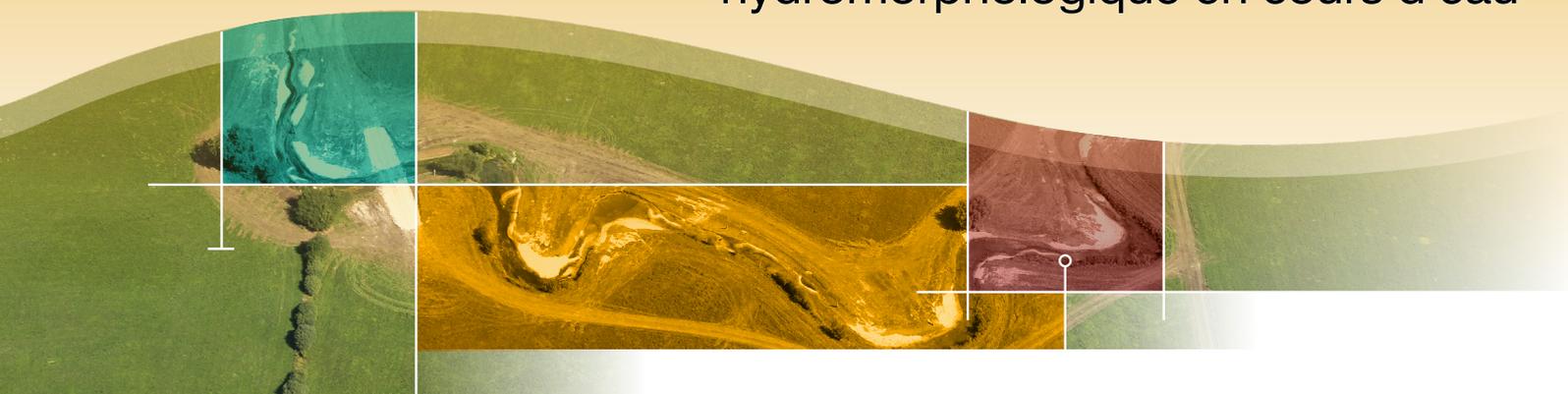


Fiches opérations

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



Fiche 01 Reméandrage.....	43
Fiche 02 Suppression d'ouvrage en travers.....	49
Fiche 03 Contournement de plan d'eau.....	57
Fiche 04 Remise dans le talweg	65
Fiche 05 Reconstitution du matelas alluvial.....	71
Fiche 06 Suppression des contraintes latérales.....	77
Fiche 07 Modification de la géométrie du lit.....	83

« Le reméandrage consiste à remettre le cours d'eau dans ses anciens méandres si ceux-ci sont encore identifiables (sur carte, sur le terrain) et mobilisables (fonction des contraintes techniques et foncières) ou à créer un nouveau cours d'eau sinueux ou méandrique correspondant au type fluvial naturel, dans le respect des lois morphologiques connues (géométrie en plan, en long et en travers). » [28]

Objectifs

Sur l'hydromorphologie :

- réactiver la dynamique fluviale par la création de zones préférentielles d'érosion et de dépôts ;
- diversifier les morphologies du lit (faciès, profils en travers) ;
- diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur ;
- favoriser la reconnexion ou la recréation d'annexes fluviales et les échanges entre la nappe et le chenal.

Sur les communautés biologiques :

- changements de composition des peuplements biologiques liés à la diversification des habitats (diversification du peuplement, retour d'espèces lithophiles, etc.) ;
- à moyen terme (3 à 5 ans), amélioration de l'état écologique au niveau du secteur restauré.

Remarque

En cas d'opération de grande ampleur qui dépasserait l'échelle d'un tronçon, et qui inclurait des zones à fonctionnement hydromorphologique et biologique différents, il conviendra de multiplier les stations de suivi, tant Restaurées que Témoins. Le positionnement et le choix des stations dans ce cas devront faire l'objet de concertations entre les différents acteurs du SSM, au niveau local et national. Cependant, s'il est impossible de multiplier les stations de suivi, il est également possible de choisir de ne se focaliser que sur un tronçon homogène et de le suivre comme s'il constituait la totalité des travaux.

Positionnement des stations

Pour les définitions des différentes stations, leur signification et leur positionnement général, se référer à la partie *Types et positionnement des stations de mesure*. Dans le cadre d'un reméandrage, trois stations *a minima* sont préconisées : une station **Restaurée**, une station **Témoin non altérée**, une station **Témoin altérée**.

Les stations seront positionnées en suivant les préconisations ci-après et Figure 15, dans la mesure du possible en :

- positionnant les stations de sorte qu'aucun rejet¹⁶ ou affluent significatif ne s'intercale entre les stations ;
- positionnant les stations **Témoin** à l'amont des travaux ;
- positionnant les stations **Témoin** sur le même tronçon¹⁷ que la station **Restaurée**.

En cas d'impossibilité, on suivra les préconisations suivant l'arbre de décision donné en Figure 16 et la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

Cas idéal

Dans le cas d'un reméandrage (Figure 15), la station **Restaurée** se positionnera sur le secteur rectifié qui doit être restauré. On veillera à positionner la station hors cas particulier, c'est à dire ni en limite amont, ni en limite aval, ni sur une particularité locale du secteur restauré (par exemple, renforcement de berge ponctuel ou faciès non représentatif du secteur reméandré).

¹⁶ Voir la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers, cas n° 1*.

¹⁷ Voir le glossaire en fin de guide.

La station **TA** se positionnera sur le secteur altéré non restauré (par exemple une section rectifiée/recalibrée qui ne fait pas l'objet d'une restauration). Elle sera en amont de l'opération de restauration (en restant sur le même tronçon), afin de ne pas être impactée par la phase de travaux ni par ses conséquences (typiquement, augmentation du colmatage lié aux travaux ou érosion progressive).

La station **TNA** se positionnera sur un secteur non altéré par la rectification/le recalibrage. Ici aussi, elle sera située en amont de l'opération de restauration, mais en restant sur le même tronçon.

Au besoin, les stations **Échelle étendue** seront positionnées selon les objectifs de la restauration (modification du transport sédimentaire, limitation de l'érosion sur d'autres secteurs, etc.).

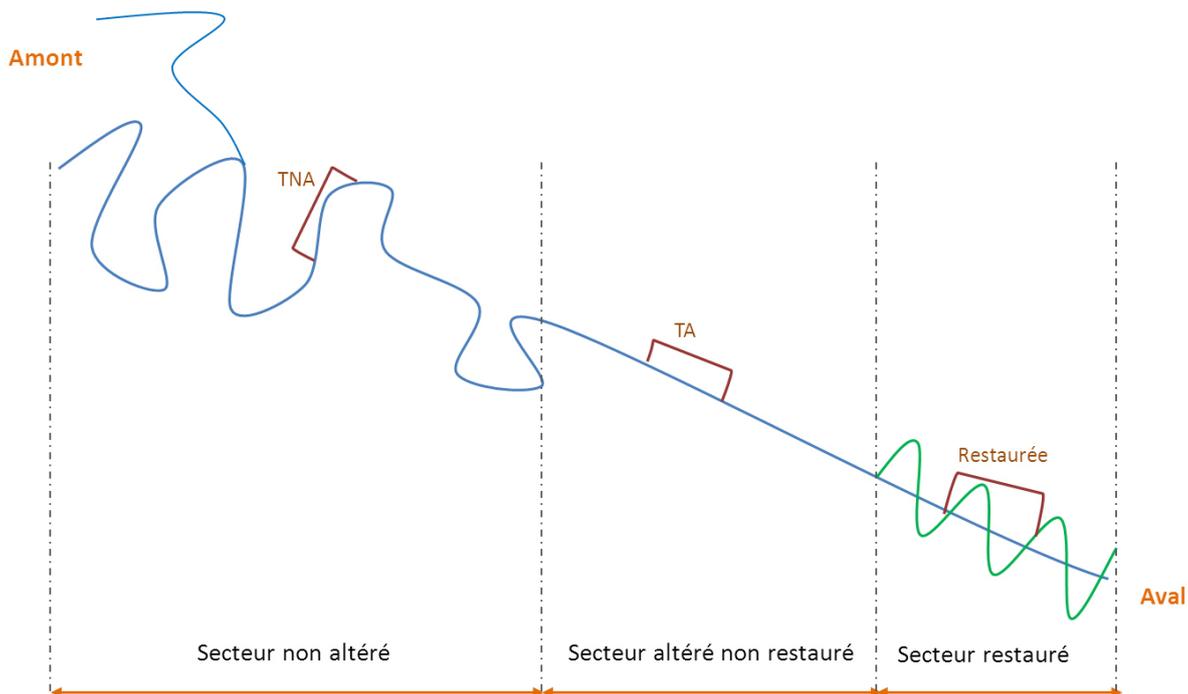


Figure 15 - Localisation des secteurs et positionnement des stations. TA = station Témoin altérée, TNA = station Témoin non altérée. En vert le lit recréé. Cas idéal.

Autre cas : arbre de décision

Pour le positionnement des stations et pour pointer les éventuels écarts au cas idéal, se référer à l'arbre de décision ci-après (Figure 16), dont la lecture se fera d'après la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

Positionnement avant/après travaux

Le positionnement des stations lors de suivi pré et post-travaux doit rester **strictement identique** pour les stations **TA** et **TNA** ; la station **Restaurée** se positionnera sur le secteur reméandré au droit du positionnement de la station avant travaux.

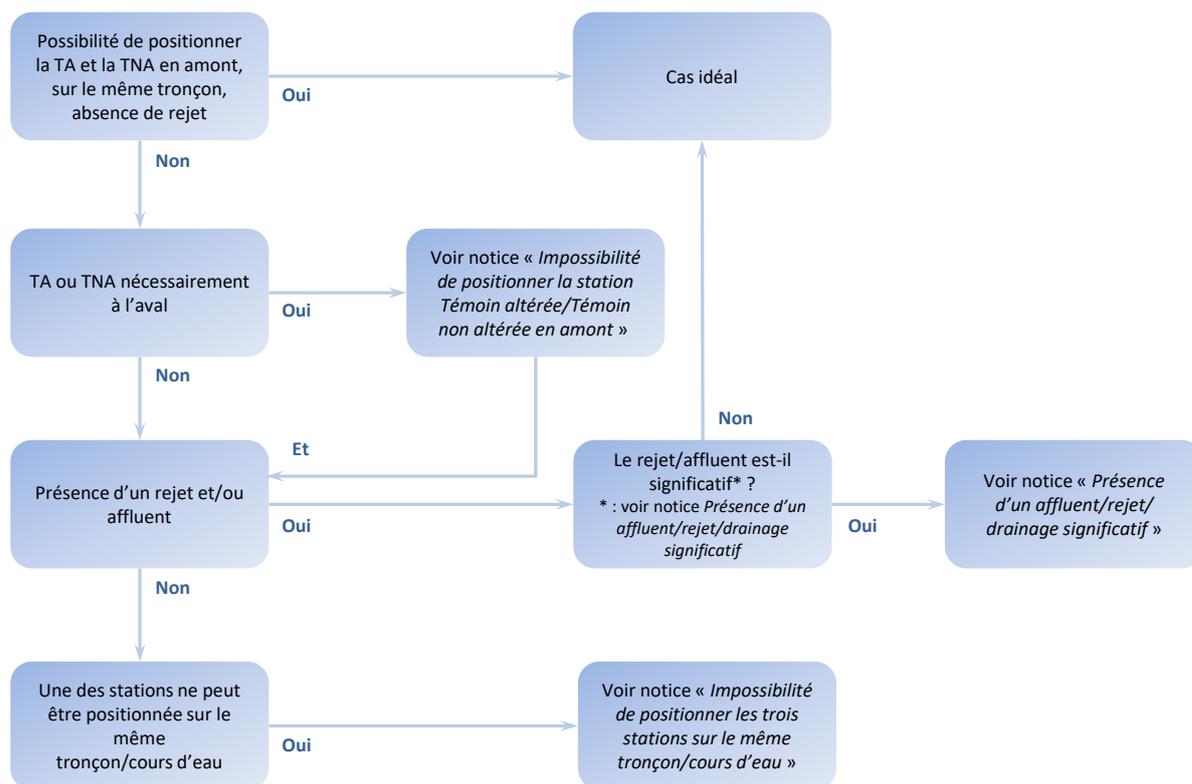


Figure 16 - Arbre de décision pour le positionnement des stations de suivi dans le cas du reméandrage. Se reporter à Positionnement : préconisations et cas particuliers pour les notices et préconisations. TA : station Témoin altérée, TNA : station Témoin non altérée.

Suivi à l'échelle de la station

Dans le cas du reméandrage, le suivi doit être identique sur toutes les stations **Témoins** et **Restaurée** : mêmes compartiments suivis via les mêmes protocoles et à la même période de prélèvement à chaque campagne. Pour les conditions de prélèvement, se référer aux parties *Points de prélèvement* et *Chronologie des suivis*.

Sur les stations **Échelle étendue** le cas échéant, les objectifs de l'opération de restauration détermineront les compartiments/éléments à suivre. On procèdera dans tous les cas aux relevés via des protocoles standardisés (pour le suivi des migrateurs, voir *Fiche 2 [Faune piscicole]*).

Compartiment hydromorphologique

Objectif - Suivre les évolutions apportées par le reméandrage (reprise des processus d'érosion/de dépôt, diversification des écoulements).

Protocole de prélèvement :

- **Carhyce (obligatoire)** - (protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied) [19]. Le suivi doit être réalisé en se référant strictement au protocole et à la *Fiche 1 [Hydromorphologie (échelle station)]*.

Compartiment biologique

Objectifs - Suivre l'évolution des peuplements avant-après reméandrage, les effets de la diversification des habitats sur les peuplements, l'évolution de l'état biologique. Pour les diatomées, suivre l'évolution des peuplements en lien avec la qualité de l'eau et le fonctionnement hydrologique. Pour les macrophytes, suivre l'évolution des peuplements en lien avec la diversification des habitats et le niveau trophique.

Protocoles de prélèvement :

- **poissons (recommandé)** - pêche complète deux passages ou pêche par point selon largeur/profondeur du cours d'eau (se référer à la *Fiche 2 [Faune piscicole]* et au *Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons [20]*) ;
- **invertébrés (recommandé)** - protocole de prélèvement des macro-invertébrés (se référer à la *Fiche 3 [Macro-invertébrés benthiques]*, aux normes *NF T90-333* et *XP T90-388* et aux guides d'applications *FD T90-733* et *GA T90-788*, avec un tri sans regroupement au laboratoire).

A minima un de ces deux compartiments sera suivi de manière systématique.

- **macrophytes (facultatif)** - protocole IBMR (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-395*).
- **diatomées (facultatif)** - protocole IBD (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-354*).

Compartiment physico-chimique

Objectifs - Suivre l'évolution de la physico-chimie, détecter des perturbations éventuelles.

Paramètres mesurés :

- **mesures in situ** (obligatoire) : température, pH, conductivité, oxygène dissous ;
- **mesures physico-chimiques** sur paramètres classiques (obligatoire) : turbidité et paramètres liés à l'azote, au phosphore, au carbone organique ;
- **facultatif** : si des enjeux spécifiques liés à l'eutrophisation ou à des substances spécifiques sont identifiés, paramètres complémentaires : paramètres de l'eutrophisation, ions majeurs, métaux, pesticides...

Se référer à la *Fiche 6 [Physico-chimie]*.

Paramètre température

Objectifs - Suivre l'effet des travaux sur la température et acquérir des données d'interprétation de l'évolution des biocénoses.

- Suivi à l'aide de sondes enregistreuses en continu. Se référer à la *Fiche 5 [Température]*.

Positionnement des points de prélèvement sur la station

Se référer au chapitre *Points de prélèvement*.

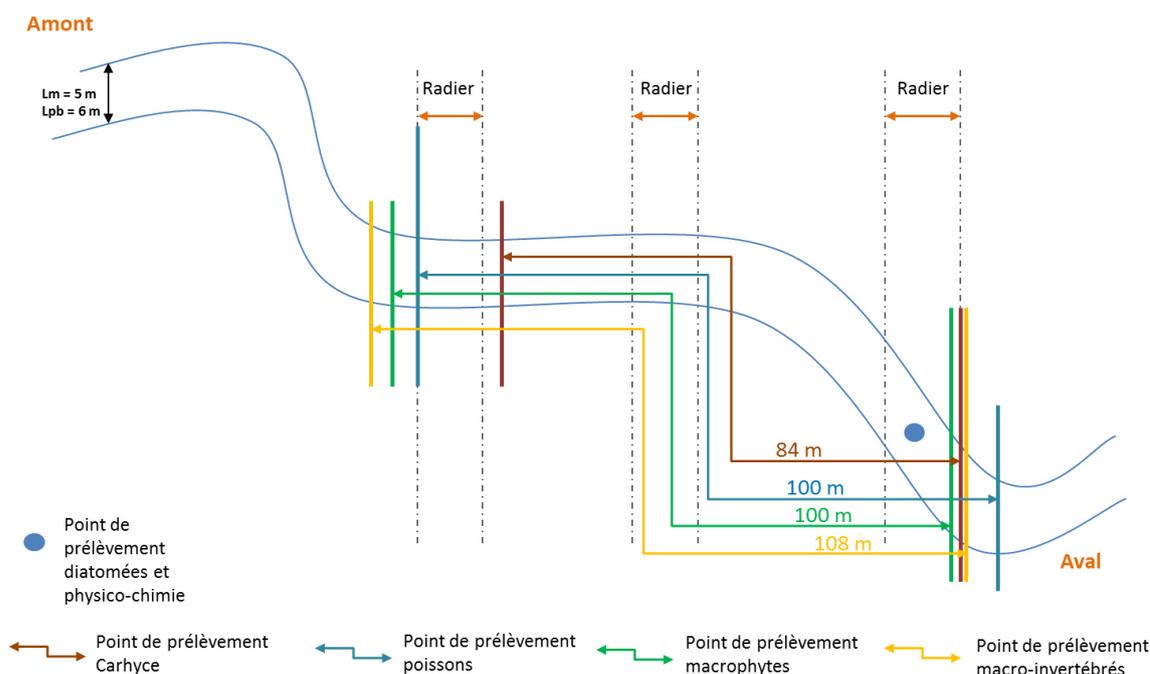


Figure 17 - Positionnement des points de prélèvements par rapport à la configuration de la station. Exemple avec un cours d'eau de largeur mouillée $L_m = 5 \text{ m}$ et largeur pleins bords $L_{pb} = 6 \text{ m}$. Les points de prélèvements sont tous définis par la limite aval (suivant le point Carhyce) pouvant être légèrement ajustée pour les pêches.

Suivi à l'échelle linéaire et associé

Suivi photo (obligatoire)

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

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

Suivi faciès et profil en long (obligatoire)

Objectif - Suivre les évolutions apportées par le reméandrage (diversification des écoulements, reprise des processus d'érosion/dépôt, restauration du profil en long).

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

Suivi de l'hydrologie (obligatoire)

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

Se référer à la Fiche 9 [Hydrologie] ;

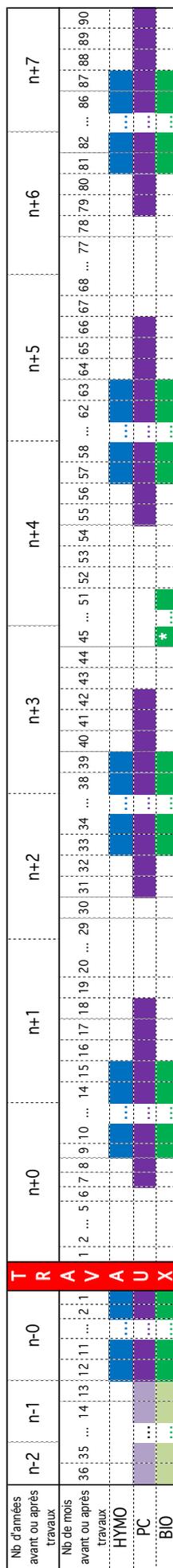
Suivi des connexions avec la nappe (si enjeu)

Objectif - Suivre l'évolution de la nappe, en lien avec la variation des niveaux d'eau et/ou l'amélioration des échanges nappes – cours d'eau, ou avec l'amélioration de la connexion avec les annexes.

Se référer à la Fiche 10 [Connexions avec la nappe].

Organisation générale des campagnes de prélèvements

Les suivis doivent être réalisés dans la mesure du possible de manière synchrone aux deux échelles du suivi et sur toutes les stations. Ils seront mis en œuvre annuellement pendant trois ans avant travaux si possible, et obligatoirement l'année précédant les travaux (Figure 18). Après restauration, ils seront réalisés entre 9 et 15 mois suivant les travaux, puis une année sur deux pendant au moins 7 ans après travaux. Un suivi photo pendant la phase travaux pourra également être conduit pour en visualiser les étapes.



■ Le suivi à réaliser dans tous les cas. ■ Le suivi à réaliser si possible deux à trois ans avant travaux.
 - Les chiffres indiqués (années en « n- » ou « n+ », mois) correspondent au nombre d'années ou de mois avant ou après les travaux.
 HYMO : Hydromorphologie, PC : Physico-chimie, BIO : Biologie, * : suivi piscicole uniquement.

Figure 18 - Programmation du suivi scientifique minimal. En clair, les prélèvements à réaliser dans tous les cas. En foncé les prélèvements facultatifs. Voir la partie Chronologie des suivis pour le détail.

(seuil(s) ou digue(s) de plan d'eau)

« Le principe général sous-tendant la proposition d'arasement (diminution de la hauteur de l'ouvrage) ou de dérasement (suppression de l'ouvrage) d'un seuil vise à redonner au cours d'eau son profil en long naturel. » [28]

Objectifs

Sur l'hydromorphologie :

- restaurer le profil en long et la pente d'équilibre du cours d'eau ;
- recréer une dynamique fluviale naturelle, notamment par la redynamisation du transport solide ;
- restaurer l'hydrologie ;
- diversifier les morphologies du lit (faciès, profils en travers) ;
- diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur.

Sur les communautés biologiques :

- changements de composition des peuplements biologiques et amélioration de l'état écologique dans l'emprise de l'ouvrage et en amont/aval de celui-ci (dans l'emprise de l'ouvrage : recolonisation des espèces rhéophiles au détriment des limnophiles) ;
- recréation d'habitats favorables au cycle de vie d'espèces-cibles dans l'emprise de la retenue ou en aval de celle-ci ;
- amélioration de la qualité physico-chimique et thermique ;
- extension du front de colonisation (en particulier grands migrateurs, mais aussi espèces DHFF, espèces citées dans l'arrêté relatif au classement en liste 2 des cours d'eau, etc.) ;
- à moyen terme (3 à 5 ans), amélioration de l'état écologique au niveau du secteur restauré.

https://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/Directive_habitats_version_consolidée_2007.pdf

http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2013/02/cir_36497.pdf

Remarque

En cas d'opération de grande ampleur qui concernerait plusieurs ouvrages, et qui inclurait des zones à fonctionnement hydromorphologique et biologique différents, il conviendra de multiplier les stations de suivi, tant Restaurées que Témoins. Le positionnement et le choix des stations dans ce cas devront faire l'objet de concertations entre les différents acteurs du SSM, au niveau local et national. Cependant, s'il est impossible de multiplier les stations de suivi, il est également possible de choisir, soit de ne se focaliser que sur un ouvrage (le plus amont, le plus aval, le plus bloquant), soit de suivre les effacements multiples comme s'il ne s'agissait que d'un seul ouvrage (valable si les ouvrages sont rapprochés et les travaux réalisés dans un délai contraint).

Positionnement des stations

Pour les définitions des différentes stations, leur signification et leur positionnement général, se référer à la partie *Types et positionnement des stations de mesure*. Dans le cadre d'un effacement d'ouvrage, trois stations *a minima* sont préconisées : une station **Restaurée amont**, une station **Restaurée aval**, une station **Témoin non altérée**.

Ici, et seulement dans le cas des suppressions ou contournements d'ouvrage, du fait de la stabilité des peuplements en conditions de type plans d'eau et de la difficulté de trouver un autre secteur en tous points comparable, la station **Témoin altérée** n'est pas obligatoire, mais peut être mise en place selon les objectifs du suivi.

Les stations seront positionnées en suivant les préconisations ci-après et Figure 19, dans la mesure du possible en :

- positionnant les stations de sorte qu'aucun rejet¹⁸ ou affluent significatif ne s'intercale entre les stations ;
- positionnant la station **Témoin non altérée** à l'amont des travaux ;
- positionnant la station **Témoin non altérée** sur le même tronçon¹⁹ que la station **Restaurée**.

En cas d'impossibilité, on suivra les préconisations suivant l'arbre de décision donné en Figure 20 et la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

Cas idéal

Dans le cas d'un effacement d'ouvrage (Figure 19), deux stations **Restaurées** doivent être mises en place (l'une dite « amont », l'autre « aval »). Le positionnement de la station **Restaurée amont** se fera dans l'emprise de l'ouvrage (emprise du remous liquide).

Le positionnement de la station **Restaurée aval** se fera en aval proche de l'ouvrage (quelques centaines de mètres au maximum), et autant que possible hors emprise d'un éventuel ouvrage localisé plus en aval. Cette dernière condition ne pourra pas toujours être remplie, mais la station **Restaurée aval** devra dans tous les cas être mise en place.

La station **TNA** se positionnera sur un secteur **en amont** de l'emprise de la retenue. Elle devra être située bien en amont de la zone d'influence (prise en compte des remous liquide et solide) afin que l'effet retenue n'affecte pas les peuplements ni l'hydromorphologie de cette station, mais en restant sur le même tronçon.

Remarque

Dans le cas de l'effacement d'un ouvrage bloquant pour la migration, l'effacement pourra influencer le peuplement piscicole de la station **TNA**, mais les espèces amenées à remonter sont *a priori* bien ciblées par le diagnostic, ce ne sera donc pas problématique pour l'analyse.

Les stations de type **Échelle étendue** seront particulièrement indiquées dans le cas d'un effacement d'ouvrage, pour suivre d'une part un éventuel front de migration des espèces piscicoles, d'autre part une évolution de la charge sédimentaire du cours d'eau. Dans le premier cas, il sera intéressant de positionner de telles stations sur les affluents en amont de l'ouvrage effacé ainsi que plus en amont sur le cours d'eau. Dans le second cas, une station en aval éloigné pourra informer sur d'éventuelles évolutions du transport sédimentaire.

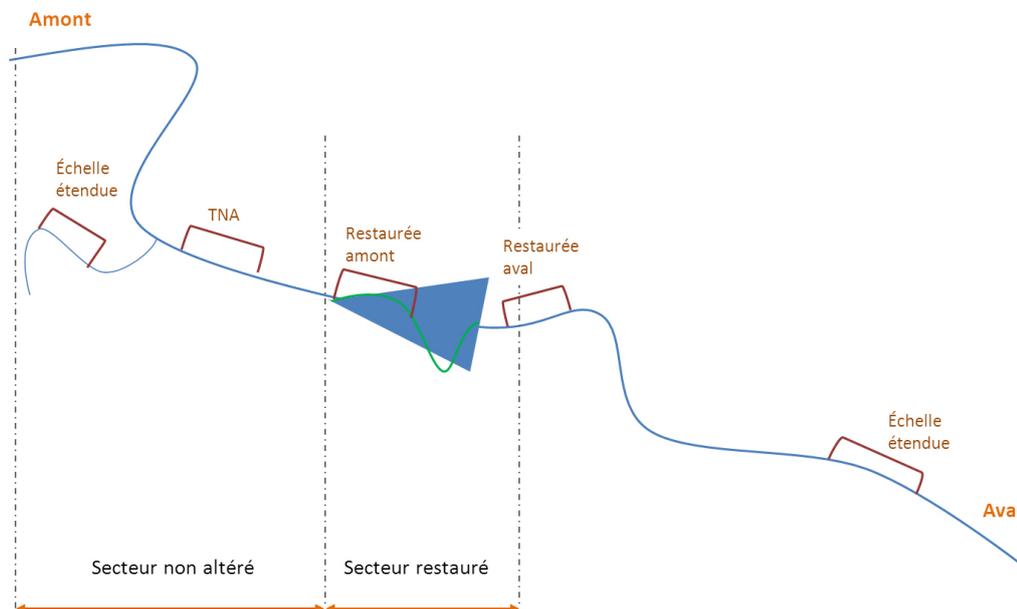


Figure 19 - Localisation des secteurs et positionnement des stations. TNA = station Témoin non altérée. En vert le lit recréé. Cas idéal.

¹⁸ Voir la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*, cas n°1.

¹⁹ Voir le glossaire en fin de guide.

Autre cas : arbre de décision

Pour le positionnement des stations et pour pointer les éventuels écarts au cas idéal, se référer à l'arbre de décision ci-après (Figure 20), dont la lecture se fera d'après la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

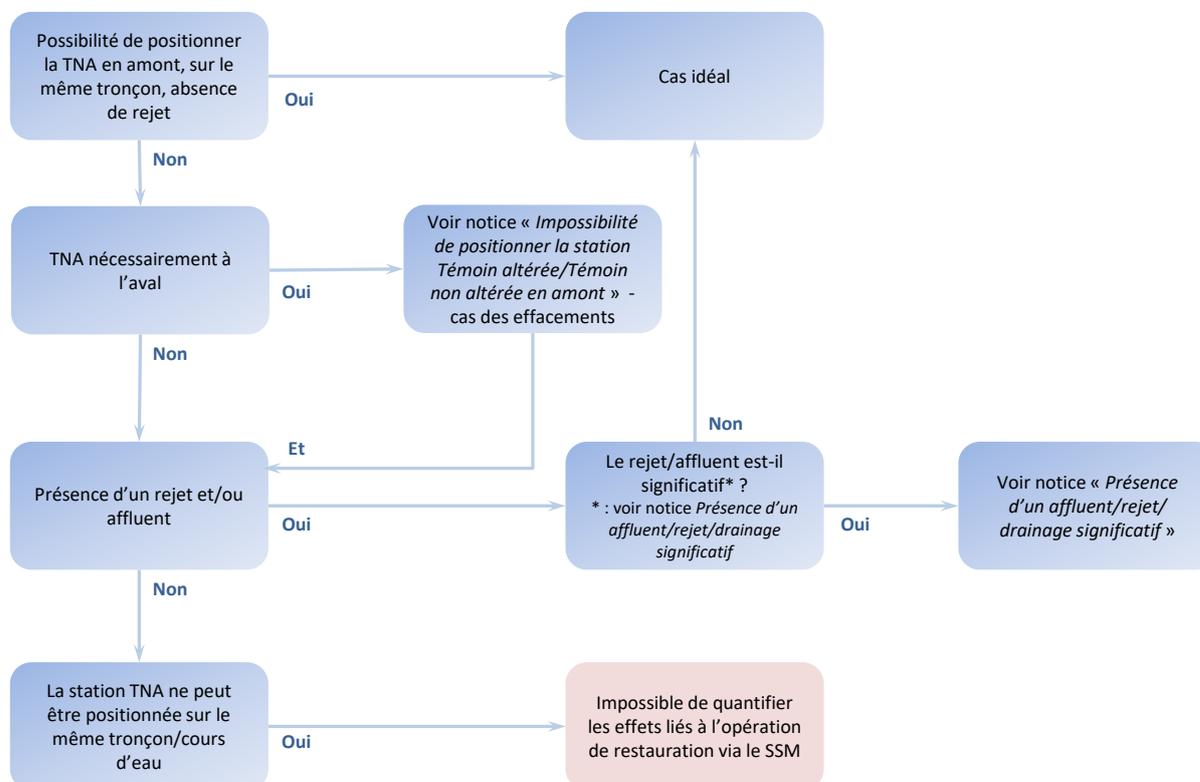


Figure 20 - Arbre de décision pour le positionnement des stations de suivi dans le cas de l'effacement d'un seul ouvrage. Se reporter à *Positionnement : préconisations et cas particuliers* pour les notices et préconisations. TNA : station Témoin non altérée.

Positionnement avant/après travaux

Le positionnement de la station **TNA** lors du suivi pré et post-travaux doit rester strictement identique. Après travaux, la station **Restaurée amont** se placera sur le lit nouvellement créé, dans l'ancienne emprise de la retenue. Les points de prélèvement seront positionnés au plus près de leur localisation avant travaux. La station **Restaurée aval** gardera son positionnement initial.

Suivi à l'échelle de la station

Dans le cas de l'effacement d'un ouvrage, le suivi doit être identique sur les stations **TNA**, **Restaurée amont** et **Restaurée aval** : mêmes compartiments suivis via les mêmes protocoles et à la même période de prélèvement à chaque campagne. Seule exception, les pêches sur la station **Restaurée amont** pourront être réalisées en suivant un protocole différent avant travaux (voir *Fiche 2 [Faune piscicole]*).

Sur les stations **Échelle étendue**, les compartiments seront suivis selon les objectifs, mais en conservant des protocoles standardisés (suivi des migrateurs par exemple, selon *Fiche 2 [Faune piscicole]*).

Pour les conditions de prélèvement, se référer aux chapitres *Points de prélèvement* et *Chronologie des suivis*.

Compartiment hydromorphologique

Objectif - Suivre les évolutions apportées par la suppression de l'ouvrage (suppression ou diminution de l'effet retenue en amont, retour vers un profil en long plus naturel, reprise des processus d'érosion/de dépôt).

Protocole de prélèvement :

- **Carhyce (obligatoire)** - (protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied) [19]. Le suivi doit être réalisé en se référant strictement au protocole et à la *Fiche 1 [Hydromorphologie (échelle station)]* .

Compartiment biologique

Objectifs - Suivre l'évolution des peuplements avant-après suppression de l'ouvrage, les effets de la diversification des habitats sur ces peuplements, notamment en amont avec l'augmentation des habitats lotiques, et en aval avec la diversification de la granulométrie. Pour les poissons, s'ajoute l'objectif de reconquête des milieux en amont de l'ancienne retenue par les migrateurs.

Pour les diatomées, suivre l'évolution des peuplements en lien avec l'évolution de la qualité de l'eau et du fonctionnement hydrologique suite à l'effacement. Pour les macrophytes, suivre l'évolution des peuplements en lien avec la diversification des habitats et la modification du niveau trophique suite à l'effacement. Également, suivre le rétablissement de la continuité vers l'aval (dispersion des macrophytes).

Protocoles de prélèvement :

- **poissons (recommandé)** - pêche complète deux passages ou pêche par point selon largeur/profondeur du cours d'eau. Également, **suivi spécifique** migrateurs (station **Échelle étendue**) ou espèces-cibles dans la retenue (se référer à la *Fiche 2 [Faune piscicole]*, notamment pour le suivi de la retenue et les suivis spécifiques, et au *Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons [20]*) ;
- **invertébrés (recommandé)** - protocole de prélèvement des macro-invertébrés (se référer à la *Fiche 3 [Macro-invertébrés benthiques]*, aux normes *NF T90-333* et *XP T90-388* et aux guides d'applications *FD T90-733* et *GA T90-788*, avec un tri sans regroupement au laboratoire).

A minima un de ces deux compartiments sera suivi de manière systématique.

- **macrophytes (facultatif)** - protocole IBMR (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-395*).
- **diatomées (facultatif)** - protocole IBD (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-354*).

Compartiment physico-chimique

Objectifs - Suivre l'évolution de la physico-chimie, détecter des perturbations éventuelles.

Paramètres mesurés :

- **mesures in situ** (obligatoire) : température, pH, conductivité, oxygène dissous ;
- **mesures physico-chimiques** sur paramètres classiques (obligatoire) : turbidité et paramètres liés à l'azote, au phosphore, au carbone organique ;
- **facultatif** : si des enjeux spécifiques liés à l'eutrophisation ou à des substances spécifiques sont identifiés, paramètres complémentaires : paramètres de l'eutrophisation, ions majeurs, métaux, pesticides...

Se référer à la *Fiche 6 [Physico-chimie]*.

Paramètre température

Objectifs - Suivre l'évolution de la température, en lien avec la suppression de la retenue.

- Suivi à l'aide de sondes enregistreuses en continu. Se référer à la *Fiche 5 [Température]*.

Positionnement des points de prélèvement sur la station

Se référer au chapitre *Points de prélèvement*.

Pour la station **Restaurée amont**, avant travaux, tous les points de prélèvements (à l'exception du point poissons le cas échéant, voir plus loin) seront positionnés au point de transition entre la zone prospectable à pied et la zone non prospectable à pied de la retenue. Cette limite constituera la limite aval pour les points de prélèvements Carhyce, invertébrés, macrophytes le cas échéant.

Le point de prélèvement poissons sera réalisé dans la partie médiane de la retenue, en bateau le cas échéant.

Cas particulier de retenue prospectable à pied sur au moins 50% de son emprise : voir le chapitre *points de prélèvement*, paragraphe *cas particulier d'une station en retenue*.

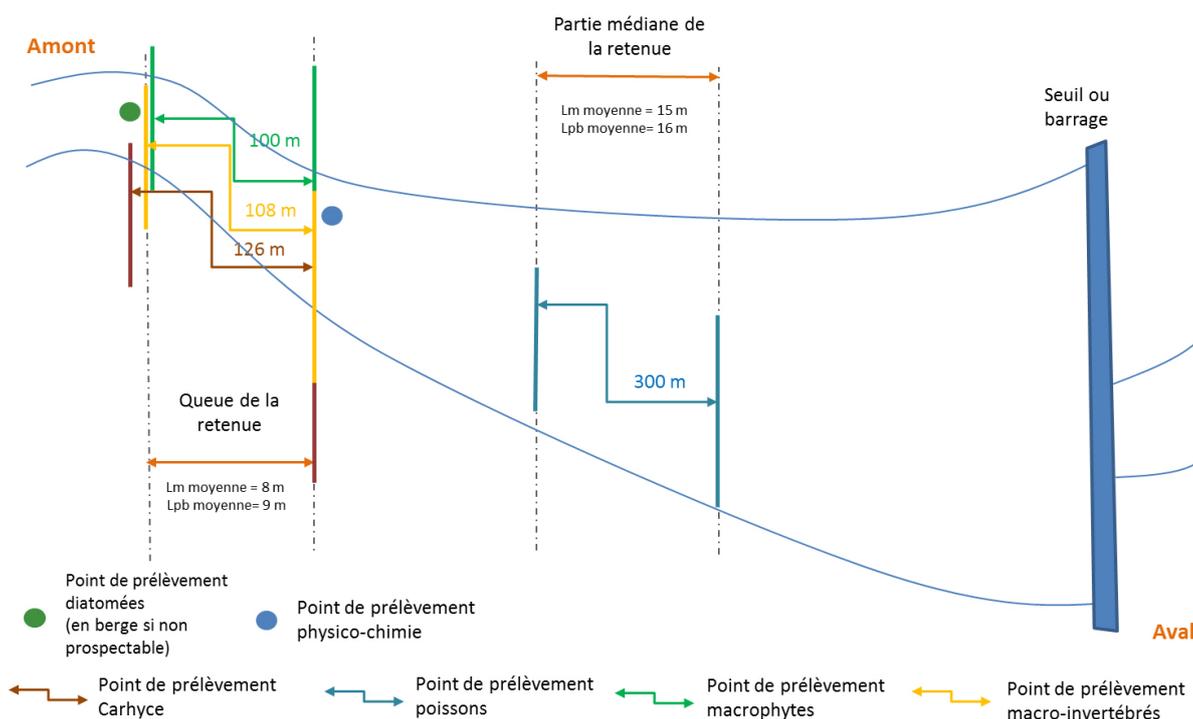


Figure 21 - Positionnement des points de prélèvements par rapport à la configuration de la station. Cas de la station en retenue d'ouvrage dont la majorité n'est pas prospectable à pied, avec Lm = largeur mouillée, Lpb = largeur pleins bords. Les points de prélèvements (autres que ponctuels) sont définis par la limite aval suivant le point Carhyce en limite de zone prospectable/non prospectable à pied, sauf pour la pêche, réalisée en milieu de retenue.

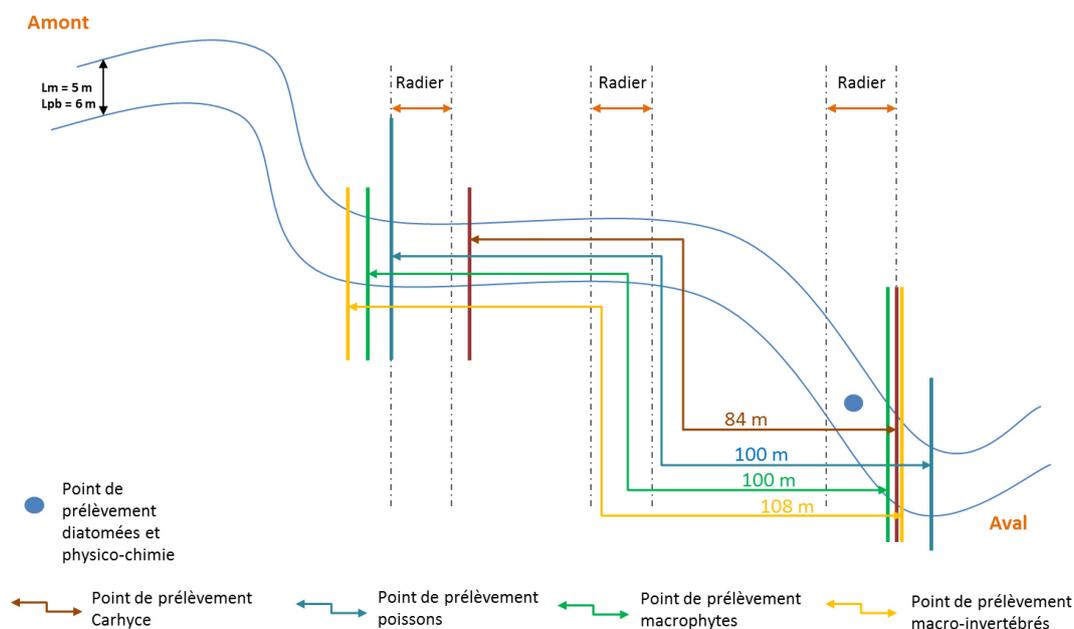


Figure 22 - Positionnement des points de prélèvements par rapport à la configuration de la station. Cas des stations hors retenue, exemple avec un cours d'eau de largeur mouillée $L_m = 5\text{ m}$ et largeur pleins bords $L_{pb} = 6\text{ m}$. Les points de prélèvements sont tous définis par la limite aval (suivant le point de prélèvement Carhyce) pouvant être légèrement ajustée pour les pêches.

Suivi à l'échelle linéaire et associé

Suivi photo (obligatoire)

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

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

Suivi faciès et profil en long (obligatoire)

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

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

Suivi de l'hydrologie (obligatoire)

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

Se référer à la *Fiche 9 [Hydrologie]* ;

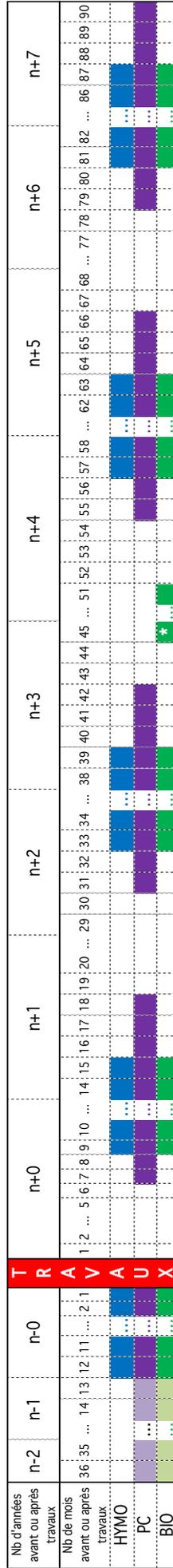
Suivi des connexions avec la nappe (recommandé)

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

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

Organisation générale des campagnes de prélèvements

Les suivis doivent être réalisés dans la mesure du possible de manière synchrone aux deux échelles du suivi et sur toutes les stations. Ils seront mis en œuvre annuellement pendant trois ans avant travaux si possible, et obligatoirement l'année précédant les travaux (Figure 23). Après restauration, ils seront réalisés entre 9 et 15 mois suivant les travaux, puis une année sur deux pendant au moins 7 ans après travaux. Un suivi photo pendant la phase travaux pourra également être conduit pour en visualiser les étapes.



- Le suivi à réaliser dans tous les cas.
- Le suivi à réaliser si possible deux à trois ans avant travaux.
- Les chiffres indiqués (années en « n- » ou « n+ », mois) correspondent au nombre d'années ou de mois avant ou après les travaux.
- HYMO : Hydromorphologie, PC : Physico-chimie, BIO : Biologie, * : suivi piscicole uniquement.

Figure 23 - Programmation du suivi scientifique minimal. En clair, les prélèvements facultatifs. En foncé les prélèvements à réaliser dans tous les cas. Voir la partie Chronologie des suivis pour le détail.

(Ouvrage ou plan d'eau sans ouvrage)

Dans le cas d'un contournement de plan d'eau, deux cas de figure se présentent : soit le cours d'eau avait été détourné pour la mise en place de l'ouvrage ou la création du plan d'eau (cas des biefs et retenues perchés), l'opération consiste alors à remettre le cours d'eau dans son talweg ; soit le plan d'eau ou l'ouvrage est placé en travers du lit naturel du cours d'eau (gravière en lit mineur ou plan d'eau sur cours d'eau par exemple) et l'opération consiste alors à créer un bras de contournement. On encouragera autant que possible la remise dans le talweg du cours d'eau, qui favorise la reprise des processus hydromorphologiques. Dans le second cas, c'est l'existence d'objectifs hydromorphologiques clairement identifiés et l'ambition des travaux qui conditionneront l'intérêt de suivre les travaux. Sont notamment exclus du suivi les dispositifs de franchissement piscicole, qu'il s'agisse de passe béton ou rustique.

Objectifs

Sur l'hydromorphologie :

- restaurer le profil en long et la pente d'équilibre du cours d'eau ;
- restaurer l'hydrologie ;
- diversifier les morphologies du lit (faciès, profils en travers) ;
- diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur ;
- favoriser la reconnexion des annexes fluviales et les échanges entre la nappe alluviale et le chenal.

Sur les communautés biologiques :

- changements de composition des peuplements biologiques et amélioration de l'état écologique par rapport au plan d'eau dans le cours d'eau de contournement et en amont/aval de celui-ci ;
- recréation d'habitats favorables au cycle de vie d'espèces-cibles dans le cours d'eau de contournement et/ou en aval de celui-ci ;
- amélioration de la qualité physico-chimique et thermique ;
- extension du front de colonisation (en particulier grands migrateurs, mais aussi espèces DHFF, espèces citées dans l'arrêté relatif au classement en liste 2 des cours d'eau, etc.) ;
- à moyen terme (3 à 5 ans), amélioration de l'état écologique au niveau du secteur restauré.

https://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/Directive_habitats_version_consolidée_2007.pdf

Positionnement des stations

Pour les définitions des différentes stations, leur signification et leur positionnement général, se référer à la partie *Types et positionnement des stations de mesure*. Dans le cadre d'un contournement d'ouvrage, trois stations *a minima* sont préconisées : une station **Restaurée amont**, une station **Restaurée aval**, une station **Témoin non altéré**.

Ici, et seulement dans le cas des suppressions ou contournements d'ouvrage, du fait de la stabilité des peuplements en conditions de type plans d'eau et de la difficulté de trouver un autre secteur en tous points comparable, la station **Témoin altéré** n'est pas obligatoire, mais peut être mise en place selon les objectifs du suivi.

Les stations seront positionnées en suivant les préconisations ci-après et Figure 24, dans la mesure du possible en :

- positionnant les stations de sorte qu'aucun rejet²⁰ ou affluent significatif ne s'intercale entre les stations ;
- positionnant la station **Témoin** à l'amont des travaux ;
- positionnant la station **Témoin** sur le même tronçon²¹ que la station **Restaurée**.

En cas d'impossibilité, on suivra les préconisations suivant l'arbre de décision donné en Figure 19 et la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

Cas idéal

Dans le cas d'un contournement d'ouvrage ou plan d'eau (Figure 24), deux stations **Restaurées** doivent être mises en place (l'une dite « amont », l'autre « aval »). Le positionnement de la station **Restaurée amont** se fera avant travaux dans l'emprise de l'ouvrage (emprise du remous liquide).

Le positionnement de la station **Restaurée aval** se fera en aval proche de l'ouvrage **et** de la confluence avec le bras de contournement.

La station **Témoin non altérée** se positionnera sur un secteur non altéré (hors retenue), en amont du secteur restauré.

Remarque

Dans le cas du contournement d'un ouvrage bloquant pour la migration, l'effacement pourra influencer le peuplement piscicole de la station TNA, mais les espèces amenées à remonter sont a priori bien ciblées par le diagnostic, ce ne sera donc pas problématique pour l'analyse.

Les stations de type **Échelle étendue** seront particulièrement indiquées dans le cas d'un contournement d'ouvrage ou de plan d'eau, pour suivre d'une part un éventuel front de migration des espèces piscicoles, d'autre part une évolution de la charge sédimentaire du cours d'eau. Dans le premier cas, il sera intéressant de positionner de telles stations sur les affluents en amont de l'ouvrage contourné ainsi que plus en amont sur le cours d'eau. Dans le second cas, une station en aval éloigné pourra informer sur d'éventuelles évolutions du transport sédimentaire.

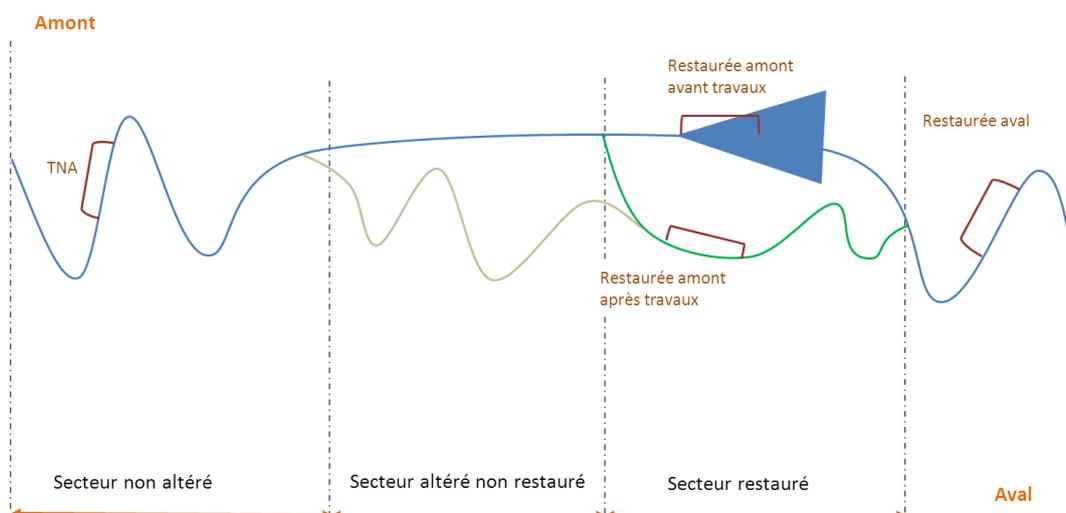


Figure 24 - Localisation des secteurs et positionnement des stations. Exemple dans le cas d'un contournement avec remise dans le talweg. TNA = station Témoin non altérée. En vert le lit recréé, en gris l'ancien tracé (fond de talweg). Cas idéal.

²⁰ Voir la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers, cas n°1*.

²¹ Voir le glossaire en fin de guide.

Autre cas : arbre de décision

Pour le positionnement des stations et pour pointer les éventuels écarts au cas idéal, se référer à l'arbre de décision ci-après (Figure 25), dont la lecture se fera d'après la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

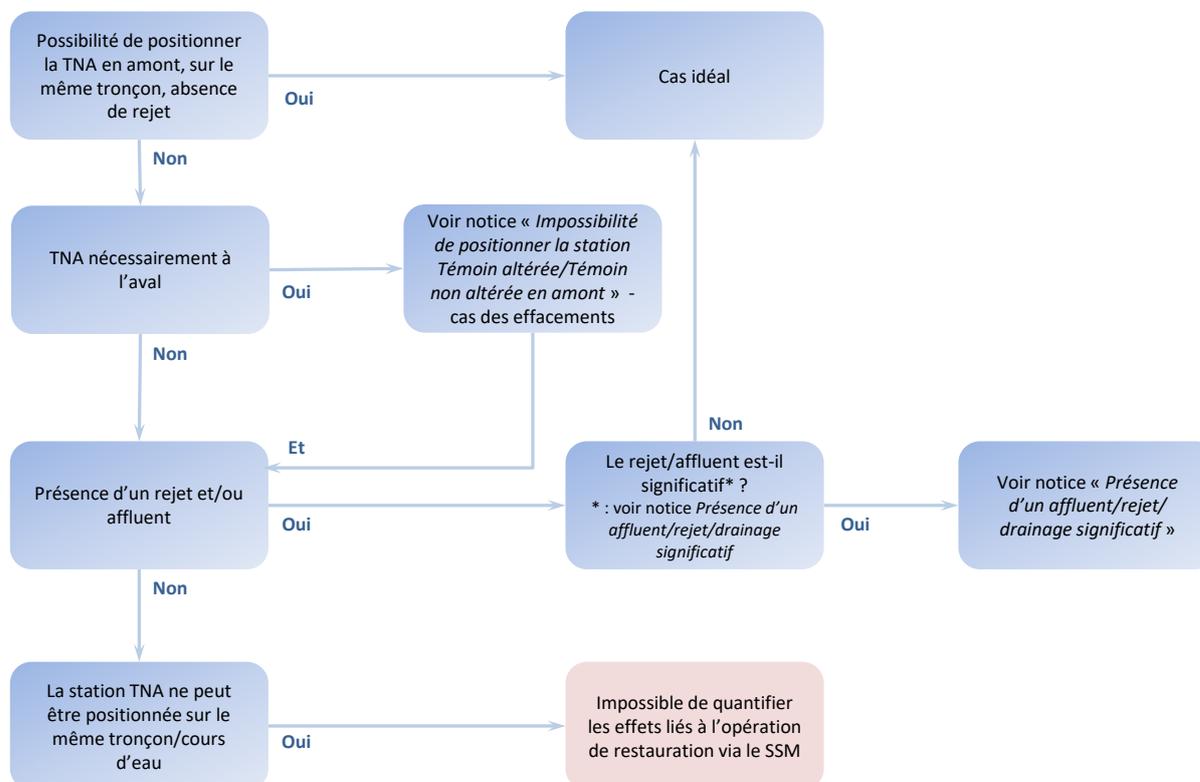


Figure 25 - Arbre de décision pour le positionnement des stations de suivi dans le cas du contournement de plan d'eau. Se reporter à *Positionnement : préconisations et cas particuliers* pour les notices et préconisations. TNA : station Témoin non altérée.

Positionnement avant/après travaux

Le positionnement de la station **TNA** lors du suivi pré et post-travaux doit rester strictement identique. Après travaux, la station **Restaurée amont** sera repositionnée sur le lit recréé, au droit de l'ancienne localisation sur le bief. La station **Restaurée aval** gardera son positionnement initial.

Suivi à l'échelle de la station

Dans le cas du contournement d'un ouvrage ou d'un plan d'eau, le suivi doit être identique sur les stations **TNA**, **Restaurée amont** et **Restaurée aval** : mêmes compartiments suivis via les mêmes protocoles et à la même période de prélèvement à chaque campagne. Seule exception, les pêches sur la station **Restaurée amont** pourront être réalisées en suivant un protocole différent *avant travaux* (voir *Positionnement des points de prélèvement sur la station*). Sur les stations **Échelle étendue**, les compartiments sont suivis selon les objectifs, mais en conservant des protocoles standardisés (suivi des migrateurs par exemple, selon *Fiche 2 [Faune piscicole]*).

Pour les conditions de prélèvement, se référer aux chapitres *Points de prélèvement* et *Chronologie des suivis*.

Compartiment hydromorphologique

Objectif - Suivre les évolutions apportées par le contournement de l'ouvrage (suppression de l'effet retenue en amont, retour vers un profil en long plus naturel, reprise des processus d'érosion/de dépôt dans le bras de contournement et en aval).

Protocole de prélèvement :

- **Carhyce (obligatoire)** - (protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied) [19]. Le suivi doit être réalisé en se référant strictement au protocole et à la *Fiche 1 [Hydromorphologie (échelle station)]*.

Compartiment biologique

Objectifs - Suivre l'évolution des peuplements avant-après contournement du plan d'eau, les effets de la diversification des habitats sur ces peuplements, notamment en amont avec l'augmentation des habitats lotiques, et en aval avec la diversification de la granulométrie. Pour les poissons, s'ajoute l'objectif de reconquête des milieux en amont du plan d'eau par les migrateurs. Pour les diatomées, suivre l'évolution des peuplements en lien avec l'évolution de la qualité de l'eau et du fonctionnement hydrologique suite au contournement. Pour les macrophytes, suivre l'évolution des peuplements en lien avec la diversification des habitats et la modification du niveau trophique suite au contournement. Également, suivre le rétablissement de la continuité vers l'aval (dispersion des macrophytes).

Protocoles de prélèvement :

- **poissons (recommandé)** - pêche complète deux passages ou pêche par point selon largeur/profondeur du cours d'eau. Également, **suivi spécifique** migrateurs (station **Échelle étendue**) ou espèces-cibles dans la retenue (se référer à la *Fiche 2 [Faune piscicole]*, notamment pour le suivi de la retenue et les suivis spécifiques, et au *Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons [20]*) ;
- **invertébrés (recommandé)** - protocole de prélèvement des macro-invertébrés (se référer à la *Fiche 3 [Macro-invertébrés benthiques]*, aux normes *NF T90-333* et *XP T90-388* et aux guides d'applications *FD T90-733* et *GA T90-788*, avec un tri sans regroupement au laboratoire).

A minima un de ces deux compartiments sera suivi de manière systématique.

- **macrophytes (facultatif)** - protocole IBMR (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-395*).
- **diatomées (facultatif)** - protocole IBD (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-354*).

Compartiment physico-chimique

Objectifs - Suivre l'évolution de la physico-chimie liée au contournement, détecter des perturbations éventuelles, détecter une pollution lors de l'éventuelle vidange du plan d'eau.

Paramètres mesurés :

- **mesures in situ** (obligatoire) : température, pH, conductivité, oxygène dissous ;
- **mesures physico-chimiques** sur paramètres classiques (obligatoire) : turbidité et paramètres liés à l'azote, au phosphore, au carbone organique ;
- **facultatif** : si des enjeux spécifiques liés à l'eutrophisation ou à des substances spécifiques sont identifiés, paramètres complémentaires : paramètres de l'eutrophisation, ions majeurs, métaux, pesticides...

Se référer à la *Fiche 6 [Physico-chimie]*.

Paramètre température

Objectifs - Suivre l'évolution de la température, en lien avec le contournement du plan d'eau.

- Suivi à l'aide de sondes enregistreuses en continu. Se référer à la *Fiche 5 [Température]*.

Positionnement des points de prélèvement sur la station

Se référer au chapitre *Points de prélèvement*.

Pour la station **Restaurée amont**, avant travaux, tous les points de prélèvements (à l'exception du point poissons) seront positionnés au point de transition entre la zone prospectable à pied et la zone non prospectable à pied de la retenue. Cette limite constituera la limite aval pour les points de prélèvements Carhyce, invertébrés, macrophytes le cas échéant.

Le point de prélèvement poissons sera réalisé dans la partie médiane de la retenue, en bateau le cas échéant.

Cas particulier de retenue prospectable à pied sur au moins 50% de son emprise : voir le chapitre *points de prélèvement*, paragraphe *cas particulier d'une station en retenue*.

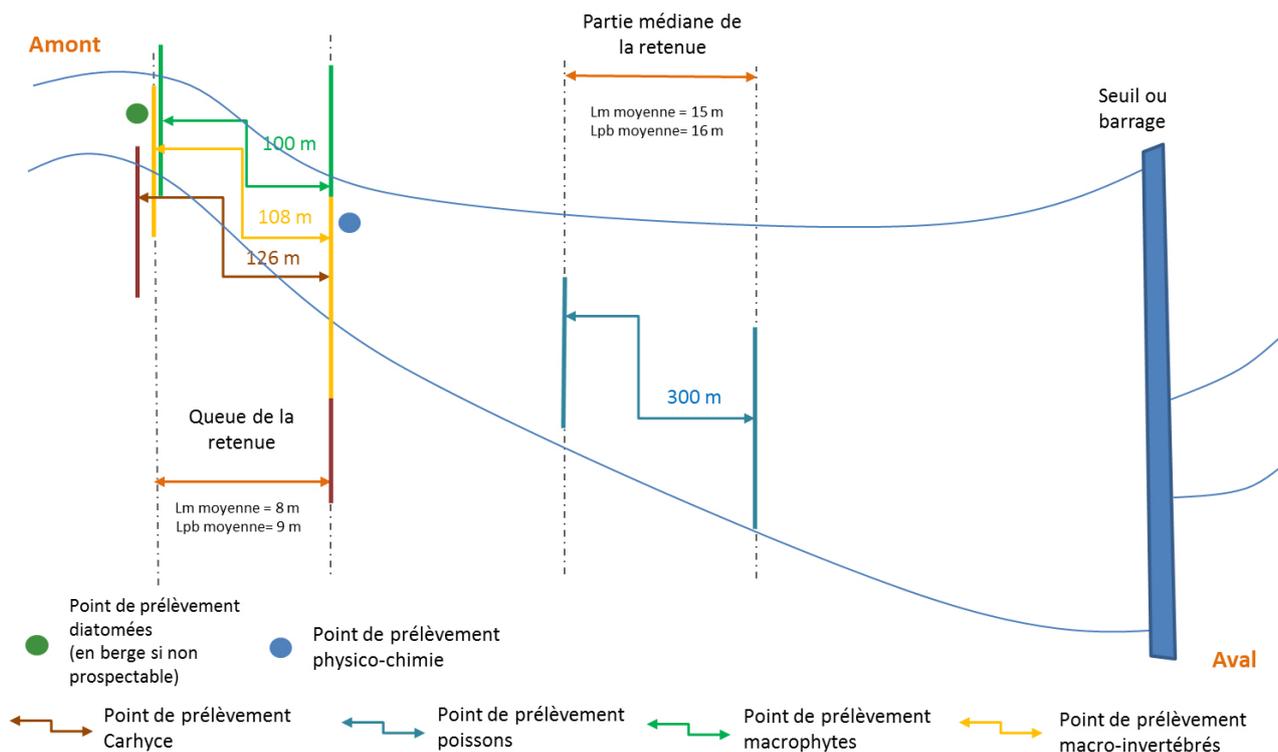


Figure 26 - Positionnement des points de prélèvements par rapport à la configuration de la station. Cas de la station en retenue d'ouvrage dont la majorité n'est pas prospectable à pied, avec Lm = largeur mouillée, Lpb = largeur pleins bords. Les points de prélèvements (autres que ponctuels) sont définis par la limite aval suivant le point Carhyce en limite de zone prospectable/non prospectable à pied, sauf pour la pêche, réalisée en milieu de retenue.

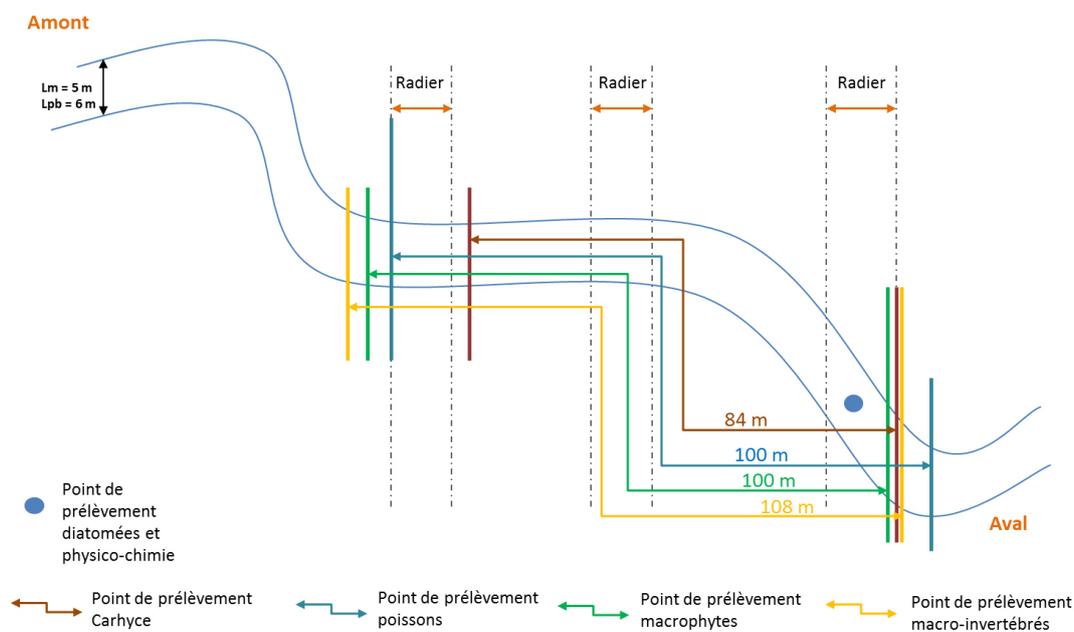


Figure 27 - Positionnement des points de prélèvements par rapport à la configuration de la station. Cas des stations hors retenue, exemple avec un cours d'eau de largeur mouillée $L_m = 5$ m et largeur pleins bords $L_{pb} = 6$ m. Les points de prélèvements sont tous définis par la limite aval (suivant le point de prélèvement Carhyce) pouvant être légèrement ajustée pour les pêches.

Suivi à l'échelle linéaire et associé

Suivi photo (obligatoire)

Objectif - Suivre l'évolution du paysage avant-après contournement du plan d'eau en s'assurant de prendre des points de repères et de conserver le même positionnement au fil du temps. Suivre l'évolution du plan d'eau conservé et du cours d'eau nouvellement créé.

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

Suivi faciès et profil en long (obligatoire)

Objectif - Suivre l'apparition de nouveaux faciès dans le bras de contournement, et les évolutions apportées par le contournement (disparition de l'effet retenue, diversification des écoulements, reprise des processus d'érosion/dépôt, profil en long plus naturel).

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

Suivi de l'hydrologie (obligatoire)

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

Se référer à la Fiche 9 [Hydrologie] ;

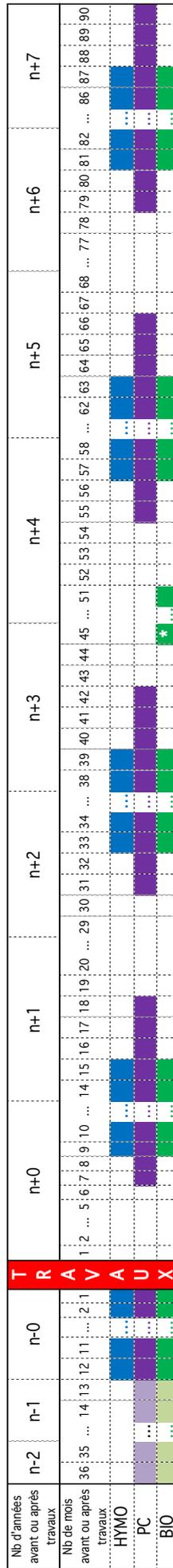
Suivi des connexions avec la nappe (recommandé)

Objectif - Suivre l'évolution de la nappe et des connexions nappe-rivière, en lien avec la déconnexion du plan d'eau, et surtout en lien avec la remise dans le talweg s'il y a lieu.

Se référer à la Fiche 10 [Connexions avec la nappe].

Organisation générale des campagnes de prélèvements

Les suivis doivent être réalisés dans la mesure du possible de manière synchrone aux deux échelles du suivi et sur toutes les stations. Ils seront mis en œuvre annuellement pendant trois ans avant travaux si possible, et obligatoirement l'année précédant les travaux (Figure 28). Après restauration, ils seront réalisés entre 9 et 15 mois suivant les travaux, puis une année sur deux pendant au moins 7 ans après travaux. Un suivi photo pendant la phase travaux pourra également être conduit pour en visualiser les étapes.



- Le suivi à réaliser dans tous les cas.
- Le suivi à réaliser si possible deux à trois ans avant travaux.
- Les chiffres indiqués (années en « n- » ou « n+ », mois) correspondent au nombre d'années ou de mois avant ou après les travaux.
- HYMO : Hydromorphologie, PC : Physico-chimie, BIO : Biologie, * : suivi piscicole uniquement.

Figure 28 - Programmation du suivi scientifique minimal. En clair, les prélèvements facultatifs. En foncé les prélèvements à réaliser dans tous les cas. Voir la partie Chronologie des suivis pour le détail.

« Remettre un cours d'eau dans son talweg consiste, lorsqu'il est canalisé et perché, à le replacer en fond de vallée pour le reconnecter à sa nappe d'accompagnement. » [29]

Objectifs

Sur l'hydromorphologie :

- restaurer le profil en long et la pente d'équilibre du cours d'eau ;
- restaurer l'hydrologie ;
- diversifier les morphologies du lit (faciès, profils en travers) ;
- diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur ;
- favoriser la reconnexion des annexes fluviales et les échanges entre la nappe alluviale et le chenal.

Sur les communautés biologiques :

- changements de composition des peuplements biologiques liés à la diversification des habitats (diversification du peuplement, retour d'espèces lithophiles, etc.) et à la reconnexion avec la nappe alluviale ;
- à moyen terme (3 à 5 ans), amélioration de l'état écologique au niveau du secteur restauré.

Positionnement des stations

Pour les définitions des différentes stations, leur signification et leur positionnement général, se référer au chapitre *Types et positionnement des stations de mesure*. Dans le cadre d'une remise dans le talweg, trois stations *a minima* sont préconisées : une station **Restaurée**, une station **Témoin non altérée**, une station **Témoin altérée**.

Les stations seront positionnées en suivant les préconisations ci-après et Figure 29, dans la mesure du possible en :

- positionnant les stations de sorte qu'aucun rejet²² ou affluent significatif ne s'intercale entre les stations ;
- positionnant les stations **Témoin** à l'amont des travaux ;
- positionnant les stations **Témoin** sur le même tronçon²³ que la station **Restaurée**.

En cas d'impossibilité, on suivra les préconisations suivant l'arbre de décision donné en Figure 30 et la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

Cas idéal

Dans le cas d'une remise dans le talweg (Figure 29), le positionnement de la station **Restaurée** se fera sur le bief perché, dans le secteur à restaurer.

La station **TA** se positionnera sur un secteur altéré non restauré, c'est-à-dire dans le bief perché qui ne sera pas restauré, en amont du secteur restauré afin de ne pas être impactée par les travaux de restauration.

La station **TNA** se positionnera sur un secteur non altéré (lit dans le talweg), en amont du secteur restauré.

Au besoin, les stations **Échelle étendue** seront positionnées selon les objectifs de la restauration (modification du transport sédimentaire, limitation de l'érosion sur d'autres secteurs, etc.).

²² Voir la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*, cas n°1.

²³ Voir le glossaire en fin de guide.

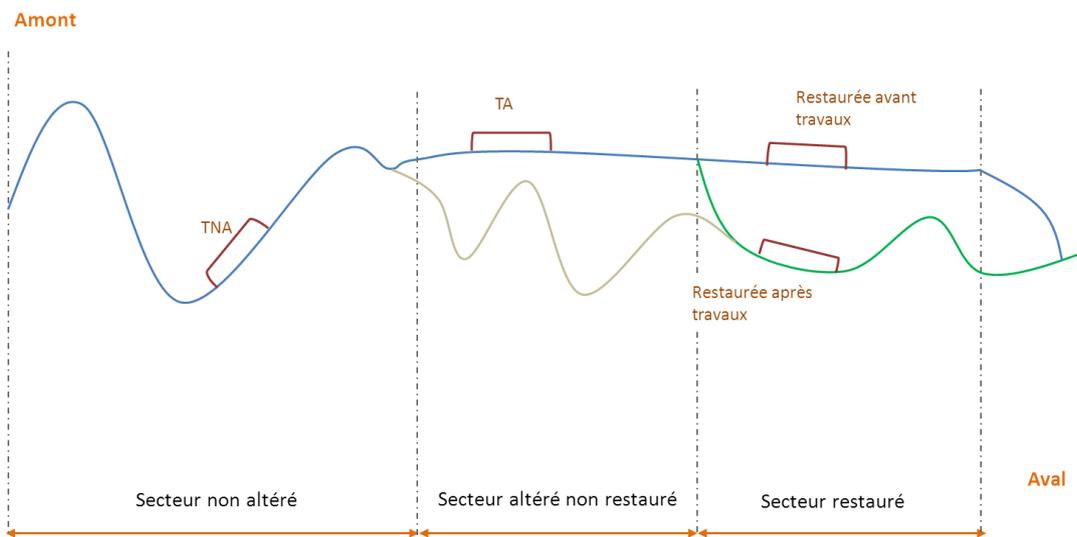


Figure 29 - Localisation des secteurs et positionnement des stations. TA = station Témoin altérée, TNA = station Témoin non altérée. En vert le lit recréé, en grisé l'ancien tracé (fond de talweg). Cas idéal.

Autre cas : arbre de décision

Pour le positionnement des stations et pour pointer les éventuels écarts au cas idéal, se référer à l'arbre de décision ci-après (Figure 30), dont la lecture se fera d'après la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

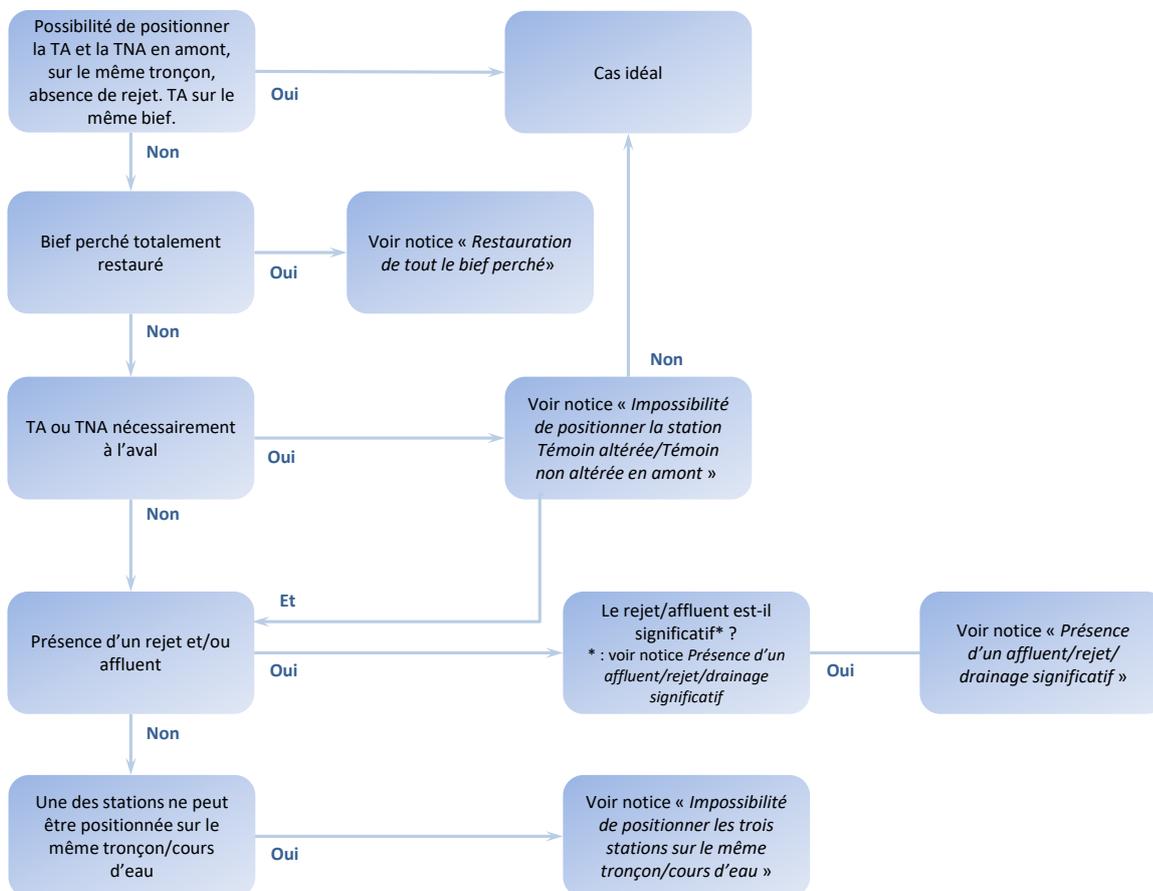


Figure 30 - Arbre de décision pour le positionnement des stations de suivi dans le cas de la remise dans le talweg. Se reporter à *Positionnement : préconisations et cas particuliers* pour les notices et préconisations. TA : station Témoin altérée, TNA : station Témoin non altérée.

Positionnement avant/après travaux

Le positionnement des stations lors de suivi pré et post-travaux doit rester **strictement identique** pour les stations **TA** et **TNA**. Après travaux, la station **Restaurée** sera repositionnée sur le lit recréé, au droit de l'ancienne localisation sur le bief.

Il est possible de réaliser des suivis sur l'ancien bief, si celui-ci n'est pas comblé, mais ce n'est pas indispensable.

Suivi à l'échelle de la station

Dans le cas de la remise dans le talweg, le suivi doit être identique sur toutes les stations **Témoins** et **Restaurée** : mêmes compartiments suivis via les mêmes protocoles et à la même période de prélèvement à chaque campagne. Pour les conditions de prélèvement, se référer aux chapitres *Points de prélèvement* et *Chronologie des suivis*.

Sur les stations **Échelle étendue** le cas échéant, les objectifs de l'opération de restauration détermineront les compartiments/éléments à suivre. On procèdera dans tous les cas aux relevés via des protocoles standardisés (pour le suivi des migrateurs, voir *Fiche 2 [Faune piscicole]*).

Compartiment hydromorphologique

Objectif - Suivre les évolutions apportées par la remise dans le talweg (retour vers un profil en long plus naturel, modification des niveaux d'eau...).

Protocole de prélèvement :

- **Carhyce (obligatoire)** - (protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied) [19]. Le suivi doit être réalisé en se référant strictement au protocole et à la *Fiche 1 [Hydromorphologie (échelle station)]*.

Compartiment biologique

Objectifs - Suivre l'évolution des peuplements avant-après remise dans le talweg, liée à la diversification des habitats, à la reconnexion avec la nappe et avec le fond de vallée et les annexes. Pour les diatomées, suivre l'évolution des peuplements en lien avec l'évolution de la qualité de l'eau et du fonctionnement hydrologique suite au rétablissement des connexions avec la nappe. Pour les macrophytes, suivre l'évolution des peuplements en lien avec la diversification des habitats et la modification des échanges nappe-rivière.

Protocoles de prélèvement :

- **poissons (recommandé)** - pêche complète deux passages ou pêche par point selon largeur/profondeur du cours d'eau (se référer à la *Fiche 2 [Faune piscicole]* et au *Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons [20]*) ;
- **invertébrés (recommandé)** - protocole de prélèvement des macro-invertébrés (se référer à la *Fiche 3 [Macro-invertébrés benthiques]*, aux normes *NF T90-333* et *XP T90-388* et aux guides d'applications *FD T90-733* et *GA T90-788*, avec un tri sans regroupement au laboratoire) ;

A minima un de ces deux compartiments sera suivi de manière systématique.

- **macrophytes (facultatif)** - protocole IBMR (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-395*);
- **diatomées (facultatif)** - protocole IBD (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-354*).

Compartiment physico-chimique

Objectifs - Suivre l'évolution de la physico-chimie liée à la reconnexion avec la nappe, détecter des perturbations éventuelles.

Paramètres mesurés :

- **mesures *in situ*** (obligatoire) : température, pH, conductivité, oxygène dissous ;
- **mesures physico-chimiques** sur paramètres classiques (obligatoire) : turbidité et paramètres liés à l'azote, au phosphore, au carbone organique ;
- **facultatif** : si des enjeux spécifiques liés à l'eutrophisation ou à des substances spécifiques sont identifiés, paramètres complémentaires : paramètres de l'eutrophisation, ions majeurs, métaux, pesticides...

Se référer à la *Fiche 6 [Physico-chimie]*.

Paramètre température

Objectifs - Suivre l'évolution de la température, en lien avec la reconnexion avec la nappe et les échanges nappe-rivière.

- Suivi à l'aide de sondes enregistreuses en continu. Se référer à la *Fiche 5 [Température]*.

Positionnement des points de prélèvement sur la station

Se référer au chapitre *Points de prélèvement*.

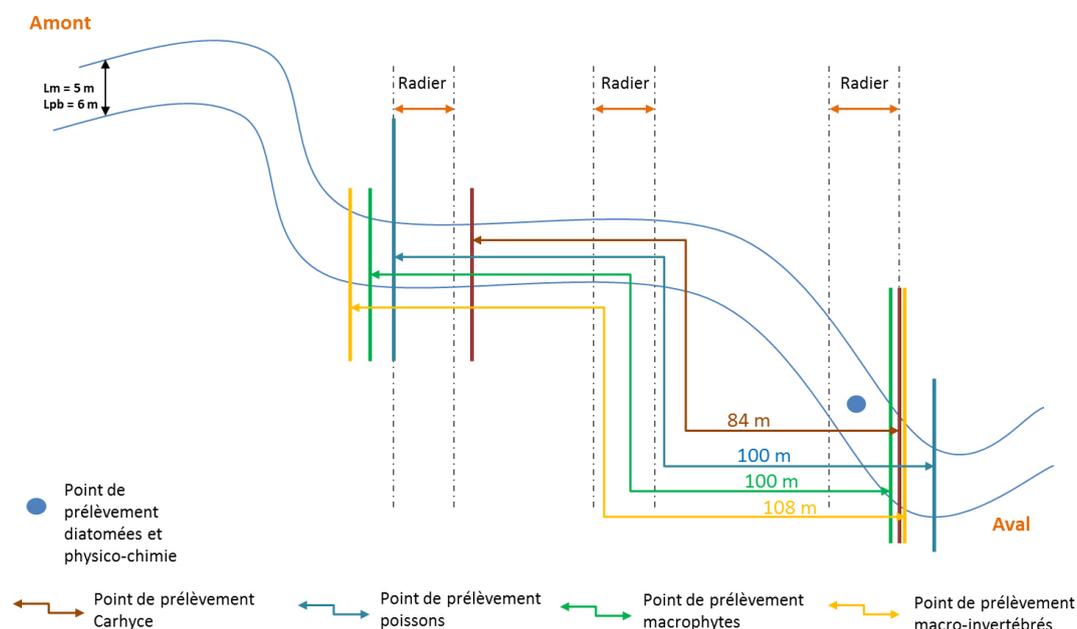


Figure 31 - Positionnement des points de prélèvements par rapport à la configuration de la station. Exemple avec un cours d'eau de largeur mouillée $L_m = 5\text{ m}$ et largeur pleins bords $L_{pb} = 6\text{ m}$. Les points de prélèvements sont tous définis par la limite aval (suivant le point de prélèvement Carhyce) pouvant être légèrement ajustée pour les pêches.

Suivi à l'échelle linéaire et associé

Suivi photo (obligatoire)

Objectif - Suivre l'évolution du paysage avant-après remise dans le talweg en s'assurant de prendre des points de repères et de conserver le même positionnement au fil du temps. Suivre l'évolution du fond de vallée et du lit nouvellement créé ou recreusé.

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

Suivi faciès et profil en long (obligatoire)

Objectif - Suivre les évolutions apportées par la remise dans le talweg (restauration du profil en long, reprise des processus d'érosion/dépôt).

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

Suivi de l'hydrologie (obligatoire)

Objectif - Connaître le fonctionnement hydrologique du tronçon, facteur explicatif des peuplements, de la morphologie et de la physico-chimie observés lors des suivis, évaluer les évolutions avant-après travaux et notamment le retour des crues en fond de vallée (reconnexion avec la plaine d'inondation et les annexes).

Se référer à la *Fiche 9 [Hydrologie]* ;

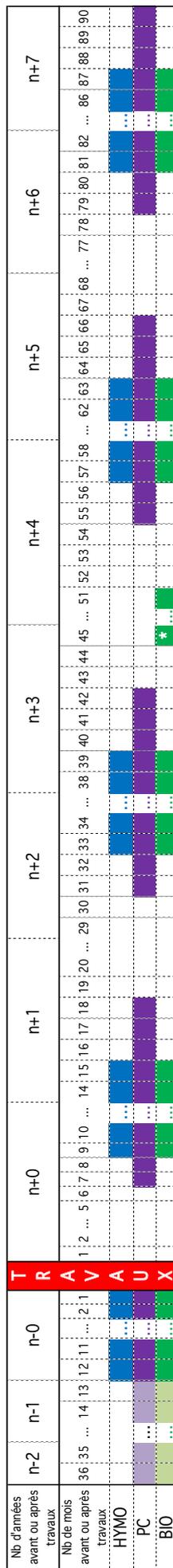
Suivi des connexions avec la nappe (recommandé)

Objectif - Suivre l'évolution de la nappe et des échanges nappe-rivière en lien avec la remise dans le talweg.

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

Organisation générale des campagnes de prélèvements

Les suivis doivent être réalisés dans la mesure du possible de manière synchrone aux deux échelles du suivi et sur toutes les stations. Ils seront mis en œuvre annuellement pendant trois ans avant travaux si possible, et obligatoirement l'année précédant les travaux (Figure 32). Après restauration, ils seront réalisés entre 9 et 15 mois suivant les travaux, puis une année sur deux pendant au moins 7 ans après travaux. Un suivi photo pendant la phase travaux pourra également être conduit pour en visualiser les étapes.



■ Le suivi à réaliser dans tous les cas. ■ Le suivi à réaliser si possible deux à trois ans avant travaux.
 - Les chiffres indiqués (années en « n- » ou « n+ », mois) correspondent au nombre d'années ou de mois avant ou après les travaux.
 HYMO : Hydromorphologie, PC : Physico-chimie, BIO : Biologie, * : suivi piscicole uniquement.

Figure 32 - Programmation du suivi scientifique minimal. En clair, les prélèvements facultatifs. En foncé les prélèvements à réaliser dans tous les cas. Voir la partie Chronologie des suivis pour le détail.

(directe ou suite à une recharge en patch[s])

« Pour remédier à [des] phénomènes d'incision et de disparition du substrat alluvial, [et si l'on ne peut ni restaurer un espace de mobilité au cours d'eau, ni compter sur des apports naturels de l'amont ou latéraux], il sera nécessaire d'apporter sur place les matériaux. » [28] Cet apport constitue l'objet de la reconstitution du matelas alluvial.

Objectifs

Sur l'hydromorphologie :

- recréer une couche de substrat alluvial sur les tronçons où celle-ci a disparu ou est trop peu épaisse ;
- rehausser le fond du lit sur des secteurs incisés et limiter la poursuite de l'incision ;
- rehausser la ligne d'eau à l'étiage ;
- diversifier les morphologies du lit (faciès, profils en travers) ;
- diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur ;
- améliorer la connectivité latérale.

Sur les communautés biologiques :

- recréation d'habitats favorables à des peuplements biologiques diversifiés (notamment concernant les taxons benthiques et/ou lithophiles) ;
- à moyen terme (3 à 5 ans), amélioration de l'état écologique au niveau du site.

Positionnement des stations

Pour les définitions des différentes stations, leur signification et leur positionnement général, se référer au chapitre *Types et positionnement des stations de mesure*. Dans le cadre d'une reconstitution du matelas alluvial, trois stations *a minima* sont préconisées : une station **Restaurée**, une station **Témoin non altérée**, une station **Témoin altérée**.

Les stations seront positionnées en suivant les préconisations ci-après et Figure 33, dans la mesure du possible en :

- positionnant les stations de sorte qu'aucun rejet²⁴ ou affluent significatif ne s'intercale entre les stations ;
- positionnant les stations **Témoin** à l'amont des travaux ;
- positionnant les stations **Témoin** sur le même tronçon²⁵ que la station **Restaurée**.

En cas d'impossibilité, on suivra les préconisations suivant l'arbre de décision donné en Figure 34 et la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

Cas idéal

Dans le cas d'une reconstitution du matelas alluvial (Figure 33), la station **Restaurée** se positionnera sur le secteur présentant un déficit sédimentaire et qui doit être rechargé. On veillera à positionner la station hors cas particulier, c'est à dire ni en limite amont, ni en limite aval, ni sur une particularité locale du secteur restauré (par exemple, un faciès non représentatif du linéaire rechargé).

La station **TA** se positionnera sur le secteur altéré non restauré (c'est-à-dire un secteur ayant un déficit sédimentaire et qui ne fait pas l'objet d'une restauration). Elle sera en amont de l'opération de restauration (en restant sur le même tronçon).

La station **TNA** se positionnera sur un secteur ne présentant pas de déficit sédimentaire sur le cours d'eau.

²⁴ Voir la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*, cas n°1.

²⁵ Voir le glossaire en fin de guide.

Une station **Échelle étendue** est préconisée ici afin de suivre l'évolution et la mobilité de la charge sédimentaire sur le cours d'eau. Elle sera située en aval du secteur rechargé, et se positionnera selon le dimensionnement de l'opération et les prévisions de mobilité des granulats introduits (selon le débit de crue biennal – Q2, la caractérisation de la granulométrie - D50, etc.).

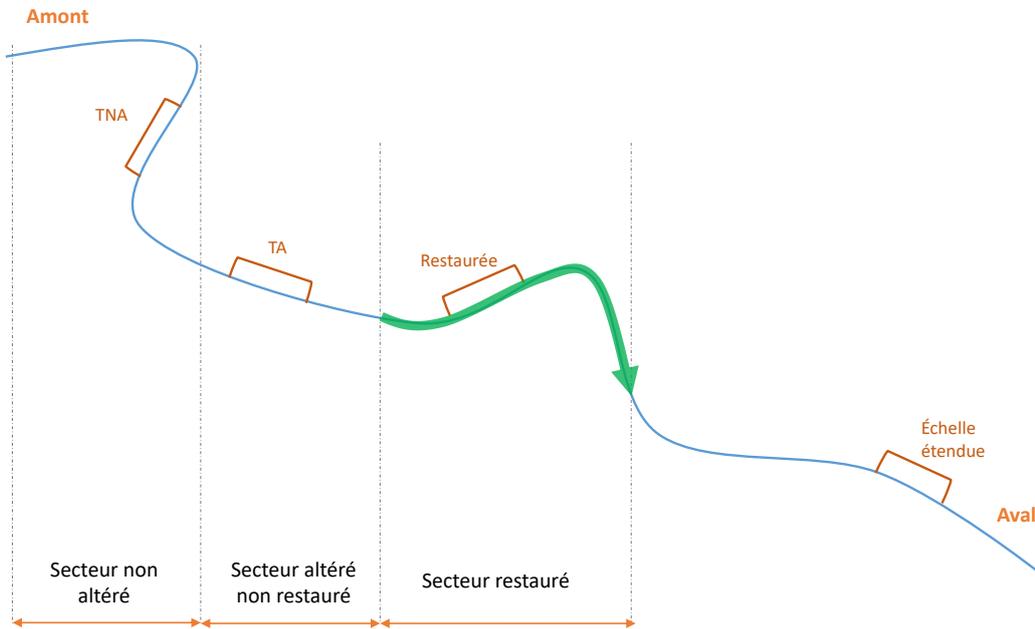


Figure 33 - Localisation des secteurs et positionnement des stations. TA = station Témoine altérée, TNA = station Témoine non altérée. En vert le matelas alluvial recréé et le sens de l'expansion prévue. Cas idéal.

Autre cas : arbre de décision

Pour le positionnement des stations et pour pointer les éventuels écarts au cas idéal, se référer à l'arbre de décision ci-après (Figure 34), dont la lecture se fera d'après la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

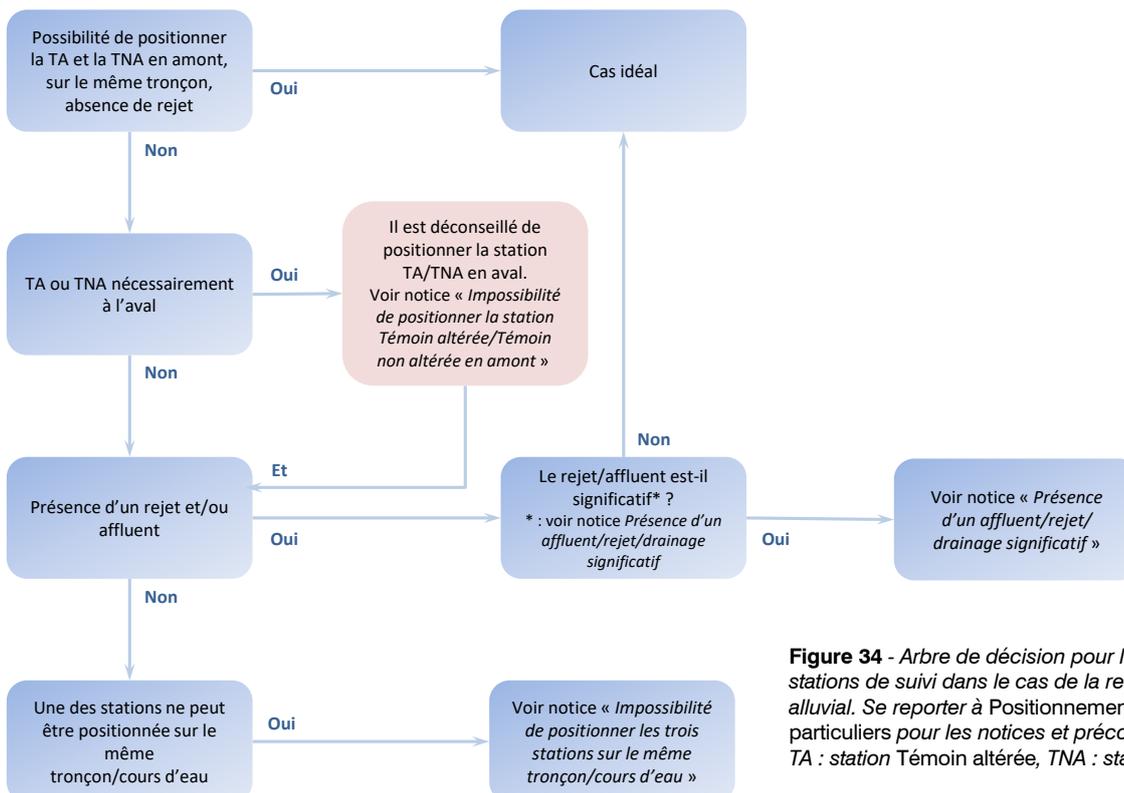


Figure 34 - Arbre de décision pour le positionnement des stations de suivi dans le cas de la reconstitution du matelas alluvial. Se reporter à Positionnement : préconisations et cas particuliers pour les notices et préconisations. TA : station Témoine altérée, TNA : station Témoine non altérée

Positionnement avant/après travaux

Le positionnement des stations lors de suivi pré et post-travaux doit rester **strictement identique** pour toutes les stations du suivi.

Suivi à l'échelle de la station

Dans le cas de la reconstitution du matelas alluvial, le suivi doit être identique sur toutes les stations **Témoins** et **Restaurée** : mêmes compartiments suivis via les mêmes protocoles et à la même période de prélèvement à chaque campagne. Pour les conditions de prélèvement, se référer aux chapitres *Points de prélèvement* et *Chronologie des suivis*.

Sur les stations **Échelle étendue** le cas échéant, les objectifs de l'opération de restauration détermineront les compartiments/éléments à suivre. On procèdera dans tous les cas aux relevés via des protocoles standardisés (notamment ici via le protocole Carhyce).

Compartiment hydromorphologique

Objectif - Suivre les évolutions apportées par la reconstitution du matelas alluvial (retour vers un profil en long plus naturel, limitation de l'incision, diversification des écoulements...).

Protocole de prélèvement :

- **Carhyce (obligatoire)** - (protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied) [19]. Le suivi doit être réalisé en se référant strictement au protocole et à la *Fiche 1 [Hydromorphologie (échelle station)]*.

Compartiment biologique

Objectifs - Suivre l'évolution des peuplements avant-après reconstitution du matelas alluvial, liée à la diversification des habitats, à l'augmentation des caches et abris (granulométrie grossière). Pour les diatomées, suivre l'évolution des peuplements en lien avec l'évolution de la qualité de l'eau et du fonctionnement hydrologique le cas échéant. Pour les macrophytes, suivre l'évolution des peuplements en lien avec la diversification des habitats et la modification du niveau trophique si attendu.

Protocoles de prélèvement :

- **poissons (recommandé)** - pêche complète deux passages ou pêche par point selon largeur/profondeur du cours d'eau (se référer à la *Fiche 2 [Faune piscicole]* et au *Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons [20]*) ;
- **invertébrés (recommandé)** - protocole de prélèvement des macro-invertébrés (se référer à la *Fiche 3 [Macro-invertébrés benthiques]*, aux normes *NF T90-333* et *XP T90-388* et aux guides d'applications *FD T90-733* et *GA T90-788*, avec un tri sans regroupement au laboratoire) ;

A minima un de ces deux compartiments sera suivi de manière systématique.

- **macrophytes (facultatif)** - protocole IBMR (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-395*);
- **diatomées (facultatif)** - protocole IBD (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-354*).

Compartiment physico-chimique

Objectifs - Suivre l'évolution de la physico-chimie, détecter des perturbations éventuelles.

Paramètres mesurés :

- **mesures *in situ*** (obligatoire) : température, pH, conductivité, oxygène dissous ;
- **mesures physico-chimiques** sur paramètres classiques (obligatoire) : turbidité et paramètres liés à l'azote, au phosphore, au carbone organique ;
- **facultatif** : si des enjeux spécifiques liés à l'eutrophisation ou à des substances spécifiques sont identifiés, paramètres complémentaires : paramètres de l'eutrophisation, ions majeurs, métaux, pesticides...

Se référer à la *Fiche 6 [Physico-chimie]*.

Paramètre température

Objectifs - Suivre l'évolution de la température, en lien avec la reconstitution du matelas alluvial et la diversification des écoulements.

- Suivi à l'aide de sondes enregistreuses en continu. Se référer à la *Fiche 5 [Température]*.

Positionnement des points de prélèvement sur la station

Se référer au chapitre *Points de prélèvement*.

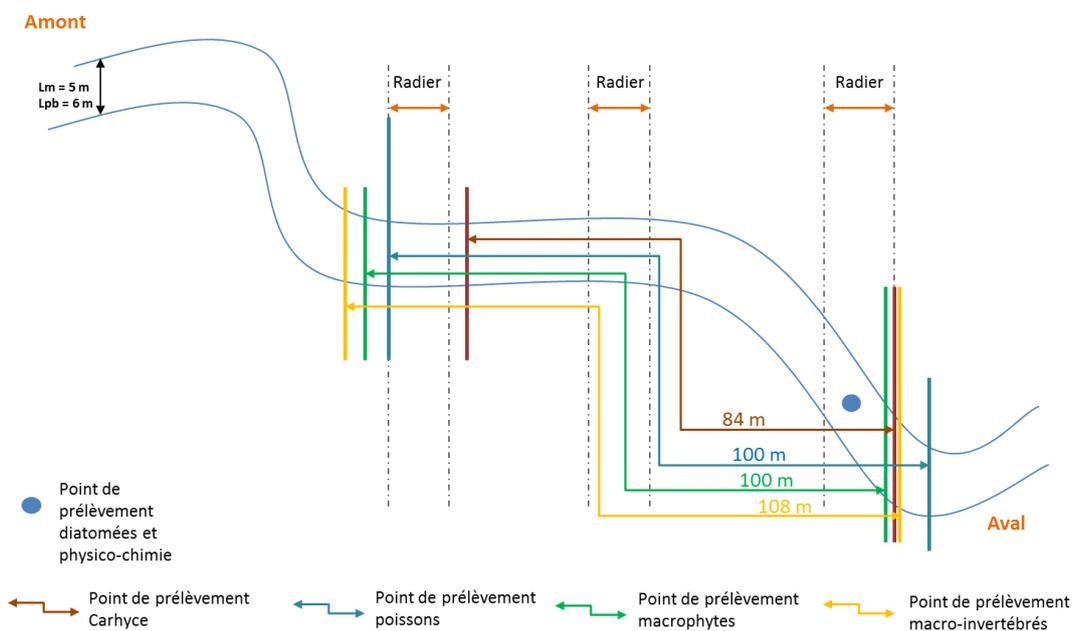


Figure 35 - Positionnement des points de prélèvements par rapport à la configuration de la station. Exemple avec un cours d'eau de largeur mouillée $L_m = 5$ m et largeur pleins bords $L_{pb} = 6$ m. Les points de prélèvements sont tous définis par la limite aval (suivant le point de prélèvement Carhyce) pouvant être légèrement ajustée pour les pêches.

Suivi à l'échelle linéaire et associé

Suivi photo (obligatoire)

Objectif - Suivre l'évolution du paysage avant-après reconstitution du matelas alluvial en s'assurant de prendre des points de repères et de conserver le même positionnement au fil du temps. Suivre l'évolution visuelle du fond du lit et des atterrissements.

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

Suivi faciès et profil en long (obligatoire)

Objectif - Suivre les évolutions apportées par la recharge granulométrique (reprise des processus d'érosion/dépôt, limitation de l'incision, diversification des écoulements).

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

Suivi de l'hydrologie (obligatoire)

Objectif - Connaître le fonctionnement hydrologique du tronçon, facteur explicatif des peuplements, de la morphologie et de la physico-chimie observés lors des suivis, évaluer les évolutions avant-après travaux et notamment les paramètres liés à la mobilisation du matelas alluvial.

Se référer à la *Fiche 9 [Hydrologie]* ;

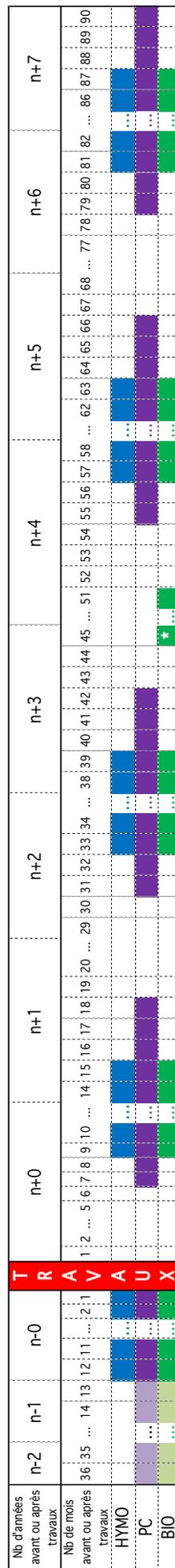
Suivi des connexions avec la nappe (recommandé)

Objectif - Suivre l'évolution de la nappe et des connexions nappe-rivière en lien avec la recharge granulométrique.

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

Organisation générale des campagnes de prélèvements

Les suivis doivent être réalisés dans la mesure du possible de manière synchrone aux deux échelles du suivi et sur toutes les stations. Ils seront mis en œuvre annuellement pendant trois ans avant travaux si possible, et obligatoirement l'année précédant les travaux (Figure 36). Après restauration, ils seront réalisés entre 9 et 15 mois suivant les travaux, puis une année sur deux pendant au moins 7 ans après travaux. Un suivi photo pendant la phase travaux pourra également être conduit pour en visualiser les étapes.



■ Le suivi à réaliser dans tous les cas. ■ Le suivi à réaliser si possible deux à trois ans avant travaux.
 - Les chiffres indiqués (années en « n- » ou « n+ », mois) correspondent au nombre d'années ou de mois avant ou après les travaux.
 HYMO : Hydromorphologie, PC : Physico-chimie, BIO : Biologie, * : suivi piscicole uniquement.

Figure 36 - Programmation du suivi scientifique minimal. En clair, les prélèvements facultatifs. En foncé les prélèvements à réaliser dans tous les cas. Voir la partie Chronologie des suivis pour le détail.

dans le lit mineur et/ou au-delà : suppression d'enrochements et/ou de digues et/ou de merlons de curage

« Le principe sous-tendant la démarche de suppression des contraintes latérales se situe dans la logique de mise en œuvre du concept d'instauration ou de restauration de l'espace de mobilité des cours d'eau. » [28] Le terme inclut également ici des opérations plus modestes impliquant la reconnexion avec les annexes hydrauliques.

Objectifs

Sur l'hydromorphologie :

- réactiver la dynamique fluviale par la création de zones préférentielles d'érosion et de dépôts ;
- recréer une couche de substrat alluvial sur les tronçons où celle-ci a disparu ou est trop peu épaisse ;
- diversifier les morphologies du lit (faciès, profils en travers) ;
- diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur ;
- améliorer la connectivité latérale.

Sur les communautés biologiques :

- recréation d'habitats favorables aux peuplements biologiques ;
- favoriser les communications avec les annexes latérales (zones refuge et zones de reproduction) ;
- à moyen terme (3 à 5 ans), amélioration de l'état écologique au niveau du site.

Positionnement des stations

Pour les définitions des différentes stations, leur signification et leur positionnement général, se référer au chapitre *Types et positionnement des stations de mesure*. Dans le cadre d'une suppression des contraintes latérales, trois stations *a minima* sont préconisées : une station **Restaurée**, une station **Témoin non altérée**, une station **Témoin altérée**.

Les stations seront positionnées en suivant les préconisations ci-après et Figure 37, dans la mesure du possible en :

- positionnant les stations de sorte qu'aucun rejet²⁶ ou affluent significatif ne s'intercale entre les stations;
- positionnant les stations **Témoin** à l'amont des travaux ;
- positionnant les stations **Témoin** sur le même tronçon²⁷ que la station **Restaurée**.

En cas d'impossibilité, on suivra les préconisations suivant l'arbre de décision donné en Figure 38 et la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

Cas idéal

Dans le cas d'une suppression des contraintes latérales (Figure 37), la station **Restaurée** se positionnera sur le secteur restauré, dans l'exemple le secteur où les digues sont supprimées. La station **Témoin altérée** se positionnera sur le secteur altéré non restauré (c'est-à-dire dans ce cas, le secteur sur lequel les digues sont conservées). Elle sera en amont de l'opération de restauration, afin de ne pas être impactée par l'opération elle-même et se trouver en amont des secteurs éventuellement reconnectés avec les annexes (sur la Figure 37, zone humide et bras mort reconnectés dans le secteur restauré).

La station **Témoin non altérée** se positionnera sur un secteur non altéré, ici non contraint par des digues. Elle sera elle aussi située en amont de l'opération de restauration.

²⁶ Voir la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*, cas n°1.

²⁷ Voir le glossaire en fin de guide.

Dans le cadre de ce type de restauration, s'il y a reconnexion avec les annexes, des suivis spécifiques pourront être réalisés dans les annexes.

Au besoin, des stations **Échelle étendue** seront positionnées selon les objectifs de la restauration (modification du transport sédimentaire, limitation de l'érosion sur d'autres secteurs, etc.).

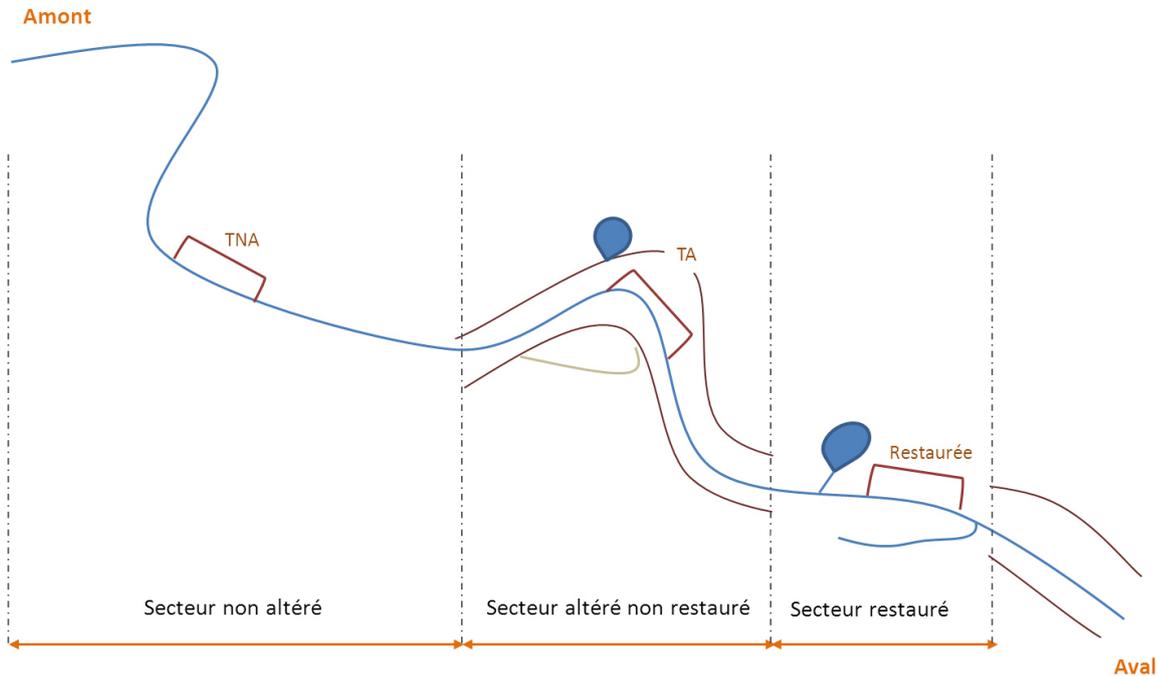


Figure 37 - Localisation des secteurs et positionnement des stations. TA = station Témoin altérée, TNA = station Témoin non altérée. En brun les digues en place de part et d'autre du cours d'eau, en grisé un bras mort déconnecté. Cas idéal (exemple de la suppression de digues, même principe en cas de suppression de merlons de curage, d'enrochements, etc.).

Autre cas : arbre de décision

Pour le positionnement des stations et pour pointer les éventuels écarts au cas idéal, se référer à l'arbre de décision ci-après (Figure 38), dont la lecture se fera d'après la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

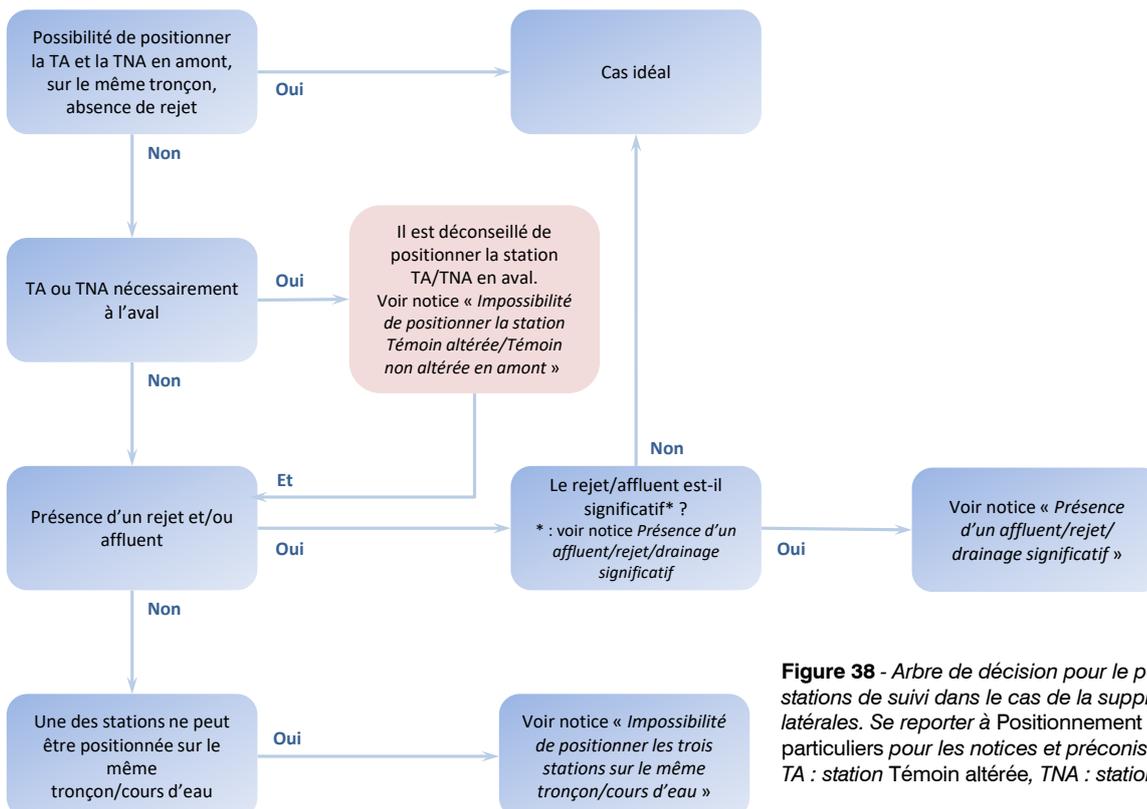


Figure 38 - Arbre de décision pour le positionnement des stations de suivi dans le cas de la suppression des contraintes latérales. Se reporter à *Positionnement : préconisations et cas particuliers* pour les notices et préconisations. TA : station Témoin altérée, TNA : station Témoin non altérée.

Positionnement avant/après travaux

Le positionnement des stations lors de suivi pré et post-travaux doit rester **strictement identique** pour toutes les stations du suivi.

Suivi à l'échelle de la station

Dans le cas de la suppression des contraintes latérales, le suivi doit être identique sur toutes les stations **Témoins** et **Restaurée** : mêmes compartiments suivis via les mêmes protocoles et à la même période de prélèvement à chaque campagne. Pour les conditions de prélèvement, se référer aux chapitres *Points de prélèvement* et *Chronologie des suivis*.

Sur les stations **Échelle étendue** le cas échéant, les objectifs de l'opération de restauration détermineront les compartiments/éléments à suivre. On procèdera dans tous les cas aux relevés via des protocoles standardisés (notamment ici via le protocole Carhyce).

Compartiment hydromorphologique

Objectif - Suivre les évolutions apportées par la suppression des contraintes latérales (limitation de l'incision, modification des berges...).

Protocole de prélèvement :

- **Carhyce (obligatoire)** - (protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied) [19]. Le suivi doit être réalisé en se référant strictement au protocole et à la *Fiche 1 [Hydromorphologie (échelle station)]*.

Compartiment biologique

Objectifs - Suivre l'évolution des peuplements avant-après suppression des contraintes latérales, liée à la reconnexion avec des milieux annexes ou avec des berges plus naturelles. Pour les diatomées, suivre l'évolution des peuplements en lien avec l'évolution de la qualité de l'eau et du fonctionnement hydrologique le cas échéant. Pour les macrophytes, suivre l'évolution des peuplements en lien avec la reconnexion avec les annexes et la modification du niveau trophique si attendu.

Protocoles de prélèvement :

- **poissons (recommandé)** - pêche complète deux passages ou pêche par point selon largeur/profondeur du cours d'eau (se référer à la *Fiche 2 [Faune piscicole]* et au *Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons [20]*) ;
- **invertébrés (recommandé)** - protocole de prélèvement des macro-invertébrés (se référer à la *Fiche 3 [Macro-invertébrés benthiques]*, aux normes *NF T90-333* et *XP T90-388* et aux guides d'applications *FD T90-733* et *GA T90-788*, avec un tri sans regroupement au laboratoire) ;

A minima un de ces deux compartiments sera suivi de manière systématique.

- **macrophytes (facultatif)** - protocole IBMR (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-395*);
- **diatomées (facultatif)** - protocole IBD (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-354*).

Compartiment physico-chimique

Objectifs - Suivre l'évolution de la physico-chimie, détecter des perturbations éventuelles.

Paramètres mesurés :

- **mesures *in situ*** (obligatoire) : température, pH, conductivité, oxygène dissous ;
- **mesures physico-chimiques** sur paramètres classiques (obligatoire) : turbidité et paramètres liés à l'azote, au phosphore, au carbone organique ;
- **facultatif** : si des enjeux spécifiques liés à l'eutrophisation ou à des substances spécifiques sont identifiés, paramètres complémentaires : paramètres de l'eutrophisation, ions majeurs, métaux, pesticides...

Se référer à la *Fiche 6 [Physico-chimie]*.

Paramètre température

Objectifs - Suivre l'évolution de la température, en lien avec la reconnexion avec les annexes.

- Suivi à l'aide de sondes enregistreuses en continu. Se référer à la *Fiche 5 [Température]*.

Positionnement des points de prélèvement sur la station

Se référer au chapitre *Points de prélèvement*.

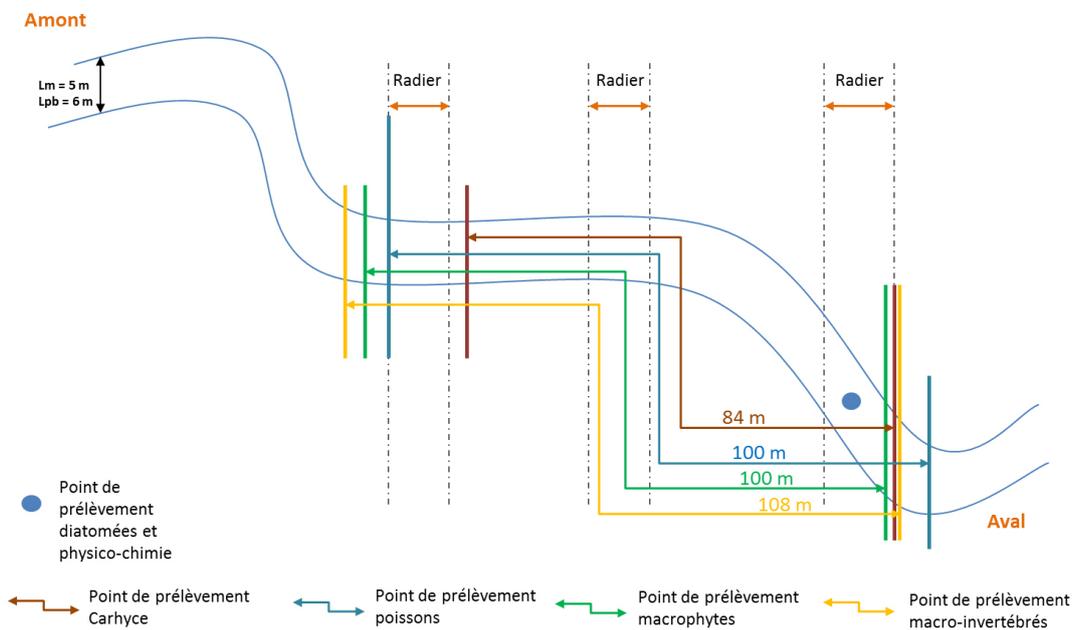


Figure 39 - Positionnement des points de prélèvements par rapport à la configuration de la station. Exemple avec un cours d'eau de largeur mouillée $L_m = 5 \text{ m}$ et largeur pleins bords $L_{pb} = 6 \text{ m}$. Les points de prélèvements sont tous définis par la limite aval (suivant le point de prélèvement Carhyce) pouvant être légèrement ajustée pour les pêches.

Suivi photo (obligatoire)

Objectif - Suivre visuellement l'évolution avant-après suppression des contraintes en s'assurant de prendre des points de repères et de conserver le même positionnement au fil du temps. Suivre l'évolution visuelle des berges et du fond de vallée.

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

Suivi faciès et profil en long (obligatoire)

Objectif - Suivre les évolutions apportées par la suppression des contraintes latérales (limitation de l'incision, reprise des processus d'érosion/dépôt en lien avec la plaine alluviale).

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

Suivi de l'hydrologie (obligatoire)

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

Se référer à la *Fiche 9 [Hydrologie]* ;

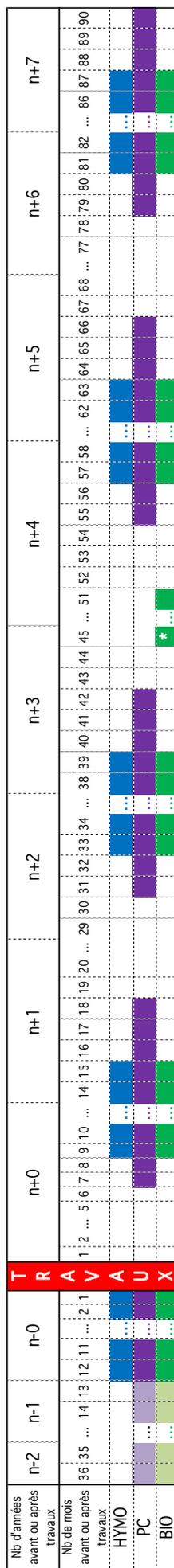
Suivi des connexions avec la nappe (si enjeu)

Objectif - Suivre l'évolution de la nappe et des connexions nappe-rivière en lien avec la suppression des contraintes latérales, notamment avec la reconnexion des annexes.

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

Organisation générale des campagnes de prélèvements

Les suivis doivent être réalisés dans la mesure du possible de manière synchrone aux deux échelles du suivi et sur toutes les stations. Ils seront mis en œuvre annuellement pendant trois ans avant travaux si possible, et obligatoirement l'année précédant les travaux (Figure 40). Après restauration, ils seront réalisés entre 9 et 15 mois suivant les travaux, puis une année sur deux pendant au moins 7 ans après travaux. Un suivi photo pendant la phase travaux pourra également être conduit pour en visualiser les étapes.



■ Le suivi à réaliser dans tous les cas. ■ Le suivi à réaliser si possible deux à trois ans avant travaux.
 - Les chiffres indiqués (années en « n- » ou « n+ », mois) correspondent au nombre d'années ou de mois avant ou après les travaux.
 HYMO : Hydromorphologie, PC : Physico-chimie, BIO : Biologie, * : suivi piscicole uniquement.

Figure 40 - Programmation du suivi scientifique minimal. En clair, les prélèvements facultatifs. En foncé les prélèvements à réaliser dans tous les cas. Voir la partie Chronologie des suivis pour le détail.

Sans modification significative de l'emprise foncière

« La modification de la géométrie du lit mineur/moyen dans un espace limité constitue une opération technique délicate à mettre en œuvre, puisqu'elle est toujours le résultat d'un compromis a priori antinomique, entre la volonté de produire un milieu alluvial élargi [ou plus diversifié] tout en étant néanmoins contraint. » [28] Ce type de travaux correspond à une volonté de reméandrer mais dans un système soumis à des contraintes foncières avec une ambition nécessairement moindre qu'un reméandrage. Il s'agit typiquement de cours d'eau en milieu urbain ou péri-urbain mais pas systématiquement, il peut s'agir d'un cours d'eau en milieu rural dont la maîtrise foncière ne permet pas des travaux au-delà du lit mineur. Cependant il ne s'agit pas là d'inclure de simples mesures de diversification du lit mineur (pose de blocs, épis, embâcles...) mais de viser le rétablissement, au moins partiel, des processus hydromorphologiques altérés.

Exemples : reméandrage à l'intérieur du lit mineur, resserrement du lit d'étiage, création de lits emboîtés (voir Figure 41).

Objectifs

Sur l'hydromorphologie :

- augmenter la profondeur de la lame d'eau en étiage ;
- diversifier les morphologies du lit (faciès, profils en travers) ;
- diversifier les écoulements et les habitats du lit mineur ;
- favoriser l'auto-curage et limiter les risques de colmatage.

Sur les communautés biologiques :

- changements de composition des peuplements biologiques liés à la diversification des habitats (diversification du peuplement, retour d'espèces lithophiles, etc.) ;
- à moyen terme (3 à 5 ans), amélioration de l'état écologique au niveau du secteur restauré.

Positionnement des stations

Pour les définitions des différentes stations, leur signification et leur positionnement général, se référer au chapitre *Types et positionnement des stations de mesure*. Dans le cadre d'une modification de la géométrie du lit, trois stations *a minima* sont préconisées : une station **Restaurée**, une station **Témoin non altérée**, une station **Témoin altérée**.

Les stations seront positionnées en suivant les préconisations ci-après et Figure 41, dans la mesure du possible en :

- positionnant les stations de sorte qu'aucun rejet²⁸ ou affluent significatif ne s'intercale entre les stations ;
- positionnant les stations **Témoin** à l'amont des travaux ;
- positionnant les stations **Témoin** sur le même tronçon²⁹ que la station **Restaurée**.

En cas d'impossibilité, on suivra les préconisations suivant l'arbre de décision donné en Figure 42 et la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

Cas idéal

Dans le cas d'une modification de la géométrie du lit (Figure 41), la station **Restaurée** se positionnera sur le secteur restauré, dans l'exemple sur le secteur faisant l'objet d'un rétrécissement du lit.

La station **TA** se positionnera sur le secteur altéré (ici recalibré) non restauré. Elle sera en amont de l'opération de restauration, afin de ne pas être impactée par l'opération elle-même (exemple : colmatage lié aux travaux).

²⁸ Voir la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*, cas n° 1.

²⁹ Voir le glossaire en fin de guide.

La station **TNA** se positionnera sur un secteur non altéré, ici non recalibré. Elle sera également en amont de l'opération de restauration.

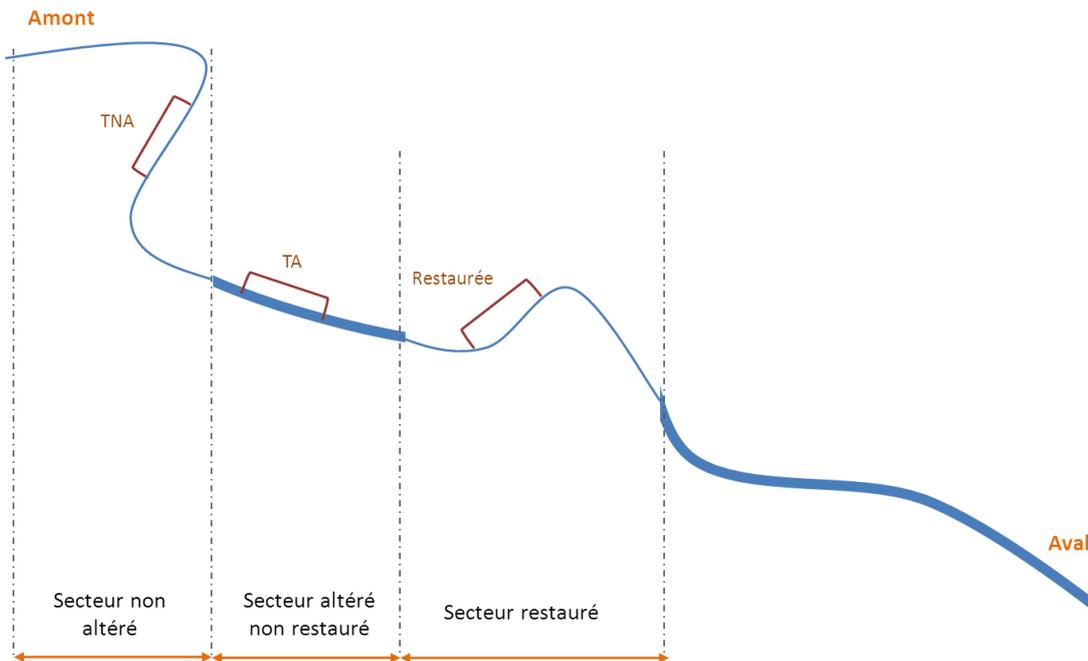


Figure 41 - Localisation des secteurs et positionnement des stations. TA = station Témoin altérée, TNA = station Témoin non altérée. Cas idéal (exemple d'un rétrécissement de lit recalibré).

Autre cas : arbre de décision

Pour le positionnement des stations et pour pointer les éventuels écarts au cas idéal, se référer à l'arbre de décision ci-après (Figure 42), dont la lecture se fera d'après la partie *Positionnement : préconisations et cas particuliers*.

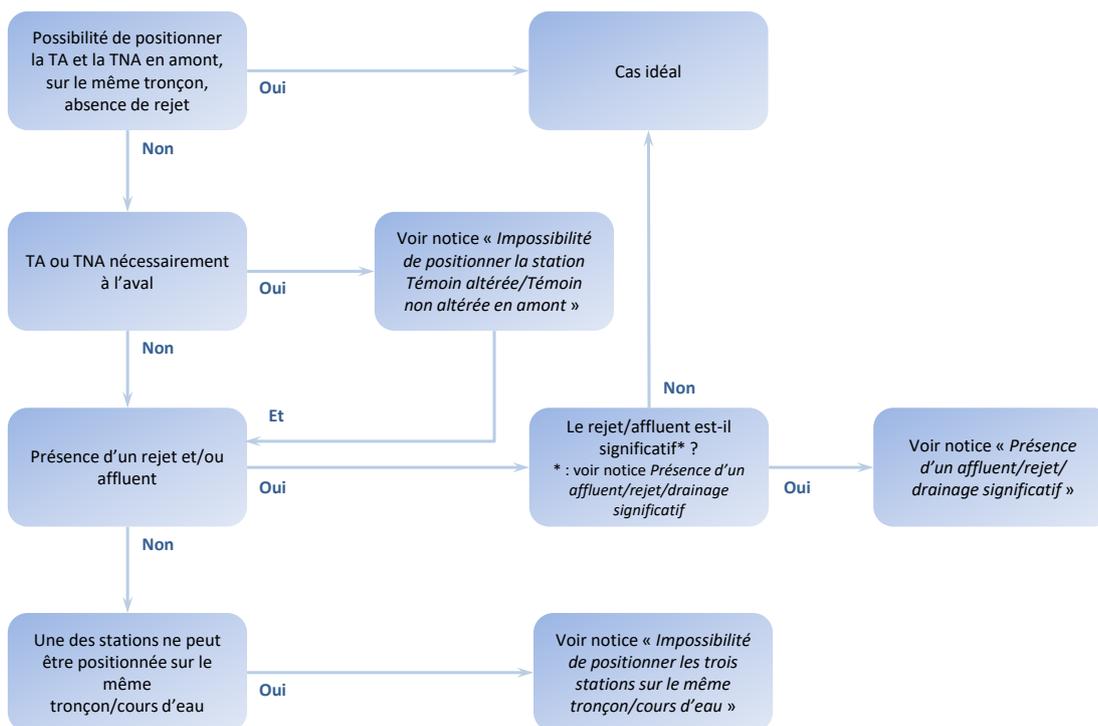


Figure 42 - Arbre de décision pour le positionnement des stations de suivi dans le cas de la modification de la géométrie du lit. Se reporter à Positionnement : préconisations et cas particuliers pour les notices et préconisations. TA : station Témoin altérée, TNA : station Témoin non altérée.

Positionnement avant/après travaux

Le positionnement des stations lors de suivi pré et post-travaux doit rester **strictement identique** pour toutes les stations du suivi.

Suivi à l'échelle de la station

Dans le cas de la modification de la géométrie du lit, le suivi doit être identique sur toutes les stations **Témoins** et **Restaurée** : mêmes compartiments suivis via les mêmes protocoles et à la même période de prélèvement à chaque campagne. Pour les conditions de prélèvement, se référer aux parties *Points de prélèvement* et *Chronologie des suivis*.

Compartiment hydromorphologique

Objectif - Suivre les évolutions apportées par la modification de la géométrie du lit (modification des lits mineur et d'étiage, évolution des berges).

Protocole de prélèvement :

- **Carhyce (obligatoire)** - (protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied) [19]. Le suivi doit être réalisé en se référant strictement au protocole et à la *Fiche 1 [Hydromorphologie (échelle station)]*.

Compartiment biologique

Objectifs - Suivre l'évolution des peuplements avant-après modification de la géométrie du lit, liée à la diversification des habitats et à la modification des niveaux d'eau. Pour les diatomées, suivre l'évolution des peuplements en lien avec l'évolution de la qualité de l'eau et du fonctionnement hydrologique le cas échéant. Pour les macrophytes, suivre l'évolution des peuplements en lien avec la modification des berges et la diversification des écoulements.

Protocoles de prélèvement :

- **poissons (recommandé)** - pêche complète deux passages ou pêche par point selon largeur/profondeur du cours d'eau (se référer à la *Fiche 2 [Faune piscicole]* et au *Guide pratique de mise en œuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons [20]*) ;
- **invertébrés (recommandé)** - protocole de prélèvement des macro-invertébrés (se référer à la *Fiche 3 [Macro-invertébrés benthiques]*, aux normes *NF T90-333* et *XP T90-388* et aux guides d'applications *FD T90-733* et *GA T90-788*, avec un tri sans regroupement au laboratoire) ;

A minima un de ces deux compartiments sera suivi de manière systématique.

- **macrophytes (facultatif)** - protocole IBMR (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-395*);
- **diatomées (facultatif)** - protocole IBD (se référer à la *Fiche 4* et à la norme *NF T90-354*).

Compartiment physico-chimique

Objectifs - Suivre l'évolution de la physico-chimie, détecter des perturbations éventuelles.

Paramètres mesurés :

- **mesures *in situ*** (obligatoire) : température, pH, conductivité, oxygène dissous ;
- **mesures physico-chimiques** sur paramètres classiques (obligatoire) : turbidité et paramètres liés à l'azote, au phosphore, au carbone organique ;
- **facultatif** : si des enjeux spécifiques liés à l'eutrophisation ou à des substances spécifiques sont identifiés, paramètres complémentaires : paramètres de l'eutrophisation, ions majeurs, métaux, pesticides...

Se référer à la *Fiche 6 [Physico-chimie]*.

Paramètre température

Objectifs - Suivre l'évolution de la température, en lien avec la modification de la hauteur d'eau et la diversification des écoulements.

- Suivi à l'aide de sondes enregistreuses en continu. Se référer à la *Fiche 5 [Température]*.

Positionnement des points de prélèvement sur la station

Se référer au chapitre *Points de prélèvement*.

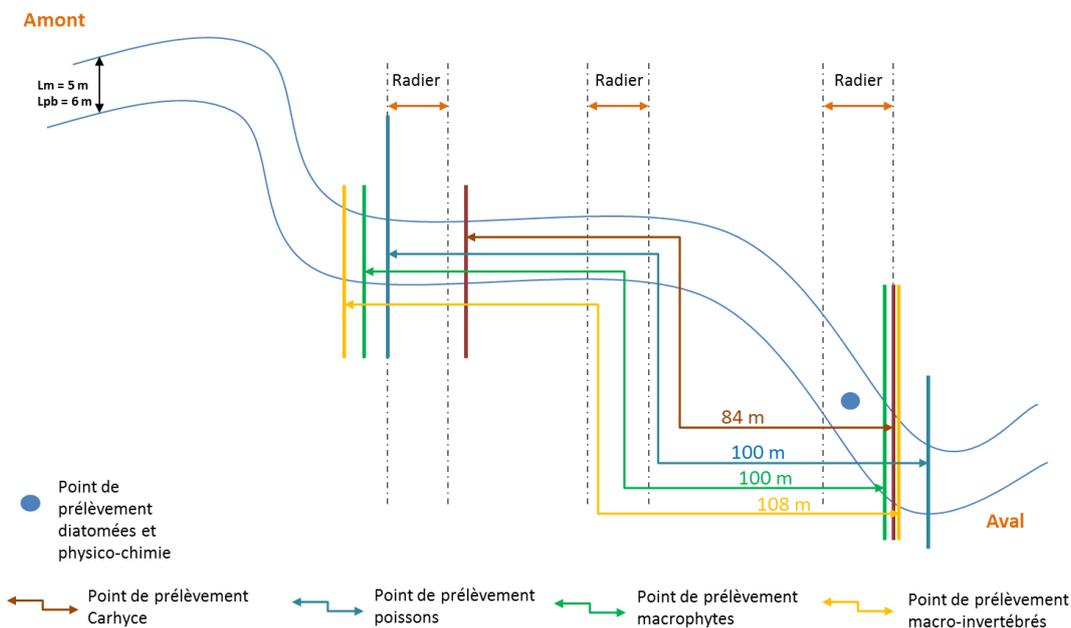


Figure 43 - Positionnement des points de prélèvements par rapport à la configuration de la station. Exemple avec un cours d'eau de largeur mouillée $L_m = 5$ m et largeur pleins bords $L_{pb} = 6$ m. Les points de prélèvements sont tous définis par la limite aval (suivant le point de prélèvement Carhyce) pouvant être légèrement ajustée pour les pêches.

Suivi à l'échelle linéaire et associé

Suivi photo (obligatoire)

Objectif - Suivre l'évolution du paysage avant-après modification de la géométrie du lit en s'assurant de prendre des points de repères et de conserver le même positionnement au fil du temps. Suivre l'évolution visuelle des berges, du lit d'étiage et du lit mineur.

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

Suivi faciès et profil en long (obligatoire)

Objectif - Suivre les évolutions apportées par la modification de la géométrie du lit (modification des lits mineur et d'étiage, évolution des processus d'érosion/dépôt).

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

Suivi de l'hydrologie (obligatoire)

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

Se référer à la *Fiche 9 [Hydrologie]* ;

Suivi des connexions avec la nappe (si enjeu)

Objectif - Suivre l'évolution de la nappe et des connexions nappe-rivière en lien avec la modification de la géométrie du lit, notamment avec la modification des niveaux d'eau.

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

