

# RELEVÉS ET OBSERVATIONS HYDROMORPHOLOGIQUES SUR LES ZONES AMONT DE COURS D'EAU

PROTOCOLE ROHZACE



Droits d'usage : libre.

Niveau géographique : France hexagonale et d'Outre-mer.

Couverture géographique : France hexagonale et d'Outre-mer.

Niveau de lecture : professionnels.

Version : v.1.4 - Mars 2025.

Photos de couverture (de haut en bas et de gauche à droite) : torrent alpin du Salso Moreno (Alpes-de-Haute-Provence), cours d'eau forestier en têtes de bassin versant (Moselle), ruisseau de la Forêt domaniale de Fougères (Ille-et-Vilaine), ruisseau de Combe Sandon (Jura), crique Brigitte (Guyane), ruisseau des Cabanes sous le glacier de la Muselle (Isère) (© Melun & Le Bihan).

## Auteurs

**MIKAËL LE BIHAN** (Direction régionale Bretagne)

[mikael.le-bihan@ofb.gouv.fr](mailto:mikael.le-bihan@ofb.gouv.fr)

**GABRIEL MELUN** (Direction de la recherche et de l'appui scientifique)

[gabriel.melun@ofb.gouv.fr](mailto:gabriel.melun@ofb.gouv.fr)

**MICHAËL CAGNANT** (Direction régionale Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse)

[michael.cagnant@ofb.gouv.fr](mailto:michael.cagnant@ofb.gouv.fr)

**ALEXANDRA HUBERT** (Direction régionale Bretagne)

[alexandra.hubert@ofb.gouv.fr](mailto:alexandra.hubert@ofb.gouv.fr)

**OLIVIER LEDOUBLE** (Direction régionale Bretagne)

[olivier.ledouble@ofb.gouv.fr](mailto:olivier.ledouble@ofb.gouv.fr)

**PASCAL IRZ** (Direction régionale Bretagne)

[pascal.irz@ofb.gouv.fr](mailto:pascal.irz@ofb.gouv.fr)

**HÉLÈNE UDO** (Direction des Outre-mer)

[helene.udo@ofb.gouv.fr](mailto:helene.udo@ofb.gouv.fr)

## Mots-clefs

Cours d'eau

Tête de bassin versant

Hydromorphologie

Lit mineur

Station

Protocole

## Résumé

Le protocole ROHZACE a été élaboré pour décrire les caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau situés en têtes de bassin versant. Il a été conçu dans le cadre du projet OFB « Caractérisation des têtes de bassins versants » (phase 1 - 2024-2026), afin d'améliorer les connaissances sur les cours d'eau en conditions de référence, peu ou pas impactés par les activités anthropiques. Ce protocole peut toutefois également être mis en œuvre sur des cours d'eau altérés ou restaurés. Le protocole a été développé plus spécifiquement pour l'étude des petits cours d'eau (rangs de Strahler 1 et 2 à l'échelle 1 : 25 000<sup>e</sup>), prospectables à pied. Il s'appuie sur la mesure et la collecte de données de terrain et vise à renseigner, à l'échelle stationnelle, les principales caractéristiques 1) du lit mineur (géométrie, pente et sinuosité du lit, granulométrie, description des berges, des faciès d'écoulement et du colmatage, habitats aquatiques) et 2) de la bande rivulaire et du lit majeur. Le protocole a été développé pour pouvoir appréhender les spécificités (dimensions, accessibilité, isolement) des cours d'eau en têtes de bassin versant dans toute leur diversité. Le protocole ROHZACE pourra faire l'objet d'ajustements ou de compléments au gré des futures mises en œuvre et retours d'expériences.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des agents des services départementaux, directions régionales et unités techniques connaissance de l'Office français de la biodiversité (OFB) impliqués sur le projet de caractérisation des cours d'eau situés en têtes de bassin versant, pour leur implication, leur participation aux réflexions méthodologiques et leur appui lors des tests et premiers déploiements sur le terrain.

Les auteurs remercient l'ensemble des gestionnaires, partenaires du projet OFB, notamment Guillaume Delaitre (Réserve naturelle nationale des Nouragues), Jennifer David-Devillechabrolle et Julien Cambou (Parc Amazonien de Guyane), Marjorie Gallay (Office de l'eau de Guyane), Tuterai Virau et Jenna Reva (Direction de l'environnement de Polynésie française), Pierpaolo Brena (Parc naturel régional du Queyras), Richard Bonet, Clotilde Sagot et Julien Guilloux (Parc national des Écrins), Claire Crassous (Parc national du Mercantour) pour leur appui à l'élaboration du protocole, à l'organisation des missions et à la mise en œuvre du protocole.

Les auteurs tiennent à remercier Aurélia Mathieu, Alexandre Jan, Mathieu Bossis, Laura Mondesir et Maxime Galineau pour leur implication dans les travaux de caractérisation de l'hydromorphologie des cours d'eau de têtes de bassins versants de Bretagne.

Les auteurs tiennent également à remercier les collègues de l'OFB : Stéphanie Barthe, Louan Dautreppe et Karl Kreutzenberger pour leur relecture précieuse du document.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION ET OBJECTIFS</b> .....	<b>7</b>
<b>1. CONDITIONS D'APPLICATION</b> .....	<b>11</b>
1.1. CONTEXTE ET PÉRIMÈTRE DU PROTOCOLE .....	11
1.2. SÉCURITÉ ET CONDITIONS HYDROCLIMATIQUES.....	13
1.2.1. Règles de sécurité.....	13
1.2.2. Préconisations pour la période d'échantillonnage.....	14
<b>2. MOYENS HUMAINS ET MATÉRIELS REQUIS</b> .....	<b>15</b>
2.1. LES MOYENS HUMAINS .....	15
2.2. LES MOYENS MATÉRIELS .....	15
<b>3. TRAVAIL PRÉPARATOIRE RECOMMANDÉ</b> .....	<b>17</b>
3.1. DÉFINITION DES OBJECTIFS.....	17
3.2. DÉFINITION DU CONTEXTE DU (OU DES) SITE(S) D'ÉTUDE.....	17
<b>4. MISE EN ŒUVRE DU PROTOCOLE ET RECUEIL DES DONNÉES</b> .....	<b>19</b>
4.1. INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LA STATION (RUBRIQUE n°1).....	19
4.2. ÉVALUATION DE L'ÉTAT PHYSIQUE DU LINÉAIRE ÉTUDIÉ (RUBRIQUE n°2) .....	20
4.2.1. Identification des pressions hydromorphologiques.....	20
4.2.2. Qualification de l'état du linéaire étudié .....	20
4.2.3. Commentaires sur l'état physique du linéaire étudié.....	21
4.3. DÉLIMITATION DE LA STATION (RUBRIQUE n°3) .....	21
4.3.1. Prépositionnement de la station .....	21
4.3.2. Rappel sur la détermination de la largeur à plein bord (Lpb) .....	22
4.3.3. Longueur et emplacement de la station .....	23
4.4. FORME DE LA VALLÉE ET LARGEUR DU LIT MAJEUR (RUBRIQUE n°4).....	25
4.4.1. Détermination de la forme de la vallée sur le linéaire étudié .....	25
4.4.2. Mesure de la largeur du lit majeur .....	25
4.5. INTERMITTENCE DES ÉCOULEMENTS (RUBRIQUE n°5) .....	26
4.6. PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU (RUBRIQUE n°6).....	26
4.7. OCCUPATION DU SOL ET BANDE RIVERAINE (RUBRIQUE n°7) .....	27
4.7.1. Renseignement de l'occupation du sol .....	27
4.7.2. Végétation de la bande rivulaire (ripisylve).....	27
4.8. GÉOMÉTRIE DU LIT MINEUR A PLEIN BORD (RUBRIQUE n°8).....	28
4.8.1. Réalisation des profils en travers.....	28
4.8.2. Mesures des largeurs et profondeurs (L/P) à plein bord.....	31
4.9. PENTE ET SINUOSITÉ DU LIT MINEUR (RUBRIQUE n°9) .....	31
4.9.1. Pente de la ligne d'eau.....	31
4.9.2. Détermination de la sinuosité du lit mineur.....	34
4.10. GRANULOMÉTRIE D'UN RADIER (RUBRIQUE n°10).....	35

4.10.1.	Caractérisation de la granulométrie par une mesure Wolman.....	35
4.10.2.	Évaluation de l'épaisseur du matelas alluvial .....	36
4.11.	FACIÈS D'ÉCOULEMENT, SUBSTRAT ET COLMATAGE (RUBRIQUE n°11) .....	37
4.11.1.	Relevé linéaire des faciès d'écoulement .....	37
4.11.2.	Granulométrie du substrat .....	40
4.11.1.	Évaluation rapide du colmatage superficiel .....	40
4.12.	HABITATS AQUATIQUES COMPLÉMENTAIRES (RUBRIQUE n°12).....	43
4.13.	ÉRODABILITE DES BERGES (RUBRIQUE n°13).....	46
4.14.	PHOTOGRAPHIES (RUBRIQUE n°14).....	47
4.15.	COMMENTAIRES COMPLÉMENTAIRES (RUBRIQUE n°15).....	47
<b>5.</b>	<b>BANCARISATION DES DONNÉES.....</b>	<b>48</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>49</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>53</b>

## INTRODUCTION ET OBJECTIFS

**Les têtes de bassin versant se localisent à l'extrémité amont du réseau hydrographique.** Ces cours d'eau sont généralement caractérisés par une faible largeur, une faible profondeur et un faible débit en période de basses eaux. Selon le contexte, les cours d'eau en têtes de bassin versant partagent des relations très fortes avec les zones humides adjacentes qui déterminent en partie leur fonctionnement. D'une manière générale, ces petits cours d'eau situés en têtes de bassin représentent entre 60 à 85 % du linéaire total du réseau hydrographique (Schumm, 1956 ; Shreve, 1969 ; Meyer & Wallace, 2001 ; Peterson *et al.*, 2001 ; Meyer *et al.*, 2003 ; Gomi *et al.*, 2002 ; Benda *et al.*, 2005 ; MacDonald & Coe, 2007 ; Le Bihan *et al.*, 2020 ; Golden *et al.*, 2025). **Les têtes de bassins sont déterminantes pour le bon fonctionnement des écosystèmes situés en aval. En effet, elles constituent les principales « portes d'entrée » des flux de matières (minérale et organique) dans l'écosystème « cours d'eau » et conditionnent quantitativement et qualitativement la ressource en eau à l'aval (Alexander *et al.*, 2007 ; Golden *et al.*, 2025). Elles constituent également des habitats essentiels pour une faune et une flore spécifiques et abritent des zones de refuge et de reproduction pour de très nombreuses espèces (Meyer *et al.*, 2007).**

Les cours d'eau en têtes de bassin ont longtemps été considérés comme des milieux préservés de toute atteinte. Cependant, ces milieux sont soumis à de très fortes pressions, notamment depuis la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle (changement d'occupation des sols, déforestation, remembrement, travaux hydrauliques, obstacles à la continuité écologique, pollutions diffuses et ponctuelles, activités extractives, prélèvements d'eau, etc.) de nature à générer des conséquences quasi-irréversibles sur leur fonctionnement. La vulnérabilité grandissante de ces milieux, combinée à leur importance capitale au sein du réseau hydrographique, justifient d'en améliorer la connaissance.

Suivant ce constat, **l'OFB a initié en 2024 un projet dédié à l'amélioration des connaissances des caractéristiques et du fonctionnement des petits cours d'eau situés en têtes de bassin versant.** Ce projet a pour principaux objectifs de :

- proposer une synthèse bibliographique dressant l'état des connaissances sur les caractéristiques naturelles (physiques et biologiques), le fonctionnement et le rôle des têtes de bassins versants, ainsi que sur les services écosystémiques qui leur sont associés ;
- proposer une méthodologie « de terrain », pour la caractérisation à l'échelle stationnelle de l'état physique des cours d'eau en têtes de bassin versant et des habitats associés ;
- déployer ce protocole de caractérisation dédié sur plusieurs territoires hexagonaux et ultramarins afin d'améliorer la connaissance sur les caractéristiques et le fonctionnement des têtes de bassins versants préservés ;
- valoriser l'ensemble des connaissances et des données recueillies par l'OFB et l'ensemble des partenaires du projet, afin de produire des documents de référence sur le fonctionnement de ces milieux particuliers et sur l'importance de leur préservation et de leur restauration. Dans ce cadre, un ouvrage de synthèse à destination des gestionnaires, des décideurs, de la communauté scientifique mais également du grand public sera produit en 2026.

Le protocole ROHZACE intègre donc spécifiquement le périmètre du second objectif présenté ci-dessus et présente une méthode orientée terrain pour caractériser finement l'hydromorphologie des petits cours d'eau en têtes de bassin versant. Ce développement s'est appuyé 1) sur la connaissance des spécificités hydromorphologiques des cours d'eau situés en têtes de bassin versant ; 2) sur des protocoles hydromorphologiques de terrain existants tels que le protocole Carhyce (Gob *et al.*, 2014 ; Baudoin *et al.*, 2017), le RHS (*River Habitat Survey*; Environment Agency, 2003), le HISS (*Headwater Intermittent Streams Study*; Fritz *et al.*, 2006) ; et d'autre part, sur différentes expérimentations de terrain conduites en particulier dans le Grand Est (Mathieu, 2010), puis en Bretagne (Jan, 2013 ; Bossis, 2014 ; Mondesir, 2017 ; Galineau, 2019 ; Le Bihan *et al.*, 2020 ; Le Bihan, 2023).

Le protocole ROHZACE se fonde sur l'acquisition, à l'échelle stationnelle, de différentes données hydromorphologiques quantitatives et limite au maximum le recours à l'appréciation qualitative. Le protocole ROHZACE vise notamment à caractériser la forme du lit mineur (largeur, profondeur, sinuosité, pente), la granulométrie, les faciès d'écoulement et les habitats aquatiques, dans un souci d'adaptation aux spécificités des cours d'eau en têtes de bassin versant (dimensions réduites des lits mineurs, intermittence des écoulements, pente potentiellement plus forte, isolement géographique, etc.).

Le protocole ROHZACE se veut simple et opérationnel : il est *a priori* adapté à l'ensemble des contextes hydrographiques. Sa mise en œuvre ne nécessite que peu de matériel et mobilise un nombre réduit d'opérateurs (2 à 4 opérateurs - Fig. 1). Le temps de mise en œuvre du protocole sur une station (hors temps d'accès à ladite station) est en moyenne estimé à 2h.



Figure 1 : Mise en œuvre du protocole ROHZACE par 2 opérateurs (© OFB).

**ROHZACE et CARHYCE, deux protocoles complémentaires de caractérisation de l'hydromorphologie des cours d'eau.**

L'OFB est impliqué et coordonne depuis de nombreuses années la **caractérisation hydromorphologique des cours d'eau en Hexagone et en Outre-mer**, en particulier au titre des obligations de la France vis-à-vis de la surveillance et du rapportage liés à la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE). Pour cela, l'établissement a développé le protocole CARHYCE (Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau), qui représente aujourd'hui le standard national déployé sur les réseaux DCE. Il constitue également, dans le cadre du « Suivi scientifique minimal », une référence proposée aux gestionnaires pour le suivi d'opérations de restauration hydromorphologique (Rolan-Meynard *et al.*, 2019).

De ce fait, le protocole **ROHZACE intègre et adapte certains éléments issus de CARHYCE** et des travaux de recherche associés, notamment les principes de dimensionnement de la station, de caractérisation de la géométrie du lit, de la ripisylve et de la granulométrie des radiers. En parallèle, et pour répondre aux besoins de connaissance des spécificités des cours d'eau situés en têtes de bassin versant, **ROHZACE propose d'appréhender certains éléments non pris en compte - ou de façon plus qualitative - par CARHYCE** en lien, par exemple, avec l'état du linéaire étudié, la forme de la vallée et les caractéristiques du lit majeur, l'intermittence des écoulements, la sinuosité du lit, les caractéristiques des berges ou la caractérisation quantitative des faciès d'écoulement et des principaux habitats aquatiques.

Par ailleurs, ROHZACE n'intègre pas de mesure de débit comme proposé dans CARHYCE. Cette mesure est en effet essentielle aux modélisations hydrauliques proposées par CARHYCE. La plupart du temps, les écoulements en têtes de bassin versant sont naturellement faibles, très dépendants et réactifs vis-à-vis des précipitations. Ils ne permettent pas une bonne mesure des débits – et par extension une bonne mise en œuvre du protocole CARHYCE.

En résumé, **ROHZACE et CARHYCE proposent des approches complémentaires**, qui permettent de répondre à différents enjeux et de s'adapter à un grand nombre de situations et de contextes. En fonction de ses besoins, chaque gestionnaire dispose ainsi d'une boîte à outils que le protocole ROHZACE vient enrichir.



# 1. CONDITIONS D'APPLICATION

## 1.1. CONTEXTE ET PÉRIMÈTRE DU PROTOCOLE

Le protocole ROHZACE a vocation à être prioritairement déployé sur tous les cours d'eau situés en têtes de bassin versant. Ces hydrosystèmes se localisent à l'extrémité amont du réseau hydrographique. Différents critères ont été utilisés dans la littérature scientifique pour caractériser les têtes de bassin versant : selon l'hydrologie (Burt, 1992), la surface de bassin versant amont (Woods *et al.*, 1995 ; Meyer *et al.* 2003 ; Adams & Spotila, 2005) ou l'ordination du réseau hydrographique (Strahler, 1957 ; Tixier *et al.*, 2012). La classification de Strahler (Strahler, 1957) a été majoritairement utilisée dans le cadre des études visant à définir spatialement ces cours d'eau en têtes de bassin (Benda *et al.*, 2005 ; Freeman, 2007 ; Meyer *et al.*, 2007 ; Tixier *et al.*, 2012 ; Wohl, 2017) ainsi que dans les différents Schémas Directeurs d'Aménagements et de Gestion des Eaux (SDAGE)<sup>1</sup>. **Les cours d'eau situés en têtes de bassin versant rassemblent l'ensemble des cours d'eau de rang 1 et 2 à l'échelle 1/25 000<sup>e</sup>.**

La classification de Strahler est une manière d'ordonner les cours d'eau formant le réseau hydrographique, depuis leur source jusqu'à leur exutoire. Elle est fondée sur l'importance croissante des branches qui constituent le réseau hydrographique (Fig. 2). Un numéro est attribué à chaque portion de rivière correspondant à sa position au sein du réseau. La méthode attribue la valeur « 1 » aux cours d'eau de source ; la rencontre de deux tronçons de valeur « 1 » produit, en aval de leur confluence, un tronçon de valeur « 2 » ; la rencontre de deux tronçons de valeur « 2 » produit un tronçon de valeur « 3 », et ainsi de suite. Un cours d'eau de rang  $n$  rencontrant un cours d'eau de rang inférieur conserve son rang  $n$ .

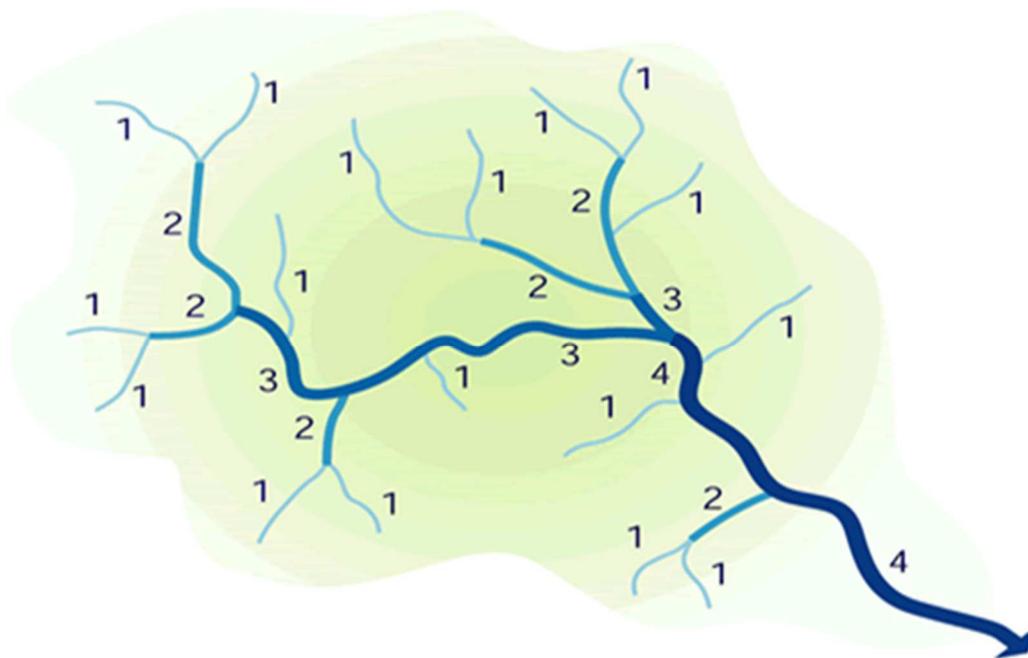


Figure 2 : Classification du réseau hydrographique selon l'ordre de Strahler (© US EPA, 2009).

<sup>1</sup> Dans le détail, 4 des 6 SDAGE hexagonaux (2022-2027) explicitent une définition des cours d'eau de têtes de bassin versant en s'appuyant sur la classification de Strahler. Ils y sont définis comme étant l'ensemble des cours d'eau de rangs 1 et 2 (Loire-Bretagne, Seine-Normandie), voire l'ensemble des cours d'eau de rangs 1, 2 et 3 (Adour-Garonne, Rhin-Meuse).

Les cours d'eau situés en têtes de bassin sont généralement caractérisés par une faible largeur (jusqu'à quelques mètres), une faible profondeur (jusqu'à quelques décimètres) et un faible débit en période de basses eaux. Leur pente est souvent plus forte que celle des tronçons situés en aval. Les cours d'eau en têtes de bassin partagent des relations très fortes et dynamiques avec les systèmes qui les entourent, et notamment la ripisylve, les zones humides ou les forêts alluviales du lit majeur.

Quatre différents types d'état physique de cours d'eau peuvent être distingués (Fig. 3) :

- **Les cours d'eau « de référence »** qui sont généralement définis comme étant proches des conditions naturelles et n'étant pas dégradés par les activités anthropiques (actuelles ou passées). Ces cours d'eau présentent ainsi un très fort degré de préservation du lit mineur comme du lit majeur.
- **Les cours d'eau en « bon état »** pour lesquels certains paramètres hydromorphologiques ont été ou sont légèrement dégradés par les activités et aménagements anthropiques (par exemple piétinement bovin limité, ripisylve légèrement dégradée) mais qui présentent un état de fonctionnement physique global correct, dans un contexte local donné.
- **Les cours d'eau « altérés »** (ou « dégradés ») qui présentent des modifications nettes de leurs paramètres morphologiques (recalibrage, rectification, endiguement, corsetage, protection de berges, artificialisation du profil en long, extraction sédimentaire, altération de la ripisylve, etc.).
- **Les cours d'eau « restaurés »** qui ont fait l'objet de travaux de restauration ou de réhabilitation de nature à améliorer leur fonctionnement physique depuis une situation dégradée.

Le protocole ROHZACE a été conçu pour une application sans distinction de contexte géographique. S'il a été initialement développé pour les petits cours d'eau préservés (cours d'eau de référence et en bon état hydromorphologique), il peut parfaitement être déployé pour caractériser des cours d'eau altérés ou restaurés (dans le cadre d'un suivi par exemple).

Les têtes de bassin versant préservées constituent des milieux essentiels tant d'un point de vue physique qu'écologique mais présentent une grande vulnérabilité aux perturbations. **Il est donc important de parcourir ces milieux avec une grande précaution.** Il conviendra notamment :

- d'éviter de mettre en œuvre ROHZACE sur des linéaires présentant une forte sensibilité écologique et/ou des enjeux particuliers vis-à-vis de certaines espèces ;
- de limiter au maximum le piétinement dans le lit ;
- d'éviter le déplacement des bois et blocs présents dans le lit,
- d'éviter toute dégradation des berges ;
- de systématiquement désinfecter et rincer le matériel avec soin avant chaque sortie terrain.

**Le protocole ROHZACE s'appuie sur un ensemble d'observations et de mesures hydromorphologiques réalisées sur le terrain à l'échelle stationnelle.** Ces mesures caractérisent la géométrie du lit mineur, sa pente, sa sinuosité, sa granulométrie et ses habitats aquatiques.

Les stations étudiées doivent être prospectables à pied dans des conditions hydrologiques compatibles avec la réalisation du protocole (*cf. infra*). La présence de chenaux multiples (séparés par des îles ou des îlots) n'empêche pas la mise en œuvre de la méthode mais peut localement la complexifier.

**NB :** Le protocole ROHZACE nécessite, avant toute mise en œuvre, **une intercalibration de terrain avec les équipes de l'OFB formées** afin de limiter le biais observateur et de pouvoir saisir correctement les données au sein de la base de données dédiée. **Il nécessite également une connaissance de base des principes de l'hydromorphologie** (voir notamment Malavoi & Bravard, 2010).



Figure 3 : Illustrations des différents états physiques de cours d'eau sur l'hydroécocorégion « Massif Armoricain » (HER n°12) : cours de référence (A), en bon état hydromorphologique (B), altéré (C) et restauré (D). (© OFB).

## 1.2. SÉCURITÉ ET CONDITIONS HYDROCLIMATIQUES

### 1.2.1. Règles de sécurité

En premier lieu, comme suggéré par Baudoin *et al.* (2017) en préambule du protocole Carhyce, **il est nécessaire d'évaluer les risques relatifs au site et à la période de l'année afin de mettre**

**en place des mesures de prévention.** On envisagera notamment les accès à la station, les moyens de communication et les risques inhérents à une intervention dans le cours d'eau et sur ses rives. L'évaluation du risque doit déboucher sur des consignes dont le rappel et la mise en œuvre sont assurés par le responsable de l'opération. Dans les cas extrêmes, lorsqu'aucune prévention n'est possible, que le risque résiduel n'est pas acceptable et que la configuration des lieux semble incompatible avec la sécurité des opérateurs (risque de chute, précipitations trop intenses, forts débits, vitesse du courant trop importante, zones en eau instables, chenal inaccessible et/ou non prospectable, etc.), la mise en œuvre du protocole doit être reportée et/ou annulée.

L'évaluation du risque doit impérativement être effectuée par le responsable des opérations avant chaque mise en œuvre du protocole, mais également tout au long du déploiement sur le terrain. Cette responsabilité ne dispense pas les opérateurs d'exercer leur esprit critique pour une évaluation des risques sur site, qui tiendra compte de leurs propres aptitudes, physiques notamment.

Les modalités d'accès et de ravitaillement (eau et nourriture) doivent être finement évaluées avant tout déplacement sur le terrain. Les têtes de bassins versants les mieux préservées peuvent en outre impliquer certaines particularités : l'isolement géographique (temps d'accès), l'absence de couverture par les réseaux téléphoniques, la difficulté de progression sur le terrain, une forte pente, une végétation particulièrement dense ou une présence abondante de gros blocs et/ou de bois morts, doivent être anticipés avant toute mise en œuvre du protocole. Par ailleurs, si l'accès à la station nécessite le franchissement de cours d'eau de taille conséquente (mais compatible avec les règles de sécurité évoquées ci-dessus), il est recommandé de prévoir le port de gilet de sauvetage. L'usage de gants de protection est recommandé pour l'ensemble des manipulations et mesures.

### 1.2.2. Préconisations pour la période d'échantillonnage

Le protocole ROHZACE doit être appliqué dans des conditions météorologiques et hydrologiques compatibles avec la sécurité des opérateurs et favorables aux mesures et à l'observation des différentes composantes morphologiques du cours d'eau (substrat du lit, faciès d'écoulement, caractéristiques des berges et de la ripisylve). Il est nécessaire de travailler à un débit compris entre le débit d'étiage ( $Q_{mna}$ ) et le module<sup>2</sup>. La discrimination des faciès d'écoulement est plus aisée pour des débits proches de l'étiage ; toutefois, il n'est pas recommandé de réaliser les mesures en condition d'étiage sévère ou d'absence d'écoulement. D'une manière générale, il est donc recommandé d'identifier des périodes où les écoulements, la densité de végétation et l'éventuelle présence de manteau neigeux sont compatibles avec les observations du lit mineur et de ses marges riveraines.

Les cours d'eau en têtes de bassin versant, du fait de leur position apicale sur le réseau hydrographique, ont une capacité de réponse hydrologique (temps de transfert) aux précipitations qui peut être extrêmement rapide, tout particulièrement dans les secteurs montagneux et/ou en gorges. Il convient donc de s'informer systématiquement - en amont et lors du déploiement sur le terrain - des conditions météorologiques locales et de la conduite à tenir en cas d'événements extrêmes.

---

<sup>2</sup> Le module (ou débit moyen interannuel) est évalué par la moyenne des débits moyens annuels.

## 2. MOYENS HUMAINS ET MATÉRIELS REQUIS

### 2.1. LES MOYENS HUMAINS

**Le protocole ROHZACE peut être mis en œuvre par une équipe d'au minimum 2 personnes.** Cependant, afin d'optimiser son déploiement, il est préférable de constituer une équipe de 4 personnes qui se répartissent des ateliers menés en parallèle (exemple : 3 opérateurs pour la description de la géométrie du lit et 1 opérateur pour les mesures descriptives de la station). Dans tous les cas, pour des raisons évidentes de sécurité, **aucun agent ne doit évoluer seul sur le terrain.**

L'effectif et l'organisation des moyens humains doivent être pensés par le responsable de l'opération, en amont du déploiement sur le terrain, ceci en prenant en compte les éléments de sécurité ainsi que les caractéristiques des secteurs d'étude potentiels.

### 2.2. LES MOYENS MATÉRIELS

La liste du matériel nécessaire pour l'application du protocole est présentée dans le tableau suivant (Tab. 1). Le nombre optimal est optionnel mais permet de pallier d'éventuelles défaillances de matériel. **Il faudra ajouter à cela le matériel « hygiène et sécurité » classique, valable pour toutes les missions sur le terrain :** trousse de secours, gel antibactérien, gilets de sauvetage (pour chacun des opérateurs lorsque le risque de noyade est une préoccupation pour l'accès au site), casque (en cas de risque de chute), gants, lunettes de protection, crème et protections solaires. Dans certains territoires particulièrement isolés (forêt tropicale, cirques volcaniques, haute montagne), il faudra prévoir du matériel complémentaire (kit de réhydratation, téléphone satellite) et des réserves adaptées en eau potable (5 l/j/pers.) et en nourriture.

Dans le cas où ce protocole est amené à être déployé successivement sur plusieurs stations, il convient de prévoir un nombre suffisant de fiches terrain. En conditions pluvieuses, **il est intéressant de prévoir une impression (laser) des fiches terrain sur du papier étanche et un stylo à encre pressurisée** (type « space pen »). Il est également conseillé de faire sécher, de protéger puis de photographier les fiches complétées dès la fin de la saisie.

Tableau 1 : Matériel nécessaire à la mise en œuvre sur le terrain du protocole ROHZACE par une équipe de 2 à 4 opérateurs.

	Matériel	Nombre		Utilité et objectifs
		Minimal	Optimal	
<input type="checkbox"/>	GPS	1	2	Positionnement / Mesure
<input type="checkbox"/>	Piquets repères colorés	2	4	Positionnement / Mesure
<input type="checkbox"/>	Topofil	0	1	Positionnement / Mesure
<input type="checkbox"/>	Appareils photo	1	2	Mesure
<input type="checkbox"/>	Mires télescopiques (5 m)	2	3	Mesure
<input type="checkbox"/>	Visée optique + boîte étanche + trépied	1	1	Mesure
<input type="checkbox"/>	Clinomètre	0	1	Mesure
<input type="checkbox"/>	Décamètres (50 m)	2	3	Mesure
<input type="checkbox"/>	Mètre ruban rigide (5 m)	1	2	Mesure
<input type="checkbox"/>	Pied à coulisse	0	1	Mesure
<input type="checkbox"/>	Réglet (50 cm)	1	2	Mesure
<input type="checkbox"/>	Télémètre	0	1	Mesure
<input type="checkbox"/>	Sonde conductivité / T°C	1	2	Mesure
<input type="checkbox"/>	Gabarit granulométrique imprimé et plastifié	0	1	Mesure
<input type="checkbox"/>	Masse / massette	1	1	Mesure
<input type="checkbox"/>	Fer à béton (Ø 10-12 mm long. 1 m)	1	1	Mesure
<input type="checkbox"/>	Lot de piles de rechange (AAA et LR6)	1	1	Mesure
<input type="checkbox"/>	Calculatrice	0	1	Mesure
<input type="checkbox"/>	Fiches terrain	1	2	Saisie
<input type="checkbox"/>	Fiches terrain étanches	0	2	Saisie
<input type="checkbox"/>	Stylo à encre pressurisée	0	2	Saisie
<input type="checkbox"/>	Planche + crayons	1	2	Saisie
<input type="checkbox"/>	Classeur / pochette étanche	1	1	Saisie
<input type="checkbox"/>	Parapluie	0	1	Saisie
<input type="checkbox"/>	Talkies-walkies (x2 ou x3)	0	1	Sécurité
<input type="checkbox"/>	Tablette terrain étanche	0	1	Positionnement / Saisie
<input type="checkbox"/>	Machette	1	2	Accès / Déplacement
<input type="checkbox"/>	Sécateur	1	2	Accès / Déplacement
<input type="checkbox"/>	Pince coupante	1	1	Accès / Déplacement
<input type="checkbox"/>	Corde (20 m)	0	1	Accès / Sécurité
<input type="checkbox"/>	Jerrican essence (10 l minimum)	0	1	Accès / Sécurité
<input type="checkbox"/>	Tronçonneuse	0	2	Accès / Sécurité
<input type="checkbox"/>	Plaques de désembourbement	0	2	Accès / Sécurité

## 3. TRAVAIL PRÉPARATOIRE RECOMMANDÉ

### 3.1. DÉFINITION DES OBJECTIFS

Préalablement à la réalisation d'une opération de terrain, il convient de mener un travail préparatoire visant notamment à définir précisément les objectifs et le contexte de l'étude. En têtes de bassin versant, le protocole ROHZACE peut par exemple viser à :

- Caractériser l'hydromorphologie d'un cours d'eau préservé (cours d'eau de référence ou en bon état hydromorphologique).
- Évaluer le niveau d'altération d'un cours d'eau par rapport à une référence.
- Définir les caractéristiques hydromorphologiques de cours d'eau restaurés ou réhabilités suite à une dégradation.
- Suivre l'évolution des principales variables hydromorphologiques selon une démarche BACI (*before - after - control - impact*) en comparant l'évolution du milieu avant et après une perturbation ou une restauration (Stewart-Oaten *et al.*, 1986).

### 3.2. DÉFINITION DU CONTEXTE DU (OU DES) SITE(S) D'ÉTUDE

Une fois précisés les objectifs de la mission, il est recommandé de définir la localisation et le contexte du ou des sites d'étude potentiels permettant de répondre à ces objectifs. Pour cela il conviendra de s'intéresser notamment 1) à la présence / absence de pressions hydromorphologiques sur ou à proximité d'un secteur potentiel, 2) à l'accès au dit secteur. **Il s'agit dans cette phase préparatoire d'analyse cartographique, de recueillir certaines informations qui permettront de préparer et d'orienter au mieux le déploiement du protocole sur le terrain.** L'analyse cartographique pourra se conduire sous système d'information géographique (SIG). Elle doit notamment permettre de contextualiser, sur les secteurs visés, les informations suivantes :

- Les caractéristiques actuelles du réseau hydrographique (cartographie des cours d'eau Police de l'eau, Scan 25, BD Topage).
- L'occupation du sol actuelle (OSO Theia<sup>3</sup>, OCS GE, BD ORTHO, photographies aériennes récentes, Corine Land Cover millésime 2018, etc.).
- L'occupation du sol antérieure (BD ORTHO historique ; photographies aériennes anciennes, cartes d'État-Major, etc.).
- Certaines caractéristiques physiques générales du réseau hydrographique historique (positionnement et sinuosité du lit) et de son environnement (carte d'état-major, cadastre napoléonien, photographies aériennes anciennes, etc.).

---

<sup>3</sup> Ressource disponible pour la France hexagonale : <https://www.theia-land.fr/product/carte-doccupation-des-sols-de-la-france-metropolitaine/>.

Concernant plus spécifiquement les pressions hydromorphologiques en têtes de bassin versant (Spitoni, 2012 ; Uwe, 2013 ; Guillaume, 2015), il s'agira notamment de repérer à proximité du secteur d'étude :

- La présence de travaux hydrauliques sur ou en amont du linéaire étudié : rectification, rescindement de certains méandres, enterrement de cours d'eau, etc. (BD ORTHO, Scan 25, Plateforme PRHYMO, etc.).
- La présence d'infrastructures linéaires : infrastructures routières, ferroviaires, canalisations et réseaux enterrés, etc. (BD ORTHO, BD TOPO thème « transport », Scan 25, etc.).
- La présence d'obstacles à l'écoulement : notamment les seuils et barrages (référentiel national des obstacles à écoulement - ROE<sup>4</sup> ; bases de données locales des obstacles à l'écoulement, etc.).
- Les changements d'occupation du sol par l'analyse diachronique de l'évolution des surfaces urbanisées, forestières, agricoles, etc.

Concernant l'accès aux sites, il faudra, en amont de la phase terrain, veiller à réunir les informations suivantes :

- La localisation des stations potentielles (commune, lieu-dit, nom du cours d'eau).
- Les modalités et le temps d'accès aux stations potentielles (proximité des routes, pistes, chemins, layons, carrossabilité et zone de stationnement).
- Un accord des propriétaires pour l'accès aux sites.

Une fois la (ou les) station(s) potentielle(s) identifiée(s) et localisée(s), les moyens matériels et humains mobilisés et l'accord des propriétaires obtenu, le protocole ROHZACE peut être mis en œuvre.

---

<sup>4</sup> <https://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fre/catalog.search#/metadata/070df464-73d3-4c00-be2f-93f2a97ef8f5>.

## 4. MISE EN ŒUVRE DU PROTOCOLE ET RECUEIL DES DONNÉES

Le protocole de terrain ROHZACE comporte 15 rubriques permettant de caractériser le lit mineur et le lit majeur sur la station étudiée. Ces rubriques sont listées ci-dessous, en suivant l'ordre de la fiche terrain (Tab. 2). **Les informations collectées et mesurées sur le terrain sont directement reportées sur la fiche terrain dédiée** (Annexe 1). Les données collectées seront ensuite bancarisées dans la base de données GRIST, conçue pour capitaliser les données issues de ROHZACE (<https://grist.numerique.gouv.fr/o/ofb-tbv/qkEHgz98d6QG/BDD>). La saisie est faite en ligne au moyen du formulaire *ad hoc* et nécessite donc un accès à Internet. Certains champs, repérés par un astérisque, doivent obligatoirement être renseignés.

Tableau 2 : Aperçu des différentes rubriques terrain du protocole ROHZACE.

Rubriques du protocole ROHZACE	Type de données
1. Informations générales sur la station	Données de contexte
2. Évaluation rapide de l'état physique	Données qualitatives de contexte
3. Délimitation de la station	Mesures
4. Forme de la vallée et largeur du lit majeur	Données qualitatives et quantitatives de contexte
5. Intermittence des écoulements	Données qualitatives et quantitatives de contexte
6. Paramètres physico-chimiques de l'eau	Mesures
7. Occupation du sol et bande riveraine	Données qualitatives et mesures de contexte
8. Géométrie du lit mineur à plein bord	Mesures
9. Pente et sinuosité du lit mineur	Mesures
10. Granulométrie d'un radier	Mesures
11. Faciès d'écoulement, substrat et colmatage	Mesures et données qualitatives de contexte
12. Habitats aquatiques complémentaires	Mesures
13. Érodabilité des berges	Données qualitatives de contexte
14. Photographies	Données de contexte
15. Commentaires complémentaires	Données de contexte

### 4.1. INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LA STATION (RUBRIQUE n°1)

Les principales informations relatives à la localisation du cours d'eau (commune, lieu-dit, nom du cours d'eau), accompagnées des coordonnées GPS des limites amont et/ou aval de la station, sont renseignées dans la partie « informations générales » de la fiche terrain. **Il est obligatoire de renseigner *a minima* les coordonnées du point GPS correspondant à la limite aval de la station.**

Les systèmes de projection et unités recommandés pour les différents territoires sont indiqués dans le tableau suivant (Tab. 3). Pour des questions pratiques, **il est fortement préconisé lors de la phase terrain de configurer les GPS suivant le système de projection WGS84 avec des unités exprimées en degré décimal (dd)**. Ce système et ces unités sont indiqués par défaut sur la fiche terrain ; il est toutefois possible de renseigner le champ « autre », en indiquant un autre système de projection ainsi que les unités retenues.

Tableau 3 : Systèmes de coordonnées recommandés selon les zones géographiques.

Zones géographiques	Systèmes de coordonnées
Antilles	WGS84 ou RGAF09
France hexagonale	WGS84 ou RGF93
Guyane	WGS84 ou RGFG95
Mayotte	WGS84 ou RGM04
Nouvelle-Calédonie	WGS84 ou RGNC91-93
Polynésie française	WGS84 ou RGPF_UTM6S
Réunion	WGS84 ou RGR92

La date de la mise en œuvre, les participants sur le terrain et leur affiliation, sont également renseignés. Les heures de début et de fin du protocole sont précisées afin de pouvoir évaluer la durée de réalisation du protocole sur chacune des stations.

## 4.2. ÉVALUATION DE L'ÉTAT PHYSIQUE DU LINÉAIRE ÉTUDIÉ (RUBRIQUE n°2)

### 4.2.1. Identification des pressions hydromorphologiques

La phase de reconnaissance terrain, préalable à la délimitation d'une station, doit permettre de répondre aux questions suivantes :

- L'occupation du sol à proximité et en amont du linéaire étudié est-elle de nature à impacter l'hydromorphologie du cours d'eau ?
- Le cours d'eau est-il dans son talweg ?
- Le cours d'eau présente-t-il une sinuosité naturelle ?
- Le cours d'eau présente-t-il un gabarit proche des conditions naturelles ?
- La forme des berges est-elle naturelle ?
- Des traces de protections de berges (ex : enrochements) sont-elles visibles ?
- Des obstacles à l'écoulement impactent-ils le fonctionnement morphologique ?
- La végétation rivulaire est-elle naturelle ?
- Des travaux hydrauliques (y compris anciens) sont-ils identifiables ?

### 4.2.2. Qualification de l'état du linéaire étudié

Suite à cette phase préliminaire de reconnaissance, les opérateurs doivent statuer sur l'état physique du linéaire de cours d'eau étudié. Pour rappel le protocole ROHZACE retient 4 états physiques : « De référence », « Bon », « Altéré », « Restauré » (*cf. 1.1 - Contexte et périmètre du protocole*). Dans le détail, Jan (2013) synthétise les principaux critères **cumulatifs** permettant de mettre en évidence le caractère de « référence » d'un tronçon de cours d'eau :

- Absence d'altérations de l'hydrologie (réservoirs, barrages, prélèvements) sur et en amont du site (Hering *et al.*, 2004).
- Absence de drainage et d'effluents (Wallin *et al.*, 2003 ; Nijboer *et al.*, 2004).
- Continuité écologique entre l'amont et l'aval (Wallin *et al.*, 2003).
- Connectivité latérale entre le lit mineur et le lit majeur (Wallin *et al.*, 2003).
- Absence d'extraction de sédiments (Kondolf, 1994).
- Ripisylve naturelle et préservée, recouvrement et composition végétale appropriée au type de cours d'eau et à sa région (Barbour *et al.*, 1996 ; Wallin *et al.*, 2003).
- Absence d'espèces exotiques (Bonada *et al.*, 2004).
- Substrat naturel adapté au type de cours d'eau et à sa région (Barbour *et al.*, 1996).
- Présence de bois en rivière (Hughes, 1995 ; Barbour *et al.*, 1996 ; Bonada *et al.*, 2004).

Au regard de la qualification retenue et des objectifs de l'étude, le protocole de terrain est mis en œuvre ou non. Dans tous les cas, il sera nécessaire de bancaiser les informations renseignées sous GRIST (rubriques 1 et 2 de la fiche terrain). Cette bancaisation permettra de consigner les informations relatives à la localisation et à l'état des linéaires prospectés afin d'éviter des doublons de prospections ultérieures.

#### 4.2.3. Commentaires sur l'état physique du linéaire étudié

Les opérateurs peuvent renseigner des informations complémentaires constatées sur le linéaire étudié et permettant d'affiner et/ou d'illustrer la qualification de l'état physique retenu. Ces commentaires peuvent par exemple préciser :

- Les pressions hydromorphologiques identifiées (artificialisation du sol à proximité, merlon de curage, captages, remblais, piétinement, talus à proximité des berges, ancienne digue de plan d'eau en travers de la vallée, etc.).
- Certains éléments remarquables (ancien lit relictuel dans le talweg, anciens méandres encore visibles, etc.).
- La présence et les noms d'espèces protégées ou invasives.
- Si l'acquisition de données entre dans le cadre d'un projet de restauration.

### 4.3. DÉLIMITATION DE LA STATION (RUBRIQUE n°3)

#### 4.3.1. Prépositionnement de la station

Dans un premier temps, les opérateurs progressent le long du cours d'eau, sur le linéaire étudié, pour repérer la zone d'étude la plus favorable à l'implantation de la station. Elle doit faire partie d'un segment morphologiquement homogène<sup>5</sup> et elle ne doit pas comporter de confluence susceptible de modifier les caractéristiques hydromorphologiques du lit mineur. **Cette phase permet d'appréhender collectivement le contexte de la station et les difficultés susceptibles**

---

<sup>5</sup> Un segment est une entité morphologiquement homogène obtenue en étudiant les 5 facteurs suivants : positionnement dans le talweg, profil en long, tracé en plan, profil en travers, occupation du sol (Wasson *et al.*, 1998).

de gêner la mise en œuvre du protocole (végétation dense, zones instables, pente abrupte, etc.). Si l'accès et la prospection sont trop problématiques, il convient de revoir le positionnement de la station.

#### 4.3.2. Rappel sur la détermination de la largeur à plein bord (Lpb)

Comme proposé par Baudoin *et al.* (2017), pour cette mesure *in situ* de la largeur à plein bord (Lpb), les opérateurs repèrent, sur chaque berge, la rupture de pente entre la plaine d'inondation et la berge (Fig. 4 et 5), puis mesurent la largeur en tendant le décamètre horizontalement (ou en utilisant un télémètre), en s'assurant qu'il soit bien parallèle à la ligne d'eau. Dans le cas d'altitudes différentes des bords de berges, le bord le plus bas doit être retenu comme limite du lit de plein bord (Fig. 4B). Pour les lits présentant des bancs alluviaux (de sable, de graviers ou de cailloux), la mesure doit être réalisée sans tenir compte des bancs (Fig. 4C).

Comme ces mesures sont réalisées en période de basses eaux, une partie des bancs peut effectivement apparaître exondée ; **il est donc préconisé de s'appuyer également sur la végétation pérenne des berges pour déterminer la largeur à plein bord**. Dans les cas de lits à bras multiples, séparés par des îles végétalisées, les largeurs des différents lits de plein bord doivent être additionnées (Lpb1 + Lpb2) pour obtenir la largeur totale du cours d'eau (Fig. 4D).

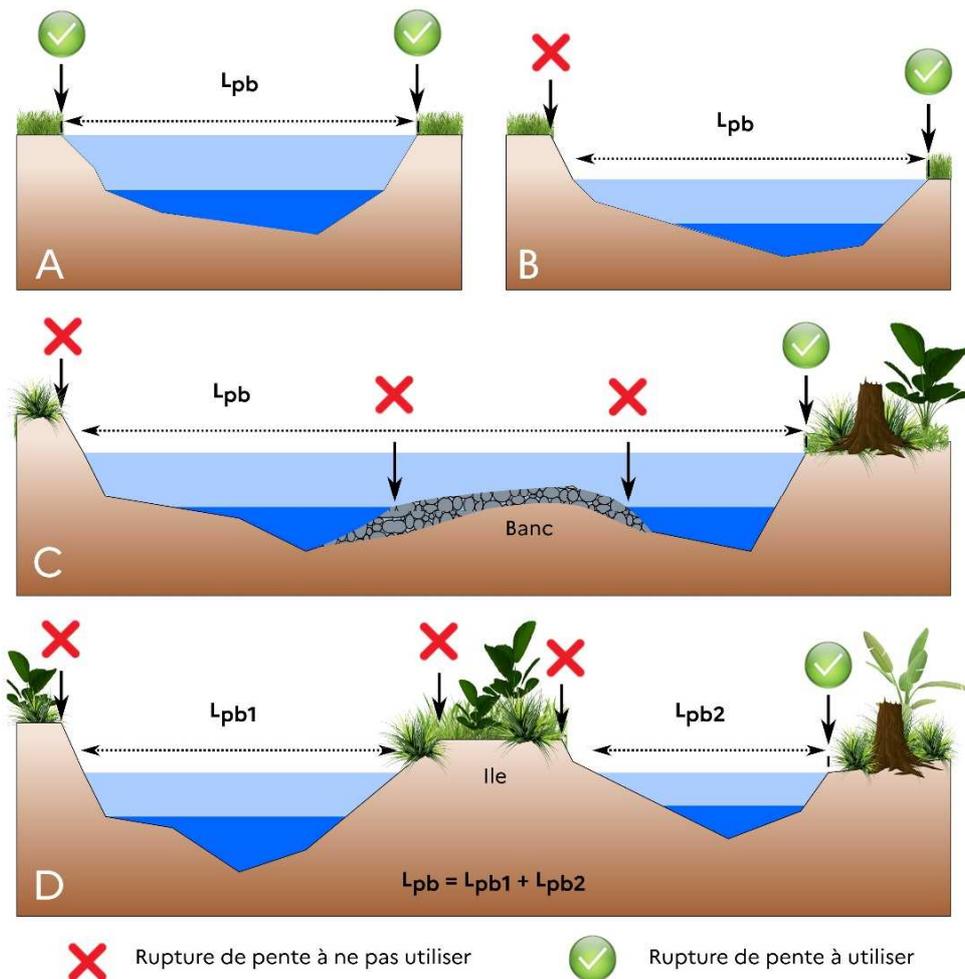


Figure 4 : Détermination de la largeur à plein bord (Lpb) (d'après Baudoin *et al.*, 2017).



Figure 5 : Exemples de mesure de largeur à plein bord sur des petits cours d'eau situés en tête de bassin versant (A,B,D,F © OFB ; C © Vierron ; E © Alber).

#### 4.3.3. Longueur et emplacement de la station

Après avoir identifié un emplacement favorable pour l'implantation d'une station, il convient de déterminer sa longueur. Comme proposé par Gob *et al.* (2014), cette longueur est directement indexée sur la largeur à plein bord du lit mineur. Pour cela, il convient de mesurer 3 largeurs à plein bord dans les parties rectilignes du cours d'eau puis d'en établir la moyenne. Il est préconisé que ces premières mesures de largeur soient séparées d'au moins deux largeurs à plein bord (Baudoin *et al.*, 2017). **Dans le cadre du protocole ROHZACE la longueur de la station est égale à 15 fois la Lpb moyenne, sans toutefois être inférieure à 30 m :**

$$L_{\text{station}} = 15 \times L_{\text{pb}} \text{ moyenne}$$

Cette longueur permet, en conditions naturelles, d'intégrer au moins 2 successions radier - mouille (Thorne, 1991). En têtes de bassin versant, les largeurs à plein bord sont généralement assez faibles. Par conséquent, il est important de positionner la station en s'assurant qu'elle soit représentative de la morphologie et du fonctionnement observés sur le linéaire environnant. **La longueur minimale de 30 m** permet d'assurer une certaine représentativité.

**La limite amont est fixée préférentiellement sur la crête d'un radier (partie la plus haute du radier), ou à défaut d'un plat courant. La longueur de la station correspond à la distance écologique du cours d'eau<sup>6</sup>.** Cette mesure est effectuée sur le terrain à l'aide d'un décamètre (ou d'un topofil) correctement tendu, en suivant le tracé du lit mineur préférentiellement au milieu du lit mineur à plein bord ou, à défaut, sur le haut d'une berge (Fig. 6). Pour matérialiser et suivre au mieux le tracé du cours d'eau, des piquets, des blocs ou du bois mort peuvent être utilisés afin de maintenir le décamètre (ou le topofil) tendu dans l'axe du lit mineur. Une fois la station délimitée, des repères colorés pourront être utilisés pour matérialiser les extrémités amont et aval de la station étudiée. Il est par ailleurs recommandé de maintenir le décamètre en place pendant toute la durée des mesures.



Figure 6 : La disposition d'un décamètre au long de la station permet de déterminer ses bornes amont et aval, et permettra également de repérer la position et de faciliter différentes mesures intégrant le périmètre du protocole ROHZACE (profils en travers, faciès, habitats aquatiques complémentaires, etc.). (© OFB)

<sup>6</sup> La mesure de la distance écologique doit être précise et permet également de déterminer le coefficient de sinuosité du cours d'eau (cf. 4.9.2 - Détermination de la sinuosité du lit mineur).

## 4.4. FORME DE LA VALLÉE ET LARGEUR DU LIT MAJEUR (RUBRIQUE n°4)

### 4.4.1. Détermination de la forme de la vallée sur le linéaire étudié

La forme de la vallée est décrite sur chaque station d'après une adaptation du protocole de description « *River Habitat Survey* » (Environment Agency, 2003 ; Fig. 7), distinguant 7 formes de vallées :

- **B1** : Fond de vallée plat ; vallée très faiblement dessinée sans versant identifiable.
- **B2** : Vallée faiblement dessinée et marquée par une pente du fond de vallée < 30°.
- **B3** : Vallée marquée par une pente de fond de vallée comprise entre 30° et 80°.
- **B4** : Vallée en gorge, pente de versant abrupte > 80°.
- **B5** : Vallée dissymétrique (indiquer les rives directement sur la fiche terrain).
- **B6** : Vallée marquée par un fond plat et la présence de terrasses alluviales.
- **B7** : Vallée marquée par un fond plat et des pentes de versants > 30°.

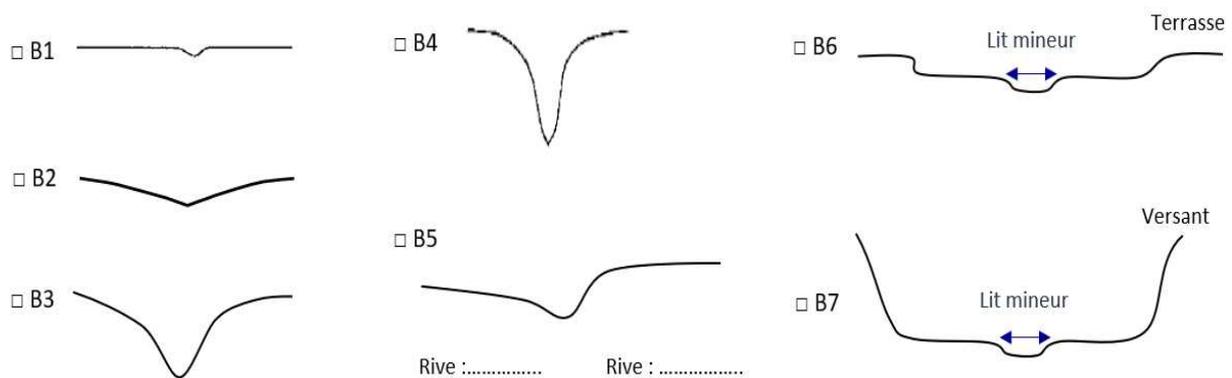


Figure 7 : Typologie des formes de vallées (adapté de Environment Agency, 2003).

### 4.4.2. Mesure de la largeur du lit majeur

La largeur du lit majeur est mesurée sur le terrain au décamètre ou au télémètre, avec une précision décimétrique. Elle est effectuée sur un transect perpendiculaire à l'axe de la vallée, rejoignant les deux ruptures de pente des versants (Fig. 8).

Il est recommandé de réaliser 3 mesures de la largeur du lit majeur en répartissant les points de mesure sur l'ensemble de la station (amont, partie médiane, aval de la station). En cas de lit majeur difficilement prospectable, il faut réaliser au minimum une mesure de la largeur du lit majeur, représentative de la station étudiée. En cas de lit majeur très large ou difficile à caractériser (végétation dense, rupture de pente des versants peu marquée), la mesure peut être réalisée *a posteriori* à partir de données cartographiques en s'assurant qu'elle corresponde bien aux impressions de largeur sur le terrain.

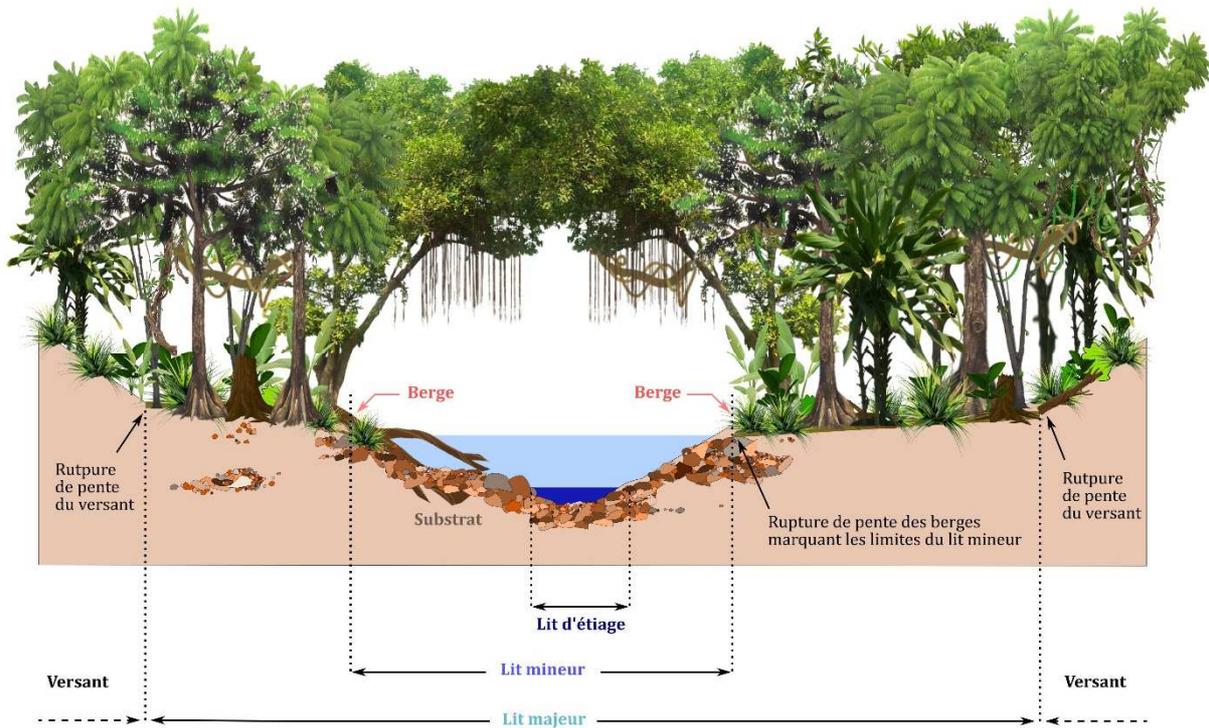


Figure 8 : Illustration des ruptures de pente indiquant les limites du lit majeur (adapté de Melun *et al.*, 2021).

#### 4.5. INTERMITTENCE DES ÉCOULEMENTS (RUBRIQUE n°5)

Le jour de la mise en œuvre sur le terrain du protocole ROHZACE, les écoulements sont caractérisés d'après la typologie proposée par Fritz *et al.* (2006 ; Fig. 9).

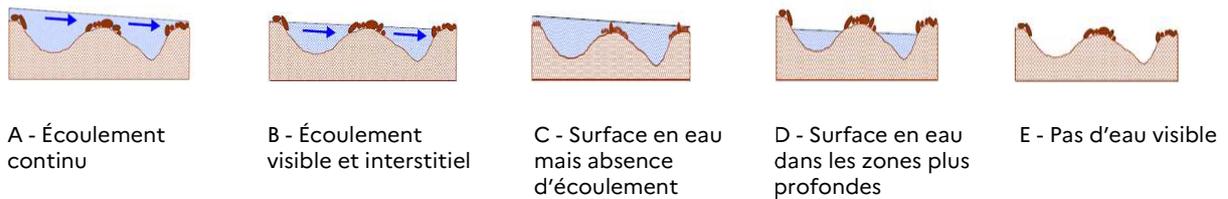


Figure 9 : Typologie des écoulements (Fritz *et al.*, 2006).

#### 4.6. PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU (RUBRIQUE n°6)

Le pH, la température et la conductivité constituent des paramètres essentiels qui conditionnent fortement la qualité de la ressource en eau et finalement l'état écologique global d'un cours d'eau. Ces paramètres influencent en effet la distribution, les interactions, le métabolisme, la survie et le taux de croissance des différentes espèces aquatiques présentes dans les rivières et les fleuves. Ces paramètres physico-chimiques des eaux sont mesurés *in situ*, en précisant l'heure des mesures, puisque celles-ci peuvent être sujettes à des variations à l'échelle d'une journée (Tab. 4).

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau mesurées *in situ*.

Paramètres physico-chimiques	Matériel de mesure	Observations / Point de vigilance
pH	pH-mètre, sonde multiparamètres	Vérifier le bon étalonnage avant chaque utilisation
Conductivité (en $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	Conductimètre, sonde multiparamètres	Vérifier le bon étalonnage avant chaque utilisation
Température de l'eau (en °C)	Thermomètre, sonde multiparamètres	Vérifier le bon étalonnage avant chaque utilisation. Noter les possibles variations diurnes

## 4.7. OCCUPATION DU SOL ET BANDE RIVERAINE (RUBRIQUE n°7)

### 4.7.1. Renseignement de l'occupation du sol

L'occupation du sol fournit une indication du contexte écologique et du paysage de pressions potentielles sur la station. **L'occupation du sol dominante est déterminée indépendamment sur chacune des rives du cours d'eau**, en considérant idéalement l'intégralité du lit majeur (si l'occupation y est homogène) ou, à défaut, uniquement sur une bande riveraine de 25 m de part et d'autre du cours d'eau. L'occupation du sol dominante est décrite en s'appuyant sur les ressources suivantes :

- **En France hexagonale** : utilisation de la typologie des habitats EUNIS (*European Nature Information System*) de niveau 3 (Gayet *et al.*, 2018).
- **Dans les territoires ultra-marins** : utilisation de typologies spécifiques lorsqu'elles existent (par exemple, Guitet *et al.*, 2015 pour la Guyane, Dupuy & Gaetano, 2019 pour la Réunion ou Dupuy *et al.*, 2024 pour Mayotte). Il est également possible de s'appuyer sur les productions du Centre d'expertise scientifique (CES) « Occupation des terres » du pôle THEIA<sup>7</sup> (par exemple). À défaut, il est proposé de se rabattre sur la typologie proposée dans le cadre de la base vectorielle de l'occupation du sol à grande échelle (OCS GE) de l'IGN<sup>8</sup>.

### 4.7.2. Végétation de la bande rivulaire (ripisylve)

La ripisylve est succinctement décrite à travers sa structure, en précisant le nombre de strates présentes (absence, herbacée, arbustive, arborée) et sa largeur, discrétisée en 4 classes : < 2 m (rideau), 2 à 10 m, 10 à 25 m, > 25 m, et mesurée au décimètre (Fig. 10). Il conviendra d'illustrer ceci par une ou plusieurs photographie(s) représentative(s) de la ripisylve à l'échelle de la station étudiée.

<sup>7</sup> Les productions du CES ODT sont consultables suivant ce lien : <https://www.theia-land.fr/ces-occupation-des-terres/>.

<sup>8</sup> La base OCE GE de l'IGN est accessible suivant ce lien : <https://geoservices.ign.fr/ocsge>.

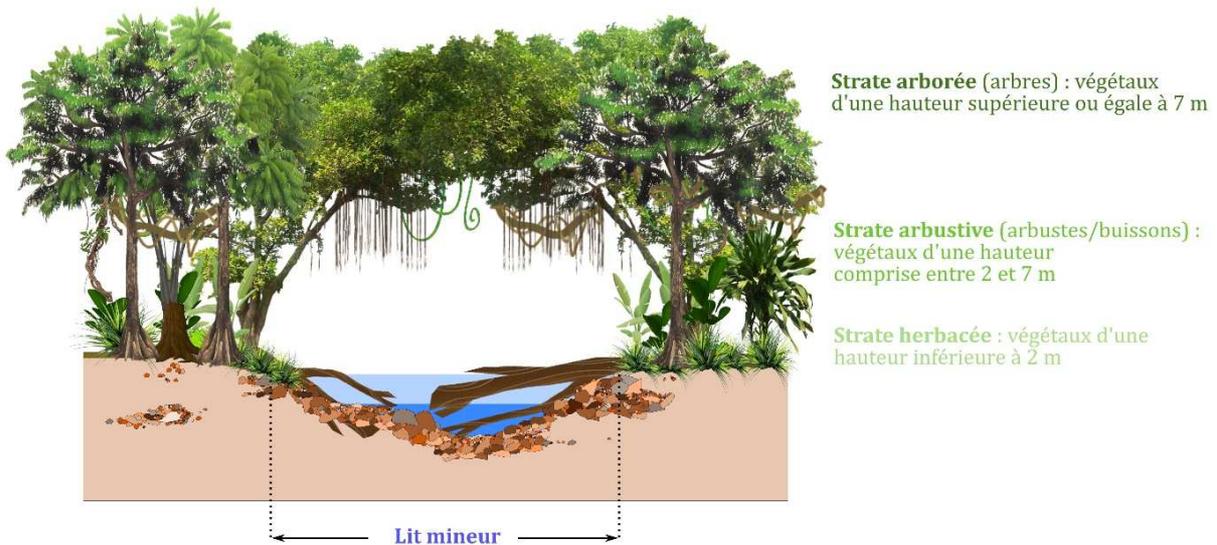


Figure 10 : Stratification verticale de la végétation (adapté de Baudoin *et al.*, 2017).

#### 4.8. GÉOMÉTRIE DU LIT MINEUR A PLEIN BORD (RUBRIQUE n°8)

La géométrie du lit (largeur, profondeur) est un paramètre hydromorphologique essentiel qui permet de rendre compte de l'activité géodynamique d'un cours d'eau et d'appréhender le degré de connectivité entre le lit mineur et le lit majeur. Dans ce protocole, la géométrie du lit est décrite par la réalisation de 6 profils en travers (PT) « complets » ainsi que par la mesure rapide de 10 gabarits (largeur et profondeur ; L/P). Pour ces derniers, il s'agit de mesurer la largeur à plein bord et la plus grande profondeur du lit mineur par rapport au niveau plein bord (en d'autres termes, la profondeur maximale observable sur la section par rapport au niveau de plein bord). **Chacune de ces mesures (PT ou L/P) est espacée de la précédente d'une Lpb moyenne** (*cf.* rubrique n°3 ; Fig. 11).

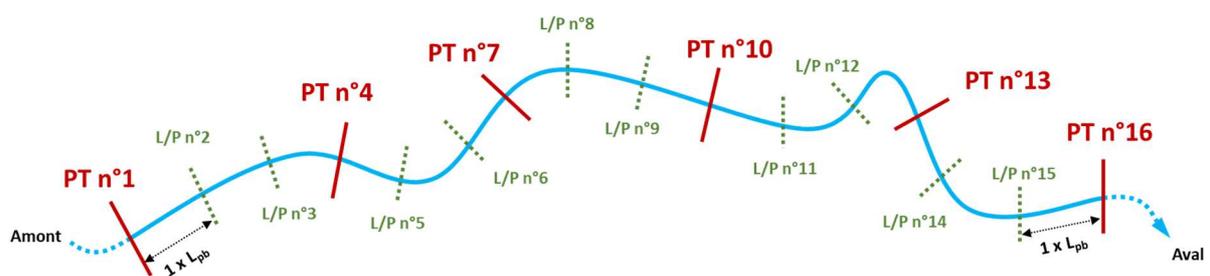


Figure 11 : Schéma de principe de la répartition des profils en travers et des mesures de gabarit (L/P) sur une station.

##### 4.8.1. Réalisation des profils en travers

###### A. Cas général (lit à chenal unique)

À l'échelle d'une station, les opérateurs réalisent au total 6 profils en travers répartis toutes les 3 fois la Lpb moyenne (cette répartition est explicitée sur la figure précédente). Jan (2013) a

effectivement montré que 6 profils en travers suffisaient, en têtes de bassin versant, pour obtenir une description fiable de la diversité morphologique de ces profils.

La réalisation des profils en travers vise à rendre compte de la forme du fond du lit en mesurant, à espacement régulier, la profondeur par rapport au niveau de plein bord de chacun des transects. L'espacement théorique entre les points de mesure de la profondeur doit être calculé sur chaque transect, tel que :

$$\text{Espacement inter-points} = L_{pb} \text{ transect} / 7$$

**Pour s'assurer un minimum de 7 points, permettant de fiabiliser la mesure de la profondeur, le résultat doit être arrondi au décimètre inférieur** (Fig. 12). Ainsi si la  $L_{pb}$  mesurée sur la section est égale à 2,3 m, l'espacement entre les points de mesure de la profondeur est « théoriquement » de :  $2,3 / 7 = 0,33$  m. L'espacement à retenir sera donc de 0,30 m.

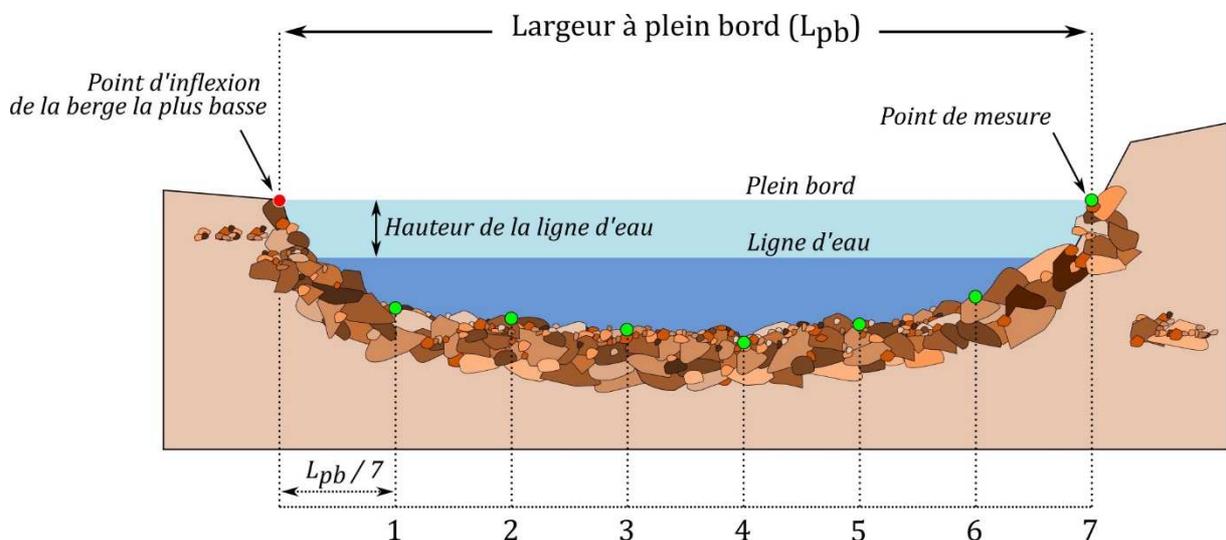


Figure 12 : Positionnement des points de mesure de la profondeur du lit mineur et de la hauteur de ligne d'eau sur un transect dans le cas d'un chenal unique (Melun & Le Bihan, 2024 ; adapté de Baudoin *et al.*, 2017).

Le premier profil en travers est localisé sur la limite amont de la station (en principe au niveau d'un radier). La réalisation d'un profil en travers comprend les étapes successives suivantes :

- **Étape 1** : localiser sur le linéaire l'emplacement du profil en travers à réaliser ;
- **Étape 2** : préciser la rive de départ pour la réalisation du profil en travers ;
- **Étape 3** : noter le faciès d'écoulement au droit du profil en travers ;
- **Étape 4** : tendre le décimètre horizontalement au niveau de plein bord, le fixer en s'assurant qu'il soit bien parallèle à la ligne d'eau ;
- **Étape 5** : mesurer la largeur à plein bord du cours d'eau ;
- **Étape 6** : déterminer la distance inter-points des mesures de profondeur ( $L_{pb}/7$ ) ;

- **Étape 7** : mesurer la largeur mouillée<sup>9</sup> le jour de l'observation (à reporter sur la fiche terrain) ;
- **Étape 8** : mesurer la hauteur entre le niveau de plein bord et la ligne d'eau (notée H ligne d'eau sur la fiche terrain) ;
- **Étape 9** : réaliser les différentes mesures de profondeurs en respectant la distance inter-points calculée à l'étape 6 (à reporter sur la fiche terrain) ;
- **Étape 10** : mesurer à l'aide d'un clinomètre ou d'un télémètre la pente des berges sur chacune des rives (à reporter sur la fiche terrain).

### B. Cas particulier des lits à chenaux multiples

Lorsque le lit présente plusieurs chenaux séparés par une ou plusieurs île(s) végétalisée(s), la méthodologie est la même (Fig. 13). Les largeurs des différents chenaux sont additionnées et leur somme divisée par 7, puis arrondie au décimètre inférieur pour définir l'espacement inter-points. Cet espacement est alors maintenu sur tout le transect. Cela peut conduire certains points de mesure à se retrouver en dehors de la section de plein bord (*cf.* point de mesure n°4 de la Fig. 13). Dans ce cas, la valeur de hauteur doit être indiquée en négatif par rapport au niveau de plein bord. Le point suivant, situé sur un autre chenal (point n°5 dans notre exemple) est quant à lui repositionné de l'autre côté de l'île, au niveau de plein bord, et ce quelle que soit la distance entre lui et le point précédent.

Lors de la saisie des données, l'île sera ainsi modélisée par une largeur fictive (car non mesurée sur le terrain), au-dessus du niveau à plein bord, entre les points 4 et 5. L'ensemble permettra une meilleure prise en compte de la section des bras séparés par l'île.

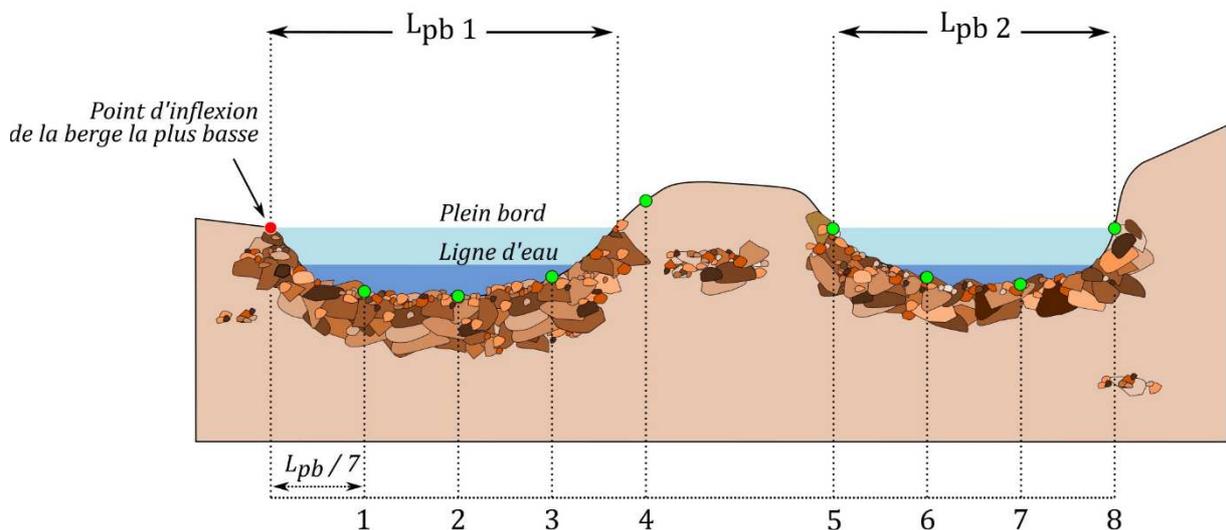


Figure 13 : Positionnement des points de mesure de la profondeur du lit mineur et de la hauteur de ligne d'eau sur un transect dans le cas de chenaux multiples isolés par une ou plusieurs îles (Melun & Le Bihan, 2024 ; adapté de Baudoin *et al.*, 2017).

<sup>9</sup> Si des sous-berges sont présentes, la mesure du lit mouillé doit en tenir compte.

#### 4.8.2. Mesures des largeurs et profondeurs (L/P) à plein bord

À l'échelle d'une station, les opérateurs réalisent au total 10 mesures de gabarit (L/P) dont la répartition régulière est explicitée supra (Fig. 11). Une fois l'emplacement du point de mesure localisé, un décimètre est tendu horizontalement au niveau de plein bord, de rive en rive. La largeur à plein bord est relevée (un télémètre laser peut également être utilisé en veillant à bien se positionner parallèlement à la ligne d'eau). **L'opérateur positionne ensuite sa mire au point le plus profond du transect.** La profondeur maximale à plein bord est déterminée en mesurant la distance entre le niveau de plein bord (matérialisé par le décimètre tendu) et le fond du lit (Fig. 14).

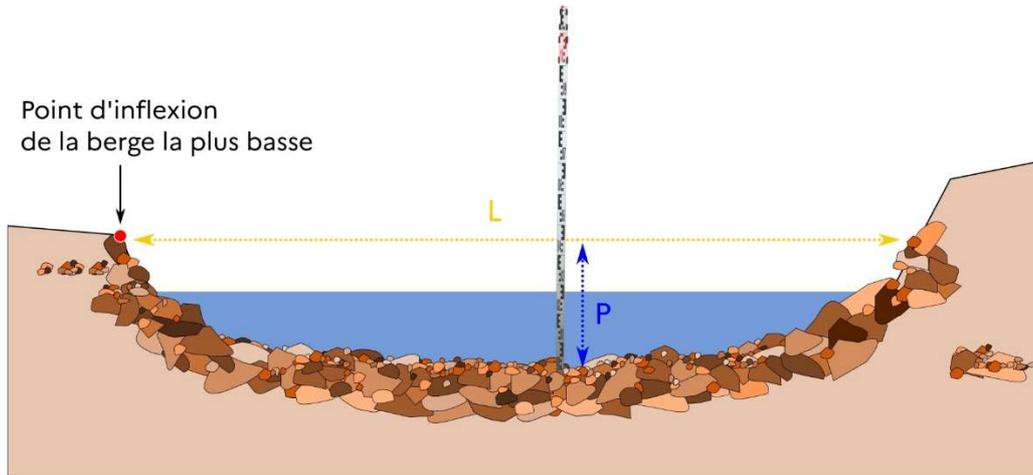


Figure 14 : Les mesures de la largeur (L) et de la profondeur (P) à plein bord sont figurées par des lignes en pointillés, respectivement orange et bleue.

### 4.9. PENTE ET SINUOSITÉ DU LIT MINEUR (RUBRIQUE n°9)

#### 4.9.1. Pente de la ligne d'eau

La pente constitue une variable essentielle du fonctionnement hydromorphologique d'un cours d'eau, notamment parce qu'elle conditionne la force qu'un écoulement exerce sur les particules sédimentaires constitutives du lit. Cette force détermine à son tour la capacité de transport et d'ajustement morphologique local d'un cours d'eau. La pente mesurée dans ce protocole est celle de la ligne d'eau. Pour cela, la mesure est effectuée en maintenant verticalement la mire au niveau de la ligne d'eau (Fig. 15).

**NB :** Il est également possible de faire reposer la mire sur le fond du lit. Dans ce cas, il faudra alors toutefois bien veiller à retrancher la hauteur d'eau à la hauteur totale mesurée par la visée.

**Afin de mesurer correctement la pente de la ligne d'eau, il est préconisé que les points amont et aval se situent sur une tête de radier.** En l'absence de radier, les mesures peuvent être effectuées sur la partie amont d'un plat ; les fosses et les mouilles sont à éviter (*cf. 4.11.1 - Faciès d'écoulement, substrat et colmatage*).

**NB :** Cette dernière recommandation peut mener à avoir un linéaire étudié pour la pente différent de la longueur totale de la station. Dans ce cas, la longueur du linéaire étudié pour la pente est à indiquer dans la case dédiée de la fiche terrain (partie « pente de la ligne d'eau »).

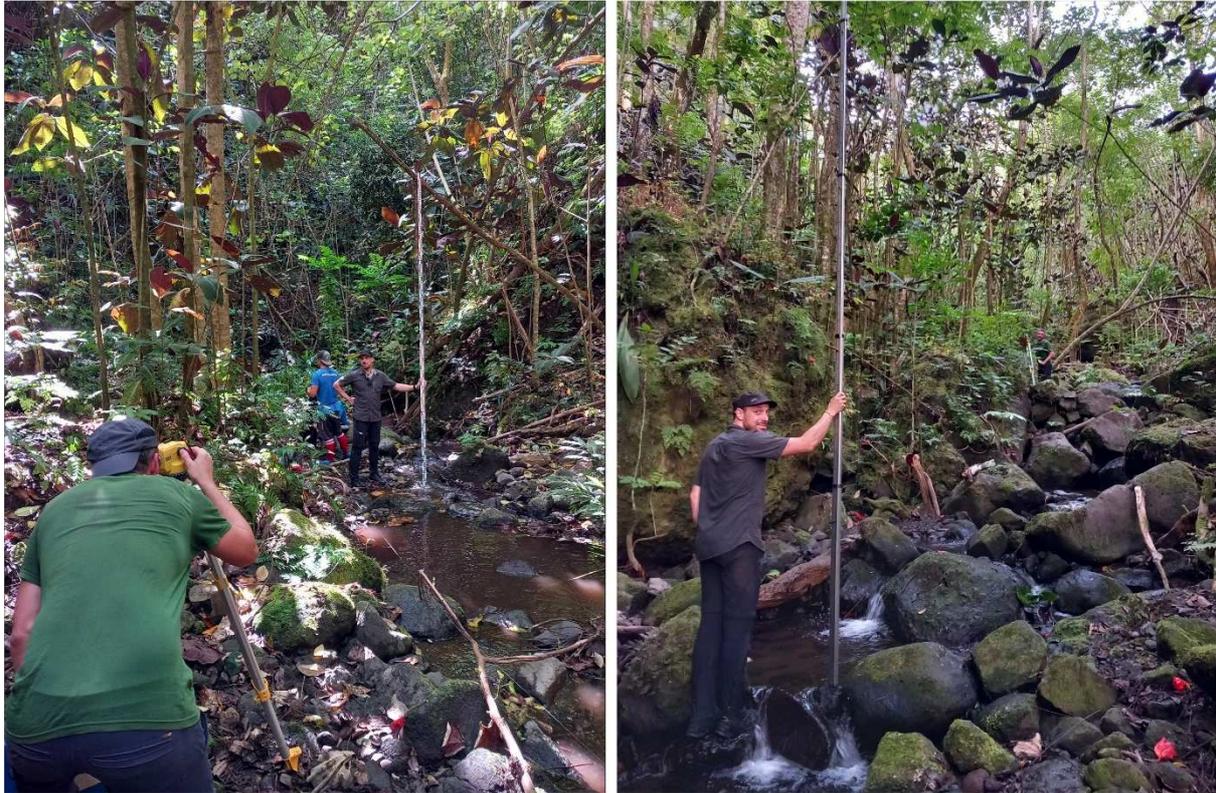


Figure 15 : Illustration de la mesure de la pente nécessitant *a minima* 2 opérateurs : un premier opérateur à la visée note les hauteurs mesurées sur la mire et un second opérateur se déplace et maintient la mire au niveau de l'eau sur les différents points de mesures (© OFB).

#### A. *Mesure du dénivelé amont-aval :*

Le dénivelé est mesuré à l'aide d'un théodolite ou d'un niveau optique sur trépied et d'une mire. Il est ensuite rapporté à la longueur totale du linéaire étudié, lui-même mesuré au décamètre suivant le lit mineur (Fig. 16).

- **Cas n°1 : Bonne visibilité des limites amont-aval**

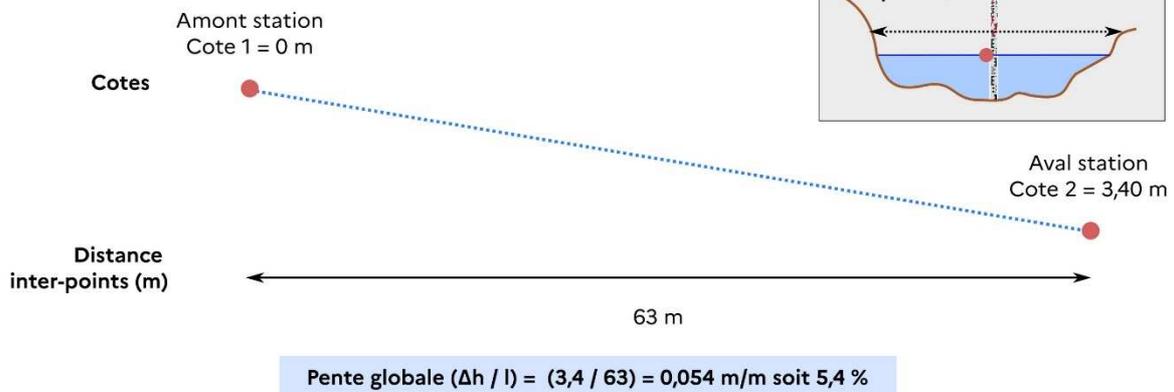
S'il est possible d'implanter l'appareil de mesure pour viser directement les limites amont et aval, la première lecture d'altitude s'effectue préférentiellement sur la tête du radier, correspondant à la limite amont de la station (Fig. 16). La seconde lecture s'effectue sur la tête du radier en aval de la station. La différence entre ces deux mesures correspond au dénivelé.

- **Cas n°2 : Absence de visibilité des limites amont - aval**

Lorsque la végétation est trop dense, le cours d'eau trop sinueux ou trop pentu, il n'est pas possible de visualiser directement, depuis l'amont, la limite aval du linéaire étudié pour la pente. Dans ce cas, le niveau optique doit être déplacé et repositionné correctement autant de fois que nécessaire (l'opérateur tenant la mire doit toutefois veiller quant à lui à rester en place pendant le déplacement du niveau optique par un second opérateur). La différence des lectures entre l'amont et l'aval doit être réalisée et permettra de déterminer le dénivelé cumulé à l'échelle du linéaire étudié.

## Mesure de la pente de la ligne d'eau d'un cours d'eau

### Cas n°1 : bonne visibilité



### Cas n°2 : mauvaise visibilité

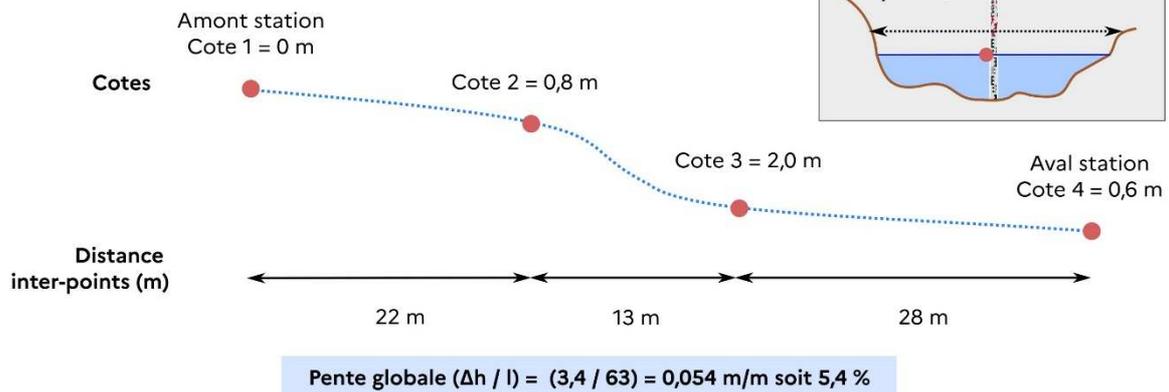


Figure 16 : Exemple de mesure de la pente de la ligne d'eau d'un cours d'eau avec (en bas) ou sans (en haut) mesures intermédiaires.

### B. Calcul de la pente :

La pente est obtenue en divisant le dénivelé entre les points amont-aval (en m) par la distance du linéaire étudié (distance écologique, en m) :

$$\text{PENDE (m/m)} = \text{DÉNIVELÉ TOTAL (m)} / \text{DISTANCE TOTALE (m)}$$

La valeur de pente obtenue (en m/m) doit ensuite être convertie en % (Fig. 16). Le calcul de la pente doit être effectué directement sur le terrain afin de détecter d'éventuelles erreurs de lectures lors des visées. En cas d'absence d'eau constatée lors d'une opération de mesure, la pente mesurée correspondra alors à celle du fond du lit mineur (de tête de radier à tête de radier).

#### 4.9.2. Détermination de la sinuosité du lit mineur

La sinuosité constitue également une variable hydromorphologique essentielle qui s'ajuste dans le temps en réponse aux conditions hydro-sédimentaires caractérisant le (tronçon de) cours d'eau. Le coefficient de sinuosité du cours d'eau est déterminé en rapportant 1) la **distance écologique**, correspondant à la longueur réelle du cours d'eau à l'échelle de la station (cf. 4.3.3 - *Longueur et emplacement de la station*), à 2) la **distance dite « euclidienne »**, qui correspond à la ligne débutant à la limite amont de la station, passant par l'ensemble des points d'inflexion des méandres et se terminant à la limite aval de la station, suivant la méthode de Allen (1984 ; cf. Fig. 17).

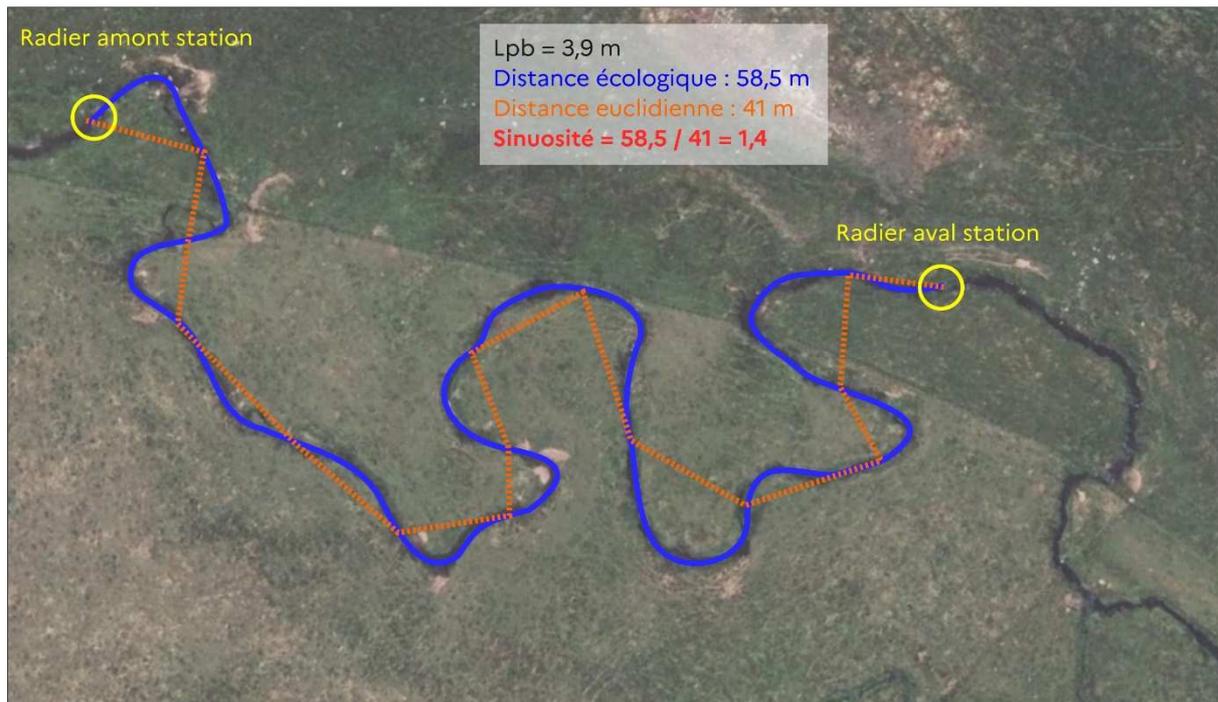


Figure 17 : Exemple fictif de détermination des distances écologique et euclidienne nécessaires au calcul du coefficient de sinuosité sur un tronçon de cours d'eau (ruisseau de Malramont, Aveyron).

##### A. Mesure des distances écologique et euclidienne :

Plusieurs méthodes peuvent être mises en œuvre pour déterminer les distances écologique et euclidienne.

- **Au regard des dimensions souvent réduites des cours d'eau situés en têtes de bassin versant, il est recommandé de préférer les mesures *in situ*, directement sur le terrain ;** en mobilisant les décamètres et en mesurant les linéaires écologiques (idéalement la mesure est réalisée directement en suivant le milieu du lit mineur ou, à défaut, en suivant le sommet d'une berge) et euclidien (en suivant, de manière rectiligne, les points d'inflexion des méandres).
- Si les mesures au décamètre sont rendues trop complexes par la densité de végétation ou la topographie locale, la distance écologique pourra être renseignée par une trace GPS effectuée en parcourant le lit mineur en son milieu (ou en longeant le sommet d'une berge si le cours d'eau est difficilement prospectable à pied, ou si le cours d'eau et les espèces qu'il abrite sont sensibles au piétinement).

- Si les mesures sur le terrain sont complexes et que, dans le même temps, la précision GPS n'est pas satisfaisante au regard du linéaire de station étudié, il est recommandé de procéder à une évaluation de la sinuosité suivant une approche par imagerie (*cf. 3 - Travail préparatoire recommandé*), en s'appuyant notamment sur une couverture cartographique adaptée (échelle 1/25000<sup>e</sup>) ou orthophotographique récente.

**NB :** Dans tous les cas, une estimation plus étendue de la sinuosité, à l'échelle du tronçon, pourra judicieusement être produite en s'appuyant sur l'imagerie et les cartes disponibles. Ceci permettra de comparer la sinuosité locale sur le linéaire étudié par rapport à la sinuosité plus globale du tronçon.

### B. Calcul de la sinuosité :

La sinuosité est déterminée en calculant le coefficient de sinuosité (SI), défini tel que :

$$SI = \text{DISTANCE ÉCOLOGIQUE (en m)} / \text{DISTANCE EUCLIDIENNE (en m)}$$

Ce coefficient permet de distinguer les cours d'eau selon leur classe de sinuosité (Tab. 5).

Tableau 5. Classes de sinuosité selon la valeur du coefficient de sinuosité (d'après Malavoi & Bravard, 2010).

Coefficient de sinuosité (SI)	Classe de sinuosité
1 < SI < 1,05	Cours d'eau <b>subrectiligne</b>
1,05 < SI < 1,25	Cours d'eau <b>sinueux</b>
1,25 < SI < 1,5	Cours d'eau <b>très sinueux</b>
SI > 1,5	Cours d'eau <b>méandrique</b>

## 4.10. GRANULOMÉTRIE D'UN RADIER (RUBRIQUE n°10)

### 4.10.1. Caractérisation de la granulométrie par une mesure Wolman

Les caractéristiques granulométriques sont appréhendées pour chaque station au niveau d'un radier (ou à défaut d'un plat courant), car ce faciès constitue une zone de dépôt préférentielle de la fraction la plus grossière de la charge alluviale régulièrement mobilisée par le cours d'eau (c'est-à-dire que cette charge sédimentaire est régulièrement remobilisée). Le principe de l'échantillonnage Wolman (Wolman, 1954) est de **prélever aléatoirement 100 particules présentes à la surface du radier et d'en mesurer l'axe *b*** (« petit axe » ou « plus grande largeur »). Ces mesures sont réalisées au pied à coulisse ou en disposant les particules sur un réglet, et sont directement reportées (en mm) dans le tableau dédié de la fiche terrain (Fig. 18).

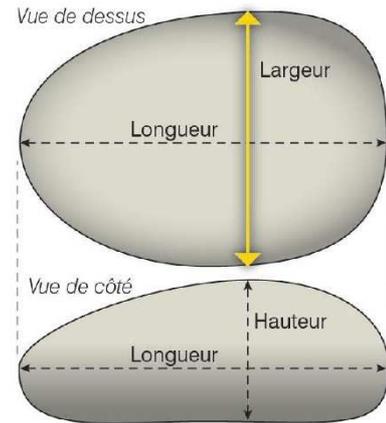


Figure 18 : Mesure de la granulométrie (d'après Baudoin *et al.*, 2017).

#### 4.10.2. Évaluation de l'épaisseur du matelas alluvial

L'épaisseur du matelas alluvial est évaluée au niveau du même radier (ou à défaut, du même plat courant) que celui ayant fait l'objet de l'échantillonnage Wolman. La mesure est effectuée en enfonçant, à la massette, le fer à béton jusqu'à un éventuel refus rocheux, sur une profondeur maximale de 70 cm, afin de s'assurer de la capacité à retirer le fer à béton (Fig. 19). Une fois la profondeur maximale atteinte, la main de l'opérateur est positionnée à la surface du substrat autour du fer à béton et constituera le repère permettant l'évaluation de l'épaisseur du matelas alluvial. Dans le cas d'un substratum argileux, l'épaisseur du matelas alluvial correspondra à l'espacement entre le repère (main de l'opérateur) et la limite argileuse supérieure. La mesure de l'épaisseur (en cm) est alors relevée et reportée sur la fiche terrain.

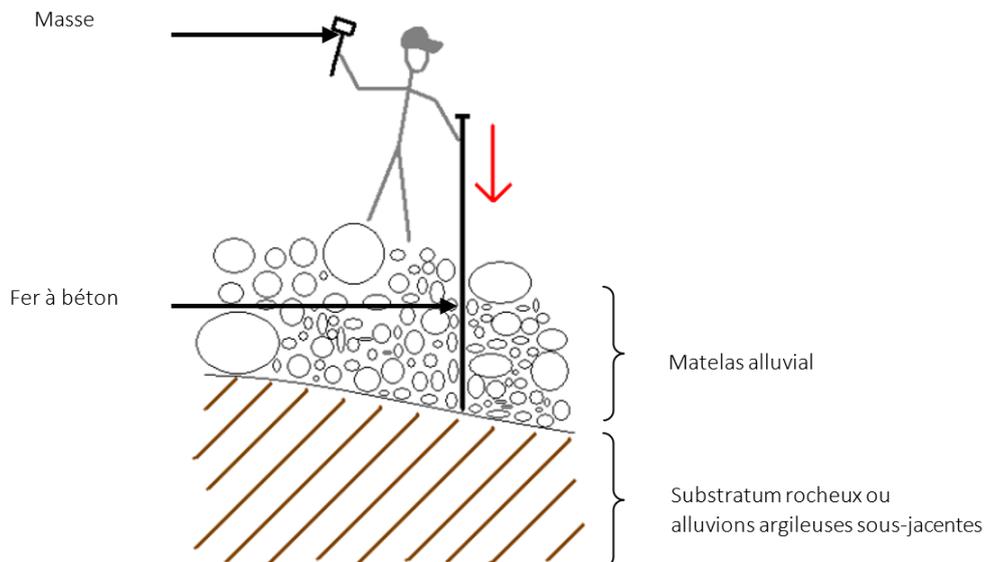


Figure 19 : Schéma de la méthode d'évaluation de l'épaisseur du matelas alluvial.

## 4.11. FACIÈS D'ÉCOULEMENT, SUBSTRAT ET COLMATAGE (RUBRIQUE n°11)

### 4.11.1. Relevé linéaire des faciès d'écoulement

Les faciès d'écoulement, ainsi que la nature et la variabilité granulométriques du lit et son éventuel colmatage, constituent des indicateurs fondamentaux du degré d'altération de l'hydromorphologie d'un cours d'eau. Pour limiter le biais « opérateur » sur ces observations, il est recommandé que cette tâche soit conduite par un seul et même opérateur sur l'ensemble de la (ou des) station(s). Les faciès d'écoulement, principalement générés par les processus d'érosion, de sédimentation et de transport solide, constituent l'un des principaux descripteurs permettant de faire le lien entre les fonctionnements hydromorphologique et écologique d'un cours d'eau. Naturellement, ils alternent entre des zones peu profondes, à plus forte vitesse du courant (radier, rapide, etc.) et des zones plus profondes et/ou plus calmes (fosse, mouille chenal ou plat lentique, etc.). **Ces deux paramètres (profondeur et vitesse d'écoulement) permettent de discriminer les différents faciès** qui sont décrits selon une typologie simple (Fig. 20).

**NB :** Dans leur étude de référence, Malavoi & Souchon (2002) adoptent un parti-pris hydro-biologique et fixent un « seuil de profondeur » (tirant d'eau) permettant de distinguer les faciès peu profonds (plats) des faciès plus profonds (chenaux) à 60 cm. Ce seuil ne semble pas adapté aux spécificités des petits cours d'eau en têtes de bassin versant. **Dans le cadre du protocole ROHZACE, ce seuil sera ainsi fixé à +/- 30 cm, et pourra être adapté selon les contextes locaux.**

Généralement, en têtes de bassin versant, la profondeur d'eau reste réduite en dehors de certains faciès spécifiques de dissipation de l'énergie (fosse, mouille). Par ailleurs, en raison d'une pente généralement plus forte, les tronçons situés en têtes de bassin sont le plus souvent caractérisés par une succession de faciès lotiques (Montgomery et Buffington, 1997), notamment de type rapides, radiers, et plats courants (Fig. 21).

**Le relevé linéaire doit être effectué en partant de l'amont** (point « 0 » du décamètre) **vers l'aval de la station en suivant le décamètre disposé au sein du lit (ou à défaut, en berge) tout au long de la station.** La longueur cumulée de la limite aval de chacun des faciès successifs est reportée dans la colonne « distance faciès (en m) » de la fiche terrain. Le dernier faciès d'écoulement sera mesuré sur toute sa longueur et pourra ainsi dépasser la limite aval de la station.

**NB :** Dans un souci de mise en cohérence des relevés terrain, il est recommandé de bien vérifier sur le terrain que **le faciès indiqué pour chacun des profils en travers complets corresponde bien à celui identifié localement dans le cadre du relevé linéaire.**

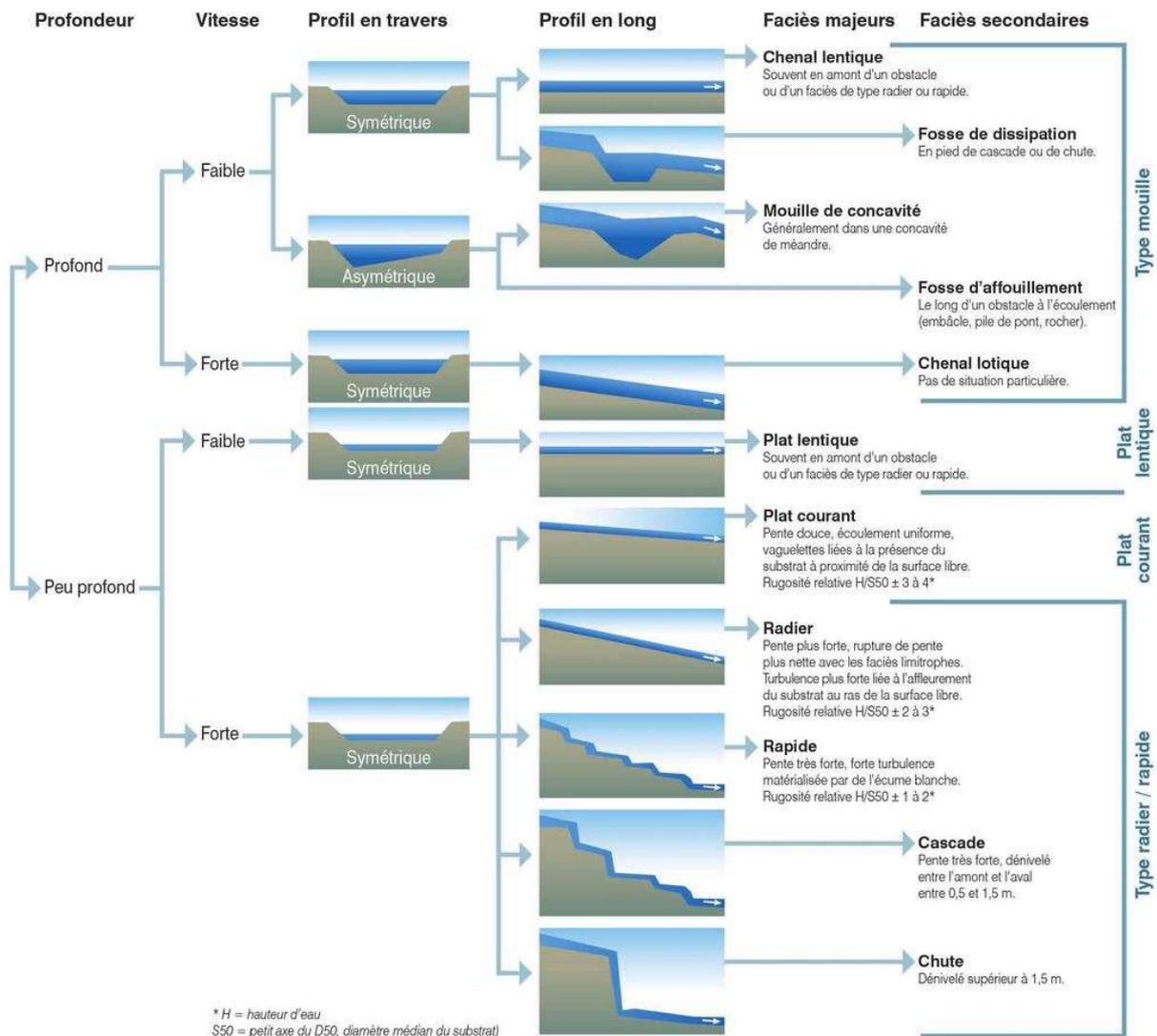


Figure 20 : Clé de détermination simplifiée des faciès d'écoulement (Baudoin *et al.*, 2017 ; d'après Malavoi & Souchon, 2002). Dans le cadre du protocole ROHZACE et en s'appuyant sur les travaux et mesures déjà réalisés en têtes de bassin versant, il est proposé de distinguer les secteurs plus profonds (hauteur d'eau > 30 cm) des secteurs peu profonds (hauteur d'eau < 30 cm) ; et des vitesses d'écoulement fortes (> 30 cm/s) et faibles (< 30 cm/s). Ceci pourra toutefois faire l'objet d'une adaptation au contexte local.



Figure 21: Exemples de faciès d'écoulement observables sur les petits cours d'eau de référence dans différents contextes géographiques : (A) chute puis fosse de dissipation, (B) rapide puis fosse de dissipation, (C) mouille puis radier, (D) radier, (E) plat courant puis radier, (F) plats courants, (G) plat lentique puis radier, (H) plat courant puis cascade et fosse de dissipation (© OFB).

#### 4.11.2. Granulométrie du substrat

En parallèle du relevé de la succession des faciès à l'échelle de la station, il convient de caractériser la granulométrie dominante (fraction granulométrique qui couvre la plus grande surface) et secondaire pour chacun des faciès identifiés. Pour ces observations, on pourra s'appuyer sur des mesures ponctuelles de l'axe *b* (Fig. 18) de quelques particules prélevées sur le lit, réalisées à l'aide d'un pied à coulisse ou d'un réglet. Les classes de tailles granulométriques retenues sont celles de l'échelle de Wentworth (Wentworth, 1922) (Fig. 22). La détermination des classes granulométriques dominantes et accessoires doit s'appuyer sur des mesures précises. Sans bonne connaissance des classes granulométriques, il est recommandé de s'appuyer sur un gabarit granulométrique (Annexe 2) en prenant bien soin de l'imprimer au format A4, à l'échelle.

Nom de la classe granulométrique	Classes de tailles (Diamètre perpendiculaire au plus grand axe)	Code utilisé
Dalles (dont dalles d'argiles)	Plus de 1 024 mm	D
Rochers	Plus de 1 024 mm	R
Blocs	256 à 1 024 mm	B
Pierres grossières	128 à 256 mm	PG
Pierres fines	64 à 128 mm	PF
Cailloux grossiers	32 à 64 mm	CG
Cailloux fins	16 à 32 mm	CF
Graviers grossiers	8 à 16 mm	GG
Graviers fins	2 à 8 mm	GF
Sables	0,0625 à 2 mm	S
Limons	0,0039 à 0,065 mm	L
Argiles	Moins de 0,0039 mm	A

Figure 22 : Échelle granulométrique de Wentworth (1922) et code correspondant (d'après Baudouin *et al.*, 2017).

#### 4.11.1. Évaluation rapide du colmatage superficiel

Le colmatage désigne l'accumulation de sédiments fins ou de matière organique qui se déposent à la surface du lit (colmatage superficiel ou externe) et / ou peuvent percoler plus profondément dans les interstices de la zone hyporhéique (colmatage interstitiel ou interne) (Fig. 23). Le colmatage entraîne une modification des habitats, de la structure et de la stabilité du substrat, ainsi que des échanges d'eau, de matière et d'oxygène dissous entre la surface et le matelas alluvial (Dubuis & De Cesare, 2023). Ces modifications du fonctionnement physique, chimique et microbiologique des sédiments superficiels et/ou interstitiels affectent le fonctionnement écologique du milieu et notamment la survie des macro-organismes (Gayraud *et al.*, 2002 ; Descloux *et al.*, 2010 ; Baudouin *et al.*, 2017 ; Loire *et al.*, 2021 ; Camenen *et al.*, 2025).

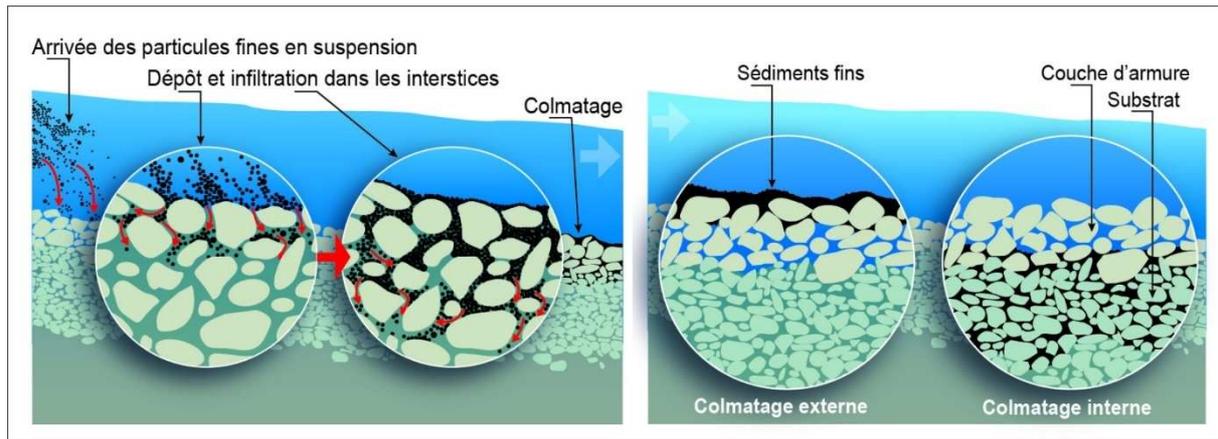


Figure 23 : Principe du colmatage depuis le dépôt des particules fines transportées en suspension (à gauche), et illustration des deux grands types de colmatage (à droite). (© OFB).

Le colmatage de surface doit être évalué, **pour chacun des faciès d'écoulement observé**, en s'appuyant sur la méthode proposée par Archambaud *et al.* (2005 ; Fig. 24). Cette méthode permet d'obtenir, pour chacun des faciès d'écoulement, **une évaluation visuelle rapide du colmatage de surface suivant une typologie en 5 classes.**

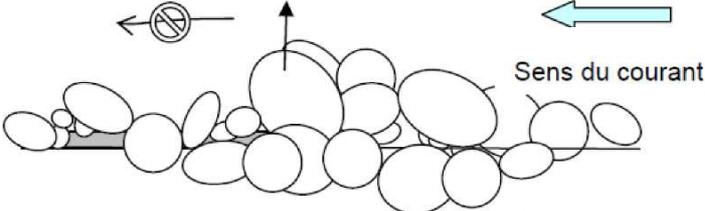
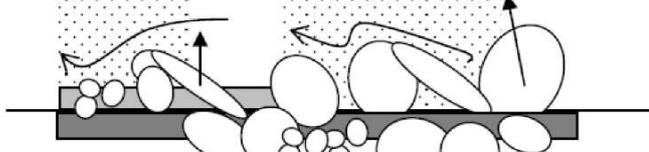
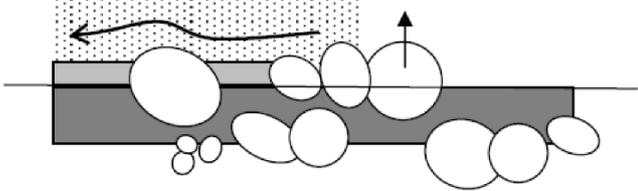
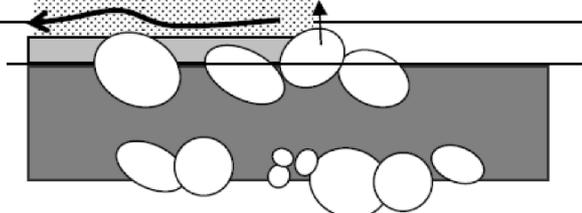
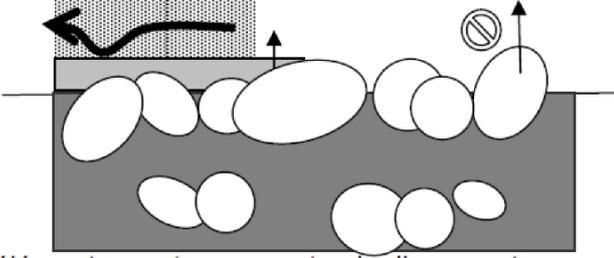
Code	Classes de Colmatage	Représentation du degré de colmatage (lorsque l'on soulève un élément du fond)
1	] 0 - 25%]	 <p>Les éléments sont posés. On peut observer soit un dépôt fin de limons peu colmatant (cas de gauche) soit aucun dépôt (cas de droite)</p>
2	] 25 - 50%]	 <p>Les éléments sont collés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

Figure 24 : Classes retenues pour la mesure du colmatage superficiel du substrat (Archambaud *et al.*, 2005).

#### 4.12. HABITATS AQUATIQUES COMPLÉMENTAIRES (RUBRIQUE n°12)

Les habitats aquatiques en pied de berge et/ou au sein du lit mouillé constituent le socle de la vie aquatique. Leur diversité favorise celle des communautés biologiques. Leur caractérisation s'appuie sur **une estimation quantitative visuelle**. **Il est recommandé de renseigner ces habitats depuis l'aval vers l'amont de la station et d'éviter le piétinement dans le lit afin de garder une bonne visibilité du fond du lit mineur.**

Ce relevé peut judicieusement faire suite au relevé des faciès d'écoulement, et par le même opérateur. Une typologie simplifiée distingue 5 types d'habitats complémentaires caractéristiques :

- **Bois en rivière** : les gros bois, dont le diamètre est supérieur à 10 cm, seront distingués des petits bois, dont le diamètre est compris entre 3 et 10 cm. Ils sont dénombrés sur l'ensemble du linéaire de la station (Fig. 25). Seuls les bois d'une longueur supérieure à 50 cm doivent être comptabilisés (Gomi *et al.*, 2006). Si d'importantes accumulations de bois et branchages sont présents, il convient de le noter dans les commentaires complémentaires et de l'illustrer le cas échéant par un cliché photographique.
- **Pierres grossières / blocs rocheux** : il s'agit de dénombrer à l'échelle de la station toutes les particules sédimentaires dont la plus grande largeur est supérieure à 128 mm. Si le lit est quasi-exclusivement composé de blocs, il convient d'indiquer « lit à pierres et blocs rocheux » (Fig. 25).
- **Végétation aquatique** : Elle doit être estimée visuellement en % de couverture du fond du lit mineur (périmètre mouillé) à l'échelle de la station (Fig. 26).
- **Chevelu racinaire** : Il se caractérise par la présence apparente des systèmes racinaires de la ripisylve structurant les berges (Fig. 26). Ce chevelu peut également « tapisser » le fond du lit (on parle alors de « tapis racinaire »). Ce linéaire doit être mesuré en cumulant les deux rives. Ainsi, si le linéaire de chevelu / tapis racinaire est de 35 m en rive gauche et de 27 m en rive droite, la valeur cumulative à renseigner est 62 m.
- **Sous-berges** : ces habitats sont importants pour la faune aquatique, constituant notamment des aires de refuge et de repos. On parle de sous-berges lorsque l'affouillement est supérieur à 20 cm. Comme pour le chevelu racinaire, ce linéaire doit être mesuré en cumulant les deux rives du cours d'eau (Fig. 26).

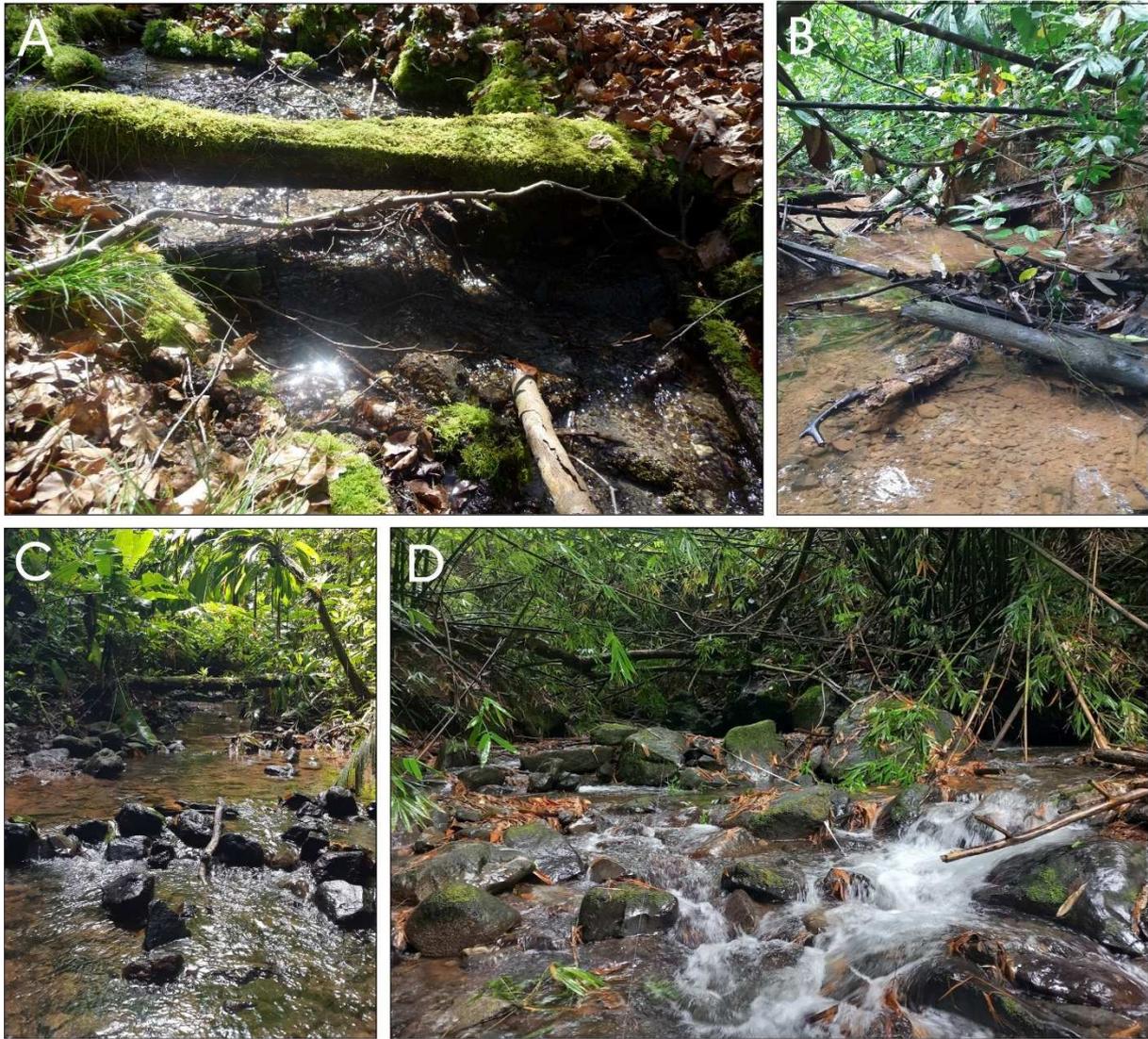


Figure 25 : Illustrations de quelques habitats aquatiques complémentaires : (A, B) bois en rivière ; (C) pierres et blocs rocheux sur le fond du lit mineur, (D) lit à blocs rocheux (© OFB).



Figure 26 : Illustrations de quelques habitats aquatiques complémentaires : (A, B) végétation aquatique du lit mineur (C) chevelu racinaire structurant la berge, (D) tapis racinaire structurant le fond du lit mineur, (E, F) sous berges (© OFB).

### 4.13. ÉRODABILITE DES BERGES (RUBRIQUE n°13)

L'érodabilité des berges est évaluée sur chaque rive à l'échelle de la station. Elle dépend de la géométrie de la berge, de la nature et de l'organisation stratigraphique de ses matériaux constitutifs et des caractéristiques de la couverture végétale rivulaire (Rosgen, 2001).

Les matériaux constitutifs des berges sont décrits en 7 classes : argiles, argilo-limoneux, limons, sablo-limoneux, sables, matériaux grossiers, substratum rocheux. Finalement, l'érodabilité globale de chacune des berges est évaluée selon 4 classes : nulle, faible, moyenne et forte (Tab. 6).

Tableau 6. Typologie de l'érodabilité des berges (d'après Malavoi & Bravard, 2010).

Classe d'érodabilité	Description
<p><b>Érodabilité nulle</b></p> 	<p>Lit et berges rocheuses (bedrock) ou dont la granulométrie particulièrement grossière (blocs, dalles), souvent héritée, limite toute mobilité des particules qui ne peuvent plus être entraînées par l'écoulement y compris en crue.</p>
<p><b>Érodabilité faible</b></p> 	<p>Berges argileuses (très cohésives) ou argilo-limoneuses (cohésives) sur toute la hauteur de la berge. Ces berges présentent généralement un profil subvertical.</p> <p>Malgré ce fort degré de cohésion, ces berges peuvent néanmoins être érodées, notamment après une période sèche qui permet la création de fentes de dessiccation. Celles-ci deviennent des zones de faiblesse facilitant un mouvement gravitaire (effondrement, glissement) de la berge.</p> <p>La présence de végétation sur tout ou partie du talus de la berge peut être un indicateur d'une probable faible érodabilité (et de leur conséquente stabilité).</p>
<p><b>Érodabilité moyenne</b></p> 	<p>Berges où le limon est dominant soit dans la texture des alluvions (limon-sableux, voire sable-limoneux), soit dans la stratigraphie (il occupe plus des 4/5<sup>èmes</sup> de la hauteur de berges).</p> <p>Berges de granulométrie initialement non cohésive (sables, graviers) mais qui peuvent être rendues plus ou moins cohésives par une précipitation carbonatée (phénomène de cimentation).</p>
<p><b>Érodabilité forte</b></p> 	<p>Berges où les sédiments non cohésifs, sableux à caillouteux, dominent sur au moins le 1/4 inférieur de la berge (érodabilité forte), voire sur toute la hauteur de la berge (érodabilité très forte).</p> <p>Les berges fortement érodables présentent généralement un profil plutôt évasé.</p>

#### 4.14. PHOTOGRAPHIES (RUBRIQUE n°14)

Les photographies de terrain constituent une ressource importante pour la caractérisation des cours situés en têtes de bassin versant. Dans le cadre du déploiement du protocole ROHZACE, **il est préconisé de prévoir un ou plusieurs clichés permettant d'illustrer les compartiments suivants :**

- l'état physique (référence, bon état, état altéré ou restauré) sur le linéaire étudié ;
- la géométrie du lit mineur ;
- les caractéristiques du lit majeur (occupation du sol, forme des versants et de la vallée) ;
- la végétation de la bande rivulaire (ripisylve) ;
- la granulométrie du lit ;
- la morphologie des berges ;
- les faciès d'écoulement (et leur diversité) ;
- les habitats aquatiques ;
- le cas échéant, les autres particularités : source ponctuelle ou diffuse, faune aquatique, front d'érosion régressive, accumulation importante de bois, déchets en lit mineur, etc.

Il peut être intéressant d'envisager la prise de clichés géoréférencés (appareil photo spécifique, téléphone portable ou tablette) afin de faciliter une utilisation ultérieure dans le cadre d'un projet SIG. La prise de clichés subaquatiques peut également être intéressante.

#### 4.15. COMMENTAIRES COMPLÉMENTAIRES (RUBRIQUE n°15)

Une section « libre » (et facultative) pour les commentaires complémentaires est également mise à disposition dans le cadre de la fiche terrain. Cette rubrique doit permettre de mentionner toute particularité observée dans le cadre du déploiement du protocole (nombre et angle des confluences, observation de faune aquatique ou terrestre, de flore patrimoniale, d'espèces protégées ou d'espèces exotiques envahissantes) ou toute difficulté lors de sa mise en œuvre. Il est également possible d'y reporter un croquis ou un schéma (le cas échéant, celui-ci sera bancarisé sous forme de photographie).

## 5. BANCARISATION DES DONNÉES

L'ensemble des données collectées, lors de la phase préparatoire comme sur le terrain, doit être rapidement et rigoureusement bancarisé. Les données issues des relevés de terrain devront être retranscrites directement dans le formulaire en ligne de saisie des données<sup>10</sup>. Il est recommandé de rapidement assurer ce transfert. Un tutoriel de bancarisation des données est mis à disposition sur le site de la base de données.

Concernant la bancarisation des photographies et des fiches terrain (préalablement scannées), il est fortement recommandé d'élaborer sur un serveur (ou un répertoire local) dédié, une arborescence spécifique et rigoureuse à chacune des stations faisant l'objet du déploiement du protocole (Fig. 27). Cette arborescence pourra s'organiser suivant les différentes rubriques du protocole listées ci-dessus et pourra également intégrer l'ensemble des documents mobilisés dans le cadre du travail préparatoire (cf. 3 - Travail préparatoire recommandé).

Le téléchargement des données, pour une ou plusieurs stations, est possible directement depuis la base de données. La valorisation de ces données pourra être conduite par l'OFB en partenariat avec les gestionnaires impliqués. Enfin et pour rappel, les opérateurs impliqués dans le déploiement du protocole ROHZACE, sont invités à communiquer aux auteurs toute proposition d'ajustement et/ou de complément vis-à-vis de la méthode actuelle, mais aussi les coordonnées géographiques des sites ayant fait l'objet d'un déploiement de la méthode, permettant à terme d'envisager un retour d'expérience global.

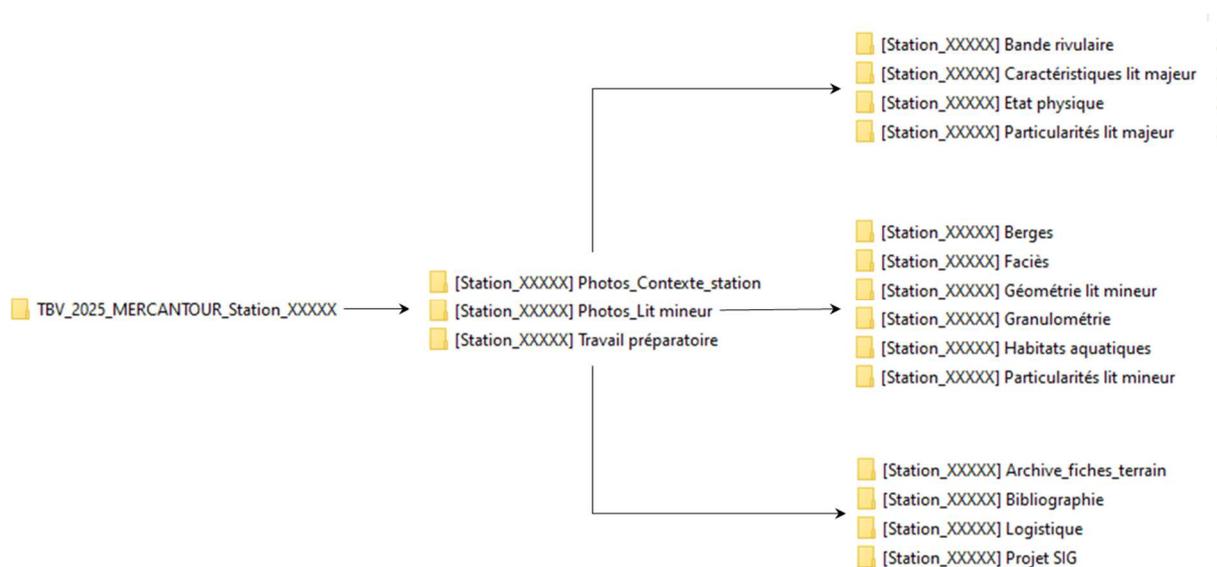


Figure 27 : Exemple d'arborescence à suivre pour l'organisation du corpus photographique lié au protocole ROHZACE.

<sup>10</sup> Pour accéder à la base de données GRIST, contacter les auteurs.

## BIBLIOGRAPHIE

- **ADAMS R.K. & SPOTILA J.A. (2005).** The form and function of headwater streams based on field and modeling investigations in the Southern Appalachian Mountains, *Earth Surface Processes and Landforms*, 30, 1521-1546.
- **ALLEN J.R.L. (1984).** Sedimentary structures, their character and physical basis. *Developments in Sedimentology*, 30, Elsevier, vol. 2, 663 p.
- **ARCHAMBAUD G., GIORDANO L., DUMONT B. (2005).** Description du substrat minéral et du colmatage. Note technique. Cemagref Aix-en-Provence, UR Hydrobiologie. 8 p.
- **BARBOUR M.T., STRIBLING J.B., GERRISTEN J., KARR J.R. (1996).** Biological criteria : Technical guidance for streams and small rivers. EPA/822-B-96-001. US Environmental Protection office of Science and Technology, Washington, DC. 162 p. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-03/documents/tech-guidance-streams-small\\_rivers.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-03/documents/tech-guidance-streams-small_rivers.pdf)
- **BAUDOIN J.M., BOUTET-BERRY L., CAGNANT M., GOB F., KREUTZENBERGER K. (Coord.), LAMAND F., MALAVOI J.R., MARMONIER P., PENIL C., RIVIÈRE C., SADOT M., TAMISIER V., TUAL M. (2017).** Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied. Agence française pour la biodiversité. *Collection Guides et protocoles*. 52 pages. <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-guides-protocoles/carhyce-protocole-recueil-donnees-hydromorphologiques-lechelle-station-cours>.
- **BENDA L., HASSAN M.-A., CHURCH M., MAY C.L. (2005).** Geomorphology of steepland headwaters: the transition from hillslopes to channels. *Journal of the American Water Resources Association*, 41 (4), 835-851.
- **BONADA N., PRAT N., MUNNE A., RIERADEVALL M., ALBATERCEDOR J., ALVAREZ M., AVILES J., CASAS J., JAIMEZ-CUELLAR P., MELLADO A., MOYA G., PARDO I., ROBLES S., RAMON G., SUAREZ M.L., TORO M., VIDAL-ABARCA M.R., VIVAS D., ZAMORA-MUNOZ C. (2002).** Criterios para la selection de condiciones de referencia en los rios mediterraneos. Resultados del proyecto GUADALMED. *Limnetica*. 21, 99-114
- **BOSSIS M. (2014).** Étude de l'hydromorphologie à l'échelle stationnelle des cours d'eau de tête de bassin versant armoricains en situation de référence. Rapport de stage de Master. ONEMA / Université de Rennes 1. 42 p.
- **CAMENEN B., MELUN G., LIEGEOIS J., HERNANDEZ D., DENG J. (2025).** Guide technique pour la mesure du colmatage. Rapport technique INRAE - OFB. 95 p.
- **DESCLOUX, S., DATRY, T., PHILIPPE, M., MARMONIER, P. (2010).** Comparison of Different Techniques to Assess Surface and Subsurface Streambed Colmation with Fine Sediments. *Int. Rev. Hydrobiol*; 95, 520–540. doi:10.1002/iroh.201011250.
- **DUBUIS R. & DE CESARE G. (2023).** The clogging of riverbeds : A review of the physical processes. *Earth-Science Reviews*, 239 (104374) : 1–30. 5, 6, 7, 12.
- **DUPUY S. & GAETANO R. (2019).** Production des cartes de l'occupation du sol agricole à la Réunion à partir d'images satellites 2016 – 2019 – Rapport méthodologique. Saint Pierre : CIRAD-ES-UMR TETIS, 61 p. Rapport d'expertise <http://agritrop.cirad.fr/59413>.
- **DUPUY S., LELONG C., GAETANO R., VILLERS A. (2024).** Rapport méthodologique pour la production des cartes d'occupation du sol – Mayotte en 2023, Montpellier France, 78 p. <https://agritrop.cirad.fr/608783/>.
- **ENVIRONMENT AGENCY (2003).** River Habitat Survey in Britain and Ireland. 164 p. [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/62dff4138fa8f564a21dcd5e/RHS-manual-2003\\_2022-reprint-LIT-1758.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/62dff4138fa8f564a21dcd5e/RHS-manual-2003_2022-reprint-LIT-1758.pdf).
- **FREEMAN M.C., PRINGLE C.M., JACKSON C.R. (2007).** Hydrologic connectivity and the contribution of stream headwaters to ecological integrity at regional scales. *Journal of the American Water Resources Association*. Vol. 43 (1), 5-14.
- **FRITZ K.M., JOHNSON B.R., WALTERS D. M. (2006).** Field operations manual for assessing the hydrologic permanence and ecological conditions of headwater streams, U.S. EPA, 130 pages. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/manual\\_for\\_assessing\\_hydrologic\\_permanence\\_-\\_headwater\\_streams.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/manual_for_assessing_hydrologic_permanence_-_headwater_streams.pdf).
- **GALINEAU M. (2019).** Caractérisation de stations de référence hydromorphologique sur le territoire Bretagne-Pays de la Loire. Rapport de stage de Master 1. Direction Bretagne Pays-de-la-Loire de l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) / Université de Rennes 1. 59 p. Disponible sur : [https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb\\_recherche\\_oai/OUVRE\\_DOC/61539?fic=doc00085057.pdf](https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb_recherche_oai/OUVRE_DOC/61539?fic=doc00085057.pdf).

- **GAYET G., BAPTIST F., MACIEJEWSKI L., PONCET R., BENSETTITI F. (2018).** Guide de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS - version 1.0. Agence française pour la biodiversité. *Coll. Guides et protocoles*, 230 pages. <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-guides-protocoles/guide-determination-habitats-terrestres-marins-typologie-eunis>.
- **GAYRAUD S., HEROUIN E., PHILIPPE M. (2002).** Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : revue bibliographique des mécanismes et des conséquences sur les habitats et les peuplements de macroinvertébrés. *Bulletin Français de Pêche Piscicole*, 365/366, 339-355.
- **GOB F., BILODEAU C., THOMMERET N., BELLIARD J., ALBERT M.-B., TAMISIER V., BAUDOIN J.-M., KREUTZENBERGER K. (2014).** Un outil de caractérisation hydromorphologique des cours d'eau pour l'application de la DCE en France (CARHYCE). *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 20, 1. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.10497>
- **GOLDEN H.E., CHRISTENSEN J.R., MCMILLAN H.K., KELLEHER C.A, LANE C.R., HUSIC A., LI L., WARD A.S., HAMMOND J., SEYBOLD E.C., JAEGER K.L, ZIMMER M., SANDO R., JONES C.N., SEGURA C., MAHONEY D.T., PRICE A.N., CHENG F. (2025).** Advancing the science of headwater streamflow for global water protection. *Nat Water* 3, 16–26 (2025). <https://doi.org/10.1038/s44221-024-00351-1>
- **GOMI T., SIDLE R.C., RICHARDSON J.S. (2002).** Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *Bioscience* 52 (10), pp. 905-916.
- **GOMI T., SIDLE R.C., NOGUCHI S., NEGISHI J.N., NIK A.R., SASAKI S. (2006).** Sediment and wood accumulations in humid tropical headwater streams: Effects of logging and riparian buffers. *Forest Ecology and Management*, Vol. 224 (1–2), 166-175.
- **GUILLERME N. (2015).** Caractérisation de la pression « enterrement des cours d'eau » sur le territoire Bretagne - Pays de la Loire. Rapport de stage de Master 2. ONEMA / Université de Rennes 1. 31p. [https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb\\_recherche\\_oai/OUVRE\\_DOC/60066?fic=PUBLI/R11/4.pdf](https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb_recherche_oai/OUVRE_DOC/60066?fic=PUBLI/R11/4.pdf)
- **GUITET S., BRUNAUX O., DE GRANVILLE J.J., GONZALEZ S., RICHARD-HANSEN C. (2015).** Catalogue des habitats forestiers de Guyane. DEAL Guyane. 120 p. [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers15-09/010065207.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-09/010065207.pdf).
- **HERING D., BUFFAGNI A., MOOG O., SANDIN L., SOMMERHAUSER M., STUDAUER I., FELD C., JONHSON R., PINTO P., SKOULIKIDIS N., VERDONSCHOT P.F.M., ZAHRADKOVA S. (2003).** The development of a system to assess the ecological quality of streams based on macroinvertebrates – design of the sampling programme within the AQEM project. *International Review of Hydrobiology*. 88, 345-361.
- **HUGHES R.M. (1995).** Defining acceptable biological status by comparing with reference conditions. In Davies, W.S. & T.P. Simon (eds), *Biological Assessment and Criteria. Tools for Water Resource Planning and Decision Making*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 31-48.
- **JAN A. (2013).** Etude du fonctionnement hydromorphologique de référence des cours d'eau de tête de bassin versant sur le massif Armoricaïn. Rapport de stage de Master 2. ONEMA / Université de Rennes 1. 39 p. [https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb\\_recherche\\_oai/OUVRE\\_DOC/59463?fic=PUBLI/R1/78.pdf](https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb_recherche_oai/OUVRE_DOC/59463?fic=PUBLI/R1/78.pdf).
- **KONDOLF G.M. (1994).** Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining, *Landscape and Urban Planning*, 28 (2–3), 225-243. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)90010-8](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)90010-8).
- **LE BIHAN M., MAGUEUR A., AUGIER A., PECHEUX N., MEVEL A., LE ROY S., TOREAU V., THERIN E., CORRE L., COUDART A., RENOU S., RIVIERE A., NIVOY B. (2020).** Retours d'expériences techniques, Chapitre 11 - Tête de bassin versant. Note technique partenariale. 20 p.
- **LOIRE R., KONDOLF G.M., MALAVOI J.R., MELUN G., PIEGAY H. (2021).** Lâchers d'eau morphogènes : guide de mise en œuvre. OFB. *Coll. Guides et protocoles*. 102 p. <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-guides-protocoles/lachers-deau-morphogenes-guide-mise-en-oeuvre>.
- **MACDONALD, L.H. & COE, D. (2007).** Influence of headwater streams on downstream reaches in forested areas. *Forest Science* 53 (2), pp. 148-168.
- **MALAVOI J.R., & BRAVARD J.P. (2010).** Éléments d'hydromorphologie fluviale. ONEMA. *Coll. Comprendre pour Agir*. 224 p. [https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb\\_recherche\\_oai/OUVRE\\_DOC/59566?fic=PUBLI/R7/48.pdf](https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb_recherche_oai/OUVRE_DOC/59566?fic=PUBLI/R7/48.pdf).
- **MALAVOI J.R. & SOUCHON Y. (2002).** Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 365/366 : 357-372.

- **MATHIEU A. (2010).** Quels prérequis pour la restauration des cours d'eau enterrés en tête de bassin ? Rapport de stage, ONEMA/Université de Rennes 1, 36 p.
- **MELUN G. & LE BIHAN M. (2024).** Caractérisation des impacts physiques de l'activité minière alluvionnaire - Méthode Cariacou. Office français de la biodiversité. Rapport technique. 72 p. <https://hal.science/hal-04710453v1>.
- **MELUN G., LE BIHAN M., DE BILLY V. (2021).** Guide de préconisations techniques pour l'exploitation alluvionnaire et la réhabilitation hydromorphologique des criques guyanaises. OFB, *Coll. Guides et protocoles*, 176 p. <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-guides-protocoles/guide-preconisations-techniques-exploitation-alluvionnaire-rehabilitation>.
- **MEYER J.L. & WALLACE J.B. (2001).** Lost Linkages and Lotic Ecology : Rediscovering Small Streams. *Ecology : Achievement and Challenge*, pp. 295-317.
- **MEYER J. L., KAPLAN L. A., NEWBOLD J. D., STRAYER D. L., WOLTEMADE C. J., ZEDLER J. B., BEILFUSS R., CARPENTER Q., SEMLITSCH R., WATZIN M.C., ZEDLER P. H. (2003).** Where rivers are born : The scientific imperative for defending small streams and wetlands. *Sierra Club and American Rivers*. 23 p. <https://dep.wv.gov/wwe/getinvolved/sos/documents/more/whereriversareborn.pdf>.
- **MEYER J.L., STRAYER D.L., WALLACE J.B., EGGERT S.L., HELFMAN G.S., LEONARD N.E. (2007).** The contribution of headwaters streams to biodiversity in river networks. *Journal of the American water resources association*, 43 (1), 86-103.
- **MONDESIR L. (2017).** Synthèse des connaissances et validation de protocoles pour l'hydromorphologie et la biologie des cours d'eau en tête de bassin versant (Rang de Strahler 1). Rapport de stage de Master 2. Direction Bretagne Pays-de-la-Loire de l'AFB / Université de Rennes 1. 34 p. [https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb\\_recherche\\_oai/OUVRE\\_DOC/61522?fic=doc00085039.pdf](https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb_recherche_oai/OUVRE_DOC/61522?fic=doc00085039.pdf).
- **MONTGOMERY D.R. & BUFFINGTON J.M. (1997).** Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, 109 (5), 596-611.
- **NIJBOER R.C., JHONSON R.K., VERDONSCHOT P.F.M., SOMMERHAUSER M., BUFFAGNI A. (2004).** Establishing reference conditions for European streams. *Hydrobiologia*. 516, 91-105.
- **PETERSON B.J., WOLLHEIM W.M., MULHOLLAND P.J., WEBSTER J.R., MEYER J.L., TANK J.L., MARTI E., BOWDEN W.B., VALETT H.M., HERSHEY A.E., MCDOWELL W.H., DODDS W.K., HAMILTON S.K., GREGORY S., MORRALL D.D. (2001).** Control of nitrogen export from watersheds by headwater streams. *Science*, 292 (5514), 86-90.
- **ROLAN-MEYNARD M. ET AL. (2019).** Guide pour l'élaboration de suivis d'opérations de restauration hydromorphologique en cours d'eau. Agence française pour la biodiversité. Collection Guides et protocoles. 190 p. [https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb\\_recherche\\_oai/OUVRE\\_DOC/60409?fic=PUBLI/R17/17.pdf](https://oai-gem.ofb.fr/exl-php/document-affiche/ofb_recherche_oai/OUVRE_DOC/60409?fic=PUBLI/R17/17.pdf)
- **ROSGEN D. L. (2001).** A practical method of computing streambank erosion rate. *Proceedings of the Seventh Federal Interagency Sedimentation Conference, March 25 to 29, 2001, Reno, Nevada*. 2(2), 10 p.
- **SCHUMM S.A. (1956).** Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. *New Jersey, Bulletin of the Geological Society of America*, 67, 597-646.
- **SHREVE R.W. (1969).** Stream lengths and basin areas in topologically random channel networks. *Journal of Geology*, 77, 397-414.
- **SPITONI (2012).** Caractérisation géospatiale des pressions anthropiques physiques qui s'exercent sur les cours d'eau de tête de bassin versant, Rapport de stage, ONEMA/Université de Lorraine (LIEBE), 32 p.
- **STRAHLER A.N. (1957)** Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union* 38 (6), 913-920.
- **STEWART-OATEN A., MURDOCH W., PARKER K. (1986).** Environmental Impact Assessment: "Pseudoreplication" In Time?. *Ecology*. 67. 929-940. 10.2307/1939815.
- **THORNE C.R. (1991).** Bank erosion and meander migration of the Red and Mississippi Rivers, USA. In *Hydrology for the Water Management of Large River Basins*, numéro 201 de *Proceedings of the Vienna Symposium, August 1991*, pages 301-313. IAHS Publication. 55.
- **TIXIER G., DANGER M., FELTEN V., MAUNOURY-DANGER F., DEVIN S., GUEROLD F. (2012).** Enjeux des têtes de bassins versants pour la préservation et la restauration du bon état des masses d'eau. Rapport d'étape. Partenariat 2011-2014 ONEMA/LIEC. 38 p.
- **UWE (2013).** Le Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (SYRAH-CE), Evaluation de la pertinence de l'outil syrah-ce sur les têtes de bassin versant, Rapport de stage, ONEMA/Univ. de Lorraine, 50 p.

- **WALLIN M., WIEDERHOLM T., JOHNSON R.K. (2003).** Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. Final Report to the European Commission from CIS Working Group 2.3 – REFCOND. 93 p.
- **WASSON J.G., MALAVOI J.R., MARIDET L., SOUCHON Y., PAULIN L. (1998).** Impacts écologiques de la chenalisation des rivières. Etudes Gestion des milieux aquatiques n°14. Cemagref. 158 p.
- **WENTWORTH C.K. (1922).** A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *Journal of Geology*, 30, 377-392.
- **WOHL E. (2017).** The significance of small streams. *Front. Earth Sci.*, 11, 447–456.
- **WOLMAN M.G. (1954).** A method of sampling coarse river-bed material. *Transactions of the American Geophysical Union* 35, 951-956.
- **WOODS R., SIVAPALAN M., DUNCAN M. (1995).** Investigating the Representative Elementary Area Concept : An Approach Based on Field Data. *Hydrological Processes*, 9, 291-312.

## **ANNEXES**

**ANNEXE 1 - FICHE TERRAIN DU PROTOCOLE ROHZACE**

**ANNEXE 2 - GABARIT GRANULOMÉTRIQUE**

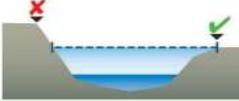
## **ANNEXE 1 - FICHE TERRAIN DU PROTOCOLE ROHZACE**

CODE STATION \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

NOM DE LA STATION \_\_\_\_\_

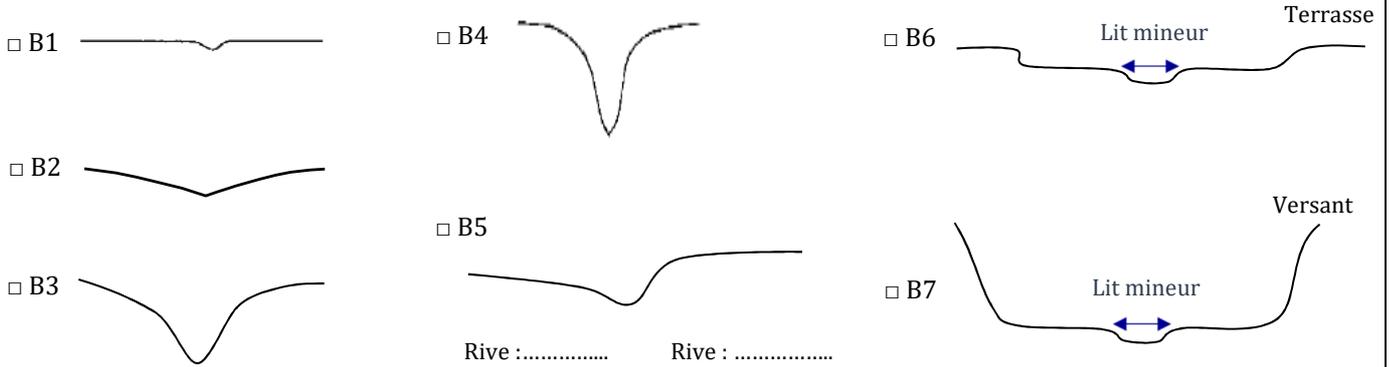
1. INFORMATIONS GÉNÉRALES					
NOM DU COURS D'EAU :			COMMUNE :		
DATE :     /     /			LIEU-DIT :		
HEURE DE DÉBUT :		HEURE DE FIN :		RÉDACTEUR(S) :	
COORDONNÉES DES LIMITES DE LA STATION				<input type="checkbox"/> WGS84 ; degrés décimaux <input type="checkbox"/> autre :	
Amont	X :	Y :	Aval	X :	Y :

2. ÉVALUATION RAPIDE DE L'ÉTAT PHYSIQUE DU COURS D'EAU SUR LE LINÉAIRE ÉTUDIÉ	
2.1 - IDENTIFICATION DES PRESSIONS HYDROMORPHOLOGIQUES	
L'occupation du sol à proximité et en amont du linéaire étudié est-elle de nature à impacter l'hydromorphologie du cours d'eau ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> ne sait pas
Le cours d'eau est-il dans son talweg ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Le cours d'eau présente-t-il une sinuosité naturelle ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> ne sait pas
Le cours d'eau présente-t-il un gabarit proche des conditions naturelles ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> ne sait pas
La forme des berges est-elle naturelle ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/> ne sait pas
Des traces de protections de berges (ex : enrochements) sont-elles visibles ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Des obstacles à l'écoulement impactent-ils le fonctionnement morphologique ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
La végétation rivulaire est-elle naturelle ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Des travaux hydrauliques (y compris anciens) sont-ils identifiables ?	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
2.2 - QUALIFICATION DE L'ÉTAT DU LINÉAIRE ÉTUDIÉ	
<input type="checkbox"/> État de « référence » <input type="checkbox"/> Bon état morphologique <input type="checkbox"/> État altéré <input type="checkbox"/> État restauré	
2.3 - COMMENTAIRES SUR L'ÉTAT PHYSIQUE DU LINÉAIRE ÉTUDIÉ	

3. DÉLIMITATION DE LA STATION		
3.1 - DÉTERMINATION DE LA LARGEUR À PLEIN BORD (Lpb) MOYENNE		
Mesure de 3 Lpb représentatives (longueur de la ligne fictive qui relie horizontalement le bord de berge le plus bas à la berge opposée). Si possible au niveau d'un radier ou d'un plat courant, dans une portion la plus rectiligne possible.		
Lpb n°1 (m) :	Lpb n°2 (m) :	Lpb n°3 (m) :
LARGEUR MOYENNE À PLEIN BORD (m) :		
3.2 - LONGUEUR DE LA STATION		
LONGUEUR DE LA STATION (15 x Lpb moyenne en m ; minimum 30 m) :		

**4. FORME DE LA VALLÉE ET LARGEUR DU LIT MAJEUR**

**4.1 - FORME DE LA VALLÉE LE LONG DU LINÉAIRE ÉTUDIÉ (7 TYPES)**



B1 : pas de vallée évidente / B2 : vallée peu encaissée, pente du versant < 30° / B3 : vallée prononcée 30° < pente < 80° / B4 : gorge, pente abrupte > 80° / B5 : vallée dissymétrique / B6 : présence de terrasse / B7 : fond de vallée à plat et versant > 30°

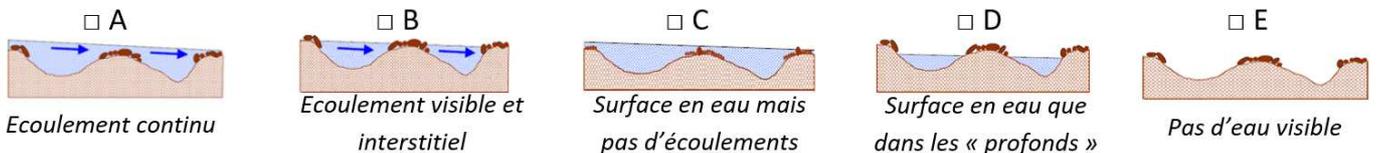
**4.2 - MESURE DE LA LARGEUR DU LIT MAJEUR (m)**

- Mesure terrain (télémètre, décamètre)       Mesure cartographique

Largeur du lit majeur n°1 (m) :      Largeur du lit majeur n°2 (m) :      Largeur du lit majeur n°3 (m) :

**LARGEUR MOYENNE DU LIT MAJEUR (m) :**

**5. INTERMITTENCE DES ÉCOULEMENTS**



**6. PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES**

Heure de la mesure		pH	
Température (°C) de l'eau		Conductivité (en µS)	

**7. OCCUPATION DU SOL ET BANDE RIVERAINE**

**7.1 - OCCUPATION DU SOL MAJORITAIRE (EUNIS NIV.3 OU AUTRE)**

River gauche :      Rive droite :

**7.2 - VÉGÉTATION DE LA BANDE RIVERAINE (RIPISYLVE)**

RIVE GAUCHE	Strate(s) présente(s)	<input type="checkbox"/> absence	<input type="checkbox"/> herbacée	<input type="checkbox"/> arbustive (2 - 7 m)	<input type="checkbox"/> arborée (> 7 m)
	Largeur strate arbustive	<input type="checkbox"/> < 2 m	<input type="checkbox"/> 2 à 10 m	<input type="checkbox"/> 10 à 25 m	<input type="checkbox"/> > 25 m
	Largeur strate arborée	<input type="checkbox"/> < 2 m	<input type="checkbox"/> 2 à 10 m	<input type="checkbox"/> 10 à 25 m	<input type="checkbox"/> > 25 m
RIVE DROITE	Strate(s) présente(s)	<input type="checkbox"/> absence	<input type="checkbox"/> herbacée	<input type="checkbox"/> arbustive (2 - 7 m)	<input type="checkbox"/> arborée (> 7 m)
	Largeur strate arbustive	<input type="checkbox"/> < 2 m	<input type="checkbox"/> 2 à 10 m	<input type="checkbox"/> 10 à 25 m	<input type="checkbox"/> > 25 m
	Largeur strate arborée	<input type="checkbox"/> < 2 m	<input type="checkbox"/> 2 à 10 m	<input type="checkbox"/> 10 à 25 m	<input type="checkbox"/> > 25 m

**8. GÉOMÉTRIE DU LIT MINEUR<sup>11</sup>**

8.1 - TRANSECTS À L'ÉCHELLE DE LA STATION (AMONT → AVAL)						Rappel Lpb moyenne (m) :		
Transect n°1 - Début <input type="checkbox"/> RG <input type="checkbox"/> RD			Transect n°4 - Début <input type="checkbox"/> RG <input type="checkbox"/> RD			Transect n°7 - Début <input type="checkbox"/> RG <input type="checkbox"/> RD		
Faciès :			Faciès :			Faciès :		
Lpb (en m) :			Lpb (en m) :			Lpb (en m) :		
Distance inter-points (Lpb/7) :			Distance inter-points (Lpb/7) :			Distance inter-points (Lpb/7) :		
Largeur mouillée (m) :			Largeur mouillée (m) :			Largeur mouillée (m) :		
H ligne d'eau (m) :			H ligne d'eau (m) :			H ligne d'eau (m) :		
N° point	Distance	H lit (m)	N° point	Distance	H lit (en m)	N° point	Distance	H lit (en m)
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		
7			7			7		
8			8			8		
Angle berge RG : °			Angle berge RG : °			Angle berge RG : °		
Angle berge RD : °			Angle berge RD : °			Angle berge RD : °		

Transect n°10 Début <input type="checkbox"/> RG <input type="checkbox"/> RD			Transect n°13 Début <input type="checkbox"/> RG <input type="checkbox"/> RD			Transect n°16 - Début <input type="checkbox"/> RG <input type="checkbox"/> RD		
Faciès :			Faciès :			Faciès :		
Lpb (en m) :			Lpb (en m) :			Lpb (en m) :		
Distance inter-points (Lpb/7) :			Distance inter-points (Lpb/7) :			Distance inter-points (Lpb/7) :		
Largeur mouillée (m) :			Largeur mouillée (m) :			Largeur mouillée (m) :		
H ligne d'eau (m) :			H ligne d'eau (m) :			H ligne d'eau (m) :		
N° point	Distance	H lit (m)	N° point	Distance	H lit (en m)	N° point	Distance	H lit (en m)
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		
7			7			7		
8			8			8		
Angle berge RG : °			Angle berge RG : °			Angle berge RG : °		
Angle berge RD : °			Angle berge RD : °			Angle berge RD : °		

**8.2 - MESURES DES LARGEURS / PROFONDEURS MAXIMALES À PLEIN BORD À L'ÉCHELLE DE LA STATION**

Pt. de mesure	L/P n°2	L/P n°3	L/P n°5	L/P n°6	L/P n°8	L/P n°9	L/P n°11	L/P n°12	L/P n°14	L/P n°15
Lpb (m)										
Prof. (m)										

<sup>11</sup> Les mesures en travers sont séparées d'une Lpb tel que : transect n°1 → L/P n°2 → L/P n°3 → transect n°4 → L/P n°5 → L/P n°6 → transect n°7 → L/P n°8 → L/P n°9 → transect n°10 → L/P n°11, etc.





**12. HABITATS AQUATIQUES COMPLÉMENTAIRES DU LIT MINEUR**

Type d'habitat	Unité de mesure	Valeur cumulée
Gros bois en rivière ( $\varnothing > 10\text{cm}$ ) <sup>12</sup>	Nombre	
Petits bois en rivière ( $3 < \varnothing < 10\text{cm}$ )	Nombre	
Pierres grossières / blocs rocheux <sup>13</sup>	Nombre	
Végétation aquatique	% de la section mouillée	
Chevelu racinaire	ml	
Sous-berges ( $\geq 20\text{ cm}$ )	ml	

**13. CARACTÉRISTIQUES DES BERGES****13.1 - MATÉRIAUX CONSTITUTIFS DES BERGES**

Rive gauche	Rive droite
<input type="checkbox"/> Argiles <input type="checkbox"/> Argilo-limoneux <input type="checkbox"/> Limons <input type="checkbox"/> Sablo-limoneux <input type="checkbox"/> Sables <input type="checkbox"/> Autres :	<input type="checkbox"/> Argiles <input type="checkbox"/> Argilo-limoneux <input type="checkbox"/> Limon <input type="checkbox"/> Sablo-limoneux <input type="checkbox"/> Sables <input type="checkbox"/> Autres :

**13.2 - ESTIMATION DE L'ÉRODABILITÉ GÉNÉRALE DES BERGES À L'ÉCHELLE DE LA STATION**

Rive gauche	Rive droite
<input type="checkbox"/> nulle <input type="checkbox"/> faible <input type="checkbox"/> moyenne <input type="checkbox"/> forte	<input type="checkbox"/> nulle <input type="checkbox"/> faible <input type="checkbox"/> moyenne <input type="checkbox"/> forte

**14. PHOTOGRAPHIES**

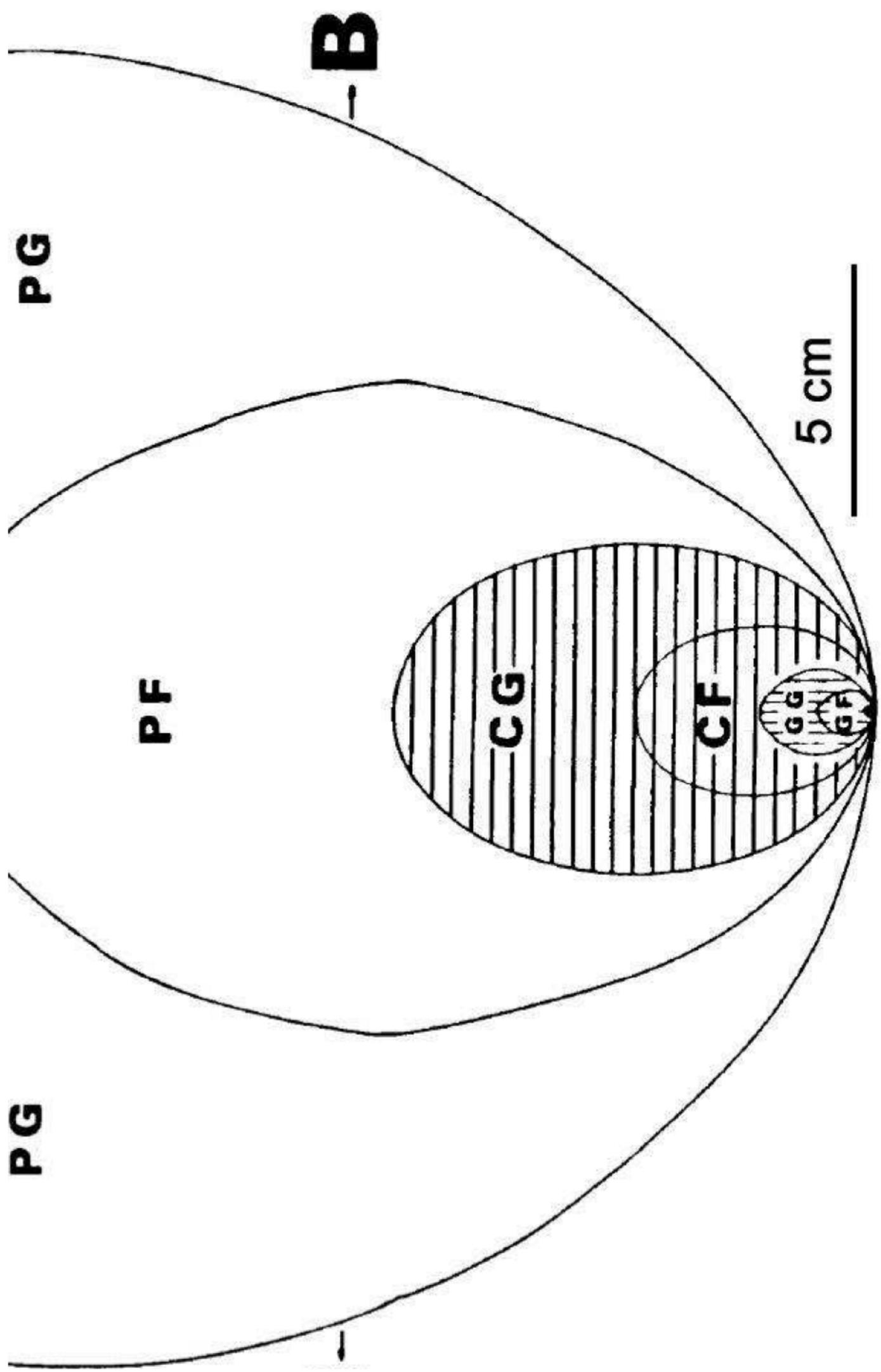
- État physique du linéaire étudié
- Géométrie du lit mineur
- Lit majeur, bande riveraine et ripisylve
- Granulométrie
- Berges
- Faciès
- Habitats aquatiques
- Autres particularités (bois en rivière, confluence, faune aquatique, etc.)

**15. COMMENTAIRES COMPLÉMENTAIRES ÉVENTUELS**

<sup>12</sup> Seuls les bois > 50 cm de longueur et intégrés au lit mineur doivent être dénombrés (Gomi *et al.*, 2006).

<sup>13</sup> Matériaux sédimentaires > 12,8 cm (Échelle de Wentworth, modifiée).

**ANNEXE 2 - GABARIT GRANULOMÉTRIQUE**  
**(D'APRÈS MALAVOI & SOUCHON, 2002)**



## Citation du document

**LE BIHAN M., MELUN G., CAGNANT M., HUBERT A., IRZ P., LEDOUBLE O., UDO H. (2025).** Relevés et observations hydromorphologiques sur les zones amont de cours d'eau - Protocole ROHZACE. Office français de la biodiversité. Rapport technique. 63 p.

