



Année de programmation 2014
Thème 12-2 : Caractérisation de l'état hydromorphologique des masses d'eau



SYRAH-CE : Méthodologie d'utilisation des données pour l'aide à la définition des Plans d'Actions Opérationnels Territorialisés

Rapport final

Valette Laurent et Chandesris André

Pôle hydroécologie des cours d'eau Onema/Irstea Lyon

Septembre 2014

- **AUTEURS**

Laurent VALETTE, Ingénieur d'études Hydromorphologie SIG (Irstea), laurent.valette@irstea.fr

André CHANDESRIIS, Ingénieur de l'Agriculture et de l'Environnement, andre.chandesris@irstea.fr

- **CORRESPONDANTS**

Onema : Anne VIVIER, Chargée de mission, anne.vivier@onema.fr

Onema : Gabriel MELUN, Chargé de mission, gabriel.melun@onema.fr

Irstea : Laurent VALETTE, laurent.valette@irstea.fr

Irstea : André CHANDESRIIS, andre.chandesris@irstea.fr

AE Adour-Garonne : Patricia POULAIN-BEAUDELIN, patricia.poulain-beaudelin@eau-adour-garonne.fr

AE Loire-Bretagne : Jean-Noël GAUTIER, Jean-Noel.GAUTIER@eau-loire-bretagne.fr

AE Rhône-Méditerranée et Corse : Benoît TERRIER, Benoit.TERRIER@eaurmc.fr

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France métropolitaine

Niveau de lecture : professionnels, experts

• SOMMAIRE	
1. Introduction	5
2. Principes et méthodes	5
2.1. Contexte de l'étude	5
2.2. SYRAH-CE pour l'aide à la définition du RNAOE : base pour le PAOT	5
2.2.1. Données d'entrée de la démarche SYRAH-CE	5
2.2.2. Modélisation vers un risque d'altération hydromorphologique	6
2.2.3. Utilisation dans le cadre de la définition du RNAOE	6
2.3. Lien entre les pressions, le fonctionnement hydromorphologique et les mesures de remédiation	8
2.3.1. Débits d'étiages	8
2.3.2. Fréquence et débits des crues fréquentes	9
2.3.3. Continuité écologique	9
2.3.4. Continuité sédimentaire	10
2.3.5. Continuité latérale	10
2.3.6. Profil en long : tracé en plan	10
2.3.7. Géométrie du lit mineur : surcreusement	11
2.3.8. Géométrie du lit mineur : surlargeur	11
2.3.9. Profils en long et en travers : incision	11
2.3.10. Présence de plans d'eau sur les cours d'eau	12
2.3.11. Colmatage minéral du substrat	12
2.3.12. Absence de ripisylve	12
2.3.13. Artificialisation des berges	13
2.4. Méthodologie générale de l'étude	13
3. Echelle du sous bassin versant	13
3.1. Définition de l'échelle	13
3.2. Intérêt de l'approche à cette échelle	14
3.3. Méthodologie générale de construction des indicateurs	14
3.4. Description détaillée des indicateurs	15
3.4.1. Hydrologie : étiages	15
3.4.2. Hydrologie : crues	15
3.4.3. Continuité écologique (biologique et sédimentaire)	15
3.4.4. Continuité sédimentaire (remise en disponibilité du stock en lit mineur)	15
3.4.5. Continuité latérale	16
3.4.6. Profil en long (tracé en plan)	17
3.4.7. Profil en travers (géométrie du lit, surcreusement)	17
3.4.8. Profil en travers (géométrie du lit, surlargeur)	17
3.4.9. Profils en long et en travers (incision)	18
3.4.10. Plans d'eau sur cours d'eau	18
3.4.11. Colmatage minéral du substrat	18
3.4.12. Ripisylve	18
3.4.13. Caractère naturel des berges	19
4. Echelle de la zone hydrographique (BD Carthage®, IGN)	19
4.1. Définition de l'échelle	19
4.2. Intérêt de l'approche à cette échelle	19
4.3. Méthodologie générale de construction des indicateurs	19
4.4. Description détaillée des indicateurs	20
4.4.1. Hydrologie : étiages	20
4.4.2. Hydrologie : crues	20
4.4.3. Continuité écologique (biologique et sédimentaire)	20
4.4.4. Continuité sédimentaire (remise en disponibilité du stock en lit mineur)	21
4.4.5. Continuité latérale	22

4.4.6.	Profil en long (tracé en plan).....	22
4.4.7.	Profil en travers (géométrie du lit, surcreusement)	23
4.4.8.	Profil en travers (géométrie du lit, surlargeur).....	23
4.4.9.	Profils en long et en travers (incision).....	23
4.4.10.	Plans d'eau sur cours d'eau	23
4.4.11.	Colmatage minéral du substrat.....	24
4.4.12.	Ripisylve	24
4.4.13.	Caractère naturel des berges	24
5.	Lecture des résultats	25
6.	Données livrées	26
7.	Conclusion	27
8.	Bibliographie	28

1. Introduction

La démarche SYRAH-CE, démarrée depuis 2006, consiste en un système d'audit de l'hydromorphologie des cours d'eau. Elle a été développée pour les gestionnaires notamment pour répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Les résultats issus de SYRAH-CE ont d'ailleurs été utilisés pour les différentes étapes préliminaires du cycle DCE à venir (2016 – 2021). La présente étude doit permettre d'aider les gestionnaires pour l'étape de définition des Programmes de Mesures et leur déclinaison en Plans d'Actions Opérationnels Territoriaux.

Les premiers résultats ont été produits pour l'aide à la définition du Risque de Non Atteinte des Objectifs Ecologiques (RNAOE). Mais les Plans d'Actions Opérationnels Territorialisés (PAOT) correspondent à l'étape suivante qui consiste à faire le lien entre l'Etat des lieux et la mise en place d'actions de gestion ou de restauration des cours d'eau. L'échelle de l'élément de qualité, utilisée pour définir le RNAOE, n'est plus adaptée à cette problématique. La définition de mesures de remédiation préalables à des travaux de restauration nécessite, en effet, une connaissance plus précise des contraintes sur l'hydrosystème.

L'objectif de l'étude est d'utiliser les différentes données issues de la démarche SYRAH-CE et de les analyser spécifiquement pour coller à l'ambition de différencier pour :

- Mieux cibler les **processus hydromorphologiques** altérés de manière généralisée ;
- Aider les gestionnaires à **orienter les stratégies globales d'intervention**, sans entrer dans les cas particuliers. L'échelle retenue dans ces travaux est donc plus large que la masse d'eau.

2. Principes et méthodes

2.1. Contexte de l'étude

La démarche SYRAH-CE consiste en un croisement de données de pressions anthropiques et de caractéristiques naturelles des cours d'eau. A partir d'une modélisation, basée sur des statistiques probabilistes, il est possible d'obtenir un risque d'altération des éléments de qualité hydromorphologique des masses d'eau (Valette, Piffady et al. 2012).

Cette démarche a été conçue pour répondre à une demande de la sphère opérationnelle (Agences de l'Eau (AE), ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE), Onema) en appui à la réalisation de l'Etat des Lieux des Masses d'Eau 2013, étape importante de l'application de la DCE, notamment en vue de la mise en œuvre du cycle de gestion 2016-2021. Cet exercice a débouché, à l'aide des résultats issus de SYRAH-CE, sur la qualification par les AE, de certaines Masses d'Eau en RNAOE en raison d'un fonctionnement hydromorphologique dégradé pour les cas qui nous intéressent ici.

L'étape suivante de la préparation du prochain cycle DCE consiste à mettre en place des solutions pour réduire l'impact des pressions sur le milieu naturel afin de favoriser le retour au bon état écologique. Cela passe par la rédaction, par les gestionnaires, d'un Programme de Mesures (PdM) qui définit pour chaque masse d'eau ou groupe de masses d'eau en RNAOE, les mesures prioritaires à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs écologiques.

Les mesures définies dans les PdM doivent être déclinées en « actions précises, localisées et hiérarchisées » (MEDDE 2009) dans le cadre des PAOT. Dans un souci de conserver la cohérence entre les pressions à l'origine du classement en RNAOE établies à partir de SYRAH-CE et les actions correctrices à engager, les AE ont demandé à l'Irstea de lui fournir, à partir des mêmes données, une aide pour l'élaboration de grandes orientations de gestion/restauration. Cette demande a ensuite été relayée par le Groupe Technique National sur l'Hydromorphologie, auquel participent l'ensemble des AE, le MEDDE, l'Onema et l'Irstea.

L'objectif de la présente étude est donc de fournir une priorisation régionalisée des actions envisageables pour améliorer/conservier le fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau au regard des pressions anthropiques identifiées par l'audit SYRAH CE, sans intégration à ce stade de contraintes socio-économiques et de faisabilité.

2.2. SYRAH-CE pour l'aide à la définition du RNAOE : base pour le PAOT

2.2.1. Données d'entrée de la démarche SYRAH-CE

Le support spatial de la démarche SYRAH-CE est le tronçon géomorphologiquement homogène (Valette, Chandèsris et al. 2008), subdivisé en sous-tronçons nommés USRA (Unité

Spatiale de Recueil et d'Analyse) quand celui-ci a été jugé trop long, afin de ne pas trop lisser les données recueillies (Valette, Piffady et al. 2012). C'est à cette échelle que sont agrégées les différentes informations qui sont la base de l'analyse SYRAH-CE :

- Le contexte général de pression anthropique à l'échelle du bassin ou sous-bassin versant qui pré-orienté les aménagements et usages qui impactent directement le cours d'eau (Chandesris, Mengin et al. 2009) ;
- Les aménagements et usages qui impactent le fonctionnement et les structures hydromorphologiques recueillis à l'échelle de l'USRA dans des zones tampons de largeur variable en fonction des processus ciblés (Valette, Piffady et al. 2012) ;
- Des descripteurs indirects de la présence d'aménagements et usages quand il n'a pas été possible de mobiliser directement l'information (Valette, Piffady et al. 2012) ;
- Les caractéristiques naturelles des cours d'eau (pente, largeur à pleins bords, intensité du transport solide, etc.) (Valette and Cunillera 2010).

Ces données ont été transmises aux agences de l'eau et à l'Onema et sont pour certaines disponibles sur la page <https://hydroeco.cemagref.fr/>. L'Onema en assurera par la suite une mise à disposition plus complète.

2.2.2. Modélisation vers un risque d'altération hydromorphologique

L'objectif principal de l'audit SYRAH-CE a été de détecter, par une description adaptée des pressions anthropiques, les altérations potentielles du fonctionnement et des structures hydromorphologiques en lien avec une dégradation de l'état écologique. L'étape suivante a consisté en un croisement des différentes données d'entrée pour tenter d'en déduire l'effet des pressions sur le cours d'eau. Pour cela, les altérations probables ont été calculées sur 10 paramètres élémentaires, déclinaison des 3 éléments de qualité hydromorphologiques soutenant la biologie décrits dans la DCE ANNEXE V (DCE 2000) :

- Élément de qualité : Régime hydrologique :
 - o Hydrologie : quantité ;
 - o Hydrologie : dynamique ;
 - o Connexion aux masses d'eau souterraines ;
- Élément de qualité : Continuité de la rivière :
 - o Continuité biologique : proximité ;
 - o Continuité biologique : migrateurs ;
 - o Continuité sédimentaire ;
 - o Continuité latérale ;
- Conditions morphologiques :
 - o Variation de la profondeur et de la largeur de la rivière ;
 - o Structure et substrat du lit ;
 - o Structure de la rive.

Le risque d'altération de chacun des paramètres élémentaires a été obtenu grâce à une modélisation basée sur des statistiques probabilistes (réseaux bayésiens). Le résultat consiste à quantifier les probabilités pour chaque USRA correspondant à chacune des 5 classes d'intensité/gravité de l'altération (très faible/faible/moyenne/forte/très forte) pour chacun des 10 paramètres élémentaires.

Ce sont ces résultats qui ont été utilisés comme aide à la définition du RNAOE dans le cadre de l'état des lieux des masses d'eau.

2.2.3. Utilisation dans le cadre de la définition du RNAOE

Le support spatial pour la définition du RNAOE est la masse d'eau, entité de référence pour la gestion des cours d'eau et le rapportage à l'échelon européen dans le cadre de la DCE. Les masses d'eau sont généralement plus grandes que les USRA et leurs découpages ne coïncident donc pas parfaitement.

Pour favoriser la prise en main des résultats par les membres des Secrétariats Techniques de Bassins (STB), l'Irstea a agrégé les résultats obtenus à l'échelle de l'USRA à la masse d'eau, via un calcul de moyenne pondérée par la longueur relative de chaque USRA dans une masse d'eau.

De même, suite à une note de cadrage du MEDDE (Compte rendu du GTN Hydromorphologie du 8 juin 2012), il a été réalisé, par les acteurs impliqués dans la mise à jour de l'état des lieux, les modifications suivantes sur les résultats issus de la démarche SYRAH-CE et fournis par l'Irstea :

- Les 5 classes d'altération initiales ont été regroupées en 3 classes (regroupement des classes très faible/faible d'une part et forte/très forte d'autre part) ;
- Les paramètres continuité biologique : proximité et migrateurs n'ont pas été retenus au profit de

deux indicateurs développés par l'Onema ;

- Les résultats des paramètres élémentaires ont été agrégés afin d'obtenir un degré d'altération de chaque élément de qualité, selon le tableau de pondération fourni par le MEDDE (Figure 1) ;
- Les résultats à l'échelle des éléments de qualité ont ensuite été agrégés pour réaliser une synthèse hydromorphologique globale de la masse d'eau (Figure 2).

Les valeurs de probabilité issues de la démarche SYRAH-CE permettent également d'évaluer l'incertitude du positionnement des masses d'eau dans une classe d'altération. Ainsi les différents STB ont fait appel à des experts locaux pour valider le degré d'altération des masses d'eau qui présentaient une répartition non marquée des valeurs de probabilité dans les 3 ou 5 classes d'altérations retenues.

Quand les masses d'eau présentaient une classe d'altération (ou 2 classes adjacentes) avec une probabilité importante, le degré d'altération associée à cette classe a pu être retenu pour le classement ou non de la masse d'eau en RNAOE.

Il faut également noter que les STB ont mobilisé des données de pressions complémentaires à celles présentes dans l'audit. Ces données sont spécifiques à chaque bassin et rendent difficile une généralisation basée sur le poids réel des paramètres issus de SYRAH-CE pour la définition du RNAOE.

				Pondération selon la robustesse de la donnée					Pondération selon la robustesse de la donnée					Pondération selon la robustesse de la donnée
HYDRO	qté	Très faible faible moyenne forte Très forte		0.5	CONTINUITÉ	PROXI	0-0,17 0,17-0,34 0,34-1	INDICE de FRAG	Très faible faible moyenne forte Très forte	0.165	MORPHO	Largeur et profondeur	Très faible faible moyenne forte Très forte	0.2
	Dyn	Très faible faible moyenne forte Très forte		0.25		TX		TX ET AGT	Très faible faible moyenne forte Très forte	0.165		Substrat	Très faible faible moyenne forte Très forte	0.4
	connexion	Très faible faible moyenne forte Très forte		0.25		Latérale			Très faible faible moyenne forte Très forte	0.33		Ripisylve	Très faible faible moyenne forte Très forte	0.4
						Sédiments			Très faible faible moyenne forte Très forte	0.33				

Figure 1 : Tableau de pondération des paramètres élémentaires pour l'agrégation à l'élément de qualité

Hydro	Faible		Hydro	Faible		Hydro	Faible		Hydro	Moyenne		Hydro	Moyenne	
Continuité	Faible	Faible	Continuité	Faible	Faible	Continuité	Moyenne	Forte	Continuité	Moyenne	Forte	Continuité	Moyenne	Forte
Morpho	Faible		Morpho	Moyenne		Morpho	Moyenne		Morpho	Moyenne		Morpho	Forte	
Hydro	Forte		Hydro	Moyenne		Hydro	Forte		Hydro	Moyenne		Hydro	Forte	
Continuité	Faible	Forte	Continuité	Faible	Forte	Continuité	Forte	Forte	Continuité	Forte	Forte	Continuité	Forte	Forte
Morpho	Faible		Morpho	Forte		Morpho	Faible		Morpho	Forte		Morpho	Forte	

Figure 2 : Tableau de croisement des résultats pour la définition d'une synthèse hydromorphologique globale

2.3. Lien entre les pressions, le fonctionnement hydromorphologique et les mesures de remédiation

Pour atteindre les objectifs de bon état fixés par la DCE, l'étape suivant l'Etat des Lieux est la définition de mesures de remédiation visant à réduire l'impact des pressions sur les cours d'eau. L'échelle de l'élément de qualité hydromorphologique utilisée pour le classement en RNAOE ne permet pas d'identifier directement les mesures concrètes à mettre en place pour améliorer le fonctionnement hydromorphologique.

Ces mesures sont regroupées au sein des Programmes de Mesures eux-mêmes déclinés en Plans d'Action Opérationnels Territoriaux (PAOT). La présente étude doit permettre de fournir aux gestionnaires un appui pour la définition des PAOT. Les trois objectifs principaux sont :

- D'adapter les stratégies de restauration aux pressions identifiées lors de l'état des lieux des masses d'eau, notamment à l'aide des données issues de la démarche SYRAH-CE ;
- D'identifier plus précisément les processus hydromorphologiques potentiellement impactés. L'échelle de travail et de rendu de l'étude est le sous-bassin versant, car l'objectif est d'identifier les problématiques dominantes et/ou récurrentes dans un contexte de pressions infra-régional. Des masses d'eau peuvent cependant présenter des types d'altérations considérées comme non dominantes à l'échelle du sous-bassin versant ;
- D'associer à ces processus un catalogue de mesures génériques qui représentent les actions envisageables pour corriger la dégradation de chacun des processus considérés.

Ce catalogue n'est pas exhaustif, mais permet de cibler plus précisément le type d'action à mettre en place. Les mesures identifiées pour chaque paramètre sont classées en fonction de leur ambition en termes de restauration des fonctionnalités hydromorphologiques et d'importance du linéaire potentiellement restauré (une mesure à ambition faible ne permettra pas une restauration complète du processus hydromorphologique et son impact sera spatialement limité). Le lancement des travaux de restauration devra s'appuyer sur des études préalables précises, qualifiant plus précisément la nature, voire l'impact potentiel de ceux-ci.

Les processus hydromorphologiques retenus dans la présente étude sont les suivants :

- Débits d'étiages ;
- Fréquence et débits des crues fréquentes ;
- Continuité écologique ;
- Continuité sédimentaire ;
- Continuité latérale ;
- Profil en long : tracé en plan ;
- Géométrie du lit mineur : surcreusement ;
- Géométrie du lit mineur : surlargeur ;
- Profil en long et en travers : incision ;
- Présence de plans d'eau sur le cours d'eau ;
- Colmatage minéral du substrat ;
- Absence de ripisylve ;
- Artificialisation des berges.

2.3.1. Débits d'étiages

L'altération visée est la réduction des débits en période d'étiage. Ne sont concernés ici que les cours d'eau ayant des étiages estivaux.

Deux mesures génériques sont envisagées, celles-ci ont par nature une incidence spatiale non négligeable (impact potentiel sur tout le réseau aval) :

- Amélioration de la gestion des ouvrages, notamment hydroélectriques ;
- Modification des pratiques agricoles vers une utilisation plus adaptée de la ressource en eau : impact direct sur le niveau piézométrique et donc sur les liens nappes/rivières.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Gestion des barrages : Soutien d'étiage		<ul style="list-style-type: none"> débits environnementaux adaptés mobiliser des déstockages pour le soutien d'étiage 	
Adapter pratiques agricoles/prélèvements à la ressource disponible (irrigation, pompage)	Mesures agri-environnementales (amélioration des techniques d'irrigation, évolution des assolements)		

2.3.2. Fréquence et débits des crues fréquentes

L'altération visée est l'augmentation du débit et de la fréquence des crues fréquentes à cause de l'imperméabilisation du bassin versant.

La mesure générique associée vise à limiter l'impact de l'urbanisation sur l'hydrologie en évitant les rejets concentrés et en favorisant la rétention temporaire des eaux pluviales.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Limiter l'impact de l'urbanisation sur l'hydrologie		<ul style="list-style-type: none"> Gestion adaptée des réseaux d'assainissements Favoriser la rétention à la source ou l'infiltration des eaux pluviales urbaines et routières 	

2.3.3. Continuité écologique

L'altération ciblée est le blocage de la continuité piscicole et sédimentaire par des ouvrages de toutes tailles, notamment des barrages.

La mesure générique associée est l'aménagement ou l'effacement des ouvrages bloquants. Le gain fonctionnel potentiel et l'emprise spatiale concernée augmentent en fonction des méthodes de restauration utilisées et grâce à une bonne sélection des ouvrages à restaurer : par exemple, un ouvrage bloquant à lui seul un sous-bassin très productif en sédiments.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Aménagement, gestion ou effacement d'ouvrages pour rétablir/maintenir la continuité écologique	<ul style="list-style-type: none"> Effacement chaîne d'ouvrages Effacement ouvrage stratégique 	Arasement / dérasement d'un ouvrage	Aménagement de dispositifs pour la montaison / dévalaison des poissons

2.3.4. Continuité sédimentaire

L'altération visée est le stockage des sédiments en lit mineur dans des ouvrages de petite taille uniquement et dans des secteurs où des stocks sédimentaires ont été observés.

La mesure générique associée est le déstockage de ces sédiments par effacement des ouvrages retenant effectivement des sédiments.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Déstockage des sédiments bloqués dans les ouvrages en lit mineur	<ul style="list-style-type: none">• Effacement chaîne d'ouvrages• Effacement ouvrage stratégique	Arasement / dérasement d'un ouvrage	

2.3.5. Continuité latérale

L'altération visée est l'endiguement plus ou moins large du cours d'eau et la déconnexion lit mineur / lit majeur qui en découle.

La mesure générique associée est la constitution d'un espace de liberté/mobilité avec enlèvement des ouvrages bloquant.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Constitution d'un espace de liberté/mobilité, reconnexion lit mineur/lit majeur	Détermination d'un espace de liberté d'environ 10 fois la Largeur pleins bords (jusqu'à 18 pour cours d'eau actifs)	<ul style="list-style-type: none">• Elargissement de l'endiguement• Reconnexion d'annexes fluviales	

2.3.6. Profil en long : tracé en plan

L'altération visée est la rectification du tracé du cours d'eau.

La mesure générique associée est la restauration d'un tracé moins rectiligne. Plus l'emprise spatiale de la restauration est forte, meilleure est la restauration fonctionnelle potentielle.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Restauration du tracé en plan (modifié suite à une rectification)	Reméandrage du cours d'eau en laissant agir les processus d'érosion / dépôt (lit majeur)	Reméandrage du cours d'eau dans son emprise d'origine	Diversification des habitats en lit mineur (petits aménagements)

2.3.7. Géométrie du lit mineur : surcreusement

L'altération visée est la chenalisation du lit mineur par surcreusement du fond du lit, suite à des curages ou actions de recalibrage.

La mesure générique consiste à restaurer un profil en travers adapté à l'hydrologie ou a minima de stopper les curages.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Limiter le surcreusement du lit		Recréation d'un lit d'étiage sinueux (avec possibilités de débordements)	<ul style="list-style-type: none">• Limiter / stopper les curages• Supprimer les merlons

2.3.8. Géométrie du lit mineur : surlargeur

L'altération visée est la chenalisation par sur-élargissement du lit mineur. Cette altération est souvent liée à la précédente : le surcreusement.

La mesure générique consiste à restaurer un profil en travers adapté au régime hydrologique du cours d'eau ou a minima de diversifier les écoulements pour favoriser les processus d'érosion/dépôt.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Limiter la surlargeur		Recréation d'un lit d'étiage sinueux (avec possibilités de débordements)	Diversification des habitats en lit mineur (petits aménagements)

2.3.9. Profils en long et en travers : incision

L'altération visée est l'enfoncement généralisé du lit suite à un déficit sédimentaire.

Les mesures associées sont :

- Soit de limiter l'enfoncement par la pose ou le maintien d'ouvrages qui fixent le profil en long ;
- Soit de favoriser la recharge sédimentaire.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Lutter contre l'incision	Favoriser la recharge en lit majeur (sous réserve de disponibilité) par reprise des processus d'érosion/dépôt	<ul style="list-style-type: none">• Favoriser la recharge sédimentaire (depuis les affluents ou les versants)• Assurer la continuité du transport solide (p.e. Gestion des barrages en transparence)	<ul style="list-style-type: none">• Pose de rampes sous-fluviales• Reconstitution du matelas alluvial

2.3.10. Présence de plans d'eau sur les cours d'eau

L'altération visée est la transformation de portions de cours d'eau en plans d'eau.

La mesure associée se décline en fonction de l'ambition de restauration en :

- Une amélioration de la gestion hydraulique ;
- Le contournement du plan d'eau par le cours d'eau ;
- La suppression du plan d'eau et la recréation d'un lit mineur aux dimensions adaptées.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Limiter l'impact des plans d'eau sur les cours d'eau	Suppression du plan d'eau	Dérivation du cours d'eau	<ul style="list-style-type: none">• améliorer la gestion des débits• pose d'un moine hydraulique• suppression des vannages

2.3.11. Colmatage minéral du substrat

L'altération visée est le colmatage du substrat par des sédiments fins.

La mesure de restauration consiste à limiter par différents moyens les apports excessifs de sédiments fins, conséquence d'activités humaines.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Limiter les apports néfastes de fines	Modification des pratiques agricoles (Mesures agri-environnementales)	Restaurer un corridor boisé et les annexes fluviales	<ul style="list-style-type: none">• Planter un rideau d'arbres• Pose d'abreuvoirs et clôtures pour limiter le piétinement bovin

2.3.12. Absence de ripisylve

L'altération visée est l'absence de ripisylve sur les berges du cours d'eau.

La mesure générique est de replanter des arbres (essences adaptées) sur les rives.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Plantation de ripisylve		Planter / laisser se développer, conserver un corridor boisé (30m)	<ul style="list-style-type: none">• Planter un rideau d'arbres• Gestion forestière adaptée

2.3.13. Artificialisation des berges

L'altération visée est la présence de protections de berges qui bloquent la dynamique latérale.

La mesure générique consiste à enlever ces aménagements ou à défaut à les remplacer par des protections moins lourdes.

Mesure générique	Ambition fonctionnelle et spatiale forte	Ambition fonctionnelle et spatiale moyenne	Ambition fonctionnelle et spatiale modérée
Désartificialisation des berges (fonction érosion/dépôt)		Effacer les protections de berges (avec aménagements optionnels)	Remplacer les protections en « dur » par du génie végétal (diversification)

2.4. Méthodologie générale de l'étude

L'objectif de la présente étude est d'identifier les problématiques hydromorphologiques dominantes à une échelle infra-régionale, pour aider les gestionnaires à mettre en place des stratégies de gestion à large échelle. Ces travaux n'ont en aucun cas pour vocation de remplacer des études locales préalables à toute action de restauration des milieux aquatiques. C'est d'ailleurs pour cela que l'échelle de la masse d'eau n'a pas été retenue.

La méthodologie générale suit quatre étapes :

- Une sélection des altérations des processus et des structures hydromorphologiques à prendre en compte en fonction des données à notre disposition,
- Une identification de mesures génériques permettant potentiellement de remédier à ces altérations. Ces mesures ont été déclinées selon différentes ambitions fonctionnelles et spatiales qui représentent les gains potentiels que l'on peut attendre de ces différentes actions. Il ne s'agit pas ici de dévaloriser les actions classées en ambition modérée, mais de prendre conscience de leur portée limitée en termes de restauration d'un processus auto-entretenu et de longueur du linéaire potentiellement bénéficiaire de la restauration,
- La sélection, pour chaque altération pré-identifiée, des données issues de SYRAH-CE qui ont servi à qualifier / quantifier l'importance de cette altération. Des indicateurs ont ensuite été reconstruits pour chaque altération,
- La déclinaison de ces indicateurs à deux échelles :
 - Le sous-bassin versant : pour connaître le degré d'importance de chaque problématique régionalement ;
 - La zone hydrographique : pour mieux cibler les secteurs où agir en priorité.

3. Echelle du sous bassin versant

3.1. Définition de l'échelle

Cette échelle correspond aux attentes des AE pour la présente étude. Le sous-bassin versant est l'échelle d'application des programmes de mesures. L'approche territorialisée sert de base à la mise en œuvre de la politique de l'eau au niveau local. La taille et le nombre des sous-bassins sont variables d'une AE à l'autre (Figure 3).

5 AE nous ont fourni leur propre maillage territorial. Pour l'AE Loire-Bretagne, nous avons adapté le découpage à partir d'une cartographie des contrats de milieu (fournie par l'AE).

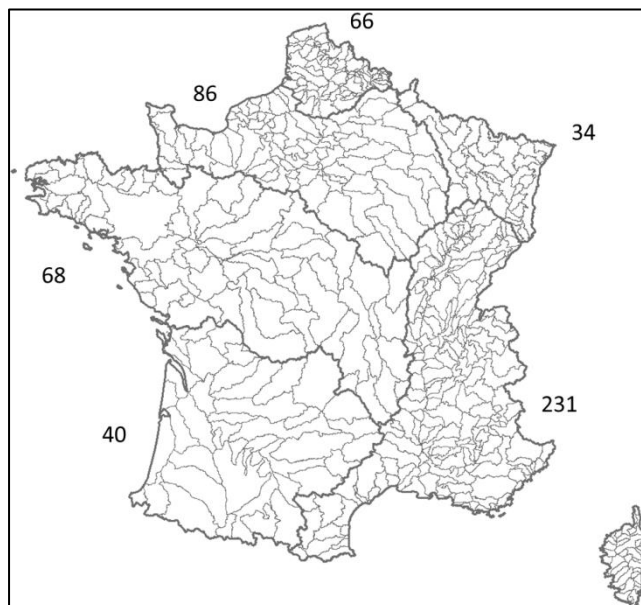


Figure 3 : Nombre et découpage des sous-bassins versant par AE

3.2. Intérêt de l'approche à cette échelle

Le choix de conserver une échelle géographique relativement large présente deux intérêts :

- Cela permet de connaître les grandes problématiques hydromorphologiques sur lesquelles il serait nécessaire d'agir à l'échelle régionale et donc d'aider à prioriser les domaines sur lesquels il faudrait intervenir dans le cadre d'une amélioration globale du fonctionnement hydromorphologique. **Mon sous-bassin est-il concerné par cette problématique et dans quelle ampleur ?**
- Les résultats à cette échelle vont permettre ensuite de fixer les grandes orientations de gestion/restauration en lien avec les spécificités régionales en termes de pression et de type de cours d'eau.

3.3. Méthodologie générale de construction des indicateurs

Les valeurs des indicateurs pour chaque sous-bassin représentent le pourcentage du linéaire de cours d'eau dans chaque classe d'altération : faible, moyenne et forte. L'entité spatiale de base utilisée est l'USRA, qui est affectée au sous-bassin dans lequel se situe son point médian. Seules les USRA correspondant à des masses d'eau ont été retenues afin de conserver de la cohérence avec les travaux entrepris dans le cadre de l'état des lieux.

Les indicateurs sont construits à partir de métriques, qui représentent les nœuds intermédiaires ou finaux des modèles bayésiens développés pour l'aide à la définition du RNAOE. Des descripteurs bruts de pressions, également issus de SYRAH-CE, peuvent être intégrés dans la construction de ces indicateurs.

Les indicateurs sous-bassin peuvent être composés d'une ou plusieurs métriques. Pour chaque métrique, les USRA sont affectées à la classe d'altération qui présente la probabilité la plus importante. Il n'y a donc pas de prise en compte de l'incertitude à ce niveau.

Pour les indicateurs composés d'une seule métrique : ils représentent la proportion du linéaire du sous-bassin de chaque classe d'altération pour cette métrique.

Pour les indicateurs plus complexes : les proportions de linéaires des classes d'altération de même degré sont additionnées et divisées par le nombre de métriques. Par exemple, s'il y a deux métriques, le calcul produit la moyenne des deux classes faibles, des deux classes moyennes et deux classes fortes. Aucune pondération n'est intégrée au calcul, les métriques ont toutes le même poids dans la construction de l'indicateur.

Au final, chaque sous-bassin versant est caractérisé 3 champs par type d'altération, qui représentent le pourcentage de linéaire d'USRA pour chaque classe d'altération (faible, moyenne et forte).

3.4. Description détaillée des indicateurs

3.4.1. Hydrologie : étiages

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : impact sur le débit d'étiage (EQ : régime hydrologique, paramètre élémentaire : Hydrologie quantité), qui est discrétisée en 3 classes d'impact.

Rappel des données brutes en entrée :

- Caractéristique de l'écoulement estival ;
- Ratio de surface irriguée ;
- Densité de pompage/captage ;
- Présence et usage d'un barrage dans 3 tronçons amont.

Les USRA sont classées selon la classe d'impact la plus probable.

3.4.2. Hydrologie : crues

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : impact sur les débits de crues fréquentes (EQ : régime hydrologique, paramètre élémentaire : Hydrologie quantité), qui est discrétisée originalement en 4 classes d'impact. La discrétisation a été revue :

- La classe très faible devient faible ;
- La classe faible devient moyenne ;
- Les classes moyenne et forte sont additionnées dans la classe forte.

Rappel des données brutes en entrée :

- Ratio de surface imperméabilisée dans le bassin versant (à l'échelle du BV réel pour les cours d'eau correspondant à un drain principal dans la BD Carthage et à l'échelle de la ZH pour les autres) ;
- Présence d'un barrage écrêteur dans 5 tronçons amont.

Les USRA sont classées selon la classe d'impact la plus probable.

3.4.3. Continuité écologique (biologique et sédimentaire)

Cet indicateur est construit à partir du paramètre élémentaire SYRAH-CE : Altération de la continuité biologique : proximité (EQ : Continuité de la rivière), qui est discrétisée originalement en 5 classes d'impact. La discrétisation a été revue :

- Les classes très faible et faible sont additionnées dans la classe faible ;
- La classe moyenne reste moyenne ;
- Les classes forte et très forte sont additionnées dans la classe forte.

Rappel des données brutes en entrée :

- Densité d'obstacles à l'écoulement pondérée ;
- Présence d'un barrage dans 1 tronçon amont et 2 tronçons aval.

Les USRA sont classées selon la classe d'impact la plus probable.

3.4.4. Continuité sédimentaire (remise en disponibilité du stock en lit mineur)

Cet indicateur est construit à partir des données brutes suivantes :

- Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont ;
- Volume de sédiments stocké dans le bassin versant ;
- Densité d'obstacles à l'écoulement (non pondérée par la pente) ;
- Débit solide observé.

Deux nouvelles métriques ont été créées :

- La métrique impact barrage qui a été construite comme suit :
 - o Si Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont = oui, classement en classe forte ;
 - o Si Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont = non ET Volume de sédiments stocké dans le bassin versant > 0.09, classement en classe forte ;
 - o Si Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont = non ET Volume de sédiments stocké dans le bassin versant compris entre 0.01 et 0.09, classement en classe moyenne ;
 - o Si Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont = non ET Volume de sédiments stocké dans le bassin versant < 0.01, classement en classe faible ;
 - o Pour les autres (qui sont les cours d'eau non concernés par le descripteur large échelle Volume de sédiments stocké dans le bassin versant et qui ne présentent pas de barrages), classement en classe faible.
- La métrique « Blocage potentiel de la charge de fond par les petits obstacles » a été élaborée comme suit :
 - o Discrétisation de la donnée Densité d'obstacles à l'écoulement en 3 classes :
 - 0 = aucun ;
 - 0 - 0.5 = faible ;
 - > 0.5 = forte.
 - o Discrétisation de la donnée Débit solide observé en 3 classes :
 - < 0.1 = faible ;
 - 0.1 – 1 = moyen ;
 - > 1 = fort.
 - o Les USRA ont été répartis dans les 3 classes d'impact selon le tableau suivant :

Débit solide Observé	Faible	Moyen	Fort
Obstacles à l'écoulement			
Aucun	Faible	Faible	Faible
Faible	Faible	Moyen	Fort
Forte	Moyen	Fort	Fort

Pour chacune des 3 classes d'impact, les proportions de linéaire concerné pour les deux métriques sont additionnées, pour obtenir un pourcentage global de linéaire impacté.

3.4.5. Continuité latérale

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Présence d'obstacles (EQ : Continuité de la rivière, paramètre élémentaire : Continuité latérale), qui est discrétisée en 3 classes d'impact (les USRA sont classées selon la classe d'impact la plus probable) et des données brutes « taux d'occupation du sol de type artificiel à proximité du lit mineur (100m) », « présence de digues dans le lit majeur (12W) » et « présence de voies de communications dans le lit majeur (12W) », à partir desquelles une nouvelle métrique a été créée. Cette nouvelle métrique nommée impact sur le lit majeur a été composée à partir des seuils suivants :

- taux d'occupation du sol de type artificiel à proximité du lit mineur ≥ 10 ;
- présence de digues dans le lit majeur ≥ 10 ;
- présence de voies de communications dans le lit majeur ≥ 50 .

Les USRA ont été réparties dans les 3 classes d'impact comme suit :

- Classe faible : aucun des descripteurs n'est au-dessus des seuils ;
- Classe moyenne : 1 descripteur est au-dessus du seuil ;
- Classe forte : 2 ou 3 descripteurs sont au-dessus des seuils.

Pour chacune des 3 classes d'impact, les proportions de linéaire concerné pour les deux métriques sont additionnées, pour obtenir un pourcentage global de linéaire impacté.

3.4.6. Profil en long (tracé en plan)

Cet indicateur est construit à partir de deux métriques SYRAH-CE :

- Diminution de l'épaisseur de sédiments (EQ : conditions morphologiques, Paramètre élémentaire : Structure et substrat du lit), discrétisée en 3 classes d'impact et composée à partir des données brutes suivantes :
 - o Présence de plans d'eau déconnectés en lit majeur ;
 - o Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont ;
 - o Rectitude du tracé en plan ;
 - o Rang de Strahler harmonisé ;
 - o Débit solide observé.
- Enfoncement du lit (EQ : Continuité de la rivière, Paramètre élémentaire : Continuité latérale), également discrétisée en 3 classes d'impact et composée à partir des données brutes suivantes :
 - o Présence de plans d'eau déconnectés en lit majeur ;
 - o Rectitude du tracé en plan ;
 - o Présence d'un barrage dans 2 tronçons aval ;
 - o Puissance potentielle du cours d'eau.

Les USRA sont classées pour chaque métrique selon la classe d'impact la plus probable.

Pour chacune des 3 classes d'impact, les proportions de linéaire concerné pour les deux métriques sont additionnées, pour obtenir un pourcentage global de linéaire impacté.

3.4.7. Profil en travers (géométrie du lit, surcreusement)

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Augmentation de la profondeur en crue du lit (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Modification de la profondeur et de la largeur du lit), qui est discrétisée en 3 classes d'impact.

Rappel des données brutes en entrée :

- Présence de digues à proximité du lit mineur (3W) ;
- Présence de plans d'eau déconnectés en lit majeur ;
- Rectitude du tracé en plan ;
- Navigabilité ;
- Présence d'un barrage dans 1 tronçon amont et 2 tronçons aval.

Les USRA sont classées selon la classe d'impact la plus probable.

3.4.8. Profil en travers (géométrie du lit, surlargeur)

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Réduction de la profondeur à l'étiage du lit (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Modification de la profondeur et de la largeur du lit), qui est discrétisée en 3 classes d'impact.

Rappel des données brutes en entrée :

- Surlargeur des grands cours d'eau ;
- Taux d'occupation du sol de type artificiel à proximité du lit mineur (100 m) ;
- Rectitude du tracé en plan ;
- Linéaire de petits cours d'eau en zone d'agriculture intensive ;
- Rang de Strahler.

Les USRA sont classées selon la classe d'impact la plus probable.

3.4.9. Profils en long et en travers (incision)

Cet indicateur est construit à partir de deux métriques SYRAH-CE :

- Diminution de l'épaisseur de sédiments (EQ : conditions morphologiques, Paramètre élémentaire : Structure et substrat du lit), discrétisée en 3 classes d'impact et composée à partir des données brutes suivantes :
 - o Présence de plans d'eau déconnectés en lit majeur ;
 - o Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont ;
 - o Rectitude du tracé en plan ;
 - o Rang de Strahler harmonisé ;
 - o Débit solide observé.
- Modification de la structure granulométrique (EQ : conditions morphologiques, Paramètre élémentaire : Structure et substrat du lit), discrétisée en 3 classes d'impact et composée à partir des données brutes suivantes :
 - o Rectitude du tracé en plan ;
 - o Cumul des surfaces de sous-bassins interceptés ;
 - o Densité d'obstacles à l'écoulement pondérée ;
 - o Débit solide observé ;
 - o Puissance potentielle du cours d'eau.

Les USRA sont classées pour chaque métrique selon la classe d'impact la plus probable.

Pour chacune des 3 classes d'impact, les proportions de linéaire concerné pour les deux métriques sont additionnées, pour obtenir un pourcentage global de linéaire impacté.

3.4.10. Plans d'eau sur cours d'eau

Cet indicateur est construit à partir de la donnée brute : « Présence de plans d'eau sur le réseau hydrographique », qui a été discrétisée comme ceci :

- 0 devient faible ;
- De 0 à 20 devient moyenne ;
- >20 devient forte.

Les USRA sont classées selon la valeur de la donnée brute.

3.4.11. Colmatage minéral du substrat

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Colmatage du substrat par des sédiments fins (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Altération de la structure et du substrat du lit), qui est discrétisée en 3 classes d'impact.

Rappel des données brutes en entrée :

- Indice d'érosion des sols ;
- Rectitude du tracé en plan ;
- Surlargeur des grands cours d'eau ;
- Ratio d'agriculture intensive ;
- Puissance potentielle du cours d'eau ;
- Rang de Strahler harmonisé.

Les USRA sont classées selon la classe d'impact la plus probable.

3.4.12. Ripisylve

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Etat de la ripisylve (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Structure de la rive), qui est discrétisée initialement en 5 classes d'impact. La discrétisation a été revue :

- Les classes très bon et bon sont additionnées dans la classe faible ;
- La classe moyen devient moyenne ;
- Les classes mauvais et très mauvais sont additionnées dans la classe forte.

Rappel des données brutes en entrée :

- Taux de boisement des berges : Ripisylve (30 m) ;
- Taux de boisement des berges : Rideau d'arbres 10 m) ;
- Altitude.

Les USRA sont classées selon la classe d'impact la plus probable.

3.4.13. Caractère naturel des berges

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Nature de la rive (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Structure de la rive), qui est discrétisée initialement en 5 classes d'impact. La discrétisation a été revue :

- Les classes très bonne et bonne sont additionnées dans la classe faible ;
- La classe moyenne reste moyenne ;
- Les classes mauvaise et très mauvaise sont additionnées dans la classe forte.

Rappel des données brutes en entrée :

- Présence de voies de communication à proximité du lit mineur (3W) ;
- Taux d'occupation du sol de type artificiel à proximité du lit mineur (100m).

Les USRA sont classées selon la classe d'impact la plus probable.

4. Echelle de la zone hydrographique (BD Carthage®, IGN)

4.1. Définition de l'échelle

La seconde échelle de travail à un niveau plus fin correspond à la zone hydrographique de la BD Carthage® de l'IGN. Cette échelle a été retenue pour les raisons suivantes :

- Les zones hydrographiques sont plus petites que les sous-bassins fournis par les AE et leurs tracés sont assez concordants ;
- Ces entités sont plus homogènes en termes de superficie que les sous-bassins des AE ;
- La BD Carthage est un référentiel national.

4.2. Intérêt de l'approche à cette échelle

Pour compléter l'approche sous-bassin qui permet de connaître l'importance des problématiques dans les différentes régions, l'échelle de la zone hydrographique va permettre, au sein des zones à enjeux :

- de situer plus précisément les secteurs où se situent les masses d'eau les plus impactées ou de constater que le type d'altération considéré est présent sur l'ensemble des zones hydrographiques et qu'il est donc difficile de prioriser un secteur plus qu'un autre ;
- de hiérarchiser les priorités d'actions grâce à des indicateurs qui intègrent à la fois l'importance du linéaire concerné et le degré d'altération potentiel (issu du croisement des pressions et altérations selon les indicateurs).

4.3. Méthodologie générale de construction des indicateurs

L'entité spatiale de base utilisée est l'USRA, qui est affectée à la zone hydrographique dans laquelle se situe son point médian. Seules les USRA correspondant à des masses d'eau ont été retenues afin de conserver de la cohérence avec les travaux entrepris dans le cadre de l'état des lieux.

Les valeurs des indicateurs pour chaque zone hydrographique représentent un niveau de priorisation de l'intervention, issu d'une expertise sur l'importance du linéaire de cours d'eau dans chaque classe d'impact pour chaque métrique. Les métriques retenues sont les mêmes que pour l'approche à l'échelle du sous-bassin.

Chaque zone hydrographique est caractérisée par une classe de priorisation de l'intervention :

- Priorité faible ;
- Priorité moyenne ;
- Priorité élevée ;

Cette caractérisation a été effectuée par expertise en suivant des étapes de sélection/classement successives détaillées dans le paragraphe 4.4.

Le poids accordé à chaque métrique dans la construction d'un indicateur n'est pas toujours égal.

Au final, chaque zone hydrographique est caractérisée par un champ par type d'altération qui représente le niveau de priorisation de l'intervention.

4.4. Description détaillée des indicateurs

4.4.1. Hydrologie : étiages

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : « impact sur le débit d'étiage » (EQ : régime hydrologique, paramètre élémentaire : Hydrologie quantité), qui est discrétisée en 3 classes d'impact.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Fort $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Moyen $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Faible $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- Moyen $\geq 50\%$ ET moyen $< 70\%$ Et fort $\geq 20\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Moyen $\geq 50\%$ ET moyen $< 70\%$ Et fort $< 20\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Faible $\geq 20\%$ ET moyen $\geq 20\%$ ET fort $\geq 20\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Faible $\geq 50\%$ ET faible $< 70\%$ ET moyen $\geq 40\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Faible $\geq 50\%$ ET faible $< 70\%$ ET moyen $< 40\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité moyenne.

4.4.2. Hydrologie : crues

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : « impact sur les débits de crues fréquentes » (EQ : régime hydrologique, paramètre élémentaire : Hydrologie quantité), qui est discrétisée en 4 classes d'impact.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Moyenne + forte $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Faible $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Très faible $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- Faible $\geq 50\%$ ET faible $< 70\%$ ET moyenne + forte $\geq 20\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Faible $\geq 50\%$ ET faible $< 70\%$ ET moyenne + forte $< 20\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET très faible $\geq 20\%$ ET faible $\geq 20\%$ ET moyenne + forte $\geq 20\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET moyenne + forte $\geq 40\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET très faible $\geq 60\%$ ET très faible $< 70\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité moyenne.

4.4.3. Continuité écologique (biologique et sédimentaire)

Cet indicateur est construit à partir du paramètre élémentaire SYRAH-CE : « Altération de la continuité biologique : proximité » (EQ : Continuité de la rivière), qui est discrétisée en 5 classes d'impact.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Très forte $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Forte $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Moyenne $\geq 70\%$ ET (forte $\geq 20\%$ OU très forte $\geq 20\%$), classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET moyenne $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET moyenne $\geq 50\%$ ET (forte $\geq 20\%$ OU très forte $\geq 20\%$), classement de la ZH = Priorité élevée ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité faible.

4.4.4. Continuité sédimentaire (remise en disponibilité du stock en lit mineur)

Cet indicateur est construit à partir des données brutes suivantes :

- Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont ;
- Volume de sédiments stocké dans le bassin versant ;
- Densité d'obstacles à l'écoulement (non pondérée par la pente) ;
- Débit solide observé.

Deux nouvelles métriques ont été créées :

- La métrique impact barrage (« imp_barr ») qui a été construite comme suit :
 - o Si Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont = oui, classement en classe forte ;
 - o Si Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont = non ET Volume de sédiments stocké dans le bassin versant > 0.09, classement en classe forte ;
 - o Si Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont = non ET Volume de sédiments stocké dans le bassin versant compris entre 0.01 et 0.09, classement en classe moyenne ;
 - o Si Présence d'un barrage dans 2 tronçons amont = non ET Volume de sédiments stocké dans le bassin versant < 0.01, classement en classe faible ;
 - o Pour les autres (qui sont les cours d'eau non concernés par le descripteur large échelle Volume de sédiments stocké dans le bassin versant et qui ne présentent pas de barrages), classement en classe faible.
- La métrique Blocage potentiel de la charge de fond par les petits obstacles (« bloq_qs ») a été élaborée comme suit :
 - o Discrétisation de la donnée Densité d'obstacles à l'écoulement en 3 classes :
 - 0 = aucun ;
 - 0 - 0.5 = faible ;
 - > 0.5 = forte.
 - o Discrétisation de la donnée Débit solide observé en 3 classes :
 - < 0.1 = faible ;
 - 0.1 – 1 = moyen ;
 - > 1 = fort.

Les USRA ont été réparties dans les 3 classes d'impact selon le tableau suivant :

Débit solide observé Obstacles à l'écoulement	Faible	Moyen	Fort
Aucun	Faible	Faible	Faible
Faible	Faible	Moyen	Fort
Forte	Moyen	Fort	Fort

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Imp_barr_fort >= 50%, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Bloq_qs_fort >= 50%, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET (imp_barr_moyen >= 50% OU bloq_qs_moyen >= 50%), classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET [(imp_barr_moyen + imp_barr_fort >= 50%) OU (bloq_qs_moyen + bloq_qs_fort >= 50%)], classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité faible.

4.4.5. Continuité latérale

Cet indicateur est construit à partir :

- de la métrique SYRAH-CE : Présence d'obstacles (EQ : Continuité de la rivière, paramètre élémentaire : Continuité latérale), qui est discrétisée en 3 classes d'impact (absence, faible et forte) et nommée par la suite « OBS ».
- d'une nouvelle métrique « impact sur le lit majeur », nommée par la suite « impact_LM », construite à partir des données brutes :
 - o taux d'occupation du sol de type artificiel à proximité du lit mineur (100 m) ;
 - o présence de digues dans le lit majeur (12 W)
 - o présence de voies de communications dans le lit majeur (12 W).

Etapes de construction de la métrique impact_LM :

- discrétisation des données brutes :
 - o taux d'occupation du sol de type artificiel à proximité du lit mineur < 10 = non (urb_non) ;
 - o taux d'occupation du sol de type artificiel à proximité du lit mineur >= 10 = oui (urb_oui) ;
 - o présence de digues dans le lit majeur < 10 = non (dig_non) ;
 - o présence de digues dans le lit majeur >= 10 = oui (dig_oui) ;
 - o présence de voies de communications dans le lit majeur < 50 = non (vcom_non) ;
 - o présence de voies de communications dans le lit majeur >= 50 = oui (vcom_oui).
- Calcul de la métrique impact_LM :
 - o Dig_oui >= 70% OU vcom_oui >= 70% OU urb_oui >= 70%, valeur de la ZH= oui ;
 - o ZH restantes, valeur = non.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- OBS_forte >= 50%, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- OBS_faible >= 50% ET impact_LM = oui, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET OBS_faible >= 50%, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET impact_LM = oui, classement de la ZH = Priorité moyenne
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité faible.

4.4.6. Profil en long (tracé en plan)

Cet indicateur est construit à partir de deux métriques SYRAH-CE :

- Diminution de l'épaisseur de sédiments (EQ : conditions morphologiques, Paramètre élémentaire : Structure et substrat du lit), discrétisée en 3 classes d'impact et nommée par la suite « EP ».
- Enfouissement du lit (EQ : Continuité de la rivière, Paramètre élémentaire : Continuité latérale), également discrétisée en 3 classes d'impact et nommée par la suite « EL ».

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- EL_fort >= 50% OU EP_forte >= 50%, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- EL_moyen >= 70% ET EP_moyenne >= 70%, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET (EL_moyen >= 70% OU EP_moyenne >= 70%), classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- EL_faible >= 70% OU EP_faible >= 70%, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET [(EL_moyen >= 50% ET EP_moyenne >= 50%) ET (EL_fort >= 20% OU EP_forte >= 20%)], classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET (EL_moyen >= 50% ET EP_moyenne >= 50%), classement de la ZH = Priorité moyenne
- La ZH n'est pas encore classée ET (EL_fort >= 30% OU EP_forte >= 30%), classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET (EL_faible + EP_faible >= 120%), classement de la ZH = Priorité faible ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité moyenne.

4.4.7. Profil en travers (géométrie du lit, surcreusement)

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Augmentation de la profondeur en crue du lit (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Modification de la profondeur et de la largeur du lit), qui est discrétisée en 3 classes d'impact.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Forte $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Moyenne $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Faible $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- Moyenne $\geq 50\%$ et moyenne $< 70\%$ ET forte $\geq 20\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET moyenne $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET faible $\geq 60\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- La ZH n'est pas encore classée ET forte + moyenne $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité moyenne.

4.4.8. Profil en travers (géométrie du lit, surlargeur)

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Réduction de la profondeur à l'étiage du lit (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Modification de la profondeur et de la largeur du lit), qui est discrétisée en 3 classes d'impact.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Forte $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Moyenne $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Faible $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité moyenne.

4.4.9. Profils en long et en travers (incision)

Cet indicateur est construit à partir de deux métriques SYRAH-CE :

- Diminution de l'épaisseur de sédiments (EQ : conditions morphologiques, Paramètre élémentaire : Structure et substrat du lit), discrétisée en 3 classes d'impact et nommée par la suite « EP » ;
- Modification de la structure granulométrique (EQ : conditions morphologiques, Paramètre élémentaire : Structure et substrat du lit), discrétisée en 3 classes d'impact et nommée par la suite « DQ ».

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- EP_forte $\geq 50\%$ OU DQ_fort $\geq 30\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET EP_forte + DQ_moyen $\geq 50\%$ ET DQ_fort + DQ_moyen $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET (DQ_moyen $\geq 50\%$ OU EP_moyenne $\geq 50\%$), classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité faible.

4.4.10. Plans d'eau sur cours d'eau

Cet indicateur est construit à partir de la donnée brute : Présence de plans d'eau sur le réseau hydrographique, qui a été discrétisée comme ceci :

- 0 devient faible ;
- De 0 à 20 devient moyenne ;
- >20 devient forte.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Forte $\geq 20\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET forte + moyenne ≥ 50 , classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité faible.

4.4.11. Colmatage minéral du substrat

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Colmatage du substrat par des sédiments fins (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Altération de la structure et du substrat du lit), qui est discrétisée en 3 classes d'impact.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Fort $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Moyenne $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Faible $\geq 50\%$ ET faible $< 70\%$ ET fort $\geq 20\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET faible $\geq 60\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité moyenne.

4.4.12. Ripisylve

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Etat de la ripisylve (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Structure de le rive), qui est discrétisée en 5 classes d'impact.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Mauvais + très mauvais $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Moyen $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Très bon + bon $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- Très bon + bon $\geq 50\%$ ET Très bon + bon $< 70\%$ ET Mauvais + très mauvais $\geq 30\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET Très bon + bon $\geq 60\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- ZH restantes, classement de la ZH = Priorité moyenne.

4.4.13. Caractère naturel des berges

Cet indicateur est construit à partir de la métrique SYRAH-CE : Nature de la rive (EQ : Conditions morphologiques, paramètre élémentaire : Structure de le rive), qui est discrétisé en 5 classes d'impact.

Détail des étapes successives de sélection/classement :

- Très mauvaise + mauvaise $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- Moyenne $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- Bonne + très bonne $\geq 70\%$, classement de la ZH = Priorité faible ;
- Moyenne $\geq 50\%$ ET moyenne $< 70\%$ ET très mauvaise + mauvaise $\geq 30\%$, classement de la ZH = Priorité élevée ;
- La ZH n'est pas encore classée ET Moyenne $\geq 50\%$, classement de la ZH = Priorité moyenne ;
- La ZH n'est pas encore classée ET très mauvaise + mauvaise + moyenne $>$ bonne + très bonne, classement de la ZH = Priorité moyenne.

5. Lecture des résultats

Ce paragraphe présente un type de lecture des résultats au travers de deux exemples.

La figure 4 présente un exemple de rendu cartographique des résultats à l'échelle du sous-bassin versant.

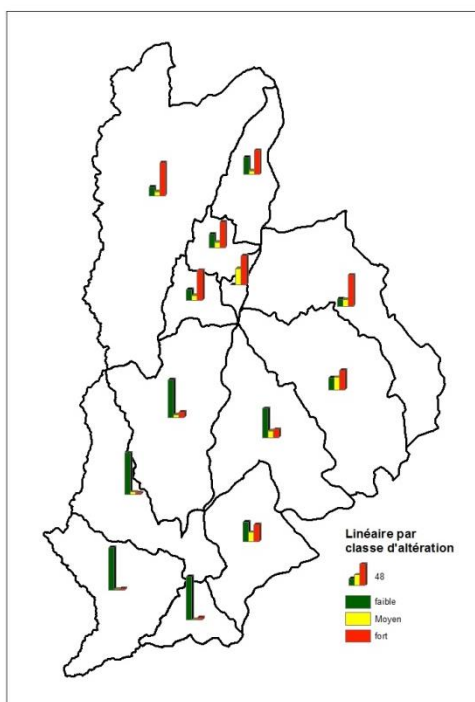


Figure 4 : Exemple de cartographie des résultats à l'échelle du sous-bassin versant

Cet exemple représente le premier niveau de lecture des résultats. On peut clairement observer sur la figure 4 des sous-bassins très différents pour ce type d'altération :

- Les bassins situés au sud-ouest ne sont pas ou très peu concernés par ce type d'altération : une faible proportion du linéaire se trouve dans les classes « forte » et « moyenne » ;
- Dans les bassins du nord, les proportions importantes de linéaire dans la classe « forte » indiquent que ce type d'altération est une problématique majeure ;
- Les bassins situés au sud-est présentent des situations moins claires : la problématique est présente sans concerner non plus l'ensemble du linéaire. Les résultats à l'échelle de la zone hydrographique peuvent permettre de spatialiser les altérations.

La figure 5 montre un exemple de rendu cartographique des résultats aux deux échelles de travail.

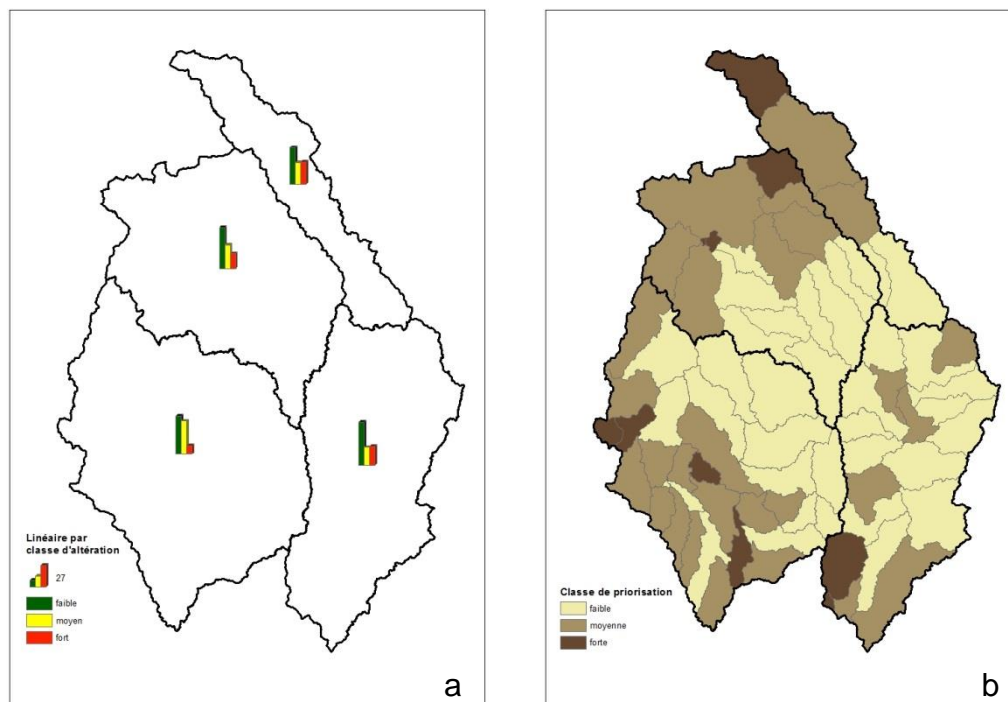


Figure 5 : Exemple de cartographie des résultats à deux échelles : a) sous-bassin versant, b) zone hydrographique.

Cet exemple (Figure 5a) présente 4 sous-bassins versants diversement concernés par un type d'altération. Si la classe « faible » reste dominante dans tous les sous-bassins, ceux-ci possèdent tous environ 50% de linéaire impacté (somme des classes « moyenne » et « forte »). Cependant, il apparaît difficile d'aller plus loin dans le diagnostic à cette échelle. Il convient pour cela de regarder les classes de priorisation définies pour chaque zone hydrographique (Figure 5b). L'échelle de la zone hydrographique permet d'identifier :

- De grands secteurs peu concernés par cette altération et donc considérés comme non-prioritaires pour engager des actions de gestion/restauration sur cette thématique ;
- Des zones ciblées où une altération importante touche un linéaire important. Ces zones sont classées prioritaire pour mettre en place des mesures de restauration, si possible avec une ambition fonctionnelle et spatiale importante ;
- Des secteurs classés en priorité moyenne où il serait intéressant de lancer des actions de gestion/restauration. Ces secteurs nécessitent cependant un approfondissement des connaissances pour mieux cibler les zones à enjeux et les mesures les plus adaptées.

6. Données livrées

Les données livrées à nos partenaires (Onema et Agences de l'Eau) comprennent, au sein d'une géodatabase :

- Une couche représentant les sous-bassins versants avec comme attributs 3 champs pour chaque type d'altération = le pourcentage de linéaire dans les 3 classes d'altération : faible, moyenne et forte ;
- Une couche représentant les zones hydrographiques de la BD Carthage avec comme attributs 1 champ par type d'altération = la classe de priorisation d'intervention ;
- Une table représentant pour chaque sous-bassin versant les USRA qui lui sont affectées ;
- Une table représentant pour chaque zone hydrographique les USRA qui lui sont affectées.

7. Conclusion

Les résultats issus de la présente étude permettent de connaître à l'échelle du sous-bassin versant, correspondant à une large échelle (très variable d'une AE à l'autre), si celui-ci est concerné par un ou plusieurs types d'altérations généralisées, c'est-à-dire si un linéaire important de cours d'eau est concerné.

Si tel est le cas, l'analyse à l'échelle de la zone hydrographique, échelle plus fine, permet de cibler les secteurs où il serait utile d'agir en priorité. Ces secteurs sont ceux qui regroupent le plus de linéaires fortement impactés.

Enfin la liste des mesures génériques permet aux gestionnaires de proposer des actions types pour remédier aux altérations majeures identifiées ou de replacer les actions proposées par l'échelon local dans un contexte d'altération plus général.

Les données utilisées dans la présente étude sont uniquement issues de la démarche SYRAH-CE, ce qui implique :

- Que les données sont non-exhaustives et ont été calculées à des échelles relativement larges ;
- Que les résultats de l'étude n'ont pas pour vocation de remplacer les études préalables plus précises nécessaires avant de lancer toute action de restauration, mais de se situer en amont de celles-ci pour aider les gestionnaires à mettre en place des stratégies globales cohérentes.

Pour toutes précision sur la démarche SYRAH-CE, merci de suivre le lien suivant : <https://hydroeco.cemagref.fr/>

8. Bibliographie

Chandesris, A., N. Mengin, J. Malavoi, Y. Souchon, J. G. Wasson (2009). SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau : Atlas large échelle, Rapport Pôle Hydroécologie des cours d'eau Onema-Cemagref Lyon MAEP-LHQ: 58 p.

Directive Cadre Européenne sur l'eau (DCE). Directive du 23 octobre 2000.
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-textes.html>

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement
Direction de l'Eau et de la Biodiversité (2009). Guide méthodologique de déclinaison des programmes de mesures dans les plans d'action des MISE: 32 p.

Valette, L., A. Chandesris, N. Mengin, J. Malavoi, Y. Souchon, J. G. Wasson (2008). SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'eau : Principes et méthodes de la sectorisation hydromorphologique, Rapport Pôle Hydroécologie des cours d'eau Onema-Cemagref Lyon MAEP-LHQ: 22 p.

Valette, L., A. Cunillera (2010). Cahiers techniques Syrah_CE. Lyon, Pôle Hydroécologie des cours d'eau Onema-Cemagref Lyon MAEP-LHQ: 96 p.

Valette, L., J. Piffady, A. Chandesris, Y. Souchon (2012). SYRAH-CE : description des données et modélisation du risque d'altération de l'hydromorphologie des cours d'eau pour l'Etat des lieux DCE, Pôle Hydroécologie des cours d'eau Onema-Irstea Lyon, MALY-LHQ: 104 p.

Irstea

1, rue Pierre Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony

01 40 96 61 21

www.irstea.fr

Onema

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

01 45 14 36 00

www.onema.fr