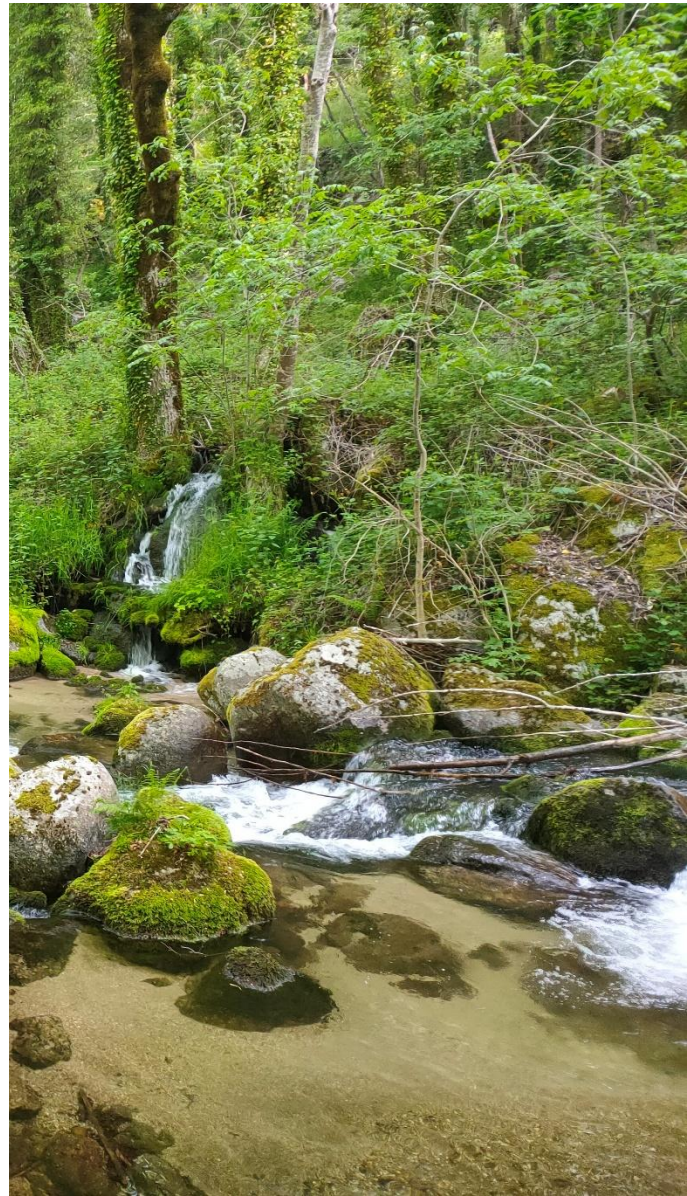


Proposition d'un suivi environnemental des projets de régénération low- tech des milieux rivières fondés sur les processus Version 2



5 décembre 2025

Rémi BOURRU

Table des matières

1.	Introduction	5
2.	Règles d'élaboration du protocole	6
3.	L'importance du diagnostic initial.....	8
4.	Les indicateurs.....	9
4.1	La morphologie.....	9
4.1.1	Suivi photographique	9
4.1.2	Suivi topographique	10
4.1.3	Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM).....	12
4.1.4	Facies d'écoulement, granulométrie et colmatage	14
4.1.5	Autres indicateurs de complexité hydrodynamique	15
4.2	L'hydrologie	16
4.2.1	Suivi piézométrique.....	16
4.2.2	Suivi hydrologique.....	16
4.3	La physicochimie	18
4.3.1	Suivi thermique et oxygénation	19
4.3.2	Suivi trophique et saprobique	20
4.3.3	Suivi de la turbidité et des matières en suspension.....	20
4.4	La biologie.....	21
4.4.1	Caractérisation des habitats	21
4.4.2	Indicateurs zone humide - MhéO	22
4.4.3	Inventaire des invertébrés	24
4.4.4	Inventaire piscicole	25
4.4.5	Continuité écologique	26
4.4.6	ADN environnemental.....	27
4.4.7	Prospections naturalistes	27
5.	Conclusions	28

Table des figures

Figure 1: Exemple de structure en bois ayant pour objectif d'initier une dynamique d'érosion latérale	5
Figure 2: Tableau de synthèse des protocoles retenus	7
Figure 3: Sites ressources pour réaliser un diagnostic préalable à la conception du suivi écologique	8
Figure 4: Application Phlux pour le suivi photographique sur téléphone.....	9
Figure 5: Suivi cartographique par drone d'un site renaturé sur la Mosson à Laverune (34)	10
Figure 6: Suivi topographique par drone d'un site renaturé sur la Mosson à Laverune (34) et comparaison d'un profil altimétrique de berge	11
Figure 7: Cartes de substrats, profondeurs et vitesses constitutives de l'IAM (©Aquascop, 2020)	12
Figure 8 : classes de vitesse et profondeur IAM.....	13
Figure 9: coefficient d'attractivité des supports pour les poissons	13
Figure 10: Valeurs expérimentales de référence de l'IAM en fonction de la largeur moyenne du lit mineur*	14
Figure 11: caractérisation des facies en 2D (©Aquascop)	14
Figure 12: hydrogramme de station amont et aval d'une centrale hydroélectrique (© Squama)	17
Figure 13: valeurs des limites de classe d'état associées aux paramètres physicochimiques générales des cours d'eau	18
Figure 14: évolution des températures avec abaque des préférendums piscicoles entre l'amont et l'aval d'une centrale hydroélectrique (© Squama)	19
Figure 15: valeurs des limites de classe d'état associées aux paramètres physicochimiques générales des cours d'eau	20
Figure 16: liste des requêtes définissant les types d'horizons hydromorphes (© LIgerO).....	22
Figure 17: Plan d'échantillonnage des placettes d'inventaires en fonction des habitats EUNIS (© RhomeO)	23
Figure 19:Prélèvements d'invertébrés dans le cadre d'un I2M2	24
Figure 19: Inventaire piscicole par pêche à l'électricité et biométrie associée	26

1. Introduction

La régénération low tech des milieux rivières fondée sur les processus écologiques s'intéresse principalement à l'effet de **deux matrices biotiques considérées comme « clé-de-voute »** :

- L'accumulation de bois mort ;
- L'activité de construction du castor.

Les travaux d'ingénierie écologique qui s'inspirent de ces structures sont considérés comme novateurs en France. Ils présentent des spécificités techniques et des objectifs particuliers concernant la réactivation de processus écologiques. Ces effets sur la structuration et la composition de la biocénose et sur les caractéristiques du biotope nécessitent **d'être évalués de façon standardisée** pour fluidifier le retour d'expériences auprès des gestionnaires et des financeurs.

Le but de ce document est donc de présenter l'ensemble des protocoles pertinents pour la mise en place la trame d'un protocole de suivi environnemental spécifique. Ceux-ci sont choisis **sur la base d'une sélection et adaptation d'indicateurs normalisés** déjà utilisés en routine pour étudier la qualité des écosystèmes fluviaux et alluviaux en France.

Dans un souci de cohérence et de volonté de garantir l'accessibilité de ces méthodes au plus grand nombre, les protocoles de suivi low -tech seront favorisés.

Ce travail a été réalisé conjointement avec les scientifiques de l'INRAE Didier Alard, Andre Evette, Maria Alp, Guillaume Piton et Yann Abdallah de Scimabio Interface dans le cadre du programme ERABLE.



Figure 1: Exemple de structure en bois ayant pour objectif d'initier une dynamique d'érosion latérale

2. Règles d'élaboration du protocole

Pour étudier de façon opérationnelle les objectifs de restauration le présent protocole se base sur **la méthodologie Before-After-Contrôle-Impact (BACI)**. Il nécessite donc :

- Un état initial avant travaux pour établir le diagnostic des conditions de référence (Before) ;
- Un suivi post travaux pour évaluer les effets du projet dans le temps (After) ;
- Sur un site témoin non influencé par le projet mais présentant des conditions écologiques proches (Contrôle) ;
- Et sur un site bénéficiant directement des travaux de renaturation (Impact).

Ce document est conçu comme **une boîte à outils regroupant l'ensemble des indicateurs pertinents** qui pourront être utilisés seuls ou en combinaison dans l'évaluation et le suivi diachronique des processus écologique à l'œuvre.

L'ensemble des paramètres choisis pour suivre l'évolution des milieux fluviaux sont normalisés et issus 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. Ils permettent d'étudier les compartiments physicochimiques, hydromorphologiques et biologiques nécessaires à l'évaluation de la qualité structurelle et fonctionnelle des écosystèmes aquatiques continentaux. L'étude des écosystèmes alluviaux se basent majoritairement sur l'arrêté du 01/10/09 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides.

Les protocoles présentés dans la suite du document pourront ainsi être utilisés et combinés pour **évaluer spécifiquement les différents objectifs de régénération** que sont :

- O1 : L'hétérogénéité des habitats aquatiques et rivulaires ;
- O2 : L'aggradation du lit ;
- O3 : La connectivité latérale avec la plaine alluviale ;
- O4 : La capacité de rétention hydrologique ;
- O5 : l'autoépuration.

L'hétérogénéisation et la réhydratation du fond de vallée peuvent aussi être étudiées sous le prisme de la résilience et la robustesse du milieu rivière face aux aléas climatiques et de la mitigation des **risques naturels associés** :

- R1 : Le risque sécheresse ;
- R2 : Le risque inondation/embâcle ;
- R3 : Le risque incendie ;
- R4 : Le risque de contamination/pollution ;

Le potentiel d'évaluation des différents objectifs écologiques (OX) et de la mitigation des risques naturels (RX) sera spécifié pour chaque protocole.

Dans un objectif de standardisation indispensable à la comparaison cout-effort/bénéfice des différents retours d'expérience, le diagnostic final devra être exprimé sous la forme **d'une métrique spatiotemporelle normalisée** en se rapportant aux nombres de structures par kilomètre et aux nombres de campagnes par an.

Catégorie	Indicateur	Bénéfice à évaluer	Protocole	Localisation	Livrable
Morphologie	Suivi photographique	O1	Phlux / vol drone	Emprise projet	Photographie/Orthomosaïque
Morphologie	Profil longitudinal - fond	O2 - O4	CARHYCE adapté	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Morphologie	Profil longitudinal - surface	O3 - O4	CARHYCE adapté	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Morphologie	Profil transversal - fond	O2 - O4	CARHYCE adapté	Transects	Cartographie - format Polygone
Morphologie	Profil transversal - eau	O3 - O4	CARHYCE adapté	Transects	Cartographie - format Polygone
Morphologie	Vitesse d'écoulement	O1	IAM	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Morphologie	Substrat	O1	IAM	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Morphologie	Profondeur	O1 - O2	IAM	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Morphologie	Facies d'écoulement	O1	Clé Facies - Malavoi & Souchon, 2002	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Morphologie	Colmatage	O1	Clé colmatage - Archambault 2005	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Morphologie	Réseau hydrographique	O1	Protocole USA adapté	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Hydrologie	Régime hydrologique	O4	Station de jaugeage Squama	station Amont / Aval projet	Tableau de données
Hydrologie	Nappe d'accompagnement	O4	Suivi piezométrique Hydrindic	X stations dans Emprise projet	Tableau de données
Physicochimie	Température	O1	Abaque seuil SEQ, DCE	Amont / Aval projet	Tableau de données
Physicochimie	Température	O1	Abaque seuil SEQ, DCE	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Physicochimie	Turbidité	O5	Abaque seuil SEQ, DCE	Amont / Aval projet	Tableau de données
Physicochimie	Matières Organiques	O5	Abaque seuil SEQ, DCE	Amont / Aval projet	Tableau de données
Physicochimie	Nutriments (N/P)	O5	Abaque seuil SEQ, DCE	Amont / Aval projet	Tableau de données
Physicochimie	Oxygénation	O5	Abaque seuil SEQ, DCE	Amont / Aval projet	Tableau de données
Physicochimie	Oxygénation	O5	Abaque seuil SEQ, DCE	Emprise projet	Cartographie - format polygone
Biologie	Caractérisation habitat	O1	HabRef, EUNIS, 2022	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Biologie	Sol ZH	O1 - O4	Indicateur pédologie - Rhémo	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Biologie	Flore ZH	O1 - O4	Indicateur Bota - Rhémo	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Biologie	Invertébrés	O1	MAG20 / I2M2	Emprise projet	Tableau de données
Biologie	Poissons	O1	MACMA Salmo	Emprise projet	Cartographie - format Polygone
Biologie	Poissons	O1	IPR - pêche par point (IAM)	Emprise projet	Tableau de données
Biologie	Continuité écologique	O1	Télémétrie RFID - F Index	Emprise projet	Tableau de données
Biologie	ADNe	O1	Prospection	Amont / Aval projet	Tableau de données
Biologie	Prospection naturaliste	O1	Prospection	Emprise projet	Tableau de données

Figure 2: Tableau de synthèse des protocoles retenus

3. L'importance du diagnostic initial

La réalisation d'une synthèse diagnostique des informations existantes sur la zone d'étude est une phase primordiale à la conception du protocole de suivi environnemental **dans le but de cadrer le contexte, recenser les enjeux et de fixer précisément les objectifs envisagés par le projet de restauration.**

Les informations suivantes doivent obligatoirement faire l'objet **d'une recherche bibliographique et/ou de collectes auprès des organismes gestionnaires et scientifiques** qui les produisent ou en sont propriétaires. Les données primordiales à consulter au préalable du projet sont :

- Les zonages règlementaires d'espaces protégés ou classements spécifiques dans les documents de planification et d'urbanisme locaux ;
- La réglementation concernant la continuité écologique et les enjeux migrateurs (liste 1, 2 et Plans d'action nationaux) ;
- Les espèces cibles, situation du peuplement piscicole et astacicole et l'état écologique du milieu aquatique ;
- Le positionnement de la zone d'étude sur le bassin versant et le fonctionnement hydrologique et hydromorphologique actuel ;
- Les sources de pressions potentielles initiales au sein du secteur d'étude élargi et la description des altérations sur la qualité de l'eau et de l'habitat ;
- La localisation des contraintes foncières, de la superficie de plaine réactivable et identification des acteurs du territoire ;

La consultation des sites suivants est vivement conseillée :

Geoportail	Zonage règlementaire, occupation du sol	www.geoportail.gouv.fr
LIDAR HD	Topographie MNT/MNS	https://geoservices.ign.fr/lidarhd
INPN SINP Inaturalist ...	Données naturalistes	https://inpn.mnhn.fr/ https://www.patrinat.fr/fr https://www.inaturalist.org/
Naiades	Qualité des masses d'eau	https://naiades.eaufrance.fr/

Figure 3: Sites ressources pour réaliser un diagnostic préalable à la conception du suivi écologique

4. Les indicateurs

4.1 La morphologie

4.1.1 Suivi photographique

Le suivi photographique est un outil simple mais aussi très informatif. Il est indispensable pour documenter les changements progressifs tout au long de la vie d'un projet de renaturation dans le but d'aider à la compréhension de la nouvelle trajectoire écologique du lieu. Cette méthodologie permet de **mettre en évidence visuellement l'évolution des processus à l'œuvre** après la création des structures low-tech et de capitaliser sur l'occurrence et l'impact d'événements hydrologiques. Ce procédé peut participer à expliquer les dynamiques associées à L'hétérogénéité des habitats aquatiques et rivulaires (Objectif O1).

Il peut être réalisé depuis le sol à l'aide d'un appareil photographique numérique ou d'un téléphone mais peut aussi être réalisé depuis les airs à l'aide d'un drone.

La reproductibilité géospatiale de la photographie est un élément clé du protocole.

Au sol, la reproductibilité peut être assurée par la mise à demeure d'un piège photographique fixe à déclencheur horodatée ou bien avec l'installation d'un socle permettant de caler son appareil dans une position identique à chaque prise.

Le développement **d'applications smartphone spécifiques** qui enregistrent et indiquent la géolocalisation et l'angle de vue à chaque prise en se basant sur la photo initiale se démocratise actuellement. **L'application Phlux** est particulièrement adaptée au reportage photographique et permet de bancariser les différentes images successives du reportage photographique même hors ligne. De plus, cet outil est collaboratif est chaque nouvelle station est géolocalisée sur une plateforme publique ce qui le rend particulièrement intéressant dans le cadre d'actions de sciences participatives.

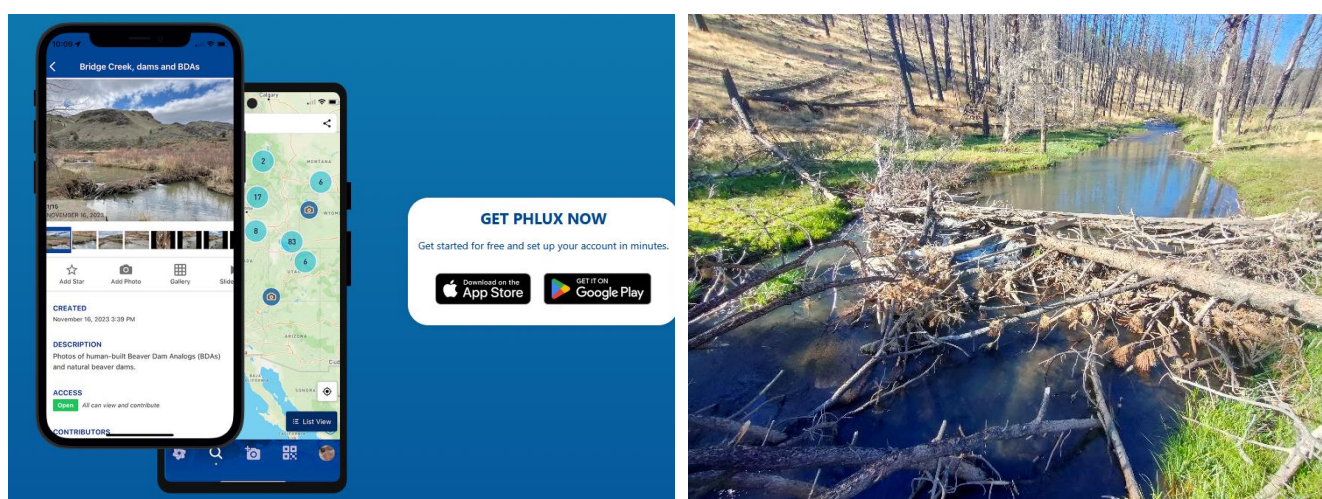


Figure 4: Application Phlux pour le suivi photographique sur téléphone

La réalisation d'un reportage photographique à l'aide d'un plan de vol automatisé par drone aéroportée est fortement conseillée dans le cadre de projets s'intégrant dans des milieux ouverts avec une faible couverture arborée permettant de voir le sol depuis les airs.

Après traitement photogrammétrique de ces images géolocalisées, **une orthomosaïque peut être générée**. Ces livrables géomatiques successifs peuvent ou pourront servir dans le futur de supports de caractérisation d'habitats divers tels que la croissance de la végétation, le taux d'ombrage, la densité de végétation, les évolutions hydrodynamiques latérales, laisses de crues.



Figure 5: Suivi cartographique par drone d'un site renaturé sur la Mosson à Laverune (34)

Le suivi sera réalisé à minima une fois par an en période de basses-eaux dans l'objectif de discriminer au mieux les habitats aquatiques et rivulaires.

4.1.2 Suivi topographique

La mise en place de relevés altimétriques au sein de la zone d'influence du projet permet **de décrire l'évolution morphologique du site**. La réalisation de profils longitudinaux au niveau du fond du lit permet l'évaluation de l'objectif n°O2 correspondant à l'aggradation du matelas alluvial. La réalisation de profils transversaux du lit et de la ligne d'eau permet de quantifier l'évolution de la connectivité latérale et de la fonctionnalité des milieux alluviaux (objectif O3). Ces indicateurs sont potentiellement pertinents si le projet a pour vocation de favoriser le soutien hydrologique d'étiage en réhaussant le niveau de la nappe d'accompagnement (objectif O4).

Les levés topographiques peuvent être réalisés depuis le sol **à l'aide d'une station GNSS réceptrice du réseau RTK** autorisant une précision tridimensionnelle centimétrique où bien, si le milieu est ouvert, depuis les airs **à l'aide d'un drone aéroporté** muni d'un capteur LIDAR ou photographique (analyse photogrammétrique). Si le couvert végétal limite la couverture réseau, deux stations en mode Base et Rover ou bien un niveau de chantier pourront être utilisés.

Un couplage des deux méthodes air/sol peut être envisagé en utilisant le drone sur l'ensemble de l'emprise du site et en complétant la prospection au sol spécifiquement au niveau des secteurs où le relief est masqué par la végétation ou l'ennoisement du fond du lit.

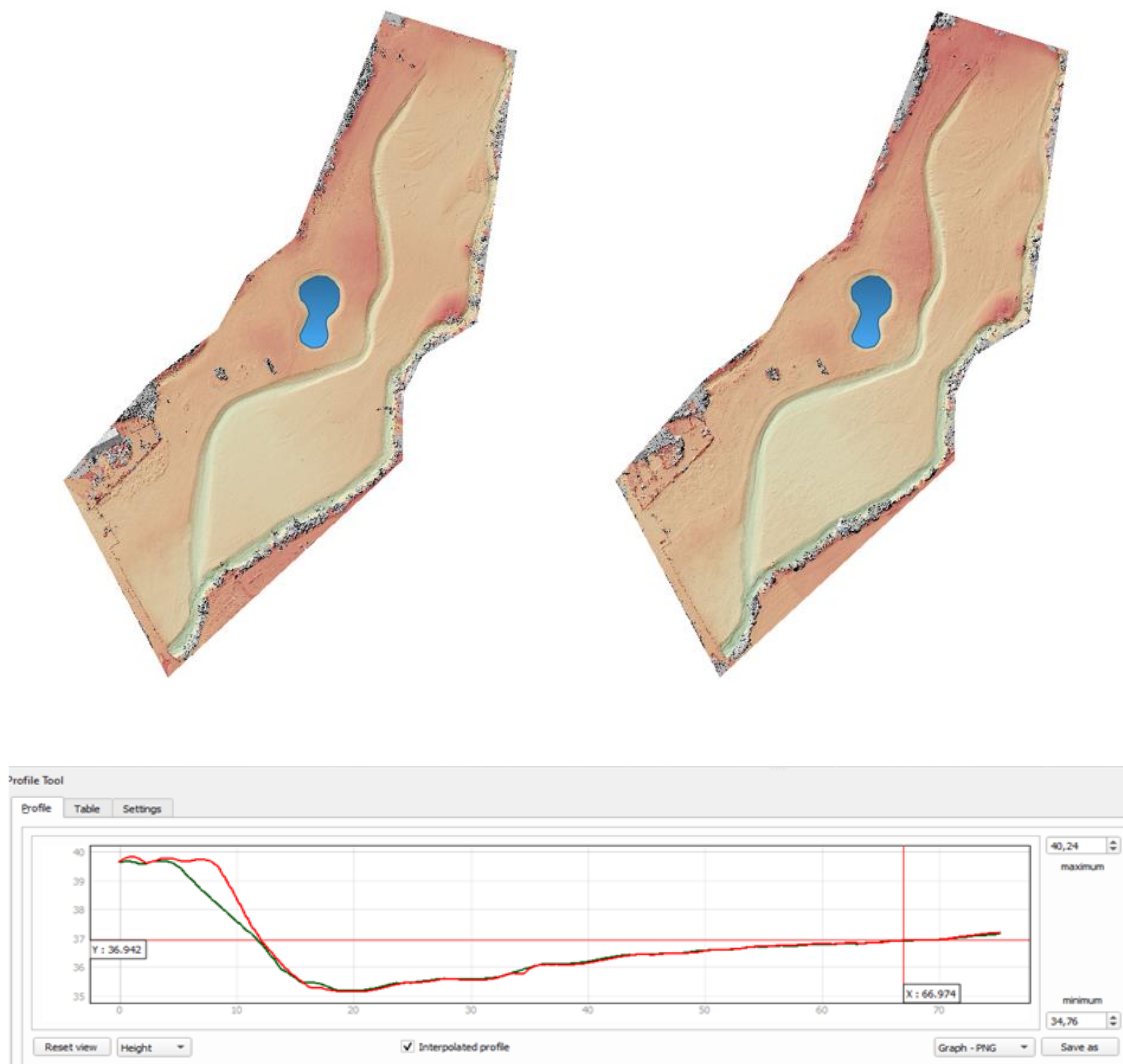


Figure 6: *Suivi topographique par drone d'un site renaturé sur la Mosson à Laverune (34) et comparaison d'un profil altimétrique de berge*

Une attention particulière sera apportée aux secteurs de rupture de pente (limite de faciès d'écoulement) ainsi qu'aux abords des structures construites lors du chantier pour assurer un suivi diachronique précis. L'emprise du projet pourra être étendue pour évaluer l'impact du potentiel piégeage des sédiments sur les secteurs aval.

La comparaison des profils et des modèles numériques de terrains et de surface permettra **d'estimer les évolutions altimétriques du fond du lit et des berges** (aggradation, reconnexion latérale) mais aussi de **calculer des volumes de cubature** nécessaires pour estimer le stock de sédiments piégés ou remobilisés ainsi que de mesurer la croissance des différentes strates végétales au niveau des rives.

Le suivi sera réalisé à minima une fois par an en période de basses-eaux et pourra être dupliqué après chaque épisode de crue pour quantifier plus précisément l'évolution du piégeage sédimentaire au sein du projet.

4.1.3 Indice d'Attractivité Morphodynamique (IAM)

L'indice d'attractivité morphodynamique (IAM) est un protocole qui permet d'évaluer précisément l'évolution des habitats aquatiques et de la capacité d'accueil pour la faune et la flore (objectif O1).

Il repose sur la cartographie codifiée des métriques « profondeurs », « vitesses de courant » « substrats » au sein du site d'étude puis sur l'analyse de l'intersection de ces 3 niveaux d'information dans **l'objectif de localiser les pôles d'attraction pour la faune aquatique**. Parallèlement, la pondération de la représentativité de chaque pôle par **le coefficient d'attractivité du substrat concerné** permet de quantifier la capacité d'accueil générale du milieu.

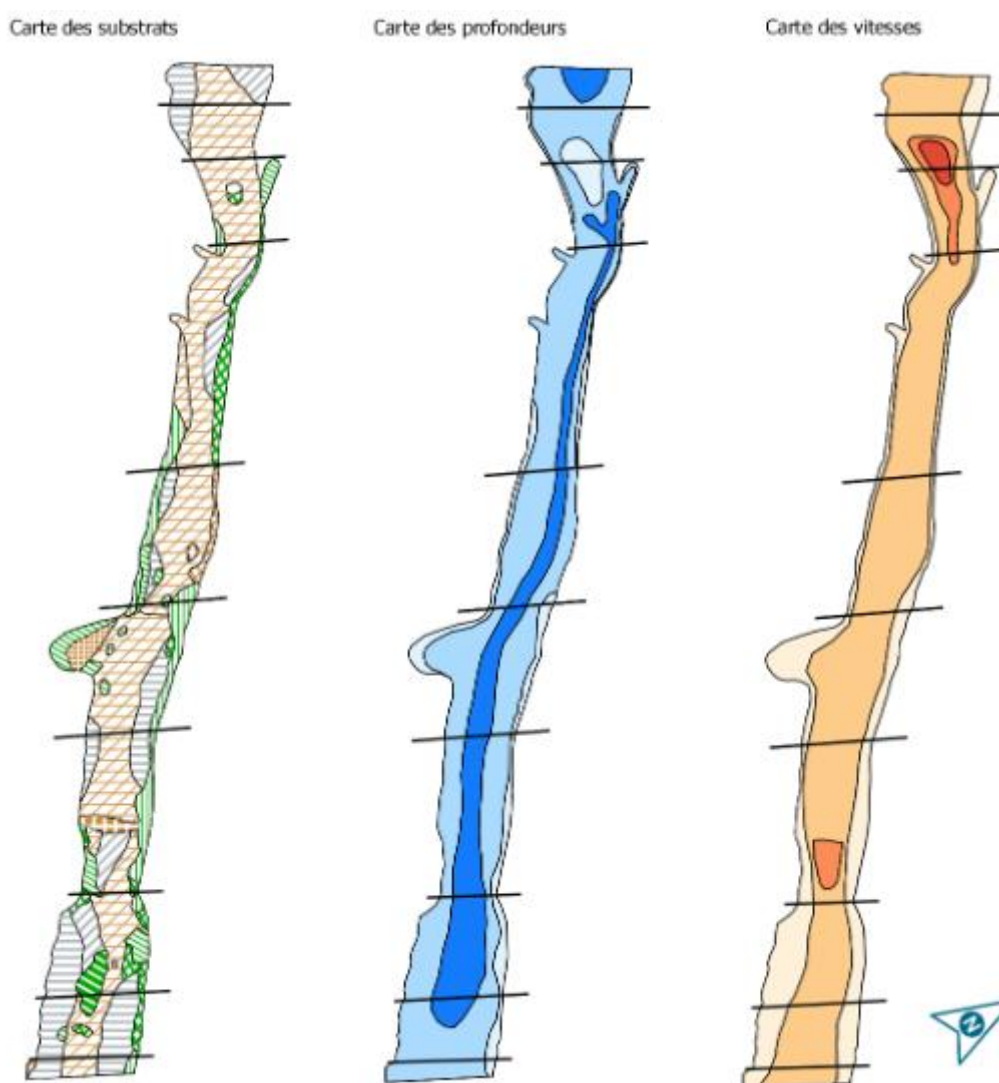


Figure 7: Cartes de substrats, profondeurs et vitesses constitutives de l'IAM (©Aquascop, 2020)

Dans un premier temps, **l'emprise du lit mouillée de la zone d'étude est délimitée avec une précision centimétrique**. Cette géolocalisation des chenaux en eau est réalisée à l'aide d'un projet géomatique bénéficiant de corrections GPS. L'utilisation d'une station GNSS réceptrice du réseau RTK autorisant une précision centimétrique de la mesure tridimensionnelle est nécessaire pour étudier l'évolution diachronique précise des superficies de la station.

Dans un deuxième temps, des mesures de hauteur d'eau et de vitesse d'écoulement sont réalisées au sein de l'emprise mouillée à l'aide d'une mire et d'un courantomètre. Ces données sont converties en cartographies bathymétriques et isovitesse selon 5 classes (Figure 8).

Classe	Vitesse (cm/s)	Profondeur (cm)
1	≤ 10	≤ 5
2	10 - 40	5 - 20
3	40 - 80	20 - 70
4	80 - 150	70 - 150
5	≥ 150	≥ 150

Figure 8 : classes de vitesse et profondeur IAM

Parallèlement, les substrats (granulométrie) et supports (végétation, abris, caches) sont discriminés selon 16 habitats unitaires et géolocalisées (Figure 9).

Code	Substrat	Attractivité
BRA	branchages, grosses racines immergés	100
BER	sous-berges	90
HYI	hydrophytes immergés	80
AFF	sources, résurgences, affluents	70
BLO	blocs avec caches	60
GAL	galets	50
HEL	hélophytes	40
CHV	chevelus racinaires, végétations rases	40
BLO	blocs sans anfractuosités	30
GGR	galets et graviers mélangés	25
GRA	graviers	20
GLS	galets pavés (sans anfractuosité)	10
LIT	litières organiques	10
SAB	sables	8
FIN	éléments fins, limons, vases	4
DAL	dalles, surfaces indurées (sans cache)	1

Figure 9: coefficient d'attractivité des supports pour les poissons

Ensuite, la note indicienne est calculée selon la formule suivante :

$$IAM = [\sum (Si * Attract.(subst_i))] * Var(subst) * Var(h.e.) * Var(v.)$$

Avec :

- **Var** : le nombre de classes recensée sur la station d'étude pour la métrique concernée ;
- **Si** : les superficies pour le substrat concerné ;
- Et **Attract** : les coefficients d'attractivité pour le substrat concerné comme ci-dessous ;

L'IAM est enfin comparé à un indice d'attractivité de référence théorique en fonction du gabarit du cours d'eau :

Largeur	0,5	1	2	4	6	8	10	12	16	20	40	60
IAM optimal	1600	2400	3600	6200	7720	8880	9750	10400	11470	12060	13550	14030

*Figure 10: Valeurs expérimentales de référence de l'IAM en fonction de la largeur moyenne du lit mineur**

Le suivi sera réalisé à minima une fois par an en période de basses-eaux et pourra être dupliqué à la période de reproduction de l'espèce piscicole ou astacicole cible pour caractériser plus précisément la superficie et la qualité des frayères et habitats de nourricerie sur la zone d'étude.

4.1.4 Facies d'écoulement, granulométrie et colmatage

Le suivi des facies d'écoulement, de la distribution granulométrique et du colmatage par les sédiments fins permet l'évaluation de l'hétérogénéité des habitats aquatiques et de l'évolution de la capacité d'accueil pour la faune et la flore (objectif O1).

La discrimination des caractéristiques d'écoulement et de la composition du lit se base sur les protocoles suivants :

- Clé de détermination des principaux facies d'écoulement en rivière (Malavoi & Souchon, 2002) ;
- Méthode d'évaluation du degré de colmatage et d'enchâssement des matériaux du substrat alluvial (Archambault et al, 2005) ;
- Echelle granulométrique de Wentworth modifiée (Malavoi & Souchon, 1989).

L'ensemble des linéaires de la zone d'étude sont prospectées et les caractéristiques physiques sont localisées sur un projet cartographique bénéficiant d'une correction GPS centimétrique (à l'aide d'une station GNSS réceptrice du réseau RTK).



Figure 11: caractérisation des facies en 2D (©Aquascop)

Ces informations peuvent être exprimées en format polyligne ou polygone selon la précision recherchée. **L'expression des résultats en format surfacique (polygone) sera privilégiée** pour être en mesure de quantifier précisément l'évolution spatiale et plus précisément les superficies latérales associées à ces critères (Figure 11).

Ces caractéristiques morphologiques étant déjà exprimées en corrélation/interaction dans le protocole de l'Indice d'Attractivité Morphodynamique, elles pourront potentiellement enrichir ce protocole présenté ci-dessus.

Les campagnes de mesures doivent être réalisées dans les mêmes conditions hydrologiques pour garantir la comparaison des résultats. **Le suivi sera préférentiellement réalisé en saison estivale correspondant à la période de basses-eaux** dans l'objectif de discriminer au mieux les facies et caractéristiques du lit.

4.1.5 Autres indicateurs de complexité hydrodynamique

Il est intéressant de remarquer qu'en dépit de leur simplicité de mise en œuvre, **la réalisation de profils topographiques couplés au protocole IAM permet de récolter de nombreuses informations** qui peuvent être valorisées pour étudier finement la morphodynamique du cours d'eau et son évolution sous l'effet d'un projet de renaturation. Les indicateurs de complexité à retenir sont :

- Le linéaire en eau total (m) ;
- Les emprises inondées et gorgées/hydratées (m²) ;
- Le nombre de confluence/difffluence ;
- Le recouvrement de colmatage par les substrats fins (%) ;

Comme vu précédemment, l'utilisation d'un drone aérien pour réaliser une orthomosaïque de haute résolution associée à un MNT peut permettre de faciliter le travail de discrimination géomatique.

4.2 L'hydrologie

La mise en place d'un suivi hydrologique des écoulements de surface et sous-terrain permet d'évaluer l'objectif O4 relatif au potentiel de rétention hydrologique du lit majeur. Il est judicieux de l'utiliser dans le cadre d'un projet visant à réduire les risques sécheresse (R1) , inondation (R2)et incendie (R3).

4.2.1 Suivi piézométrique

La mise en place de piézomètres au niveau d'un ou plusieurs transects latéraux à l'axe du lit du cours d'eau permet de **mettre en évidence l'évolution du toit de la nappe d'accompagnement** dans l'emprise du lit majeur. Un transect longitudinal à la zone d'effet présumée peut être additionné pour compléter l'évaluation.

Dans la mesure du possible, il est important de récupérer **les données de chroniques piézométriques sur une année complète avant la réalisation du projet** pour pouvoir caractériser l'état initial des échanges entre la nappe et la rivière dans l'ensemble des régimes hydrologiques.

Le projet Hydrindic développé par l'INRAE en partenariat avec l'OFB promeut par exemple le développement d'un indicateur spécifique aux suivis hydrogéologiques et à l'évaluation des opérations de restauration ou création de zones humides.

4.2.2 Suivi hydrologique

Le suivi hydrologique permet de caractériser le transit de l'eau au passage du projet. La mise en place de stations de jaugeage de débit instantané de part et d'autre du projet permet ainsi de comparer les hydrogrammes associés aux flux entrants et sortants et d'évaluer les échanges entre la rivière et la nappe d'accompagnement en fonction des régimes hydrologiques annuels.

L'analyse des débits est intéressante à deux saisons distinctes :

- **En période de hautes eaux pour évaluer le potentiel d'écrêtage des crues** et de mitigation du risque inondation ;
- **En période de basses eaux pour évaluer le potentiel de soutien d'étiage** associé à la recharge de la nappe d'accompagnement.

Pour estimer le volume d'eau stockée dans le système durant la phase chantier il est possible d'effectuer **l'intégration temporelle de la différence des hydrogrammes amont et aval** au moment du débordement dans la plaine avant saturation du milieu alluvial et rééquilibre des deux courbes.

Ce phénomène de recharge de la nappe d'accompagnement par le cours d'eau peut aussi se produire lors d'un épisode de crue. La comparaison de la forme des hydrogrammes et notamment du temps de concentration du pic de crue peut renseigner sur l'effet écrêteur du site. A l'inverse, Il est possible d'estimer le soutien d'étiage en comparant les hydrogrammes amont et aval en saison sèche pour évaluer l'efficacité de recharge du cours d'eau par la nappe d'accompagnement du milieu réhydraté.

Une station de suivi hydrologique peut aussi être placée sur chaque annexe hydraulique reconnectée ou recrée pour caractériser la part du débit relative à ce linéaire durant l'année hydrologique.

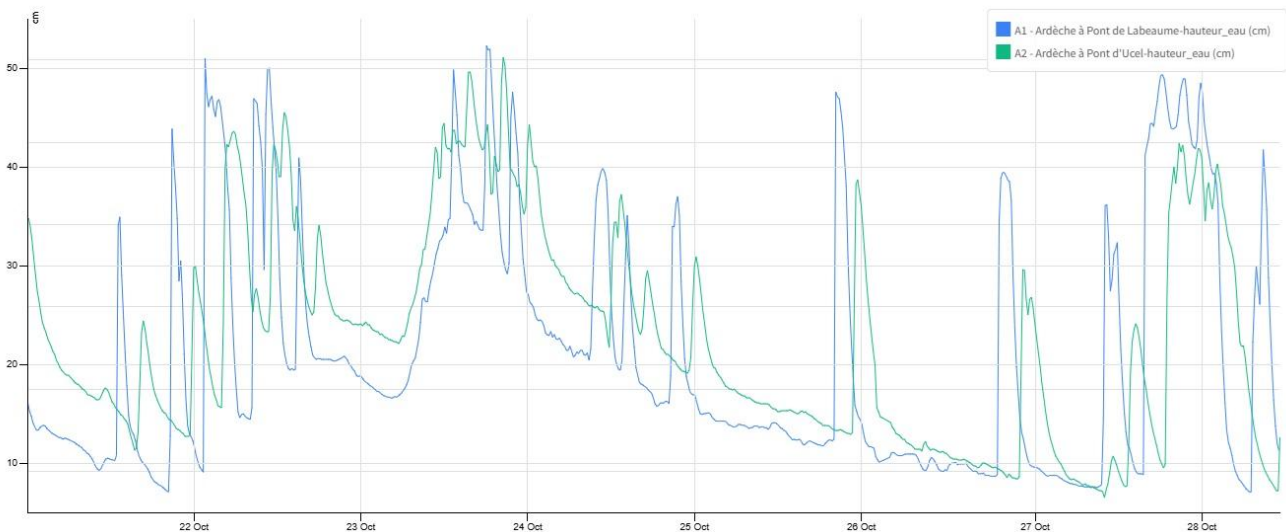


Figure 12: hydrogramme de station amont et aval d'une centrale hydroélectrique (© Squama)

Dans la mesure du possible, **il est important de récupérer les données de chroniques hydrologiques sur une année complète** en lien avec la météorologie avant la réalisation du projet pour pouvoir caractériser l'état initial des régimes hydrologiques de l'aire d'étude.

Des stations de jaugeage autonomes sont actuellement sur le marché et proposent des modules transmetteurs autonomes de mesure en continu connectées à des capteurs de niveau (et température). Ces installations nécessitent plusieurs campagnes de mesure de débit associé pour réaliser une courbe de tarage et ainsi convertir la donnée hauteur en débit.

4.3 La physicochimie

Un suivi physicochimique de la qualité de l'eau est nécessaire pour évaluer l'objectif O5 associé à l'autoépuration de l'écosystème. Il est judicieux de le mettre en place dans le cadre d'un projet visant à réduire le risque R5 concernant les contaminations/pollutions.

Un suivi 4 saisons (une campagne trimestrielle) est conseillé pour respecter les exigences de l'arrêté du 27 juillet 2018.

Les paramètres seront évalués au regard des valeurs de limite de classe d'état imposées par la DCE et transposés dans l'arrêté du 27 juillet 2018 ou bien issu du SEQ-Eau V2 pour ceux non listés ci-dessous.

PARAMÈTRES PAR ÉLÉMENT DE QUALITÉ (unités)	CODE	LIMITES DES CLASSES D'ÉTAT			
		Très bon / Bon	Bon / Moyen	Moyen / Médiocre	Médiocre / Mauvais
Bilan de l'oxygène ¹					
Oxygène dissous (mg O ₂ /l)	1311	8	6	4	3
Taux de saturation en O ₂ dissous (%)	1312	90	70	50	30
DBO5 (mg O ₂ /l)	1313	3	6	10	25
Carbone organique dissous (mg C/l)	1841	5	7	10	15
Température ²					
Eaux salmonicoles	1301	20	21,5	25	28
Eaux cyprinicoles		24	25,5	27	28
Nutriments					
PO ₄ ³⁻ (mg PO ₄ ³⁻ /l)	1433	0,1	0,5	1	2
Phosphore total (mg P/l)	1350	0,05	0,2	0,5	1
NH ₄ ⁺ (mg NH ₄ ⁺ /l)	1335	0,1	0,5	2	5
NO ₂ ⁻ (mg NO ₂ ⁻ /l)	1339	0,1	0,3	0,5	1
NO ₃ ⁻ (mg NO ₃ ⁻ /l)	1340	10	50	*	*
Acidification ¹					
pH minimum	1302	6,5	6	5,5	4,5
pH maximum		8,2	9	9,5	10
Salinité					
Conductivité	1303	*	*	*	*
Chlorures	1337	*	*	*	*
Sulfates	1338	*	*	*	*

Figure 13: valeurs des limites de classe d'état associées aux paramètres physicochimiques générales des cours d'eau

4.3.1 Suivi thermique et oxygénation

La thermie et l'oxygénation sont deux paramètres physicochimiques qui peuvent être corrélés et qui sont particulièrement structurants pour l'installation de la vie aquatique. En effet, la température influence directement la solubilité de l'oxygène dans l'eau.

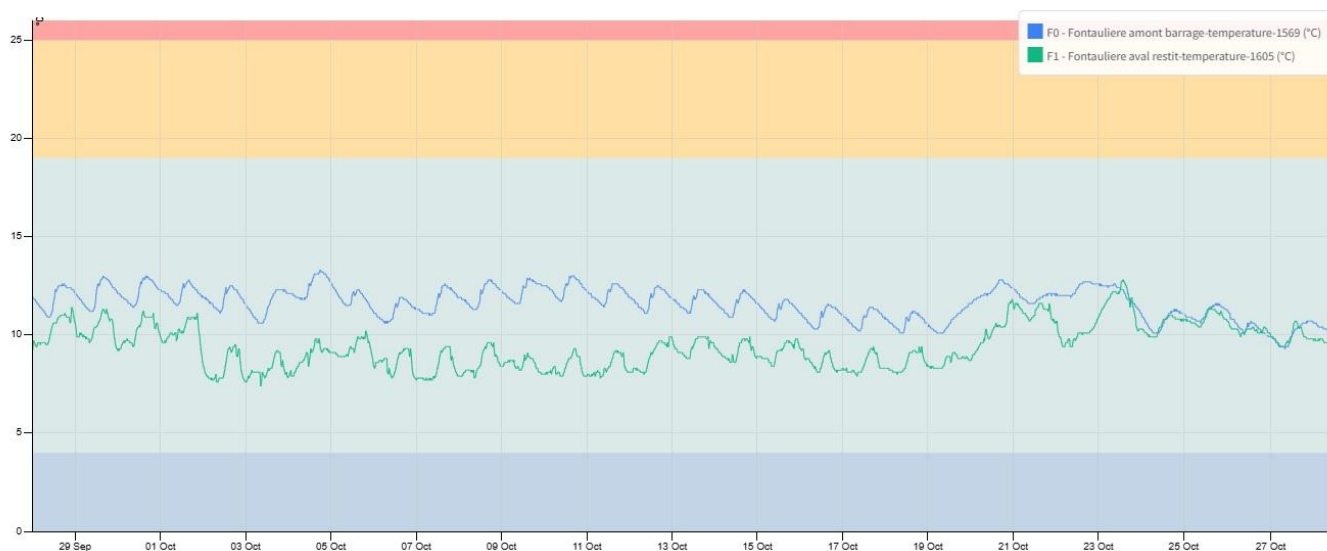


Figure 14: évolution des températures avec abaque des préférendums piscicoles entre l'amont et l'aval d'une centrale hydroélectrique (© Squama)

Ces deux paramètres peuvent être influencés par l'effet retenue des structures construites ainsi que par la recharge de la nappe d'accompagnement et son potentiel rôle de soutien hydrologique en étiage.

Ces grandeurs peuvent être **mesurées ponctuellement en amont/aval** du site pour étudier l'impact global de l'ensemble des travaux sur l'hydrosystème.

Le diagnostic thermique et oxygène peut aussi faire l'objet d'une prospection plus exhaustive au sein de l'emprise en eau du site et être ainsi **traduite sous forme cartographique** pour identifier les refuges thermiques et oxygènes pour la faune aquatique. Cette campagne devra être réalisée en période d'étiage lorsque les conditions écologiques sont les plus limitantes. Les mesures de température et oxygène devront être réalisés à l'aide d'une sonde spécifique et géolocalisée précisément à l'aide d'une station GNSS réceptrice du réseau RTK. L'utilisation d'un drone équipée d'une caméra thermique peut être une alternative si le couvert végétal n'est pas trop obstruant.

4.3.2 Suivi trophique et saprobique

La concentration en nutriments azotés et phosphorés et matières organiques peut influencer la production primaire des végétaux aquatiques. Ces paramètres peuvent être **influencés par l'effet d'autoépuration** des cortèges floristiques au niveau des milieux rivulaires reconnectés **et par le temps de transfert plus important** du fait de l'étalement hydrographique après travaux.

Ces grandeurs seront mesurées ponctuellement en amont/aval du site pour étudier l'impact des travaux.

4.3.3 Suivi de la turbidité et des matières en suspension

La turbidité de l'eau ou la concentration en matière en suspension peut influencer la production primaire des végétaux aquatiques. Ces paramètres peuvent être **influencés par l'effet piégeant et filtrant des structures** mis en place sur le site ainsi que **par la biomasse végétale** qui s'y installe.

Ces éléments seront évalués au regard des valeurs de limite de classe d'état du SEQ-Eau V2 comme présenté ci-dessous.

PARTICULES EN SUSPENSION					
MES (mg/l)	25	50	100	150	
Turbidité (NTU)	15	35	70	100	
Transparence SECCHI (cm)	200	100	50	25	

Figure 15: valeurs des limites de classe d'état associées aux paramètres physicochimiques générales des cours d'eau

4.4 La biologie

4.4.1 Caractérisation des habitats

La caractérisation des habitats selon une typologie cohérente associée à des inventaires floristiques structurés permet d'identifier, décrire et cartographier efficacement les milieux naturels afin d'en suivre l'évolution écologique dans le temps. Ce suivi permet d'évaluer l'objectif de renaturation O1 relatif à L'hétérogénéité des habitats aquatiques et rivulaires.

La typologie EUNIS (European Nature Information System) permet de relier ces observations de terrain à une classification hiérarchique normalisée et reconnue à l'échelle européenne, facilitant ainsi les comparaisons entre sites. Le site d'étude est ainsi découpé en unités homogènes au regard de la végétation dominante, de la topographie, de l'hydrologie, du substrat et des usages. Chaque polygone d'habitat est géoréférencé et décrit individuellement. Le rang 3 semble suffisant pour discriminer les habitats dans l'emprise d'un projet de renaturation.

Toutefois, la typologie EUNIS semble adaptée aux milieux stables ce qui n'est plus le cas des écosystèmes impactés par des projets visant à réactiver des processus écologiques et qui vont voir apparaître sur de mêmes parcelles **des incohérences écologiques** composées à la fois de milieux naissants et des milieux sénescents. Ces écosystèmes en transition sont alors très compliqués à discriminer. La réalisation d'une cartographie des habitats EUNIS peut donc être réservée à l'état initial et à un suivi long terme.

En parallèle, il peut être plus judicieux de suivre l'évolution des habitats en étudiant plus spécifiquement **la transition des différents cortèges pionniers à climaciques**. Ceci impose un relevé floristique plus fin, réalisé au sein de quadrats qui peuvent être répartis selon plusieurs transects transversaux à l'axe du cours d'eau. La pose de différents quadrats plus ou moins éloignés du milieu aquatique permet **d'évaluer le gradient de colonisation des espèces hygromorphes**.

Les informations seront renseignées sur un projet cartographique bénéficiant de correction GPS autorisant un positionnement précis. **L'utilisation d'un GPS différentiel récepteur du réseau RTK est vivement conseillé.**

Les inventaires floristiques géoréférencés au sein de quadrats peuvent être associés à la réalisation d'une orthomosaïque par drone dans l'objectif de corréler les couleurs et textures du livrable cartographique avec des relevés in-situ. Cette vérité terrain permet d'exprimer la discrimination des habitats selon des critères de recouvrements d'espèces.

La période de prospection la plus favorable est l'été lorsque les niveaux d'eau sont bas et que la végétation est bien développée garantissant ainsi une prospection optimale et une discrimination efficace des entités végétales.

4.4.2 Indicateurs zone humide - MhéO

Le protocole MhéO (RhoMéO et LigerO) a été élaboré dans le cadre du Plan d'action pour les zones humides en France métropolitaine. Il répond au besoin d'évaluer de manière homogène et objective l'état écologique et l'évolution des zones humides dans le cadre de suivi d'actions de préservation ou de restauration.

Ce suivi des conditions hygromorphes du site permet d'évaluer les objectifs de renaturation O1 et O4 relatif à l'hétérogénéité des habitats aquatiques et rivulaires et à la capacité de rétention hydrologique

Comme pour la caractérisation des habitats EUNIS, les campagnes de terrain sont **prévues autour de l'étiage** pour être dans des conditions de prospection et de potentiel végétatif optimaux. La pédologie et la flore sont deux indicateurs issus de la boîte à outils qui sont retenus ici pour caractériser le potentiel d'hydratation.

4.4.2.1 Indicateur Humidité du sol – Pédologie

L'indicateur de pédologie vise à **évaluer le fonctionnement hydrique du sol d'une zone humide**, c'est-à-dire sa capacité à retenir l'eau, à s'engorger ou à se drainer selon les conditions hydrologiques. Son objectif est de déterminer si le sol présente des signes d'hydromorphie (horizons oxydo-réductifs), marqueurs d'une saturation fréquente ou prolongée en eau.

Ces éléments sont observés sous forme de carottage à l'aide d'une tarière pour délimiter la profondeur de l'horizon sec non hydromorphe. **Cette prospection est réalisée selon un profil de transect pédologique** réparti au sein des entités homogènes caractéristiques de la zone. Ce plan d'échantillonnage peut se baser sur la caractérisation préalable des habitats EUNIS.

Horizon		Principes de classement	Critères de classement (formules utilisées dans la calculatrice ou à mettre dans un tableur)	OPÉRATEUR (Champs et Valeurs : voir fiche de terrain)
Type	Note			
L	1	Présence de racines et texture organique	ET (F_racines > 1 ; C_texture = 1 ; numero = 1 ;	ESTVIDE (Q_von_
G	1	Texture massive de couleur grise à bleue/verdâtre	ET (C_texture > 1 ; OU (G_taches = 3 ; ET (B1_couleur = «GLEY1»;B2_value < 7) ; ET (B_couleur = «GLEY2»; B2_value < 7)))	
g	2	Présence de tache d'oxydation de couleur rouille	ET (C_texture > 1 ; ET (G_taches = 2 ; H_abondance > 0))	
J	1	Horizon sableux homogène	ET (OU (C_texture = 2 ; C_texture = 3) ; O_friabilité > 2 ; D_stucture = 1)	
T	3	Concrétions calcaires	ET (B2_value > «4,5» ; Q_von_post < 1 ; O_friabilité < 2 ; M_plasticité = 1)	
Hf	3	Tourbe fibrique claire	ET (C_texture = 1 ; D_stucture > 10 ; Q_von_post > 0 ; Q_von_post < 4)	
Hm	2	Tourbe brune mésique	ET (C_texture = 1 ; Q_von_post >= 3 ; Q_von_post < 8)	
Hs	2	Tourbe noire très décomposée	OU(ET(C_texture = 1 ; Q_von_post > 7) ; ET (C_texture >= 3 ; Q_von_ post > 2))	
Org	2	Horizon de transition entre tourbe et formation argileuse collante	ET (G_Taches = 1 ; ESTVIDE (Q_von_post) ; OU (ET (C_texture = 1 ; D_stucture > 3 ; D_stucture < 10) ET (C_texture > 1 ; D_stucture > 10)))	
Ha/LH	1	Tourbe déstructurée granuleuse	ET (C_texture = 1 ; OU (D_stucture <= 3 ; D_stucture = 11) ; ESTVIDE (Q_von_post) ; K_humidité <= 3	

Figure 16: liste des requêtes définissant les types d'horizons hydromorphes (© LigerO)

4.4.2.2 Indicateur Flore

L'indicateur « Flore » vise à évaluer le caractère humide d'un site **à partir de sa composition floristique**. Il repose sur les caractéristiques des cortèges d'espèces végétales inféodées à des conditions hydriques particulières, ce qui en fait d'excellents bioindicateurs du régime d'humidité du sol et du fonctionnement hydrologique du site.

La flore d'un site est évaluée par la réalisation d'inventaires (les relevés) sur **un ensemble de placettes (quadrats) réparties de manière à échantillonner le plus d'habitats naturels possibles**. Le plan d'échantillonnage peut se baser sur la discrimination préalable des habitats EUNIS. L'abondance de chaque espèce est décrite et affiliée à son indice d'affinité hydrique pour permettre le calcul d'un score global d'humidité du site.

Une attention particulière sera portée à l'installation des espèces pionnières.

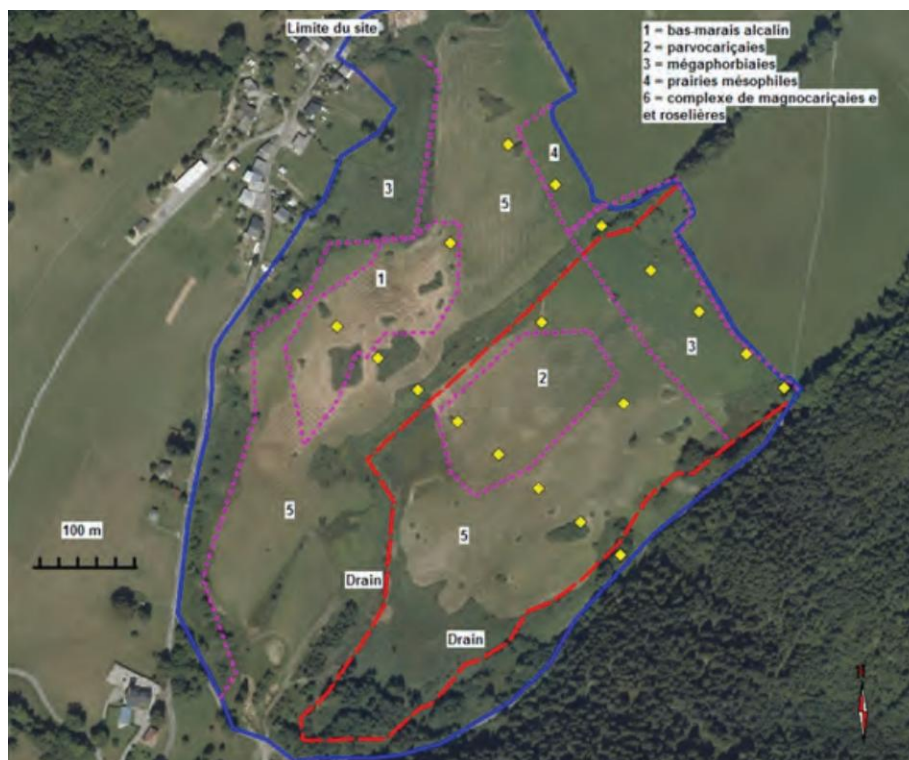


Figure 17: Plan d'échantillonnage des placettes d'inventaires en fonction des habitats EUNIS (© RhomeO)

4.4.3 Inventaire des invertébrés

Les macroinvertébrés benthiques regroupent les insectes, mollusques, crustacés, vers et autres taxons vivants sur ou dans le lit des cours d'eau.

Ayant des capacités de colonisation assez rapides, des cycles de vie de quelques mois à quelques années et étant souvent inféodés à des mésohabitats bien spécifiques, **ces espèces intègrent efficacement les variations saisonnières et les perturbations du milieu**. Ils réagissent aussi bien aux pollutions chimiques ou organiques, aux altérations hydromorphologiques qu'au régime hydrologique de l'environnement. Ils sont considérés à ce titre comme d'excellents bioindicateurs des conditions et des changements du milieu.

Ce suivi faunistique permet d'évaluer l'objectif de renaturation O1 relatif à l'hétérogénéité des habitats aquatiques et rivulaires.

Le protocole d'évaluation se base sur **les normes NF T90-333 et NF T90-388** relatives à l'échantillonnage et à la détermination en laboratoire des invertébrés benthiques. Il permet le calcul de l'Indice Invertébrés Multimétriques (I2M2) nécessaire pour l'évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau selon les exigences de la directive cadre sur l'Eau (DCE).

Le plan d'échantillonnage est composé de **12 prélèvements unitaires répartis en fonction de la représentativité et de l'attractivité des mésohabitats en présence**. Chaque placette est prélevée à l'aide d'un filet surber avec **une surface d'échantillonnage au sein d'un cadre métallique de 20 cm²**.



Figure 18: Prélèvements d'invertébrés dans le cadre d'un I2M2

Chaque prélèvement est géolocalisé, conditionné séparément et les conditions de substrat, vitesse, profondeur et colmatage sont obligatoirement décrits. **Ainsi les cortèges faunistiques inféodés à un mésohabitat unitaire seront étudiés séparément.**

Dans un souci de discrimination plus précise des conditions d'habitabilité, ce protocole peut être couplé à celui du **MAG20** qui se base non pas sur 12 mais sur l'échantillonnage de 20 placettes **substrats/vitesse**. Ainsi, les 8 prélèvements supplémentaires peuvent apporter des données semi-quantitatives supplémentaires concernant la distribution spatiale des invertébrés sur le site.

Après la phase d'inventaire en laboratoire, l'analyse des traits écologiques des différents taxons permet de renseigner sur l'évolution de la mosaïque d'habitats constituant l'écosystème aquatique. Les métriques suivantes sont pertinentes :

- **La richesse taxonomique, l'abondance et l'Indice de Shannon** qui témoignent de la diversité et de la qualité des habitats et niches écologiques en présence ;
- **Le polyvoltinisme** qui traduit la durée de vie moyenne du peuplement et renseigne sur la stabilité et la pérennité des conditions abiotiques ;
- **Les préférendums en termes de substrat et de source de nutrition** pour décrire l'évolution des habitats et l'effet du colmatage ;
- **L'affinité aux conditions thermiques spécifiques** pour décrire l'évolution de la température de l'eau ;
- **La poluosensibilité des taxons** qui témoigne des caractéristiques physicochimiques du milieu ;

Les listes faunistiques et traits écologiques associés à chaque prélèvement unitaire géolocalisé peuvent **être rapportés à la cartographie des habitats de l'IAM** si ce protocole a été réalisé simultanément. Ainsi les densités surfaciques des taxons recensés pourront être extrapolées à l'ensemble des recouvrements de substrats cartographiés au sein de la station d'étude. L'étude de la faune benthique en corrélation avec le recouvrement des mésohabitats (IAM) permet ainsi d'étudier finement l'évolution de la productivité biologique et de la capacité d'accueil du milieu restauré.

L'échantillonnage doit être réalisé dans l'emprise du site en période de basses-eaux ce qui garantit une prospection optimale dans les conditions les plus limitantes (plus faible dilution des polluants et oxygénation). Parallèlement, le débit doit être stabilisé depuis au moins 10 jours afin d'éviter les pertes ou les apports de faune par la dérive.

4.4.4 Inventaire piscicole

L'inventaire piscicole par pêche à l'électricité est une méthode normalisée d'échantillonnage des peuplements de poissons en cours d'eau. Ces taxons sont sensibles à la qualité des habitats et notamment des zones d'abris, de nutrition et de fraie ce qui peut renseigner sur la qualité hydromorphologique générale du milieu. Ce suivi permet d'évaluer l'objectif de renaturation O1 relatif à L'hétérogénéité des habitats aquatiques et rivulaires.

Le principe repose sur l'émission d'un champ électrique dans l'eau, qui attire et immobilise temporairement les poissons. Les individus sont alors capturés à l'épuisette, identifiés, mesurés, comptés, puis relâchés vivants après l'étape de biométrie.

La prospection peut se faire en isolant un tronçon de rivière **avec des filets barrages en amont et aval** pour capturer l'ensemble du cortège (pêche complète) ou bien **en ciblant des habitats particuliers** qui seront géoréférencés. Les populations inféodées à ces points d'échantillonnage feront l'objet d'une biométrie différenciée. Cette dernière méthode nommée « pêche par ambiance » permet de discriminer plus précisément les caractéristiques habitationnelles et leur utilisation par la faune piscicole que la méthode traditionnelle de « pêche complète ».



Figure 19: Inventaire piscicole par pêche à l'électricité et biométrie associée

Ces méthodes d'inventaire normalisé (NF T90-344) permettent de déterminer la composition spécifique, l'abondance relative des espèces en présence et d'évaluer leur structure démographique. Cela permet le calcul de l'Indice Poisson Rivière (IPR) nécessaire pour l'évaluation de l'état écologique d'une masse d'eau selon les exigences de la directive cadre sur l'Eau.

L'échantillonnage doit être **réalisé dans l'emprise du site pendant l'étiage estival** ce qui garantit une prospection optimale et une étude de ce compartiment biologique dans les conditions les plus limitantes (plus faible dilution des polluants et oxygénation).

4.4.5 Continuité écologique

4.4.5.1 Suivi télémétrique des populations piscicoles

La télémétrie passive par RFID (Radio Frequency Identification), ou PIT-tagging, constitue aujourd'hui une méthode efficace et peu invasive pour suivre individuellement les poissons et évaluer la franchissabilité des obstacles en rivière. Cette technique repose sur l'implantation sous-cutanée ou intrapéritonéale d'une puce électronique passive (Passive Integrated Transponder, PIT tag) dans le corps du poisson. Chaque puce possède un code unique émettant un signal lorsqu'elle passe dans le champ électromagnétique d'une antenne de détection installée dans le milieu. Contrairement aux systèmes actifs (radio ou acoustiques), les puces RFID ne nécessitent ni batterie ni entretien, permettant **un suivi à long terme**, souvent sur plusieurs années, sans altérer le comportement naturel des individus.

Le protocole de suivi débute par la capture des poissons cibles (souvent par pêche électrique) sur le tronçon étudié. Après anesthésie, chaque individu est mesuré, pesé et équipé d'une puce adaptée à sa taille. Les poissons sont ensuite relâchés en aval de l'ouvrage à étudier, afin d'évaluer leur capacité à le franchir naturellement. Sur le terrain, **des antennes fixes sont disposées stratégiquement** en amont et en aval de l'obstacle, voire au niveau de chenaux secondaires potentiels. Ces antennes, reliées à des enregistreurs autonomes, détectent le passage des poissons étiquetés dès qu'ils pénètrent dans leur champ de lecture, enregistrant la date, l'heure et l'identifiant de chaque individu.

L'analyse des données permet de **quantifier le taux de franchissement de l'obstacle, le temps de transit entre les points de détection et les conditions environnementales associées** (débit, température, période). En comparant le nombre de poissons détectés en aval et en amont, on peut estimer la proportion

d'individus capables de franchir l'ouvrage, mais aussi identifier les zones de blocage ou de retard. L'ajout d'antennes intermédiaires dans la passe ou à proximité de l'ouvrage permet d'obtenir des informations précises sur le comportement des poissons face à l'obstacle : hésitation, tentatives répétées, passage réussi ou abandon.

4.4.5.2 F-index, étude de la fragmentation génétique

La présence d'obstacles ou barrages dans les cours d'eau entraîne une fragmentation des populations d'organismes aquatiques en les empêchant de se déplacer d'un côté ou de l'autre de l'obstacle et retrouvent plus ou moins cloisonnées. Cette fragmentation agit directement sur la diversité génétique des populations aquatiques.

Des scientifiques de l'INRAe ont mis au point **un indice de fragmentation, le F-index**, afin de quantifier l'effet de la fragmentation d'un cours d'eau sur les populations d'organismes aquatiques.

Cet indice permet de quantifier **l'effet de fragmentation d'un obstacle sur des populations d'organismes aquatiques**, de manière standardisée, en tenant compte de l'âge des obstacles et de la taille des populations considérées. Pour cela, des populations situées en aval et à l'amont sont prélevées par pêche à l'électricité. Les échantillons de nageoire collectés sur chacune des espèces sont analysés génétiquement au moyen de marqueurs microsatellites.

4.4.6 ADN environnemental

L'ADN environnemental est **un outil non invasif, fiable et rapide** qui permet de vérifier la présence d'une espèce dans un milieu aquatique. Il se base sur la filtration et récupération du matériel génétique relargué dans l'eau par les êtres vivants et en l'analysant en laboratoire (Metabarcoding et PCR ciblée) pour en extraire une information d'occurrence spécifique. Cette approche permet de déterminer **l'évolution de la richesse d'un groupe taxonomique ainsi que l'arrivée d'espèces pionnières ou encore le turnover écologique**.

La méthode est particulièrement efficace pour repérer les animaux filtreurs comme les moules ou ceux qui libèrent du mucus comme les poissons. Pour les autres cortèges, il est primordial de cibler la période de visite et/ou de reproduction dans le milieu aquatique comme le printemps/été pour les amphibiens ou l'automne pour les écrevisses et ainsi maximiser les chances de collecter la donnée au vue de la quantité de matériel génétique qui peut être relarguée lors de ces événements.

4.4.7 Prospections naturalistes

En fonction des espèces cibles à enjeux, **des inventaires naturalistes ciblés peuvent être entrepris**. Concernant les espèces aquatiques et rivulaires, elles peuvent concerner :

- Les amphibiens ;
- Les reptiles et notamment les tortues autochtones ;
- Les mollusques et notamment les moules et planorbes autochtones ;
- Les insectes et notamment les odonates patrimoniaux ;
- Les, écrevisses autochtones ;
- Les poissons patrimoniaux.

5. Conclusions

Le suivi environnemental est un prérequis indispensable pour évaluer les indicateurs de succès d'un projet d'ingénierie écologique. Il doit être réfléchi en amont du projet en se basant sur un diagnostic préalable le plus exhaustif possible pour être en mesure de :

- choisir précisément les indicateurs adaptés aux objectifs ;
- localiser judicieusement les stations impactées et de référence ;
- réaliser un état initial avant travaux.

L'ensemble des indicateurs présentés dans le document permettront ainsi l'étude des 3 grands compartiments nécessaires à l'évaluation du fonctionnement d'un milieu aquatique et rivulaire que sont sa morphologie, son hydrologie et sa biologie.

En fonction des besoins et des enjeux, le suivi peut être plus ou moins ambitieux et détaillé. Il est toutefois pertinent que celui-ci comprenne au minimum une caractérisation des habitats (protocole IAM par exemple) associé à une réponse d'un cortège biologique (protocole I2M2 par exemple).

Les résultats doivent être exprimées sous forme de métriques standardisées associées à la superficie du projet et à l'effort de travail (nombre et type de structures).