobile naturelle la plus grossière du radier - valeur qui doit être la distance minimale à respecter).

Les mesures sont données en mm.

NB : En cas de problème (radier de très petite taille), le prélèvement de 50 éléments peut potentiellement suffire.

Indicateurs de suivi: granulométrie la plus grossière et localisation/nombre de frayères potentiels

Fiche méthodologique n°6 : Température



Direction de la connaissance
et de l'information sur l'eau

Fiche synthétique du protocole de suivi thermique utilisé dans le cadre du Réseau National de Température (RNT) des cours d'eau

Matériel de mesure

Différents dispositifs de mesure de la température de l'eau sont disponibles : depuis l'enregistreur autonome jusqu'à la station de mesure avec télétransmission. Quelque soit le dispositif retenu, le capteur doit pouvoir rester immergé à demeure pour permettre un suivi en continu selon un **pas de temps de mesure au moins horaire**. La **précision du capteur doit être d'au moins $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$** entre 0° et $+50^{\circ}\text{C}$. Les capteurs, quelque soit leur type, sont soumis au phénomène de dérive instrumentale. Au cours de leur utilisation, la valeur de température mesurée par la sonde dans le milieu a tendance à s'éloigner de plus en plus de la valeur exacte de température du milieu. La fiabilité de la mesure étant essentielle pour la mise en place d'un suivi thermique, il convient de **contrôler régulièrement la dérive instrumentale** afin de remplacer l'appareil de mesure ou d'apporter un facteur correctif avant l'exploitation des données.

Mise en œuvre du suivi

A l'échelle d'un point de prélèvement, la température du cours d'eau peut varier de 1 à 10°C selon les conditions environnementales (ombrage, profondeur, débit, etc.). Avant d'installer le capteur, il convient d'effectuer une série de mesures de température et conductivité afin d'avoir une idée de l'hétérogénéité des flux et de déterminer l'emplacement d'installation en cohérence avec l'objectif poursuivi. Lors de l'installation du capteur, il est recommandé de respecter un minimum de conditions (citées selon l'ordre d'importance) :

- Placer le capteur dans une **zone immergée en permanence**. Surveiller les variations de niveau d'eau pour éviter que le capteur se retrouve hors de l'eau ou juste sous la surface en période d'étiage ;
- Placer le capteur dans une **veine d'eau courante** ;
- Placer le capteur **sur le fond** (si nécessaire le lester pour qu'il reste proche du fond) ;
- Si possible, immerger le capteur **au moins à 1 m sous la surface** afin d'éviter l'influence des rayonnements solaires ;
- Choisir un emplacement **ombragé** (excepté si la profondeur d'installation $\geq 1\text{m}$) ;

- Eviter l'installation du capteur dans la zone d'influence située en aval d'un rejet / affluent sauf en cas d'étude d'impact de ce rejet / affluent ;
- Eviter les zones colonisées par la végétation aquatique durant l'année ;
- Choisir un emplacement peu fréquenté et facilement accessible.

Si le capteur repose sur le fond d'un cours d'eau envasé, l'envasement fausse les mesures de température. Sous seulement quelques centimètres de vase, les variations journalières de température sont significativement atténuées. Même si la mesure de température moyenne (mensuelle, annuelle) demeure valide, le temps de réponse est décalé par rapport à la réalité du milieu. Il est donc important de vérifier le niveau d'envasement du capteur.

Bien que d'après certains tests il n'y ait aucune influence à court terme du champ électrique sur le capteur de température, il est conseillé lors d'éventuelle pêche à l'électricité de ne pas approcher les électrodes à proximité immédiate du capteur.

L'expérience montre que les crues peuvent emporter le matériel de mesure et les données associées lorsqu'elles y sont stockées. Afin de **privilégier la récupération des données**, il faut donc bien veiller à assurer la fixation dispositif de mesure et, si possible, installer le capteur à l'abri des crues. Pour faciliter la récupération du matériel, il est essentiel de décrire l'emplacement exact du site d'installation : prendre plusieurs repères pour localiser le capteur et le point de fixation (photos sur différents plans, bombe de peinture, etc.) car les éléments naturels servant de repère peuvent varier drastiquement d'une saison à l'autre.

Dans le cas d'enregistreurs autonomes, afin de minimiser la perte de données en raison de pertes ou de défaillances des enregistreurs, il est recommandé d'effectuer la récupération des données le plus régulièrement possible (sous réserve de conditions hydrologiques favorables). A minima, une **récupération des données 2 fois par an** est conseillée : à la fin du printemps-début d'été (mai-juin) et en fin d'été-début d'automne (septembre-octobre). Afin que la récupération ait lieu hors période de crues, ce calendrier pourra être modifié en fonction du régime hydrologique local.

Bancarisation

Les données recueillies devront être conformes au dictionnaire Sandre « Processus d'acquisition des données de température en continu » (en cours de finalisation). L'Onema pourra mettre à disposition des producteurs identifiés une application web pour la récupération des données et l'intégration à une base centralisée suite aux prochains développements de ces outils (courant 2013).

Les informations suivantes doivent accompagner chaque série de mesures :

- le code Sandre de l'intervenant ;
- le code Sandre de la station (référentiel administré par les Agences de l'eau) à laquelle est rattaché le point de prélèvement où est installé le capteur ;
- les coordonnées géographiques (Lambert 93) du point de prélèvement ;
- l'identifiant et les caractéristiques (modèle, précision) du capteur ;
- les dates et heures de début (immersion) et de fin (récupération des données, remplacement, retrait) de la série de mesures ;
- la profondeur (m) à laquelle est installé le capteur.