

32095-27/22



## GUIDE METHODOLOGIQUE

### DE DEFINITION DES ESPACES DE BON FONCTIONNEMENT DES COURS D'EAU (EBF) DANS LE BASSIN RHIN-MEUSE

VERSION FINALE

SEPTEMBRE 2017



**FLUVIAL.IS Lorraine (Mandataire)**  
16 rue de la Gare – 57320 Guerstling  
03 87 74 61 10  
Code APE 7112B – TVA intracom : FR25539545012



**BIOTOPE Agence Nord Est (sous-traitant 1)**  
2 bis Charles Oudille  
54 600 VILLERS-LES-NANCY  
03.83.28.25.42



[www.dubost-environnement.fr](http://www.dubost-environnement.fr)

**Dubost-Environnement et Milieux Aquatiques (sous-traitant 2)**  
15 rue Au Bois - 57 000 METZ  
03 87 68 08 62  
Code APE 7112B – TVA intracom : FR93410621882



**GWW Grundwasser + Wasserversorgung (sous-traitant 3)**  
An der Alten Ziegelei 6  
D-66538 Neunkirchen

## Table des matières

<b>AVANT-PROPOS</b> .....	4
<b>1. Introduction</b> .....	5
1.1. Contexte, principes et objectifs.....	5
1.2. Préalable méthodologique .....	8
1.3. Définitions .....	9
<b>2. Définitions, délimitation et caractérisation des différents espaces</b> .....	11
2.1. Considérations générales et champ d'application .....	11
2.1.1. Types de cours d'eau concernés .....	11
2.1.2. Contextualisation des pressions.....	12
2.1.3. Sectorisation et description générale du périmètre d'application .....	12
2.1.4. Délimitation de l'Espace de Très Bon Fonctionnement (ETBF) .....	15
2.2. Le bon fonctionnement morpho-dynamique.....	16
2.2.1. Définitions et fonctions .....	16
2.2.2. Délimitation de l'EBF morpho-dynamique.....	17
2.2.3. Délimitation de l'EFA morphodynamique .....	20
2.3. Le bon fonctionnement hydraulique.....	27
2.3.1. Définitions et fonctions .....	27
2.3.2. Délimitation de l'EBF hydraulique .....	28
2.3.3. Délimitation de l'EFA hydraulique (Etape 3) .....	30
2.4. Le bon fonctionnement hydrogéologique.....	33
2.4.1. Définition et fonctions.....	33
2.4.2. Délimitation de l'EBF hydrogéologique.....	34
2.4.3. Délimitation de l'EFA hydrogéologique.....	35
2.5. Le bon fonctionnement biogéochimique .....	42
2.5.1. Définition et fonctions.....	42
2.5.2. Fonction auto-épuratoire .....	44
2.5.3. Fonction de limitation des transferts .....	46
2.6. Le bon fonctionnement écologique .....	49
2.6.1. Définition et fonctions.....	49
2.6.2. Evaluation de l'EBF pour l'écologie terrestre et palustre.....	50
2.6.3. Evaluation de l'EBF pour l'hydrobiologie .....	60
<b>3. Evaluation du Bon Fonctionnement</b> .....	67
3.1. Evaluation du fonctionnement résiduel.....	67
3.2. Construction d'une évaluation de synthèse.....	69
3.3. Exemple d'application sur un tronçon de cours d'eau.....	71



3.3.1.	Définition de l'EFA/EBF morpho-dynamique .....	71
3.3.2.	Définition de l'EFA/EBF hydraulique .....	71
3.3.3.	Définition de l'EFA/EBF hydrogéologique .....	72
3.3.4.	Définition de l'EFA/EBF biogéochimique.....	73
3.3.5.	Définition de l'EFA/EBF écologique terrestre et palustre .....	74
3.3.6.	Définition de l'EFA/EBF hydrobiologique .....	75
4.	Applications et perspectives .....	76
4.1.	Synthèse et domaine d'application .....	76
4.2.	Perspectives d'application.....	77
5.	Annexes .....	78
5.1.	Bibliographie.....	78
5.2.	Justification du seuil Cyprinicole/Salmonicole .....	81
5.3.	Imbrications des différentes enveloppes produites.....	83



## AVANT-PROPOS

4

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Rhin-Meuse définit **les zones, ou fuseaux, de mobilité des cours d'eau** et y prévoit la mise en place de contraintes fortes avec un principe général d'interdiction de tout aménagement susceptible d'entraver cette dynamique. En complément de cette notion de mobilité, le SDAGE mis à jour pour la période 2016-21 recommande de définir un cadre conceptuel et technique pour **l'espace de bon fonctionnement (EBF)** des cours d'eau, en particulier pour les rivières peu mobiles.

Afin de contribuer à ces recommandations du SDAGE, l'Agence de l'eau Rhin-Meuse a engagé une étude visant à répondre à un double objectif via 2 missions distinctes mais complémentaires :

Mission 1 : Actualiser et synthétiser les connaissances sur les fuseaux de mobilité des cours d'eau

- 1A – Actualiser l'étude des fuseaux de mobilité de 1999 menée par l'AERM sur les portions de cours d'eau lorrains alors cartographiées
- 1B – Collecter et analyser les études et données disponibles sur les cours d'eau mobiles étudiés par d'autres maîtres d'ouvrage, en Alsace notamment
- 1C – Synthétiser l'ensemble des données sur les cours d'eau mobiles du bassin Rhin-Meuse

Mission 2 : Définir et rendre applicable le concept d'espace de bon fonctionnement des cours d'eau

- 2A – Etablir une synthèse des connaissances nationales et internationales en mettant à profit l'étude réalisée par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse en 2015/16
- 2B – Elaborer une méthode de définition, de délimitation et de diagnostic de l'espace de bon fonctionnement
- 2C – Appliquer la méthode à des tronçons tests sur une sélection de cours d'eau
- 2D – Produire des outils opérationnels pour la définition, le diagnostic et la préservation/restauration d'espaces de bon fonctionnement des cours d'eau

Cette étude a été conduite en 2016/17 sous l'égide d'un comité de pilotage composé :

- de l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse (pilotage) ;
- de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) de Grand Est - Délégation de bassin Rhin-Meuse ;
- de la Direction Départementale des Territoires de Meurthe-et-Moselle (DDT 54)
- de l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) - Délégation Régionale du Grand Est ;
- de Voies Navigables de France (VNF) ;
- de l'Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction (UNICEM) ;
- des Conseils Départementaux de Meurthe-et-Moselle (CD 54), de Meuse (55), du Bas-Rhin (67) et du Haut-Rhin (68) ;
- de l'Etablissement Public Territorial de Bassin Meurthe-Madon ;
- de l'Etablissement Public d'Aménagement de la Meuse et de ses Affluents (EPAMA)
- du Conservatoire des Espaces Naturels de Lorraine (CENL).

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Contexte, principes et objectifs

Le guide de bonnes pratiques pour la gestion des milieux aquatiques du SDAGE Rhin-Meuse 2016-2021 recommande qu'un cadre technique soit proposé pour la définition d'un **espace de bon fonctionnement** des cours d'eau peu mobiles en complément des méthodologies de définition des fuseaux de mobilité, en application de la disposition T3 – O1.1 –D1 relative aux outils méthodologiques à développer. En France, la réflexion sur les Espaces de Bon Fonctionnement (EBF) est déjà riche de plusieurs études, principalement dans le Sud-Est de la France. Après un travail de synthèse conséquent réalisé sous maîtrise d'ouvrage de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse en 2015/16, ce document propose une méthode de définition de l'espace nécessaire au *bon fonctionnement des cours d'eau mobiles ou non dans le bassin Rhin Meuse*.

Ce guide fait suite et synthétise une phase de réflexion bibliographique et méthodologique menée depuis 2016 sur le bassin Rhin-Meuse. Cette phase prospective a été appuyée par l'application de la méthode à des tronçons tests représentatifs des différents types de cours d'eau rencontrés sur le bassin. Les tronçons ainsi étudiés concernent la Lauch, l'Ill, la Moder, la Meurthe, la Seille, l'Esch, la Nied allemande, la Bisten, la Meuse et la Chiers. Les éléments détaillés de bibliographie et de méthodologie, ainsi que les résultats d'application sur les tronçons tests, sont repris au sein du « Rapport méthodologique de définition et d'application du concept d'Espace de Bon Fonctionnement des cours d'eau au bassin Rhin-Meuse, 2017, Fluvial.IS-Biotope-Dubost Environnement-GWW GmbH, Agence de l'eau Rhin-Meuse, 150 pages ».

En préalable, il est important de conserver à l'idée qu'au-delà de l'Espace de Bon Fonctionnement (SDAGE Rhin-Meuse, notion « d'espace de liberté » thème 3 p.77-78, p.236 ; notion d' « espace de bon fonctionnement », p.57), on suppose un espace de Très Bon Fonctionnement. Il s'agit d'un espace de fonctionnement pour le cours d'eau totalement préservé de toute influence humaine (voir définitions p.9, §1.3). La méthode poursuivant un objectif de gestion concrète et pragmatique, il n'a en effet pas été jugé pertinent d'évaluer l'état actuel par rapport à un niveau de restauration dans la majorité des cas irréaliste, et complexe à définir.

L'Espace nécessaire au Bon Fonctionnement représente donc en général une aire de compromis par rapport à ce que serait un Très Bon Fonctionnement (espace optimal).

Tant au niveau de la définition que de l'évaluation, les caractéristiques intrinsèques des cours d'eau sont prises en compte : typologie, taille, flux liquides et solides, etc. En effet, il s'agit de considérer à la fois le fonctionnement global du cours d'eau tout en prenant en compte les aspects pluridisciplinaires, ou fonctions, soutenant le cours d'eau au sens « *d'infrastructure naturelle* » :

- fonction hydraulique (rétention des crues) ;
- fonction morpho-dynamique (anticipation du risque d'érosion, équilibre sédimentaire et morphologique) ;
- fonction biogéochimique (préservation de la qualité de l'eau, autoépuration) ;
- fonction hydrogéologique (préservation de la ressource en eau et de la recharge des nappes) ;
- fonction écologique (terrestre et palustre) ;

- fonction hydrobiologique (alimentation, reproduction, repos, dispersion).

Etant donné la complexité d'une approche pluridisciplinaire et afin de ne pas surcharger les résultats d'une telle approche (cartes, notations), ce n'est pas un unique Espace de Bon Fonctionnement qui est à définir mais bien autant d'espaces que de fonctions.



Pour ces 6 fonctions, plusieurs étapes communes ont ainsi été établies :

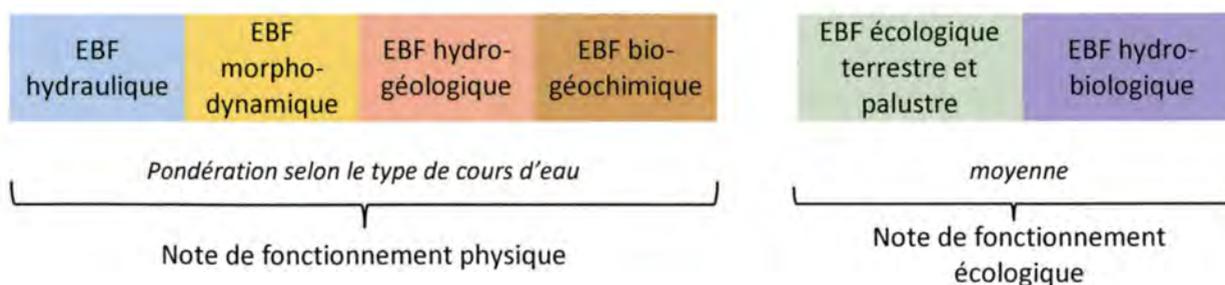
- l'identification du type de cours d'eau et de sa trajectoire d'évolution selon le volet concerné (morphodynamique, hydrologique, hydrogéologique, hydrobiologique, etc.) ;
- la délimitation cartographique pour chacun des volets de l'Espace de bon fonctionnement concerné ;
- l'identification des facteurs limitants ce bon fonctionnement ;
- l'évaluation du rapport Espace de Fonctionnement Actuel / Espace de Bon Fonctionnement.

Ce rapport de surface entre l'espace de bon fonctionnement (EBF, en général théorique) et l'Espace de Fonctionnement Actuel (EFA, en général résiduel) donne en pourcentage l'évaluation de la préservation de la fonction concernée :

$$\frac{\text{Surface de l'Espace de Fonctionnement Actuel (EFA)}}{\text{Surface de l'Espace de Bon Fonctionnement (EBF)}} = \text{Estimation du degré de préservation de la fonction concernée}$$

L'estimation de 4 fonctions physiques (morpho-dynamique, hydraulique, hydrogéologie et biogéochimie) et de 2 fonctions écologiques (écologie terrestre et palustre et hydrobiologie) est ainsi proposée. Au final, le degré de préservation de l'EBF peut être synthétisé en 2 évaluations :

- l'EBF physique (pondération des 4 notes intermédiaires en fonction du type de cours d'eau) ;
- l'EBF écologique (moyenne des 2 notes intermédiaires).



Il convient donc de trouver l'échelle d'investigation la mieux adaptée aux enjeux pluridisciplinaires qui permettent :

- 1) d'identifier suffisamment précisément les facteurs limitants du bon fonctionnement pour chaque fonction ;
- 2) de conserver une approche suffisamment globale pour permettre la caractérisation à l'échelle d'un bassin ou d'un sous-bassin versant.

La démarche décrite par ce guide permet de mettre en œuvre le SDAGE et propose un outil fondé sur des bases scientifiques tout en visant une application opérationnelle qui facilite la prise de décision des gestionnaires dans leurs projets de gestion et de restauration des cours d'eau. L'objectif est ainsi de dépasser la seule gestion du lit mineur et des berges, en travaillant sur les multiples fonctions riveraines (hydraulique, morphodynamique, biogéochimique, hydrogéologique, écologique) via la prise en compte de « l'espace rivière » intégrant pleinement le lit majeur (zone alluviale). Les éléments techniques et méthodologiques proposés dans ce guide ont donc vocation à alimenter les cahiers des charges d'études préalables à la gestion, à la préservation et/ou à la restauration des cours d'eau.

Au-delà du diagnostic et de l'évaluation technique, cette démarche vise également à contribuer à l'élaboration des documents de planification que sont les SAGE, les SCOT, les PLU, etc. afin d'intégrer la préservation voire la reconquête des espaces alluviaux, et de leur biodiversité associée, au sein de l'aménagement du territoire et des enjeux relatifs à l'urbanisme, la gestion des inondations, la préservation de la ressource en eau souterraine, etc.



## 1.2. *Préalable méthodologique*



Sans qu'il soit totalement restrictif, le champ d'application et de test de cette méthode reste limité aux types de cours d'eau présents dans le bassin Rhin-Meuse<sup>1</sup>.

Le travail précurseur réalisé sous maîtrise d'ouvrage de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (AERMC), a permis de synthétiser les démarches adoptées lors de plusieurs expériences de définitions d'Espaces de Bon Fonctionnement au travers des divers choix stratégiques effectués dans une approche juridique et socio-économique.

A partir du constat que certaines fonctions, pourtant essentielles au bon fonctionnement des cours d'eau et aux services qu'ils rendent, sont trop rarement prises en compte faute de données et faute de méthode, il a été choisi de compléter le plus efficacement possible cette démarche élaborée par l'AERMC. Nous proposons donc une méthode qui permette à l'opérateur, au moyen d'une succession d'étapes ordonnées, d'évaluer chacune des fonctions identifiées au chapitre précédent, malgré les lacunes de connaissances scientifiques ou techniques actuelles.

Cette méthode doit permettre d'intégrer, selon les moyens donnés à l'opérateur, toutes les fonctions souhaitées. Elle propose donc de renseigner un certain nombre d'indicateurs selon une démarche la plus reproductible possible.

Faute de données précises, un certain nombre de solutions techniques proposées dans ce guide tentent de palier aux lacunes de cours d'eau et d'enjeux trop peu connus/décrits. Sur le principe qu'une approximation (lorsqu'elle est justement appréciée) vaut mieux qu'une absence totale de données, la méthode proposée permet malgré tout de donner une information au gestionnaire qui pourra constituer une première base de réflexion. En effet, jusqu'à présent, trop souvent le non renseignement de certaines fonctions conduit à en ignorer l'importance, voire même l'existence, notamment lors de l'élaboration de cahiers des charges ou lors de la réalisation de plans de gestion.

Bien entendu, l'opérateur est invité à utiliser le maximum de données à sa disposition, à avertir le maître d'ouvrage sur l'opportunité de réaliser des investigations complémentaires afin de préciser le diagnostic ainsi qu'à fixer les limites des résultats produits (niveau de confiance en l'évaluation de chacune des fonctions).

La méthode proposée doit permettre, même à partir du « plus petit dénominateur commun » entre les bases de données généralement disponibles sur les cours d'eau du bassin Rhin-Meuse, complété par un minimum de parcours de terrain, de produire une évaluation pertinente de l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau. C'est pourquoi, pour l'élaboration de ce guide, les données habituellement disponibles ont été privilégiées (données IGN, DREAL, AERM, BRGM,...) et complétées par des relevés sommaires de terrain.

Evidemment, plus la précision des données à disposition sera fine, plus le résultat de la cartographie et de l'évaluation du bon fonctionnement des différentes fonctions sera fiable.

---

<sup>1</sup> Le cas des torrents classiquement constitués d'une zone de production, d'une zone de dépôt et d'une zone de transfert intermédiaire n'est pas traité par le présent document. Le cas très particulier des cours d'eau phréatiques n'est pas non plus pris en compte.

### 1.3. Définitions



ETBF	<b>Espace de très bon fonctionnement</b>	Territoire suffisamment préservé, en général théorique, pour que le cours d'eau remplisse, de façon peu ou pas perturbée ses fonctions d'épuration, de régulation des niveaux d'eau, d'habitat écologique, de transit sédimentaire, etc. Pour la majorité des fonctions, cet espace de très bon fonctionnement s'étend au-delà du tronçon ou du secteur de cours d'eau. Il doit parfois englober l'ensemble du bassin versant pour ce qui est des flux hydrologiques et sédimentaires, des migrations biologiques,...
EBF	<b>Espace de bon fonctionnement</b>	Enveloppes dans lesquelles les processus naturels s'expriment, assez librement pour assurer, de façon durable, un niveau satisfaisant d'équilibre du cours d'eau grâce à l'expression des processus hydrauliques, morpho-dynamiques, hydrogéologiques, écologiques et physico-chimiques
<i>L'espace de bon fonctionnement n'est pas l'espace préservé originel pour le fonctionnement optimal des cours d'eau, mais un espace souvent plus restreint et nécessaire, qui permet aux « fonctions soutenant le cours d'eau » de sauvegarder son statut « d'infrastructure naturelle ». Il permet la réalisation de l'essentiel des fonctionnalités des cours d'eau de façon satisfaisante pour la protection des personnes et des biens, pour la préservation de la ressource en eau et pour la biodiversité. Cela ne signifie pas que cet espace soit vierge de toute modification.</i>		
EFA	<b>Espace de fonctionnement actuel</b>	Espace de fonctionnement en général résiduel compris dans l'EBF, après retrait des zones modifiées significativement par les activités humaines pour l'expression des fonctions naturelles du cours d'eau
<i>Des espaces intermédiaires peuvent parfois venir en appui de la démarche à titre d'information ou de complément (espace de fonctionnement historique, espace de fonctionnement modifié,...).</i>		



Figure 1 : imbrication des trois espaces de fonctionnement principaux pour chacune des fonctions considérées

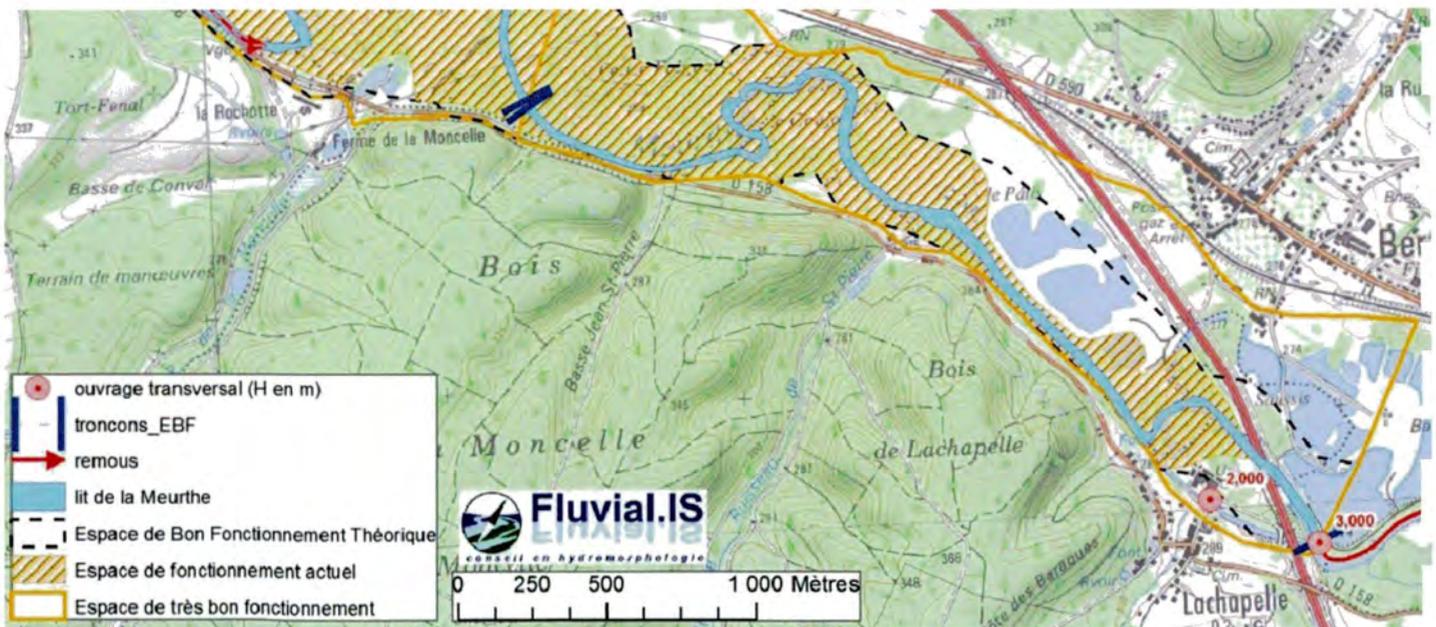


Figure 2 : exemple d'imbrication de l'ETBF, de l'EBF et de l'EFA morpho-dynamique sur le cours de la Meurthe

## 2. DEFINITIONS, DELIMITATION ET CARACTERISATION DES DIFFERENTS ESPACES

### 2.1. *Considérations générales et champ d'application*

#### 2.1.1. Types de cours d'eau concernés

Les types de cours d'eau à considérer dans le bassin Rhin-Meuse ont été décrits par une étude menée en 1997 par l'AERM et l'Atelier d'Ecologie Rurale et Urbaine (AERU). Cette typologie constitue le champ d'application de la méthode de définition de l'EBF sur le bassin (hors cours d'eau phréatiques) et a notamment permis la sélection des différents tronçons tests.

**Le ou les types de cours d'eau faisant l'objet des études EBF seront systématiquement renseignés et décrits (caractéristiques générales géologiques, hydrologiques, morphologiques, etc.)**

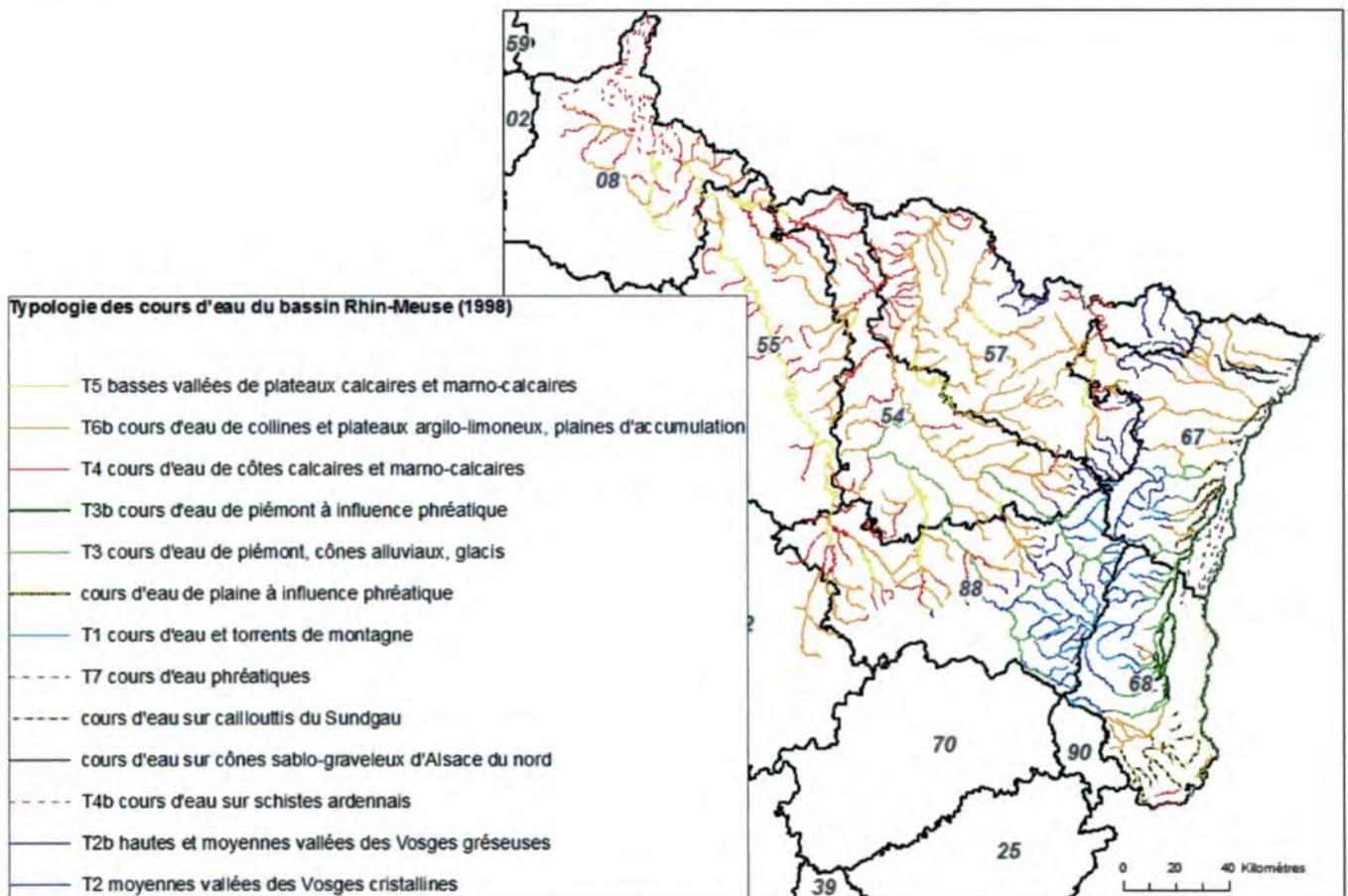


Figure 3 : typologie des cours d'eau du bassin Rhin-Meuse (d'après AERM, 1998)

## 2.1.2. Contextualisation des pressions

Avant le démarrage de toute étude de définition d'espace de bon fonctionnement, le périmètre d'investigation doit pouvoir être replacé dans son contexte plus global. Des modifications et perturbations en dehors de la zone d'investigation peuvent influencer le fonctionnement local :

- dérivation d'une partie des écoulements ;
- piégeage du transit sédimentaire ;
- pollutions diverses ;
- stockage hydraulique et écrêtement des crues ;
- perturbation de la nappe à la suite d'exploitations minières ;
- etc.

Il faut envisager la possibilité que les perturbations à l'amont ou à l'aval de la zone d'étude sont telles qu'un bon fonctionnement soit compromis au niveau local (perturbation radicale du transit sédimentaire, forte érosion régressive, pollutions, stockage hydraulique et forte modification du régime hydrologique, etc.). Dans ce cas, l'opportunité de la délimitation d'un Espace de Bon Fonctionnement local doit être étudiée avec, soit un changement de l'échelle d'étude, soit un changement de ses objectifs (exclusion de l'un ou l'autre volet). Dans certains cas d'extrêmes modifications, l'intérêt même de réaliser une telle étude doit être questionné.

A minima les résultats de l'étude d'EBF doivent être complétés/interprétés par une analyse adaptée des fonctions concernées par ces perturbations extérieures.

## 2.1.3. Sectorisation et description générale du périmètre d'application

### *Sectorisation des cours d'eau (référentiel SYRAH-CE)*

A l'image de nombreuses méthodologies de caractérisation du fonctionnement des cours d'eau (étude hydromorphologique,...), la définition des EBF nécessite un travail préalable de découpage en tronçons homogènes. Pour ce faire, il a été choisi de se baser sur la sectorisation SYRAH-CE (Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau)<sup>2</sup>. Les tronçons SYRAH-CE, qui constituent un référentiel national homogène, présentent en effet l'avantage d'éviter les biais liés aux interprétations de l'opérateur qui pourrait privilégier certains critères de délimitation (occupation des sols, urbanisation, présence d'ouvrages,...) au détriment des variables physiques (forme de la vallée, taille du cours d'eau,...). Il pourrait alors en résulter une forte variation et subjectivité dans l'évaluation finale des différentes fonctions associées aux cours d'eau.

Néanmoins, il est envisageable de préciser à la marge cette sectorisation en fonction des enjeux locaux et/ou des objectifs du diagnostic à établir, sans remettre en cause les principes de la méthode.

**Les critères retenus pour délimiter les tronçons, à partir du référentiel SYRAH-CE, feront l'objet d'une description détaillée et justifiée. Les coordonnées en RGF93 Lambert93 ainsi qu'une description des limites amont et aval seront renseignées pour chaque tronçon.**

<sup>2</sup> <https://hydroeco.cemagref.fr/hydromorphologie/documents-a-telecharger>

## *Caractéristiques et paramètres minimum à préciser avant le travail sur les fonctions*

Chaque tronçon de cours d'eau doit faire l'objet d'une caractérisation minimale et locale de son contexte physique (tableau ci-dessous), en préparation à la cartographie et à l'évaluation des différentes fonctions :

- 1- Description du contexte hydrogéologique
- 2- Description du contexte hydrologique
- 3- Caractérisation morphométrique du cours d'eau.

Pour la caractérisation morphométrique, les paramètres suivants sont à décrire a minima :

- Largeur à pleins bords :
  - méthode cartographique : numériser, si la précision des données le permet, le lit à pleins bords en tenant compte de la différence entre le lit au miroir et le lit en haut de berge (« à pleins bords ») ;
  - méthode de terrain : vérification des points litigieux (méandres à berges en général dissymétriques, couvert forestier, recalibrage, remblais, etc.) pour estimer la largeur moyenne globale
  
- Sinuosité : longueur du cours d'eau / longueur du fond de vallée
  - méthode cartographique : numériser le fond de vallée notamment à partir du SCAN25 ou de tout autre source topographique disponible (espaces entre bas de versants) et tracer l'axe de la vallée, indépendamment du tracé du lit mineur ;
  - vérification de terrain : vérifier le positionnement des pieds de versants, notamment sur les zones avec peu de données topographiques.
  
- Caractères généraux
  - composition générale des alluvions ;
  - structure de la ripisylve ;
  - structure et cohésion de berges : BDLisa, ARES, (site Infoterre), terrain, etc.

Ces éléments de connaissance hydromorphologiques doivent ainsi permettre l'estimation de différentes métriques utiles au déploiement de la méthode : débit morphogène (biennal), puissance spécifique, indice de mobilité,... Dans l'objectif de décrire la trajectoire d'évolution du cours d'eau, dépendante notamment d'aménagements anthropiques, une situation théorique peut être évaluée afin de la confronter à la situation actuelle (dégradée). Cette approche est utilisée dans l'évaluation de plusieurs fonctions pour déterminer l'espace de bon fonctionnement.

<b>Descriptif général</b>			
Cours d'eau alluvial ? (O/N)	oui		
Type de cours d'eau Rhin Meuse	T2b		
Station Banque Hydro de référence	Creutzwald		
Débit spécifique (station Banque Hydro proch	357.1 l/s/km <sup>2</sup>		
<b>Hydrogéologie (BD Lisa)</b>			
potentialités aquifères du sous-sol RD	Nature aquifères	Milieu porosité matricielle, fractures et karstique	Etat nappe à partie libre et captive
potentialités aquifères sous-sol RG	aquifères	porosité matricielle, fractures et karstique	nappe à partie libre et captive
occupation des sols	bassin agricole		
<u>catégorie piscicole théorique</u>	cours d'eau salmonicole		
<b><u>Perturbations/modifications majeurs</u></b>			
rectification ancienne du lit à l'aval du village			
perturbations à l'aval possible par la remontée de nappe à la suite de l'arrêt du pompage des eaux d'exhaure			
<b>Description du tronçon d'étude</b>			
Localisation (RGF93 Lambert 93)	Bisten01		
	X	Y	
limite amont	963 270	6 902 770	
limite aval	963 300	6 902 000	
<b><u>Situation actuelle</u></b>			
taille du BV amont	6.6 km <sup>2</sup>		
Débit biennal actuel	2.36 m <sup>3</sup> /s		
altitude amont en rive	250 m NGF		
altitude aval en rive	237 m NGF		
longueur de linéaire du lit actuel	750 ml		
longueur à vol d'oiseau dans l'axe de la vallée	746 ml		
surface du lit mineur actuel	1827 m <sup>2</sup>		
Indice moyen de structure de berge	6		
état actuel de la végétation de berge	1		
largeur moyenne du lit mineur actuel	2.4 m		
pente moyenne du lit mineur actuel	0.0173 m/m		
indice de sinuosité actuel	1.01		
puissance fluviale spécifique pour Q <sub>4,5</sub>	123.4 W/m <sup>2</sup>		
Potentiel de mobilité actuel	0.01		
<b><u>Situation théorique</u></b>			
Débit biennal théorique	2.36 m <sup>3</sup> /s		
largeur théorique du lit mineur	3.2 m		
pente théorique du lit mineur	0.0145 m/m		
puissance fluviale théorique	79.2 W/m <sup>2</sup>		
Indice théorique de structure de berge	6		
Rôle théorique de la végétation de berge	1		
Potentiel de mobilité théorique	2.51		

Figure 4 : exemple de fiche de préparation de l'évaluation des EBF et EFA sur le tronçon Bisten 01 (57)

### 2.1.4. Délimitation de l'Espace de Très Bon Fonctionnement (ETBF)

Cet espace est commun à toutes les fonctions. Une distinction est à faire entre les cours d'eau alluviaux et les cours d'eau non alluviaux (essentiellement rivières torrentielles, rivières à méandres encaissés, rivières sans couverture alluviale de tête de bassin, etc.).

#### *Cours d'eau alluviaux*

On considérera que l'Espace nécessaire au très bon fonctionnement morpho-dynamique des cours d'eau est celui de la couverture alluviale.

Pour cette couche, la seule utilisation de la carte géologique n'est le plus souvent pas suffisante (échelle trop petite). Il est donc recommandé dans ce cas de la croiser avec des données topographiques (scan25, MNT), hydrogéologique (BD Lisa, BRGM) et des relevés de terrain.

La délimitation de cet espace, même si elle ne donnera pas lieu à une évaluation directe est pourtant primordiale car elle constituera le cadre dans lequel l'EBF sera évalué pour chacune des fonctions.

Il est à noter que pour certaines fonctions, biologiques notamment, l'ETBF peut être étendu au bassin versant via la connexion à certains affluents.

#### *Cours d'eau non alluviaux*

Pour les cours d'eau non alluviaux, on limitera l'ETBF morpho-dynamique à 3 largeurs du lit mineur à pleins bords dans l'axe du lit mineur, soit en moyenne une largeur de lit mineur sur les versants à partir de la limite de pleins bords.

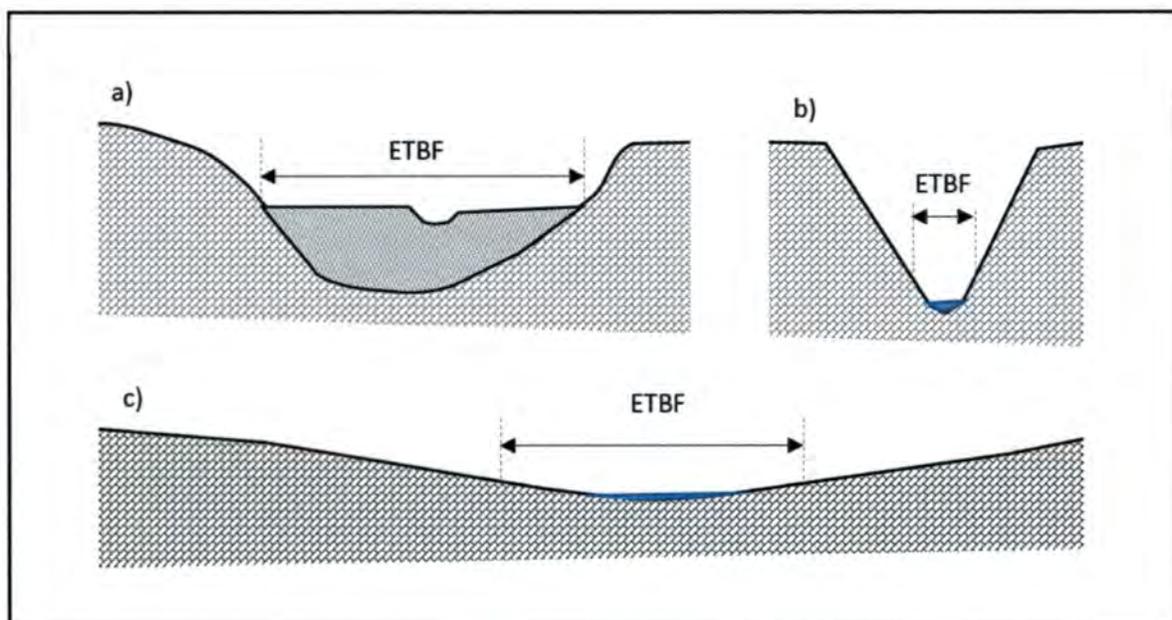


Figure 5 : l'Espace de Très Bon Fonctionnement (ETBF) se limite à la surface des alluvions modernes (cours d'eau alluviaux : a) ou à 3 largeurs du lit mineur dans l'axe de celui-ci (pour les cours d'eau non alluviaux : b et c)

## 2.2. *Le bon fonctionnement morpho-dynamique*

### 2.2.1. Définitions et fonctions

L'Espace de Bon Fonctionnement morpho-dynamique correspond à la zone riveraine du cours d'eau qui permet l'expression de la dynamique du cours d'eau conformément aux conditions hydrologiques, sédimentaires et topographiques locales, de telle sorte que la géométrie du lit (largeur, profondeur, sinuosité) et le transit sédimentaire s'expriment librement de façon durable et sans déséquilibre notable.

Les fonctions de cet espace morpho-dynamique sont les suivantes :

- préservation du transit sédimentaire : le cycle naturel érosion (des berges, des fonds, des versants) – transport – dépôt se réalise de façon équilibrée, sans phénomène excessif de colmatage, d'incision du lit, de dynamique latérale excessive ;
- entretien durable des formes du lit mineur et de sa diversité naturelle : la diversité naturelle des largeurs, des profondeurs inhérentes au type de cours d'eau permet de garantir dans le temps le renouvellement des formes.

L'espace morpho-dynamique est le support des habitats (fonctions écologiques) et joue un rôle structurant pour les autres fonctions (biogéochimie, hydraulique, hydrogéologie).

L'évaluation de l'espace morpho-dynamique n'est pas l'évaluation de la qualité ou de « l'état » physique du cours d'eau à un instant t (comme le propose par exemple l'outil QUALPHY, AERM, 1998). Une certaine inertie, des apports extérieurs, peuvent permettre à la qualité physique d'être relativement préservée alors que le fonctionnement du cours d'eau est plus significativement altéré. Au contraire, des opérations anciennes peuvent continuer à perturber une morphologie alors que des conditions de la dynamique morphologique ont été en partie restaurées.

Cette approche vise à évaluer si le cours d'eau est en capacité de mobiliser l'espace nécessaire à son (bon) fonctionnement. Si tel n'est pas le cas, une altération de la qualité physique (diversité des formes et des faciès, substrat,...) peut être déjà effective ou attendue à moyen/long terme.

En outre, il est important de noter que pour des cours d'eau originellement peu voire pas mobiles, la fonction morphodynamique est susceptible de rester relativement préservée même si ceux-ci ont subi de fortes altérations de leur hydromorphologie (curage, recalibrage,...). En effet, l'espace nécessaire au bon fonctionnement hydromorphologique de ces cours d'eau reste en général restreint et peu modifié au-delà par exemple de la présence de merlons de curage en zone rurale. Les études et actions de gestion/restauration à envisager doivent alors s'intéresser plus particulièrement à la géométrie du lit voire aux apports sédimentaires provenant de l'amont.

### 2.2.2. Délimitation de l'EBF morpho-dynamique

Le bon fonctionnement dépendant en général de la disponibilité théorique d'un espace, il convient d'estimer dans un premier temps les caractères théoriques de la dynamique intrinsèque du cours d'eau.

L'expression de la dynamique fluviale produit des formes très variables par le jeu du rapport entre l'énergie exprimée (puissance des écoulements) et la résistance du milieu (principalement la cohésion des berges et le rôle de la végétation de berge).

Pour les cours d'eau alluviaux, la méthode propose d'évaluer le bon fonctionnement morpho-dynamique à partir du potentiel de mobilité. Il s'exprime à partir de :

- la puissance fluviale spécifique : elle est modifiée principalement par la pente de la rivière, les débits significatifs, le gabarit du cours d'eau ;
- la résistance des berges ;
- le rôle joué par la végétation.

NB : D'autres facteurs peuvent jouer un rôle (pavage/armurage des fonds, affleurements de seuils de fonds, etc.) mais, pour ne pas trop complexifier la méthode, on se limitera à ces 3 paramètres.

#### Etape 1 : Estimation de l'indice de puissance fluviale spécifique

La puissance de la rivière est évaluée au moyen de la puissance fluviale spécifique ( $\omega = \rho_w \cdot g \cdot Q \cdot s / w^3$ ) formule, qui pourra être calculée en fonction des données disponibles.

A minima on utilisera :

Métrique		Méthode de calcul/estimation	Données
Pente de la rivière (m/m)	S	$S=A/L$	
	A	Différences d'altitudes en berges amont et aval NGF	Scan 25, MNT, etc.
	L	Longueur de linéaire du cours d'eau (si non rectifié)	Cours d'eau alluvial rectifié : longueur à vol d'oiseau X 1,2
Largeur à pleins bords théorique	W	$w = 1,75Q_2^{0,5}$ (d'après Schumm 1977)	$Q_2 =$ banque Hydro ou calcul hydraulique
		$=C/L$	
Largeur à pleins bords actuelle (moyenne sur le tronçon considéré)	C	Surface de lit mineur	Orthophoto + terrain
	L	Longueur de linéaire du cours d'eau actuel	
Débit de référence	$Q_{1,5}$	$= Q_2 \times 0,75$	$Q_2 =$ Banque Hydro ou calcul hydraulique

<sup>3</sup>  $\rho_w \cdot g \cdot Q \cdot s / w$  avec  $\rho_w$  la masse volumique de l'eau, g l'attraction due à la gravité, Q le débit de référence, s la pente du cours d'eau et w la largeur du cours d'eau à pleins bords

**Etape 2 : la cohésion des berges (et des fonds) :**

La méthode propose d'approcher ce paramètre avec les données disponibles (géologie,...) et sur le terrain au moyen d'un indice qui estime, en fonction de l'organisation et de la nature des matériaux naturels des berges, la cohésion naturelle des berges de 0 (berge très peu cohésive) à 10 (berge très cohésive) :

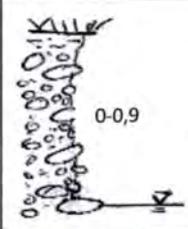
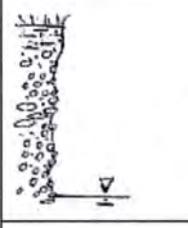
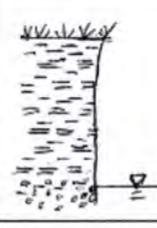
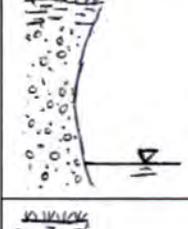
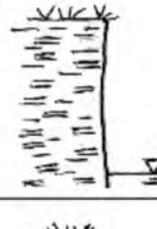
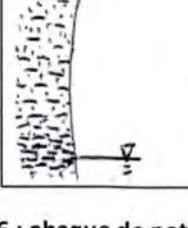
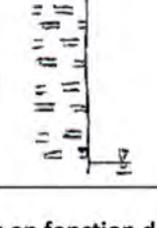
	<p>Texture graveleuse (graviers et galets) à matrice sableuse</p>		<p>Texture sablo-argileuse à limono-argileuse (avec passé graveleux); ou sablo-argileuse à limono-argileuse</p>
	<p>Texture graveleuse (graviers) à matrice sableuse; horizon sablo-limoneux en haut de berge (1/3)</p>		<p>Texture argilo-limoneuse à argileuse (avec passée graveleuse)</p>
	<p>Texture graveleuse (majoritairement graviers) à matrice sableuse en pied de berges (surmontée 1/3 sablo-limoneux)</p>		<p>Texture argilo-limoneuse avec éléments grossiers non jointifs</p>
	<p>Texture sableuse à sablo-graveleuse</p>		<p>8 à 8,9 Texture argilo-limoneuse à argileuse (sans éléments grossiers non jointifs)</p>
	<p>4 à 4,9 Texture sablo-limoneuse</p>		<p>9 à 10 Texture argileuse ou rocheuse</p>

Figure 6 : abaque de notation de la cohésion des berges en fonction de leur structure

**Etape 3 : le rôle joué par la végétation rivulaire :**

On estimera la capacité de la végétation de rive à stabiliser, par son racinaire et son entretien, les talus de berges, ou au contraire par sa capacité à les déstabiliser (chutes d'embâcles, dérivations, etc.). Cet indice est pondéré également par le gabarit du cours d'eau selon le principe qu'un embâcle est plus ou moins obstruant selon la taille du cours d'eau.

taille de la rivière	ripisylve continue et entretenue	ripisylve non continue mais entretenue	berges hautes, talus enherbés	berges sans végétations	embâcles ponctuels	nombreux embâcles (sans forêt alluviale)	forêt alluviale avec embâcles nombreux
<5 m	10	8	7	5	3	2	1
5-10 m	9	7.5	6	5	4	2.5	1.5
10-30 m	8	7	6	5	4	3	2
>30 m	6	5.8	5.3	5	4.7	4.2	4

Figure 7 : modalités de définition de l'indice du rôle de la végétation de rive et du talus sur la stabilité des berges

**Etape 4 : le potentiel de mobilité théorique**

Le potentiel de mobilité théorique servira de base à l'estimation en rive de l'importance de l'espace de mobilité nécessaire. Sur le modèle de la méthode validée pour l'actualisation des études de fuseaux de mobilité (AERM, 2017), l'espace nécessaire sera d'une largeur variable en fonction du potentiel estimé.

Sur la base de la mobilité historique constatée sur une quarantaine de sites de référence, la puissance fluviale spécifique pondérée par la stabilité des berges (cohésion des berges et rôle de la végétation) permet d'estimer le potentiel de mobilité théorique.

Le potentiel de mobilité est estimé à partir de la formule :

$$\text{Potentiel de mobilité} = (2,124 \ln \omega - 0,494) / ((V + C_b) * 0.5)$$

où  $\omega$  est la puissance fluviale spécifique pour  $Q_2$ ,  $V$  l'indice du rôle de la végétation et  $C_b$  la cohésion des berges et des fonds

Les détails bibliographiques et méthodologiques concernant cette estimation de la mobilité potentielle sont décrits au sein du rapport méthodologique relatif à l'actualisation et à la synthèse des connaissances sur les fuseaux de mobilité du bassin Rhin-Meuse (voir la partie concernant la corrélation entre la mobilité constatée et la mobilité théorique sur un échantillon de sites de référence du Grand Est de la France, repris de Charrier et al. , AESN, 2014).

Ainsi, différents types de cours d'eau seront définis sur la base de la mobilité potentielle (théorique)

**Tableau 1 : principes de construction de la bande de mobilité théorique**

Type de mobilité	Indice de mobilité théorique	Enveloppe de base
Rivières pas ou très peu mobiles (TPM)	<0,85	1 fois la largeur à pleins bords à partir de chaque haut de berge, 2 fois à partir des berges en arrière des sinuosités
Rivières peu mobiles (PM)	0,85 – 1,7	2,5 fois la largeur à pleins bords à partir de chaque haut de berge, 5 fois à partir des berges en arrière des sinuosités
Rivières mobiles (M)	1,7 - 4	5 fois la largeur à pleins bords à partir de chaque haut de berge
Rivières très mobiles (TM)	> 4	10 fois la largeur à pleins bords dans l'axe des sinuosités (5 fois de chaque côté)

### 2.2.3. Délimitation de l'EFA morphodynamique

#### **Etape 5 : Principes généraux de retrait des surfaces non disponibles pour l'expression de la dynamique**

L'espace de fonctionnement actuel est issu de l'espace de bon fonctionnement diminué des surfaces non accessibles (non « érodables ») du fait des aménagements et des équipements d'origine anthropique en lit mineur, berges et lit majeur :

- ouvrages transversaux barrant les écoulements de crue annuelle à biennale : forte réduction de la pente d'énergie, de la puissance de la rivière, absence de dynamique latérale, perturbation du transport solide, etc.
- les voies de communications et le bâti : en raison des enjeux qu'ils représentent, ils réduisent les possibilités de recharge sédimentaires par érosion des berges ou d'adaptation de la pente et du profil en travers du lit mineur. Leur stabilité est en général garantie par des protections de berges qui sont entretenues et renouvelées si besoin.
- les réseaux aériens ou enfouis : la modification est similaire à celle décrite ci-dessus.
- les plans d'eau artificiels : en fonction de leur volume et des caractéristiques de la rivière, ils peuvent représenter un danger pour son équilibre en cas de capture. Quoi qu'il en soit, ces anciennes carrières (le plus souvent) perturbent les conditions d'adaptation de la rivière.
- les artificialisations de berge : protections en enrochements, berges bétonnées, palplanches, digues, murs maçonnés, palissades, mais également protections en

techniques végétales vivantes telles que les fascines, les tressages, etc. qui conservent un effet bloquant sur la dynamique latérale.

Les remous hydrauliques provoqués par des ouvrages, au moins à partir du débit de pleins bords et au-delà, excluent de l'EFA les zones riveraines concernées (voir figure ci-dessous). Néanmoins, le lit mineur est conservé dans l'EFA.

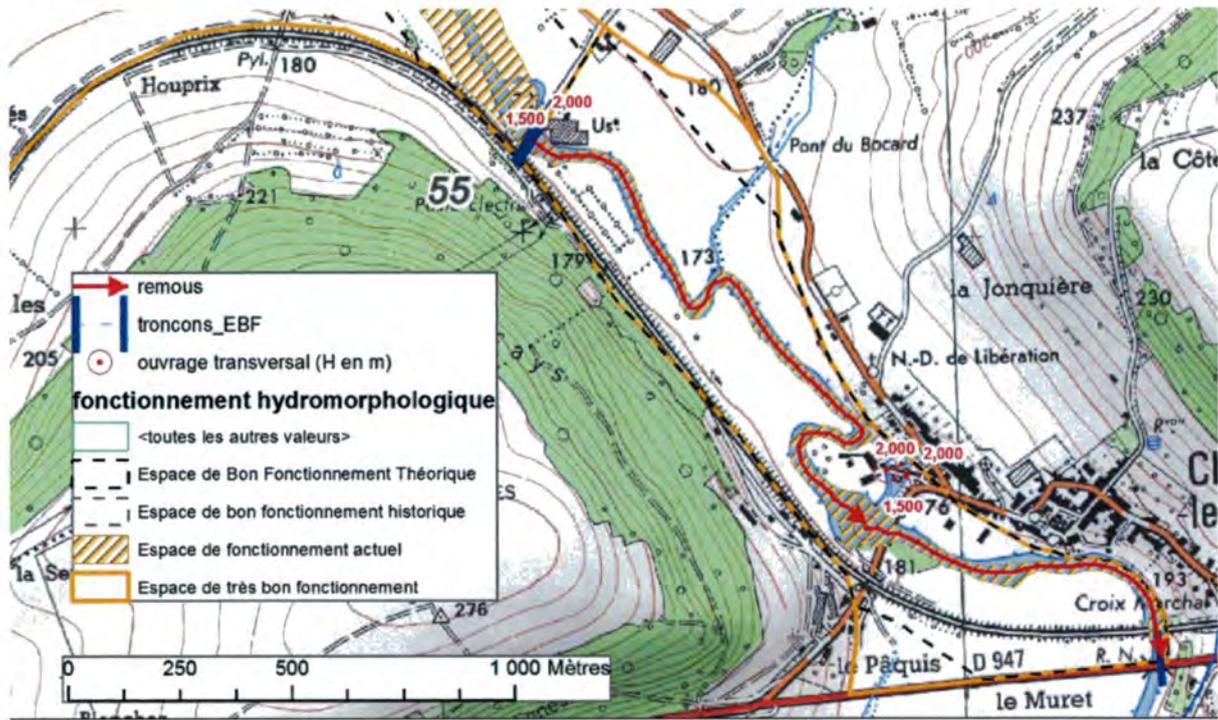


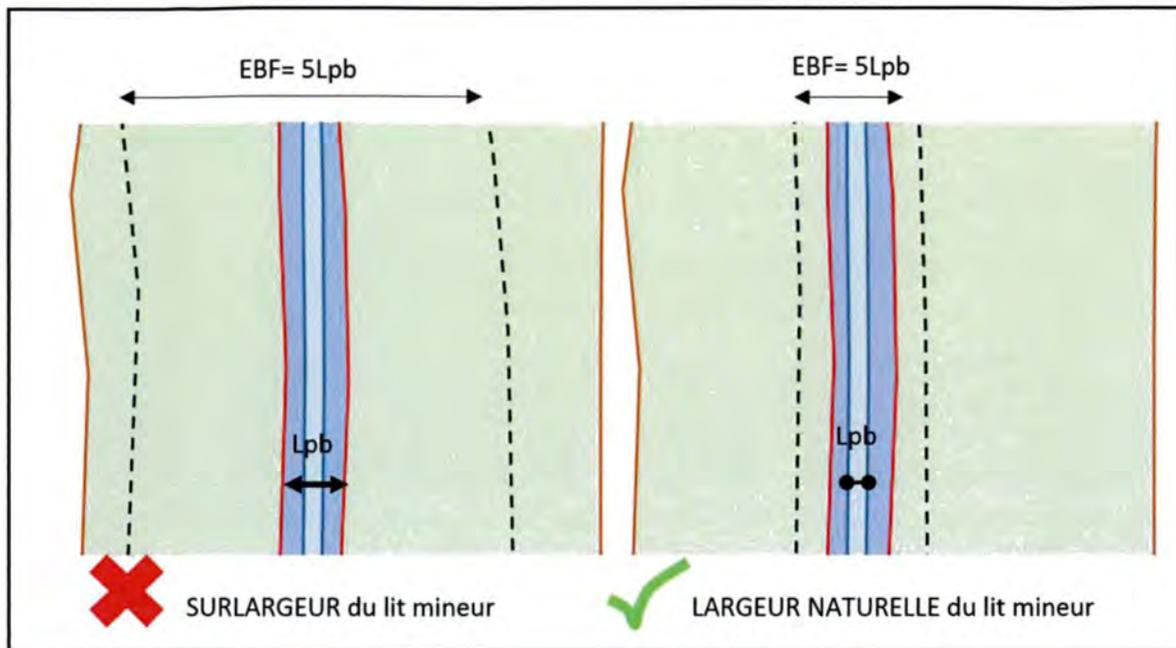
Figure 8 : exemple du rétrécissement de l'EFA par rapport à l'EBF du fait de la présence d'un remous hydraulique (la Chiers, 55)

**Etape 6 : examen de cas particuliers**

✓ *Cas éventuel des sur-largeurs*

Afin d'éviter une exagération de l'enveloppe de l'EBF par des sur-largeurs générées par des opérations de recalibrage, on retiendra la largeur théorique du lit mineur lorsqu'un recalibrage important aura été constaté.

Dans ce cas, l'enveloppe à retenir est celle d'un EBF tracé à partir de la largeur théorique du lit mineur ( $L_{pb} = 2,12Q_2^{0,5}$ ). Pour éviter le biais de la sur-largeur, on comparera par la suite l'espace de fonctionnement actuel hors lit mineur (actuel) avec l'EBF théorique hors lit mineur (théorique).



**Figure 9 : principe d'organisation de l'EBF et de l'EFA à prendre en compte dans le cas particulier d'un recalibrage du lit mineur qui exagère la largeur du cours d'eau.** A gauche on a pris la largeur actuelle du lit mineur (en rouge : surcalibré) mais qui ne reflète pas la dynamique naturelle du cours d'eau. A droite, on a considéré l'espace nécessaire au cours d'eau s'il n'était pas recalibré (largeur théorique). La zone recalibrée du lit actuel par rapport au lit naturel ne doit pas être prise en compte dans l'évaluation (elle n'est pas réellement disponible pour la dynamique latérale : pas de recharge sédimentaire, pas de ripisylve, etc.). Il convient donc de comparer l'EFA sans cette zone de surcalibrage (en bleu foncé ci-dessus) à l'EBF calculé sur la base du lit « naturel ». L'EBF doit être calculé à partir de la largeur naturelle (ou théorique) du lit. Souvent en cas de recalibrage, la puissance théorique est plus élevée que la puissance actuelle (sur-largeur réduisant la puissance du cours d'eau pour un débit donné). Après recalibrage, l'EBF actuel est donc alors différent de l'EBF théorique plus étroit (changement de type de mobilité). Dans ce cas, il faut comparer l'EFA (sans la zone recalibrée) à l'EBF théorique.

Ainsi, le cas des sur-largeurs peut-être détaillé comme suit :

- 1) calcul de l'EBF : lorsqu'un cours d'eau exprime une sur-largeur significative, on calculera l'EBF/EFA à partir de la largeur théorique (naturelle) et non pas de la largeur réelle. A titre indicatif, pour les cours d'eau de petit gabarit (<15m), un recalibrage pourra être tenu comme certain à partir d'un écart > 50% à la largeur théorique (largeur historique naturelle ou à défaut  $2.12Q_2^{0.5}$ ).
- 2) La surface de l'EFA comprise dans les limites du lit mineur actuel (en sur-largeur) ne peut pas être considérée comme disponible pour la dynamique de la rivière puisqu'en général cet espace est entretenu pour des raisons hydrauliques. Il conviendra donc de retirer de l'EFA la surface recalibrée du lit mineur actuel

✓ *Le cas des rivières dont le potentiel de mobilité actuel est différent du théorique*

Il peut arriver que le potentiel de mobilité actuel ait évolué de façon significative par rapport au potentiel de mobilité théorique (par exemple : suite à une rectification importante l'espace riverain est diminué, la pente est augmentée, etc.).

Ainsi, un cours d'eau à caractère mobile peut avoir été modifié de telle sorte qu'il ne soit plus que très peu mobile aujourd'hui. Dans ce cas, la logique commande d'estimer l'espace de mobilité actuel à partir d'une enveloppe estimée sur la base de cette nouvelle mobilité (comme décrit précédemment pour l'EBF théorique, cf. Tableau 1). L'EFA d'un cours d'eau naturellement mobile (bande de mobilité de 10 X la largeur à pleins bords) devenu cours d'eau peu mobile sera donc réduit de moitié (2,5 fois la largeur à pleins bords) avant même retranchement des espaces à enjeux.

Cette nouvelle enveloppe de base pour le calcul de l'espace effectif de fonctionnement actuel devra tenir compte de la transformation éventuelle des paramètres qui rentrent en compte dans l'estimation du potentiel de mobilité :

- modification de la cohésion des berges (protections de berges...);
- entretien de la végétation (réduction du rôle morphogénique de la ripisylve...);
- rôle du recalibrage du lit sur la puissance (changement de largeur à pleins bords);
- modification de la pente du cours d'eau;
- modification des crues significatives.

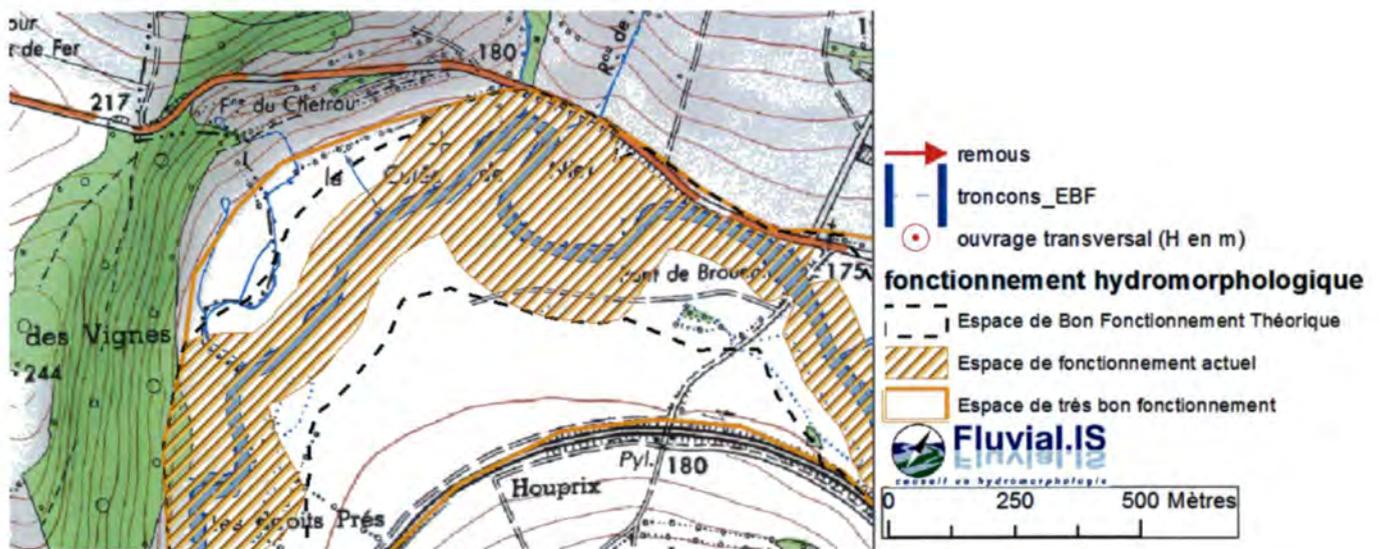


Figure 10 : le cas de la Chiers (55) : la rivière dont les berges peuvent avoir un caractère assez moyennement cohésif et de puissance fluviale modérée (environ 15 W/m<sup>2</sup>) est stabilisée du fait du sur-entretien de la ripisylve et de l'absence d'embâcle. Ainsi de rivière théoriquement mobile (largeur de l'EBF = 10 Lpb), elle est en réalité aujourd'hui une rivière peu mobile (largeur de l'EFA = 5Lpb).

✓ *Cas des lits historiques*

Dans le cas où des traces visibles d'anciens lits le permettent, il peut être intéressant à titre d'information de représenter l'EBF historique, de part et d'autre de l'axe de cet ancien lit.

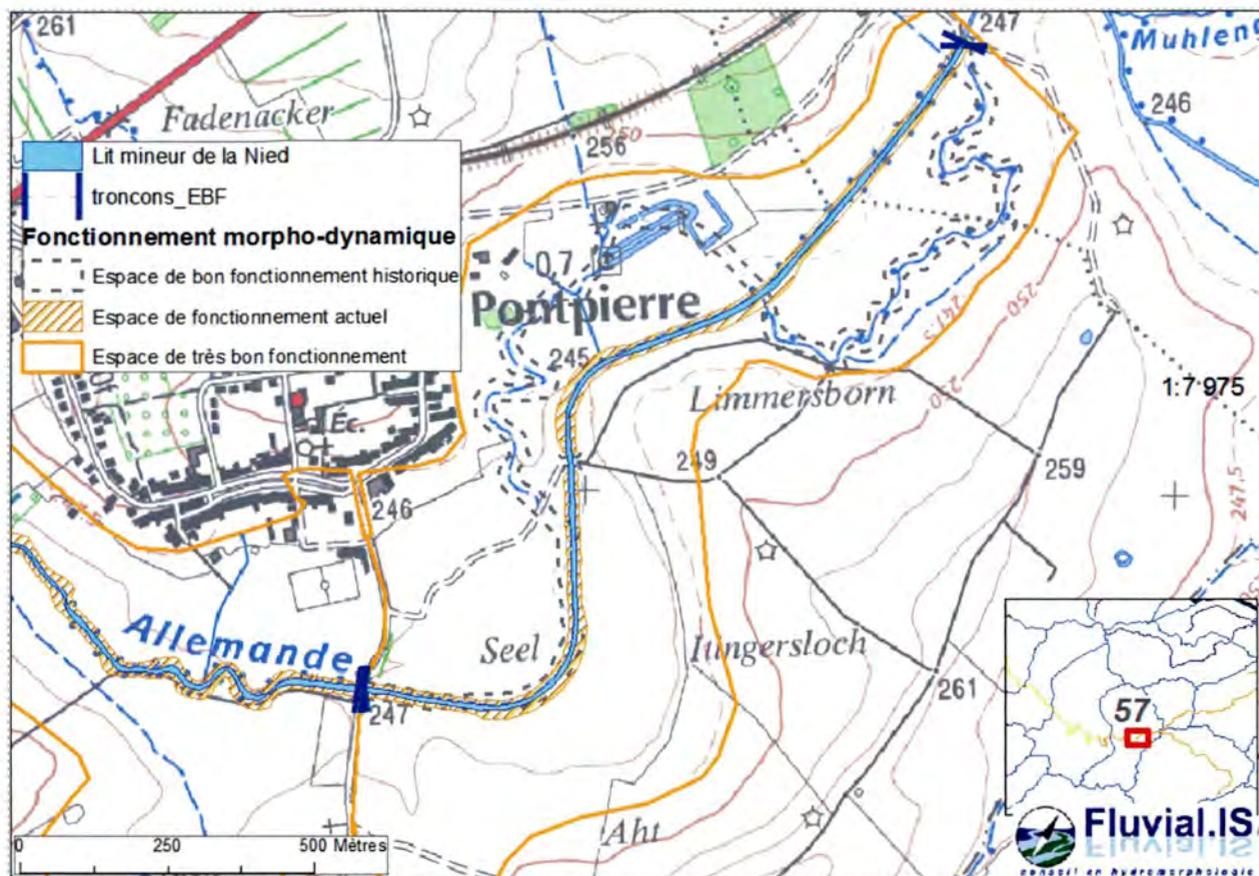


Figure 11 : espace de bon fonctionnement morpho-dynamique de la Nied Allemande à Pontpierre (57) : un EBF historique a pu être tracé sur le premier tronçon à l'Est afin de relativiser l'EBF théorique actuel autour du tracé rectifié au XIX<sup>ème</sup> siècle : la sinuosité théorique ne peut pas être localisée mais elle sert de base au calcul de la surface théorique de bon fonctionnement. L'EBF historique, connu sur ce 1<sup>er</sup> tronçon, est représenté pour information.

✓ *Cas des tronçons souterrains (busés, canalisés,...)*

On réservera le retrait de toute la surface du lit mineur de l'EFA au cas des passages du cours d'eau en souterrain (EFA = 0).

**Synthèse :****0 - Définition du type : alluvial / non alluvial – délimitation de l'ETBF****1 - Définition de l'EBF :**

- a- estimation de la mobilité potentielle théorique (pente théorique, végétation théorique, cohésion des berges théorique...)
- b- définition du type de mobilité du cours d'eau (TM, M, PM, TPM)
- c- calcul et représentation cartographique de l'espace de bon fonctionnement de part et d'autre du cours d'eau à partir de la largeur actuelle sauf si :
  - \* rectification (sinuosité <1,2 ou lit déplacé) : EBF théorique non représenté sur carte mais uniquement calculé (surface) ;
  - \* sur-largeur réelle (>50% largeur théorique) : EBF théorique estimé à partir de la largeur théorique et non pas de la largeur actuelle.

**2 – Délimitation de l'EFA (sur la base de l'EBF actuel) :**

- a- retrait des aménagements/infrastructures/enjeux bloquant la dynamique latérale : zones bâties, zones d'influence des remous d'ouvrages, réseaux connus, protections de berge, digues etc.
  - \* cas des sur-largeurs : retrait des surfaces de sur-largeur entre lit théorique et lit actuel dans l'EFA
  - \* cas du changement de type de mobilité théorique/actuelle : estimation d'une nouvelle enveloppe de référence pour l'EFA puis retrait des enjeux

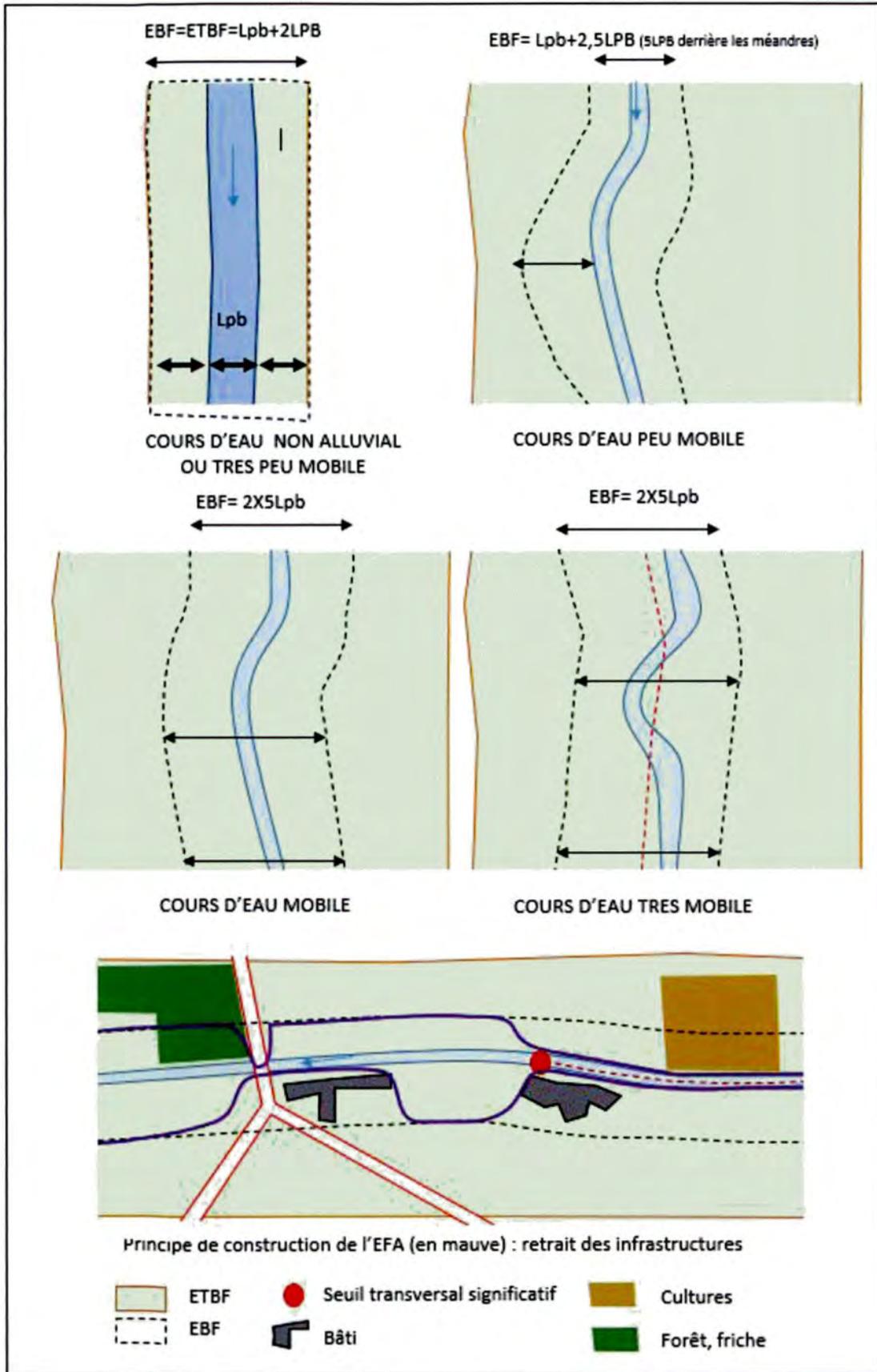


Figure 12 : schéma de conception des EBF et des EFA selon les types de cours d'eau (pour les cours d'eau alluviaux très peu mobiles : cas particulier : 2Lpb en arrière des méandres)

## 2.3. Le bon fonctionnement hydraulique

### 2.3.1. Définitions et fonctions

La méthode intègre la stratégie préconisée par la Directive Inondation (2007/60/CE) en faveur de « l'amélioration de la rétention de l'eau et l'inondation contrôlée ». Cette conception rejoint d'ailleurs le principe du « ralentissement dynamique » des inondations. Celui-ci privilégie la sélection de zone à enjeux faibles comme zone d'expansion privilégiée des crues à l'endiguement du lit sans coordination amont-aval (figure ci-dessous).

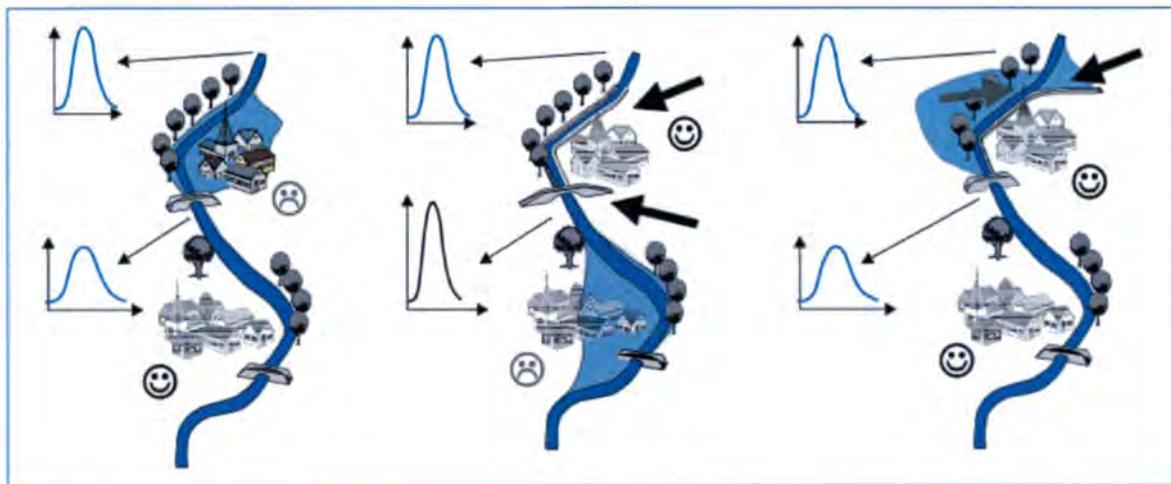


Figure 13 : les principes du ralentissement dynamique et ses effets sur l'écrêtement de crue de l'amont vers l'aval (in Poulard *et al.*, 2008)

C'est ce principe qui a notamment été repris avec le concept de ZRDC (Zone de Ralentissement Dynamique en Crue, cf. CEMAGREF, 2004 et EPAMA, 2006).

A noter que cette fonction hydraulique, de par les phénomènes d'expansion des crues et d'alimentation de la puissance du cours d'eau (on parle de crues morphogènes, de débit capable,...), soutient fortement d'autres fonctions écosystémiques :

- morphodynamique : lutte contre l'incision des lits, équilibre morfo-sédimentaire ;
- hydrogéologie : alimentation de la nappe, soutien de la nappe ;
- écologie : diversité des habitats, zones humides, zones de fraie, etc. ;
- biogéochimie : filtre des nutriments.

### 2.3.2. Délimitation de l'EBF hydraulique

#### Etape 1 : définition de l'espace nécessaire à la rétention de crue

- En présence de données hydrauliques/cartographiques précises

Le principe retenu est que l'espace de bon fonctionnement hydraulique correspond à la zone inondée par une crue centennale connue (ou crue de référence locale connue), ou à la zone inondable par la crue centennale (ou cinquantennale) modélisée.

A défaut de données connues d'inondabilité, l'EBF hydraulique devra être estimé sur la base d'une surface théorique représentant une part de l'ETBF.

- En l'absence de données hydrauliques/cartographiques précises

En l'absence de données d'inondabilité suffisamment précises, l'EBF hydraulique devra donc être estimé.

**Pour les cours d'eau alluviaux**, on considérera que la valeur de référence étant le « bon fonctionnement », celui-ci représente un « compromis » par rapport à l'espace de très bon fonctionnement (la surface couverte par les alluvions modernes, sans les terrasses).

En fonction de la pente de la vallée, le bon fonctionnement est reconnu comme atteint lorsque les critères suivant sont atteints :

Pente de la vallée	% de l'ETBF (ou du fond de vallée inondable)
>10 ‰	40 %
7-10 ‰	50 %
3 – 7 ‰	60 %
<3 ‰	80 -90 %

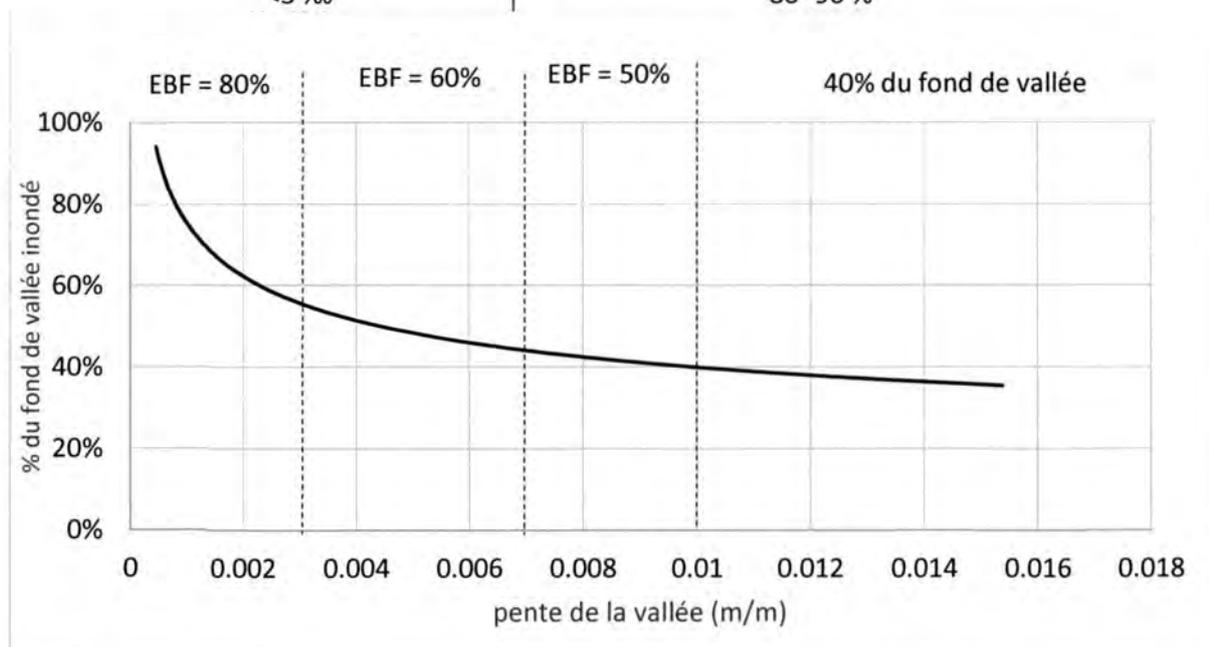


Figure 14 : Evolution du fond alluvial inondé en fonction de la pente (estimation de l'EBF Hydraulique en l'absence de données d'inondabilité ou d'inondation précises)



Lorsqu'aucune donnée concernant la crue centennale (modélisée ou historique) n'est disponible, **l'EBF hydraulique ne doit pas être représenté** sur la cartographie (seule sa surface est estimée afin de pouvoir être utilisée comme référence pour l'évaluation du fonctionnement actuel hydraulique et servir de référence à d'autres volets).

**Pour les cours d'eau non alluviaux**, sauf données plus précises, on considérera que l'EBF hydraulique correspond à l'ETBF hydraulique (soit 3 largeurs à pleins bords dans l'axe de la vallée).

### **Etape 2 : la zone de grand écoulement ZGE (cours d'eau alluviaux)**

Cette zone correspond à la zone la plus basse du lit majeur, en eaux lors des crues quinquennales à décennales, en général à proximité du lit mineur et dans les annexes hydrauliques (anciens bras, dérivations, noues, etc.).

La représentation des zones de grand écoulement (vitesses fortes, niveaux d'inondations de 0 – 1 m environ) peut être une information intéressante sur le degré de modification des conditions hydrauliques<sup>4</sup>.

Lorsqu'une topographie et ou une modélisation de la crue quinquennale/décennale suffisamment précises permettent de la représenter, elle sera jointe à la cartographie. Cette donnée n'entre toutefois pas directement dans l'évaluation proposée pour la fonction hydraulique, l'enveloppe de l'EBF restant la référence de l'évaluation.

Lorsque ces données font défaut, nous proposons de délimiter une « zone de grand écoulement théorique » (ZGE<sub>t</sub>). Le postulat retenu est que « *la zone la plus proche et la plus soumise à l'hydrodynamisme de la rivière est également celle qui serait potentiellement la plus mobile en l'absence d'interventions et d'entretiens anthropiques* » (Fluvial.IS 2010 et 2011 pour la DDT57). Elle est donc construite sur le même principe que celui des fuseaux de mobilité.

Cette ZGE<sub>t</sub> est alors bien une enveloppe théorique indicative qui, par souci de simplification, ne tient pas compte des transformations anthropiques (cela permet de souligner son caractère théorique). Par contre, si l'on dispose d'une Zone de Grand Ecoulement historique ou modélisée (Q<sub>5</sub> à Q<sub>10</sub>), elle sera représentée sur la cartographie en tenant compte de la situation réelle.

Ce concept rejoint l'approche de la zone de bon écoulement (« Espace hydraulique nécessaire », cf. Raccasi *et al.*, 2016). Elle est alors déterminée par une bande de 10 largeurs à pleins bords dans l'axe du cours d'eau (ou de la bande de tressage pour les cours d'eau très mobiles). Cette enveloppe ne peut aller au-delà de celle de l'ETBF pour les cours d'eau encaissés.

<sup>4</sup> La zone de grand écoulement est reprise pour l'évaluation du Bon Fonctionnement hydrobiologique : elle est alors assimilée à la zone la plus fréquemment inondée (intérêt pour les rivières cyprinicoles).

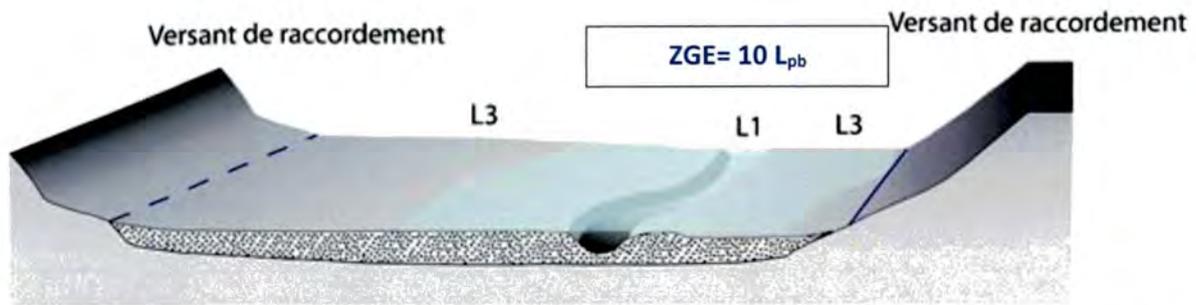


Figure 15 : principe de la ZGE (Zone de Grand Ecoulement) : on estime, en absence de lit moyen ou de données sur les zones inondées pour  $Q_{10}/Q_5$ , que la zone située à moins de 5 fois la largeur à pleins bords de part et d'autre de la rivière est également la zone qui présente le plus fort risque d'être inondée tous les 5-10 ans.

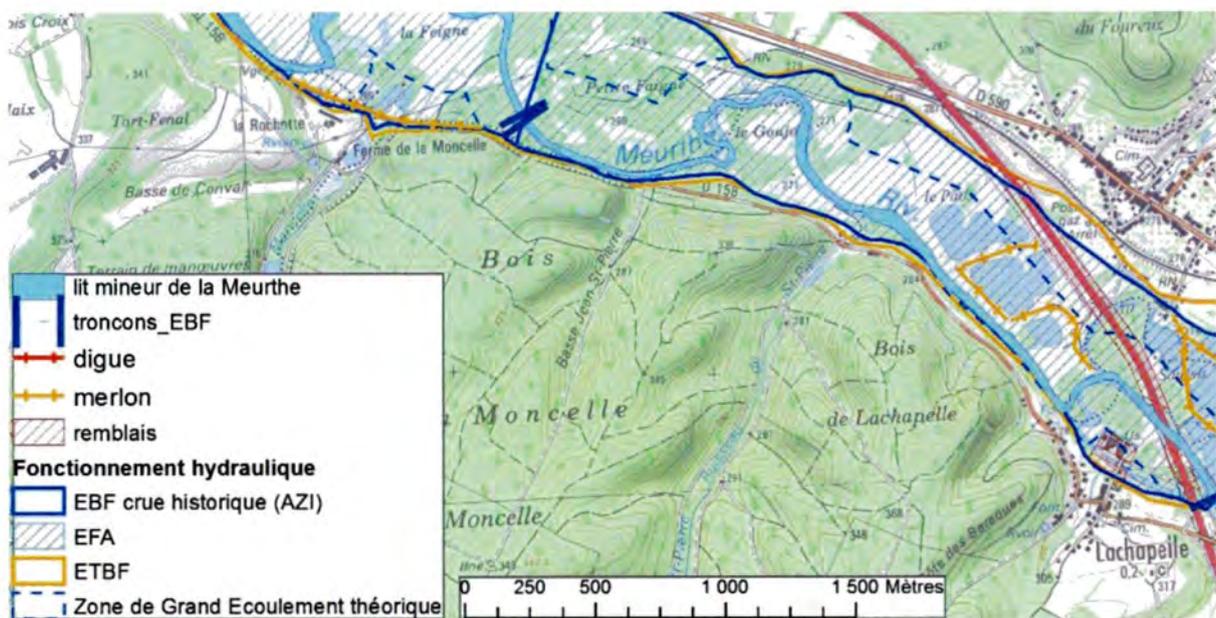


Figure 16 : l'espace de bon fonctionnement hydraulique (EBF hydraulique) ainsi que la zone de grand écoulement théorique (estimée à 10 Lpb et représentée ici pour l'illustration) entre Raon-l'Etape et Baccarat

### 2.3.3. Délimitation de l'EFA hydraulique (Etape 3)

Deux cas de figure sont à considérer :

- 1) en cas de cartographie d'une crue de référence ou d'une crue modélisée : l'EFA consiste à retrancher de l'EBF sur cartographique les zones bâties, les surfaces sur remblais, les surfaces à l'abri des remblais et digues ;
- 2) en cas d'absence de cartographie d'une crue de référence ou d'une crue modélisée : l'EFA consiste à retrancher de l'ETBF sur cartographie les zones bâties, les surfaces sur remblais, les surfaces à l'abri des remblais et digues. Dans ce cas, l'EFA peut donc atteindre des surfaces supérieures à celle de l'EBF théorique (celui-ci ne représente qu'une part de l'ETBF).

Toutes les sources de données disponibles à l'échelle d'étude doivent être utilisées (PPRi, Atlas de zones inondables, études de modélisation, études de danger sur les digues,...). Une enquête auprès

des gestionnaires ainsi que des observations de terrain pourront être menées en complément afin de préciser/critiquer les données recueillies. L'état des digues et des protections rapprochés, ainsi que leur niveau de protection, est éventuellement à indiquer.

31



On veillera à représenter sur la carte les digues, merlons, remblais, etc. ainsi qu'à faire mention des opérations de rectification ou de recalibrage lorsqu'elles sont connues, évidentes ou supposées et d'en tenir compte dans l'analyse. Ces aspects peuvent être décisifs notamment pour les fonctions écologiques (comme par exemple en contexte cyprinicole).

### Synthèse :

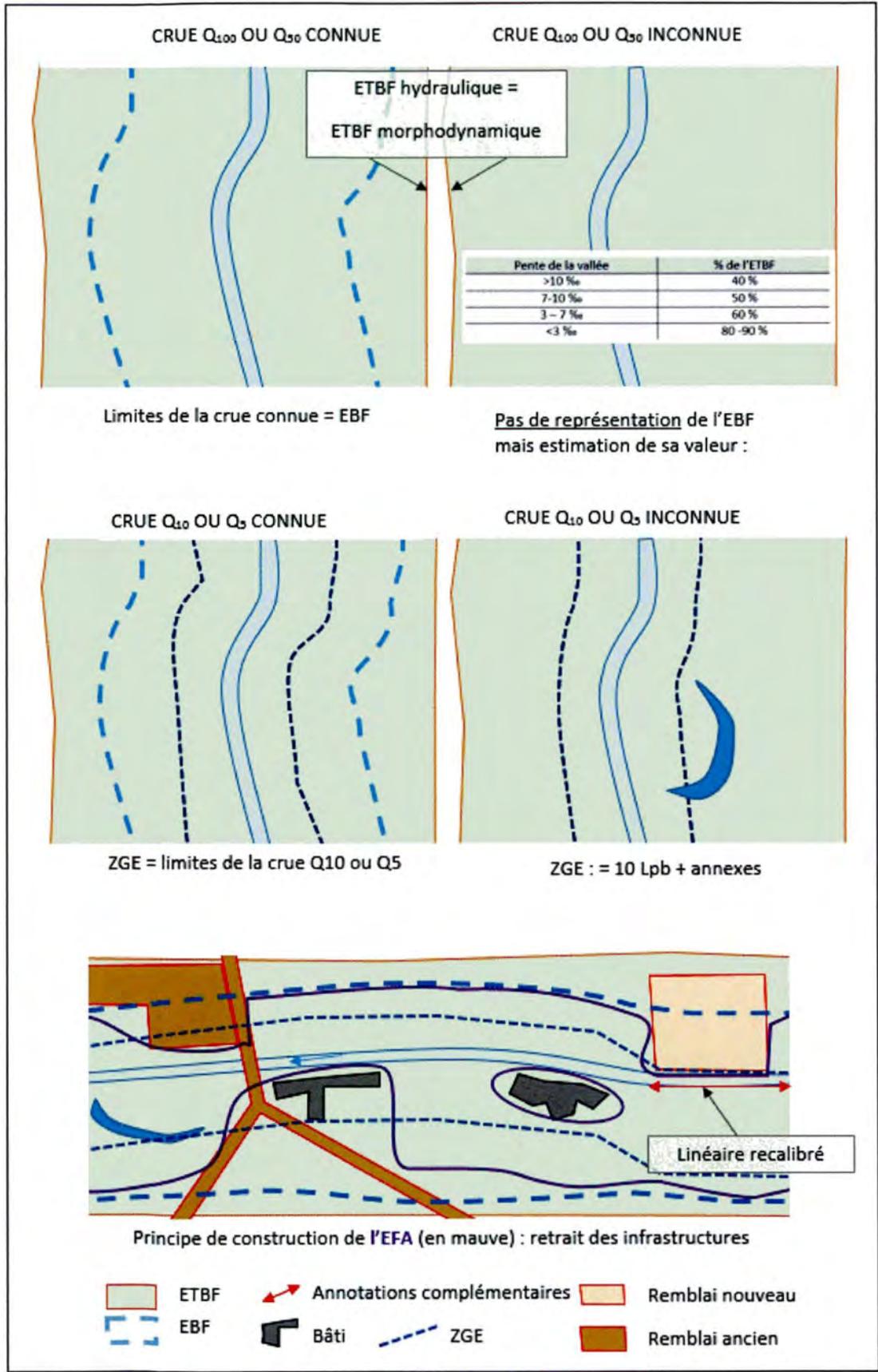
#### 0 – Reprise des limites du fond alluvial : ETBF (= ETBF morpho-dynamique)

##### 1 - Définition de l'EBF hydraulique:

- a- report des limites de la crue centennale ou quinquennale (à défaut : estimation d'une proportion du fond alluvial selon la pente : pas de représentation cartographique)
- b- Délimitation et représentation de la zone de grand écoulement (crue quinquennale ou décennale) (à défaut : 10 fois la largeur à pleins bords à partir du lit mineur + annexes hydrauliques et zones d'écoulements préférentiels)

##### 2 – Délimitation de l'EFA (sur la base de l'EBF actuel) :

- c- retrait des aménagements/infrastructures/enjeux bloquant l'expansion des crues : zones bâties, remblais, zones à l'abri des digues, des merlons, etc.
- d- cas des recalibrages : le mentionner sur les cartes



## 2.4. Le bon fonctionnement hydrogéologique

### 2.4.1. Définition et fonctions

La **recharge de la nappe** est une des fonctions les plus fréquemment évoquées pour justifier de la préservation des surfaces des lits majeurs et plus globalement du bassin versant de l'artificialisation (réf. : SDAGE Rhin-Meuse, SDAGE Seine-Normandie, SDAGE Rhône-Méditerranée...).

Le SDAGE Rhin-Meuse ne cible pas uniquement cette fonction. Ainsi, la disposition T6 – O1.1 – D1 cite plusieurs objectifs directement en lien avec la préservation de la fonction hydrogéologique :

*Pour la durée de ce SDAGE les actions à la source prioritaires pour la reconquête du bon état des eaux et pour la prévention des inondations seront :*

- *Le maintien ou la restauration des fonctionnalités des milieux naturels et zones humides, voire lorsque cela est pertinent ou possible, de leur naturalité ;*
- *La limitation à la source des polluants émergents et en particulier des substances prioritaires et dangereuses prioritaires définies par la DCE ;*
- *L'évolution des pratiques agricoles pour qu'elles limitent pollutions et coulées d'eau boueuses notamment en préservant les prairies existantes et les infrastructures agro écologiques ;*
- *Encourager les économies d'eau ;*
- *Protéger les aires d'alimentation de captage ;*
- *Promouvoir une urbanisation intégrant mieux la gestion de l'eau et la prévention des inondations ;*
- *Limiter l'imperméabilisation des sols ;*

Souvent, autour de la notion d'Espaces de Liberté et de Bon Fonctionnement, est évoquée l'**importance des échanges nappes/rivière** (SDAGE RMC). Dans le SDAGE Rhin-Meuse 2016-2021 (disposition T3 – O1.2 – D1) rappelle que les fonctionnalités principales des écosystèmes aquatiques qui doivent être préservées sont :

- L'auto-épuration, la filtration et le rôle de tampon lors des pollutions ;
- L'alimentation des formations aquifères souterraines notamment lors des crues ;
- La rétention temporaire des excès d'eau et l'écrêtement des crues ;
- La régulation des étiages et des faibles débits ;

Par ailleurs, l'**alimentation des zones humides**, la **protection de la ressource en eau** en lien avec la préservation des zones d'expansion des crues, l'optimisation de l'auto-épuration sont également des thématiques à considérer pour ce volet.

La préservation des eaux souterraines environnantes, alluviales ou non mais en lien avec le cours d'eau d'un bassin hydrogéologique (nappes phréatiques libres ou captives), dans des conditions de couverture des sols naturelle et en l'absence de captages ou d'exploitation minière pourrait représenter un état de **Très Bon Fonctionnement**. Néanmoins, dans un souci de simplification de la méthode, les limites de l'ETBF seront celles de la nappe alluviale (cf. partie 2.1.4).

Par ailleurs, la nature de l'encaissant, sa perméabilité et les connexions possibles entre la nappe phréatique des versants et la nappe alluviale proprement dite peuvent influencer le degré d'impact des infrastructures ou des modifications anthropiques. Un forage dans une nappe alluviale n'aura pas le même impact dans un contexte alluvial sans échanges avec un environnement peu perméable que si cette nappe alluviale est alimentée également par la nappe environnante d'un milieu aquifère.

C'est pourquoi, au-delà de l'évaluation (notation) et des enveloppes à définir pour cette fonction hydrogéologique, des annotations sur les cartes et une mise en perspective dans l'interprétation des résultats doivent compléter l'analyse.

## 2.4.2. Délimitation de l'EBF hydrogéologique

Le bon fonctionnement hydrogéologique du cours d'eau est lié directement à la présence ou non d'une nappe alluviale en connexion avec la rivière. Les torrents de montagne et les cours d'eau de tête de bassin peuvent ne pas être concernés, au moins une partie de l'année.

### *Etape 1 : identification de la présence d'une nappe alluviale*

Si à l'état naturel aucune nappe alluviale significative n'existe (cours d'eau torrentiel par exemple), la délimitation d'un EBF ou même d'un ETBF est sans objet.

Si à l'état naturel une nappe alluviale est présente, l'espace de bon fonctionnement correspondra à l'espace de bon fonctionnement hydraulique, considéré comme l'espace qui permet la recharge optimale de la nappe lorsqu'elle existe<sup>5</sup>.

### *Etape 2 : caractérisation de la connexion de la nappe alluviale avec son environnement hydrogéologique*

Comme pour les autres compartiments, les études locales et les expériences déjà rassemblées sur le secteur d'étude seront prioritaires pour délimiter le contexte hydrogéologique.

Deux paramètres peuvent être considérés à cette échelle d'étude :

- 1) la nature des matériaux constitutifs de la couverture alluviale : plus ou moins poreux, plus ou moins réactifs en fonctions de leurs propriétés (nappe moins réactive dans les argiles que dans les graviers par exemple) ;
- 2) la perméabilité du sous-sol environnant sur les versants et au-delà : les apports depuis les sous-sols encaissants peuvent influencer grandement le fonctionnement de la nappe alluviale et donc potentiellement modérer les perturbations locales de la nappe en lien avec le cours d'eau.

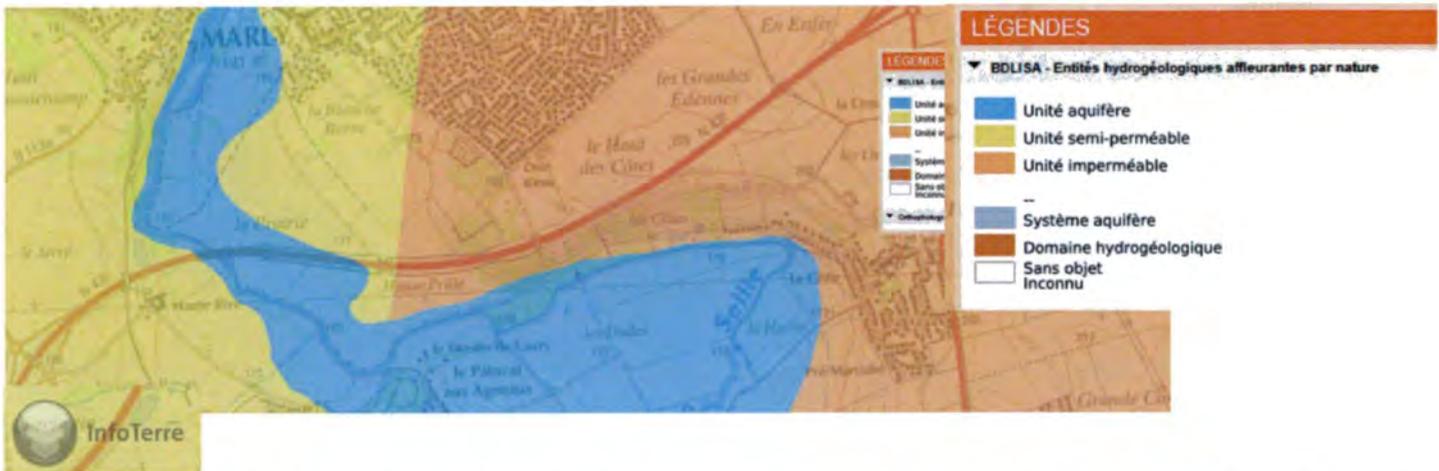
A défaut d'une étude hydrogéologique précise, l'utilisation de la BD Lisa (site Infoterre <http://infoterre.brgm.fr/>) permettra de préciser pour les entités hydrogéologiques :

- 1) la nature : aquifère, semi-perméable, imperméable ;
- 2) l'état : nappe captive, libre, semi-captive ;
- 3) le milieu : porosité matricielle, fissurée, karstique ;
- 4) la nature des alluvions : informations issus des « points d'eau » (forages, puits, etc.) : données Infoterre, BSS-Eau, Ades.

<sup>5</sup> si l'EBF hydraulique n'est pas issu d'une cartographie précise de la crue de référence, l'EBF hydrogéologique ne doit donc pas être représenté. La base de travail sera la couche des alluvions (ETBF).

La nature des berges observée sur le terrain pourra être un élément d'interprétation intéressant quant à la réactivité de la nappe alluviale (p. 18, Figure 6).

En l'absence de données hydrogéologiques plus précises, on se référera à la BD Lisa (fig. ci-dessous) pour **caractériser la perméabilité** du sous-sol. Celle-ci peut par ailleurs aider précieusement à la définition de la couverture alluviale (échelle plus précise que la carte géologique).



### 2.4.3. Délimitation de l'EFA hydrogéologique

Afin de définir l'espace de fonctionnement actuel, il s'agit d'évaluer dans quelle mesure les activités humaines ont pu et peuvent encore modifier l'hydrogéologie en lien avec le cours d'eau.

Ces modifications seront plus ou moins significatives selon que l'hydrogéologie de l'encaissant est susceptible ou non d'influencer la nappe alluviale. Il s'agit en l'occurrence davantage d'un fonctionnement diffus.

L'évaluation du fonctionnement actuel par rapport au bon fonctionnement hydrogéologique se fera en 3 étapes supplémentaires (après la définition de l'ETBF et de l'EBF):

**Etape 3 : évaluation de la surface modifiée**

Seules les activités qui concernent la nappe alluviale sont considérées :

Activités/équipements	Impact potentiel
Captage, prélèvement dans les alluvions	Abaissement localisé de la nappe
Captage, pompage proche des alluvions	
Enfoncement du lit mineur	
Exploitation minière	
Ouvrage transversal	Exhaussement du niveau de la nappe
Réduction de l'inondabilité	Diminution du potentiel de recharge de la nappe
Imperméabilisation des berges sur un long linéaire	
Colmatage des fonds du lit et des berges	
Plans d'eau	Nappe à ciel ouvert

Les modifications des niveaux d'eau moyens dans le lit mineur impactent durablement le comportement de la nappe. Ces modifications seront reportées perpendiculairement à l'axe d'écoulement de la nappe, le plus souvent dans l'axe de la vallée (fig. ci-dessous)

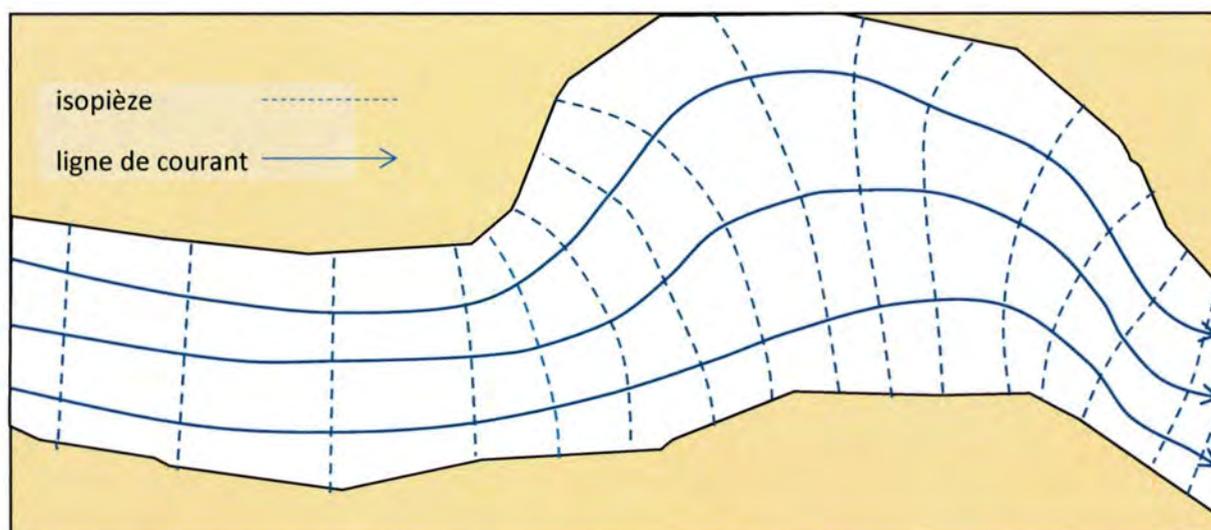
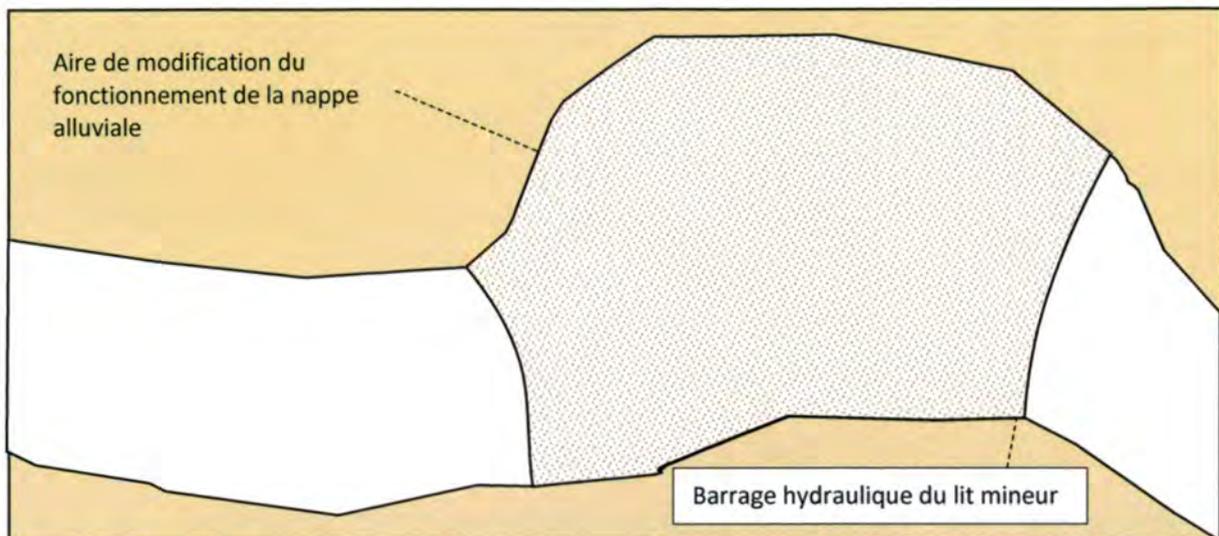


Figure 18 : allure de la surface piézométrique dans une vallée alluviale et lignes de courant (d'après Gilli et al., 2004)



**Figure 19 : principe de délimitation de l'espace hydrogéologique modifié dans le cas d'une élévation du niveau de l'eau dans le lit mineur sur un fond de vallée alluviale (en rouge : extension du remous hydraulique à l'amont de l'ouvrage en eaux moyennes)**

Les zones bâties et/ou imperméabilisées, provoquant notamment la limitation de l'aire d'expansion des crues, est également cartographiée comme une modification de l'espace de fonctionnement hydrogéologique.

Les talus de berges imperméabilisées (béton, murs maçonnés, palplanches, etc.) impactent également l'EBF hydrogéologique par limitation des échanges nappe/rivière. Cette perturbation est plus légère pour les enrochements non liaisonnés et les protections en techniques végétales, qui ne seront pas considérés.

Les plans d'eau creusés dans les alluvions (gravières,...) constituent également une modification du contexte hydrogéologique. Seule la surface de l'étang est ici considérée.

Les modifications du sous-sol (exploitation minière par exemple) sont prises en compte, notamment à la suite de l'arrêt des pompages des eaux d'exhaure, dans la limite des données disponibles (phénomènes de pertes, puis de remontées de nappe). La délimitation en surface se fera en fonction de l'état des connaissances et des études menées par ailleurs sur ces phénomènes.

En l'absence d'autres informations, les captages d'eau potable seront renseignés à partir de la BD Lisa, BSS ou Adès. Lorsque les périmètres de protection rapprochés sont connus (données ARS), ils serviront de base à la délimitation d'un espace modifié. A défaut, une aire circulaire de 300 m de diamètre sera dessinée autour du point de captage. Pour les cours d'eau de forte pente (> 3%), l'aire prendra une forme oblongue en fonction de l'axe des écoulements souterrains supposé.

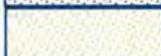
Par contre, les phénomènes de colmatage du lit mineur ne sont pas considérés comme modifiant significativement le fonctionnement hydrogéologique, sauf informations particulières ou importance exceptionnelle.

**Etape 4 : pondération des surfaces à l'hydrogéologie modifiée en fonction de l'environnement**



D'un point de vue cartographique, chacune des surfaces à l'hydrogéologie modifiée sera retirée de l'EBF stricto sensu. L'espace résiduel (sans modification) sera considéré comme représentant l'EFA (non modifié).

Pour la représentation cartographique de l'EFA, on pourra représenter les différentes classes de zones à l'hydrogéologie modifiée selon un gradient en fonction de la nature de l'encaissant :

Nature hydrogéologique de l'encaissant	
	Imperméable sur les versants
	Semi perméable sur un versant, imperméable sur l'autre
	Semi- perméable sur les deux versants (ou aquifère et perméable)
	Aquifère sur un versant, semi- perméable sur l'autre
	Aquifère sur les deux rives ou absence de modification de la nappe

Afin de replacer les informations cartographiques dans leur contexte, les cartes seront complétées d'annotations précisant au minimum la nature (perméabilité), le milieu (type de porosité) et l'état (liberté ou captivité de la nappe) de l'hydrogéologie.

**Etape 5 : estimation de la valeur totale de l'EFA**

Pour estimer la valeur de l'EFA sur le tronçon considéré, par souci de simplification on pondérera la valeur de l'EFA/EBF en fonction de la perméabilité de l'encaissant

- milieux imperméables sur les deux rives : le rapport EFA/EBF = note finale ;
- milieux aquifères sur les deux rives : le rapport EFA/EBF évolue entre 50 et 100
- milieux semi-perméables sur les deux rives : le rapport EFA/EBF évolue entre 35 et 100

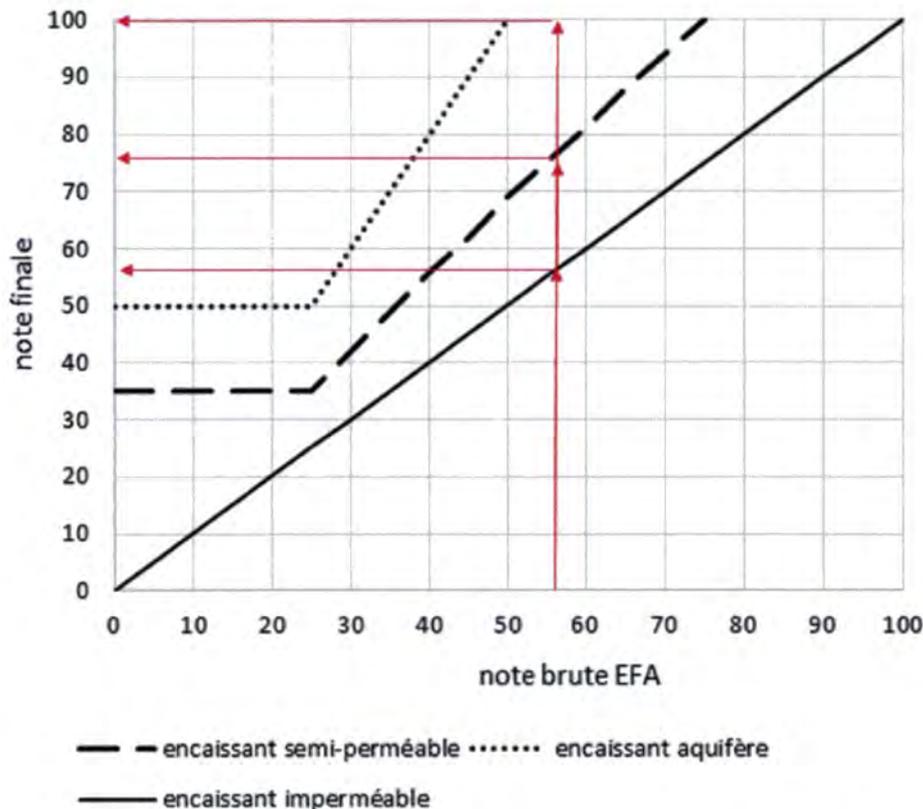


Figure 20 : pondération de la modification de l'espace de fonctionnement hydrogéologique en fonction de la perméabilité du milieu hydrogéologique : par exemple, pour un rapport EFA/EBF de 56% on obtiendra une note de 56, 76 ou 100 respectivement pour un milieu imperméable, semi-perméable ou aquifère. Pour ces deux derniers types de configuration, la note ne pourra pas descendre en-deçà de 35 et 50 quelles que soit les modifications en lit majeur.

Pour des milieux différents entre les deux rives on attribuera une note obtenue moyenne entre les deux lignes concernées de l'abaque.

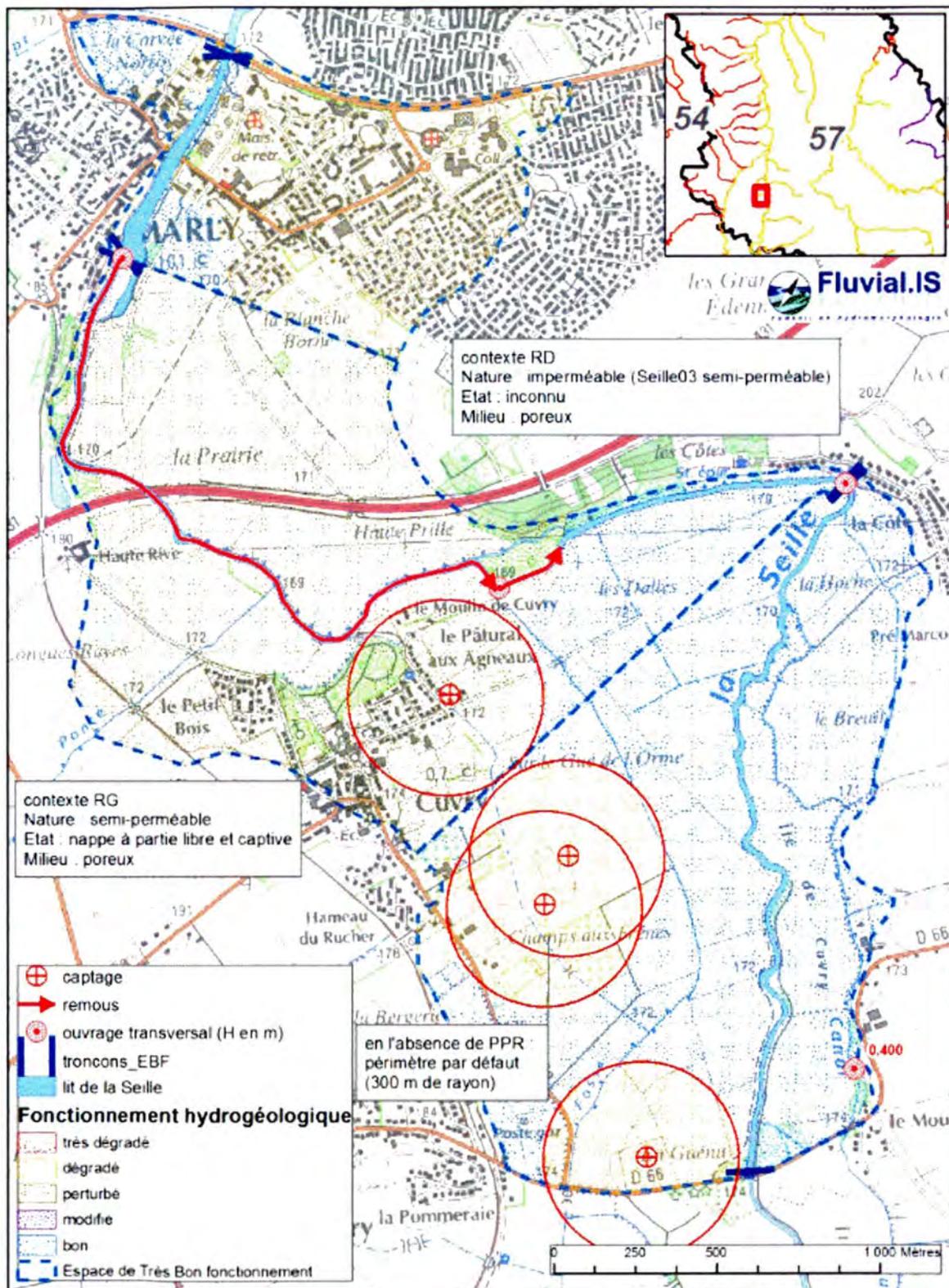


Figure 21 : exemple de cartographie de l'EFA hydrogéologique de la Seille entre Cuvry et Marly (57)

**Synthèse :**

**0 – Vérification de la présence d'une nappe alluviale (si cours d'eau non alluvial = pas de fonction hydrogéologique au cours d'eau)**

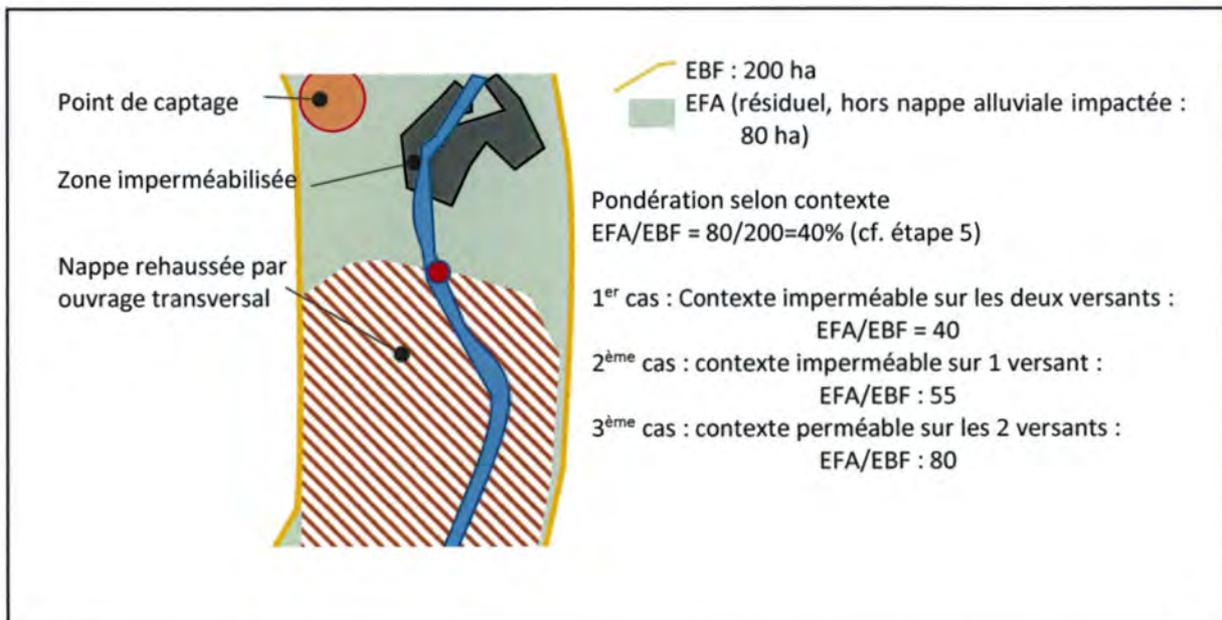
**1 - Définition de l'ETBF et de l'EBF (cours d'eau alluviaux):**

- a- report des limites de l'ETBF = ETBF morpho-dynamique
- b- report des limites de l'EBF hydraulique = EBF hydrogéologique

**2 – Délimitation de l'EFA (sur la base de l'EFA hydraulique) :**

- c- prise en compte des aménagements qui modifient l'alimentation de la nappe : retrait des aménagements/infrastructures/enjeux bloquant l'expansion des crues : zones imperméabilisées, remblais, zones à l'abri des digues, des merlons, recalibrages, etc.
- d- prise en compte des aménagements qui modifient le niveau moyen des eaux dans le lit mineur (ouvrages transversaux, incision du lit, recalibrage, etc.
- e- prise en compte des aménagements qui modifient la perméabilité des berges : palplanches, murs maçonnés, passages bétonnés, etc.
- f- prise en compte des captages susceptibles d'impacter la nappe alluviale (captages dans la nappe ou à proximité)

**3 - pondération de l'importance des impacts en fonction de la nature hydrogéologique des versants et de l'encaissant**



## 2.5. Le bon fonctionnement biogéochimique

### 2.5.1. Définition et fonctions

Dans le cadre de cette méthode deux fonctions biogéochimiques en lien avec le cours d'eau ont été retenues :

- 1) la limitation des transferts vers le cours d'eau au travers de la zone rivulaire ;
- 2) l'auto-épuration dans le lit mineur et ses marges.

Ces deux fonctions donnent lieu à deux « sous-espaces » distincts au sein de l'espace biogéochimique : la zone rivulaire d'une part, le lit mineur et ses marges d'autre part.

#### *La fonction de limitation des transferts*

Les polluants visés par une bande végétalisée plus ou moins naturelle (forêt alluviale, friche, bande enherbée, chemin enherbé, prairie permanente, roselière, etc.) sont principalement, à l'origine, les pesticides et les nutriments, mais également les sédiments fins (vases, limons, ...) susceptibles d'être transportés vers le cours d'eau.

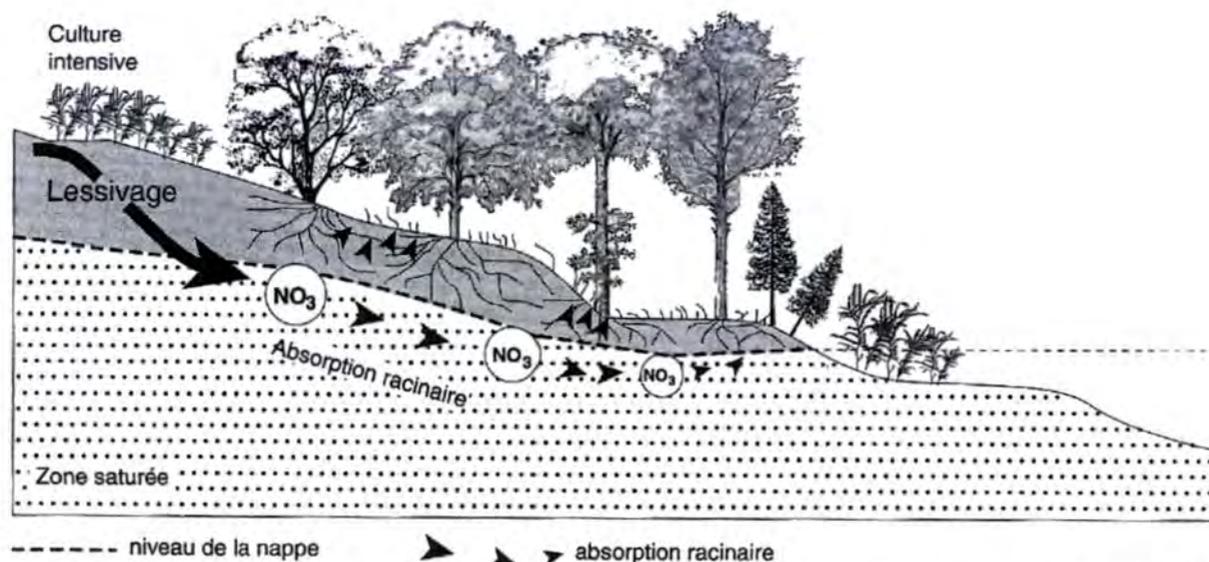


Figure 22 : circulation de nutriments dans les eaux de sous-écoulement et le prélèvement racinaire (Ruffinoni et al, 2003)

L'efficacité de cette zone tampon dépend bien entendu de sa largeur et aux caractéristiques des végétaux en place (essences, densité,...), mais en réalité également des propriétés d'infiltration propres des sols concernés liées notamment à la pente, aux caractéristiques hydrogéologiques locales et à l'équipement des parcelles (drains, fossés, etc.).

En l'absence de facteurs limitants, les boisements rivulaires peuvent permettre d'abattre jusqu'à 80% de l'azote à partir d'une largeur de 5 m (Maridet 1995, in Catalogne *et al.*, 2016). Ces aspects sont donc à considérer localement à l'échelle du tronçon pour estimer la largeur nécessaire au bon fonctionnement de cette zone tampon.

La nature des matériaux constitutifs des rives joue également un rôle important. Plus les sols seront poreux et perméables, moins la bande rivulaire sera susceptible de jouer un rôle filtrant pour les azotes.

Au contraire de l'azote, les pesticides transportés par des ruissellements diffus peuvent être d'autant mieux retenus ou dégradés que les capacités d'infiltration dans le sol sont bonnes (Maridet 1995, in Catalogne *et al.*, 2016). Ainsi la proximité de la nappe dans le sous-sol peut favoriser le transfert des pesticides au cours d'eau. Néanmoins, la question du stockage de ces pesticides dans le sous-sol et de leur éventuel relargage ultérieur n'est pas suffisamment connue et la diversité des molécules concernées (métabolites) rend d'autant plus complexe cette analyse.

**La fonction d'autoépuration**

L'autoépuration, au sein du lit mineur et sur ses marges, dépendra de plusieurs éléments qui seront variablement représentés en fonction du type de cours d'eau :

- la zone hyporéïque, qui constitue l'interface entre les eaux superficielles et souterraines dans le lit mineur des cours d'eau et se trouve ainsi dépendante de la granulométrie en place et de l'épaisseur du matelas alluvial ;
- le colmatage des fonds ;
- la porosité des berges et la présence ou non d'une nappe alluviale ;
- la présence ou non de bancs alluviaux ;
- la qualité de la connexion de la ripisylve.

Les cours d'eau, selon leur capacité naturelle à réunir ou non ces éléments, présenteront des potentiels auto-épuratoires variables :

	Transport solide	Porosité des berges
Fort potentiel auto-épuratoire	Fort à très fort Fort à très fort	Forte Moyenne
Potentiel auto-épuratoire moyen	Modéré Fort à très fort	Forte Faible
Potentiel auto-épuratoire faible	Faible Moyen Faible	Faible Faible Moyenne

D'autres facteurs peuvent confirmer ou infirmer le potentiel auto-épuratoire en fonction de leur densité ou de leur extension :

- la présence d'une ripisylve dense et continue, de type forêt alluviale (limitation de l'eutrophisation par l'ombrage, absorption des nutriments par le racinaire, etc.) ;
- une fréquence de submersion d'une partie du lit majeur élevée (> 20 jours par an par exemple) ;
- la fréquence de fortes turbulences (oxygénation) dues à la présence d'obstacles dans le lit (embâcles) ou de fortes variations de pentes générant des successions de faciès (radiers, rapides, chutes d'eau).

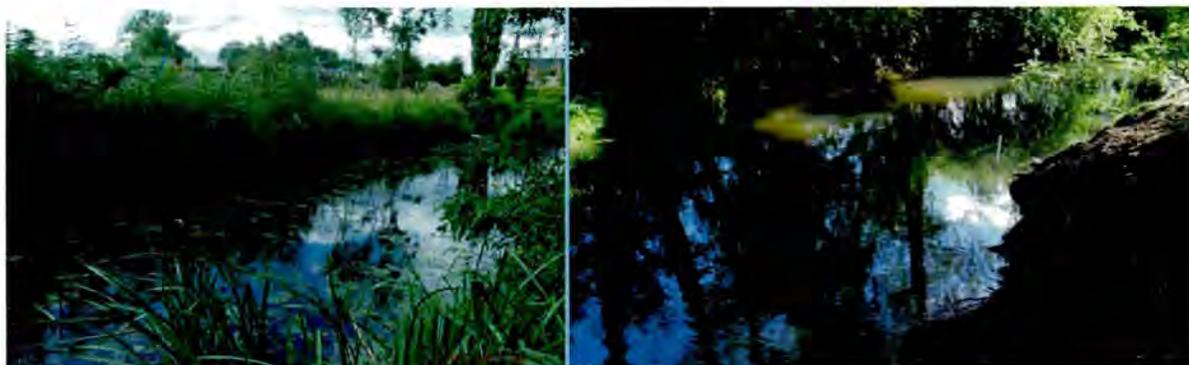


Figure 23 : les effets bénéfiques de la ripisylve contre l'eutrophisation, la Nied Allemande en été : à gauche, un secteur ouvert plutôt favorable à l'eutrophisation et, à droite, un secteur moins favorable du fait de la présence d'ombrage, diminuant le réchauffement de l'eau (photo Fluvial.IS, 2012)

### 2.5.2. Fonction auto-épuratoire

#### *Etape 1 : Définition de l'espace de bon fonctionnement auto-épuratoire*

Le fonctionnement qui permet une bonne auto-épuration est déterminé par les conditions de circulation de l'eau dans le lit mineur, et pour les cours d'eau à berges poreuses, dans la bande de méandrage ou de sinuosité. A noter que plus la berge sera poreuse moins l'espace en rive pourra jouer son rôle de filtre des polluants diffus (polluants agricoles par exemple).

On distinguera donc deux types de cours d'eau pour cette étape :

- les cours d'eau méandriformes ou à tresses à berges fortement poreuses ;
- les cours d'eau à berges peu ou moyennement poreuses.

La porosité des berges est commandée directement par leur structure (figure suivante). On considérera qu'elle est :

- forte pour des valeurs de cohésion de 0 à 3 ;
- moyenne pour des valeurs de cohésion de 3 à 8 ;
- faible pour des valeurs de 8 à 10.

Pour l'EBF (situation naturelle préservée), cette porosité doit être considérée en l'absence d'artificialisations de berge étanches (béton, palplanches, argiles, etc.) qui lorsqu'elles sont dominantes peuvent transformer une berge naturelle de forte porosité en une berge de faible porosité. On considérera que les enrochements ou les protections en techniques végétales ne modifient pas significativement ce fonctionnement.

Pour les berges de cohésion  $< 3$ , représentant une forte porosité, on retiendra que l'EBF auto-épuratoire correspond à l'EBF morpho-dynamique.

Par souci de simplification, on considérera que lorsque les berges sont peu ou moyennement poreuses (indice de cohésion  $> 3$ ), l'EBF auto-épuratoire se limitera au lit mineur.

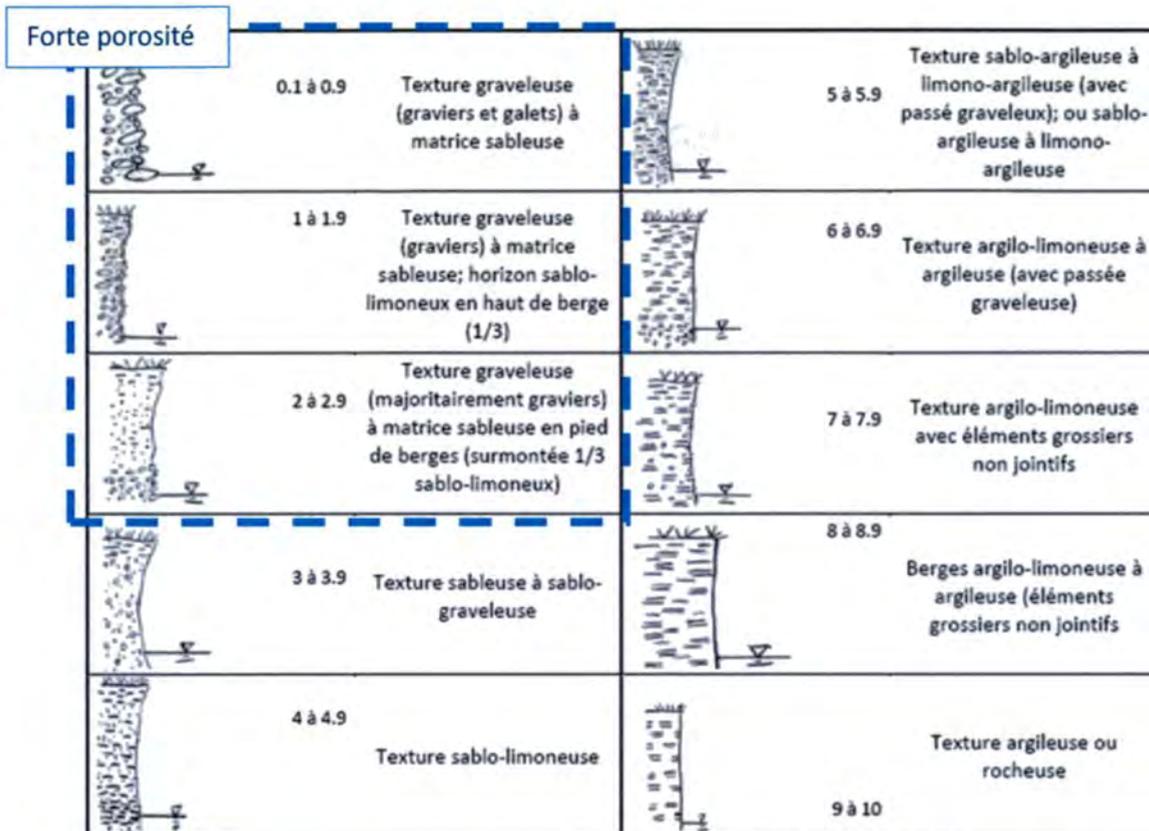


Figure 24 : structure de berge déterminant une porosité forte (0-3), moyenne (4-7) ou faible (8-10)

**Etape 2 : Evaluation de l'espace de fonctionnement actuel auto-épuration**

Deux aspects sont évalués :

- la cohésion des berges <3 : par souci de simplification on assimile ce sous-espace à l'EFA morpho-dynamique (EBF – zones imperméabilisées, voies de communications, étangs, etc.) (si cohésion des berges >3 : pas d'évaluation de cet aspect)
- la diversité des formes du lit mineur (variations de largeur, de profondeur et préservation de la diversité des substrats). Une note est attribuée au tronçon selon que ces critères sont préservés, modifiés ou sont totalement perturbés par rapport à l'état naturel. Cette note correspond à la somme des surfaces préservées et seulement modifiées (pondérées à 50%, parmi lesquelles les zones de remous d'ouvrages). Les surfaces de lit mineur totalement dégradées réputées sans capacités auto-épuration sont totalement retirées de l'EFA (canalisations souterraines par exemple) (voir figure suivante).

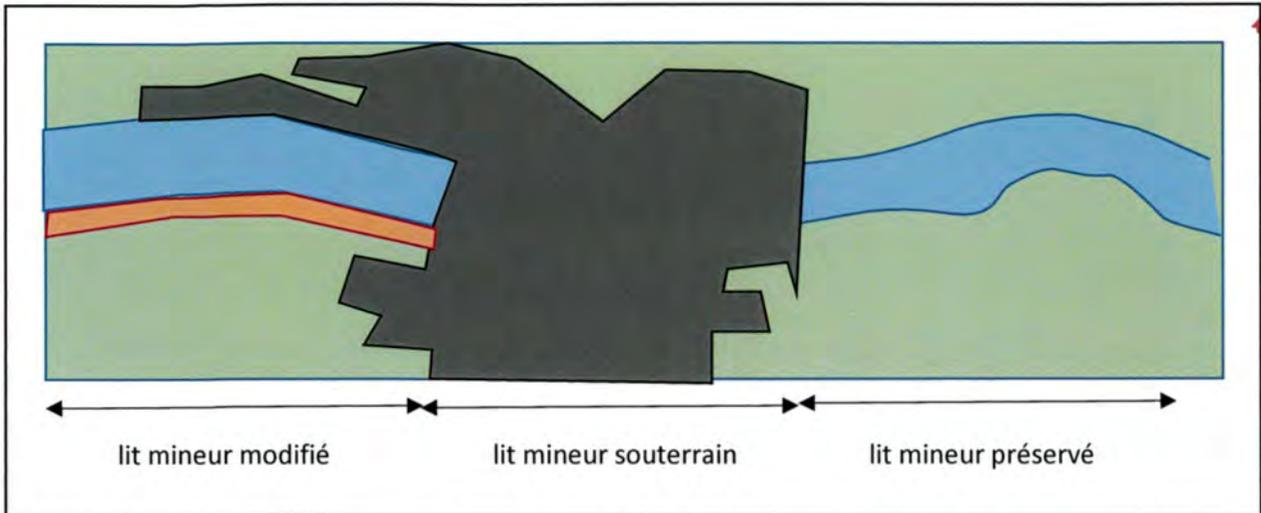


Figure 25 : principe de construction de la note d'EFA de l'autoépuration dans le lit mineur : (surface totale du tronçon : 500 m<sup>2</sup>) lit mineur modifié :  $(33\% * 500 \times 0) + (33\% \times 500 \times 0,5) + (33\% \times 500 \times 1) = 247,5$

note capacité auto-épuration du lit mineur :  $EFA/EFB = 247,5/500 = 49,5$

### 2.5.3. Fonction de limitation des transferts

#### Etape 1 : Définition de l'espace de bon fonctionnement pour la limitation des transferts

Une largeur de ripisylve naturelle (forêt alluviale) de 10 m en rive, de part et d'autre du cours d'eau, est retenue comme valeur de référence pour l'EBF.

L'EBF biogéochimique pour la limitation des transferts est donc constitué de la **bande rivulaire de 10 m** depuis le haut de berge (fig. ci-après), sur chaque rive.

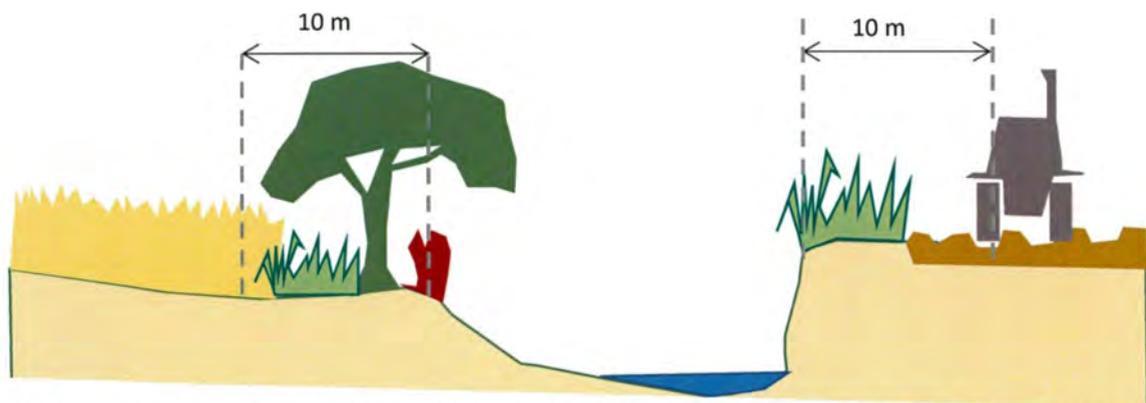


Figure 26 : principe de délimitation de la bande rivulaire de 10 m en rive, à partir du haut du talus de berge, en limites de pleins bords (la berge fait partie du lit mineur)

*👉 Pour les cours d'eau méandriques ou sinueux susceptibles d'avoir été rectifiés, la surface de la bande rivulaire de référence (EBF) atteindra au minimum  $2 \times 10 \text{ m} \times$  le linéaire d'une sinuosité minimale de 1,2.*

**Etape 2 : Evaluation de l'espace de fonctionnement actuel pour la limitation des transferts**

Afin de ne pas complexifier la méthode, les aspects de structure des sols, de pente des rives, de drainage des parcelles riveraines n'ont pas été retenus. En effet, ces caractéristiques sont souvent difficiles à documenter sans investigations détaillées de terrain. Il a ainsi été choisi de se contenter d'estimer la qualité filtrante du couvert végétal (néanmoins, ces autres paramètres descriptifs de la rive pourront faire l'objet de mentions sur les cartes et de mise en perspectives dans l'interprétation des résultats).

Pour approche de l'EFA, l'efficacité de la bande rivulaire de 10m à partir du haut de berge est ainsi évaluée en fonction de l'occupation des sols (orthophotos et relevés de terrain). Un facteur d'efficacité est attribué, pour chaque rive, aux surfaces respectives des différents types d'occupations des sols selon l'échelle suivante :

Ripisylve dense et diversifiée sur 10 m de large	Ripisylve discontinue <10 m de large	Bande enherbée sur 10 m	Bande enherbée réduite	Absence de végétation ou cultures
1	0,75	0,50	0,25	0

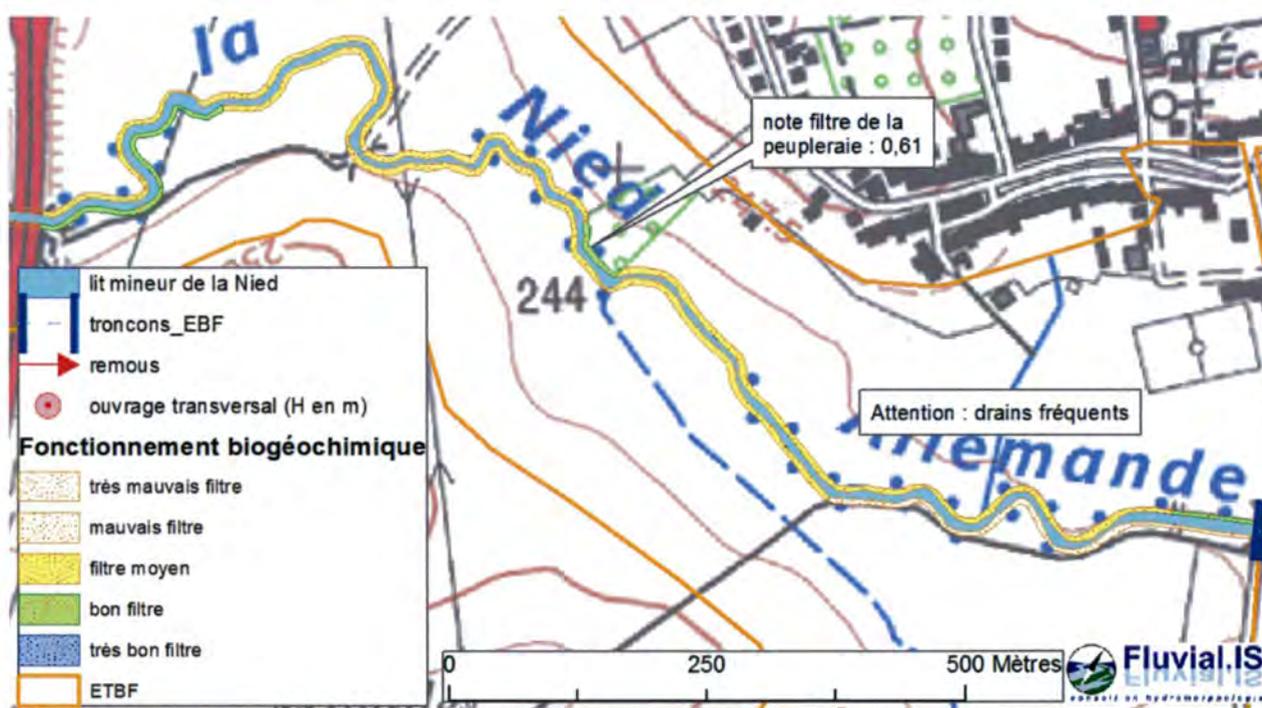


Figure 27 : exemple de cartographie de la fonction filtrante de la bande rivulaire en bordure de Nied Allemande (57) : les couvertures végétales sont évaluées en fonction de leurs capacités filtrantes, et non de leur intérêt biologique (diversité floristique, capacité d'habitats,...).

✓ *Le cas de la sylviculture*

Le cas des peupleraies : il faut considérer qu'il est possible d'observer sous les peupleraies le développement d'un étage herbacé qui dispose d'une certaine efficacité pour limiter les transferts. Néanmoins, par cohérence avec le volet écologique on retiendra que le facteur d'efficacité n'excédera toutefois pas 0,75.

Au contraire, sous les pessières, où la capacité filtrante est réduite et où les apports de fines au cours d'eau, depuis les rives, seront facilités, le facteur d'efficacité n'excédera pas 0,25.

48

En tenant compte de ces valeurs maximales, il appartient à l'opérateur d'estimer la note à attribuer pour représenter au mieux les qualités de la bande rivulaire.

✓ *Le cas des bordures d'étangs installés en série sur le cours d'eau :*

Dans la même logique que sur un lit aux écoulements nivelés par un ouvrage transversal, on considèrera que le long des étangs ou des zones de retenue en amont de barrage, la bande rivulaire peut tout de même filtrer les intrants. Elle sera donc évaluée comme sur un lit naturel.

**Synthèse :**

**0 – Délimitation de l'ETBF biogéochimique : reprise de l'ETBF morpho-dynamique**

**1 - Définition du fonctionnement auto-épuratoire :**

- a- En rives : si cours d'eau à berges poreuses (cohésion < 3) EBF = EBF morpho-dynamique / EFA = EBF – surfaces imperméabilisées, construites, étangs, voies de communications, etc.
- b- Lit mineur : diversité des formes : surface du lit mineur (EBF) X facteur de dégradation : préservée 100%, modifiée 50%, busée : 0 % (EFA)
- c- EBF autoépuratoire = moyenne EFA en rive + EFA lit mineur

**2 – Définition du fonctionnement filtrant en rives:**

- d- EBF : bande de 10 m de large sur chaque rive.
- e- EFA : réduction de cette bande : pondération des surfaces : dégradation de la ripisylve ou forêt alluviale : herbacées, cultures, sylviculture, surfaces imperméabilisées, etc.

**3 - EFA biogéochimique : = moyenne EFA auto-épuratoire + EFA filtrant**

## 2.6. Le bon fonctionnement écologique

Le fonctionnement écologique est évalué au travers de deux composantes :

- la composante écologie terrestre et palustre : rives du cours d'eau incluant les zones humides (y compris zones humides de versants), les zones d'intérêt écologique parfois au-delà du fond alluvial.
- la composante hydrobiologique : elle sera évaluée à partir de l'indicateur « poissons ».

### 2.6.1. Définition et fonctions

#### *Les fonctions de l'espace écologique terrestre et palustre*

De nombreuses références bibliographiques, et la Directive Cadre Européenne sur l'Eau, font référence indirectement à l'Espace de Bon fonctionnement écologique via la prise en compte des zones humides alluviales et des milieux naturels rivulaires, en particulier pour leur contribution à l'accomplissement du cycle de vie des espèces inféodées à l'espace alluvial.

Le travail réalisé par l'AERMC en 2015/16 conduit à caractériser l'EBF écologique ou biologique comme « *l'espace qui permettrait, en théorie, le développement de l'ensemble des espèces végétales et animales inféodées au cours d'eau* » (Raccasi et al., 2016). Pour cela, les auteurs caractérisent et distinguent le bon fonctionnement biologique :

- du cours d'eau au sens morphologique et hydraulique : « *présence et renouvellement des différents milieux et des différentes strates de la végétation, des milieux pionniers à la forêt alluviale de bois dur ; inondation du lit majeur fréquente, faciès diversifiés, lit non incisé permettant la présence d'une nappe à faible profondeur, enfin substrat mobile dans le lit mineur...* » ;
- des annexes fluviales (connexion et temporalité) : « *zones humides en relation permanente ou temporaire avec le milieu courant par des connexions superficielles ou souterraines : iscles, îles, brotteaux, lônes, bras morts, prairies inondables, forêts inondables, ripisylves, sources et rivières phréatiques, milieux secs et habitats associés étroitement à la dynamique fluviale et à la nature des dépôts...* ».

En résumé, la notion d'EBF écologique réside dans la compréhension et la prise en compte du fondement d'un espace terrestre alluvial basé sur :

- la fonctionnalité des milieux pour les espèces en termes de continuités d'habitats naturels via un contexte global (corridor alluvial, paysage, etc.) et un contexte local (ripisylve, état des berges, etc.) ;
- la fonctionnalité des zones humides via les relations latérales avec le cours d'eau (EBF morphodynamique), les liens avec la nappe (EBF Hydrogéologique) ou encore les possibilités de débordements du cours d'eau dans sa plaine d'inondation (EBF Hydraulique).

Ces deux volets d'analyse peuvent s'apparenter à la définition globale des Trames Vertes et Bleues, décrites selon le centre de ressource Trame Verte et Bleue comme « *un réseau formé de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées par les schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE)* ».

### ***Les fonctions de l'espace hydrobiologique***

Le Bon Fonctionnement « hydrobiologique » est appréhendé au travers des exigences écologiques du compartiment biologique « poissons ». Les poissons présentent l'avantage de pouvoir faciliter l'approche méthodologique en se référant à un nombre restreint d'espèces repères, suffisamment représentatives du fonctionnement de tout l'écosystème aquatique considéré.

Cette stratégie pourrait paraître « bio-réductrice » mais le compartiment piscicole présente en réalité de fortes caractéristiques intégratrices, lui permettant de refléter de manière significative la qualité écologique de l'ensemble du milieu aquatique. Dans un souci de simplification, les autres cortèges aquatiques (macro-invertébrés, macrophytes, ...) ne sont pas retenus dans l'évaluation. Néanmoins, en cas de données existantes ou de moyens alloués à l'investigation de ces cortèges, ils pourront servir à étayer ou à moduler les conclusions de l'analyse du compartiment piscicole, en particulier si les conditions de milieu sont défavorables à l'un de ses cortèges.

De manière simplifiée, ce sont donc les caractéristiques des espèces repères des trois contextes piscicoles théoriques (salmonicole, intermédiaire et cyprinicole) qui sont retenues comme référence pour l'analyse du bon fonctionnement hydrobiologique. Ainsi, l'EBF hydrobiologique doit permettre, dans chaque contexte, la bonne réalisation des cycles biologiques des espèces, ce qui inclut classiquement :

- la reproduction,
- l'alimentation,
- le repos,
- la dispersion.

## **2.6.2. Evaluation de l'EBF pour l'écologie terrestre et palustre**

### ***Etape 1 : Définition de l'espace de bon fonctionnement écologique terrestre et palustre***

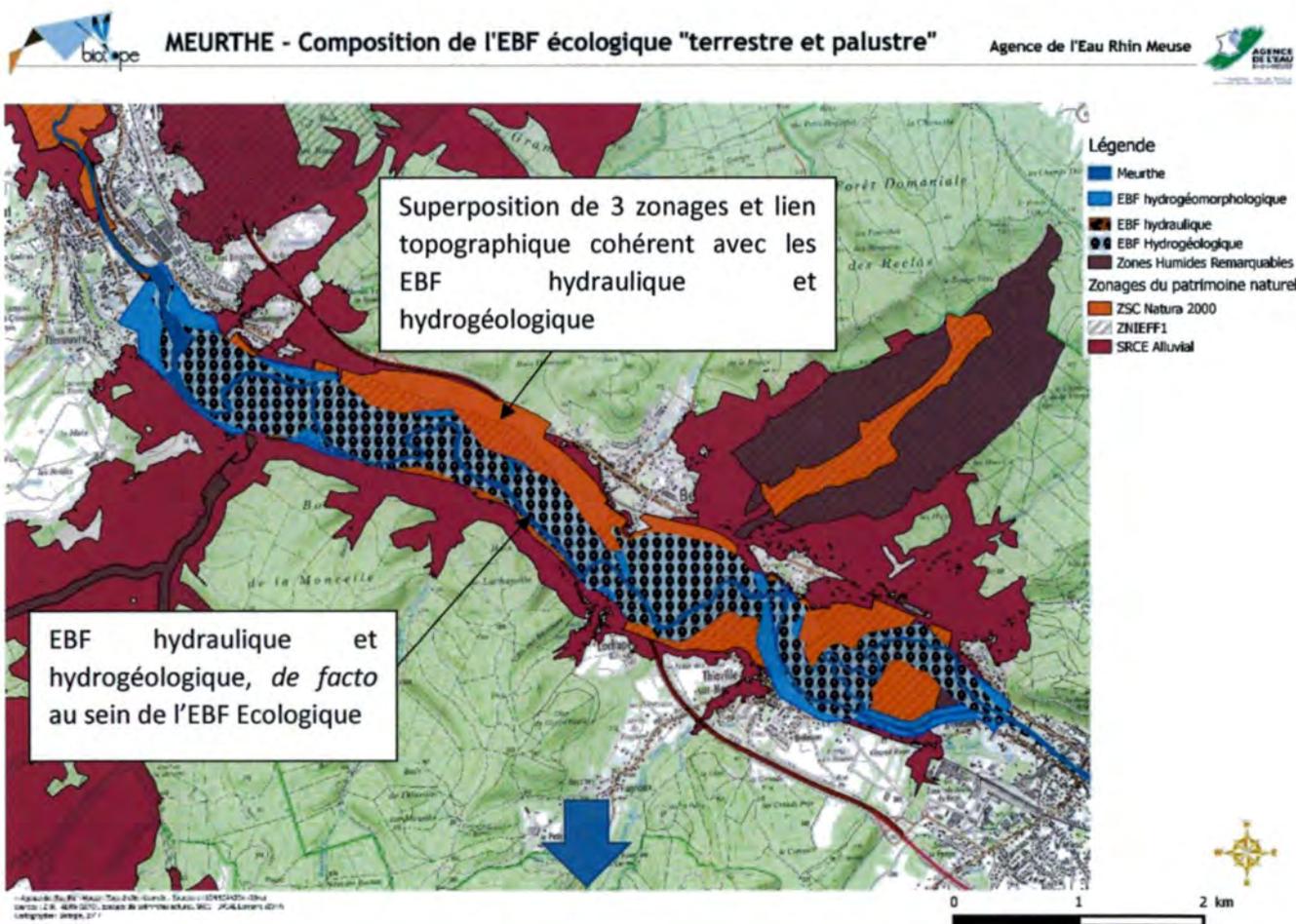
Le bon fonctionnement écologique du cours d'eau est intimement lié aux fonctions hydraulique, hydrogéologique et morphologique. La définition et la caractérisation des Espaces de Bon Fonctionnement hydraulique, hydrogéologique et morphologique sont donc les clefs d'entrée à l'évaluation écologique.

Pour délimiter l'Espace de Bon Fonctionnement écologique, trois méthodes peuvent être utilisées en fonction des données mobilisables. Toutefois, sur chacune de ces méthodes, il est nécessaire de disposer de l'EBF hydraulique, hydrogéologique voire morphodynamique.

*NB : La représentation des affluents sur les tronçons de cours d'eau concernés n'est pas le résultat de l'application de la méthode. Elle permet seulement d'identifier et d'appréhender les « portes » vers les principaux affluents pour les espèces inféodées aux cours d'eau.*

**Cas 1 : Superposition de l'EBF hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique avec les zones humides potentielles régionales du bassin Rhin Meuse**

L'objectif de cette première approche est de délimiter l'EBF sur la base d'une partie des données utilisées pour délimiter l'ETBF (zones humides régionales et de bassin, données du SRCE, zonages du patrimoine naturel uniquement ENS, RNR, RNN, ZSC Natura 2000 et ZNIEFF de type 1 avec des toponymes de milieux humides ou aquatiques). La superposition de plus de 3 zonages permet de délimiter l'EBF Ecologique sur un même secteur. Ce croisement sera ensuite superposé et comparé aux EBF hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique dans l'objectif de compléter et d'affiner les limites du zonage EBF Ecologique concernant la fonctionnalité des milieux (Cf. exemple ci-dessous de la Meurthe).



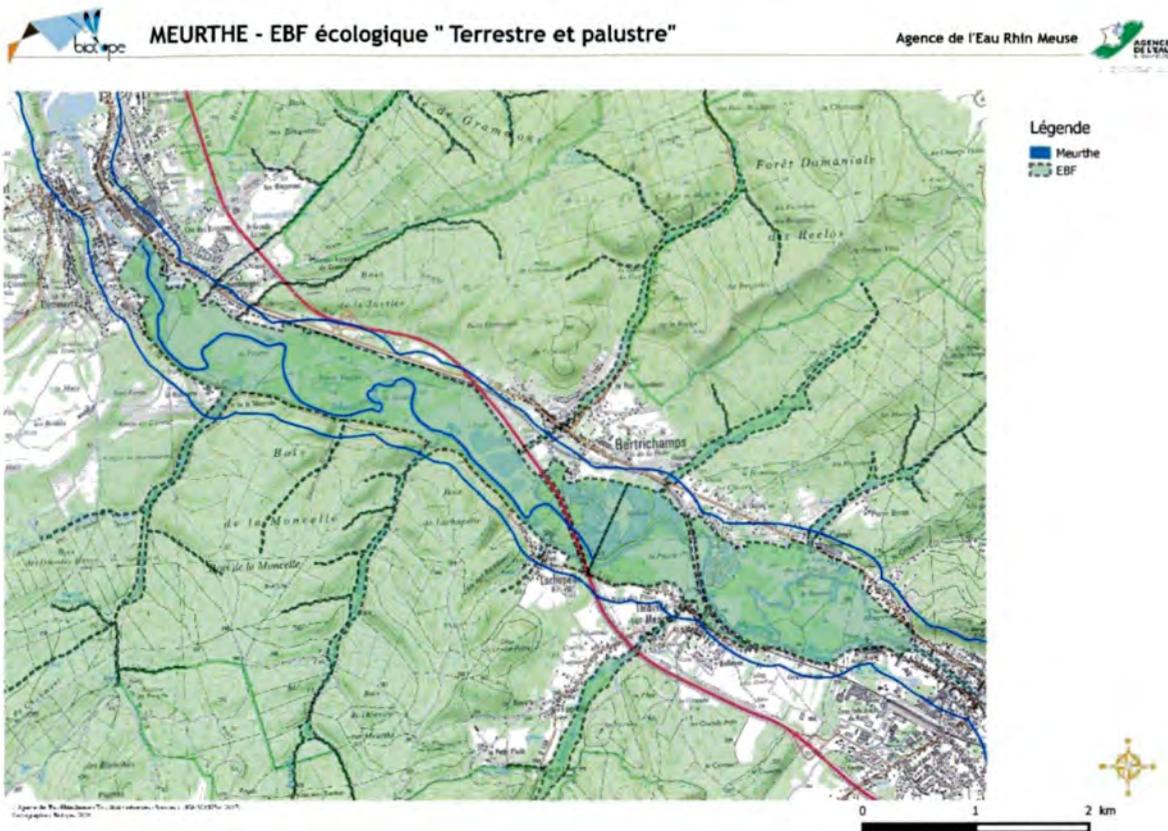


Figure 28 : exemple de cartographie de l'EBF sur la Meurthe (54)

**Cas 2 : Superposition de l'EBF hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique avec les zones humides identifiées à une échelle infra-régionale**

Dans la mesure où il est possible de disposer d'informations plus précises sur les milieux humides (étude d'identification de zones humides à une échelle infra-bassin – SAGE, Unité hydrographique - étude d'identification des zones humides « Loi sur l'eau »), ces données seront directement prises en compte. Elles seront toutefois confrontées aux EBF hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique afin d'évaluer le lien fonctionnel avec l'alimentation superficielle et souterraine. Enfin, elles seront ajustées via les orthophotoplans et le Scan 25 (Cf. exemple ci-dessous de la Chiers).

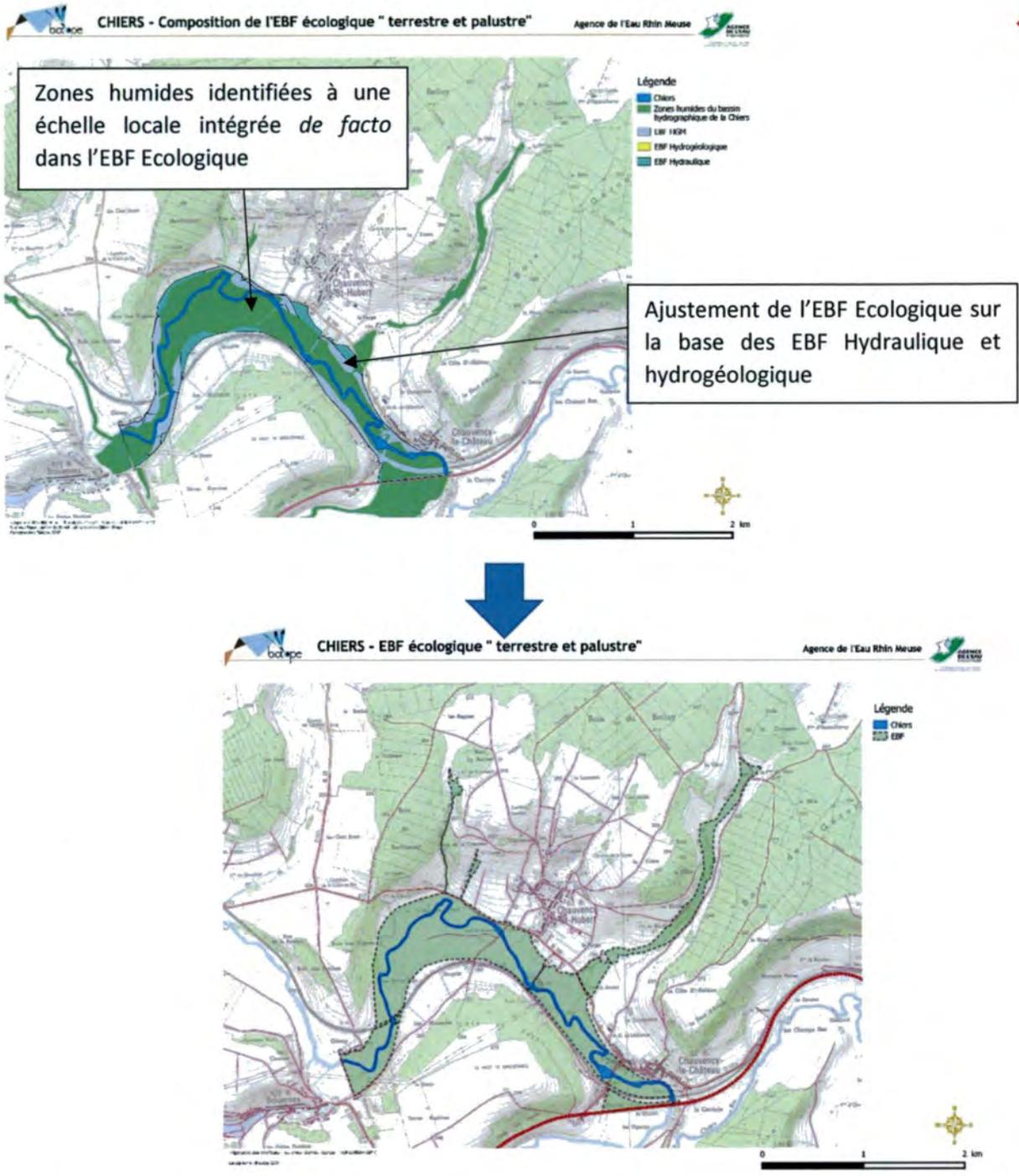


Figure 29 : exemple de cartographie de l'EBF sur la Chiers

### **Cas 3 : Délimitation sans données d'entrées disponibles ou sans EBF hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique**



Dans le cas où aucune des informations précédentes n'est disponible ou seulement les données écologiques supra-régionales, notamment pour les petits cours d'eau ou tête de bassin versant aux, on retiendra que l'EBF est équivalent à 2 largeurs du lit mineur, dans l'axe du fond de vallée (soit lorsque le cours d'eau est au centre du fond de vallée, sur chaque rive une largeur à pleins bords) (sauf pour les cours d'eau en gorge dont les limites sont délimitées par les talus des gorges). Cette information permet de prendre en compte les bordures d'hélophytes autour des surfaces en eau et le long des cours d'eau, ainsi que les ripisylves de faible largeur. Cette étape permettra d'alerter sur la présence potentielle de ce type de structures végétales notamment sous couvert forestier ou l'identification visuelle est impossible (petit chevelu au sein des grands massifs forestiers).

Pour les affluents de grandes plaines alluviales, l'EBF prendra la forme du talweg de fond de vallées (hors grandes zones urbanisées et voies de communication primaire et voie ferrée circulée).

### **Etape 2 : Evaluation de l'espace de fonctionnement actuel écologique terrestre et palustre**

Afin de délimiter l'EFA écologique, trois filtres (étapes) sont appliqués. Ils permettant d'analyser les contraintes sur l'EBF écologique terrestre et palustre.

#### **✓ Etape 2.1 : Photo-interprétation pour observer les contraintes**

Une phase de photo-interprétation, à l'échelle choisie du 1/5000<sup>ème</sup> maximum, est menée afin d'identifier ou préciser la présence de milieux anthropisés ou modifiés. Elle nécessite l'utilisation croisée des images aériennes (résolution 0,5m), des cartes IGN au 1/25000<sup>ème</sup>. Pour certains éléments en contexte urbain, l'application Google Street View© peut être utilisée<sup>6</sup> ainsi que la BDTopo et le RPG. Cette phase de photo-interprétation permet de mettre en exergue :

<b>Voies de communication</b>	Echangeur, route principale et secondaire (niveau 3 et 4), voie ferrée et espaces associés
<b>Constructions linéaires, surfaciques et ponctuelles</b>	Cas par cas pour construction légère et ponctuelle, zones de jardins ou fond de parcelle
<b>Surfaces imperméabilisées</b>	Décharge, cimetière, piste aérodrome, équipements sportifs et de loisirs
<b>Éléments orographiques</b>	Digues, merlons, etc.
<b>Cours d'eau et berges artificiels</b>	
<b>Éléments surfaciques peu fonctionnels</b>	Bassins de stockage, etc.
<b>Espaces cultivés</b>	Prairies permanentes, temporaires, estives de landes et fourrages (analyse au cas par cas en instance) <sup>7</sup>
<b>Plantation/ arboriculture</b>	Résineux, peupleraies, vergers intensifs, Forêt naturelle en gestion (analyse au cas par cas en instance)
<b>Carrières en activités ou restaurées</b>	

<sup>6</sup> Visualisation de la végétation ou des types de protection de berge de cours d'eau et plans d'eau

<sup>7</sup> Exemple : cas de la Chiers avec les zones humides dégradées, bien souvent liées à des prairies de fauche et/ou des pâtures gérées de manière intensive.

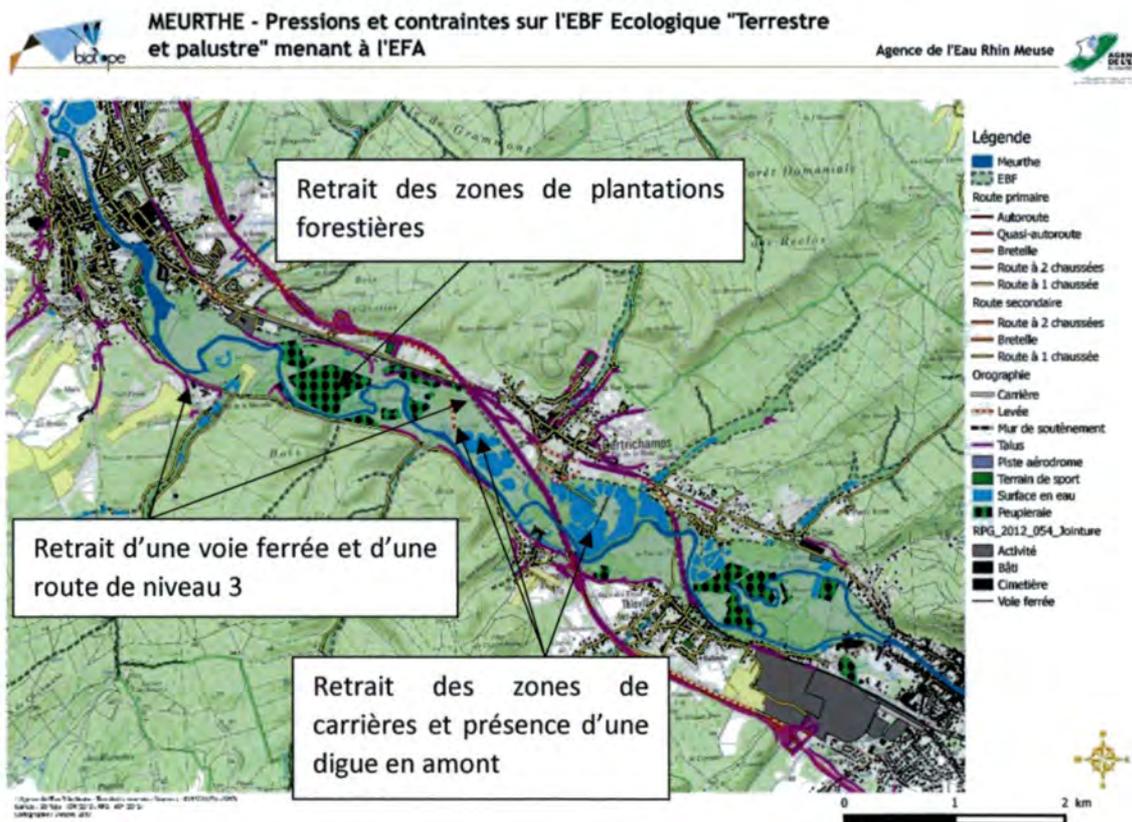
✓ **Etape 2.2 : Superposition des EFA hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique**

La superposition de l'EFA hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique, aux contraintes anthropiques citées ci-dessus, permet de reporter les limites probables des milieux naturels humides à méso-hygrophiles encore connectés au cours d'eau et probablement encore fonctionnels pour le cycle biologique des espèces.

✓ **Etape 2.3 : Phase de terrain**

La phase de terrain permet de valider ou de modifier les observations issues de la cartographie et de la phase de photo-interprétation en relevant le type de milieu et son état de conservation/fonctionnement, le degré de connectivité entre les habitats naturels, la relation cours d'eau/ lit majeur, etc.

*L'analyse cartographique effectuée à partir des données d'études collectées et d'une phase de photo-interprétation ne peut être vue comme exhaustive et nécessite donc une consultation des acteurs locaux pour affiner la délimitation et l'inventaire de l'EFA.*



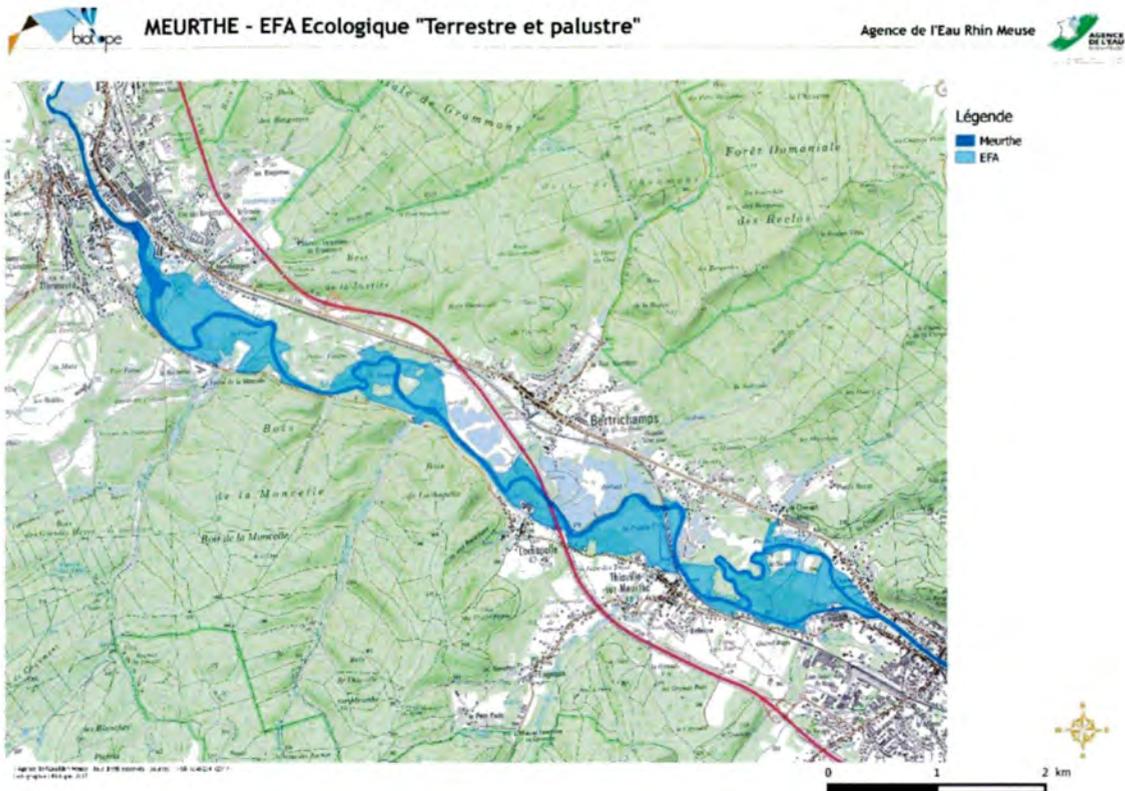
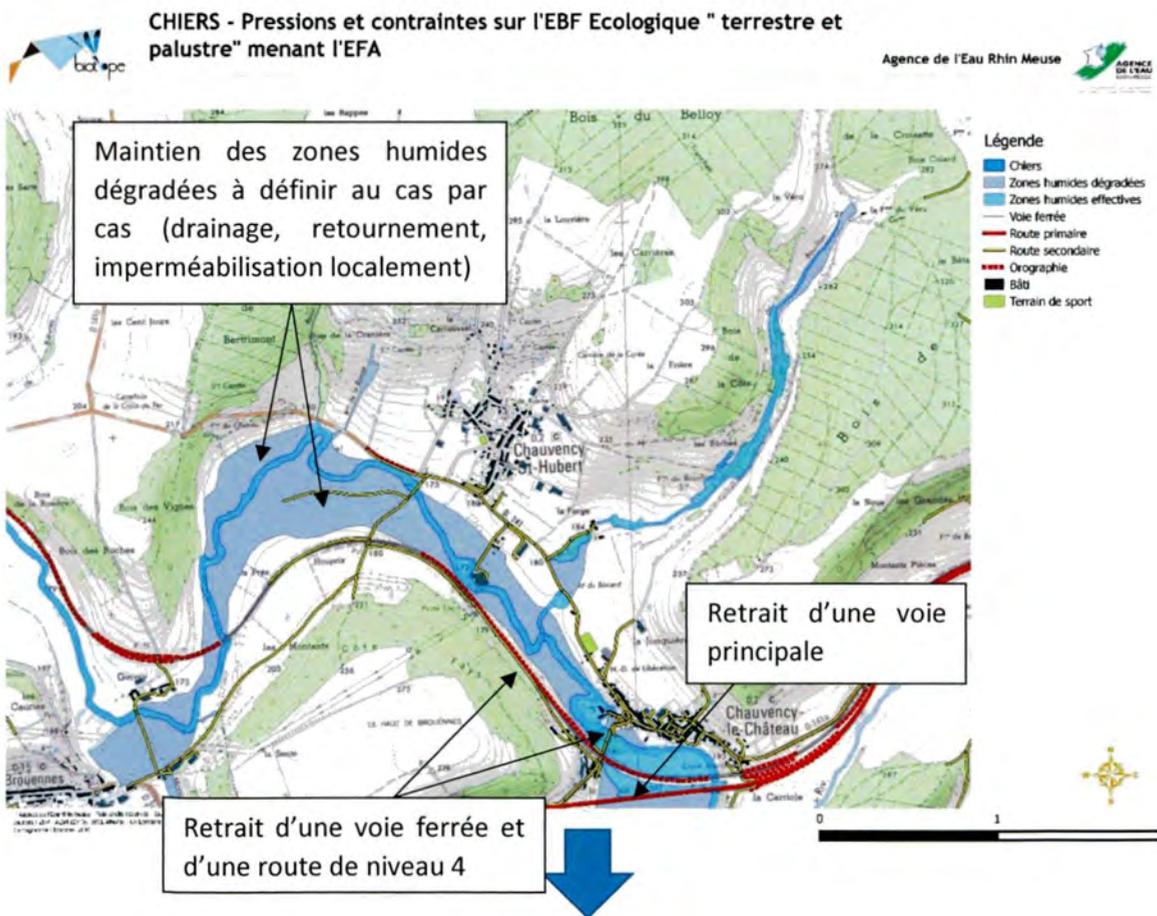


Figure 30 : exemple de cartographie des contraintes et de l'EFA sur la Meurthe





CHIERS - EFA écologique "terrestre et palustre"

Agence de l'Eau Rhin Meuse

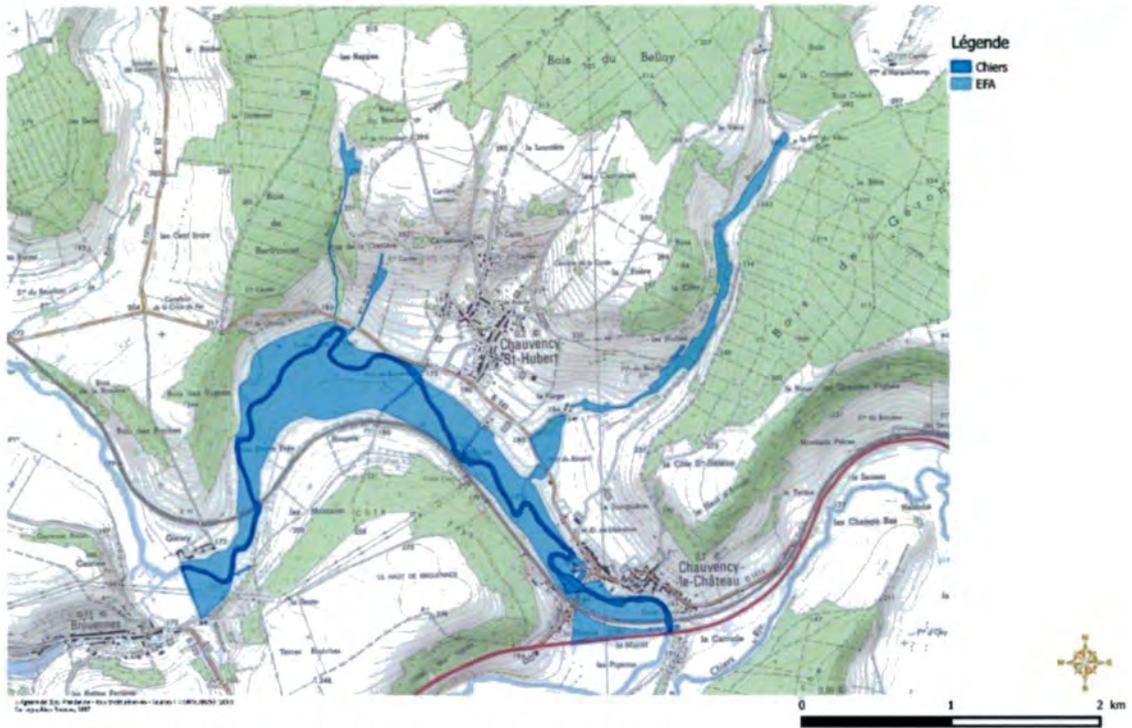


Figure 31 : exemple de cartographie de l'EFA sur la Chiers

**Synthèse :**

**0 - Définition du type : alluvial / non alluvial – délimitation de l'ETBF + affluents, sources et résurgences, enveloppes de dispersion potentielles des espèces inféodées au cours d'eau et ses annexes (Zonages PatNat, Réseau écologique, Zones humides, Scan25)**

**1 - Définition de l'EBF (2 approches) :**

- a- **Superposition de l'EBF hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique avec les zones humides potentielles régionales et du bassin Rhin Meuse (cumuls à minima de 3 zonages en partie utilisés par l'ETBF)**
- b- **Superposition de l'EBF hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique avec les zones humides identifiées à une échelle infra-régionale (SAGE, CdR, Unité hydrographique, zones humides échelle 1/5000<sup>ème</sup> Loi sur l'eau, Scan25)**

**2 – Délimitation de l'EFA (sur la base de l'EBF actuel) :**

- 1- **Retrait de milieux anthropisés, modifiés limitant le bon fonctionnement des habitats de vie des espèces :**
  - 1. **Photo-interprétation : analyse visuelle et préparation de la phase terrain ;**
  - 2. **Superposition EFA hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique ;**
  - 3. **Phase de terrain (confirmation, modification, caractérisation)**

Concernant la cartographie, il est nécessaire de réaliser 2 cartes par étape (notamment EBF et EFA) :

- 1- **Une carte avec tous les éléments permettant de délimiter les enveloppes ETBF, EBF et EFA (Zonages PatNat, Zones humides, SRCE, contraintes/pressions/autres éléments d'information utiles à la compréhension/analyse du fonctionnement écologique) et tout autre élément d'information que l'opérateur jugera utile d'afficher.**
- 2- **Une carte avec la délimitation des enveloppes (ETBF, EBF, EFA), issues du croisement des données ci-dessus, permettant de calculer et d'évaluer la différence de fonctionnalité entre les EBF et EFA. Le Fond Scan25, pour ce rendu, est préférable car il aide à la localisation.**

### Schéma de délimitation des Enveloppes ETBF et EBF

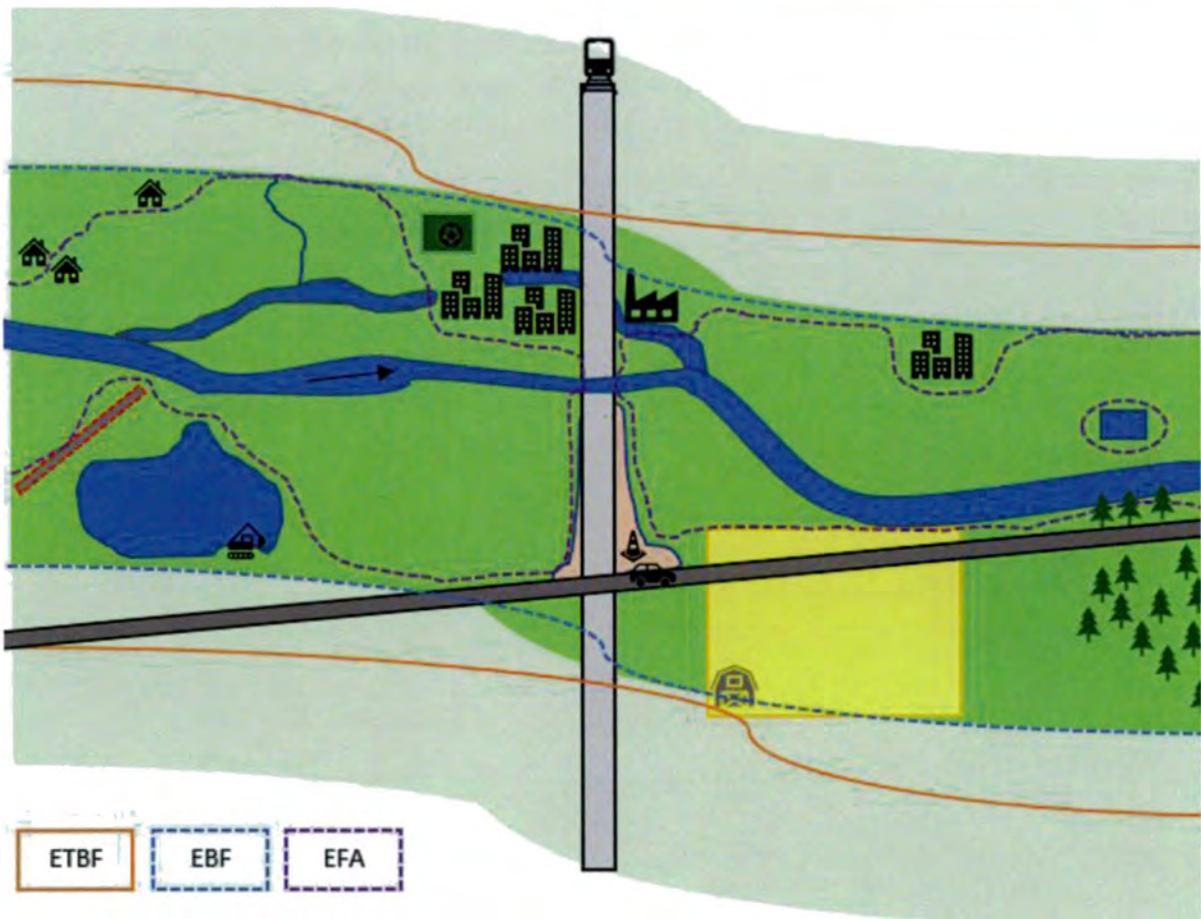
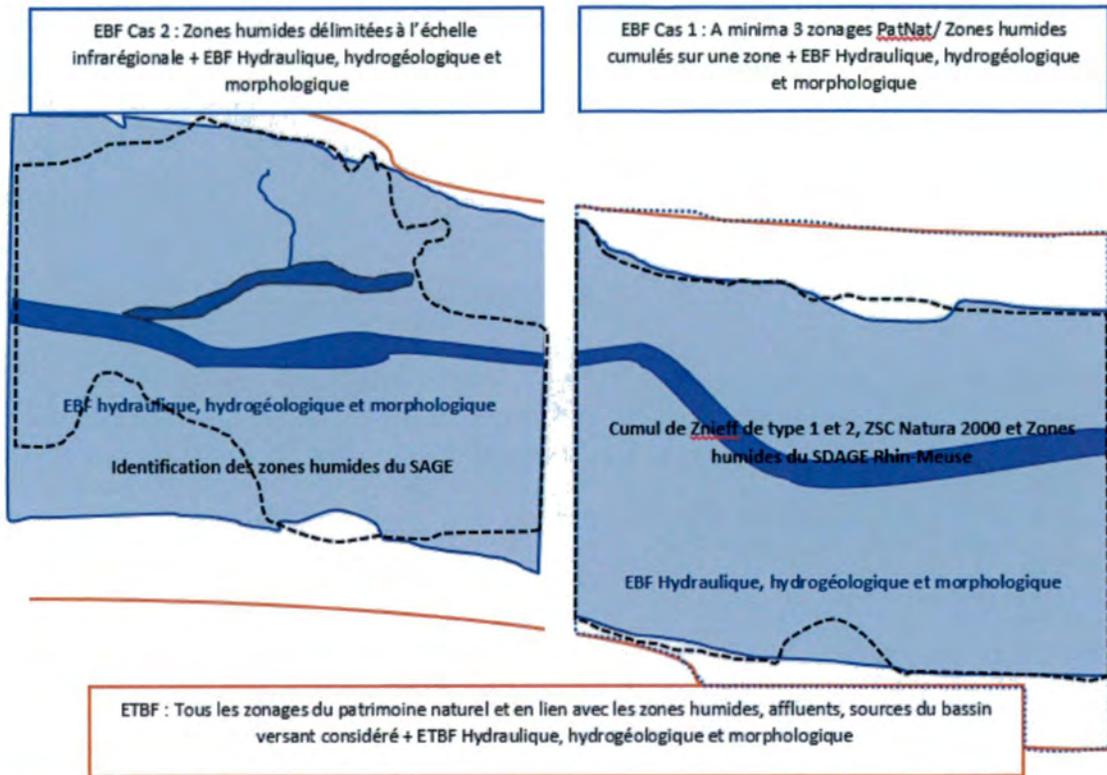


Schéma de délimitation des enveloppes ETBF, EBF et EFA (Biotope)

### 2.6.3. Evaluation de l'EBF pour l'hydrobiologie

#### *Etape 1 : Evaluation de l'espace de bon fonctionnement hydrobiologique*

##### *Principes généraux*

Les fonctions retenues pour le contexte piscicole (reproduction, alimentation, repos et dispersion) sont principalement assurées au sein même du lit mineur et nécessitent **une continuité longitudinale** au sein de l'hydrosystème (affluents inclus), vers l'aval, comme vers l'amont.

Pour cette fonctionnalité, **l'EBF hydrobiologique se superposera exactement à l'EBF morphodynamique** puisque les conditions d'habitat (faciès, substrats,...) au sein du lit mineur sont directement liées à cette dimension longitudinale.

Le bon fonctionnement hydrobiologique dépend également **des échanges latéraux entre le cours d'eau et ses annexes hydrauliques, ou plus largement son champ d'expansion de crue**. En effet, les annexes hydrauliques, qu'elles soient connectées de manière pérenne ou non au cours d'eau, constituent d'importantes sources d'échanges pour la faune avec le lit mineur (« zones refuges »). Au même titre que les zones inondables occupées par des prairies (ou autres supports végétaux propices), elles sont des zones de reproduction idéales pour les espèces phytophiles comme le brochet. Pour ce dernier, il est considéré qu'une zone de frayère « normalement » fonctionnelle doit présenter une submersion suffisante 1 à 2 années sur 5 (Chancerel, 2003).

C'est donc **l'aire d'expansion de la crue décennale qui a été retenue comme Espace de Bon Fonctionnement hydrobiologique** quand la typologie du cours d'eau justifie la prise en compte de cette dimension latérale.

A titre, informatif, les contraintes anthropiques susceptibles de modifier l'aire d'expansion de la crue décennale (voies de communications routières et ferroviaires) devront être signalées au sein de l'EBF (elles serviront plus tard à délimiter l'EBF).

Selon l'approche globale précédemment présentée pour la caractérisation de l'EBF, on distinguera trois cas :

- les cours d'eau de montagne non alluviaux ;
- les cours d'eau alluviaux à forte pente ;
- les cours d'eau alluviaux à faible pente.

**Cas 1 : Les cours d'eau de montagne non alluviaux**

Ils correspondent au contexte salmonicole (ou éventuellement intermédiaire) et n'ont pas vocation à déborder largement de leur lit (échanges longitudinaux uniquement – le long du cours d'eau et avec ses affluents). Généralement, dans ce cas l'EBF correspondra exactement à l'EBF morpho-dynamique (lit mineur et une largeur de lit sur chaque rive, voir 2.2.2).

Néanmoins certains bras secondaires d'origine anthropique ancienne (bras de moulin, ...) peuvent, dans certains cas, présenter un intérêt hydrobiologique (par exemple en tant que « pépinières » pour la reproduction des truites). Une évaluation au cas par cas sera donc nécessaire pour définir s'ils doivent ou non intégrer l'enveloppe de l'EBF hydrobiologique.

**CAS DES COURS D'EAU DE MONTAGNE NON ALLUVIAUX**

L'EBF<sub>hydrobio</sub> correspond à l'EBF<sub>morpho-dynamique</sub> (zone de mobilité)

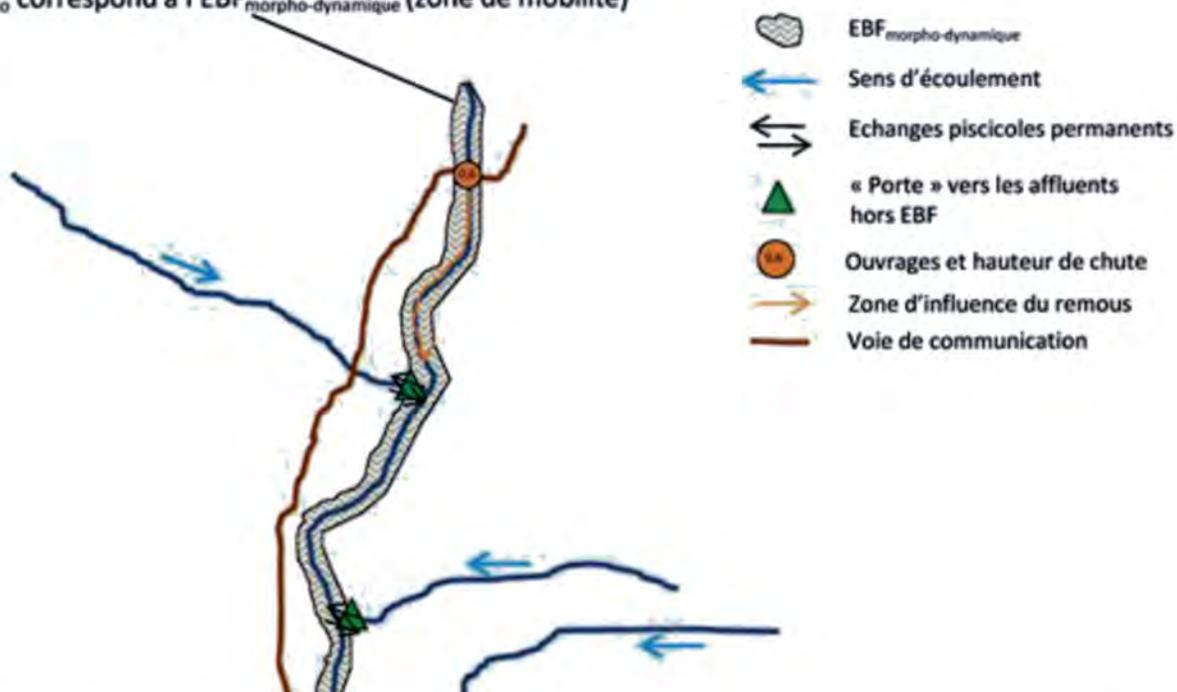
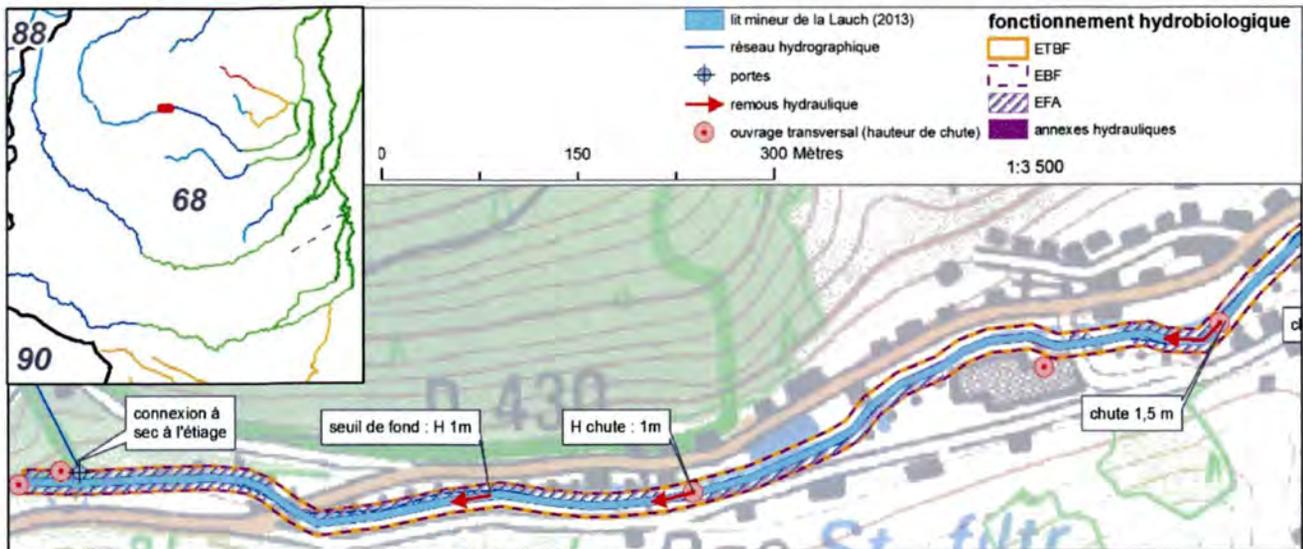


Figure 32 : principes de définition de l'EBF hydrobiologique pour les cours d'eau de montagne non alluviaux



**Figure 33 : cas de la Lauch (68) : l'EBF est réduit à une mince bande de part et d'autre du lit mineur. L'EFA est réduit par les installations humaines, les remblais, etc. l'ETBF et l'EBF sont identiques. Les annexes hydrauliques fonctionnelles sont ici absentes**

### Cas 2 : Les cours d'eau alluviaux

Ils correspondent le plus souvent au contexte cyprinicole (ou intermédiaire) mais peuvent aussi relever du contexte salmonicole dans certains cas. En l'absence de caractérisation spécifique, le contexte piscicole sera caractérisé par le facteur « pente ».

#### ✓ Cas 2a : Les cours d'eau alluviaux de forte pente (pente $\geq 2,5\%$ )

Ces portions de cours d'eau seront considérées comme associées à un contexte salmonicole (ou éventuellement intermédiaire). L'enveloppe de bon fonctionnement hydrobiologique sera donc strictement identique à celle précédemment définie pour les cours d'eau de montagne non alluviaux.

#### ✓ Cas 2b Les cours d'eau alluviaux de pente plus modérée (pente $< 2,5\%$ )

Ces portions de cours d'eau seront associées à un contexte cyprinicole (ou intermédiaire) qui nécessite une fonctionnalité latérale pour une situation écologique optimale. L'EBF se superposera alors à l'aire d'expansion de la crue décennale.

Si aucune cartographie/modélisation de la crue décennale n'est disponible, ce périmètre sera appréhendé par le biais d'une estimation correspondant à une enveloppe de 10 fois la largeur à pleins bords du cours d'eau (correspondant à la Zone de Grand Ecoulement hydraulique, réputée être la plus souvent inondée par les crues fréquentes, cf. § 2.3.2).

Cette enveloppe est augmentée par toute annexe hydraulique (à l'exclusion des plans d'eau anthropiques) qui la recouperait (des milieux connexes d'origine anthropique ancienne, comme d'anciens bras de moulins ou des gravières en phase avancée de comblement par exemple, peuvent être retenus de cette manière si leur fonctionnalité écologique est jugée pertinente au cas par cas).

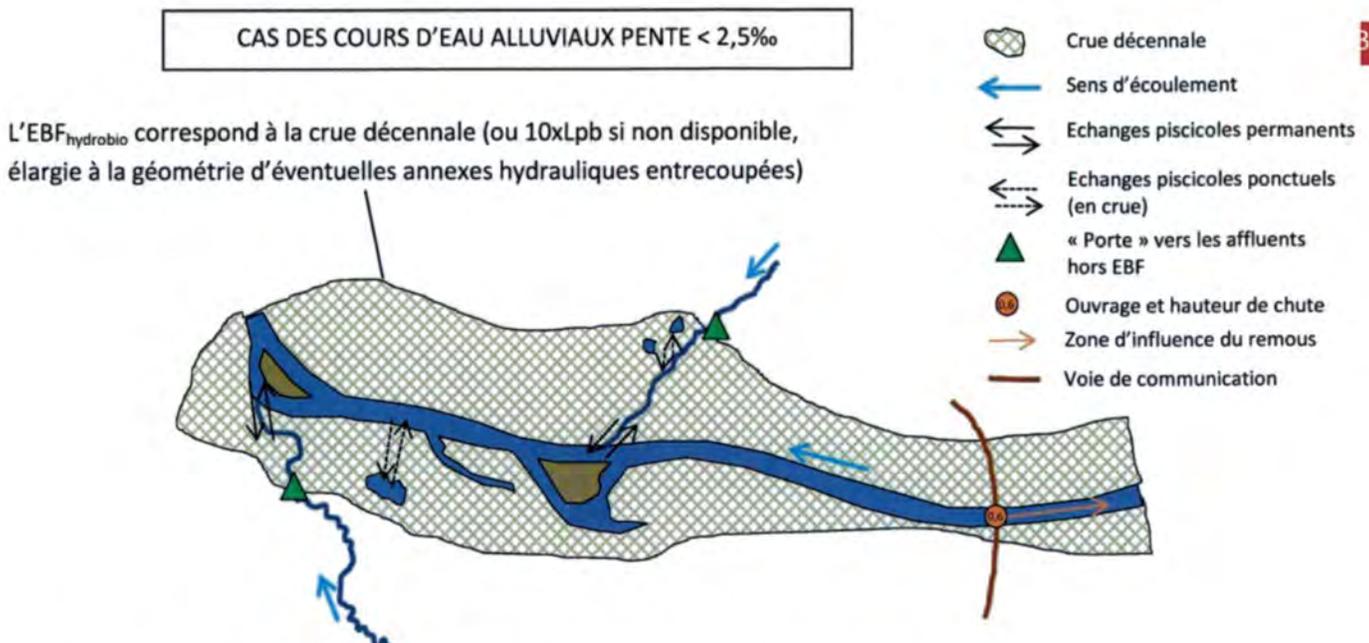


Figure 34 : principe de définition de l'EBF hydrobiologique pour les cours d'eau alluviaux de pente < 2,5‰

✓ *Cas 2c : les contextes intermédiaires*

Il convient, toutefois, de noter que cette valeur seuil de pente de 2,5‰ reste théorique et n'est pas un critère absolu. Elle relève d'un choix méthodologique fondée sur des bases scientifiques et sur une étude de cas menée dans le Grand Est (voir annexes). Le cas échéant, si l'usage de ce seuil de 2,5‰ apparaît inadapté au vu du contexte local et des éléments de connaissance disponibles, la stratégie de construction de l'EBF<sub>hydrobiologique</sub> devra alors être adaptée au contexte piscicole correspondant au potentiel théorique relevé :

- emploi de la méthode relative au « CAS 1 » pour des contextes salmonicoles purs (ou intermédiaires à moindre enjeux d'échanges latéraux) ;
- emploi de la méthode relative au « CAS 2b » pour des contextes cyprinicoles purs (ou intermédiaires avec enjeux d'échanges latéraux).

La définition ou non d'un enjeu relatif aux échanges latéraux pour les contextes piscicoles intermédiaires repose sur la fonctionnalité attendue par rapport aux caractéristiques globales du cours d'eau : le peuplement piscicole du secteur peut être « mixte » sans que, de manière naturelle, les enjeux de reproduction du brochet (au titre d'espèce repère pour la fonctionnalité latérale) soient forcément associés au fonctionnement hydraulique du tronçon concerné (mais relatifs à des tronçons situés plus en aval, dans la mesure d'une certaine proximité géographique). C'est par exemple typiquement le cas de la « zone à ombre » définie dans la typologie de Huet (1952).

## ***Etape 2 : Evaluation de l'espace de fonctionnement actuel hydrobiologique***

### ***Principes de construction***

L'Espace de Fonctionnement Actuel sera défini dans les limites de l'EBF délimité en fonction du contexte piscicole (cours d'eau à tendance salmonicole ou cyprinicole).

Quand l'information est disponible (études spécifiques, relevés de terrain complémentaires, connaissance des acteurs locaux ...), tout élément identifié comme limitant pour l'accomplissement du cycle de vie piscicole viendra restreindre la surface de l'EFA :

- réduction du champ effectif d'inondation de la crue décennale ou de sa fonctionnalité : digues, remblais, merlons, recalibrage du lit mineur, cultures, etc. (cours d'eau cyprinicoles) ;
- réduction de l'EBF morphodynamique : plans d'eau artificiels, tissu urbain et zones bâties, cultures, sylviculture, (cours d'eau alluviaux) ;
- obstacle entre le lit mineur et ses annexes pour l'accès aux frayères latérales situées au sein de ce périmètre (rehaussement topographique d'origine anthropique, buse infranchissable, ...) (tous contextes).

Si ces éléments ne sont pas déjà identifiés, ils seront à collecter sur le terrain ou par des enquêtes complémentaires auprès des gestionnaires locaux.

Les remous hydrauliques ne sont pas à retirer de l'EBF pour cartographier l'EFA. Toutefois, compte tenu de leurs impacts sur l'habitat piscicole, ils seront pris en compte dans la notation finale (ratio EFA/EBF), en considérant une pondération arbitraire de leur surface afin de réduire la fonctionnalité de ces zones. En l'absence d'éléments de connaissance stabilisés sur ce sujet, il est proposé la pondération suivante :

- fonctionnalité réduite d'1/3 de la surface du lit mineur concernée par le remous pour les cours d'eau cyprinicoles, qui présentent naturellement des faciès à dominante lentique (impact modéré) ;
- fonctionnalité réduite de 2/3 de la surface du lit mineur concernée par le remous pour les cours d'eau salmonicoles, qui présentent naturellement des successions de faciès à dominante lotique (impact fort).

L'évaluation de l'impact réel du remous sur la fonctionnalité hydrobiologique (et notamment piscicole) reste dépendante de relevés complémentaires plus fins à l'échelle de chaque ouvrage et de chaque tronçon de cours d'eau (inventaires faunistiques en particulier). La pondération proposée ci-dessus pourra donc être modulée par l'opérateur en fonction du contexte local (notamment s'il apparaît qu'un remous d'ouvrage n'engendre qu'un impact réduit sur l'habitat piscicole en contexte salmonicole, ou a contrario si l'impact est fort sur un cours d'eau cyprinicole).

Sur cette enveloppe finale d'EFA, il conviendra en outre de faire apparaître sur la cartographie les éléments (compléments utiles d'informations et pressions) suivants :

- Les linéaires de cours d'eau (couche « hydrographie » de la BD Topo) qui devront aussi être visibles au-delà des limites de l'EFA (voire au-delà de l'EBF théorique) ;
- Les « portes » vers l'amont (ou l'aval) de l'ensemble des affluents (ou bras, diffluents ...) à la limite de l'EFA ;
- Les ouvrages hydrauliques (couche « ROE ») et leur zone d'influence de remous (et si disponibles, la hauteur de chute / le diagnostic de franchissabilité)
- Les voies de communications (couches « réseau routier » et « voies ferrées » de la BD Topo)
- A partir des éléments relatifs aux inventaires des milieux humides alluviaux qui sont théoriquement demandés dans les études globales de bassin versant/cours (qui sont celles

ciblées pour intégrer la présente méthodologie de définition de l'EBF), les « annexes hydrauliques » (frayères potentielles) qui seront précisément identifiées (sans restriction d'échelle) seront aussi à reporter dans la représentation des EBF/EFA

## Synthèse

**Etape 1a (contexte cyprinicole) :** report de la couche de la crue décennale sur le tronçon de cours d'eau étudié.

Si celle-ci n'est pas disponible, utiliser à la place l'enveloppe théorique de 10 Lpb.

**Etape 1b (contexte salmonicole) :** report de la couche de l'EBF morpho-dynamique sur le tronçon de cours d'eau étudié.

**Etape 2 :** intégrer les annexes hydrauliques à cette enveloppe

Si cette première enveloppe recoupe des annexes hydrauliques (connectées ou non au lit mineur), élargir le périmètre selon la géométrie de ces annexes, en tenant compte de leurs caractéristiques topographiques et floristiques. Les plans d'eau anthropiques, les canaux d'amenée,... ne sont pas à prendre en compte comme annexes hydrauliques. Toutefois, les milieux anthropiques anciens, ayant évolué vers des annexes hydrauliques, peuvent être considérés s'ils présentent des caractéristiques écologiques favorables à la faune piscicole du cours d'eau (reproduction notamment).

⇒ L'enveloppe obtenue à l'issue de l'étape 2 constitue l'EBF hydrobiologique

**Etape 3 :** retrait des surfaces impactant les fonctions piscicoles

- le tissu urbain, les cultures, les plantations de peupliers et de résineux ainsi que les plans d'eau anthropiques ;
- les zones qui ne seraient pas effectivement « inondables » en situation de crue décennale du fait de digues, rehaussement topographiques d'origine anthropique, recalibrages du lit mineur ... ;
- les portions d'annexes hydrauliques qui ne seraient pas effectivement accessibles pour la faune piscicole en situation de crue décennale (connexion obstruée par une buse, hauteur d'eau limitante par recalibrage...).

⇒ L'enveloppe obtenue à l'issue de l'étape 3 constitue l'EFA hydrobiologique

**Etape 4 :** pondération des aires de retenues d'eau par les ouvrages transversaux

Pour les ouvrages qui provoquent une simplification des faciès d'écoulements et des habitats en moyennes et basses eaux, retirer par pondération une partie de la surface du lit mineur influencée hydrauliquement en eaux moyennes par les ouvrages selon le type de cours d'eau (par défaut : 2/3% de la surface en contexte salmonicole et 1/3 de la surface en contexte cyprinicole).

⇒ L'étape 4 permet l'évaluation du ratio surface EFA/ surface EBF

☝ Chaque type d'élément ayant conduit à la restriction de l'EBF, pour aboutir à l'EFA, pourra être utilement cartographié/quantifié à ce stade de la démarche, ces informations étant à apporter ultérieurement pour préciser/hiérarchiser les raisons de la dégradation de la surface de l'EFA par rapport à la surface de l'EBF.

Concernant la surface réduite en cas de présence d'un remous hydraulique, la représentation cartographique de cette restriction n'est pas à faire, seule la longueur du remous hydraulique sera matérialisée par une flèche sur les cartes (voir figures 28 à 30).

**Etape 5 : compléments à la cartographie hydrobiologique**

Faire apparaître l'ensemble des contraintes/pressions/autres éléments d'information utiles à la compréhension/analyse du fonctionnement hydrobiologique : linéaires de cours d'eau (cours principal et affluents), « portes » vers le reste du réseau hydrographique, ouvrages hydrauliques (avec, si disponibles, hauteur de chute et évaluation de franchissabilité) et remous amont associé, voies de communication, annexes hydrauliques et tout autre élément d'information que l'opérateur jugera utile d'afficher.

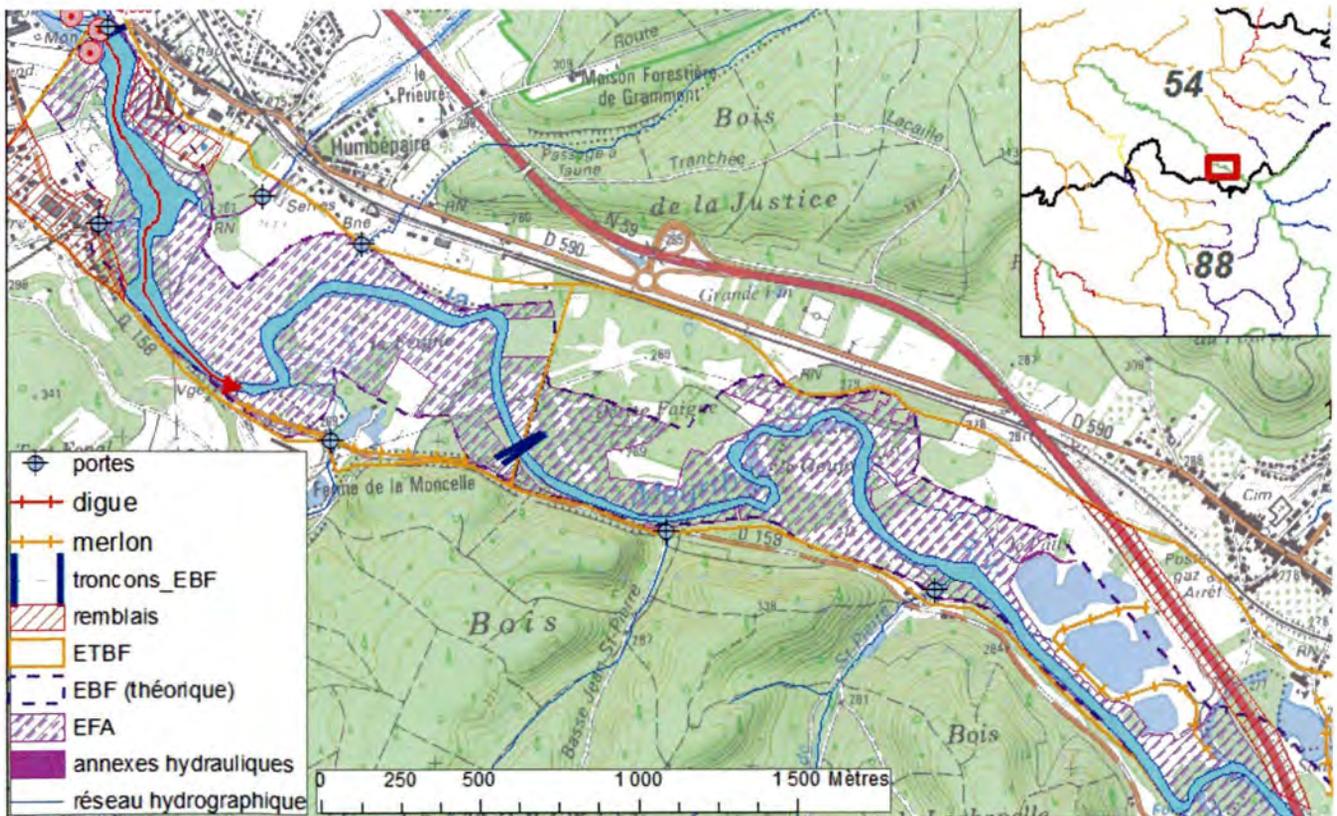


Figure 35 : exemple de cartographie pour une rivière à fond alluvial de pente 0,9 ‰ : la Meurthe à Raon l'Etape (54)

## 3. EVALUATION DU BON FONCTIONNEMENT

### 3.1. Evaluation du fonctionnement résiduel

Le principe général d'évaluation repose sur une notation qui, pour chacune des 5 fonctions, résulte du rapport entre la superficie résiduelle disponible pour le fonctionnement actuel et la surface estimée pour le bon fonctionnement (EFA/ EBF) selon les classes suivantes :

Rapport EFA/EBF (%)	Evaluation de l'espace de fonctionnement actuel
100- 80	Bon fonctionnement
80-60	Fonctionnement passable
60-40	Fonctionnement moyen
40-20	Mauvais fonctionnement
20-0	Très mauvais fonctionnement

 Cette échelle n'évalue pas le Très Bon Fonctionnement qui correspondrait donc à une note > 100.

Synthétiquement et en résumé (le détail est présenté au chapitre 2), pour les différentes fonctions, les étapes de construction des EBF et EFA sont reprises dans le tableau suivant :

Etape préalable : définition de l'ETBF (Espace de Très Bon Fonctionnement)

Fonction	Espace de Bon Fonctionnement (EBF)	Espace de Fonctionnement Actuel (EFA)	Note
<b>Morpho-dynamique</b>	1- estimation de l'indice de puissance fluviale spécifique 2- estimation de la cohésion des berges 3- estimation du rôle de la végétation 4- estimation du potentiel de mobilité théorique ⇒ estimation de la surface de l'EBF selon le type de mobilité potentielle (TM, M, PM, TPM)	5- retrait des surfaces non disponibles à la dynamique 6- examen des cas particuliers <ul style="list-style-type: none"> <li>- sur-largeurs</li> <li>- changement de classe de mobilité suite à aménagements (TM, M, PM, TPM)</li> <li>- lits historiques</li> </ul>	EFA/EFB
<b>Hydraulique</b>	1- reprise de l'aire de la $Q_{100}$ - $Q_{50}$ / à défaut % du fond alluvial (ETBF) pour délimitation/évaluation de l'EBF 2- estimation de la Zone de Grand Ecoulement ( $Q_5$ - $Q_{10}$ ou théorique) en information complémentaire	3- retrait des zones non inondables et bâties 4- mention des informations complémentaires (digues, remblais, recalibrages, etc.)	EFA/EFB
<b>Hydro-géologie</b>	1- caractérisation de la nappe alluviale : si nappe présente, EBF hydrogéologique = EBF hydraulique 2- caractérisation du contexte hydrogéologique (perméabilité,...)	3- évaluation des surfaces de nappe modifiées 4- pondération des surfaces de nappe modifiées 5- estimation de la valeur de l'EFA (surface pondérée)	EFA <sub>pondéré</sub> /EFB
<b>Bio-géochimie</b>	1a- délimitation de l'EBF auto-épuration <ul style="list-style-type: none"> <li>- berges poreuses : lit mineur + EBF morphodynamique</li> <li>- berges peu ou pas poreuses : lit mineur</li> </ul> 1b- délimitation de l'EBF de limitation des transferts (2X10 m) <ul style="list-style-type: none"> <li>- pour cours d'eau sinueux ou naturels : linéaire actuel</li> <li>- cours d'eau rectifiés : linéaire actuel *1,2</li> </ul>	2a- pondération de l'EFA auto-épuration (EFA1) <ul style="list-style-type: none"> <li>- berges poreuses : EFA morpho-dynamique + lit non dégradé</li> <li>- berges peu/pas poreuse : lit non dégradé</li> </ul> 2b- pondération selon occupation des sols rivulaire sur 10 m de part et d'autre du cours d'eau (EFA2)	0,5(EFA1+ EFA2) / EFB
<b>Ecologie terrestre et palustre</b>	Méthode 1 - Superposition de l'EBF hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique avec les zones humides potentielles Méthode 2 - Prise en compte directe des zones humides identifiées à une échelle infra-régionale et comparaison à l'EBF hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique	1 - Retrait de l'EBF des contraintes anthropiques non favorables à la fonctionnalité écologique terrestre et palustre (voies de communication, surfaces imperméabilisées, constructions linéaires, surfaciques et ponctuelles, carrières en activité, cultures, etc.) 2 - Superposition de l'EFA hydraulique, hydrogéologique et morphodynamique : limites probables des milieux naturels à méso-hygrophiles et encore fonctionnels 3 - Phase de terrain : valider et compléter l'évaluation de l'EFA	EFA/EFB
<b>Hydro-biologie</b>	0- définition du contexte piscicole 1a- contexte salmonicole : EBF morphodynamique + annexes hydrauliques potentielles 1b- contexte cyprinicole : EBF = enveloppe de $Q_{10}$ + annexes hydrauliques potentielles	3- retrait des surfaces non fonctionnelles pour la vie piscicole (non accessibles, habitats fortement modifiés,...) 4- pondération des surfaces de remous de barrage à partir des eaux moyennes 5- compléments informatifs à la cartographie pour l'hydrobiologie	EFA/EFB

### 3.2. Construction d'une évaluation de synthèse

La méthode propose deux évaluations de synthèse par tronçon de cours d'eau :

- 1- une évaluation de l'espace de bon fonctionnement physique : morpho-dynamique, hydraulique, hydrogéologie et biogéochimie (croisement des 2 sous fonctions auto-épuration et limitation des transferts). La méthode est décrite ci-dessous ;
- 2- une évaluation de l'espace de bon fonctionnement écologique constituée de la moyenne des notes d'écologie terrestre et d'hydrobiologie

L'évaluation de l'espace de bon fonctionnement physique repose sur les pondérations proposées dans le tableau ci-dessous.

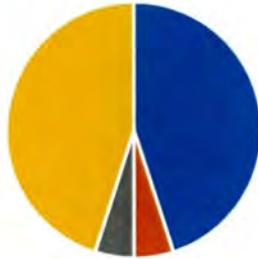
	Pondération par type de cours d'eau				
	torrent de montagne	moyenne montagne - cote calcaire	cours d'eau de piémont	cours d'eau de plaine argilo-limoneuse	cours d'eau de plaine sablo-graveleuse
Morpho-dynamique	45%	40%	35%	15%	35%
Hydraulique	5%	10%	25%	50%	35%
Hydro-géologie	5%	10%	20%	15%	15%
Bio-géochimie	45%	40%	20%	20%	15%
	1	1	1	1	1

Ces pondérations résultent du croisement entre les différentes fonctions et le type de cours d'eau concerné en considérant que certaines fonctions sont plus prégnantes/prioritaires dans certain contexte. Sur un torrent de montagne, en général peu concerné par les débordements et l'expansion des crues en son lit majeur, la fonction hydraulique paraît moins influente que sur un cours d'eau de plaine dont l'espace de fonctionnement est en grande partie déterminée par sa plaine inondable.

A noter que pour cette évaluation finale et dans un souci de simplification, la pondération des notes de fonctionnement physique a été regroupée en 5 grands types des cours d'eau selon la grille suivante

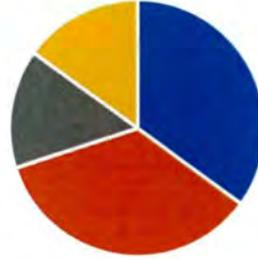
Types EBF simplifiés	Types Rhin-Meuse (1998)
Torrents de montagne	T1 Cours d'eau et torrents de montagne
Cours d'eau à forte pente	T2 Moyennes vallées des Vosges cristallines
	T4 Cours d'eau de côtes calcaires et marno-calcaires
Cours d'eau de piémont	T3 Cours d'eau de piémont
Cours d'eau de plaine argilo-limoneuse	T6, Cours d'eau de plaines argilo-limoneuses
	T6b Cours d'eau de collines argilo-limoneuses
Cours d'eau de plaine sablo-graveleuse	T5, Basses vallées de plateaux calcaires
	T6t Cours d'eau sur cailloutis ou alluvions sablo-graveleuses

torrent de montagne



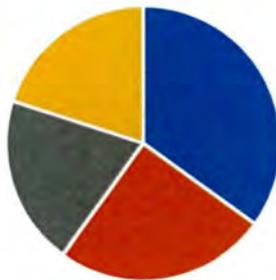
- morpho-dynamique
- hydraulique
- hydro-géologique
- bio-géochimique

plaine sablo-graveleuse



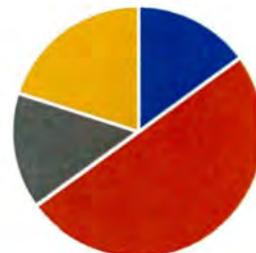
- morpho-dynamique
- hydraulique
- hydro-géologique
- bio-géochimique

cours d'eau de piémont



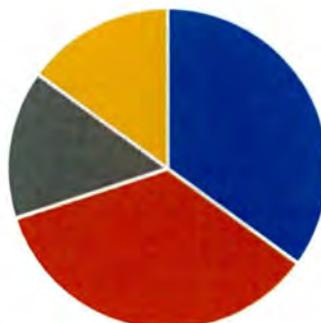
- morpho-dynamique
- hydraulique
- hydro-géologique
- bio-géochimique

cours d'eau de plaine argilo-limoneuse



- morpho-dynamique
- hydraulique
- hydro-géologique
- bio-géochimique

cours d'eau de plaine sablo-graveleuse

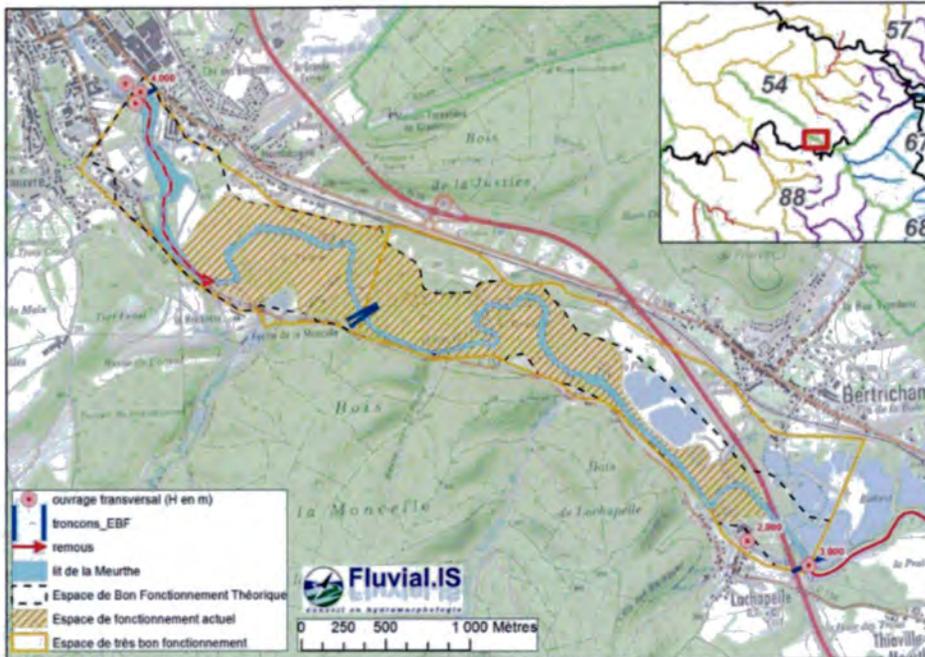


- morpho-dynamique
- hydraulique
- hydro-géologique
- bio-géochimique

Figure 36 : pondération des notes de fonctionnement physique selon les types simplifiés de cours d'eau

### 3.3. Exemple d'application sur un tronçon de cours d'eau

#### 3.3.1. Définition de l'EFA/EBF morpho-dynamique

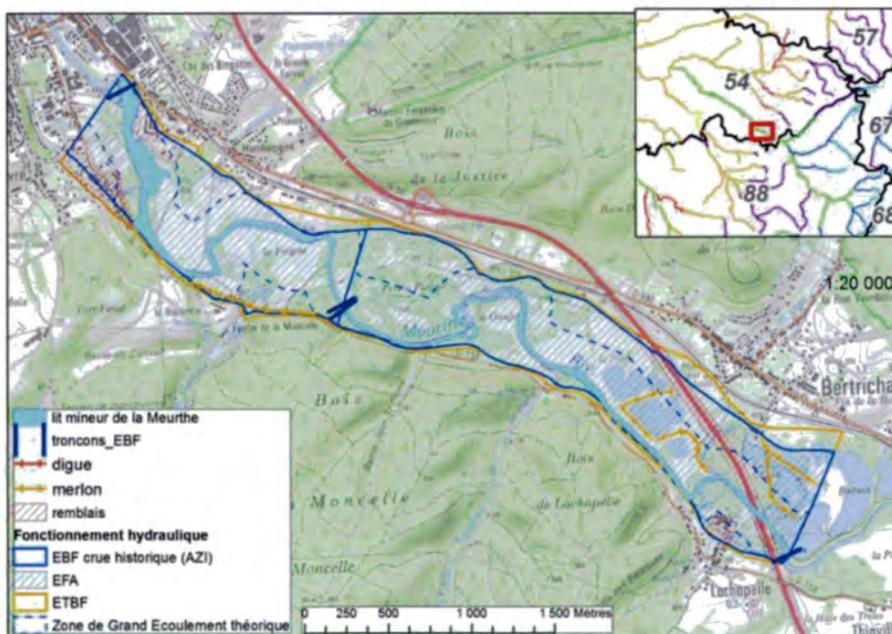


L'EBF a été défini dans les limites de la couverture alluviale corrigée par celles de la crue centennale connue, à partir du fuseau de mobilité disponible sur ce linéaire (10 fois la largeur à pleins bords)

Après le retrait des infrastructures, des étangs artificiels, de la zone située sous l'influence du barrage à l'aval, l'EFA ne représente plus que

$$\text{EFA/EBF} = 136,83\text{ha} / 198,2 \text{ ha} = 69 \% \quad \color{green}\square$$

#### 3.3.2. Définition de l'EFA/EBF hydraulique

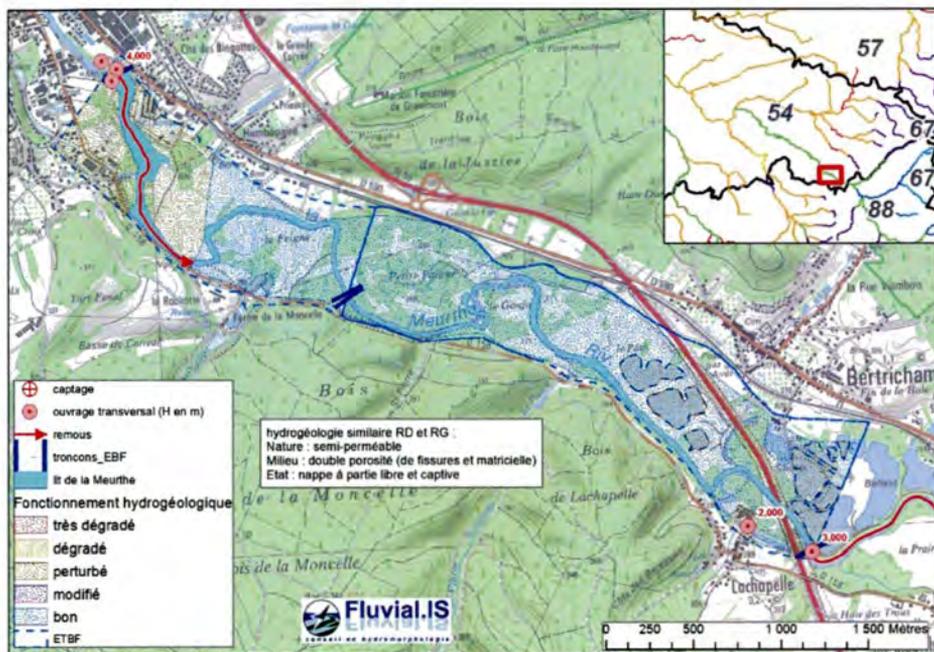


L'EBF hydraulique peut être ici dessiné car on dispose de la limite des plus hautes eaux connues à l'intérieur du fond alluvial de la vallée de la Meurthe. La limite de la ZGE correspond ici à l'EBF morphodynamique (10 fois la largeur à pleins bords). L'EFA qui doit tenir compte des remblais et des zones habitées n'est réduit ici qu'assez peu.



EFA/EBF = 251,64 ha/ 273,40 ha = 92 %  

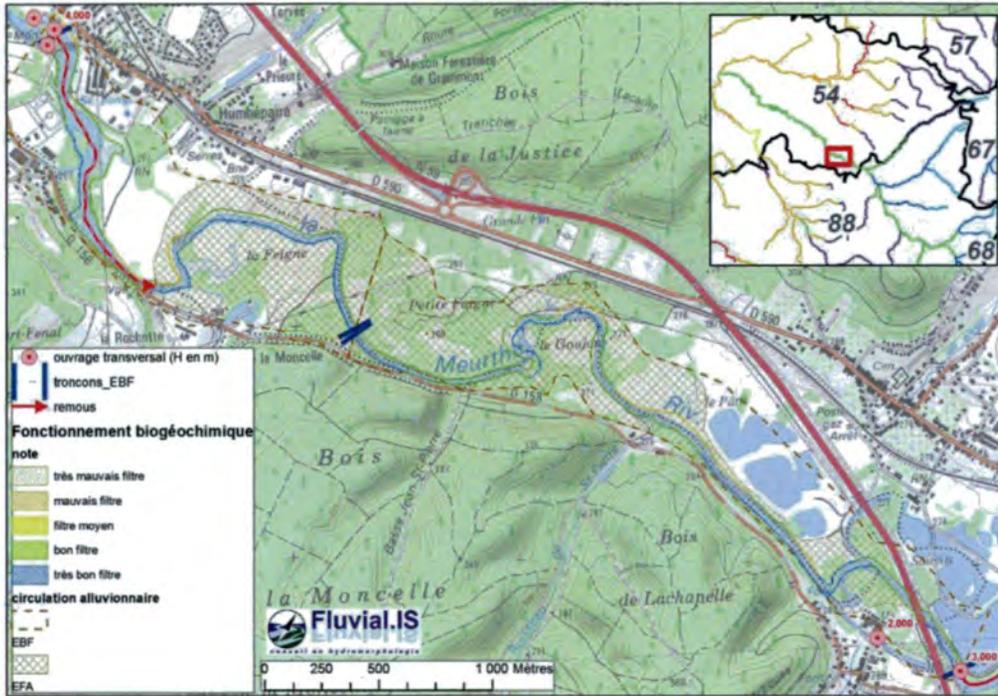
### 3.3.3. Définition de l'EFA/EBF hydrogéologique



L'EBF hydrogéologique correspond à l'EBF hydraulique. L'EFA hydrogéologique est réduit par la présence des anciennes gravières, des zones imperméabilisées ou remblayées mais aussi par la remontée artificielle de la nappe du fait des ouvrages hydrauliques. Mais le contexte aquifère et poreux des versants permet d'estimer que cet effet reste non significatif.

EFA/EBF = 232,50 ha/ 273,40 ha = 85%=> 100%

### 3.3.4. Définition de l'EFA/EBF biogéochimique



L'EBF biogéochimique en contexte de rivière à berges de faible cohésion est constitué à la fois de la bande de méandrage (cf. EBF morpho-dynamique), du lit mineur (autoépuration) et de l'espace rivulaire (10 m sur chaque rive, à partir des hauts de berges).

EFA/EBF de la bande de méandrage : 131 ha / 198ha = 66%

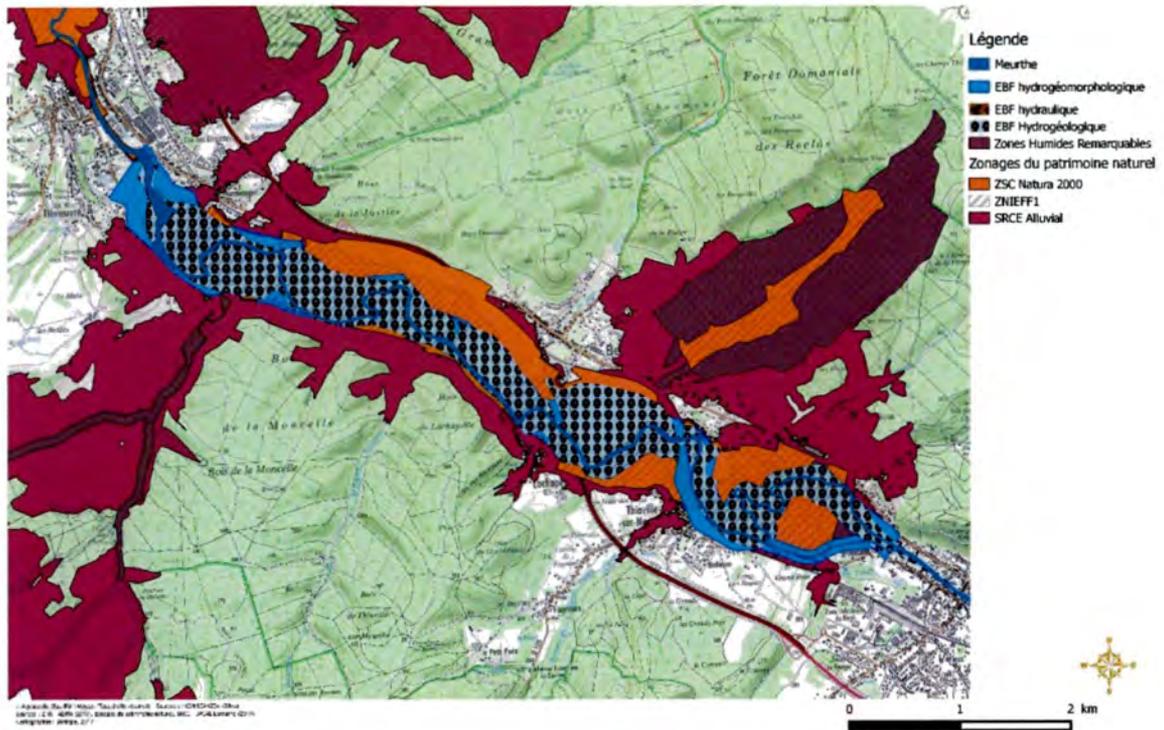
EFA/EBF du lit mineur : 63%

EFA/EBF de bon filtre des transferts : 76%

EFA/EBF biogéochimique =  $((66+63)/2 + 76\%)/2 = 70\%$



### 3.3.5. Définition de l'EFA/EBF écologique terrestre et palustre



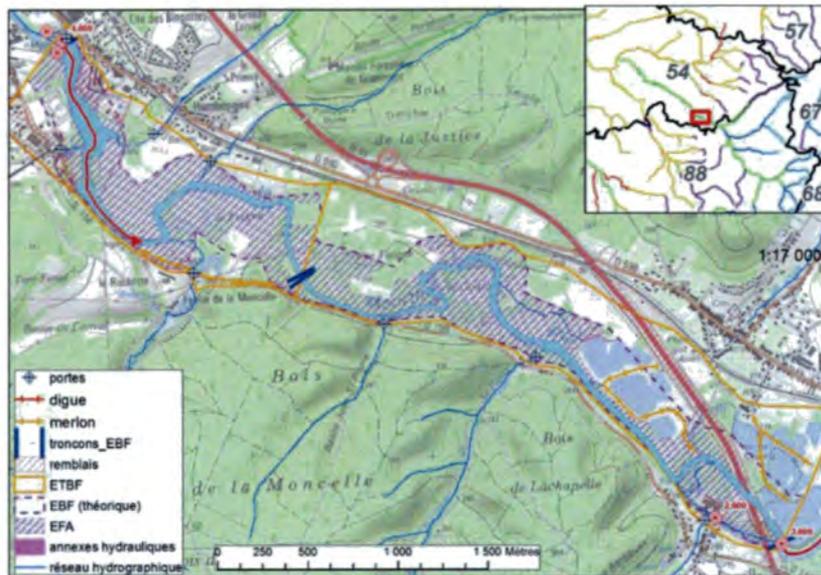
L'EBF écologique est la synthèse des EBF hydrauliques, morpho-dynamique et zones écologiques particulières (ZH, ZSC, etc.). L'EFA écologique en déduit les contraintes et pressions locales (voies de communications, gravières, zones imperméabilisées, cultures, etc).

EBF écologique : 632,3 ha

EFA écologique : 252,1 ha

EFA/EBF = 113/356,6 = 39,8 %

### 3.3.6. Définition de l'EFA/EBF hydrobiologique



Dans ce contexte plutôt cyprinicole, l'EBF hydrobiologique est construit sur la base de l'EBF morphodynamique (ici, la Zone de Grand Ecoulement étant considérée comme similaire avec l'aire d'expansion des crues fréquentes) + toutes les annexes hydrauliques, alors que l'EFA ne considère que les espaces réellement connectés du lit majeur et des annexes.

EBF hydrobiologique : 192,02 ha

EFA hydrobiologique : 143,2 ha

EFA/EBF = 143,2/192,02 = 75 %



## 4. APPLICATIONS ET PERSPECTIVES

### 4.1. Synthèse et domaine d'application

Le travail conduit en complémentarité sur les bassins Rhône-Méditerranée-Corse (2015/16) et Rhin-Meuse (2016/17) pose les bases du concept d'espace de bon fonctionnement des cours d'eau et de son application.

Le travail conduit en Rhin-Meuse, objet du présent guide, définit plusieurs notions associées à ce concept : espace de très bon fonctionnement (ETBF), espace de bon fonctionnement (EBF), espace de fonctionnement actuel (EFA), ainsi que les différentes fonctions associées au cours d'eau. Dans une optique de diagnostic, il propose une méthode de cartographie et d'évaluation des fonctions associées l'espace « rivière ». Ces fonctions représentent autant de services rendus par les écosystèmes (régulation hydraulique, autoépuration, biodiversité,...) qui, lorsqu'ils sont altérés, ne sont plus en capacité de satisfaire certains besoins, en particulier pour l'Homme (qualité de l'eau, protection face aux inondations, agriculture,...). Au final, ce sont 6 fonctions qui sont évaluées par rapport à l'espace nécessaire à leur expression afin de traduire « le niveau actuel de services rendus » par les milieux et leur potentiel de restauration (si celui-ci est altéré).

Cette méthode présente l'intérêt de pouvoir différencier l'approche selon les territoires, une ou plusieurs fonctions pouvant faire l'objet d'investigations et d'évaluations plus détaillées, si elles présentent des enjeux spécifiques. Elle permet en ce sens de répondre aux questions suivantes :

- quel espace optimal la rivière peut-elle mobiliser (ETBF) ? étant ici sous-entendu l'espace que la rivière pourrait mobiliser pour l'expression de ses divers processus et fonctions en l'absence de contraintes humaines ;
- quel espace nécessaire pour l'expression satisfaisante de chaque fonction (EBF) ? étant ici sous-entendu l'espace minimal à réserver à la rivière pour qu'elle assure suffisamment ses processus et donc ses fonctions, en particulier au regard des besoins anthropiques (optique de la Directive Cadre sur l'Eau) ;
- quel espace de fonctionnement actuel (EFA) ? étant ici sous-entendu l'espace résiduel pour l'expression des processus et le degré de fonctionnalité « estimé » de la rivière compte tenu de son fonctionnement et de son aménagement actuel ;

A l'inverse, la méthode proposée ne constitue pas :

- un diagnostic de la qualité hydromorphologique et/ou écologique du cours d'eau, notamment au niveau du compartiment aquatique. Ce point relève en effet d'autres outils relatifs à l'hydromorphologie (SYRAH, CARHYCE, QUALPHY,...) ou à la biologie (indices poissons, macroinvertébrés,...). Par contre, ces éléments de connaissance peuvent utilement compléter la méthode proposée dans ce guide.
- une évaluation de l'atteinte des objectifs de la DCE (Bon Etat). Elle peut par contre contribuer à la compréhension et à l'explication des résultats d'état écologique voire chimique, en particulier lorsque les masses d'eau sont dégradées. On peut ainsi supposer que plus l'EFA se rapprochera de l'EBF, pour un cours d'eau donné, plus la probabilité d'atteindre le Bon Etat (écologique) sera forte ;

Ainsi, la méthode ne vise pas à évaluer la qualité du milieu étudié. Des écarts importants entre les évaluations de fonctions différentes, pourtant liées, ne sont donc pas forcément contradictoires : par exemple, un même cours d'eau peut disposer d'un espace de fonctionnement biologique relativement préservé (frais, alimentation, déplacements possibles) alors que son espace de fonctionnement morpho-dynamique sera fortement perturbé, et c'est dans ce cas une autre fonction qui pourra être altérée (bio-géochimie par exemple).

## 4.2. Perspectives d'application

En termes de perspectives d'application, l'objectif de cette méthode est de pouvoir disposer d'un outil pratique et illustré (cartes, notations) qui mette en perspective, pour chaque fonction, différents espaces et évaluations successifs, d'une situation intacte théorique à une situation actuelle, potentiellement modifiée. La finalité se veut ainsi opérationnelle afin de construire des programmes de préservation voire de restauration de cours d'eau, basés, non pas uniquement sur la gestion du lit mineur et des berges, mais sur l'ensemble de l'espace alluvial. Sur la base de ce diagnostic fonctionnel et objectif, un panel de stratégies d'actions plus ou moins ambitieuses, plus ou moins opportunes pourra être proposé et discuté par les gestionnaires dans le cadre de comités de pilotage locaux. En complément des indicateurs de qualité de l'eau de la DCE (état biologique, état physico-chimique, état chimique), le travail vise ainsi à **orienter et à illustrer la gestion des cours d'eau vers une préservation voire une restauration des fonctionnalités des écosystèmes qui sont autant de services rendus à la société.**

Ce guide a donc vocation à alimenter les cahiers des charges des études/diagnostics visant la gestion durable et écologique des écosystèmes alluviaux. Compte tenu du volume d'informations à rassembler pour délimiter et évaluer les différentes fonctions (espaces), un certain nombre de solutions par défaut sont proposées dans la méthode. Le guide rappelle ainsi à plusieurs reprises la nécessité, pour le commanditaire et pour l'opérateur de ce type d'étude, d'apprécier l'opportunité d'appliquer ces choix méthodologiques en rapport avec le contexte local, les informations disponibles par ailleurs et/ou les études complémentaires plus détaillées à mener. En ce sens, et bien que la méthode ne décrive que succinctement les investigations de terrain à conduire, celles-ci sont indispensables et ne seront limitées que par l'étendue de la zone d'étude et les moyens financiers disponibles. En outre, la méthode proposée n'est pas figée et elle reste susceptible d'évoluer selon les retours des gestionnaires et des opérateurs la mettant en œuvre dans des applications locales et à « taille réelle » (les tronçons tests choisis pour son élaboration étant de longueur limitée).

Plus largement, la démarche vise également à contribuer à la planification dans le domaine de l'aménagement du territoire, afin que la préservation et la restauration des cours d'eau, et de leur espace de (bon) fonctionnement, soient prises en compte au sein des politiques d'aménagements et d'activités structurant les territoires : urbanisation, voies de communication, protection face aux inondations, activités économiques, touristiques, etc.

Au-delà des fuseaux de mobilité, le développement progressif de ce concept d'EBF dans le SDAGE Rhin-Meuse doit ainsi permettre une prise en compte circonstanciée de « l'espace rivière » au sein des SAGE, PAPI (Programmes d'Actions de Prévention des Inondations), SCOT et PLU, Schémas de Carrières, plans d'adaptation au changement climatique, etc. afin d'intégrer la préservation voire la reconquête des espaces alluviaux, et de leur biodiversité associée, au sein de l'aménagement du territoire.

## 5. ANNEXES

### 5.1. Bibliographie

AERM, 1998, typologie des cours d'eau du Bassin Rhin-Meuse, compléments et consolidation, 62p.

AERM, 2017, Mise à jour et synthèse des fuseaux de mobilité du bassin Rhin-Meuse, (en cours)

AERMC, 2011, Restauration hydromorphologique et territoires, concevoir pour négocier, Avril 2011, Guide technique SAGE

AMOROS C. & PETTS G.E.,(1993),*Hydrosystèmes fluviaux*, Masson, collection écologie, Paris, Milan, Barcelone, Bonn, 274 p.

ANONYME, 2015, *Espace de Bon Fonctionnement (EBF). Eléments techniques pour son identification* cahier technique n°2 Réseau Régional du Gestionnaires de Milieux Aquatiques de PACA

BREIL P., NAMOUR P., PONS M.-N., REMY G., 2015, Epuración en Eaux Courantes, Programme Ecotech 2010, ANR, groupe de travail Fluvial.IS, LRGP, IRSTEA, ISA, 12 livrables

CATALOGNE C., LE HENAFF G, 2016, Guide d'aide à l'implantation des zones tampons pour l'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole, Irstea ONEMA, Groupe technique Zones Tampons

CAZELAIS S. GAGNON, A., LAROCHE, R., SAVOIE V., GUILLOU M., CHRETIEN F., BREUNE I. , 2008, Diagnostic et solutions des problèmes d'érosion des berges de cours d'eau, Fiche technique, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 14 p.

CEMAGREF, 2004, Le ralentissement dynamique pour la prévention des inondations, Guide des aménagements associant l'épandage des crues dans le lit majeur et leur écrêtement dans de petits ouvrages, sept. 2004, 131 p.

CHANCEREL F., 2003. Le Brochet. Biologie et gestion. Collection Mise au point, Ed. Conseil supérieur de la Pêche : Paris. 199 p.

CHARRIER P., WEBEL G., DELORME V., 2014, Etude du Transport Solide des Rivières du Bassin Saulx et Ornain, Fluvial.IS, Institut Prof. Webel GmbH, Agence de l'Eau Seine-Normandie, 2 vol. + annexes

DEGOUTTE G., 2006, Diagnostic, aménagement et gestion des rivières, Hydraulique et morphologie fluviale appliquées, Lavoisier, 394 p.

DUFOUR S. & H. PIEGAY 2004, Guide de gestion des forêts riveraines de cours d'eau, ONF, Agence RMC, CNRS, Université Lyon 3, 132 p.

EPAMA, 2006, Aménagement de la Zone de Ralentissement Dynamique de Crue de Mouzon, 28 p.

GOMEZ B., 1995, Bedload Transport and Changing Grain Size Distribution, in Gurnell A., Petts G., *Changing river channel*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, p. 177-199

GILLI E., MANGAN C., MUDRY J., 2004, Hydrogéologie, objets, méthodes, applications, Sciences Sup, Dunod, 303 p.

HOFFMANS G.J.C.M., Verheij H.J., 1997, Scour Manual, CRC Press, 224 p.

HONECKER U., 2005, Bewertung des naturnahen Retentionspotentials in Gewässer-Aue-Systemen, Universität des Saarlandes, Geographische Arbeiten Band 49, 168p.

HOOKE J.M., 1995, Processes of Channel Planform Change on Meandering Channels in the UK, in Gurnell A., Petts G., *Changing river channel*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, p. 87-115

HUET M., 1954. Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. Bulletin français de Pisciculture 175, pp. 41-53

HUET M., 1959. Profiles and biology of western European streams as related to fisheries management. T. Am. Fish. Soc., 88, pp. 155-163

KEITH P. PERSAT H., FEUNTEN E. & ALLARDI J. (coords), 2011. Les poissons d'eau douce de France. Biotope, Mèze ; Muséum national d'histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité). 552 p.

KNIGHTON D., 1987, Fluvial forms and processes, E. Arnold Publishers Ltd, London, 218 p.

LACHAT Bernard, CONSUEGRA David, HOFMAN Frédéric, 2003, Etude du colmatage sur les cours d'eau jurassiens – application à la rivière Allaine, Biotec, 111 p.

LAJZAK A. , 1995, The impact of river regulation, 1850-1990, on the channel and Floodplain of the Upper Vistula River, Southern Poland, in Edward J. Hickin, *River Geomorphology*, John Wiley & Sons Ltd, p. 209-233  
Larras J, 1972, Hydraulique et granulats, Eyrolles, 254 p.

LEOPOLD L. B., WOLMAN M. G., 1957, *River Channel Patterns: Braided, Meandering and Straight*, Physiographic and hydraulic studies of rivers, Geological survey professional paper 282-B, United States Government Printing Office, Washington, 85 p.

MALAVOI, 2009, *Guide de détermination des Espaces de Bon Fonctionnement*

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET, MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, Mai 2010 La généralisation des bandes enherbées le long des cours d'eau (article 52 du projet de loi Grenelle 2) : réflexion sur l'impact et la mise en œuvre de cette disposition, 88p.

MUSY A., HIGY C., 1998, Hydrologie appliquée, Tempus, HGA, 368 p.

Musy A., Higy C., 2003 , Hydrologie, une science de la Nature, PPUR, 314 p.

OFE, 2013

OPDYKE M.R., DAVID M.B. & RHOADS B.L., 2006, Influence of geomorphological variability in channel characteristics on sediment denitrification in agricultural streams, Journal of Environmental Quality, 35 (6), pp. 2103-2112

PACAUD G., ROULIER C., HUNZIKER L., 2013, Espace nécessaire aux grands cours d'eau de Suisse, OFE-CH, 110 p.

PETIT F., DAXHELET C., 1989, Détermination du débit à pleins bords et de sa récurrence dans différentes rivières de moyenne et haute Belgique, Bulletin de la Société Géographique de Liège, 25, pp. 69-84

PETTS Geoffrey.E., 1989, Historical Analysis of Fluvial Hydrosystems, in Petts G.E., Möller H. , Roux A.L., Historical change of large alluvial rivers : Western Europe, Wiley & Sons, Chichester, p 1- 17  
Piégay H., Pautou G., Ruffinoni C., 2003, les forêts riveraines des cours d'eau, Institut pour le développement forestier, 464 p.

PIÉGAY H., BRAVARD J.P, 1993, Processus biomorphodynamiques et métamorphose fluviale : exemple du secteur de Mollon dans la plaine alluviale de la Basse vallée de l'Ain, *Revue de Géographie Dynamique*, t. XLII, n°4, p. 123-138

PIÉGAY H. , PEIRY J.-L., Gazelle F, 2003, Effets des ripisylves sur la dynamique du lit fluvial et de son aquifère, in Piégay et al. Les forêts riveraines des cours d'eau, IPDF, pp. 134-154

RACCASI G., LAMBERET T. LAVAL F. BECK T., TIRIAU E., 2016, Elaboration de méthodes de définition de l'espace de Bon Fonctionnement des cours d'eau, Burgeap, Artelia, Grontmij, Oteis, AERMC, Eau et connaissance, 161 p.

POULARD, C., CHASTAN, B., ROYET, P., DEGOUTTE, G., GRELOT, F., ERDLLENBRUCH, K., NEDELEC, Y., 2008, "Prévention des inondations par ralentissement dynamique : principe et recommandations", *Ingénieries E.A.T.*, special issue no. 14, 5-24

REID I., BATHURST J.C.; CARLING P.A.; WALLING D.E., WEBB B.W., 2003, Sediment Erosion, Transport and Deposition, *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*, Ed. Colin R. Thorne, Richard D. Hey, Malcom D. Newson, Wiley and Sons Ltd, Chichester, 95-135

RANGER J, COLIN-BELGRAND M., NYS C., 1995, le cycle biogéochimique des éléments majeurs dans les écosystèmes forestiers, importance dans le fonctionnement des sols, *Etude et gestion des sols*, 2,2 pp. 153-174

RICHARD Keith, 1982, *Rivers, form and process in alluvial channels*, Methuen, London and New York, 357 p.

ROLLET A.-J, 2008, Etude et gestion de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain, Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Université Jean Moulin, Lyon, 30p p.

RUFFINONI C., TREMOLIERES M. , SANCHEZ-PEREZ J.-M., 2003, Végétation alluviale et flux de nutriments : des liens interactifs, in Piégay et al. Les forêts riveraines des cours d'eau, IPDF, pp. 134-154

SCHUMM S. A., 1977, *The fluvial System*, John Wiley & Sons, New-York, Chichester, 377 p.

TENDRON G., 1994. Gestion piscicole et plans de gestion. Conception et pratique. Collection Mise au point, Ed. Conseil supérieur de la Pêche : Paris. 240 p.

VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W.; SEDELL J.R., CUSHING C.E., 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37, pp. 130-137

VERNEAUX J., 1973. Cours d'eau de Franche-Comté (massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau Hydrographique du Doubs – essai de biotypologie. *Ann. Scient. Univ. Fr. Comté, Biol. Anim.* 3 (9), pp. 1-260

WELLER D.E., CORRELL D.L., JORDAN T.E., 1994, Denitrification in riparian forests receiving agricultural discharges, in *Global wetlands – Old world and new*, William J. Mitsch Ed., Elsevier, 117-131

WELSCH D. J., 1995, Riparian Forest Buffers, Functions and Design for Protection and Enhancement of Water Resources, Department of Agriculture, Northeastern Area, State & Private Forestry, Forest Resources Management, Radnor, PA NA-PR-07-91

### 5.2. Justification du seuil Cyprinicole/Salmonicole

Huet (1954) a édicté la « règle des pentes » qui permet de distinguer différents secteurs piscicoles en fonction à la fois de la pente du cours d'eau et de sa largeur (figure suivante).

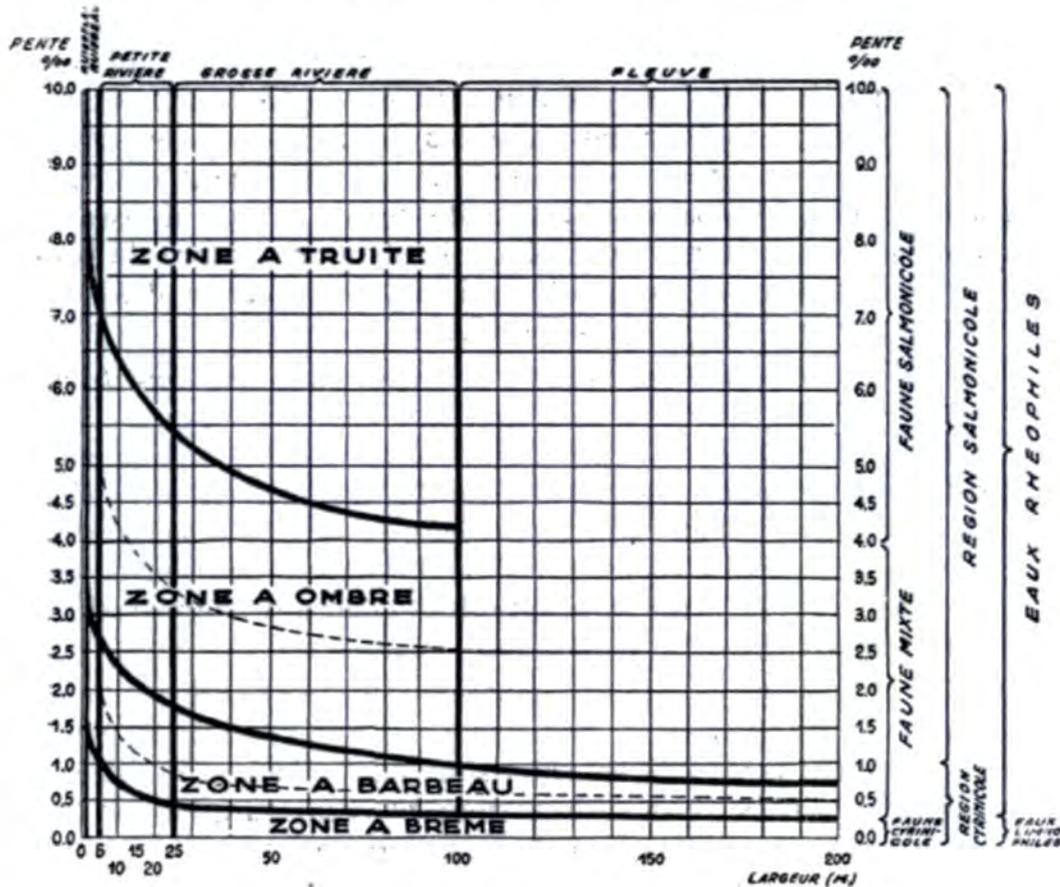


Figure 37 : Graphique des pentes de Huet, 1954

D'après ces travaux, au-delà d'une pente de 2,5‰ quelle que soit la largeur du cours d'eau, la typologie piscicole théorique correspond soit à la « zone à ombre », soit à la « zone à truite ». L'auteur définit la « zone à truite » comme un contexte purement salmonicole tandis que, dans la « zone à ombre », on rencontrerait une faune mixte à dominance salmonicole. Des espèces cyprinicoles comme le gardon ou le rotengle ainsi que des carnassiers dont le brochet peuvent s'y trouver. Toutefois ce n'est pas dans ces secteurs qu'interviennent les enjeux relatifs à la reproduction du brochet (celle-ci aura lieu sur des secteurs plus en aval, au sein d'annexes hydrauliques ou sur prairies inondables).

Parallèlement, nous avons procédé à un test sur 41 tronçons de cours d'eau du Grand-Est (25 en Rhin-Meuse) pour définir à partir de quelle valeur de pente, le contexte piscicole correspond à une situation évaluée comme typiquement salmonicole (réelle ou potentielle) pour un panel « continu » de pentes entre 20‰ et 0,5‰. Tous les tronçons présentant les pentes les plus fortes ont été associés à un contexte salmonicole où le débordement du cours d'eau (annexes hydrauliques, prairies inondables) ne présente pas d'intérêt particulier vis-à-vis des exigences de reproduction du

cortège piscicole. En dessous de 2,5% de pente, les tronçons testés correspondent pour la plupart à une situation piscicole intermédiaire ou clairement cyprino-esocicole.

### 5.3. Imbrications des différentes enveloppes produites

liste non exhaustive des principaux périmètres utilisés :

Espace géographique	Morpho-dynamique	Biogéochimie	Hydrobiologie	Hydraulique	Ecologie terrestre	Hydrogéologie
Fond de vallée alluvial (hors terrasses), zone aquifère alluviale	ETBF					
Aire d'expansion de la crue centennale ou de référence				EBF		
Extension de la crue décennale ou à défaut de 10Lpb				EBF	« zone de grand écoulement »	
Espace de mobilité potentielle (TM,M, PM, TPM)	EBF	EBF capacité auto-épuratoire (TM et M)	EBF (contexte salmonicole)			
Bande des 10 m sur chaque rive	EBF filtre des intrants					
Annexes hydrauliques				EBF		
Données zones humides, SRCE					EBF et ETBF	
Périmètres de captage						EFA