



HAL
open science

Guide et protocoles pour le suivi d'actions de restauration hydromorphologique du littoral en plans d'eau. Rapport intermédiaire.

M. Taubaty, M. Rolan-Meynard, Christine Argillier, J.C. Raymond, C.
Marchand, Samuel Westrelin

► To cite this version:

M. Taubaty, M. Rolan-Meynard, Christine Argillier, J.C. Raymond, C. Marchand, et al.. Guide et protocoles pour le suivi d'actions de restauration hydromorphologique du littoral en plans d'eau. Rapport intermédiaire.. [Rapport de recherche] irstea. 2019, pp.100. hal-02608713

HAL Id: hal-02608713

<https://hal.inrae.fr/hal-02608713>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Année de programmation 2019 – Thème 223 : Préservation, Restauration et Réhabilitation des milieux aquatiques - Action n° 43 bis



Guide et protocoles pour le suivi d'actions de restauration hydromorphologique du littoral en plans d'eau

Rapport intermédiaire

**Marine TAUBATY (Pôle R&D « Ecosystèmes lacustres ») ;
Marlène MEYNARD (Pôle R&D « Ecosystèmes lacustres ») ;
Christine ARGILLIER (« Ecosystèmes lacustres ») ; Jean-
Claude RAYMOND (AFB) ; Céline MARCHAND (« Ecosystèmes
lacustres ») ; Samuel WESTRELIN (« Ecosystèmes lacustres »)**

Février 2019

Document élaboré en application du schéma national des données sur l'eau

eaufrance

- **AUTEURS**

Marine TAUBATY, Ingénieure d'étude (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5), marine.taubaty@irstea.fr

Marlène MEYNARD, Ingénieure d'études (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5), marlene.meynard@irstea.fr

Christine ARGILLIER, Directrice de recherche (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5), christine.argillier@irstea.fr

Jean-Claude RAYMOND, Ingénieur (AFB, Direction régionale Auvergne-Rhône-Alpes, Unité Spécialisée Milieux Lacustres, 13 Quai de Rives, 74200 Thonon-Les-Bains), jean-claude.raymond@afbiodiversite.fr

Céline MARCHAND, Ingénieure d'études (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5)

Samuel WESTRELIN, Ingénieur/chercheur (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5), samuel.westrelin@irstea.fr

- **CORRESPONDANTS**

AFB : Jean-Marc BAUDOIN, Directeur (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5), jean-marc.baudoin@afbiodiversite.fr

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Julien DUBLON, Assistant ingénieur (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5)

Virginie RAYMOND, Assistante ingénieur (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5)

Vincent ROUBEIX, Ingénieur de recherche (Équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5)

Nicolas DEDIEU, Docteur en hydrobiologie (Laboratoire Chrono-environnement- UMR 6249 CNRS- UFC Université de Franche Comté, Besançon)

Florent ARTHAUD, Maître de conférences (Université de Savoie, UMR INRA 042 CARTELE)

Pierre-Alain DANIS, Ingénieur/chercheur (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, 3275 route de Cézanne - CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5)

Lionel SAINT-OLYMPE, Ingénieur Production et Valorisation des Connaissances (AFB, Direction Régionale Occitanie, Toulouse)

Anne VIVIER, Chargée de mission Restauration des milieux (Direction de la recherche, de l'expertise et du développement des compétences, AFB, Vincennes)

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France métropolitaine

Niveau de lecture : professionnels, experts



Guide et protocoles pour le suivi
d'actions de restauration
hydromorphologique du littoral
en plans d'eau

Rapport intermédiaire

Marine Taubat, Marlène Meynard,
Christine Argillier, Jean-Claude
Raymond, Céline Marchand,
Samuel Westrelin

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ

Établissement public du ministère de l'Environnement

- **RESUME**

Les plans d'eau concentrent une biodiversité importante, notamment au niveau de leurs zones littorales, indispensables à un moment donné du cycle de vie de nombreuses espèces. Ils sont associés à de nombreux usages¹ (industriels, domestiques, hydroélectriques, agricoles, socio-économiques et de loisirs) les soumettant à de nombreuses pressions². Ces dernières engendrent en conséquence des altérations et des dysfonctionnements, en particulier sur leurs zones littorales. Le présent guide, réalisé dans le cadre d'un partenariat dans le cadre du pôle de recherche et développement d'Aix-En-Provence, propose un cadre visant à harmoniser les suivis des actions d'amélioration des habitats (restauration, mitigation³, diversification des habitats) à l'échelle nationale. Il a pour objet de fournir des protocoles opérationnels de suivi pour des gestionnaires, bureaux d'études ou autres organismes souhaitant évaluer l'impact des actions entreprises.

- **MOTS CLES**

Restauration hydromorphologique, plans d'eau, zone littorale, suivi, évaluation

¹ Le terme d'usage fait ici référence aux activités humaines pour lesquelles la ressource eau est impliquée (baignade, navigation, pêche ...)

² Les pressions sont définies comme étant la traduction de l'exercice d'une activité humaine qui peut avoir une incidence sur les milieux aquatiques (Source : <http://www.eaufrance.fr/observer-et-evaluer/pressions-sur-les-milieux/>)

³ Se référer à la partie « Introduction » pour la définition des termes



Guide et protocoles pour le suivi
d'actions de restauration
hydromorphologique du littoral
en plans d'eau

Rapport intermédiaire

Marine Taubaty, Marlène Meynard,
Christine Argillier, Jean-Claude
Raymond, Céline Marchand,
Samuel Westrelin

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

Établissement public du ministère de l'Environnement

- **GUIDE AND PROTOCOLS TO MONITOR LAKE LITTORAL
HYDROMORPHOLOGICAL RESTORATION**

- **ABSTRACT**

Lakes concentrate important biodiversity, particularly in their coastal areas, which are essential in the life cycle of many species. They are associated with many uses (industrial, domestic, hydroelectric, agricultural, socio-economic and leisure) and therefore subject to many pressures. These pressures lead to alterations and dysfunctions, particularly in their coastal areas. This methodologic guide, developed in the framework of a partnership AFB-Irstea, as part of "pôle de recherche et développement d'Aix-En-Provence", proposes a framework to harmonize monitoring of lakeshore improvement (restoration, mitigation, diversification of habitats) at the national scale. It is intended to provide operational monitoring protocols for managers, design offices or other bodies aiming at assessing the impact of the actions undertaken.

- **KEY WORDS**

Hydromorphological restoration, lakes, littoral zone, monitoring, assessment



**Guide et protocoles pour le suivi
d'actions de restauration
hydromorphologique du littoral en
plans d'eau**

Rapport intermédiaire

Marine Taubaty, Marlène Meynard,
Christine Argillier, Jean-Claude
Raymond, Céline Marchand, Samuel
Westrelin

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

Établissement public du ministère de l'Environnement

- **SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE**

Les plans d'eau et plus particulièrement leurs zones littorales subissent de nombreuses pressions anthropiques qui ont pour conséquence l'altération de leur morphologie et de leur hydrologie. Les paramètres hydromorphologiques sont reconnus dans le cadre de la DCE comme des facteurs structurant l'état écologique des plans d'eau, ce qui a encouragé la mise en place d'actions de restauration des composantes hydromorphologiques de ces écosystèmes. Néanmoins, en France, peu de retours d'expériences à la fois bien documentés et rigoureux existent et/ou sont accessibles aux décideurs et opérateurs de la gestion.

C'est de ce constat qu'est né le projet du pôle R&D « Ecosystèmes lacustre » d'Aix-en-Provence de développer une méthode standardisée de suivi des actions de restauration hydromorphologique des littoraux de plans d'eau. Ce projet a pour objectifs d'obtenir des retours d'expériences documentés et informatifs par la mise en place de suivis adaptés à chaque type de restauration et qui permettent de caractériser leurs effets sur l'écosystème ; d'évaluer les réponses des communautés biologiques à ces actions sur le long terme ; et de fournir des éléments de réponse aux questionnements sur l'efficacité de ces actions.

Pour cela le projet est constitué de 3 grandes étapes :

- le développement d'un guide méthodologique,
- la mise en place de tests de la méthode et des protocoles en collaboration avec les gestionnaires sur un réseau de sites pilotes,
- la constitution d'un réseau de sites de démonstration dont les objectifs sont la comparaison inter-sites et l'amélioration des connaissances quant aux trajectoires d'évolution suivies suite aux restaurations entreprises.

Le suivi proposé est basé sur un design de type «BACI » (Before-After-Control-Impact) c'est-à-dire avant-après restauration, au niveau du site restauré et de sites témoins. Il propose une mesure de l'évolution temporelle des compartiments hydromorphologique, physico-chimique et biologique des plans d'eau sur un pas de temps long. Le présent guide méthodologique détaille :

- la définition de stations de suivi,
- la description des éléments des compartiments hydromorphologiques, biologiques et physico-chimiques à inclure dans le suivi,
- des protocoles opérationnels et standardisés à appliquer,
- une chronologie d'application de ces protocoles dès la phase avant-travaux (état initial) et à poursuivre post-travaux.

Les autres livrables liés à ce projet sont les suivants :

- un rapport dressant le bilan des essais de protocoles réalisés entre 2016 et 2018 dans le cadre du développement de la méthode et des protocoles de suivi ;
- un rapport d'étude ayant pour objectifs de détailler les choix de méthode et protocoles proposés dans le guide et les travaux de synthèse bibliographique réalisés dans le cadre du projet.

- **AVERTISSEMENTS**

▶ Ce guide est une première version qui pourra évoluer. Il décrit des protocoles qui pourront être enrichis et optimisés suite à leur application dans des contextes variés.

▶ Avant toute mise en œuvre des protocoles, il convient d'échanger avec les auteurs du présent guide de l'opportunité de mettre en place un tel suivi.

▶ Avant toute opération de terrain il revient à l'opérateur de vérifier les prévisions météorologiques et autres risques éventuels (incendie, variations des niveaux d'eau ...) ainsi que de prendre connaissance et de respecter les règles d'hygiène et sécurité relatives à la mise en œuvre du suivi et des protocoles.

- **SOMMAIRE**

1. Introduction	1
2. Domaine d'application	2
2.1. Types de plan d'eau.....	2
2.2. Actions et ampleurs de restauration concernées par le guide.....	3
3. Design du suivi et échelles spatiales de restauration	4
3.1. Types de stations	4
3.2. Positionnement des stations	4
3.2.1. Indications générales.....	4
3.2.2. Prise en compte de l'échelle d'étude	5
4. Compartiments suivis	6
5. Zones et points d'échantillonnage	7
5.1. Indications générales	7
5.2. Type et positionnement.....	8
6. Chronologie des suivis	10
6.1. Globale	10
6.2. Annuelle	11
7. Détail des suivis	13
7.1. Informations et paramètres de base à suivre pour chaque projet	13
7.2. Description des suivis en fonction du type et des objectifs de la restauration.....	14
7.2.1. Définition des objectifs des actions	14
7.2.2. Compartiments à suivre en fonction des objectifs et de l'action.....	15
8. Protocoles de suivi	16
8.1. Protocoles de suivi de l'hydromorphologie.....	16
8.2. Protocoles de suivi de la physico-chimie	24
8.3. Protocole de suivi de la thermie	28
8.4. Protocoles de suivi de l'ichtyofaune	30
8.5. Protocole de suivi des macroinvertébrés benthiques.....	39
8.6. Protocoles de suivi des macrophytes	45
8.7. Protocole de suivi photographique	52
9. Glossaire	54
10. Bibliographie	56
11. Tables des illustrations	59
11.1. Table des figures	59
11.2. Table des tableaux.....	59
12. Annexes	61
Annexe 1 : Modèles de fiches de terrain	61
Annexe 2 : Fiches de synthèse des suivis à réaliser pour chacun des types d'action	
75	
Fiche de synthèse 1 – Restauration des fluctuations de niveaux d'eau	75
Fiche de synthèse 2 – Reprofilage de berge	78
Fiche de synthèse 3 – Végétalisation ou restauration de ripisylve	81
Fiche de synthèse 4 – Restauration/protection de roselières	84
Fiche de synthèse 5 – Diversification d'habitats hors berge	87
Fiche de synthèse 6 – Restauration/création de frayères.....	90

- **GUIDE ET PROTOCOLES POUR LE SUIVI D' ACTIONS DE RESTAURATION
HYDROMORPHOLOGIQUE DU LITTORAL EN PLANS D'EAU**

1. Introduction

Les plans d'eau sont des écosystèmes d'une grande biodiversité, riches en habitats, particulièrement au niveau de leur zone littorale, et assurant de nombreux services écosystémiques⁴ (eau potable, irrigation, hydroélectricité, pisciculture, loisirs...) (Tolonen and Hamalainen, 2010; Reynaud and Lanzanova, 2017). Par ailleurs, les activités anthropiques ont un fort impact sur les zones littorales lacustres avec pour conséquences des phénomènes altérant leur morphologie et les communautés biologiques associées (Trial *et al.*, 2001; Brauns *et al.*, 2007; Marchetti and Scarabotti, 2016) pouvant ainsi mettre en danger, à terme, la pérennité des services.

La mise en place de programmes de surveillance comme ceux induits par la mise en œuvre de la Directive Cadre Européenne sur l'eau (DCE) publiée en 2000 (Commission Européenne, 2000), qui fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles, a encouragé la réalisation de projets d'amélioration de la qualité écologique des milieux aquatiques.

Les caractéristiques physiques des plans d'eau sont reconnues comme des facteurs structurant les communautés et comme étant souvent limitantes pour l'atteinte du bon état (ou bon potentiel) écologique⁵. Ainsi, les suivis DCE impliquent la prise en compte de paramètres hydromorphologiques en tant que soutien des paramètres biologiques (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2005).

À ce jour, plusieurs actions visant la restauration et/ou l'amélioration des composantes hydromorphologiques en plan d'eau ont déjà été mises en place en France. L'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse (S.T.E. Sciences et Techniques de l'Environnement, 2012) répertorie notamment des actions :

- de restauration des fluctuations de niveaux d'eau,
- de restauration de roselières,
- de création/restauration d'îlots,
- ou encore de création/restauration de frayères.

Néanmoins, bien que de telles actions soient réalisées sur les plans d'eau, peu de retours d'expériences à la fois bien documentés et rigoureux existent et/ou sont accessibles aux décideurs et opérateurs de la gestion. Afin d'évaluer l'efficacité de ces actions et d'obtenir des retours d'expériences documentés et informatifs, la mise en place d'un suivi standardisé permettrait de capitaliser les expériences réalisées et de fournir des éléments de réponse aux questionnements sur l'efficacité de ces actions.

C'est à cette problématique que souhaite répondre ce guide, élaboré dans le cadre du projet du pôle R&D « Ecosystèmes lacustres » : « Restauration hydromorphologique des berges et des littoraux des plans d'eau ». Plus précisément, il s'agit de capitaliser des retours d'expériences bien documentés, besoin exprimé par les gestionnaires des milieux lacustres (Marchand *et al.*, 2017). Le guide propose donc des instructions pour la mise en place d'un suivi adapté aux différentes actions de restauration, des protocoles opérationnels et standardisés à appliquer, ainsi qu'une chronologie d'application de ces protocoles dès la phase avant-travaux (état initial) et à poursuivre après les travaux. Il propose le suivi minimum à appliquer pour essayer d'obtenir le meilleur compromis entre son coût de mise en place et la qualité et la quantité d'informations recueillies. Sa souplesse permet par ailleurs d'accueillir toute volonté locale de mettre en œuvre des suivis complémentaires et ainsi contribuer à l'amélioration des protocoles existants. En annexe du guide, sont également fournies, des fiches de synthèse récapitulatives des suivis à réaliser pour chaque type d'action de restauration (Annexe 2 : Fiches de synthèse des suivis à réaliser pour chacun des types d'action).

Plusieurs termes sont utilisés lorsque l'on parle de restauration et une certaine ambiguïté persiste dans l'utilisation de ces termes. Les définitions retenues dans le cadre de ce guide sont précisées ci-

⁴ Se référer au glossaire

⁵ La DCE définit le bon état pour les masses d'eau naturelles et le bon potentiel pour les masses d'eau artificielles et les masses d'eau fortement modifiées.

après. Le travail de Marchand *et al.* (2017), définit le terme « hydromorphologique » de la manière suivante :

- **hydromorphologique** : relatif aux écoulements, au niveau d'eau, au temps de résidence, à la connexion avec les nappes phréatiques, à la profondeur et la forme de la cuvette lacustre, au substrat, aux rives et en lien direct (habitat) ou indirect avec l'état des communautés biologiques (piscicoles, invertébrées, végétales).

De par l'existence de plans d'eau naturels, et d'origines anthropiques, plusieurs niveaux d'actions peuvent être définis. Il est possible de distinguer les termes suivants selon le degré d'ambition et les possibilités d'action :

- **restauration** : processus d'accompagnement de la récupération d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit (définition de la Société Internationale pour la Restauration Ecologique (Society for Ecological Restoration, 2004)).
- **mitigation** : démarche visant à limiter/atténuer les impacts négatifs pour l'environnement lorsque les usages ne permettent pas de mettre en œuvre une restauration (plan d'eau utilisé pour l'hydroélectricité, réservoir d'eau potable ...) (définition adaptée du travail de Marchand *et al.*, (2017)).

Ainsi pour les plans d'eau naturels, il sera possible de parler de restauration si l'on cherche à agir sur les causes de l'altération (par exemple, retour à un régime hydrologique naturel, suppression des activités entraînant l'érosion des berges). Lorsque les actions mises en place traitent les conséquences de l'altération car les contraintes ne permettent pas d'agir sur les causes de celle-ci (exemple : amélioration des habitats peu diversifiés à cause de la gestion des fluctuations de niveaux d'eau), on parlera de mitigation.

Pour les plans d'eau d'origine anthropique dans lesquels une restauration du milieu n'est pas envisageable et consisterait en la suppression du plan d'eau, on parlera essentiellement de mitigation.

Les suivis proposés dans le cadre de ce guide ne portent pas sur la restauration de la totalité des caractéristiques hydromorphologiques des plans d'eau et concernent principalement la restauration des habitats rivulaires. De plus, ce guide s'adresse à des projets de restauration « physique ». Il ne prend donc pas en compte le suivi d'autres types de mesure comme la restauration chimique. Il convient de garder à l'esprit qu'une mauvaise qualité chimique limitera les possibilités de recolonisation des communautés biologiques après une restauration physique de l'habitat.

Les termes de « **restauration hydromorphologique** » sont utilisés ici comme termes parapluie pour plus de facilité. Il est néanmoins important de garder les notions précédentes à l'esprit afin d'éviter toute controverse, sachant que l'objectif à terme est d'améliorer autant que possible les caractéristiques hydromorphologiques des écosystèmes lacustres.

2. Domaine d'application

2.1. Types de plan d'eau

Ce guide est destiné aux plans d'eau, qu'ils soient suivis dans le cadre de la DCE⁶ ou non. Il concerne aussi bien les lacs naturels que les plans d'eau d'origine anthropique (tronçon de cours d'eau et plans d'eau transformés par l'installation d'une digue transversale ou d'un barrage, gravières, retenues collinaires...⁷). Néanmoins, une taille minimale de 2 ha semble être un minimum nécessaire pour permettre une bonne application du suivi et des protocoles, c'est pourquoi des réserves sont émises quant à son application sur des plans d'eau plus petits.

Il ne s'applique pas non plus aux milieux saumâtres et aux tourbières, milieux possédant un fonctionnement particulier et dans lesquels les protocoles ne sont pas applicables. De plus les opérations de restauration mises en place dans ces types de milieux peuvent être très spécifiques.

⁶ Les masses d'eau plans d'eau qui font l'objet d'un rapportage, et donc d'un suivi dans le cadre de la DCE sont les plans d'eau ou complexe de plan d'eau généralement de plus de 50 ha

⁷ Se référer au glossaire

2.2. Actions et ampleurs de restauration concernées par le guide

Les projets de restauration concernés par ce guide sont classés en six types. Deux de ces types peuvent concerner la mise en place de structures artificielles visant à diversifier les habitats et à restaurer des zones de frayères, bien que ces actions n'entrent pas précisément dans le cadre de la restauration/mitigation hydromorphologique au sens strict du terme (**Tableau 1**).

Pour espérer observer un effet de la restauration sur les communautés, le choix a été fait de fixer une ampleur minimale de restauration du linéaire de berge (en %) pour appliquer le suivi. Les limites retenues sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : description des actions concernées par le guide. L'ampleur minimale est exprimée en pourcentage du linéaire de berge. NA : aucun critère d'ampleur minimale

Types d'actions	Techniques concernées	Ampleur minimale (%)
Reprofilage des berges	Suppression de structures d'artificialisation de berges (murs en béton, palplanches...) Reprofilage en pente douce des berges devenues trop abruptes (ne concerne pas les berges naturellement abruptes)	2
Fluctuations de niveaux d'eau	Augmentation ou diminution de la fréquence et/ou de l'amplitude du marnage	NA
Végétalisation des berges ou restauration de ripisylve	Plantation/ensemencement/bouturage des végétaux Régulation ou arrêt des actions de contrôle de la végétation pour favoriser la régénération naturelle	2
Restauration/protection de roselières	Palissades de protection contre la houle et les objets flottants (gabions, îlots d'enrochements disjoints, fascines végétales, pieux jointifs) Plantation Apport de matériaux (engraissement de beine ⁸) nécessaires au développement d'une roselière Lutte contre l'atterrissement (décapage partiel des zones atterries)	2
Diversification d'habitat hors berge	Création de radeaux végétalisés, îlots, récifs artificiels ayant pour objectif de créer des habitats lorsque la gestion du plan d'eau ne permet pas leur existence en zone littorale	NA
Restauration/création de frayères	Mise en place de frayères artificielles (fixes ou flottantes) Aménagement/reconstitution de substrats de pont (apport de matériaux, ensemencement des berges par des végétaux en période de basses eaux...) (ne prend pas en compte le cas de la restauration d'ombrières qui se fait en zones profondes)	NA

⁸ Se référer au glossaire

3. Design du suivi et échelles spatiales de restauration

Le design proposé pour suivre les actions de restauration est de type avant/après restauration (ou BACI « Before-After-Control-Impact » en anglais (Stewart-Oaten *et al.*, 1986)), il s'applique en différentes stations décrites ci-après. Dans le cadre de ce guide, une station correspond à une portion continue de la zone littorale du plan d'eau sur laquelle seront mis en place les protocoles de suivi.

3.1. Types de stations

Les échantillonnages doivent être effectués, sur trois stations :

- Une **station restaurée** : station initialement altérée située sur une partie du linéaire restauré⁹, faisant donc l'objet de l'action de restauration et dont le suivi a pour objectif d'évaluer les effets des travaux.
- Une **station témoin altérée** : station altérée par le même phénomène que la station restaurée mais ne faisant pas l'objet d'action de restauration. Le suivi de ce type de station en parallèle de la station restaurée a pour but d'évaluer l'évolution des paramètres étudiés en l'absence d'action de restauration. Elle permet également de différencier les effets de la restauration de ceux qui peuvent être attribués à la variation temporelle naturelle ou à d'autres types d'altération.
- Une **station témoin non altérée** : station non concernée par l'altération visée par les actions de restauration mises en place, ne faisant donc pas l'objet de restauration. Cette station a pour but de servir de « référence » d'état non ou peu altéré (pour l'altération concernée par la restauration) vers lequel pourrait tendre la zone restaurée.

S'il n'est pas possible de définir de station témoin non altérée et/ou témoin altérée, l'attention sera portée sur la comparaison avant/après travaux et, à cette fin, un état initial plus complet devra être réalisé (voir partie « Chronologie des suivis »).

3.2. Positionnement des stations

3.2.1. Indications générales

Le positionnement des stations doit être défini en amont du suivi à l'aide de prospections de terrain et de l'étude de la cartographie des habitats littoraux si elle existe. Si aucune cartographie n'a été réalisée sur le plan d'eau, il est conseillé d'en réaliser une selon le protocole Charli de Caractérisation des HABitats des Rives et du Littoral des plans d'eau (AFNOR, 2016).

D'une manière générale, les stations choisies devront être positionnées sur le plan d'eau concerné par les travaux, sauf s'il existe un plan d'eau en tous points comparable (surface, type de plan d'eau, usages et pressions ...), où il peut être envisagé de définir une ou des stations témoins. Toutes les stations devront être de même taille, en termes de linéaire de berge, et mesurer au minimum 100 m de long pour permettre la mise en œuvre des protocoles.

La configuration et le positionnement des stations doivent rester identiques durant toute la durée du suivi.

Cas des actions visant l'ensemble du plan d'eau : dans le cas d'actions de restauration visant le plan d'eau en entier comme les restaurations des fluctuations de niveaux d'eau, il est en général très difficile de trouver un ou des plans d'eau totalement comparable(s) et pouvant servir de témoins altéré et non altéré. Il ne sera donc vraisemblablement pas possible de mettre en place un suivi de stations témoin altérée et témoin non altérée. Cependant, pour permettre une comparaison robuste avant/après travaux, un suivi reste préconisé sur trois stations qui représentent alors trois répliques répartis sur le plan d'eau.

⁹ Se référer au glossaire

Cas de restaurations multiples : lorsque les actions de restauration locales concernent plusieurs portions de la zone littorale, qu'ils s'agissent d'actions du même type ou de types différents, il est préconisé d'adapter le nombre de stations restaurées et témoins, quand elles existent, au nombre de zones concernées. Dans le cas où les différentes zones sont concernées par le même type de restauration, et lorsque les conditions le permettent il pourra être envisagé d'utiliser les mêmes stations témoins altérée et non altérée pour toutes les stations restaurées afin de ne pas alourdir le suivi.

Si la multiplication du nombre de station n'est pas possible, il est conseillé de suivre la zone où la restauration est la plus ambitieuse (en termes de linéaire et/ou d'action menée) et/ou la zone où la restauration est susceptible d'avoir le plus d'impact. Ce point ne concerne pas le cas des restaurations des fluctuations de niveaux d'eau.

3.2.2 Prise en compte de l'échelle d'étude

Le gabarit et le type des stations suivies dépendront de l'emprise spatiale de la restauration et du type d'action mise en place.

- **Actions visant le plan d'eau en entier**

Dans le cas d'actions visant le plan en d'eau entier comme les restaurations des fluctuations de niveaux d'eau, les trois stations choisies doivent être représentatives du littoral du plan d'eau dans son ensemble et doivent, autant que possible :

- être représentatives des habitats rencontrés sur le plan d'eau, tant qualitativement qu'en termes d'abondance relative en évitant dans la mesure du possible des habitats qui serait faiblement représentés et des habitats atypiques de la zone littorale (émissaires, affluents ...¹⁰) ;
- présenter une topographie similaire à celle rencontrée majoritairement dans la zone littorale (largeur de beine, pente, développement rivulaire) ;
- afficher un niveau d'anthropisation voisin ou représentatif de celui de l'ensemble du plan d'eau sur une base de comparaison avec les protocoles AIBer (Alleaume *et al.*, 2012a) et éventuellement CORILA (Alleaume and Argillier, 2012) ;
- avoir un positionnement adapté aux objectifs de l'action :

Exemple 1 : lorsque l'objectif est de favoriser le développement des roselières, les stations seront choisies de manière à englober tout ou partie des zones de roselières concernées.

Exemple 2 : lorsque l'objectif est de lutter contre l'érosion des berges, les stations devront être positionnées au niveau de zones impactées par l'érosion.

- **Actions visant une partie de la zone littorale**

Lorsque la restauration concerne une partie de la zone littorale, les trois stations (restaurée, témoin altérée, témoin non altérée) doivent autant que possible :

- abriter les mêmes habitats majoritaires (substrats, végétation...) dans des proportions voisines ainsi que des habitats minoritaires similaires en évitant de présenter individuellement des habitats atypiques de la zone littorale (émissaire, affluents ...) ;
- présenter des topographies similaires (largeur de beine, pente, développement rivulaire) et, autant que possible, une situation comparable vis-à-vis d'effets locaux (exposition aux vents dominants, situation baie/cap, effets thermiques locaux, ensoleillement ...) ;
- afficher des niveaux d'anthropisation comparables sur une base de comparaison avec les protocoles AIBer (Alleaume *et al.*, 2012a) et éventuellement CORILA (Alleaume and Argillier, 2012) hormis pour l'altération qui est visée par la restauration.

¹⁰ Se référer au glossaire

Dans le cas de la **mise en place de structures artificielles** telles que des radeaux, îlots végétalisés ou encore frayères, la station restaurée sera composée d'une portion du littoral située à proximité de la structure et de la structure elle-même. En effet, les structures pouvant être installées dans une zone éloignée de la berge, le suivi devra inclure des échantillonnages au niveau de la structure elle-même.

Les stations pourront être définies comme suit :

- la localisation de la **station restaurée** sera définie par la localisation des structures mises en place ;
- la station **témoin altérée** sera choisie de manière à ce que sa zone littorale soit comparable à celle de la station restaurée. Pour cela les critères de choix seront les mêmes que dans le cas des actions visant une partie de la zone littorale (voir ci-dessus) ;
- la station **témoin non altérée** pourra être choisie de manière à ce qu'elle comporte, lorsque c'est possible, les habitats que l'on souhaite créer via l'action de restauration.

4. Compartiments suivis

Au niveau de chaque station d'étude il est préconisé de suivre les caractéristiques **hydromorphologiques, biologiques et physico-chimiques**. Les éléments suivis pour chacun de ces compartiments sont les suivants :

- le suivi du compartiment hydromorphologique inclut un suivi des habitats littoraux par cartographie et un suivi de l'hydrologie par mesure en continu des fluctuations de niveaux d'eau (si un tel suivi n'est pas déjà mis en place sur le plan d'eau),
- le compartiment biologique inclut au moins le suivi de l'ichtyofaune, de la macrofaune benthique¹¹ et des macrophytes¹⁰ (le suivi des macrophytes inclut un suivi particulier pour les formations des roselières (voir « 8.6. Protocoles de suivi des macrophytes »),
- le suivi du compartiment physico-chimique comporte un suivi des paramètres physico-chimiques par la mise en place de mesures ponctuelles dans le temps et d'un suivi en continu dans le cas de la thermie.

Un **suivi photographique** doit également être systématiquement réalisé pour toutes les actions de restauration.

Le suivi d'autres éléments pourra être proposé de manière optionnelle lorsque les objectifs s'y prêtent (voir « 7.2. Description des suivis en fonction du type et des objectifs de la restauration ») : **suivi de pontes de poissons, suivi par photographies aériennes**.

¹¹ Se référer au glossaire

5. Zones et points d'échantillonnage

5.1. Indications générales

La **zone d'échantillonnage** correspond à la zone de répartition dans laquelle pourront être les points d'échantillonnage

Les **points d'échantillonnage** sont des points localisés au sein des zones d'échantillonnages au niveau desquels peuvent être réalisés des prélèvements ou des mesures de différentes natures, (eau, macrophytes, macroinvertébrés ...).

Les zones et points d'échantillonnage peuvent être géolocalisés avant la campagne et leurs coordonnées chargées sur le GPS pour faciliter la phase de terrain. Lorsqu'ils n'ont pas été géolocalisés au préalable ou que le prélèvement n'est pas réalisé à l'endroit prévu, leurs positions exactes (coordonnées en Lambert 93 ou WGS 84 et altitude et/ou profondeur) doivent systématiquement être relevées.

Lorsque le protocole le requiert (protocole de suivi de la physico-chimie par exemple), la position des points d'échantillonnage doit rester la même tout au long du suivi. Quand ce n'est pas possible, l'opérateur doit le renseigner sur les fiches de terrain et en décrire les raisons.

Dans le cas où il ne serait pas possible de réaliser une mesure ou un prélèvement pour des raisons indépendantes de la volonté de l'opérateur, il conviendra de noter la date, l'heure et les raisons de l'impossibilité d'échantillonner.

5.2. Type et positionnement

Les types et positionnements des échantillonnages diffèrent selon le compartiment suivi. Les informations détaillées les concernant pour chaque compartiment suivi (type, nombre, positionnement ...) sont précisées dans les différents protocoles (voir « Protocoles de suivi »). Le **Tableau 2** et la **Figure 1** résument les différents types d'échantillonnages et leurs localisations.

Tableau 2 : mise en œuvre des échantillonnages en fonction des éléments suivis

Eléments	Zone d'échantillonnage	Point(s) d'échantillonnage
Morphologie (cartographie)	La zone d'échantillonnage correspond au point d'échantillonnage	Description des habitats de la zone littorale jusqu'à 2 m de profondeur ou au maximum 10 m de la berge
Hydrologie	Plan d'eau	Suivi en continu des fluctuations de niveaux d'eau
Ichtyofaune (pêches électriques et par nasses)	Zone correspondant au linéaire de la station et s'étendant de la berge jusqu'à une profondeur de 2 m	Points d'échantillonnage ponctuels
Ichtyofaune (suivi de pontes / optionnel)	Frayère	Quadrats de 25 cm
Macroinvertébrés	Zone correspondant au linéaire de la station et s'étendant entre 50 cm et 100 cm de profondeur	Points d'échantillonnage ponctuels
Macrophytes (général)	Unité d'observation	Relevé de zone littorale et relevés ponctuels le long de profils perpendiculaires à la berge
Roselières	Transect le long desquels sont effectués les points d'échantillonnages	Quadrats de 25 cm de côté le long de transects
Physico-chimie	La zone d'échantillonnage correspond au point d'échantillonnage	Mesure et prélèvements au niveau d'un même point d'échantillonnage
Thermie	La zone d'échantillonnage correspond au point d'échantillonnage	Mesure en continu de la température au niveau d'un point fixe
Suivi photographique	Zone comprenant l'ensemble des points de prises de vue	Points de prises de vues
Suivi par photographies aériennes (optionnel)	Zone restaurée	Prises de vues

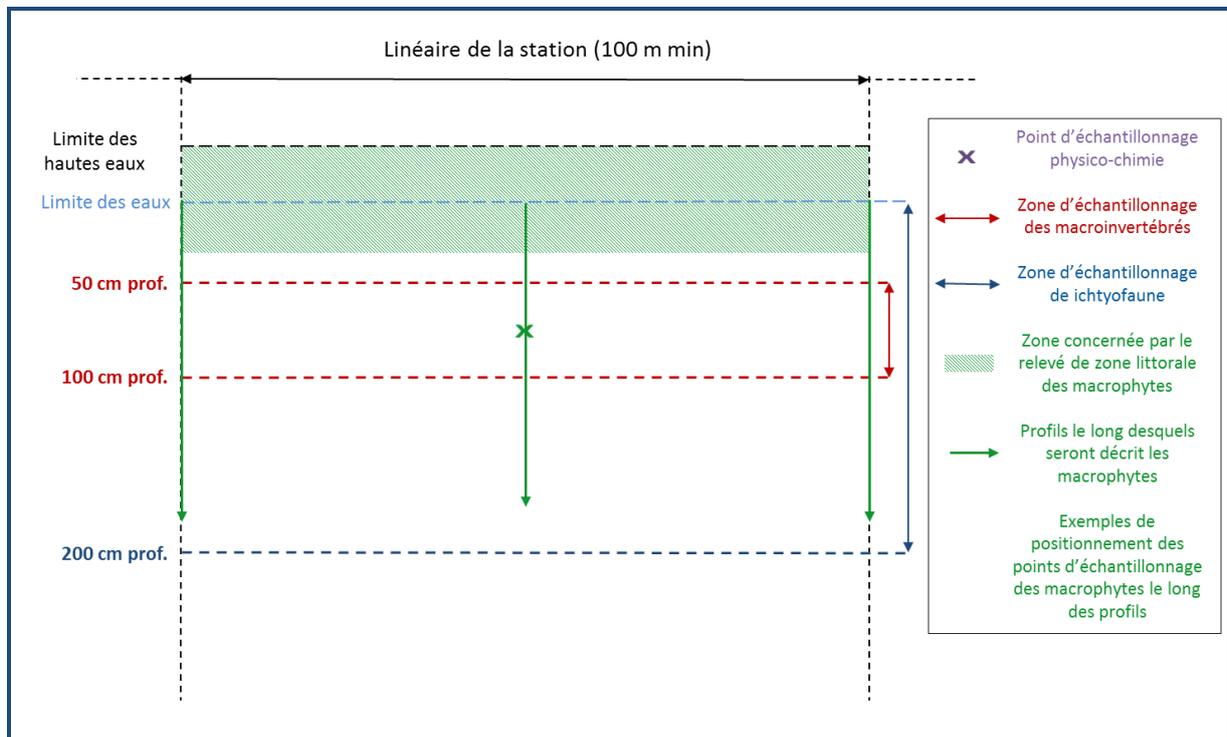


Figure 1 : schéma de principe pour le positionnement des prélèvements et mesures biologiques et physico-chimiques

Les types de restauration suivants constituent des cas particuliers nécessitant une adaptation du positionnement des prélèvements (voir « Protocoles de suivi »).

- **Cas des structures artificielles (îlots, radeaux, frayères artificielles)**

Lors de la mise en place de structures de diversification artificielles, le suivi doit être adapté pour intégrer la structure, en plus des trois stations, dans les suivis. Ainsi les prélèvements sont répartis comme suit :

- lors de l'état initial, avant installation des structures, les prélèvements sont réalisés au niveau de la zone littorale des trois stations, conformément à ce qui est détaillé au sein des protocoles;
- durant le suivi post-travaux, les prélèvements réalisés au niveau des stations témoins restent identiques à ceux de l'état initial. En revanche, au niveau de la station restaurée, des échantillonnages supplémentaires devront être réalisés au niveau des structures de diversification en plus de ceux réalisés en zone littorale.

Cela peut concerner selon les objectifs et le type de radeaux/îlots : le suivi de l'ichtyofaune, les prélèvements macrobenthiques (étude de l'utilisation par la faune) et le suivi des macrophytes (évolution de la couverture végétale sur la structure).

- **Cas de la restauration/création de frayères**

Il est possible de distinguer deux cas de restauration de frayères pour lesquels l'approche peut différer.

- La restauration de substrats de ponte au niveau d'une zone préexistante :

Lors de l'état initial les prélèvements sont réalisés au niveau de la zone littorale des trois stations, conformément à ce qui est préconisé dans les protocoles.

Durant le suivi post-travaux les échantillonnages pourront être réalisés de la même manière que lors de l'état initial.

Le positionnement des pièges à alevins devra être adapté au positionnement de la frayère lors du suivi post-travaux (voir « 8.4. Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »).

- La mise en place de structures artificielles ajoutées au niveau de la zone :

Dans le cas où la frayère artificielle est localisée en zone littorale peu profonde, le suivi pourra être le même que dans le cas précédent. En revanche, s'il s'agit d'une frayère localisée à distance de la berge, le suivi devra être adapté de la même manière que pour les structures de diversification des habitats hors berges.

6. Chronologie des suivis

6.1. Globale

Dans la mesure du possible, le suivi doit commencer 3 ans avant la date de réalisation des travaux et au minimum un an avant cette date (à T-1, soit durant les 12 mois précédant les travaux).

Lorsqu'il ne sera pas possible de suivre l'une ou les deux stations témoins, le suivi reposera principalement sur une comparaison avant/après restauration. L'état initial devra donc être systématiquement réalisé sur 2 à 3 ans afin d'intégrer la variabilité interannuelle des caractéristiques du milieu et d'avoir une base de référence plus précise pour l'analyse des résultats de l'action. Ceci s'applique également aux actions de restauration qui touchent la totalité du plan d'eau puisqu'il n'est pas possible dans ce cas de définir de stations témoins.

Le suivi doit ensuite se poursuivre durant 7 ans après la réalisation des travaux (afin d'obtenir un suivi sur 10 ans au total), avec une période de stabilisation de 9 mois nécessaire avant la réalisation du premier suivi post travaux (T+1). Les fréquences de suivis obligatoires et optionnelles sont consignées dans le **Tableau 3**.

Tableau 3 : chronologie générale des suivis

	T-3	T-2	T-1		T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7
Morphologie (cartographie)	x	x	X		X		X		X		X
Hydrologie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Ichtyofaune	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macroinvertébrés	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macrophytes	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Roselières	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Physico-chimie	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Thermie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Suivi photographique			X		X		X		X		X
Suivi photographique par drone (optionnel)			X		X		X		X		X

x : Optionnel X : Obligatoire ■ : Travaux

- **Cas de la restauration et création de frayère**

Pour ce type d'action la chronologie du suivi est adaptée comme suit (**Tableau 4**) :

Pour le compartiment hydromorphologique, une cartographie devra être réalisée au minimum lors de l'état initial afin de déterminer les points d'échantillonnage de la faune piscicole. À la suite des travaux le suivi des habitats par cartographie est optionnel à l'exception des cas de reconstitution de substrat de ponte pour lequel une campagne à T+1 devra être réalisée pour voir l'évolution des habitats.

Un suivi de pontes pourra être réalisé sur une ou plusieurs espèces cibles. Les campagnes de terrain doivent alors être définies en fonction des périodes de reproduction des espèces visées (voir protocole de suivi de pontes de poisson dans la partie « 8.4. Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »)

Tableau 4 : chronologie générale du suivi des restaurations ou créations de frayères

	T-3	T-2	T-1		T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7
Morphologie (cartographie en cas de reconstitution de substrat de ponte)			X		X			x			x
Morphologie (cartographie en cas de structures artificielles)			X		x			x			x
Hydrologie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Ichtyofaune	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Physico-chimie	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Thermie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X

x : Optionnel X : Obligatoire ■ : Travaux

6.2. Annuelle

Au cours d'une année de suivi, les périodes d'échantillonnages et le nombre de campagnes à réaliser sont fonction du compartiment considéré (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

La cartographie des habitats fera l'objet de deux campagnes de suivi, une en fin de période hivernale et une durant l'été afin de prendre en compte le développement de la végétation. Ces deux campagnes sont nécessaires afin de pouvoir mettre au point les plans d'échantillonnages pour le compartiment biologique. La première campagne de cartographie devra donc être réalisée avant la campagne de prélèvement de la macrofaune benthique et la seconde avant les suivis de l'ichtyofaune et des macrophytes.

L'ichtyofaune pourra être échantillonnée en fin d'été afin de capturer les juvéniles de l'année. Cependant, dans le cas de suivi de la reproduction d'une ou plusieurs espèces cibles, la période et le nombre de campagnes de prélèvements pourront être adaptés aux périodes de présence des adultes reproducteurs et/ou des juvéniles de ces espèces (voir « 8.4. Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »).

Les macroinvertébrés feront l'objet d'une campagne par année au début du printemps et avant les émergences (cette période peut varier selon l'altitude du plan d'eau) (Vergon and Bourgeois, 1993; Verneaux *et al.*, 2004).

Les échantillonnages de macrophytes sont à effectuer entre le début du mois d'août et la fin du mois de septembre, lors des périodes de fort développement de la végétation. Dans le cas des roselières les campagnes de terrain devront avoir lieu entre la fin du mois d'août et le début du mois d'octobre.

Un suivi photographique devra être mis en place lors de chaque année de suivi et pourra être réalisé entre début août et fin septembre.

Afin d'éviter les perturbations du milieu, les campagnes d'échantillonnage de la faune piscicole, si elles sont réalisées après les échantillonnages de macrophytes, devront être effectuées à au moins une semaine de distance de ceux-ci.

La physico-chimie est à mesurer lors de quatre campagnes de manière à réaliser une campagne par saison et à prendre en compte la variabilité annuelle.

Le suivi photographique par drone (suivi optionnel) pourra être mis en place à la même période que le suivi photographique obligatoire.

Enfin les suivis de la thermie et de l'hydrologie (s'il est mis en place) seront réalisés en continu durant toute la période du suivi.

Tableau 5 : chronologie annuelle des suivis

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Morphologie (cartographie)												
Hydrologie												
Ichtyofaune												
Macroinvertébrés												
Macrophytes												
Roselières												
Physico-chimie												
Thermie												
Suivi photographique												
Suivi par photographies aériennes												

Dans tous les cas, les différentes campagnes de suivi doivent être réalisées à distance de toutes conditions et/ou évènements hydrologiques inhabituels susceptibles d'impacter les peuplements et/ou la réalisation des prélèvements (turbidité, niveaux d'eau anormalement bas, conditions climatiques inhabituelles ...).

Pour chaque campagne, les relevés des trois stations doivent être réalisés en une seule fois et si une interruption est inévitable, le retour sur site devra être le plus rapide possible et effectué, autant que possible, dans des conditions hydrologiques et physico-chimiques similaires à celles du premier passage.

D'autre part, il est conseillé de maintenir les mêmes périodes d'échantillonnage d'une année de suivi sur l'autre.

Enfin, dans la mesure du possible, il est préconisé que les opérateurs restent les mêmes durant toute la durée du suivi pour éviter d'introduire un biais opérateur.

7. Détail des suivis

7.1. Informations et paramètres de base à suivre pour chaque projet

Le paragraphe suivant détaille les informations à renseigner dans tous les cas. Les informations concernant le suivi des différents types de restauration seront ensuite précisées dans la partie « 7.2. Description des suivis en fonction du type et des objectifs de la restauration ».

Avant et pendant toute campagne de terrain, il est indispensable de récupérer un certain nombre d'informations relatives au plan d'eau concerné. Il s'agit d'informations générales concernant le plan d'eau mais également des conditions météorologiques et de données hydrologiques. Ces informations peuvent être récupérées spécifiquement pour le besoin de l'étude ou auprès d'opérateurs divers.

- **Les informations générales à recueillir sur le plan d'eau sont les suivantes :**
 - Nom du plan d'eau
 - Type de masse d'eau le cas échéant (naturelle, artificielle, fortement modifiée ...)
 - Commune /Département
 - Coordonnées GPS (Lambert 93)
 - Superficie
 - Profondeur maximale/moyenne
 - Type thermodynamique, i.e. régime de mélange (monomictique, dimictique ...)
 - Cote du plan d'eau (il s'agit ici du niveau habituel de la ligne d'eau pour le plan d'eau)
 - Lorsqu'un suivi de l'évolution de la cote du plan d'eau existe il convient de récupérer les données relatives à cette évolution durant la totalité de la durée du suivi. Ces informations pourront être nécessaires à la mise en place d'autres suivis (voir par exemple la partie « 8.5. Protocole de suivi des macroinvertébrés benthiques »).
 - Autres informations relatives à l'hydrologie (temps de séjour ...)
 - Informations sur les usages et l'histoire du plan d'eau,
 - Diagnostic préalable à l'action de restauration (mise en évidence des altérations affectant le milieu, objectifs, projet avant-travaux ...)

- **Les informations à renseigner lors de chaque campagne de terrain sont :**
 - Nom de l'organisme
 - Noms des opérateurs
 - Date
 - Heures de début et de fin de campagne
 - Evénements pouvant affecter les prélèvements et/ou les peuplements

Concernant les conditions météorologiques générales il convient de renseigner :

- Température de l'air
- Couverture nuageuse (nulle, faible, moyenne, forte)
- Vent (secteur et force - nul, faible, moyen, fort-)
- Précipitations (nulles, faibles, moyennes, fortes)

Concernant l'hydrologie il convient de connaître et de renseigner :

- la cote du plan d'eau au moment des campagnes de terrain (au minimum)

7.2. Description des suivis en fonction du type et des objectifs de la restauration

7.2.1 Définition des objectifs des actions

Les objectifs des actions de restauration peuvent être multiples. Ils doivent être définis préalablement aux travaux à l'aide d'un diagnostic du milieu permettant d'identifier les dysfonctionnements du plan d'eau et leurs causes. Le **Tableau 6** décrit des objectifs pour les différents types de restauration concernés par le guide.

Tableau 6 : exemples d'objectifs pour les différents types d'actions

Type de restauration	Exemples d'objectifs
Restauration des fluctuations de niveaux d'eau	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré ➤ Restaurer les formations de roselières (qui contribuent au développement et à la survie de nombreuses espèces, à l'amélioration de la qualité de l'eau, ou encore à la lutte contre l'érosion) ➤ Lutter contre l'érosion des berges
Reprofilage des berges	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré ➤ Lutter contre l'érosion des berges
Végétalisation de berges ou restauration de la ripisylve	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré ➤ Lutter contre l'érosion des berges
Restauration/protection de roselières	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré ➤ Restaurer les formations de roselières (qui contribuent au développement et à la survie de nombreuses espèces, à l'amélioration la qualité de l'eau, ou encore à la lutte contre l'érosion) ➤ Lutter contre l'érosion des berges
Diversification d'habitat	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré
Restauration/création de frayères	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Restaurer la fonction d'habitat de reproduction pour les poissons

7.2.2 Compartiments à suivre en fonction des objectifs et de l'action

Le **Tableau 7** détaille les éléments à suivre en fonction des objectifs de la restauration.

Tableau 7 : compartiments à suivre en fonction des objectifs de l'action (x : Optionnel X : Obligatoire)

	Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux pour la faune piscicole et/ou macrobenthique	Restaurer les formations de roselières	Lutter contre l'érosion
Morphologie (cartographie)	X	X	X
Hydrologie	X	X	X
Ichtyofaune (pêches électriques et par nasses)	X		
Ichtyofaune (suivi de pontes)	x		
Macroinvertébrés	X		
Macrophytes	X	X	x
Roselières	X	X	x
Physico-chimie	X	X	X
Suivi en continu de la thermie	X	X	X
Suivi photographique	X	X	X
Suivi photographique par drone		x	x

Cas particulier de la restauration/création de frayères : le suivi des pontes est préconisé uniquement dans les cas des suivis de restauration/création de frayères. De plus, un suivi particulier doit être mis en place (voir « 8.4. Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »).

Cas des opérations à objectifs multiples : les opérations de restauration peuvent présenter des objectifs multiples. Il est alors préconisé de combiner les suivis recommandés pour chacun des objectifs lorsque les éléments à suivre diffèrent et lorsque c'est possible. En cas d'impossibilité, le suivi sera axé sur l'objectif principal.

8. Protocoles de suivi

Pour chaque protocole, les informations relatives au matériel, au personnel et au temps nécessaires à l'application des protocoles sont renseignées ici à titre indicatif.

D'autre part, bien que ce guide n'ait pas vocation à aborder l'analyse des données, des pistes d'interprétation sont fournies pour certains des protocoles pour proposer un premier regard sur les données.

8.1. Protocoles de suivi de l'hydromorphologie

- **Cartographie des habitats**

Informations générales

Cette méthode basée sur une photo-interprétation et des observations de terrain consiste en la réalisation d'une cartographie des composantes d'habitats littoraux selon quatre thématiques : hydrologie, substrat, sous-berge, végétation.

Ce protocole découle de la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016), elle-même basée sur le protocole Charli (Caractérisation des Habitats des Rives et du Littoral) (Alleaume *et al.*, 2013) qui concerne les plans d'eau dans leur entièreté. Le protocole qui suit est adapté au contexte de la restauration hydromorphologique qui, la plupart du temps, ne concerne que certaines portions du plan d'eau. Concernant les détails de mise en œuvre (illustration des catégories de végétation, détails SIG, ...), il conviendra de se référer systématiquement à la norme.

Préparation préalable : préparation des fonds de cartes des stations à cartographier.

Matériel : ordinateur avec un logiciel SIG de traitement des données géoréférencées

Données d'entrées nécessaires : BD Topo et BD Ortho IGN ®

Personnel : 1 personne avec des compétences en géomatique

Temps : 1 à 4 heures par plan d'eau

Mise en œuvre : Les fonds de cartes doivent être préparés au préalable (de préférence à l'aide d'un logiciel SIG). Pour faciliter la cartographie sur le terrain et la saisie sur SIG il est conseillé de faire apparaître la bathymétrie des plans d'eau sur les fonds de cartes.

Relevés de terrain

Matériel : bateau motorisé, échosondeur, GPS de précision métrique, fonds de carte et/ou orthophotographies (BD ORTHO ® IGN ou autre source) à une échelle adaptée à la taille des plans d'eau imprimés et/ou sur support numérique (tablette graphique, PC terrain), lunettes polarisantes, télémètre, matériel de prise de note (dont transparents et feutres indélébiles), fiche de terrain (**Fiche A1 en annexe 1**).

Il est conseillé, dans la mesure du possible, d'embarquer du matériel vidéo aquatique équipé d'un système permettant d'apprécier la taille des objets (règle avec graduation centimétrique) pour observer le substrat en cas de turbidité ou de profondeur importante.

Personnel : 2 à 3 personnes (1 pilote, 1 ou 2 observateur(s))

Temps : 1 journée à une journée et demie (variable selon, le nombre d'observateurs, la taille des stations et la visibilité)

Mise en œuvre : La cartographie des différents habitats littoraux, dont la codification est précisée dans le **Tableau 8**, sera réalisée en respectant les préconisations de la norme XP T90-718.

L'opérateur devra néanmoins respecter les modifications suivantes :

- La zone d'étude définie correspond à la zone littorale des stations (restaurée, témoin altérée, témoin non altérée) et non à la totalité du linéaire des berges du plan d'eau.
- Les relevés sont réalisés sur une longueur qui correspond au linéaire de chaque station et une largeur (zone littorale observée) allant de l'interface eau/terre à une profondeur maximale de 2 m ou à une distance de maximum 10 m perpendiculaires à la berge (**Figure 2**).
- Dans le cadre de ce guide, les habitats seront représentés de manière surfacique et non linéaire comme préconisé dans la norme. Il conviendra donc d'adapter les mesures de terrain en prenant des points GPS et/ou des points de repère par rapport à la berge afin de délimiter les habitats en effectuant des mesures au télémètre. Les mesures réalisées sur le terrain devront permettre de représenter des surfaces (polygones sous SIG) d'habitat homogène. Les composantes d'habitats seront relevées lorsqu'elles sont présentes sur au moins 25 m du linéaire, conformément aux préconisations de la norme. Cette cartographie surfacique a pour but de permettre d'évaluer avec précision l'évolution des recouvrements des différents habitats durant le suivi. D'autre part, cette méthode de cartographie permettra de mettre au point des plans d'échantillonnages plus précis pour le suivi de la faune puisque les suivis des poissons et des macroinvertébrés reposent sur des échantillonnages stratifiés par habitat.

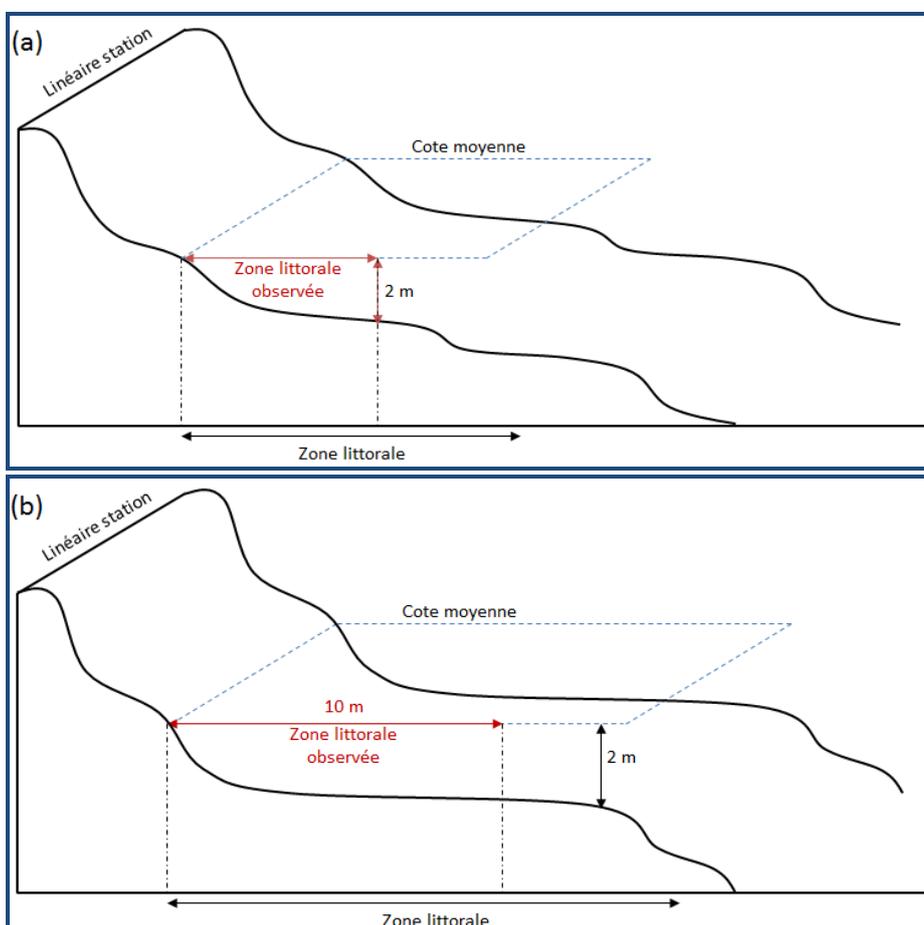


Figure 2 : représentation de la portion de zone littorale à cartographier – largeur délimitée par la profondeur (a) et/ou la distance à la berge (b), d'après Alleaume *et al.* (2013)

Cas de suivis impliquant la mise en place de structures artificielles : les structures de diversification d'habitats (îlot, radeaux, frayères artificielles) seront identifiées sur la carte et géoréférencées à l'aide de coordonnées GPS (Lambert 93 ou WGS 84).

Cas de restaurations ayant pour objectif de lutter contre l'érosion : il conviendra de localiser par des points GPS les portions de berges où des phénomènes d'érosions sont constatés au niveau de la berge.

Lors de chaque campagne un bilan récapitulatif des habitats observés et des conditions de réalisation de la campagne doit être réalisé en utilisant la fiche de terrain.

Tableau 8 : liste des composantes d'habitat par thématique d'après la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016)

Catégories des substrats		
Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code
Dalles (dont dalles d'argile)	> 1 024	D
Rochers	> 1 024	R
Blocs	256 - 1024	B
Pierres	64 - 256	P
Cailloux	16 - 64	C
Graviers	2 - 16	G
Sables	0,0625 - 2	S
Limon-Argile	< 0,0625	LA
Vase	sédiments fins (< 0,1 mm) avec débris organiques fins	V
Catégories de végétation		
Nom du type de végétation	Définition	Code
Hélophytes	Plantes enracinées sous l'eau dont l'appareil végétatif est aérien (exemple du roseau commun (<i>Phragmites</i> sp.), de la massette (<i>Typha</i> sp.)...	HE
Végétation surplombante	Branchages de ligneux enracinés sur les berges, s'étendant significativement au-dessus de la zone littorale du plan d'eau (au moins sur une distance d'1 m à partir de la rive)	VS
Ligneux émergents vivants	Arbres ou arbustes ayant les racines ou le tronc dans l'eau une partie de l'année	LE
Ligneux morts	Arbres ou arbustes morts dans l'eau	LM
Chevelu racinaire	Racines d'arbres ou d'arbustes immergées formant des entrelacements racinaires	CR
Litière ou débris organiques grossiers	Ensemble de feuilles mortes et débris végétaux en décomposition	LI
Bryophytes	Végétaux caractérisés par l'absence de système vasculaire, comprenant principalement des mousses ou sphaignes	BR
Hydrophytes flottants	Plantes aquatiques flottant à la surface de l'eau	HF
Hydrophytes immergés	Plantes aquatiques entièrement immergées. Les herbacées temporairement immergées et pouvant avoir la même structure et le même rôle que de véritables hydrophytes sont également notées HI	HI
Hydrologie		
Emissaire	Cours d'eau sortant du plan d'eau	EM
Tributaire	Cours d'eau alimentant le plan d'eau	TR
Sous-Berge		
Sous-Berge		SB

Bancarisation et traitement des données

Matériel : poste informatique avec logiciel SIG

Données d'entrée nécessaires : BD Topo et BD Ortho IGN ®

Personnel : 1 personne avec des compétences de géomatique

Temps : 3 à 5 heures par plan d'eau

Mise en œuvre : Les observations sont intégrées sur SIG, via la BD Topo ® selon les règles de saisie sous SIG préconisées dans la norme T90 718 (AFNOR, 2016). Cependant, pour pouvoir transposer la description surfacique des habitats, la saisie des différentes composantes d'habitat devra être réalisée sous la forme de polygones et non de polygones.

Une fois les informations saisies sur SIG il convient de calculer les pourcentages de recouvrement (%**rec**) des différents habitats au niveau de chaque station.

%rec = [(surface du substrat ou du type de végétation observé / (surface totale observée))*100

Ces pourcentages seront utilisés pour le suivi de l'hydromorphologie et dans le cadre des suivis du compartiment biologique.

Eléments d'interprétation

Le suivi sera axé sur l'évolution des pourcentages de recouvrements et de l'hétérogénéité habitationnelle.

Selon les actions de restaurations une attention particulière pourra être portée sur l'évolution d'un ou plusieurs habitats en particulier.

Par exemple, dans le cas d'une restauration de roselière l'évolution du pourcentage de recouvrement des hélrophytes devra être étudiée.

Dans le cas d'une restauration de substrats minéraux de frayère Il peut être intéressant de prêter attention aux éventuels changements de granulométrie.

Pour un suivi de l'érosion des berges il peut être intéressant de suivre l'évolution des pourcentages de recouvrement des matières fines (limons-argiles, vases...).

- **Suivi de l'hydrologie**

Informations générales

L'hydrologie est un facteur important à prendre en compte dans le cas des suivis des actions de restauration hydromorphologiques. Les variations des fluctuations de niveaux d'eau, notamment, peuvent avoir des impacts importants sur la morphologie des berges et du littoral et sur les communautés biologiques en place (Wantzen *et al.*, 2008). C'est pourquoi il est préconisé de mettre en place ce protocole de manière systématique lorsqu'aucun suivi des fluctuations de niveaux d'eau n'est réalisé sur le plan d'eau. Deux méthodes de suivi sont proposées ici à titre indicatif: l'utilisation d'échelles limnimétriques et la mise en place de dispositifs « mouillage – pression ». D'autres dispositifs de suivi des fluctuations de niveaux d'eau existent mais ne sont pas détaillés ici, le choix est laissé aux opérateurs d'appliquer les méthodes proposées ici ou d'autres méthodes.

- **Mise en place d'échelles limnimétriques :**

Préparation préalable

Si aucune échelle limnimétrique n'est présente sur le plan d'eau, il conviendra d'en installer une (**Figure 3**).

Une attention particulière devra être portée à la localisation de l'échelle limnimétrique, celle-ci devra être conçue et positionnée de façon à encadrer l'ampleur de marnage connue du plan d'eau.

Lors de la mise en place de l'échelle il conviendra de réaliser une mesure de la cote du plan d'eau en mNGF à l'aide d'un altimètre (correspondant au niveau 0 de l'échelle) afin de pouvoir ensuite suivre l'évolution de cette cote.

Relevés de terrain

Matériel : embarcation, appareil photo (optionnel), matériel de prise de note, fiche de terrain (**Fiche A2 en annexe 1**).

Personnel : 1 à 2 personnes

Temps : 30 minutes par plan d'eau

Mise en œuvre : des relevés du niveau de l'eau devront être réalisés chaque jour durant les campagnes de terrain. Durant les périodes où aucune campagne de mesure et/ou d'échantillonnage n'a lieu des relèves du niveau devront être effectuées tous les 15 jours.



Figure 3 : exemple d'échelle limnimétrique (photographie : J. Dublon)

Bancarisation et traitement des données

Matériel : poste informatique

Personnel : 1 personne

Mise en œuvre : Les relevés réalisés seront saisis et conservés sous format csv.

- Mise en place d'un dispositif « mouillage – pression » :

Ce dispositif permet de mesurer la pression de la colonne d'eau (pression hydrostatique) au-dessus du capteur immergé et d'en déduire la cote du plan d'eau. La pression hydrostatique est obtenue en mesurant la pression au niveau du capteur immergé et en lui déduisant la pression atmosphérique.

La pression atmosphérique peut être mesurée à partir d'une station météo située à proximité du plan d'eau. S'il n'en existe pas à proximité, il convient de placer un capteur de pression à l'air à l'abri (dans une habitation, un refuge...) afin d'éviter sa dégradation (intempéries, vandalisme...). Son installation n'est pas détaillée ici.

Pour la mise en place de ce dispositif il est préconisé de se référer au : « Protocole pour la réalisation de dispositifs de suivi pérenne de la température en plans d'eau - Guide méthodologique et scientifique » (Rebière *et al.*, 2015) lorsque cela est nécessaire. Dans le cas de ce suivi l'enregistreur de température associé à ce dispositif n'est pas demandé, le but du suivi étant uniquement de suivre les variations de niveau d'eau.

Préparation préalable : confection et mise en place des dispositifs.

La fabrication du dispositif mouillage pression, le matériel nécessaire ainsi que les coûts sont détaillés dans le guide de Rebière *et al.* (2015).

Matériel : enregistreur de pression (permettant un intervalle d'enregistrement de 2 heures), matériel de construction des dispositifs, caméra aquatique (optionnel), fiche de terrain (**Fiche A3a en annexe 1**)

Personnel : 2 personnes

Temps : /

Mise en œuvre : Une fois le dispositif confectionné il doit être mis en place dans le plan d'eau. Le dispositif immergé doit être positionné sous le niveau d'eau minimum du plan d'eau, sur une surface plane pour éviter que le corps mort bascule.

Le corps mort est immergé en premier pour finir par le système de flottaison. Il est possible d'utiliser une caméra aquatique pour vérifier que le corps mort est bien sur une surface plane pour ne pas fausser les mesures.

Ce dispositif de mesure de la pression hydrostatique permet de mesurer les variations du niveau d'eau ; pour obtenir le niveau d'eau, il faut connaître l'altitude du fond où est posé le dispositif. Pour cela, il convient de noter lors de la campagne de pose du matériel (**Figure 4**) :

- la cote du lac en mNGF à partir d'un altimètre (à calibrer lors de chaque relève) (**A** en mNGF),
- la profondeur de pose du dispositif à partir d'un profondimètre (**B** en m),
- la hauteur du capteur par rapport à la base du corps mort (**C** en m).

L'altitude de l'enregistreur de pression est calculée de la manière suivante :

$$\text{Altitude enregistreur} = A - B + C$$

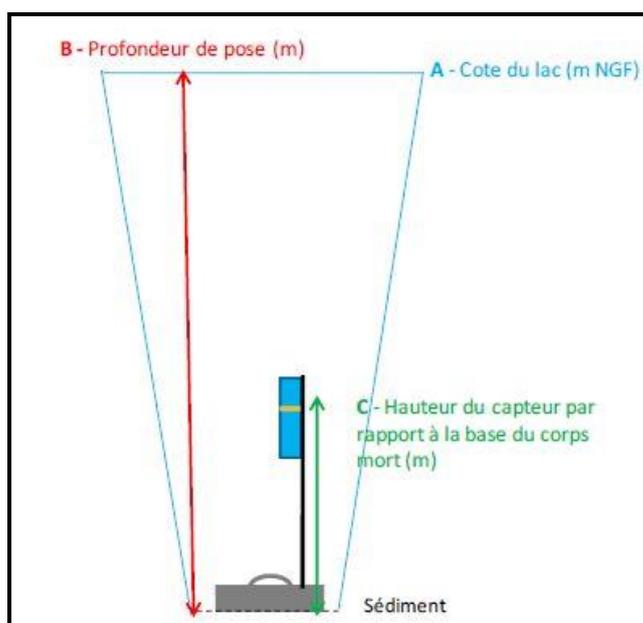


Figure 4 : valeurs à noter pour calculer l'altitude du capteur de pression en mNGF (Schéma :Rebière *et al.* (2015))

Le capteur placé à l'air (ou la station météo) permet de mesurer la pression atmosphérique (P_{atm}) et le capteur placé dans le plan d'eau permet de mesurer le cumul de la pression atmosphérique et de la pression de l'eau ($P_{eau + atm}$).

La hauteur de la colonne d'eau au-dessus du capteur peut ensuite être calculée de la manière suivante :

$$H = ((P_{eau + atm}) - (P_{atm})) / \mu g$$

Avec μ la masse volumique de l'eau (1 g/cm^3) et g la constante d'accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m.s}^{-2}$).

Par la suite les différentes mesures de hauteurs d'eau (h_1 à h_n) devront être additionnées à la cote NGF du capteur pour connaître les fluctuations de niveaux d'eau.

Relevés de terrain

Matériel : embarcation, matériel de rechange (enregistreurs, éléments d'accastillages...), ordinateur avec les logiciels correspondants aux enregistreurs utilisés, matériel pour entretien des dispositifs (chiffon, brosse...), matériel de prise de note, fiche de terrain (**Fiche A3b en annexe 1**)

Personnel : au moins 2 personnes

Temps : 1 à 2 heures par plan d'eau

Mise en œuvre : les enregistreurs devront être déchargés au moins une fois par an. La première étape est le repérage du dispositif. Si le mouillage a dérivé, ses coordonnées géographiques ainsi que les informations relatives à la campagne de terrain et à la relève du dispositif devront être notées sur la fiche terrain. Une fois localisé, l'ensemble du dispositif doit être remonté.

Il est conseillé de décharger et de reprogrammer les dispositifs sur la berge ou dans un abri plutôt que sur le bateau. Avant de décharger les données il conviendra de bien nettoyer la zone de communication.

Les données seront idéalement déchargées sur site à l'aide d'un ordinateur afin de détecter d'éventuels dysfonctionnements directement sur place. Si de tels dysfonctionnements sont remarqués il conviendra de remplacer les éléments détériorés. Un nettoyage des enregistreurs et des mouillages devra également être réalisé avant de remettre le dispositif en place.

Bancarisation et traitement des données

Matériel : poste informatique

Personnel : 1 personne

Temps : /

Mise en œuvre : Les données brutes extraites des enregistreurs seront conservées sous format csv.

8.2. Protocoles de suivi de la physico-chimie

Informations générales

Le suivi de la physico-chimie a pour objectif de suivre les évolutions des conditions physico-chimiques dans lesquelles se trouve le compartiment biologique au niveau des stations.

Deux types de mesures physico-chimiques sont effectués :

- Des mesures *in situ* permettant de mesurer : la température, le pH, la conductivité (25°C), la concentration en oxygène dissous (mg/l et taux de saturation) et la transparence (Secchi).
- Des analyses en laboratoire permettant de mesurer : la demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO5), les orthophosphates (PO_4^{3-}), le phosphore total (Ptot), l'ammonium (NH_4^+), l'azote Kjeldhal (NKJ), les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-), le carbone organique total (COT), le carbone organique dissous (COD), les matières en suspension (MES), la turbidité et la silice dissoute.

Le choix des éléments à analyser résulte des préconisations de rapportage dans le cadre de la DCE relatives à la constitution et la mise en œuvre du programme de surveillance pour les eaux douces de surface (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2006) et de l'arrêté du 27 juillet 2018 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface (Ministère de la transition écologique et solidaire, 2018).

Les mesures *in situ* et les prélèvements pour analyse seront réalisés en un même point situé à 20 m de la berge en partant du centre de la station et à 40 cm de profondeur (**Figure 5**). Les mesures *in situ* devront être réalisées avant tout prélèvement.

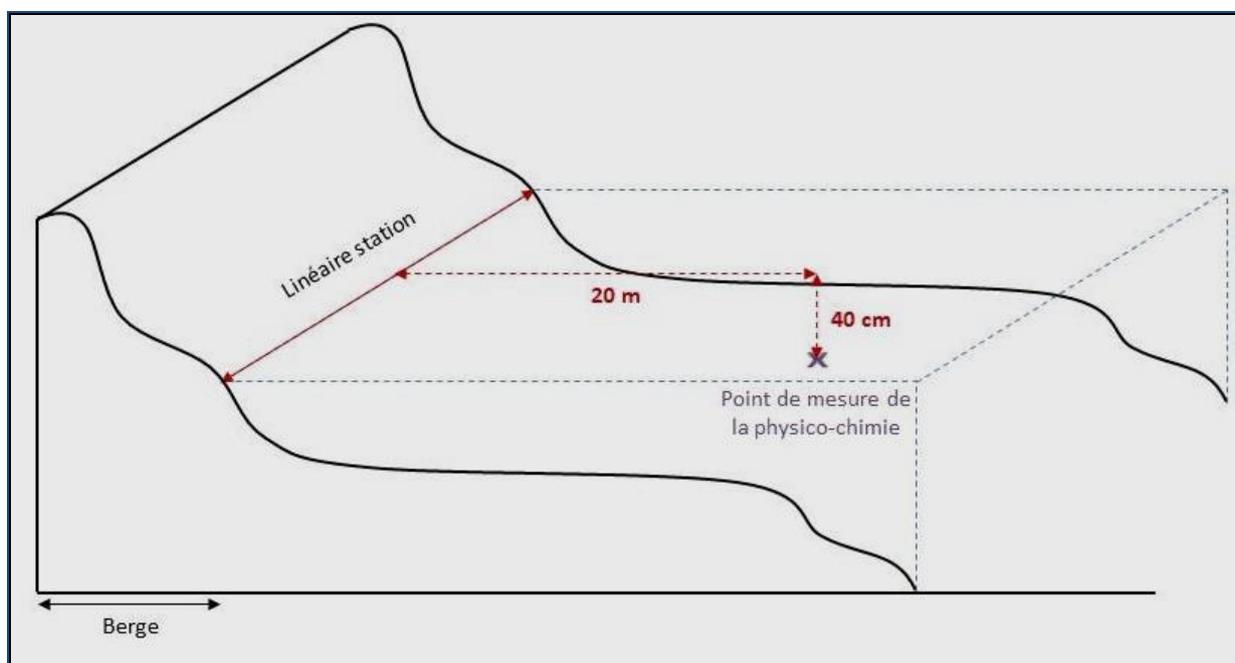


Figure 5 : localisation du point d'échantillonnage pour l'analyse des paramètres physico-chimiques

- **Mesures *in situ***
- **Mesures à la sonde multi-paramètres :**

Préparation préalable

Avant la campagne de terrain il est possible de déterminer la localisation du point de mesure et de rentrer ses coordonnées dans le GPS.

D'autre part, il est nécessaire de vérifier régulièrement la validité des sondes multi-paramètres par des tests sur des solutions tampons de valeurs connues. Si nécessaire, une calibration des sondes sera réalisée.

Relevés de terrain

Matériel : sonde multi-paramètres (capteurs calibrés pour O₂ (concentration et taux de saturation), température, pH, conductivité), ordinateur portable avec le logiciel correspondant à la sonde (le cas échéant), GPS, échosondeur, fiche de terrain (**fiche B1 en annexe 1**).

Personnel : 2 personnes dont un pilote

Temps : 10 minutes par point

Mise en œuvre : au niveau du point d'échantillonnage, la sonde est placée sous la surface à 40 cm de profondeur afin d'y réaliser les mesures.

Les valeurs pour chaque paramètre sont relevées directement lorsque l'équipement le permet et la position GPS exacte au point de mesure est enregistrée.

À chaque campagne les différentes informations devront être renseignées sur la fiche de terrain correspondante.

Cas particulier : dans le cas où un des paramètres mesurés est considéré comme pouvant être limitant dans le milieu (par exemple l'oxygène) il est conseillé de le suivre en continu comme pour la température (voir « 8.3. Protocole de suivi de la thermie »).

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : 30 minutes

Mise en œuvre : connecter la sonde à l'ordinateur et transférer le fichier de données ou saisir les résultats et les conserver sous format csv.

- **Mesure de la transparence de l'eau :**

Relevés de terrain

Matériel : embarcation, disque de Secchi de 20 cm de diamètre avec corde graduée, fiche de terrain (**fiche B1 en annexe 1**), GPS

Personnel : 2 personnes dont un pilote

Temps : 5 minutes par point

Mise en œuvre : La transparence de l'eau est mesurée à l'aide d'un disque de Secchi de 20 cm de diamètre accroché à une corde graduée.

Une fois positionné au point de mesure, il est nécessaire de s'orienter dos au soleil et de retirer d'éventuelles lunettes de soleil. Le disque est ensuite descendu lentement dans l'eau jusqu'à la perte de vue. La profondeur de disparition du disque, mesurée à l'aide de la corde graduée, est notée. Le disque est ensuite remonté lentement et la profondeur à laquelle il réapparaît est également relevée. La première valeur de transparence est la moyenne de ces deux valeurs.

L'opération est répétée trois fois au même point de mesure. La valeur moyenne de ces trois transparences est retenue comme valeur de transparence pour l'eau.

Si le disque est encore visible alors qu'il est au fond du lac la transparence est supérieure à la profondeur au point de prélèvement. L'opérateur de terrain devra signaler sur la fiche du terrain que le disque de Secchi a été descendu jusqu'à atteindre le fond au niveau du point de mesure.

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : 15 minutes

Mise en œuvre : les mesures individuelles sont saisies sous format csv et les moyennes des trois mesures sont notées comme étant la transparence de l'eau. Les fichiers de saisis pourront être fournis sur demande (contact : marine.taubat@irstea.fr).

• Prélèvements d'eau pour analyses en laboratoire

Idéalement ces prélèvements devront être réalisés par un organisme accrédité. En cas d'impossibilité, les laboratoires d'analyse fournissent des kits complets d'échantillonnage faciles d'utilisation. De plus, il est conseillé aux opérateurs de prendre connaissance des normes en vigueur et/ou de consulter des guides techniques tels que :

- le guide FD T 90-524 « Contrôle Qualité - Contrôle qualité pour l'échantillonnage et la conservation des eaux » (AFNOR, 2015).
- la norme NF EN ISO 5667-3 « Qualité de l'eau – Échantillonnage - Partie 3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau (AFNOR, 2013).
- AQUAREF - Opérations d'échantillonnage d'eau en plan d'eau dans le cadre des programmes de surveillance DCE - Recommandations techniques – Edition 2016 (Lepot, 2016).

Préparation préalable

Mise en œuvre : avant la campagne il est conseillé de discuter des consignes de prélèvement avec le laboratoire en charge des analyses (respect des délais échantillonnage-analyse, respect des consignes relatives au flaconnage, réactifs, conditionnement, conservation, transport des échantillons). De plus, il est également préconisé que le matériel nécessaire à la réalisation des prélèvements soit fourni par le laboratoire en charge des analyses (Lepot, 2016).

Le matériel d'échantillonnage doit être choisi de manière à garantir l'absence d'interférence physico-chimique avec les paramètres à mesurer. Si le matériel ne peut pas être fourni par le laboratoire, l'opérateur doit sélectionner le matériel d'échantillonnage en respectant les préconisations fournis par les normes en vigueur (AFNOR, 2013).

Relevés de terrain

Matériel : embarcation, flaconnage, étiquettes stables et ineffaçables, réactifs de conditionnement si besoin, matériel de filtration si besoin, matériel de contrôle qualité (flaconnage supplémentaire, eau de blanc ...) si besoin, matériel de réfrigération (enceintes et blocs eutectiques) ayant la capacité de maintenir une température de transport de 5 ± 3 °C, fiche terrain (**fiche B1 en annexe 1**).

Personnel : 2 personnes dont un pilote et une personne pour réaliser les échantillonnages.

Temps : 10 minutes par station

Mise en œuvre : au même point que pour les mesures *in situ*, les prélèvements sont réalisés sous la surface à une profondeur de 40 cm.

En l'absence de consignes par le laboratoire concernant le rinçage du flaconnage, le préleveur doit rincer au minimum 3 fois les flacons et les bouchons avec l'eau de la zone de prélèvement avant de prélever l'échantillon destiné au laboratoire. Ce rinçage doit être effectué en veillant à ce que la totalité de la surface interne du flacon soit rincée.

Les prélèvements sont réalisés en prenant soin d'éviter de prélever l'eau en surface pour ne pas inclure des molécules hydrophobes qui y seraient déposées. De plus, une distance de 0,5 m sera respectée entre le prélèvement et le fond pour éviter d'y inclure des sédiments remis en suspension. En l'absence de consigne de la part du laboratoire concernant le remplissage du flacon, il doit être rempli à ras bord.

Les échantillons sont ensuite conditionnés en glacière sur le bateau avant d'être transmis au laboratoire en charge des analyses selon les normes et préconisations de transport du laboratoire.

Lors de chaque campagne les informations concernant les prélèvements devront être renseignées sur la fiche de terrain.

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : /

Mise en œuvre : les informations concernant le prélèvement seront saisies sous format csv. Les fichiers de saisis pourront être fournis sur demande (contact : marine.taubat@irstea.fr). Les résultats des analyses de laboratoire seront conservés sous format csv.

Éléments d'interprétation

Concernant la physico-chimie le suivi sera axé sur la comparaison avant-après restauration et sur la comparaison entre stations.

Le suivi de ce compartiment pourra être un élément de contexte explicatif des communautés en place.

Dans le cas des restaurations de fluctuations de niveau d'eau, il est possible de s'attendre à observer une amélioration des paramètres physico-chimiques généraux pris en compte par le suivi (Liu *et al.*, 2016).

8.3. Protocole de suivi de la thermie

Informations générales

Ce protocole a pour but de suivre l'évolution de la température en continu au niveau de chaque station d'étude durant toute la durée du suivi. En effet la température est un des facteurs structurant du fonctionnement écologique des masses d'eau et donc des communautés. Le suivi doit être effectué avec un pas de temps horaire.

Relevés de terrain

Matériel : embarcation, GPS, dispositif de mesure de la température pouvant rester immergé durant la durée du suivi et permettant des mesures en continu avec au minimum une mesure toutes les heures (se référer au guide de Rebière *et al.* (2015) pour le détail du matériel nécessaire), ordinateur avec le logiciel correspondant au modèle de sonde utilisé, fiches de terrain (**Fiches B2a et B2b en annexe 1**).

Personnel : 2 personnes dont un pilote

Temps : 30 minutes par station (pour la mise en place des sondes) et 10 minutes par station pour les relevés

Mise en œuvre :

- Mise en place des sondes :

Les sondes seront mises en place sur les trois stations au minimum 12 mois avant les travaux. Lors de la réalisation de plusieurs années d'état initial, elles seront mises en place dès la première année de suivi.

La où les sonde(s) de la station restaurée (voir plus bas) pourront être retirées pendant la durée des travaux, si l'opération de restauration le nécessite. Lorsque c'est le cas elles devront être positionnées, après travaux, dans des conditions similaires à celles dans lesquelles elles étaient avant la restauration.

Concernant leur localisation les sondes devront :

- être placées dans une zone où elles pourront être laissées et qui restera accessible durant toute la durée du suivi,
- être dans une zone où aucune modification hormis l'action de restauration n'est envisagée,
- être positionnées dans des conditions comparables sur les trois stations (profondeur, ombrage ...),
- éviter de reposer sur le fond du plan d'eau.

S'il n'est pas possible de respecter ces recommandations cela devra être renseigné dans la fiche terrain afin de pouvoir prendre en compte ces facteurs lors de l'interprétation des données.

Les sondes devront être installées de manière à être immergées en permanence et leur positionnement devra donc prendre en compte les fluctuations de niveaux d'eau. Il est préconisé de fixer les sondes à une cote fixe en dessous du niveau d'eau minimum.

Dans le cas où l'amplitude de marnage ne permettrait pas ce genre d'installation, la stratégie pourra être adaptée. Si celle-ci est **de plus de 2 m**, deux sondes par station pourront être installées dont une sonde au fond sur un corps mort de type fer à béton dans un bloc de béton et une sonde à 50 cm (ou moins) de la surface fixée à l'aide d'une bouée.

Si l'amplitude de marnage est de **moins de 2 m**, une sonde à 50 cm de profondeur fixée à une bouée lui permettant de suivre les fluctuations de niveau d'eau sera mise en place sur chaque station.

Pour le montage et la mise en place de ces dispositifs de mesure il est conseillé de se référer à la méthode décrite dans le rapport du « Réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau à

l'échelle nationale » (RNT) (Rebière and Danis, 2015) et au guide méthodologique associé (Rebière et al., 2015).

La localisation précise (coordonnées GPS), la méthode de fixation et les conditions dans lesquelles se trouvent les sondes devront être renseignées pour chaque sonde sur la fiche de terrain (soit une fiche par sonde) (**fiche B2a en annexe 1**).

- Relevés des températures

La récupération des données devra être réalisée deux fois par ans et tous les ans (au printemps et à l'automne) aux mêmes périodes que les campagnes de suivi de la physico-chimie, soit aux mois d'avril et de novembre (voir **Tableau 5**).

Lors de chaque campagne l'opérateur devra renseigner la fiche de terrain correspondante (**fiche B2b en annexe 1**).

Remarque : Les capteurs des sondes peuvent être soumis au phénomène de dérive instrumentale. Au cours de leur utilisation, les valeurs de température mesurées dans le milieu ont tendance à s'éloigner de la valeur exacte de température du milieu. Il convient de contrôler à chaque visite de terrain la dérive instrumentale. Pour cela plusieurs possibilités existent. Il sera par exemple possible de réaliser des contrôles avec un enregistreur neuf ou réaliser des mesures de température à l'aide d'une sonde multi-paramètres *in situ* qui pourront être comparées aux données déchargées.

Le guide méthodologique du RNT (Rebière et al., 2015) propose également un protocole de contrôle de la dérive à réaliser sur le terrain. Dans le cadre du RNT, le pôle « Ecosystèmes lacustres » d'Aix-en-Provence met à disposition ces outils d'analyses de dérive et visualisation des données de suivi en continu de la température dans les plans d'eau (contact pour en disposer : thermie-pe-aix@irstea.fr).

Ces outils permettent en particulier de vérifier le bon fonctionnement du matériel lors de la décharge afin de changer immédiatement les sondes défectueuses si besoin ou d'apporter un facteur correctif avant l'exploitation des données.

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : 10 minutes par sondes

Mise en œuvre : Suite à l'extraction des données de température des sondes, les résultats obtenus seront conservés sous le format natif des capteurs et sur le format texte.

Dans le cas du protocole proposé dans le cadre du RNT le format de conservation des données devra respecter les préconisations du guide RNT. Une attention particulière devra être portée à la nomenclature et à l'organisation des fichiers afin de permettre une utilisation optimale des outils fournis par le pôle.

Éléments d'interprétation des données

L'attention sera portée sur la comparaison des stations entre elles, ainsi que sur la comparaison avant et après travaux.

8.4. Protocoles de suivi de l'ichtyofaune

Informations générale

Deux méthodes de pêche sont préconisées pour chaque suivi piscicole. D'une part, la pêche électrique par points (Belliard *et al.*, 2012) et d'autre part, la pêche des alevins par utilisation de petites nasses. Les deux méthodes sont couplées lors de la même campagne sauf dans le cas où une adaptation de l'échantillonnage à la période de présence de certains stades ou individus est nécessaire. Dans le cas des suivis de frayères un protocole de suivi de pontes de poisson (suivi optionnel) est également fourni.

Remarque : dans le cas du suivi de la restauration de zones de reproduction, celles-ci devront faire l'objet d'une description détaillée sur le terrain (localisation, profondeur, substrat-support, végétation). Le suivi devra également prendre en compte les facteurs susceptibles d'être en interaction avec la reproduction (fluctuations de niveaux d'eau, colmatage ...).

- **Pêche électrique :**

Limites d'application du protocole : En plan d'eau l'utilisation de la pêche électrique est efficace dans les zones de profondeur inférieure à 2 m, elle est donc réduite à la frange littorale.

Préparation préalable

Matériel : cartographie des habitats littoraux au niveau des stations d'étude (voir « 8.1. Protocoles de suivi de l'hydromorphologie »)

Personnel : 1 personne

Temps : une demi-journée

Mise en œuvre : il s'agit d'établir un plan d'échantillonnage stratifié par habitat à partir de la cartographie des habitats réalisée au préalable. Les pourcentages de recouvrements des différents habitats sur la station sont calculés de manière à établir le nombre de prélèvements à réaliser sur chacun. Les habitats dont le pourcentage de recouvrement est inférieur à 5% ne sont pas pris en compte dans l'échantillonnage.

Un nombre minimum de 30 points de prélèvements par station doit être réalisé avec au moins trois prélèvements par habitat. Un positionnement préalable des points de prélèvements peut être réalisé à l'aide de la cartographie et l'opérateur pourra, saisir leurs coordonnées géographiques sur le GPS pour faciliter leur localisation sur le terrain.

Relevés de terrain

Matériel : Pêche électrique : groupe électrogène (de type Efko Dream ...), coupe-circuit, gants isolants, anode, cathode, épuisettes à manche long en matériau non-conducteur (maille du filet inférieure ou égale à 5 mm), seaux/bassines.

Biométrie : balance, règle de mesure à précision millimétrique, petite épuisette, vivier, bulleur, ouvrage d'identification si besoin (l'ouvrage de référence est le guide « Les poissons d'eau douce de France » (Keith *et al.*, 2011), fiche de terrain (**fiche C1 en annexe 1**).

Conservation : alcool, glacière, bocaux, pinces en plastique fines.

Personnel : 4 personnes minimum dont au moins un ichtyologue et une personne habilitée à la pêche électrique (1 pilote, au minimum 1 anode, 1 épuisette et une personne pour la biométrie et la prise de note).

Temps : une demi-journée à une journée selon le plan d'eau

Mise en œuvre : La pêche électrique (**Figure 6**) est réalisée à pied ou depuis une embarcation, avec un groupe de pêche classique ou portatif. Pour chaque point, l'anode est placée dans l'eau et déplacée sur un cercle d'environ 1 m de diamètre autour de son point d'impact dans l'eau. Selon les conditions de prospection, l'opérateur pourra être amené à adapter ce mouvement mais en veillant à

conserver des unités d'échantillonnage de taille standard. L'anode est ensuite laissée dans l'eau entre 15 et 30 secondes.

Sachant que le rayon d'attraction est d'environ 1,5 à 2 m, les points doivent autant que possible être espacés d'au moins 4 m.

Lors des pêches, il est essentiel de toujours limiter le dérangement sur les points à échantillonner. Les points de pêche sont donc réalisés en se déplaçant d'une extrémité à l'autre de la station sans aller-retour.

Lorsque les individus sont attirés par l'anode, ils sont récupérés avec des épuisettes et placés dans des seaux pour la biométrie qui sera effectuée pour chaque point de pêche en suivant les instructions de la norme EN 14011 (AFNOR, 2003) :

- Identification à l'espèce par l'analyse des caractères morphologiques externes des individus. Lorsque ce n'est pas possible (hybrides, juvéniles ...) des sous échantillons peuvent être conservés dans l'alcool pour un examen complémentaire en laboratoire.
- Mesure, pour chaque individu, de la longueur totale en millimètres.
- La pesée individuelle ou par lots (optionnelle).
- En l'absence de poisson pêché le point sera noté comme « vide »

Dans tous les cas, l'étape de biométrie sera réalisée de manière à réduire le plus possible les dommages et mortalités dus à la manipulation et au maintien en captivité.

Une fois les opérations de biométrie terminées, les poissons doivent être relâchés sur le site de capture conformément à la réglementation en vigueur. Les informations concernant les points de prélèvement et les pêches réalisées sont à renseigner sur la fiche de terrain (**fiche C1 en annexe 1**).

Remarque : lors de l'étape de biométrie il peut être intéressant de prêter une attention particulière à l'état sanitaire des poissons. Ceci pourra permettre lorsque cela semble pertinent de mettre en place un diagnostic plus poussé si un problème est détecté sur une espèce. Pour la description des anomalies anatomo-morphologiques et des principaux macroparasites externes des poissons il est possible de se référer à l'ouvrage « L'Etat de santé des poissons sauvages: les Codes pathologie, un outil d'évaluation. 2014: Association Santé Poissons sauvages » (Elie and Girard, 2014). Si la mise en place d'un suivi l'état sanitaire est souhaitée il est également conseillé de se référer à cet ouvrage.



Figure 6 : pêche électrique en plan d'eau, prospection (a) à pied et biométrie (b) (ici, mesure de la taille)
(Photographies : J. Dublon)

Cas du suivi de structures artificielles : dans le cas du suivi de l'ichtyofaune, lors du suivi après travaux, un minimum de 3 points de pêche supplémentaires seront réalisés au niveau de la ou des structure(s) présente(s) au niveau de la station (le long de la structure et/ou à l'intérieur de celle-ci si elle comporte des zones submergées) (**Figure 7**). Idéalement le nombre de point de pêche devra être adapté à la surface de la structure.

Ceci peut s'appliquer au suivi de restauration de frayères si ces dernières sont mises en place à distance de la berge et donc à distance de la zone prospectée lors de l'état initial.

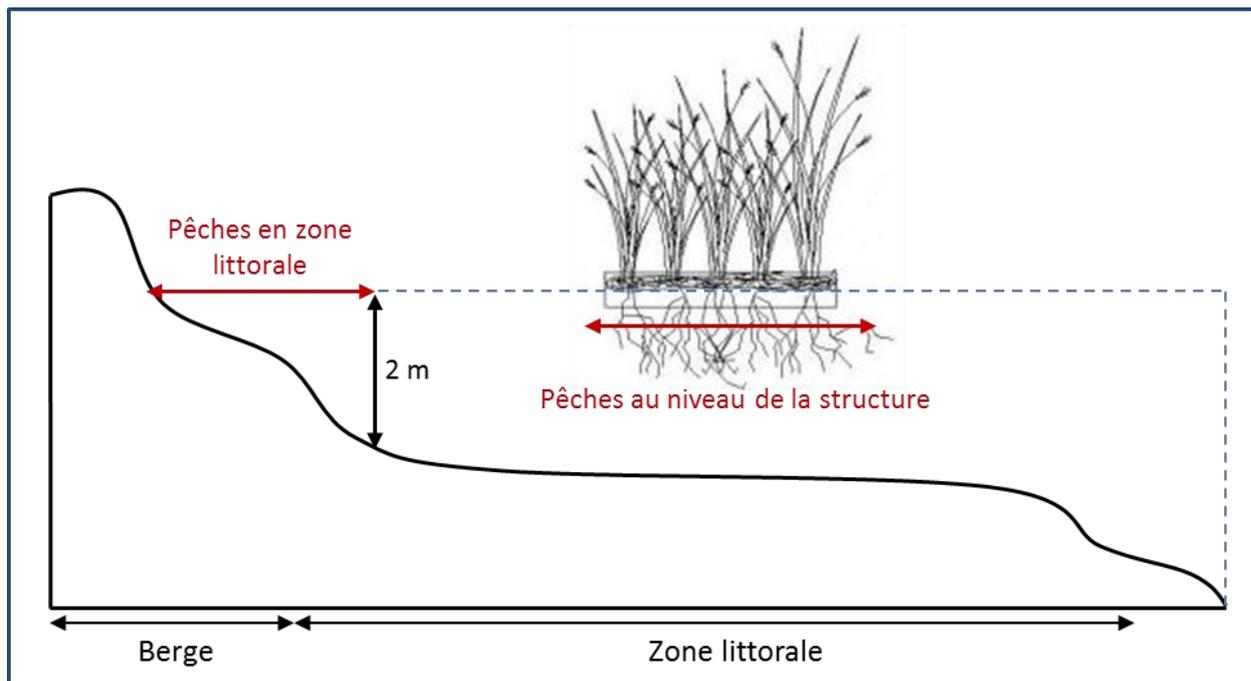


Figure 7 : zones prospectées au sein desquelles seront localisés les points d'échantillonnage de pêche électrique

Bancarisation et traitement des données

Matériel : un ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : une demi-journée

Mise en œuvre : les informations concernant les campagnes de prélèvement et l'analyse du peuplement piscicole par pêche électrique seront saisies sous format csv. Les fichiers de saisie pourront être fournis sur demande (contact : marine.taubat@irstea.fr).

Éléments d'interprétation des données

L'étude des données concernant les peuplements piscicoles échantillonnés par pêche électrique se basera en premier lieu sur le calcul et l'analyse des abondances et des biomasses des différentes espèces (par station et par habitat).

L'attention sera portée sur l'évolution de la richesse spécifique, des abondances relatives et le lien avec les habitats échantillonnés.

Par la suite, les structures en classes de taille ou en classes d'âge des communautés de poissons pourront également être étudiées.

- **Pêche des alevins à l'aide de nasses**

Informations générales

Ce protocole a pour but de permettre de savoir si l'habitat restauré permet de soutenir ou non la fonction de reproduction. Cette approche non destructive doit être envisagée comme un suivi temporel de l'apparition des cohortes d'alevins, de leur évolution qualitative et quantitative au niveau des zones d'étude. Il a également pour objectif de permettre d'apporter des informations sur la fréquentation des habitats restaurés par les alevins, et d'une manière plus générale sur leur localisation.

Il est conseillé d'utiliser des pièges de type nasse de 45 cm de longueur et 25 cm de hauteur (**Figure 8**).

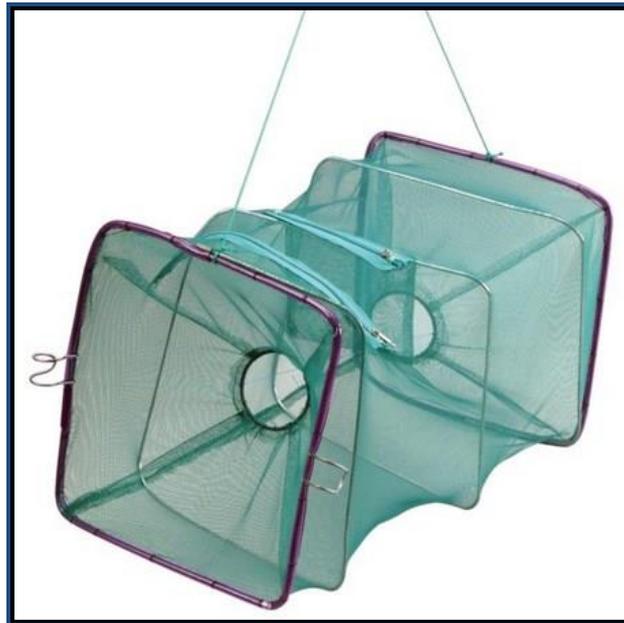


Figure 8 : nasse à Vairon (source : <https://www.pecheur.com/>)

Relevés de terrain

Matériel : Pêche : embarcation, nasses de 45 cm par 25 cm (nasses à vairon Autain Pêche par exemple), corps morts, bouées, fiche de terrain (**fiche C2 en annexe 1**).

Biométrie : balance, ichtyomètre à précision millimétrique, fiche de terrain (**fiche C2 en annexe 1**).

Conservation : alcool, glacière, plaque eutectiques bocal, pinces en plastique fines.

Personnel : 2 personnes

Temps : une demi-journée à une journée

Mise en œuvre : un minimum de six nasses par station doivent être disposées en fin de journée, laissées pendant une nuit et relevées le matin. Un minimum de 3 pièges par habitat doit être respecté. Le choix des habitats prélevés se portera sur les habitats concernés par l'action de restauration (ex : les roselières dans le cas d'une restauration de roselière) et/ou sur un ou deux habitats majoritaires au niveau de la station en termes de recouvrement.

La biométrie est réalisée de la même manière que pour les pêches électriques. Pour chaque nasse les individus sont identifiés, mesurés (individuellement) et éventuellement pesés (la pesée des alevins si elle est réalisée pourra être faite par lot d'individus).

Les individus sont ensuite relâchés sur le site de capture. L'identification des alevins pouvant être difficile sur le terrain, des échantillons pourront être réalisés lorsque c'est nécessaire et conservés dans l'alcool pour une identification ultérieure en laboratoire. Lors de chaque campagne il conviendra de remplir la fiche de terrain correspondante (**fiche C2 en annexe 1**).

Cas du suivi de frayères : dans le cas du suivi après travaux d'une restauration de frayère au moins deux des nasses devront être positionnées dans un périmètre de 2 m autour de la frayère et les autres devront être disposées à moins de 10 m de la frayère.

Cas des structures artificielles : si les structures ont pour objectif de favoriser la reproduction de l'ichtyofaune trois nasses supplémentaires pourront être fixées dessus.

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : variable selon les plans d'eau

Mise en œuvre : les informations concernant les campagnes de prélèvement et l'analyse du peuplement piscicole par pêche par nasses seront saisies sous format csv. Les fichiers de saisie pourront être fournis sur demande (contact : marine.taubat@irstea.fr).

Éléments d'interprétation des données

L'étude des données concernant les individus échantillonnés par nasses se basera en premier lieu sur le calcul et l'analyse des abondances et des biomasses des différentes espèces.

L'attention sera portée sur la présence ou non de la ou des espèce(s) cible(s), puis sur leurs abondances relatives. Lorsque c'est possible le lien avec les habitats échantillonnés pourra être étudié.

- **Suivi de pontes (optionnel)**

Informations générales

Le suivi de ponte a pour but d'évaluer l'utilisation de la structure par la ou les espèces cible(s).

Préparation préalable

Matériel : Données de la littérature concernant les périodes de reproduction et les temps d'incubation des espèces cibles.

Personnel : 1 personne

Temps : 1 heure

Mise en œuvre : définir la ou les espèce(s) cible(s) et prendre connaissance des périodes de reproduction de ces espèces ainsi que du temps d'incubation des œufs pour définir les périodes de réalisation des campagnes de terrain. Le **Tableau 9** fournit à titre indicatif les informations relatives à la période d'incubation de quelques espèces de poissons, issues de la littérature (Tissot and Souchon, 2008; Teletchea *et al.*, 2009)

Tableau 9 : données de la littérature concernant la période d'incubation de plusieurs espèces de poissons lacustres (degrés-jour : durée d'incubation des œufs en fonction de la température de l'eau)

Espèce	Temps d'incubation (jour)	Température d'incubation (°C)	Temps d'incubation (°C jours)	Température de ponte (°C)
Ablette (<i>Alburnus alburnus</i>)	14 à 21	21 à 27	/	/
Barbeau (<i>Barbus barbus</i>)	5,8	17,5	97,5	15,5
Black Bass (<i>Micropterus salmoides</i>)	4,5	18,5	72,5	18
Brochet (<i>Esox lucius</i>)	10,5	11,5	115	9,5
Brème commune (<i>Abramis brama</i>)	6,5	16,5	105	15,5
Brème bordelière (<i>Blicca bjoerkna</i>)	4	20	/	/
Carpe (<i>Cyprinus carpio</i>)	3,8	21	80	19,5
Chabot commun (<i>Cottus gobio</i>)	24,5	11,5	265	8,5
Chevesne (<i>Squalius cephalus</i>)	3,5	17,5	60	9,5
Corégone (<i>Coregonus lavaretus</i>)	87,5	5,3	420	3
Gardon (<i>Rutilus rutilus</i>)	7	15,5	115	14,5
Goujon (<i>Gobio gobio</i>)	6,5	18,5	127,5	16,5
Grémille (<i>Gymnocephalus cernuus</i>)	7,5	14,5	115	12,5
Loche franche (<i>Barbatula barbatula</i>)	15,5	12,5	205	9,5
Perche commune (<i>Perca fluviatilis</i>)	13	12,5	165	10,5
Rotengle (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	5,5	18,5	105	18,5
Sandre (<i>Sander lucioperca</i>)	7,5	14,5	117	13,5
Tanche (<i>Tinca tinca</i>)	2,8	22,5	62,5	21,5
Vairon (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	6,25	14,5	90	13,5
Vandoise (<i>Leuciscus leuciscus</i>)	25,5	11,5	300	9,5

Relevés de terrain

Matériel : embarcation, quadrat de 25 cm par 25 cm, sondes de mesure de la température et de l'oxygène, piluliers, matériel de prise de note, fiche terrain (**fiche C3 en annexe 1**).

Personnel : 2 personnes

Temps : une demi-journée par visite de terrain

Mise en œuvre : Plusieurs visites de terrains devront être réalisées durant la/les période(s) de reproduction de la ou des espèce(s) cible(s). Leur fréquence devra être adaptée au temps d'incubation des œufs de la ou des espèces considérées avec au minimum une visite une fois par semaine. Un comptage des œufs sur la frayère doit être réalisé au niveau de trois quadrats (de même surface, 25 cm x 25 cm). Une détermination visuelle de l'espèce est réalisée autant que possible *in situ*.

Lorsque la détermination n'est pas possible sur le terrain, des œufs pourront être prélevés pour un élevage en aquarium jusqu'à éclosion. Une autre solution est la détermination de l'espèce par analyse ADN d'échantillons d'œufs.

D'autre part, à chaque visite de terrain il est préconisé de réaliser des mesures de la température et de l'oxygène au niveau de la frayère en plus des mesures réalisées dans le cadre des suivis de la physico-chimie et de la thermie.

Il peut également être utile de prêter attention au degré de colmatage de la frayère qui peut engendrer une mortalité importante des pontes par manque d'oxygène (Ingendahl, 2001; FDPPMA62, 2016).

- **Suivi du colmatage (optionnel)**

- Cas de reconstitution de substrats de ponte

Le degré de colmatage sera déterminé visuellement selon le protocole établi par Archambaud *et al.* (2005) (**Figure 9**) :

Classe 1 =]0-25%[= les éléments se soulèvent facilement, sont posés sur la sous-couche granulométrique et ne génèrent pas de nuage de limon lorsqu'ils sont soulevés.

Classe 2 =]25-50%[= les éléments se soulèvent plus difficilement, sont collés par une sous-couche de limon (avec ou sans dépôt). Le nuage généré est peu dense.

Classe 3 =]50-75%[= les éléments sont légèrement enchâssés et se soulèvent avec un nuage de limon assez épais lorsqu'ils se désolidarisent de la sous-couche.

Classe 4 =]75-90%[= les éléments se soulèvent difficilement et sont très enchâssés ; la structure est enchâssée dans une sous-couche très compacte dont l'emprise est forte sur les éléments. Le nuage de limon produit est épais (accentué ou non par un dépôt de limon).

Classe 5 =]90-100%[= les éléments ne se soulèvent pas (structure cimentée ou sous forme d'un dallage) ou bien sont recouverts d'une épaisse couche de limon (qui est le substrat dominant) et provoque un nuage très épais.

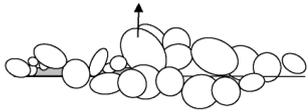
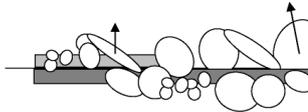
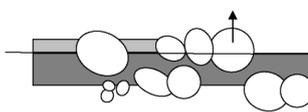
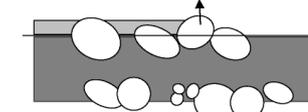
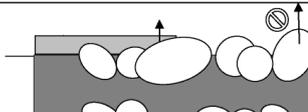
1]0-25 %]	
2]25-50 %]	
3]50-75 %]	
4]75-90 %]	
5]90-100 %]	

Figure 9 : description des classes de colmatage dans le cas d'une reconstitution de substrat de ponte (Schéma et définitions des classes d'après Archambaud *et al.* (2005))

- Cas des frayères artificielles

Dans les cas de suivi de colmatage sur des frayères artificielles la classification pourra être faite en fonction de l'épaisseur de la couche de limon observée et du nuage produit lorsque celle-ci est agitée selon les classes de colmatage proposé par Nemry *et al.* (2007) et Dumonceau and Gilles (2012) (**Figure 10**).

Echelle	Nom	Illustration	Description
0	Colmatage absent		Le substrat est clairement visible et sa couleur n'est pas altérée. L'apparence est identique à celle du substrat après un nettoyage à l'eau sous pression.
1	Colmatage léger		Les dépôts sont peu importants et localisés. La couleur du substrat n'est pas altérée (vert).
2	Colmatage moyen		Le colmatage est généralisé à toute la frayère. La structure du substrat est toujours clairement visible mais sa couleur est modifiée (brun-vert).
3	Colmatage		Le colmatage est généralisé à toute la frayère. La structure du substrat est entièrement recouverte et plus difficile à distinguer.
4	Colmatage fort		Le colmatage est généralisé à toute la frayère. La structure du substrat est totalement recouverte et à peine visible.

Figure 10 : classes de colmatages pour les frayères artificielles (source : Dumonceau and Gilles (2012))

À chaque campagne de terrain, les observations réalisées doivent être renseignées sur la fiche de terrain correspondante.

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : une demi-journée

Mise en œuvre : les observations réalisées sur le terrain devront être saisies sous format csv. Les fichiers de saisie pourront être fournis sur demande (contact : marine.taubat@irstea.fr). Lors de l'analyse des résultats il conviendra de ramener les densités d'œufs mesurées dans ces quadrats aux dimensions de la frayère.

Éléments d'interprétations des données

D'une manière générale, l'étude des données pourra se baser sur les abondances d'œufs observées, sur le nombre d'espèces ayant pondu ainsi que sur le bon déroulement de la phase d'incubation qui pourra être évalué en combinant les résultats des suivi à de ponte à ceux des autres types d'échantillonnages (pêche électrique, pêche par nasses).

L'utilisation de la frayère par les espèces ciblées par la restauration pourra être étudiée plus en détail en considérant la présence ou non de pontes de ces espèces ou encore les densités d'œufs pour chacune de ces espèces.

8.5. Protocole de suivi des macroinvertébrés benthiques

Informations générales

Ce protocole est adapté du protocole test de prélèvement de macroinvertébrés littoraux en plans d'eau naturels et artificiels de grande taille proposé par Dedieu and Vernaux (2017). Il est ajusté ici de manière à être adapté au suivi proposé.

Lors de la mise en place de ce protocole il convient de s'assurer que les substrats échantillonnés sont immergés depuis au moins 4 semaines pour permettre la colonisation par les macroinvertébrés.

Préparation préalable

Matériel : cartographie des habitats littoraux réalisée selon le protocole Charli (Alleaume *et al.*, 2013).

Personnel : 1 personne

Temps : une demi-journée

Mise en œuvre : Afin d'établir le plan d'échantillonnage, la cartographie des habitats littoraux des stations, est utilisée.

Dans le cas de ce protocole, les substrats végétation surplombante, branchages, ligneux émergents, ligneux morts et chevelu racinaire ne sont volontairement pas pris en compte pour l'échantillonnage de macroinvertébrés. L'échantillonnage concerne les substrats et végétaux du **Tableau 10**.

Tableau 10 : substrats et végétaux pris en compte ou non par le protocole

Substrat minéraux et végétaux pris en compte	Substrat végétaux non pris en compte
VA Vase (< 2 µm)	Végétation surplombante
SL Sable, Limon (2 - 2 mm)	Ligneux émergés
GR Gravier (2 mm - 2 cm)	Branchages
GA Galets (2 cm - 20 cm)	Ligneux morts
BD Blocs (> 20 cm) et Dalles	Chevelu racinaire
HE Hélophytes	
LI Litière ou débris organiques grossiers	
HF Hydrophytes flottants	
HI Hydrophytes immergés	
BR Bryophytes	

Les pourcentages de recouvrements (%rec) de la station par les différents substrats sont calculés de la manière suivante :

$$\%rec = [(surface\ du\ substrat\ observé / (surface\ totale\ observée - surface\ des\ substrats\ non\ retenus)] * 100$$

Le plan d'échantillonnage est ensuite établi comme suit :

10 point de prélèvements doivent être définis pour chaque station. Les substrats dont le pourcentage de recouvrement est inférieur à 5 % ne sont pas pris en compte.

Pour les autres, le nombre d'échantillons à prélever (n) est proportionnel à leur recouvrement :

$$n = 10 * (\%rec)$$

- Les nombres décimaux sont arrondis à l'entier le plus proche.
- Les demis sont arrondis à l'entier supérieur pour les substrats dominants (≥ 20 %rec) et à l'entier inférieur pour les substrats marginaux (< 20 %rec).

Il est possible de prédéfinir les emplacements des prélèvements sur les stations à l'aide de la cartographie des habitats littoraux, et d'enregistrer leurs coordonnées sur le GPS de terrain afin de gagner du temps lors de la campagne.

Relevés de terrain

Matériel : haveneau de 300 μm de vide de maille et d'une largeur de base de 25 cm avec un manche d'1 m pouvant être complété d'une rallonge, embarcation, GPS, matériel de conditionnement et de conservation des macroinvertébrés (éthanol à 95%, bidon en plastiques d'1 L à col large ou sacs plastiques doublés), matériel pour l'étiquetage des échantillons, fiche de terrain (**fiche D en annexe 1**).

Personnel : 3 personnes (dont un pilote et 2 préleveurs)

Temps : une demi-journée à une journée selon le plan d'eau

Mise en œuvre : les prélèvements sont réalisés depuis l'embarcation d'un bout à l'autre de la station. Au niveau de chaque point de prélèvement, 3 balayages sont réalisés avec le haveneau. Lors du premier balayage le substrat est mis en suspension par tapotements avec le haveneau, puis la faune est collectée lors des deux autres balayages (un balayage = 40 cm de longueur).

La surface prélevée est alors de 0,1 m².

Pour les substrats végétaux, le balayage est réalisé au niveau de la base pour les héliophytes et les hydrophytes flottantes et, dans la masse de végétation pour les hydrophytes immergées.

Les prélèvements doivent être réalisés entre 50 et 100 cm de profondeur et dans la zone littorale des 10 m, c'est-à-dire dans la zone d'application du protocole de cartographie des habitats littoraux (voir « 8.1. Protocoles de suivi de l'hydromorphologie ») (**Figure 11**)

Si au moment des prélèvements le lac n'est pas à la cote à laquelle a été réalisée la cartographie et/ou si les substrats végétaux ont évolué significativement depuis la réalisation de la cartographie, les opérateurs devront réévaluer les pourcentages de recouvrement visuellement et ajuster le protocole d'échantillonnage.

Chaque prélèvement doit être étiqueté en renseignant, les noms du plan d'eau, la date, le numéro du prélèvement et le substrat prélevé.

Les informations relatives à la campagne de terrain et à chaque point de prélèvement sont à renseigner dans la fiche de terrain.

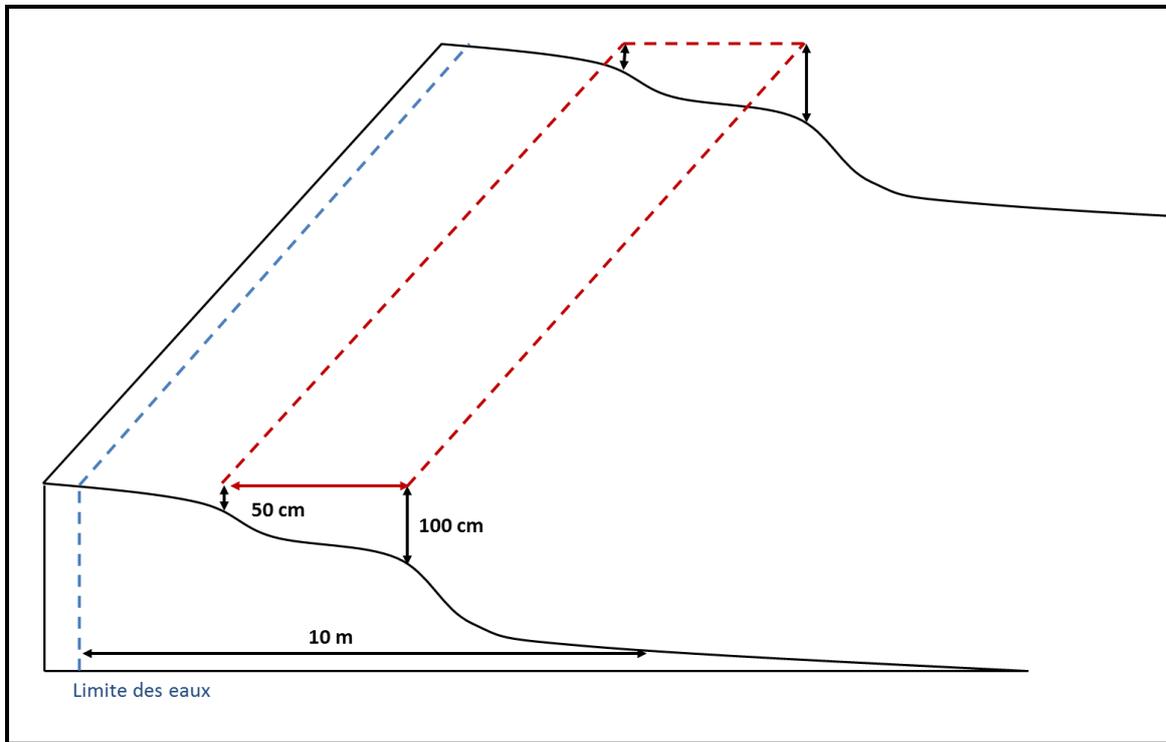


Figure 11 : zone de répartition des points d'échantillonnages des macroinvertébrés benthiques (en rouge sur le schéma)

Cas du suivi des structures artificielles : lorsque les structures mises en place incluent des habitats destinés au développement des macroinvertébrés, et si elles y sont adaptées, 3 points de prélèvements devront être réalisés sur chaque structure en plus de ceux réalisés sur le reste de la station.

La méthode de prélèvement au haveneau n'étant pas adaptée à ce genre de prélèvement il est possible d'utiliser un filet Surber (cadre de 1/20^{ème} m², 500 µm de vide de maille) pour réaliser l'échantillonnage. L'utilisation du filet Surber sera faite en suivant les instructions de la norme NF EN 16150 (AFNOR, 2012).

Pour cela, le filet Surber est placé sur le substrat et celui-ci est remué à la main au milieu du cadre. Le filet est ensuite relevé directement pour récupérer les éléments mis en suspension.

Lorsque le substrat à échantillonner a une taille caractéristique plus grande que le cadre du Surber (blocs, dalles ...), il est frotté à l'aide d'une brosse devant le filet de manière à ce que les organismes soient dirigés dedans.

Lors de prélèvements de macrophytes, ceux compris dans la surface du cadre sont prélevés et rapportés en vue d'examen complémentaires en laboratoire.

Les prélèvements seront ensuite conditionnés de la même manière que ceux réalisés au haveneau.

Tri et identification

Matériel : Colonne de tamis (500 µm, 3 mm), bassines ou bacs de tri, coupelles ou boîtes de pétri (Ø = 10 cm), loupe binoculaire (grossissement X60, X80), compteurs manuels, piluliers, pinces fines, lames et lamelles, liquide de montage (Aquatex), HCl (10%), KOH (10% masse/volume), éthanol 70%, microscope (objectifs conseillés X4, X10, X40, X100 immersion), huile à immersion.

Personnel : 1 spécialiste en détermination des macroinvertébrés

Temps : 15 jours pour 30 prélèvements tous taxons compris (variable selon les densités d'invertébrés présentes)

Mise en œuvre :

- Lavage et tri :

Les échantillons sont rincés sur la colonne de tamis (3 mm et 500 µm). Les refus de tamis les plus grossiers sont placés dans des bacs de tri et triés à vue. Les refus de tamis de 500 µm sont triés sous loupe binoculaire, par petites quantités dans une coupelle striée.

Les individus extraits sont ensuite conservés dans des piluliers avec de l'éthanol à 70% en attendant d'être identifiés.

- Détermination :

Tous les taxons macrobenthiques sont pris en compte à l'exception des Oligochètes (en raison des problèmes liés à leur conservation). Les niveaux de détermination requis sont détaillés dans le **Tableau 11**. La détermination est réalisée à l'aide de l'ouvrage « Invertébrés d'eau douce – Systématique, biologie, écologie » (Tachet *et al.*, 2010) et du site Perla (<http://www.perla.developpement-durable.gouv.fr/>).

Lorsque la taille ou l'état de l'individu ne permettent pas une détermination au niveau requis, les individus sont déterminés à la famille ou définis comme non identifiables.

Il est possible de réaliser une pré-détermination lors de la phase de tri des échantillons. Deux « types » de cas peuvent être distingués (AFNOR, 2009) :

- « Taxon A » : taxons différenciés de manière certaine par l'opérateur au cours du tri aux niveaux systématiques requis (ex. : *Ephemera*, *Caenis*, Hydracarien..). Pour chaque échantillon, une dizaine d'individus de chaque taxon de type A sont extraits puis conservés dans des piluliers avec de l'éthanol (70° min). Le reste des individus est identifié et compté directement au cours du tri.
- « Taxon B » : taxons non différenciables au niveau systématique requis par l'opérateur pendant le tri (ex. : *Baetidae*, Ordre des Trichoptères..). Tous les individus doivent être extraits pour être identifiés ultérieurement. Ils seront ensuite conservés dans des piluliers avec de l'éthanol (70% minimum). Pour ces taxons, un sous échantillonnage peut être réalisé pour gagner du temps. Cela ne s'applique pas aux taxons de type A car ils peuvent être comptés sans forcément être extraits.

Pour les taxons en faible effectif dans l'échantillon (< 200 individus), tous les individus de tous les refus de tamis sont extraits et placés dans un pilulier avec de l'éthanol.

Pour les taxons présentant des effectifs dans l'échantillon supérieurs à 200, un sous échantillonnage est possible. Pour cela, pour chaque refus de tamis (en cas de tri à vue) et chaque coupelle de tri (tri sous loupe binoculaire) il conviendra de noter la fraction d'échantillon dont les individus sont extraits. Une fraction minimale de ¼ est conseillée.

Tous les individus extraits sont déterminés. Si un sous-échantillonnage a été effectué les proportions des différents genres d'une même famille sont reportées sur les effectifs totaux évalués. Le dénombrement final correspond à une densité d'individus par 0,1 m².

Tableau 11: niveaux de détermination des différents taxons

Taxons	Niveau systématique
Plécoptères	Genre
Ephéméroptères	Genre
Trichoptères (sauf <i>Limnephilidae</i>)	Genre
Trichoptères <i>Limnephilidae</i>	Genre / Sous-famille / Tribu selon Tachet et al., 2010
Coléoptères	Genre
Mégaloptères	Genre
Hétéroptères	Genre
Odonates	Genre
Lépidoptères	Famille
Diptères (sauf <i>Chironomidae</i>)	Famille
Diptères <i>Chironomidae</i>	Genre
Crustacés	Genre
Mollusques	Genre
Hirudinés	Genre
Plathelminthes Turbellariés	Genre
Hydracariens	Sous-cohorte
Bryozoaires	Embranchement
Nématodes	Embranchement
Gordiacés	Classe
Hydrozoaires	Classe
Porifères	Embranchement
Némertiens	Embranchement

Cas des *Chironomidae* : la détermination au genre des *Chironomidae* nécessite une préparation et un traitement préalable des individus, puis, une observation des capsules céphaliques au microscope.

- Prétraitement

Les individus sont passés dans une solution de potasse (KOH) à 10% pour dissoudre les éléments musculaires et éclaircir la capsule céphalique. Un premier rinçage des individus est ensuite réalisé à l'eau distillée.

Ils sont ensuite passés dans une solution d'acide chlorhydrique à 10% pendant quelques minutes afin de dissoudre les éventuels cristaux calcaires. Un second rinçage à l'eau distillée est réalisé.

- Montage et détermination

Les individus préalablement traités sont montés entre lames et lamelles dans du liquide de montage (une goutte par individu). Il est préconisé de séparer la capsule céphalique du corps dans le liquide de montage en faisant attention de séparer les parapodes thoraciques. La capsule céphalique doit être disposée de manière à ce que la face ventrale soit face à l'opérateur.

Lors de l'ajout de la lamelle, il convient d'appliquer une légère pression de manière à entraîner l'extension des pièces buccales, facilitant par la suite l'examen des pièces céphaliques.

Les lames sont ensuite laissées à sécher pendant 12 h avant leur observation au microscope.

Pour chaque prélèvement, un maximum de 50 individus est monté et identifié. Si la totalité des *Chironomidae* de l'échantillon est inférieure à 50, tous les individus sont montés et identifiés. Pour leur identification une clé de détermination en français des genres répertoriés en France est mise à disposition des opérateurs (contact : nicolas.dedieu@univ-fcomte.fr) (Dedieu and Vernaux, 2017). D'autres ouvrages de référence sur les *Chironomidae* pourront également être utilisés tel que « Chironomidae of the Holarctic region: keys and diagnoses. Part 1. Larvae » (Wiederholm, 1983).

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : une demi-journée à une journée

Mise en œuvre : les informations concernant les campagnes de prélèvement et l'analyse du peuplement macrobenthique devront être saisies sous format csv. Les fichiers de saisie pourront être fournis sur demande (contact : marine.tauby@irstea.fr).

Éléments d'interprétation des données

Le suivi des communautés macrobenthiques doit prendre en compte l'évolution de l'abondance et de la diversité au niveau de chaque station. Des indices de diversité et d'équitabilité pourront être calculés (ex : indice de Shannon, indice d'équitabilité de Pielou ...)

Dans le cas d'actions visant une amélioration de la qualité de l'habitat il sera possible de s'attendre à observer une augmentation de la diversité et un peuplement plus équilibré, en lien avec une plus grande hétérogénéité en habitat.

Il sera également possible de s'attendre à observer l'installation de taxons inféodés ou sensibles à certains types d'habitats. Par exemple des litophiles, phytophiles ou encore des taxons sensibles au colmatage (dans le cas des actions visant à lutter contre l'érosion).

Dans le cas de la restauration de roselière il conviendra de prêter attention à l'évolution de l'abondance et de la diversité taxonomique générale mais aussi à celles des taxons inféodés à cet habitat (les odonates pour lesquels les végétaux immergés ou émergés représentent des habitats essentiels à leur reproduction, et les trichoptères par exemple).

L'évolution de traits biologiques et écologiques des taxons pourra également être évaluée (Tachet *et al.*, 2010).

8.6. Protocoles de suivi des macrophytes

Ces protocoles présentent deux parties distinctes : l'une sur les macrophytes en général et l'autre qui concerne le cas plus particulier des roselières.

- **Protocole de suivi des macrophytes (général)**

Informations générales

L'application de ce protocole a pour but d'informer sur la diversité taxonomique en macrophytes, leur recouvrement et l'abondance relative des différents groupes.

Ce protocole est basé sur la norme XP T90-328 – Echantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau (AFNOR, 2010). Il est adapté ici de manière à pouvoir être appliqué au niveau des stations d'étude définies dans le cadre du suivi.

Dans le cadre des suivis d'opérations de restauration, le protocole de Jensen préconisé dans la norme pour la définition des unités d'observations ne sera pas mis en place. Une unité d'observation (zone d'étude comprenant un relevé de zone littorale et trois profils perpendiculaires) sera suivie par station.

Limites d'application : ce protocole s'applique uniquement aux plans d'eau douce naturels ou d'origine anthropique et dont l'amplitude de marnage annuelle ne dépasse pas 2 m. Un marnage trop important ne permet généralement pas l'installation d'une végétation pérenne. Dans le cas de ces plans d'eau à fort marnage, se rapporter au cas particulier ci-après.

Préparation préalable

Matériel : cartographie des habitats littoraux (voir « 8.1. Protocoles de suivi de l'hydromorphologie »), documents photographiques

Personnel : 1 personne

Temps : 1 h

Mise en œuvre : à partir de la cartographie réalisée préalablement et, si besoin, de documents photographiques (orthophotographies, photographies aériennes ...), positionner au préalable les unités d'observations.

Il est conseillé de rentrer dans le GPS de terrain les localisations géographiques de ces points de manière à les retrouver plus facilement lors des campagnes de terrain.

Relevés de terrain

Matériel : Embarcation, GPS, disque de Secchi, appareil photo, râteau à manche télescopique¹², grappin (pour les profondeurs > 4 m)¹³, bathyscope, loupe de terrain, sacs ou flacons à col large en matière plastique (à fermeture étanche), piluliers (pour les taxons petits et/ou fragiles), liquide de conservation (alcool, lugol ...), glacières, lunettes polarisantes, fiches de terrain (**fiches de relevé 2 à 5 et de l'annexe D de la norme** (AFNOR, 2010)¹⁴).

Personnel : au moins 3 personnes dont au moins un spécialiste des macrophytes

Temps : 2 à 4 heures par unités d'observation, selon les effectifs disponibles et l'accessibilité des stations

¹² Il est conseillé d'utiliser un râteau d'une longueur de 4 m dont le fer doit être d'une largeur minimale de 30 cm, à dents droites espacées d'environ 2 à 3 cm.

¹³ Le grappin utilisé peut être composé d'un double râteau ou être à crochets multiples.

¹⁴ Il conviendra de préciser dans chaque fiche, en plus des informations demandées, la station considérée.

Mise en œuvre : au niveau de chaque station, une unité d'observation sera suivie. Sur cette unité deux types de relevés sont effectués selon le protocole décrit dans la norme XP T90-328 :

- un relevé de la végétation de la zone littorale permettant de caractériser la végétation se développant à l'interface terre-eau sur 100 m de linéaire et de la limite des plus hautes eaux en rive, jusqu'à 1 m de profondeur ou jusqu'à 10 m de large si la pente des fonds est faible (**Figure 12**).
- des relevés le long de trois profils pour caractériser la végétation en profondeur sous la forme de transects perpendiculaires à la rive (**Figure 13**). La longueur de ces profils est comprise entre 20 m et 100 m et dépendra de la transparence de l'eau (se référer à la norme pour le choix de la longueur des profils).

Les relevés peuvent être effectués à pied ou au moyen d'une embarcation selon les conditions et la caractérisation de la végétation s'y fera selon les préconisations de la norme.

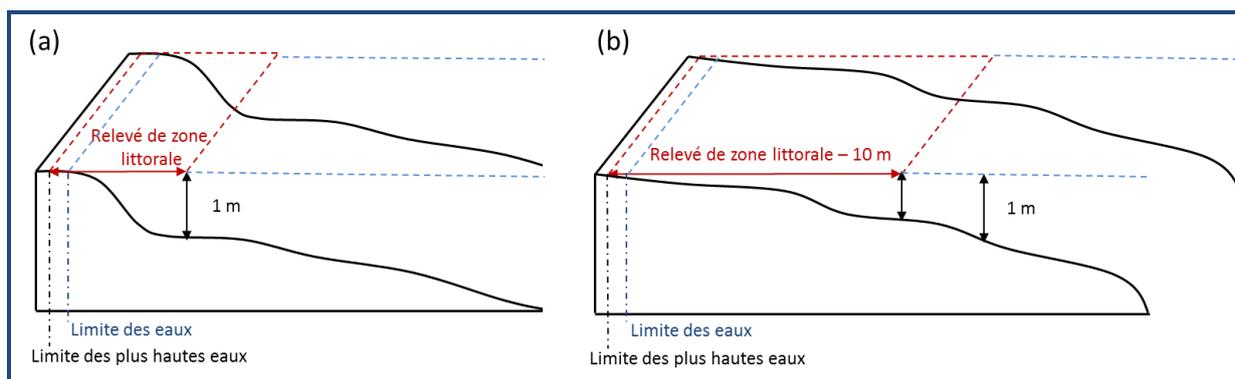


Figure 12 : représentation de la zone de relevé – largeur délimitée par la profondeur (a) et/ou la distance à la berge (b) (Schéma C.Marchand, Irstea)

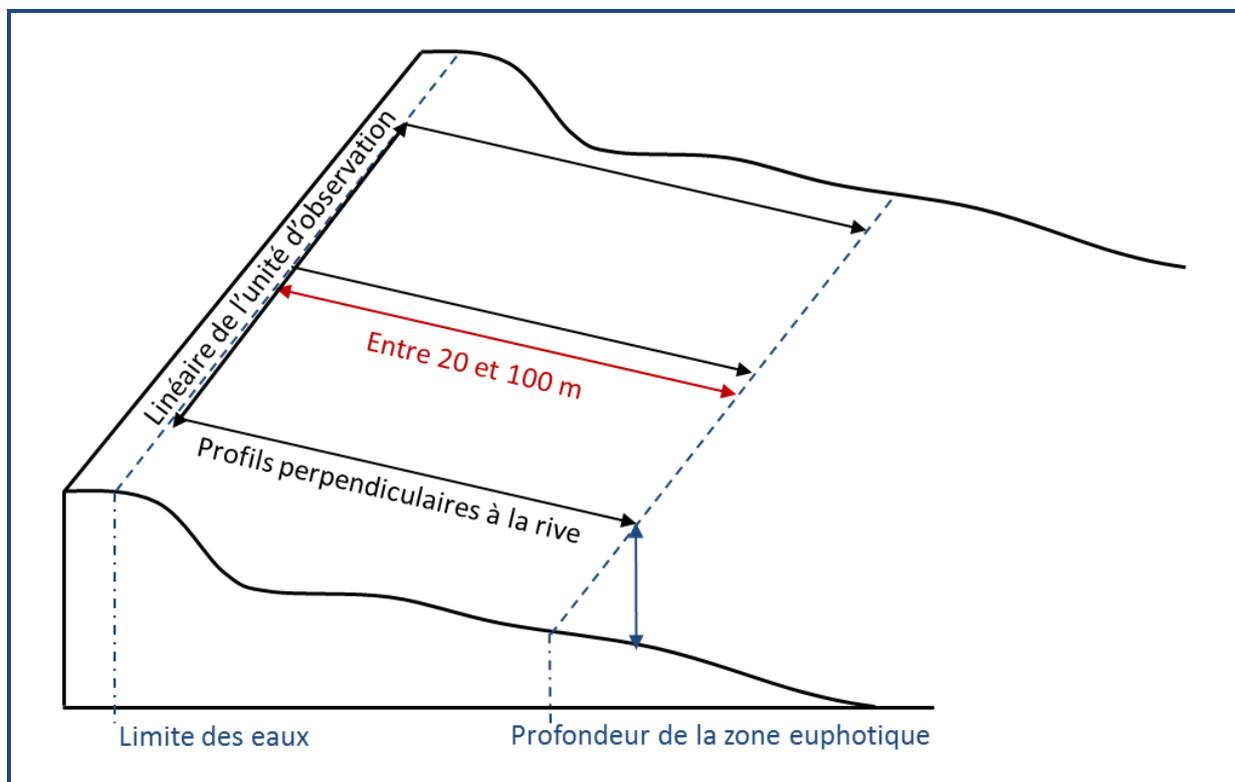


Figure 13 : représentation des profils perpendiculaires à la rive sur le linéaire de la station (Schéma : C. Marchand, M. Taubat, Irstea)

Les taxons qui n'ont pas pu être déterminés sur le terrain seront conditionnés selon les préconisations de la norme pour être déterminés ultérieurement en laboratoire.

Lors de chaque campagne, les informations récoltées doivent être renseignées sur les fiches de terrain correspondantes.

Cas du suivi de structures artificielles : dans le cas de suivi de radeau ou d'îlots végétalisés une identification des taxons qui se développent sur la structure ainsi qu'une estimation de leur recouvrement sur la surface de la structure doivent être réalisés.

Cas des plans d'eau dont l'amplitude de marnage est de plus de 2 m : le suivi des macrophytes sera réalisé d'après le protocole « Echantillonnage des communautés de macrophytes des plans d'eau marnants » (Dutartre and Bertrin, 2012).

Détermination en laboratoire

Cette phase concerne les taxons qui n'ont pas pu être identifiés sur le terrain et ceux dont la détermination nécessite du matériel de laboratoire (loupe, microscope, réactifs ...).

Matériel : loupe binoculaire, microscope optique, petit matériel (pince, scalpel, lames, lamelles, coupelles,...), réactifs (lugol par exemple), ouvrages de détermination taxonomique.

Personnel : 1 spécialiste de la détermination des macrophytes

Temps : très variable selon le nombre d'échantillons et leur systématique, prévoir au minimum une journée par station

Mise en œuvre : pour connaître les ouvrages de référence préconisés se référer à la norme XP T90-328 (AFNOR 2010). L'identification doit être réalisée en suivant les pratiques et impératifs associés à chaque groupe floristique. Ces préconisations sont généralement détaillées dans les ouvrages et guides de détermination.

Lorsque cela est jugé nécessaire (groupes de taxonomie délicate, compétences ou expérience insuffisantes de l'opérateur...), le recours à des experts doit être systématiquement prévu (par exemple le groupement d'intérêt scientifique (GIS) macrophytes des eaux continentales).

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps: une demi-journée à une journée

Mise en œuvre : les données concernant les communautés de macrophytes devront être renseignées sous format Excel d'après le modèle proposé dans le formulaire de saisie mis à disposition par l'Irstea (l'opérateur pourra télécharger le formulaire en ligne à l'adresse suivante : <https://hydrobio-dce.irstea.fr/telecharger/macrophytes-plans-deau/>).

Éléments d'interprétation des données

L'analyse des communautés de macrophytes sur la chronique reposera sur l'étude de l'évolution de la diversité taxonomique et du recouvrement des différentes espèces.

Les changements en termes d'abondance relative des différents groupes taxonomiques (algues, bryophytes, phanérogames, ptéridophytes) pourront être étudiés. Certains sont notamment révélateurs d'un milieu instable (algues) ou plus stable (phanérogames, bryophytes).

Toutefois, le caractère pionnier des algues entraîne souvent un fort recouvrement algal les premiers temps post-restauration. Cette phase transitoire ne traduit pas forcément un dysfonctionnement du milieu.

À l'échelle spécifique, la présence de taxons d'intérêt patrimonial et/ou représentatifs d'habitat d'intérêt patrimonial, ou au contraire, d'espèces exotiques envahissantes devra être étudiée.

Dans le cas d'une restauration de roselière, l'attention pourra être portée sur la diversité des hélophytes qui sont développés et sur le cortège de taxons accompagnateurs.

Dans le cas d'une restauration visant une amélioration de la qualité de l'eau, l'apparition de taxons plus sensibles à la trophie et/ou la disparition de taxons eutrophes pourra être attendue. D'autre part, ces actions de restauration pourront engendrer une diminution des recouvrements algaux (de type vauchérie, mélosire ...).

Dans le cas d'une restauration de niveau d'eau, l'installation d'une flore plus pérenne que celle observée avant les travaux pourra être attendue.

Dans le cas d'une restauration visant une diminution de l'érosion des berges, il sera possible de chercher la présence de taxons sensibles à la turbidité de l'eau.

- **Protocole de suivi des roselières**

Informations générales

Ce protocole est basé sur le protocole de caractérisation et de suivi de l'évolution des roselières développé par le groupe de travail Rézo du Rozo (partenariat Réserves naturelles de France et Tour du Valat) (Thibault and Mauchamp, 2004; Anglade-Garnier, 2014). Des adaptations sont apportées principalement du fait de l'accès aux roselières potentiellement difficile en plan d'eau.

Ce protocole permet de suivre l'évolution de l'habitat et de caractériser l'impact de la restauration sur les roselières. Il porte uniquement sur le suivi des roselières à *Phragmites australis* (**Figure 14**).

Dans le cadre de ce guide, le suivi piézométrique et le suivi de la physico-chimie tels qu'ils sont préconisés dans le protocole ne seront pas mis en place.



- Plante vivace (1 à 4 m), glabrescente, rhizomes longuement rampants
- tiges non ligneuses, épaisses, fragiles
- feuilles grandes, larges (1 à 3 cm), rudes aux bords, à ligule formée d'une rangée de poils courts égaux
- panicule longue (10 à 30 cm), dense, raide, dressée, brun violacé, roussâtre ou noirâtre
- épillets longs (10 à 12 mm) à 2-7 fleurs
- glumes inégales, l'inférieure de moitié plus courte, entière, lancéolée-aiguë, glabres et plus courtes que les fleurs
- glumelle inférieure acuminée, glabre.

Figure 14 : exemple de roselière à *Phragmites australis* (photographie : J. Dublon - Irstea ; source des éléments de description : <https://www.tela-botanica.org/>)

Préparation préalable

Matériel : cartographie des habitats littoraux (voir « 8.1. Protocoles de suivi de l'hydromorphologie », documents photographiques (BD ortho de l'IGN, images Google map...).

Personnel : 1 personne

Temps : 2 à 4 h

Mise en œuvre : il s'agit de localiser les patches de roselières à l'aide de la cartographie réalisée préalablement. Cette étape peut être complétée par photo interprétation d'images récentes. Lorsque cela est possible, l'opérateur peut définir à l'avance le secteur dans lequel seront réalisées les observations et/ou les points de relevés. Le positionnement des transects au sein des stations est réalisé en fonction de plusieurs critères tels que l'accessibilité ou encore l'homogénéité de la zone de roselière, et peut nécessiter une visite de terrain préliminaire en plus de l'utilisation de la cartographie et d'éléments photographiques.

Plusieurs possibilités de positionnement des transects peuvent être envisagées. La solution retenue dépendra de l'accessibilité et/ou des objectifs de la restauration (**Figure 15**) :

- 1 seul transect de 150 m côté terre dans la roselière (ou en bordure selon l'accessibilité),
- 1 seul transect de 150 m côté eau à réaliser à pied ou en bateau,
- 2 transects de 75 m de chaque côté de la roselière (un côté terre et un côté eau).

Relevés de terrain

Matériel : mètre ruban de 30 à 50 m, quadrat de 25 cm de côté, tige de 2 m graduée tous les 10 cm, pied à coulisse, boussole, GPS, matériel de prise de note, fiche de terrain (**fiche E en annexe 1**).

Personnel : 2 personnes dont 1 botaniste

Temps : ¼ à ½ journée par transect à deux personnes selon les densités de roseaux.

Mise en œuvre : en premier lieu, il est nécessaire de délimiter le contour de la roselière concernée par le biais de points ou de tracés GPS. Ensuite, soit un transect est défini au sein de la roselière, soit l'échantillonnage est effectué en bordure selon l'accessibilité de l'intérieur de la roselière. Au niveau de ce transect/bordure, des quadrats de 25 cm de côté, espacés de 5 m, sont échantillonnés. Lorsque la longueur de la roselière le permet, 30 quadrats sont échantillonnés. Si la roselière est peu étendue, il est possible de réduire la distance inter-quadrat à 2 m.

Sur chaque quadrat sont réalisées les mesures suivantes :

- Comptage du nombre de tiges vertes (année n)¹⁵
- Comptage du nombre de tiges sèches (année n-)
- Comptage du nombre de tiges fleuries (année n)
- Mesure de la hauteur de la tige la plus haute
- Mesure de la hauteur et du diamètre de la tige verte la plus en bas à droite du quadrat
- Mesure de la hauteur d'eau à partir du fond

Remarque : les dénombrements de tiges fleuries et les mesures de diamètre doivent être faites sur des tiges de l'année (tiges vertes).

Les données sont à renseigner sur la fiche de terrain correspondante. Les points GPS des différents quadrats doivent également y être notés de manière à réaliser un transect le plus similaire possible durant chaque année de suivi.

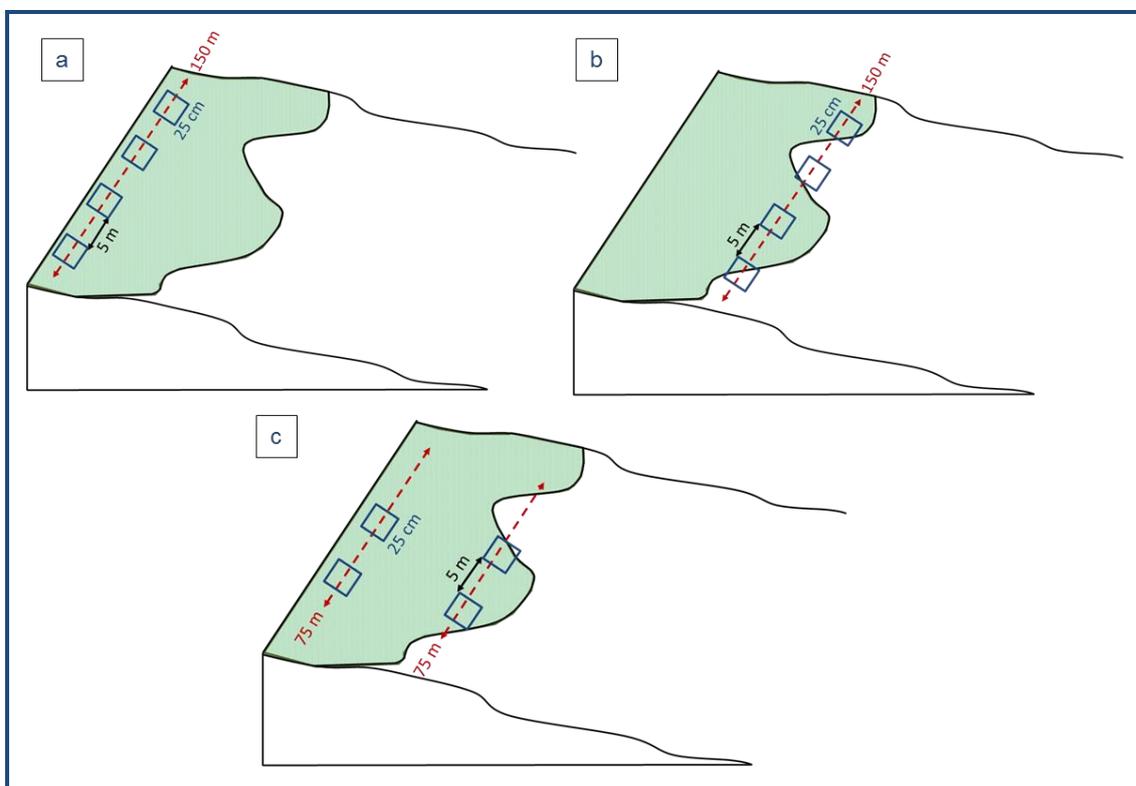


Figure 15 : représentation des transects et des quadrats positionnés côté terre (a), côté eau (b) et des deux côtés (c)

¹⁵ Il arrive que les tiges de l'année apparaissent déjà sèches, elles sont néanmoins reconnaissables en regardant la tige à la base d'un entrenœud qui apparaîtra vert.

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : une demi-journée

Mise en œuvre : les données concernant les roselières devront être renseignées sous format csv. Les fichiers de saisie pourront être fournis sur demande (contact : marine.taubat@irstea.fr).

8.7. Protocole de suivi photographique

Informations générales

Il s'agit de réaliser plusieurs photographies à partir d'un ou plusieurs points de prise de vue, de manière à couvrir l'ensemble de la zone restaurée et la totalité du linéaire de la station pour les stations témoins.

Le protocole de suivi photographique proposé est adapté de celui proposé dans le cadre du Suivi Scientifique Minimal (SSM) pour la restauration hydromorphologique en cours d'eau (Rolan-Meynard *et al.*, 2018). Ce protocole a pour objectif de standardiser les prises de vues photographiques et de permettre une comparaison entre les campagnes afin de pouvoir observer l'évolution d'éléments morphologiques ou encore le développement de la végétation au niveau d'une station.

Précisions concernant les échelles de suivi

Cas des actions visant une portion du littoral : dans le cas d'actions visant une portion du littoral du plan d'eau, deux échelles spatiales devront être suivies selon la station considérée :

- l'échelle stationnelle : au niveau des stations témoins altérée et non altérée le suivi sera appliqué au linéaire des stations uniquement.
- l'échelle du linéaire restauré : le suivi photographique ne devra pas se limiter au linéaire de la station mais être appliqué à l'intégralité du linéaire restauré.

Remarque : si le linéaire restauré est de longueur trop importante, il conviendra de réaliser au minimum des clichés aux deux extrémités et au centre de la zone.

Cas des structures artificielles : dans le cas des structures artificielles, le suivi photographique devra couvrir le linéaire des trois stations ainsi que les structures mises en place.

Cas des actions visant le plan d'eau en entier : lors d'actions visant le plan d'eau en entier le suivi de la totalité de la zone de berge impactée par la restauration serait trop lourd. Le protocole sera donc appliqué au niveau des trois stations d'étude. Il sera mis en place de manière à suivre la totalité du linéaire des stations.

Relevés de terrain

Matériel : Embarcation, un ou plusieurs appareils photos, GPS (ou appareils photos avec GPS intégré), chargeurs, boussole, fiche de terrain (**fiche G en annexe 1**).

Les caractéristiques recommandées pour le ou les appareils photographiques sont les suivantes :

- permettre de générer des fichiers numériques si possible de qualité haute définition (définition d'au moins 10 Mpix) avec une bonne résolution (environ 300 dpi) ;
- permettre de générer des fichiers bruts, pour permettre le traitement des photos par la suite (correction des erreurs, variations d'exposition limitantes pour la comparaison de plusieurs campagnes...). Un double enregistrement raw/jpeg ou raw/tiff est conseillé, pour assurer la compatibilité avec les logiciels de traitement d'image ;
- posséder des focales fixes ou variables permettant de couvrir les besoins du suivi (plan très large, large, serré). Les focales donnant des images les plus proches de la vision humaine, de 35-50 mm, seront à privilégier ;
- si possible posséder un GPS embarqué (Sinon utiliser un GPS en parallèle).

Personnel : 2 personnes (dont 1 pilote et 1 photographe)

Temps : 30 minutes par station

Mise en œuvre : lors de l'état initial, les premières prises de vue sont réalisées à partir de l'embarcation au niveau d'un ou plusieurs points de manière à couvrir l'ensemble de la zone restaurée et/ou de la station. Au moins 3 clichés seront réalisés : un cliché à chaque extrémité de la station (depuis la limite vers la station), et un cliché au centre de la station (depuis le plan d'eau). Idem pour le linéaire restauré dans sa globalité.

Des clichés spécifiques pour le suivi d'éléments hydromorphologiques (encoches d'érosion) ou d'habitats (développement de la roselière) seront également réalisés le cas échéant.

Pour chaque point de prise de vue, il convient de noter les coordonnées GPS du point et de noter, pour chaque cliché, des points de repère visuels fixes qui permettront de prendre les mêmes photographies à chaque année de suivi (il peut être utile de mettre des repères visuels en berges tels que des marquages au niveau de troncs d'arbres ou encore des piquets en bambou). Pour cela les informations devront être renseignées dans la fiche de terrain.

Par temps ensoleillé, l'utilisation d'un pare-soleil est très fortement recommandée et indispensable pour les objectifs « grand-angle ».

Un suivi photographique pendant les travaux peut également être mené, notamment sur le linéaire restauré.

Pour les campagnes de suivi suivantes il conviendra de réaliser autant que possible les prises dans des conditions similaires (angle de vue, localisation, conditions météorologiques, conditions d'éclairage) et de conserver les mêmes conditions techniques (emplacement de l'appareil, focale, angle et champ de la prise de vue). La fiche terrain devra également être remplie à chaque campagne de suivi après travaux.

Bancarisation et traitement des données

Matériel : ordinateur

Personnel : 1 personne

Temps : une demi-journée

Mise en œuvre : au retour de la campagne de terrain, il est important d'identifier les photos rapidement.

Lors de la campagne de suivi photographique initial un carnet de suivi photographique devra être réalisé. Il devra comprendre :

- une cartographie permettant d'identifier et de visualiser pour chaque station les différents points de prise de vue. Cette dernière peut être réalisée sur Géoportail ou à l'aide d'un logiciel (SIG),
- nom du plan d'eau, date, opérateur, conditions météo,
- numéro du point de prise de vue - numéro du cliché,
- coordonnées GPS, heure de prise de vue, orientation (N, S, E, O)
- critères suivis : érosion des berges, développement de la roselière ...

Eléments d'interprétations des données

L'analyse des prises de vue pourra permettre de suivre l'évolution des composantes hydromorphologiques et d'habitat des zones d'études tout au long du suivi.

Selon le type d'action mise en place il sera possible de s'attendre à différents changements tels que :

- une réduction de l'érosion,
- une évolution dans le développement de la roselière et/ou de la ripisylve,
- une augmentation de l'hétérogénéité habitationnelle,
- une diminution des pressions anthropiques,
- le suivi photographique permettra également de suivre à l'échelle du paysage le résultat de l'action de restauration, le développement du nouveau milieu ainsi que sa stabilisation.

9. Glossaire

Affluent : cours d'eau qui alimente un plan d'eau, aussi appelé tributaire.

Beine lacustre : zone du lac qui s'étend du rivage vers le large (jusqu'à la rupture de pente), formant une terrasse littorale immergée à faible pente. (source : <http://sierm.eaurmc.fr/qualiteeaux/qualite-eau/Glossaire.html>)

Dimictique : les plans d'eau dimictiques connaissent deux brassages par an

Emissaire (ou exutoire) : cours d'eau qui constitue le déversoir, naturel ou non, d'un plan d'eau.

Gravière : plan d'eau d'origine artificielle créé par extraction de granulats et alimenté principalement par la nappe phréatique. (source : <http://www.sandre.eaufrance.fr/>)

Holomictique : les plans d'eau holomictiques sont des plans d'eau dont les eaux se mélangent au moins une fois par an.

Linéaire restauré : linéaire de la portion de littoral concerné par l'action de restauration.

Macroinvertébrés benthiques ou macrofaune benthique : organismes invertébrés visibles à l'œil nu (c'est-à-dire de taille supérieure à 0,5 mm) dont une partie au moins du cycle biologique est aquatique, et qui vivent sur les fond des milieux aquatiques (source : http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DRACAL/Infodoc/ged/viewportalpublished.ashx?eid=IFD_FICJOINT_0011957&search=).

Macrophytes : végétaux aquatiques ou amphibies visibles à l'œil nu, ou formant habituellement des colonies visibles à l'œil nu (ex : algues filamenteuses), comprenant des phanérogames, des ptéridophytes, des bryophytes, des lichens, des algues, et par extension, certaines cyanobactéries et organismes hétérotrophes (bactéries et champignons) (AFNOR, 2010).

Méromictique : les plans méromictique sont des plans d'eau dont les eaux se mélangent moins d'une fois par an.

Monomictique : les lacs monomictiques connaissent un brassage de leurs eaux par an.

Polymictique : les plans d'eau polymictiques ont une stratification thermique estivale instable facilement détruite par le vent. Il s'y produit donc constamment une circulation verticale des eaux.

Régime de mélange : le régime de mélange fait référence au type de brassage observé dans le plan d'eau (monomictique, dimictique, holomictique, méromictique, polymictique).

Retenue : plan d'eau artificiel obtenu par mise en place d'un barrage sur un cours d'eau, généralement profond et à vocation spécifique : hydroélectricité, soutien des étiages, irrigation, alimentation en eau potable. Les retenues peuvent présenter des caractéristiques de stratification thermique (voir définition ci-après) et de développement de la végétation s'apparentant à celle d'un lac ou d'un étang. (source : <http://www.sandre.eaufrance.fr/>)

Retenue collinaire : plan d'eau artificiel captant les eaux pluviales, les eaux de ruissellement, sans restitution immédiate.

Services écosystémiques : les services écosystémiques sont définis comme étant les biens et services que les hommes tirent des écosystèmes pour assurer leur bien-être. Ces services peuvent être de soutien (cycle de l'eau, formation des sols, conservation de la biodiversité ...), d'approvisionnement (alimentation, eau, combustibles, ressources biochimiques et pharmaceutiques ...), de régulation (du climat, de la qualité de l'air, des flux hydriques...) et culturels (valeurs esthétiques, récréation et écotourisme ...) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Station : portion de linéaire de berge sur laquelle est réalisé le suivi.

Stratification thermique : division, stratification verticale d'un plan d'eau en couches horizontales de différentes températures et densités, suite au développement d'une thermocline (source : <https://www.aquaportail.com/definition-6829-stratification-thermique.html>).

Thermocline : une thermocline correspond à une zone d'un plan d'eau thermiquement stratifié située sous la couche de surface, où le gradient de température augmente abruptement, c'est-à-dire où la température diminue rapidement avec l'augmentation de la profondeur. (source : <https://www.aquaportail.com/definition-1067-thermocline.html>).

10. Bibliographie

- AFNOR, 2003. Qualité de l'eau - Echantillonnage des poissons à l'électricité. NF EN 14011. T 90-358.
- AFNOR, 2009. Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macroinvertébrés aquatiques continentaux. Rapport de l'Association Française de Normalisation T95F.
- AFNOR, 2010. Echantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau. XP T90-328.
- AFNOR, 2012. Qualité de l'eau - Lignes directrices pour l'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques en cours d'eau peu profonds au prorata des surfaces de recouvrement des habitats présents. NF EN 16150.
- AFNOR, 2013. Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : Conservation et manipulation des échantillons d'eau. NF EN ISO 5667-3. .
- AFNOR, 2015. Contrôle qualité — Contrôle qualité pour l'échantillonnage et la conservation des eaux. NF T 90-524. .
- AFNOR, 2016. Qualité de l'eau - Qualité des milieux - Caractérisation des habitats des rives et du littoral des plans d'eau. XP T90-718
- Alleaume, S., Argillier, C., 2012. Corila : Corridors Rivulaires Lacustres (version 2012). Pôle Onema-Irstea, p. 22.
- Alleaume, S., Lanoiselée, C., Argillier, C., 2012a. AlBer : Protocole de caractérisation des Altérations des Berges (version 2012). Irstea, Aix-en-Provence, p. 30.
- Alleaume, S., Lanoiselée, C., Heyd, C., Argillier, C., 2013. Charli : Protocole de Caractérisation des HABitats des Rives et du Littoral (version 2012). Irstea, Aix-en-Provence, p. 30.
- Anglade-Garnier, J., 2014. Rézo du Rozo. Réserves naturelles de France.
- Archambaud, G., Giordano, L., Dumont, B., 2005. Description du substrat minéral et du colmatage. Aix en Provence, Cemagref - UR Hydrobiologie. p. 7.
- Belliard, J., Ditché, J.M., Roset, N., Dembski, S., 2012. Guide pratique de mise en oeuvre des opérations de pêche à l'électricité - Dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons. Onema, p. 31.
- Brauns, M., Garcia, X.F., Waltz, N., Pusch, M.T., 2007. Effect of human shoreline development on littoral macroinvertebrates in lowland lakes. *Journal of Applied Ecology* 44, 1138-1144.
- Commission Européenne, 2000. Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. *Journal officiel des Communautés européennes*, p. 72.
- Dedieu, N., Vernaux, V., 2017. Développement d'un Indice Macroinvertébrés Lacustre DCE Français, Appui scientifique à la Mise en oeuvre de Directive Cadre Européenne sur l'eau 2017-2020 - Annexe technique : protocole test (Non publié). p. 14.
- Dumonceau, F., Gilles, J., 2012. Projet d'optimisation de l'efficacité des frayères artificielles flottantes et mise en place d'actions complémentaires visant à assurer le recrutement des poissons phytophiles dans les lacs de l'Eau d'Heure - Rapport final. Wallonie ; Maison wallonne de la pêche, p. 140.
- Dutartre, A., Bertrin, V., 2012. Echantillonnage des communautés de macrophytes des plans d'eau marnants Irstea -REBX - Janvier 2012 - Version 1. p. 4.
- Elie, P., Girard, P., 2014. L'état de santé des poissons sauvages : les Codes pathologie, un outil d'évaluation, Association Santé Poissons Sauvage, p. 286.

- FDPPMA62, 2016. Test d'une étude d'évaluation de la fonctionnalité des frayères à salmonidés par suivi de la "Survie Sous Gravier". p. 29.
- Ingendahl, D., 2001. Dissolved oxygen concentration and emergence of sea trout fry from natural redds in tributaries of the River Rhine. *Journal of Fish Biology* 58, 325-341.
- Keith, P., Persat, H., Feunteun, E., Allardi, J., 2011. Les poissons d'eau douce de France. Coédition Biotope. p. 552.
- Lepot, B., 2016. AQUAREF - Opérations d'échantillonnage d'eau en plan d'eau dans le cadre des programmes de surveillance DCE - Recommandations techniques – Edition 2016. p. 27.
- Liu, X., Teubner, K., Chen, Y., 2016. Water quality characteristics of Poyang Lake, China, in response to changes in the water level. *Hydrology Research* 47, 238-248.
- Marchand, C., Dublon, J., Westrelin, S., Baudoin, J.M., Raymond, J.-C., 2017. Techniques de restauration hydromorphologique des plans d'eau et méthodes de suivi - Synthèse bibliographique - Création d'un réseau de sites pilotes - Rapport intermédiaire. Pôle Onema-Irstea "Hydroécologie des plans d'eau", p. 72.
- Marchetti, Z.Y., Scarabotti, P.A., 2016. Macrophytes assemblages in relations to environmental, temporal and spatial variations in lakes of a subtropical floodplain-river system, Argentina. *Flora* 225, 82-91.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and human Well-being : Synthesis*. Island Press Washington, DC. p. 115.
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2006. Circulaire DCE 2006/16 du 13 juillet 2006 relative à la constitution et la mise en oeuvre du programme de surveillance pour les eaux douces de surface en application de la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 du Parlement et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. p. 38.
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2005. Circulaire_DCE n°2005-12 du 28 juillet 2005 relative à la définition du "bon état" et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface.
- Ministère de la transition écologique et solidaire, 2018. Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement. p. 76.
- Nemry, A., Bes, M., X., R., 2007. Projet d'implantation de frayères artificielles flottantes dans les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille pour favoriser la reproduction des poissons phytophiles - Rapport final. Maison wallonne de la pêche. p. 130.
- Rebière, D., Danis, P.A., 2015. Réseau de suivi pérenne de la température des plans d'eau à l'échelle nationale. p. 41.
- Rebière, D., Peroux, T., Dublon, J., Danis, P.A., 2015. Guide méthodologique : Protocole pour la réalisation de dispositifs de suivi pérenne de la température en plans d'eau-Guide méthodologique et scientifique-. p. 87.
- Reynaud, A., Lanzasova, D., 2017. A Global Meta-Analysis of the Value of the Ecosystem Services Provided by Lakes. *Ecological Economics* 137, 184-194.
- Rolan-Meynard, M., Vivier, A., Reyjol, Y., Melun, G., Bouter-Berry, L., Bouchard, J., Mangeot, P., 2018. Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration en cours d'eau (Non publié). p. 174.
- S.T.E. Sciences et Techniques de l'Environnement, 2012. Synthèse des retours d'expériences des projets de restauration mis en oeuvre sur les plans d'eau des bassins Rhône Méditerranée et Corse - Rapport final (phase 3) Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse - AERMC ; Sciences et Techniques de l'Environnement - S.T.E., p. 152.

- Society for Ecological Restoration, 2004. L'ABCDAire sur l'écologie de la restauration de la SER internationale p. 15.
- Stewart-Oaten, A., Murdoch, W.W., Parker, K.R., 1986. Environmental Impact Assessment: "Pseudoreplication" in Time ?. Ecology 67, 929-940.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., Usseglio-Polatera, P., 2010. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie., p. 600.
- Teletchea, F., Fostier, A., Kamler, E., Gardeur, J., Le Bail, P., Jalabert, B., Fontaine, P., 2009. Comparative analysis of reproductive traits in 65 freshwater fish species: application to the domestication of new fish species. Reviews in Fish Biology and Fisheries 19, 403-430.
- Thibault, M., Mauchamp, A., 2004. Espaces naturels - Le Rézo du Rozo.
- Tissot, L., Souchon, Y., 2008. Etat des connaissances sur les préférences thermiques des principales espèces de poissons des eaux continentales françaises. EDF, Laboratoire national d'hydrologie et environnement gestion hydro-environnementales des ouvrages, p. 40.
- Tolonen, K.T., Hamalainen, H., 2010. Comparison of sampling methods and habitat types for detecting impacts on lake littoral macroinvertebrate assemblages along a gradient of human disturbance. Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie 176, 43-59.
- Trial, P.F., Gelwick, F.P., Webb, M.A., 2001. Effects of Shoreline Urbanization on Littoral Fish Assemblages. Journal of Lake Reservoir Management 17, 127-138.
- Vergon, J.J., Bourgeois, C., 1993. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises (N°10). Bulletin mensuel de la société linnéenne de Lyon 62, 101-132.
- Verneaux, V., Verneaux, J., Schmitt, A., Lovy, C., Lambert, J.C., 2004. The Lake Biotic Index (LBI): an applied method for assessing the biological quality of lakes using macrobenthos; the Lake Châlain (French Jura) as an example. Annales de Limnologie 40, 1-9.
- Wantzen, K.M., Rothhaupt, K.O., Mörtl, M., Cantonati, M., G.-Tóth, L., Fischer, P., 2008. Ecological effects of water-level fluctuations in lakes: An urgent issue. Hydrobiologia 613, 1-4.
- Wiederholm, T., 1983. Chironomidae of Holartic region: keys and diagnoses. Part 1. Larvae. p. 457.

11. Tables des illustrations

11.1. Table des figures

Figure 1 : schéma de principe pour le positionnement des prélèvements et mesures biologiques et physico-chimiques	9
Figure 2 : représentation de la portion de zone littorale à cartographier – largeur délimitée par la profondeur (a) et/ou la distance à la berge (b), d'après Alleaume <i>et al.</i> (2013).....	17
Figure 3 : exemple d'échelle limnimétrique (photographie : J. Dublon)	21
Figure 4 : valeurs à noter pour calculer l'altitude du capteur de pression en mNGF (Schéma :Rebière <i>et al.</i> (2015))	22
Figure 5 : localisation du point d'échantillonnage pour l'analyse des paramètres physico-chimiques .	24
Figure 6 : pêche électrique en plan d'eau, prospection (a) à pied et biométrie (b) (ici, mesure de la taille) (Photographies : J. Dublon)	31
Figure 7 : zones prospectées au sein desquelles seront localisés les points d'échantillonnage de pêche électrique	32
Figure 8 : nasse à Vairon (source : https://www.pecheur.com/)	33
Figure 9 : description des classes de colmatage dans le cas d'une reconstitution de substrat de ponton (Schéma et définitions des classes d'après Archambaud <i>et al.</i> (2005))	36
Figure 10 : classes de colmatages pour les frayères artificielles (source : Dumonceau and Gilles (2012))	37
Figure 11 : zone de répartition des points d'échantillonnages des macroinvertébrés benthiques (en rouge sur le schéma).....	41
Figure 12 : représentation de la zone de relevé – largeur délimitée par la profondeur (a) et/ou la distance à la berge (b) (<i>Schéma C.Marchand, Irstea</i>)	46
Figure 13 : représentation des profils perpendiculaires à la rive sur le linéaire de la station (<i>Schéma : C. Marchand, M. Taubat, Irstea</i>).....	46
Figure 14 : exemple de roselière à <i>Phragmites australis</i> (photographie : J. Dublon - Irstea ; source des éléments de description : https://www.tela-botanica.org/).....	49
Figure 15 : représentation des transects et des quadrats positionnés côté terre (a), côté eau (b) et des deux côtés (c)	50

11.2. Table des tableaux

Tableau 1 : description des actions concernées par le guide. L'ampleur minimale est exprimée en pourcentage du linéaire de berge. NA : aucun critère d'ampleur minimale	3
Tableau 2 : mise en œuvre des échantillonnages en fonction des éléments suivis	8
Tableau 3 : chronologie générale des suivis	10
Tableau 4 : chronologie générale du suivi des restaurations ou créations de frayères.....	11
Tableau 5 : chronologie annuelle des suivis	12
Tableau 6 : exemples d'objectifs pour les différents types d'actions	14
Tableau 7 : compartiments à suivre en fonction des objectifs de l'action (x : Optionnel X : Obligatoire)	15
Tableau 8 : liste des composantes d'habitat par thématique d'après la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016).....	18
Tableau 9 : données de la littérature concernant la période d'incubation de plusieurs espèces de poissons lacustres (degrés-jour : durée d'incubation des œufs en fonction de la température de l'eau)	35
Tableau 10 : substrats et végétaux pris en compte ou non par le protocole	39
Tableau 11: niveaux de détermination des différents taxons.....	43
Tableau 12 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une restauration des fluctuations de niveaux d'eau	76
Tableau 13 : chronologie générale des suivis de restaurations de fluctuations de niveaux d'eau	77
Tableau 14 : chronologie annuelle des suivis de restaurations de fluctuation de niveaux d'eau	77
Tableau 15: éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'un reprofilage de berge.....	79
Tableau 16 : chronologie générale des suivis de reprofilage de berge	80
Tableau 17 : chronologie annuelle des suivis de reprofilage de berge.....	80
Tableau 18 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une restauration de ripisylve.....	82
Tableau 19 : chronologie générale des suivis de restauration de ripisylve.....	83
Tableau 20 : chronologie annuelle des suivis de restauration de ripisylve	83

Tableau 21 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une restauration/protection de roselières	85
Tableau 22 : chronologie générale des suivis de restauration/protection de roselières	86
Tableau 23 : chronologie annuelle des suivis de restauration/protection de roselières	86
Tableau 24 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une diversification d'habitats hors berges	88
Tableau 25 : chronologie générale des suivis de diversification d'habitats hors berge	89
Tableau 26 : chronologie annuelle des suivis de diversification d'habitats hors berge.....	89
Tableau 27 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une restauration/création de frayère	91
Tableau 28 : chronologie générale des suivis de restauration/création de frayère.....	92
Tableau 29 : chronologie annuelle des suivis de restauration/création de frayère	92

12. Annexes

Annexe 1 : Modèles de fiches de terrain

Précisions concernant l'utilisation des fiches :

L'opérateur de terrain devra remplir une fiche par station d'étude.

Dans la case station il devra être précisé s'il s'agit de la **station restaurée**, de la station **témoin non altérée** ou de la station **témoin altérée**.

Dans le cas des suivis de restauration impactant tout le plan d'eau, les stations seront codifiées de la manière suivante : **station 1**, **station 2** et **station 3**.

FICHE A – FICHE DE TERRAIN HYDROMORPHOLOGIE CHARLI (inspiré d'Alleaume <i>et al.</i> 2013)			
Nom du plan d'eau :		Cote du plan d'eau** :	
Station :			
Organisme / Opérateurs :		Date :	
Température :	Nuages* :	Vent (force et direction)* :	Pluie* :
Bilan du temps passé pour effectuer le protocole (h) :			
Bilan des composantes d'habitat observées sur le terrain (cocher)			
Hydrologie	TR		Tributaire
	EM		Emissaire
Substrat	V		Vase (< 0,1 mm)
	LA		Limon-Argile (< 0,0625 mm)
	S		Sables (0,0625 mm - 2 mm)
	G		Graviers (2 mm – 16 mm)
	C		Cailloux (16 mm - 64 mm)
	P		Pierres (64 mm - 256 mm)
	B		Blocs (256 mm - 1024 mm)
	R		Rochers (> 1024 mm)
	D		Dalles (dont dalles d'argile) (>1024)
Sous-berge	SB		Sous-berge
Végétation	HE		Hélophytes
	VS		Végétation surplombante
	LE		Ligneux émergents vivants
	LM		Ligneux morts
	CR		Chevelu racinaire
	LI		Litière ou débris organiques grossiers
	BR		Bryophytes
	HF		Hydrophytes flottantes
HI		Hydrophytes immergées	
Autre	NA		Non accessible
Commentaires			

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

FICHE A2 - FICHE DE TERRAIN HYDROLOGIE (suivi du niveau de l'eau à l'aide d'une échelle limnimétrique)

Nom du plan d'eau :

Date :

Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) :

Organisme / Opérateur(s) :

Température :

Nuages* :

Vent (force et direction)* :

Précipitations*
:

Altitude (m NGF) correspondante au niveau 0 de l'échelle :

Heure de relève :

Mesure de la hauteur d'eau réalisée sur l'échelle (m) :

Altitude (m NGF) correspondante :

Commentaires :

FICHE A3a - FICHE DE TERRAIN HYDROLOGIE (mise en place du dispositif "mouillage-pressure")

Nom du plan d'eau :

Date :

Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) :

Organisme / Opérateur(s) :

Température :

Nuages* :

Vent (force et direction)* :

Précipitations* :

Type d'enregistreur :

Coordonnées GPS :

Informations complémentaires concernant la localisation du dispositif :

Heure de pose (UTC) :

Mesures à réaliser lors de la pose :

(A) Cote du plan d'eau (m NGF)** :

(B) Profondeur de pose du dispositif (m) :

(C) Hauteur du capteur par rapport à la base du corps mort (m) :

Commentaires :

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

FICHE A3b - FICHE DE TERRAIN HYDROMORPHOLOGIE (décharge des enregistreurs)

Nom du plan d'eau :		Date :	
Station :		Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) :	
Organisme / Opérateur(s) :			
Température :	Nuages* :	Vent (force et direction)* :	Précipitations* :
Cote du plan d'eau (m NGF)** :			
Coordonnées GPS de relève :			
Heure de relevé (UTC) :			
Coordonnées GPS de remise à l'eau :			
Heure de remise à l'eau (UTC)			
Commentaires :			

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

FICHE B1 - FICHE DE TERRAIN PHYSICO-CHIMIE						
Nom du plan d'eau :				Date :		
Station :				Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) :		
Organisme / Opérateur(s) :				Cote du plan d'eau** :		
Dispositif de mesure :						
Température :		Nuages* :		Vent (force et direction)* :		Précipitations* :
Bilan du temps passé pour effectuer le protocole (h) :						
Mesures multi-paramètre <i>in situ</i>						
Coordonnées GPS point de mesure	Profondeur	Heure	paramètre mesuré	Valeur mesurée	Observations	
Transparence au disque de Secchi						
Coordonnées GPS point de mesure		Heure	Profondeur de disparition	Profondeur d'apparition	Observations***	
Prélèvement pour analyses en laboratoire						
Coordonnées GPS prélèvement	Profondeur	Heure	Volume prélevé	Agent de conservation (présence et nature)	Réalisation d'une filtration sur site (O/N)	Observations
Commentaires						

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

***Préciser si le Secchi est visible mais touche le fond du lac

FICHE B2a - FICHE DE TERRAIN THERMIE (mise en place des sondes)			
Nom du plan d'eau :		Date :	
Station :		Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) :	
Organisme / Opérateur(s) :		Cote du plan d'eau** :	
Température :	Nuages* :	Vent (force et direction)* :	Précipitations* :
Type de sonde :			
Mode de fixation :			
Coordonnées GPS :			
Informations complémentaires concernant la localisation de la sonde :			
Profondeur :			
Heure de pose :			
Commentaires :			

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

FICHE B2b - FICHE DE TERRAIN THERMIE (relevé des températures)			
Nom du plan d'eau :		Date :	
Station :		Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) :	
Organisme / Opérateur(s) :			
Température :	Nuages* :	Vent (force et direction)* :	Précipitations* :
Cote du plan d'eau** :			
Coordonnées GPS :			
Profondeur de la sonde :			
Heure de relevé :			
Commentaires :			

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

FICHE C1 – FICHE DE TERRAIN ICHTYOFAUNE (pêches électriques)								
Nom du plan d'eau :				Date :				
Station :				Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) :				
Organisme / Opérateur(s) :				Cote du plan d'eau** :				
Directeur de pêche :				Catégorie piscicole du plan d'eau :				
Température :		Nuages* :		Vent (force et direction)* :			Précipitations* :	
Heure de début de pêche :				Heure de fin de pêche :				
Matériels et réglages								
Équipement de pêche (fabricant et modèle) :				Type (CC ou CCP***) et fréquence des impulsions (Hz) :				
Type et nombre d'anodes :				Tension (V) :				
Nombre et maille des épuisettes :				Intensité de courant (A) :				
Moyens de prospection (bateau, à pieds, mixte) :				Puissance (KVA) :				
				Alimentation du courant (W) :				
N° prélèvement	Coordonnées GPS	Substrat	Surface pêchée (m²)	Profondeur (cm)	Code espèce	Taille (mm)	Poids (g)	Observations
Commentaires								

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

*** **CC** : courant continu et **CCP** : courant continu pulsé

FICHE C3 – FICHE DE TERRAIN ICHTYOFAUNE (suivi de ponte)				
Nom du plan d'eau :			Date :	
Station :			Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) :	
Organisme / Opérateur(s) :			Cote du plan d'eau** :	
Température :	Nuages* :	Vent (force et direction)* :	Précipitations* :	
Heure de début de relevé :			Heure de fin de relevé :	
Type de frayère*** :			Taille de la frayère :	
Coordonnées GPS de la frayère :			Profondeur de la frayère :	
Degré de colmatage*** :			Température et oxygène au niveau de la frayère :	
N° quadrat	Pontes (O/N)	Espèce	Nombres d'œufs pour l'espèce	Observations
Commentaires				

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

*** Type de frayères : frayère artificielle (fixe ou flottante) ou reconstitution de substrat de ponte (le cas échéant préciser le substrat/support utilisé)

**** Degré de colmatage : classe 1 =]0-25%[, classe 2 =]0-50%[, classe 3 =]50-75%[, classe 4 =]75-90%[, classe 5 =]90-100%]

FICHEE - FICHE DE TERRAIN MACROPHYTES (ROSELIERES)								
Nom du plan d'eau :					Date :			
Station :					Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) :			
Organisme / Opérateur(s) :					Cote du plan d'eau** :			
Température :			Nuages* :		Vent (force et direction)* :		Précipitations* :	
Heure de début de relevé :					Heure de fin de relevé :			
N° quadrat	Coordonnées GPS	Nombre tiges vertes	Nombre tiges sèches	Nombre tiges fleuries	Taille tige la plus haute	Hauteur et diamètre d'une tige verte***	Hauteur d'eau	Observations
Commentaires								

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

*** l'opérateur devra mesurer pour chaque quadrat la tige verte la plus en bas à gauche du quadrat

FICHE F – FICHE DE TERRAIN SUIVI PHOTO					
Nom du plan d'eau :			Date :		
Station :					
Organisme / Opérateur(s) :			Cote du plan d'eau** :		
Critère suivi*** :					
Température :	Nuages* :	Vent (force et direction)* :		Précipitations* :	
Heure de début de relevé :			Heure de fin de relevé :		
Equipement et réglages					
Type(s) d'appareil(s) :					
Mode :	manuel		automatique		
	Focale :		Type(s) de mode(s) automatique(s) :		
				Focale :	
Prises de vue					
N° point de prise de vue	Coordonnées GPS	N° du cliché (figurant sur l'appareil)	Heure	Points de repères	Orientation
Schéma de positionnement des points de prise de vue					
Commentaires					

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

** Cote du plan d'eau au moment de la campagne

*** Critère suivi : érosion de la berge, évolution de la roselière, évolution de la ripisylve ...

Annexe 2 : Fiches de synthèse des suivis à réaliser pour chacun des types d'action

Fiche de synthèse 1 – Restauration des fluctuations de niveaux d'eau



❖ Objectifs de l'action

- Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré
- Restaurer les formations de roselières (qui contribuent au développement et à la survie de nombreuses espèces, à l'amélioration de la qualité de l'eau, ou encore à la lutte contre l'érosion)
- Lutter contre l'érosion des berges

❖ Type et positionnement des stations

Pour les définitions des types et des positionnements des stations il est conseillé de se référer à la partie « **Design du suivi et échelles spatiales de restauration** ».

Trois stations sont suivies : **station 1, station 2 et station 3**.

Les trois stations doivent être choisies de manière à être les plus représentatives possible de la zone littorale dans son entier et doivent :

- être représentatives des habitats rencontrés sur le plan d'eau, tant qualitativement qu'en termes d'abondance relative (éviter dans la mesure du possible un habitat qui serait totalement absent ailleurs) ;
- éviter des habitats atypiques de la zone littorale (émissaires, affluents ...) ;
- présenter une topographie similaire à celle rencontrée majoritairement dans la zone littorale (largeur de beine, pente, développement rivulaire) ;
- afficher un niveau d'anthropisation voisin ou représentatif de celui de l'ensemble du plan d'eau sur une base de comparaison avec les protocoles AIBer (Alleaume *et al.*, 2012a) et éventuellement CORILA (Alleaume and Argillier, 2012) ;

- avoir un positionnement adapté aux objectifs de l'action :

Exemple 1 : lorsque l'objectif est de favoriser le développement des roselières, les stations seront choisies de manière à englober tout ou partie des zones de roselières concernées.

Exemple 2 : lorsque l'objectif est de lutter contre l'érosion des berges, les stations devront être positionnées au niveau de zones impactées par l'érosion.

❖ Suivis à réaliser et méthodes d'échantillonnage et de mesure

Le **x** : Optionnel **X** : Obligatoire

résume les éléments à suivre en fonction des objectifs de la restauration ainsi que les protocoles et méthodes à mettre en place pour le suivi de chaque élément. Pour plus de détails se référer à la partie « **Protocoles de suivi** » et aux normes concernées si nécessaire.

Tableau 12 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une restauration des fluctuations de niveaux d'eau

	Méthodes de suivi et protocoles et normes associés		Éléments à suivre en fonction des objectifs		
	Méthodes	Protocoles et normes	Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux	Restaurer les formations de roselières	Lutter contre l'érosion
Morphologie (cartographie)	Cartographie surfacique des habitats littoraux	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie » et à la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016)	X	X	X
Hydrologie	Suivi des fluctuations de niveaux d'eau	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie »	X	X	X
Ichtyofaune (pêches électriques et par nasses)	Points d'échantillonnages ponctuels par pêches électriques et pêches des alevins à l'aide de nasses	Se référer aux « Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »	X		
Macroinvertébrés	Echantillonnage stratifié par habitats au filet haveneau	Se référer au « Protocole de suivi des macroinvertébrés benthiques »	X		
Macrophytes	Relevés de zone littoral et relevés ponctuels le long de profils perpendiculaires à la berge	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » et à la norme XP T90-328 (AFNOR, 2010)	X	X	x
Roselières	Caractérisation des roselières le long de transects	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » partie « Suivi des roselières »	X	X	x
Physico-chimie	Mesures <i>in situ</i> et prélèvement pour analyses en laboratoire	Se référer aux « Protocoles de suivi de la physico-chimie »	X	X	X
Suivi de la thermie	Mesure en continue au niveau de chaque station à l'aide de sondes de mesures	Se référer au « Protocole de suivi de la thermie » et au guide RNT (Rebière and Danis, 2015)	X	X	X
Suivi photographique	Réalisation de photographies des stations, au niveau de plusieurs points de prise de vue	Se référer au « Protocole de suivi photographique »	X	X	X
Suivi par photographies aériennes	Prises de vues aériennes au niveau des stations	/		x	x

x : Optionnel **X** : Obligatoire

❖ Chronologie des suivis

Les tableaux suivants résument les chronologies générale (**Tableau 13**) et annuelle (**Tableau 14**) du suivi à mettre en œuvre, pour plus d'information concernant les campagnes de suivi se référer à la partie « **Chronologie des suivis** ».

Tableau 13 : chronologie générale des suivis de restaurations de fluctuations de niveaux d'eau

	T-3	T-2	T-1		T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7
Morphologie (cartographie)			X		X		X		X		X
Hydrologie	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Ichtyofaune	X	X	X		X	x	X	x	X	x	X
Macroinvertébrés	X	X	X		X	x	X	x	X	x	X
Macrophytes	X	X	X		X	x	X	x	X	x	X
Roselières	X	X	X		X	x	X	x	X	x	X
Physico-chimie	X	X	X		X	x	X	x	X	x	X
Thermie	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Suivi photographique			X		X		X		X		X
Suivi photographique par drone			X		X		X		X		X

x : Optionnel X : Obligatoire ■ : Travaux

Tableau 14 : chronologie annuelle des suivis de restaurations de fluctuation de niveaux d'eau

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Morphologie (cartographie)												
Hydrologie												
Ichtyofaune												
Macroinvertébrés												
Macrophytes												
Roselières												
Physico-chimie												
Thermie												
Suivi photographique												
Suivi par photographies aériennes												

Remarque : Concernant le suivi de l'ichtyofaune, dans le cas de suivi de la reproduction d'une ou plusieurs espèces cibles, la période et le nombre de campagnes de prélèvements pourront être adaptés aux périodes de présence des adultes.

Fiche de synthèse 2 – Reprofilage de berge



❖ Objectifs de l'action

- Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré
- Lutter contre l'érosion des berges

❖ Type et positionnement des stations

Pour les définitions des types et des positionnements des stations il est conseillé de se référer à la partie « **Design du suivi et échelles spatiales de restauration** ».

Trois types de stations suivies :

- Une **station restaurée** : station altérée, faisant l'objet de l'action de restauration.
- Une **station témoin altérée** : station altérée par le même phénomène mais ne faisant pas l'objet d'action de restauration.
- Une **station témoin non altérée** : station non concernée par l'altération visée par les actions mises en place, ne faisant donc pas l'objet de restauration.

Les trois stations doivent être comparables et doivent autant que possible :

- abriter les mêmes habitats majoritaires (substrats, végétation...) dans des proportions voisines ainsi que des habitats minoritaires similaires ;
- éviter de présenter individuellement des habitats atypiques de la zone littorale (émissaire, affluents ...)
- présenter des topographies similaires (largeur de berge, pente, développement rivulaire) et, dans l'idéal, une situation comparable vis-à-vis d'effets locaux (exposition aux vents dominants, situation baie/cap, effets thermiques locaux, ensoleillement ...)

- afficher des niveaux d'anthropisation comparables sur une base de comparaison avec les protocoles AIBer (Alleaume *et al.*, 2012a) et éventuellement CORILA (Alleaume and Argillier, 2012) hormis pour la pression qui est visée par la restauration.

❖ Suivis à réaliser et méthodes d'échantillonnage et de mesure

Le **Tableau 15** résume les éléments à suivre en fonction des objectifs de la restauration ainsi que les protocoles et méthodes à mettre en place pour le suivi de chaque élément. Pour plus de détails se référer à la partie « **Protocoles de suivi** » et aux normes concernées si nécessaire.

Tableau 15: éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'un reprofilage de berge

	Méthodes de suivi et protocoles et normes associés		Éléments à suivre en fonction des objectifs	
	Méthodes	Protocoles et normes	Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux	Lutter contre l'érosion
Morphologie (cartographie)	Cartographie surfacique des habitats littoraux	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie » et à la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016)	X	X
Hydrologie	Suivi des fluctuations de niveaux d'eau	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie »	X	X
Ichtyofaune (pêches électriques et par nasses)	Points d'échantillonnages ponctuels par pêches électriques et pêches des alevins à l'aide de nasses	Se référer aux « Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »	X	
Macroinvertébrés	Echantillonnage stratifié par habitats au filet haveneau	Se référer au « Protocole de suivi des macroinvertébrés benthiques »	X	
Macrophytes	Relevé de zone littoral et relevés ponctuels le long de profils perpendiculaires à la berge	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » et à la norme XP T90-328 (AFNOR, 2010)	X	x
Roselières	Caractérisation des roselières par mesures le long de transects	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » partie « Suivi des roselières »	X	x
Physico-chimie	Mesures <i>in situ</i> et prélèvement pour analyses en laboratoire	Se référer aux « Protocoles de suivi de la physico-chimie »	X	X
Suivi de la thermie	Mesure en continue au niveau de chaque station à l'aide de sondes de mesures	Se référer au « Protocole de suivi de la thermie » et au guide RNT (Rebière and Danis, 2015)	X	X
Suivi photographique	Réalisation de photographies des stations, au niveau de plusieurs points de prise de vue	Se référer au « Protocole de suivi photographique »	X	X
Suivi par photographies aériennes	Prises de vues aériennes au niveau des stations	/		x

x : Optionnel X : Obligatoire

❖ Chronologie des suivis

Les tableaux suivants résument les chronologies générale (**Tableau 16**) et annuelle (**Tableau 17**) du suivi à mettre en œuvre, pour plus d'information concernant les campagnes de suivi se référer à la partie « **Chronologie des suivis** ».

Tableau 16 : chronologie générale des suivis de reprofilage de berge

	T-3	T-2	T-1		T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7
Morphologie (cartographie)			X		X		X		X		X
Hydrologie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Ichtyofaune	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macroinvertébrés	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macrophytes (générale)	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Roselières	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Physico-chimie	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Thermie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Suivi photographique			X		X		X		X		X
Suivi photographique par drone			X		X		X		X		X

x : Optionnel X : Obligatoire ■ : Travaux

Tableau 17 : chronologie annuelle des suivis de reprofilage de berge

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Morphologie (cartographie)												
Hydrologie												
Ichtyofaune												
Macroinvertébrés												
Macrophytes												
Roselières												
Physico-chimie												
Thermie												
Suivi photographique												
Suivi par photographies aériennes												

Remarque : Concernant le suivi de l'ichtyofaune, dans le cas de suivi de la reproduction d'une ou plusieurs espèces cibles, la période et le nombre de campagnes de prélèvements pourront être adaptés aux périodes de présence des adultes.

Fiche de synthèse 3 – Végétalisation ou restauration de ripisylve



❖ Objectifs de l'action

- Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré
- Lutter contre l'érosion des berges

❖ Type et positionnement des stations

Pour les définitions des types et des positionnements des stations il est conseillé de se référer à la partie « **Design du suivi et échelles spatiales de restauration** ».

Trois types de stations suivies :

- Une **station restaurée** : station altérée, faisant l'objet de l'action de restauration.
- Une **station témoin altérée** : station altérée par le même phénomène mais ne faisant pas l'objet d'action de restauration.
- Une **station témoin non altérée** : station non concernée par l'altération visée par les actions mises en place, ne faisant donc pas l'objet de restauration.

Les trois stations doivent être comparables et doivent autant que possible :

- abriter les mêmes habitats majoritaires (substrats, végétation...) dans des proportions voisines ainsi que des habitats minoritaires similaires ;
- éviter de présenter individuellement des habitats atypiques de la zone littorale (émissaire, affluents ...)
- présenter des topographies similaires (largeur de berge, pente, développement rivulaire) et, dans l'idéal, une situation comparable vis-à-vis d'effets locaux (exposition aux vents dominants, situation baie/cap, effets thermiques locaux, ensoleillement ...),

- afficher des niveaux d'anthropisation comparables sur une base de comparaison avec les protocoles AIBer (Alleaume *et al.*, 2012a) et éventuellement CORILA (Alleaume and Argillier, 2012) hormis pour la pression qui est visée par la restauration.

❖ Suivis à réaliser et méthodes d'échantillonnage et de mesure

Le **Tableau 18** résume les éléments à suivre en fonction des objectifs de la restauration ainsi que les protocoles et méthodes à mettre en place pour le suivi de chaque élément. Pour plus de détails se référer à la partie « **Protocoles de suivi** » et aux normes concernées si nécessaire.

Tableau 18 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une restauration de ripisylve

	Méthodes	Protocoles et normes	Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux	Lutter contre l'érosion
Morphologie (cartographie)	Cartographie surfacique des habitats littoraux	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie » et à la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016)	X	X
Hydrologie	Suivi des fluctuations de niveaux d'eau	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie »	X	X
Ichtyofaune (pêches électriques et par nasses)	Points d'échantillonnages ponctuels par pêches électriques et pêches des alevins à l'aide de nasses	Se référer aux « Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »	X	
Macroinvertébrés	Echantillonnage stratifié par habitats au filet haveneau	Se référer au « Protocole de suivi des macroinvertébrés benthiques »	X	
Macrophytes	Relevé de zone littoral et relevés ponctuels le long de profils perpendiculaires à la berge	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » et à la norme XP T90-328 (AFNOR, 2010)	X	x
Roselières	Caractérisation des roselières par mesures le long de transects	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » partie « Suivi des roselières »	X	x
Physico-chimie	Mesures <i>in situ</i> et prélèvement pour analyses en laboratoire	Se référer aux « Protocoles de suivi de la physico-chimie »	X	X
Suivi de la thermie	Mesure en continue au niveau de chaque station à l'aide de sondes de mesures	Se référer au « Protocole de suivi de la thermie » et au guide RNT (Rebière and Danis, 2015)	X	X
Suivi photographique	Réalisation de photographies des stations, au niveau de plusieurs points de prise de vue	Se référer au « Protocole de suivi photographique »	X	X
Suivi par photographies aériennes	Prises de vues aériennes au niveau des stations	/		x

x : Optionnel X : Obligatoire

❖ Chronologie des suivis

Les tableaux suivants résument les chronologies générale (**Tableau 19**) et annuelle (**Tableau 20**) du suivi à mettre en œuvre, pour plus d'information concernant les campagnes de suivi se référer à la partie « **Chronologie des suivis** ».

Tableau 19 : chronologie générale des suivis de restauration de ripisylve

	T-3	T-2	T-1		T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7
Morphologie (cartographie)			X		X		X		X		X
Hydrologie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Ichtyofaune	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macroinvertébrés	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macrophytes (générale)	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Roselières	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Physico-chimie	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Thermie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Suivi photographique			X		X		X		X		X
Suivi photographique par drone			X		X		X		X		X

x : Optionnel X : Obligatoire ■ : Travaux

Tableau 20 : chronologie annuelle des suivis de restauration de ripisylve

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Morphologie (cartographie)												
Hydrologie												
Ichtyofaune												
Macroinvertébrés												
Macrophytes												
Roselières												
Physico-chimie												
Thermie												
Suivi photographique												
Suivi par photographies aériennes												

Remarque : Concernant le suivi de l'ichtyofaune, dans le cas de suivi de la reproduction d'une ou plusieurs espèces cibles, la période et le nombre de campagnes de prélèvements pourront être adaptés aux périodes de présence des adultes.

Fiche de synthèse 4 – Restauration/protection de roselières



❖ Objectifs de l'action

- Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré
- Restaurer les formations de roselières (qui contribuent au développement et à la survie de nombreuses espèces, à l'amélioration la qualité de l'eau, ou encore à la lutte contre l'érosion)
- Lutter contre l'érosion des berges

❖ Type et positionnement des stations

Pour les définitions des types et des positionnements des stations il est conseillé de se référer à la partie « **Design du suivi et échelles spatiales de restauration** ».

Trois types de stations suivies :

- Une **station restaurée** : station altérée, faisant l'objet de l'action de restauration.
- Une **station témoin altérée** : station altérée par le même phénomène mais ne faisant pas l'objet d'action de restauration.
- Une **station témoin non altérée** : station non concernée par l'altération visée par les actions mises en place, ne faisant donc pas l'objet de restauration.

Les trois stations (restaurée, témoin altérée, témoin non altérée) doivent être comparables et doivent autant que possible :

- abriter les mêmes habitats majoritaires (substrats, végétation...) dans des proportions voisines ainsi que des habitats minoritaires similaires ;
- éviter de présenter individuellement des habitats atypiques de la zone littorale (émissaire, affluents ...)
- présenter des topographies similaires (largeur de berge, pente, développement rivulaire) et, dans l'idéal, une situation comparable vis-à-vis d'effets locaux (exposition aux vents dominants, situation baie/cap, effets thermiques locaux, ensoleillement ...)

- afficher des niveaux d'anthropisation comparables sur une base de comparaison avec les protocoles ALBer (Alleaume *et al.*, 2012a) et éventuellement CORILA (Alleaume and Argillier, 2012) hormis pour la pression qui est visée par la restauration.

❖ Suivis à réaliser et méthodes d'échantillonnage et de mesure

Le **Tableau 21** résume les éléments à suivre en fonction des objectifs de la restauration ainsi que les protocoles et méthodes à mettre en place pour le suivi de chaque élément. Pour plus de détails se référer à la partie « **Protocoles de suivi** » et aux normes concernées si nécessaire.

Tableau 21 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une restauration/protection de roselières

	Méthodes de suivi et protocoles et normes associés		Éléments à suivre en fonction des objectifs		
	Méthodes	Protocoles et normes	Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux	Restaurer les formations de roselières	Lutter contre l'érosion
Morphologie (cartographie)	Cartographie surfacique des habitats littoraux	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie » et à la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016)	X	X	X
Hydrologie	Suivi des fluctuations de niveaux d'eau	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie »	X	X	X
Ichtyofaune (pêches électriques et par nasses)	Points d'échantillonnages ponctuels par pêches électriques et pêches des alevins à l'aide de nasses	Se référer aux « Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »	X		
Macroinvertébrés	Echantillonnage stratifié par habitats au filet haveneau	Se référer au « Protocole de suivi des macroinvertébrés benthiques »	X		
Macrophytes	Relevé de zone littoral et relevés ponctuels le long de profils perpendiculaires à la berge	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » et à la norme XP T90-328 (AFNOR, 2010)	X	X	x
Roselières	Caractérisation des roselières par mesures le long de transects	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » partie « Suivi des roselières »	X	X	X
Physico-chimie	Mesures <i>in situ</i> et prélèvement pour analyses en laboratoire	Se référer aux « Protocoles de suivi de la physico-chimie »	X	X	X
Suivi de la thermie	Mesure en continue au niveau de chaque station à l'aide de sondes de mesures	Se référer au « Protocole de suivi de la thermie » et au guide RNT (Rebière and Danis, 2015)	X	X	X
Suivi photographique	Réalisation de photographies des stations, au niveau de plusieurs points de prise de vue	Se référer au « Protocole de suivi photographique »	X	X	X
Suivi par photographies aériennes	Prises de vues aériennes au niveau des stations	/		x	x

x : Optionnel X : Obligatoire

❖ Chronologie des suivis

Les tableaux suivants résument les chronologies générale (**Tableau 22**) et annuelle (**Tableau 23**) du suivi à mettre en œuvre, pour plus d'information concernant les campagnes de suivi se référer à la partie « **Chronologie des suivis** ».

Tableau 22 : chronologie générale des suivis de restauration/protection de roselières

	T-3	T-2	T-1		T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7
Morphologie (cartographie)			X		X		X		X		X
Hydrologie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Ichtyofaune	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macroinvertébrés	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macrophytes (générale)	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Roselières	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Physico-chimie	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Thermie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Suivi photographique			X		X		X		X		X
Suivi photographique par drone			X		X		X		X		X

x : Optionnel X : Obligatoire ■ : Travaux

Tableau 23 : chronologie annuelle des suivis de restauration/protection de roselières

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Morphologie (cartographie)												
Hydrologie												
Ichtyofaune												
Macroinvertébrés												
Macrophytes												
Roselières												
Physico-chimie												
Thermie												
Suivi photographique												
Suivi par photographies aériennes												

Remarque : Concernant le suivi de l'ichtyofaune, dans le cas de suivi de la reproduction d'une ou plusieurs espèces cibles, la période et le nombre de campagnes de prélèvements pourront être adaptés aux périodes de présence des adultes.



❖ Objectifs de l'action

- Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats (y compris de frayères pour certaines espèces) pour restaurer une faune piscicole et/ou un peuplement macrobenthique diversifié et équilibré lorsque les usages ne permettent pas d'agir sur les habitats littoraux.

❖ Type et positionnement des stations

Pour les définitions des types et des positionnements des stations il est conseillé de se référer à la partie « **Design du suivi et échelles spatiales de restauration** ».

Trois types de stations suivies :

- Une **station restaurée** : station altérée, faisant l'objet de l'action de restauration. Dans ce cas la station restaurée est composée d'une portion de littoral située au droit de la structure et de la structure elle-même.
- Une **station témoin altérée** : station altérée par le même phénomène mais ne faisant pas l'objet d'action de restauration.
- Une **station témoin non altérée** : station non concernée par l'altération visée par les actions mises en place, ne faisant donc pas l'objet de restauration.

Dans le cas de la **mise structures artificielles** éloignés de la berge, la station restaurée sera composée d'une portion du littoral située à proximité de la structure et de la structure elle-même. Les stations pourront être définies comme suit :

- la localisation de la **station restaurée** sera définie par la localisation des structures mises en place ;
- la station **témoin altérée** sera choisie de manière à ce que sa zone littorale soit comparable à celle de la station restaurée. Pour cela les critères de choix seront les mêmes que ceux définis pour les suivis de restauration d'une portion de la zone littorale (voir « 3.2. Positionnement des stations ») ;
- la station **témoin non altérée** pourra être choisie de manière à ce qu'elle comporte, lorsque c'est possible, les habitats que l'on souhaite créer via l'action de restauration.

❖ Suivis à réaliser et méthodes d'échantillonnage et de mesure

Le **Tableau 24** résume les éléments à suivre en fonction des objectifs de la restauration ainsi que les protocoles et méthodes à mettre en place pour le suivi de chaque élément. Pour plus de détails se référer à la partie « **Protocoles de suivi** » et aux normes concernées si nécessaire.

Tableau 24 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une diversification d'habitats hors berges

	Méthodes de suivi et protocoles et normes associés		Eléments à suivre en fonction des objectifs
	Méthodes	Protocoles et normes	Améliorer l'habitabilité et/ou la diversité d'habitats littoraux
Morphologie (cartographie)	Cartographie surfacique des habitats littoraux	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie » et à la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016)	X
Hydrologie	Suivi des fluctuations de niveaux d'eau	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie »	X
Ichtyofaune (pêches électriques et par nasses)	Points d'échantillonnages ponctuels par pêches électriques et pêches des alevins à l'aide de nasses	Se référer aux « Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »	X
Macroinvertébrés	Echantillonnage stratifié par habitats au filet haveneau	Se référer au « Protocole de suivi des macroinvertébrés benthiques »	X
Macrophytes	Relevé de zone littoral et relevés ponctuels le long de profils perpendiculaires à la berge	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » et à la norme XP T90-328 (AFNOR, 2010)	x
Roselières	Caractérisation des roselières par mesures le long de transects	Se référer aux « Protocoles de suivi des macrophytes » partie « Suivi des roselières »	x
Physico-chimie	Mesures <i>in situ</i> et prélèvement pour analyses en laboratoire	Se référer aux « Protocoles de suivi de la physico-chimie »	X
Suivi de la thermie	Mesure en continue au niveau de chaque station à l'aide de sondes de mesures	Se référer au « Protocole de suivi de la thermie » et au guide RNT (Rebière and Danis, 2015)	X
Suivi photographique	Réalisation de photographies des stations, au niveau de plusieurs points de prise de vue	Se référer au « Protocole de suivi photographique »	X

x : Optionnel X : Obligatoire

❖ Chronologie des suivis

Les tableaux suivants résument les chronologies générale (**Tableau 25**) et annuelle (**Tableau 26**) du suivi à mettre en œuvre, pour plus d'information concernant les campagnes de suivi se référer à la partie « **Chronologie des suivis** ».

Tableau 25 : chronologie générale des suivis de diversification d'habitats hors berge

	T-3	T-2	T-1		T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7
Morphologie (cartographie)			X		X		X		X		X
Hydrologie (hydrologie)	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Ichtyofaune	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macroinvertébrés	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Macrophytes (générale)	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Roselières	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Physico-chimie	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Thermie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Suivi photographique			X		X		X		X		X

x : Optionnel X : Obligatoire ■ : Travaux

Tableau 26 : chronologie annuelle des suivis de diversification d'habitats hors berge

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Morphologie (cartographie)												
Hydrologie												
Ichtyofaune												
Macroinvertébrés												
Macrophytes												
Roselières												
Physico-chimie												
Thermie												
Suivi photographique												
Suivi par photographies aériennes												

Remarque : Concernant le suivi de l'ichtyofaune, dans le cas de suivi de la reproduction d'une ou plusieurs espèces cibles, la période et le nombre de campagnes de prélèvements pourront être adaptés aux périodes de présence des adultes.

Fiche de synthèse 6 – Restauration/création de frayères



❖ Objectifs de l'action

- Restaurer la fonction d'habitat de reproduction pour les poissons

❖ Type et positionnement des stations

Pour les définitions des types et des positionnements des stations il est conseillé de se référer à la partie « **Design du suivi et échelles spatiales de restauration** ».

Trois types de stations suivies :

- Une **station restaurée** : station altérée, faisant l'objet de l'action de restauration. Dans ce cas la station restaurée est composée de la portion de littoral au droit de la frayère et de la frayère elle-même.
- Une **station témoin altérée** : station altérée par le même phénomène mais ne faisant pas l'objet d'action de restauration.
- Une **station témoin non altérée** : station non concernée par l'altération visée par les actions mises en place, ne faisant donc pas l'objet de restauration.

Les trois stations doivent être comparables et doivent autant que possible :

- abriter les mêmes habitats majoritaires (substrats, végétation...) dans des proportions voisines ainsi que des habitats minoritaires similaires ;
- éviter de présenter individuellement des habitats atypiques de la zone littorale (émissaire, affluents ...) ;
- présenter des topographies similaires (largeur de berge, pente, développement rivulaire) et, dans l'idéal, une situation comparable vis-à-vis d'effets locaux (exposition aux vents dominants, situation baie/cap, effets thermiques locaux, ensoleillement ...) ;
- afficher des niveaux d'anthropisation comparables sur une base de comparaison avec les protocoles AIBer (Alleaume *et al.*, 2012a) et éventuellement CORILA (Alleaume and Argillier, 2012) hormis pour la pression qui est visée par la restauration.

Dans le cas de la **mise en place de frayères artificielles** éloignés de la berge, la station restaurée sera composée d'une portion du littoral située à proximité de la structure et de la structure elle-même. Les stations pourront être définies comme suit :

- la localisation de la **station restaurée** sera définie par la localisation des structures mises en place ;
- la station **témoin altérée** sera choisie de manière à ce que sa zone littorale soit comparable à celle de la station restaurée. Pour cela les critères de choix seront les mêmes que ceux définis précédemment (voir paragraphe précédent) ;
- la station **témoin non altérée** pourra être choisie de manière à ce qu'elle comporte, lorsque c'est possible, les habitats que l'on souhaite créer via l'action de restauration.

❖ Suivis à réaliser et méthodes d'échantillonnage et de mesure

Le **Tableau 27** résume les éléments à suivre en fonction des objectifs de la restauration ainsi que les protocoles et méthodes à mettre en place pour le suivi de chaque élément. Pour plus de détails se référer à la partie « **Protocoles de suivi** » et aux normes concernées si nécessaire.

Tableau 27 : éléments à suivre et méthodes de suivi à mettre en place dans le cas d'une restauration/création de frayère

	Méthodes de suivi et protocoles et normes associés		Eléments à suivre en fonction des objectifs
	Méthodes	Protocoles et normes	Restaurer la fonction d'habitat de reproduction pour les poissons
Morphologie (cartographie)	Cartographie surfacique des habitats littoraux	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie » et à la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016)	X
Hydrologie	Suivi des fluctuations de niveaux d'eau	Se référer au « Protocole de suivi de l'hydromorphologie »	X
Ichtyofaune (pêches électriques et par nasses)	Points d'échantillonnages ponctuels par pêches électriques et pêches des alevins à l'aide de nasses	Se référer aux « Protocoles de suivi de l'ichtyofaune »	X
Ichtyofaune (suivi de pontes)	Comptage et détermination des œufs au niveau de la frayère, au sein de quadrats de 25 cm	Se référer au protocole « Protocoles de suivi de l'ichtyofaune » partie « Suivi de pontes »	x
Physico-chimie	Mesures <i>in situ</i> et prélèvement pour analyses en laboratoire	Se référer aux « Protocoles de suivi de la physico-chimie »	X
Suivi de la thermie	Mesure en continue au niveau de chaque station à l'aide de sondes de mesures	Se référer au « Protocole de suivi de la thermie » et au guide RNT (Rebière and Danis, 2015)	X
Suivi photographique	Réalisation de photographies des stations, au niveau de plusieurs points de prise de vue	Se référer au « Protocole de suivi photographique »	X

x : Optionnel X : Obligatoire

❖ Chronologie des suivis

Les tableaux suivants résument les chronologies générale (**Tableau 28**) et annuelle (**Tableau 29**) du suivi à mettre en œuvre, pour plus d'information concernant les campagnes de suivi se référer à la partie « **Chronologie des suivis** ».

Tableau 28 : chronologie générale des suivis de restauration/création de frayère

	T-3	T-2	T-1		T+1	T+2	T+3	T+4	T+5	T+6	T+7
Morphologie (reconstitution de substrat de ponte)			X		X			x			x
Morphologie (structures artificielles)			X		x			x			x
Hydrologie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Ichtyofaune	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Physico-chimie	x	x	X		X	x	X	x	X	x	X
Thermie	x	x	X		X	X	X	X	X	X	X
Suivi photographique			X		X		X		X		X

x : Optionnel X : Obligatoire ■ : Travaux

Tableau 29 : chronologie annuelle des suivis de restauration/création de frayère

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Morphologie (cartographie)												
Hydrologie												
Ichtyofaune												
Physico-chimie												
Thermie												
Suivi photographique												

Remarque : Concernant le suivi de l'ichtyofaune, dans le cas de suivi de la reproduction d'une ou plusieurs espèces cibles, la période et le nombre de campagnes de prélèvements pourront être adaptés aux périodes de présence des adultes.

Irstea

1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex

01 40 96 61 21

www.irstea.fr

Agence Française pour la Biodiversité

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.afbiodiversite.fr