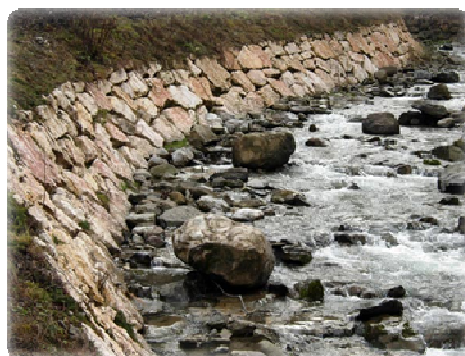


Analyse des pressions hydromorphologiques sur les cours d'eau de Rhône-Méditerranée et Corse

Synthèse des données et analyse croisée des résultats biologiques et hydromorphologiques



Anthony DEFOURS

Août 2012

STRUCTURE D'ACCUEIL :
ONEMA - Délégation
Régionale Rhône-Alpes

MAITRE DE STAGE :
Nicolas Roset



REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent en premier lieu à **Thérèse PERRIN**, déléguée régionale, qui m'a permis d'effectuer mon stage au sein de la délégation Rhône-Alpes (DR5) de l'ONEMA et qui s'est montrée concernée par mon travail.

Je tiens également à remercier **Nicolas ROSET**, ingénieur connaissance à la DR5 et maître de stage, pour la confiance qu'il m'a témoignée tout au long des cinq mois passés à la délégation régionale. Sa disponibilité, ses conseils toujours pertinents et sa bonne humeur ont permis au stage de se dérouler de la meilleure des façons. Je ne le remercierai jamais assez pour m'avoir mis à disposition le très bon logiciel Systat sans lequel je serai encore sous R. à triturer mes jeux de données à l'heure où vous lisez ces lignes.

Mes remerciements vont également à **Benoît TERRIER**, chef de projet à l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, pour sa contribution et son aide à l'état des lieux hydromorphologique mené sur le bassin RM&C.

Merci également aux techniciens de la DR5, **Francis LORIEAU**, **Sandro PARUSSATTI** et **Michaël SADOT**, pour les quelques journées « en pêche » ou en CARHYCE aux quatre coins de Rhône-Alpes qui m'ont permis, en plus des connaissances techniques apportées, de m'aérer l'esprit après des semaines passées entre quatre murs.

Merci également à **l'ensemble du personnel de l'ONEMA** pour l'accueil qu'ils m'ont réservé, leur disponibilité et l'ambiance de travail très agréable qui a toujours régné.

Je remercie également **l'ensemble des interlocuteurs qui ont contribué au bon déroulement de l'étude.**

PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

Ce rapport a été réalisé dans le cadre d'un stage effectué à l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), à la Délégation Régionale Rhône-Alpes (DR5) de Mars à Août 2012.

En remplacement de l'ex Conseil Supérieur de la Pêche (CSP), l'ONEMA est un établissement public créé en Avril 2007 par la loi du 30 Décembre 2006 et placé sous la tutelle du Ministère en charge de l'Environnement. Cet établissement a pour objectifs la surveillance de l'état des masses d'eaux françaises et de s'assurer du bon fonctionnement écologique de ces dernières en proposant une gestion globale et durable de l'ensemble des milieux aquatiques.

Afin d'atteindre ces objectifs, l'ONEMA :

- Accompagne et évalue la mise en œuvre des politiques publiques de l'eau ;
- Coordonne le système d'information sur l'eau (SIE) et participe à l'acquisition de données relatives à l'eau et aux milieux aquatiques, aux activités et aux services associés ;
- Met à disposition ces informations et apporte un appui technique aux services de l'Etat et aux gestionnaires des milieux aquatiques, notamment en matière d'ingénierie écologique ;
- Contribue au contrôle des usages et à la surveillance des milieux aquatiques, participe à la prévention de leur dégradation, à leur restauration et à la préservation de la biodiversité.

A travers ces missions, l'ONEMA contribue à l'atteinte des objectifs environnementaux fixés par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), c'est-à-dire l'atteinte ou le maintien du bon état chimique et écologique des masses d'eau à l'horizon 2015.

L'ONEMA couvre l'ensemble du territoire français via trois niveaux d'organisation :

- La Direction Générale (DG), basée à Vincennes (94), qui est composée de trois directions (Contrôle des Usages et de l'Action Territoriale, Action Scientifique et Technique, Connaissance et Information sur l'Eau) ;
- Les Délégations inter-régionales (DiR) regroupant des ingénieurs et des techniciens, spécialisés dans l'étude et le contrôle des cours d'eau, qui coordonnent l'appui aux politiques de l'eau vis-à-vis des services et d'autres établissements publics de l'Etat. Les DiR assurent également le recueil de données (hydromorphologie et peuplements piscicoles) et les missions de police, en lien avec les services départementaux ;
- Les Services Départementaux (SD) qui ont des missions techniques et de police de l'eau.

La délégation régionale Rhône-Alpes se compose de quatre unités :

- « **Connaissances** »
- « Police de l'eau »
- « Appui aux politiques de l'eau »
- « Administratif et financier »

Mon stage s'inscrit dans les missions confiées à l'unité « Connaissances » dont la coordination est assurée par Nicolas ROSET, mon encadrant professionnel.

La DR5 coordonne huit services départementaux...

- SD de l'Ain (01) ;
- SD de l'Ardèche (07) ;
- SD de la Drôme (26) ;
- SD de l'Isère (38) ;
- SD de la Loire (42) ;
- SD du Rhône (69) ;
- SD de la Savoie (73) ;
- SD de Haute Savoie (74)

... ainsi qu'une unité spécialisée dans les « milieux lacustres » basée à Thonon-les-Bains (74), dont le domaine d'intervention concerne les lacs alpins.

PREAMBULE

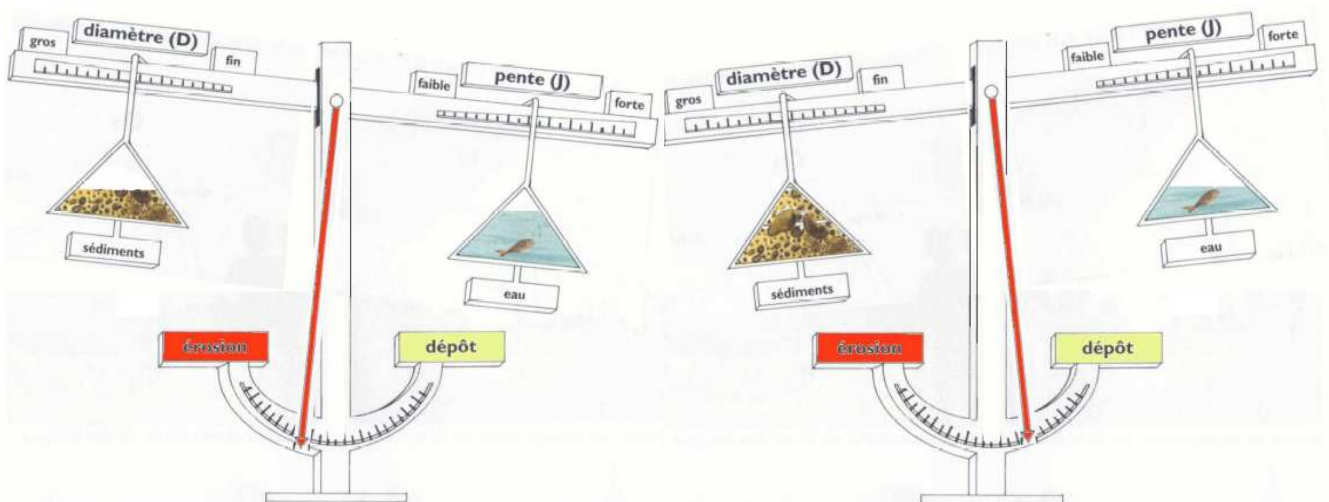
N.B. : Le présent préambule répond à une demande de l'Université François Rabelais de Tours et consiste en une version synthétique du rapport de stage à destination d'élus et plus largement du public. Il s'agit de présenter sous une forme pédagogique l'essentiel du travail et les conclusions que l'on peut en tirer.

Analyse des pressions hydromorphologiques sur les cours d'eau du bassin Rhône-Méditerranée et Corse - Synthèse des données et analyse croisée des résultats biologiques et hydromorphologiques

1. QU'EST CE QUE L'HYDROMORPHOLOGIE ?

Concrètement, l'hydromorphologie consiste en l'étude des processus physiques gouvernant le fonctionnement des cours d'eau. Ces processus connus sous le nom de « dynamique fluviale » façonnent par leur action la morphologie des cours d'eau : sinuosité de la rivière, formes du lit en plan et en travers, configuration des berges, etc. La morphologie est la conséquence du transit de l'eau dans le lit de la rivière.

On parle de système dynamique, la rivière dépose ou érode en fonction principalement de deux facteurs : le débit liquide et la charge sédimentaire transitant dans le cours d'eau. Les schémas suivants expliquent de façon schématique ces processus d'érosion-dépôt :



EXPLICATION DES PROCESSUS D'ÉROSION ET DE DÉPÔT OPERANT DANS UN COURS D'EAU (LANE, 1955)

Concrètement, une diminution du volume de sédiments transportés provoque le basculement de la balance sur la droite, l'aiguille tend vers la gauche et indique que des processus érosifs se mettent en place. Un surplus de sédiments par rapport au débit liquide et le phénomène inverse se produit, l'aiguille de la balance penche à droite, des phénomènes de dépôts sont observés.

Une rivière en bon état hydromorphologique est une rivière pour laquelle les processus érosion-dépôt s'expriment pleinement, ce qui permet notamment d'assurer un renouvellement des milieux naturels

en lien avec la rivière, bénéfique à la biodiversité. Un bon fonctionnement hydromorphologique se traduit également par :

- des écoulements diversifiés (alternance de courants rapides avec une faible hauteur d'eau et de courants lents présentant une profondeur importante) ;
- une bande de végétation riveraine, large et diversifiée ;
- l'absence de contraintes latérales ;
- l'absence d'ouvrages transversaux (seuils, barrages, etc.) qui sont autant d'obstacles à la circulation de la faune aquatique et des sédiments.



UNE RIVIERE EN BON ETAT HYDROMORPHOLOGIQUE (A GAUCHE) ET UNE RIVIERE EN TRES MAUVAIS ETAT HYDROMORPHOLOGIQUE (A DROITE)

Toutes ces caractéristiques jouent un rôle majeur sur la qualité des habitats aquatiques et donc sur la faune évoluant au sein de la rivière. Une dégradation hydromorphologique de la rivière provoque ainsi une perturbation importante des espèces aquatiques.

Les activités humaines exercent de multiples pressions sur l'hydromorphologie et donc sur la faune aquatique. Ces pressions tendent à s'accroître sous l'effet conjugué de l'urbanisation, de l'industrialisation, de pratiques agricoles intensives, des aménagements liés à la navigation, à la production d'hydroélectricité ou à lutte contre les inondations.

2. LES OUTILS D'EVALUATION DE L'HYDROMORPHOLOGIE

Devant l'ampleur des pressions s'exerçant sur l'hydromorphologie, il est apparu primordial d'évaluer la qualité hydromorphologique des cours d'eau. Les méthodes antérieures, essentiellement basées sur l'expertise, étaient sensiblement différentes d'un territoire géographique à l'autre, ce qui a conduit à de fortes disparités de qualité hydromorphologique entre les territoires ne pouvant s'expliquer par les seules caractéristiques de terrain. Ces disparités sont particulièrement apparues en 2004 lors d'un état des lieux consistant en un inventaire, le plus exhaustif possible, des pressions s'exerçant sur les cours d'eau. Les résultats de cet état des lieux sont présentés dans le tableau suivant :

* HM = Hydromorphologie	Adour Garonne	Artois Picardie	Loire Bretagne	Rhin Meuse	Rhône Méditerranée & Corse	Seine Normandie	Total
% de cours d'eau dégradés	55	85	85	67	47	51	59
% de cours d'eau avec une HM dégradée	34	5	73	67	33	46	46

DES RESULTATS EN TERMES DE QUALITE HYDROMORPHOLOGIQUE TRES (TROP ?) DIFFERENTS D'UN TERRITOIRE A L'AUTRE

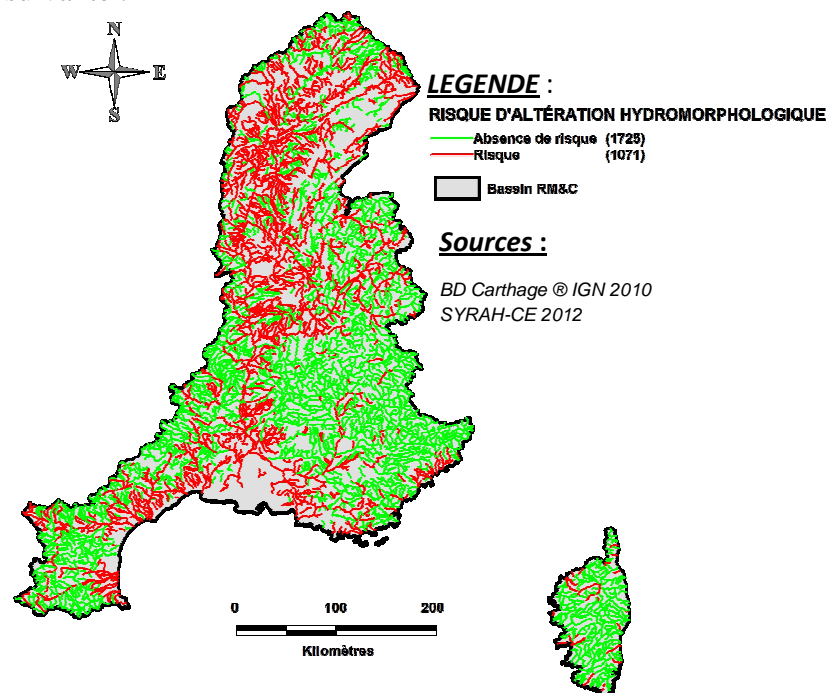
L'état des lieux, prévu dans le cadre d'une directive européenne sur l'eau (DCE), est pourtant un point fondamental pour la gestion des milieux aquatiques en France et en Europe. En fonction des résultats obtenus, des programmes de restauration des cours d'eau, chiffrés à plusieurs millions d'euros, sont en effet planifiés sur plusieurs années. Les résultats insuffisamment cohérents de 2004 ont incité les institutions françaises en charge de la gestion de l'eau à mettre en place des outils plus adaptés : c'est ainsi que SYRAH (SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau) a été mis en place en prévision de l'état des lieux qui doit être achevé pour 2013.

L'outil SYRAH a la particularité d'être homogène et standardisé au niveau national et a été construit pour limiter au maximum les expertises de terrain. Cette dernière caractéristique permet de réduire le coût global du diagnostic hydromorphologique et d'envisager ce diagnostic en respectant les délais restreints imposés. SYRAH se base sur les activités et l'occupation des sols (agriculture, urbanisme, transport, énergie, tourisme, etc.), les aménagements et les usages (voies de communication, retenues, surfaces irriguées, etc.) le long de près de 300 000 kilomètres de cours d'eau. L'utilisation de ces données permet de définir un risque théorique d'altération de l'hydromorphologie des cours d'eau.

3. LES RESULTATS DU DIAGNOSTIC HYDROMORPHOLOGIQUE SUR RM&C

Le bassin versant Rhône Méditerranée et Corse (RM&C) désigne le territoire drainant le fleuve Rhône ainsi que tous ses affluents (Saône, Isère, Durance, etc.). SYRAH a été utilisé pour les besoins du diagnostic. En l'état, la base nationale SYRAH ne délivre qu'un diagnostic pour 10 paramètres décrivant l'hydromorphologie des cours d'eau mais ne permet pas de juger de la qualité hydromorphologique globale d'une masse d'eau (ensemble de cours d'eau géographiquement proches présentant des caractéristiques homogènes).

Une partie du travail a donc consisté à définir des règles d'agrégation permettant d'aboutir à un risque global d'altération hydromorphologique. Les résultats finaux recueillis après agrégation sont présentés sur la carte suivante :



CARTOGRAPHIE DU RISQUE D'ALTÉRATION DIAGNOSTIQUE PAR SYRAH SUR LE BASSIN RM&C

Sur le territoire d'étude, 38% des masses d'eau sont en risque d'altération, ce qui dénote une notable dégradation des caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau. Ce diagnostic est comparable avec les résultats de précédentes évaluations (33% en 2004, 42% en 2009-2010). Quelques tendances géographiques de dégradations hydromorphologiques se dégagent :

- la **Corse** et les **Alpes du Sud** apparaissent comme les zones les plus préservées des dégradations hydromorphologiques ;
- les **fleuves côtiers méditerranéens**, urbanisés et aménagés sur leur cours aval en vue de la protection des biens et des personnes des inondations, sont en majorité en risque d'altération ;
- les cours d'eau de la **vallée du Rhône** en général sont soumis à de fortes pressions liées à l'industrialisation de la vallée (chimie, pétrochimie, etc.) et aux aménagements lourds effectués pour la protection de ces enjeux économiques. Les aménagements liés au transport fluvial expliquent également les dégradations hydromorphologiques constatées par SYRAH ;
- la partie Nord du bassin, correspond à la **Saône et ses affluents** se composent essentiellement de cours d'eau de plaine. Cette topographie a favorisé le développement des activités humaines notamment de l'activité agricole qui impacte fortement l'hydromorphologie ;
- la situation est contrastée dans les **Alpes du Nord** avec des niveaux d'altération variables. En secteur de plaine notamment sur l'Isère, la Romanche et l'Arc, de lourds aménagements ont été réalisés. Certaines vallées sont par ailleurs largement exploitées pour l'hydroélectricité. A contrario, d'autres vallées alpines dépourvues d'aménagements hydroélectriques, présentent un fonctionnement hydromorphologique très proche des conditions naturelles.

Parmi les trois composantes de l'hydromorphologie (hydrologie, morphologie et continuité), la morphologie et la continuité apparaissent comme les principaux facteurs à l'origine des dégradations. La comparaison des résultats obtenus avec ces 3 composantes montre une forte différence avec les précédentes évaluations, différence masquée au niveau du risque global par les règles d'agrégation employées. L'hydrologie, d'après les premières constatations, semble mal prise en compte par SYRAH qui sous-estime les dégradations relatives à cette composante. La continuité, avec l'apparition d'outils objectifs d'évaluation, est en revanche mieux prise en compte dans SYRAH par rapport aux précédentes campagnes d'évaluation.

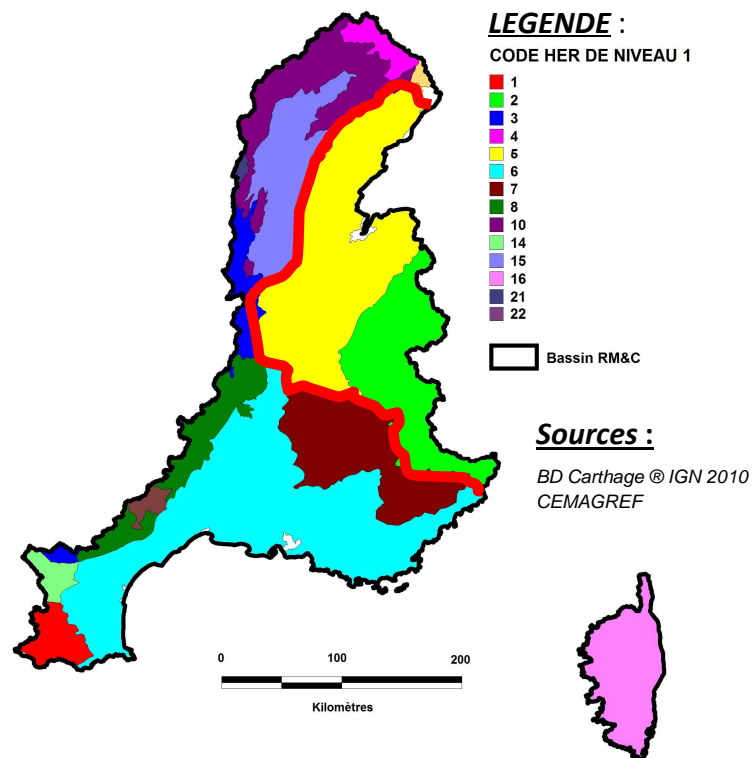
4. REPONSE BIOLOGIQUE AU DIAGNOSTIC DE SYRAH

Les relations entre le diagnostic SYRAH et les résultats biologiques ont été testées statistiquement. Les données biologiques utilisées pour l'analyse se sont limitées aux seuls résultats de l'indice IPR (indice qui mesure l'écart entre la composition du peuplement piscicole observée et la composition du peuplement attendue en situation de référence non dégradée). Le choix s'est porté sur l'IPR dans la mesure où cet indice traduit en théorie le mieux les perturbations hydromorphologiques, l'hydromorphologie ayant un impact fort sur l'habitat aquatique des peuplements piscicoles. Les cours d'eau présentant une mauvaise qualité physico-chimique ont été écartées de l'analyse statistique afin que seule la composante hydromorphologie n'interfère sur la réponse biologique.

Les résultats de l'analyse montrent un lien limité entre le diagnostic SYRAH et la réponse biologique aux dégradations constatées par SYRAH. Plusieurs hypothèses à ces résultats peuvent être formulées. D'une part, l'IPR reste un indice perfectible, l'absence de relation pourrait donc être corrélée avec un dysfonctionnement de l'indice dans certaines situations. D'autre part, la différence d'échelle entre l'évaluation de la qualité hydromorphologique (masse d'eau) et l'évaluation

biologique (échelle ponctuelle ou station) peut expliquer ces divergences, l'échelle ponctuelle ne traduisant pas forcément les dégradations hydromorphologiques observées à l'échelle de la masse d'eau. Les règles d'agrégation intuitives et expérimentales utilisées pour le diagnostic SYRAH peuvent également expliquer l'absence de corrélation constatée entre SYRAH et la biologie.

Il faut cependant souligner que l'absence de réponse biologique à SYRAH n'est pas une constante. Pour certains types de cours d'eau, les analyses ont montré un lien significatif entre le diagnostic SYRAH et la réponse biologique associée, c'est notamment le cas des cours d'eau de l'arc alpin et du Jura (contours rouges sur la carte ci-dessous). Les causes expliquant cette réponse restent floues et une phase d'expertise, actuellement en cours, devrait apporter des premiers éléments de réponse... Affaire à suivre.



LES DIFFERENTS CONTEXTES HYDROGEOGRAPHIQUES DU BASSIN VERSANT RM&C

Une chose est sûre, la réponse de SYRAH est influencée par les caractéristiques typologiques des cours d'eau.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES	3
INTRODUCTION	5
I. GENERALITES SUR L'HYDROMORPHOLOGIE	7
I.1. QU'EST-CE-QUE L'HYDROMORPHOLOGIE ?	7
I.2. VERS UNE PRISE EN COMPTE DE L'HYDROMORPHOLOGIE	8
I.3. QU'EST CE QU'UN COURS D'EAU EN BON ETAT HYDROMORPHOLOGIQUE ?	9
I.4. LES INTERACTIONS BIOLOGIE / HYDROMORPHOLOGIE	10
I.5. LES PRINCIPALES PRESSIONS S'EXERÇANT SUR L'HYDROMORPHOLOGIE	11
I.5.1. Chenalisation et autres modifications de la géométrie du lit	11
I.5.2. Les obstacles transversaux	12
I.5.3. Les extractions de granulats	13
I.6. LES PRINCIPALES ALTERATIONS HYDROMORPHOLOGIQUES ASSOCIEES	13
II. L'OUTIL SYRAH	17
II.1. POURQUOI DEVELOPPER DE NOUVEAUX OUTILS D'EVALUATION ?	17
II.2. SYRAH	18
II.2.1. Objectifs généraux de la méthode SYRAH	18
II.2.2. Concept théorique de la méthode SYRAH	18
II.2.3. Echelles hydromorphologiques de référence.....	20
II.2.4. Descripteurs hydromorphologiques SYRAH	21
III. DIAGNOSTIC HYDROMORPHOLOGIQUE PAR LA METHODE SYRAH	23
III.1. METHODOLOGIE EMPLOYEE	23
III.1.1. Des manques méthodologiques à combler	23
III.1.2. Choix des paramètres à utiliser pour le diagnostic.....	23
III.1.3. Regroupement en 3 classes de probabilités d'altération.....	25
III.1.4. Pondération des paramètres & agrégation à l'élément de qualité	27
III.1.5. Agrégation globale à la ME.....	29
III.1.6. Limites de la méthodologie	29
III.2. RESULTATS DU DIAGNOSTIC SYRAH SUR RM&C.....	30
III.2.1. Des résultats encore provisoires.....	30
III.2.2. Résultats globaux	31
III.2.3. Résultats par élément de qualité hydromorphologique.....	34
III.2.4. Résultats paramètre par paramètre	35

IV. REPONSE BIOLOGIQUE AU DIAGNOSTIC SYRAH	36
IV.1. JUSTIFICATION DU CHOIX DE L'IPR.....	36
IV.2. TRAVAUX PRELIMINAIRES A L'ANALYSE STATISTIQUE	36
IV.2.1.Sélection des masses d'eau pour l'analyse statistique	36
IV.2.2. Origines et étendues des données utilisées.....	37
IV.3. DESCRIPTION DES RESULTATS DE L'IPR SUR L'ECHANTILLON DE STATIONS.....	37
IV.4. LIENS IPR / RISQUE GLOBAL SYRAH	38
IV.4.1. Liens IPR / SYRAH sans prise en compte des caractéristiques typologiques	38
IV.4.2. Liens IPR / SYRAH en fonction des hydroécorégions	39
IV.4.3. Liens IPR / SYRAH en fonction de la taille de la masse d'eau	42
IV.5. LIENS IPR / ELEMENT DE QUALITE HYDROMORPHOLOGIQUE.....	44
IV.5.1. Hydrologie	45
IV.5.2. Morphologie	45
IV.5.3. Continuité	47
IV.6. LIENS IPR / PARAMETRES SYRAH.....	48
IV.7. DISCUSSION DES RESULTATS	49
 CONCLUSION	 51
BIBLIOGRAPHIE	53

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

FIGURES :

Figure 1 : Balance de Lane et principe d'équilibre dynamique (Lane, 1955)	7
Figure 2 : Exemple d'un cours d'eau en bon état hydromorphologique, le Langouyrou (48).....	10
Figure 3 : Exemples d'opérations de chenalisation. A gauche, endiguement de la Romanche dans la plaine de l'Oisans (38). Au centre, l'Yzeron (69) s'écoulant dans une cunette béton. A droite, rescindement de méandres sur le Rhin dans la région de Mannheim (All.)	11
Figure 4 : Exemples de seuils transversaux. A gauche, seuil fixe. A droite, seuil mobile sur la Sèvre Nantaise (clapets)	12
Figure 5 : Affleurement du substratum marno-calcaire sur l'Ouvèze (07).....	13
Figure 6 : Homogénéisation des faciès en amont d'un seuil sur l'Ardèche (07)	14
Figure 7 : Migrations nécessaires à l'accomplissement du cycle biologique des espèces (d'après Huger, 2011)	15
Figure 8 : Emboîtement des échelles physiques (Andriamahefa, 2011).....	18
Figure 9 : Cadre conceptuel de la méthode SYRAH (Chandesris et <i>al</i> , 2008)	19
Figure 10 : Logique DPSIR et audit de l'hydromorphologie des cours d'eau (d'après Chandesris et <i>al</i> , 2008)	20
Figure 11 : Combinaison de variables de pressions élémentaires à partir d'un modèle bayésien pour la définition des probabilités d'altération. (Exemple du paramètre SYRAH « structure de la rive » - Piffady, 2011)	22
Figure 12 : Définition d'un risque d'altération sur la base des probabilités calculées par le modèle bayésien	22
Figure 13 : Masses d'eau adoptant un style fluvial en tresses sur le bassin RM&C (d'après Piégay et <i>al</i> , 2010)	24
Figure 14 : Probabilités d'altération pour le paramètre "continuité biologique grands migrateurs" sur le bassin RM&C	24
Figure 15 : Exemple d'utilisation de la méthode V2 de regroupement de classes.....	26
Figure 16 : Distribution (%) des classes principales d'altération selon la méthode Vx employée (prenant en compte les 10 paramètres SYRAH hors indicateur de fragmentation et la totalité des ME de RM&C).....	26
Figure 17 : Regroupement des paramètres SYRAH au sein des EQ-HYMO définis par la DCE	27
Figure 18 : Exemple du calcul d'un score d'altération pour l'EQ-Hydrologie.....	29
Figure 19 : Règles d'agrégation des EQ-HYMO en vue d'obtenir un risque d'altération hydromorphologique global à l'échelle de la masse d'eau (d'après Moy, 2012)	29
Figure 20 : Statut hydromorphologique vis-à-vis de la DCE diagnostiqué par SYRAH sur le bassin RM&C	31
Figure 21 : Distribution (%) des masses d'eau à risque hydromorphologique en fonction de l'ordonnancement de Strahler (gauche) et comparaison du diagnostic SYRAH avec les résultats du rapportage 2009-2010 (droite).....	33
Figure 22 : Distribution des masses d'eau (%) à risque hydromorphologique en fonction de l'HER de niveau 1	33
Figure 23 : Distribution du nombre de masses d'eau à risque par EQ-HYMO (gauche) et comparaison du diagnostic SYRAH avec les résultats du rapportage 2009-2010 (droite).....	34
Figure 24 : Distribution du nombre de masses d'eau à risque hydromorphologique par paramètre (gauche) et contribution unique de ces paramètres (droite).....	35
Figure 25 : Sélection des masses d'eau en vue de la comparaison statistique des indices biologiques et du diagnostic SYRAH	36

Figure 26 : Distribution des notes et des classes de l'IPR sur l'échantillon de stations retenues	37
Figure 27 : Comparaison de la distribution des classes IPR entre masses d'eau à risque et masses d'eau en absence de risque hydromorphologique.....	38
Figure 28 : Box-Plot montrant la différence de médiane IPR selon que la masse d'eau est en risque hydromorphologique ou non (les barres horizontales correspondent aux valeurs médianes, les rectangles des boîtes représentent l'écart inter-quartile entre 1 ^{er} et 3 ^{ème} quartile)	39
Figure 29 : Distribution du nombre de masses d'eau par HER1 du bassin RM&C.....	40
Figure 30 : Box-Plot et tests de Kruskal-Wallis par HER de niveau 1 en discriminant les ME à risque et celles en absence de risque hydromorphologique global	41
Figure 31 : Comparaison des moyennes des deux lots de ME pour l'HER 5 (Jura - Préalpes Nord) et l'HER 2 (Alpes internes)	42
Figure 32 : Distribution du nombre de masses d'eau par classe de taille	43
Figure 33 : Box-Plot et tests de Kruskal-Wallis par classe de taille de masse d'eau en discriminant les ME à risque et celles en absence de risque hydromorphologique global.....	43
Figure 34 : Comparaison des moyennes des deux lots de ME (à risque / absence de risque) pour les TPME et les GME	44
Figure 35 : Box-Plot comparant la médiane de l'IPR en fonction du risque d'altération identifié pour l'EQ-Hydrologie ...	45
Figure 36 : Box-Plot comparant la médiane de l'IPR en fonction du risque d'altération identifié pour l'EQ-Morphologie – Comparaison des moyennes observées selon le risque d'altération de l'EQ-Morphologie	45
Figure 37 : Box-Plot comparant par HER1 la médiane de l'IPR selon le risque d'altération de l'EQ-Morphologie	46
Figure 38 : Box-Plot comparant la médiane de l'IPR en fonction du risque d'altération pour l'EQ-Continuité – Comparaison des moyennes observées selon le risque d'altération de l'EQ-Continuité	47
Figure 39 : Box-Plot comparant pour l'HER2 la médiane de l'IPR en fonction du risque d'altération pour l'EQ-Continuité	48

TABLEAUX :

Tableau 1 : Liste des principales altérations associées aux différents types de perturbations	16
Tableau 2 : Résultats du volet hydromorphologie de l'EdL 2004 pour les 6 agences de l'eau (Moy, 2011)	17
Tableau 3 : Présentation des descripteurs hydromorphologiques de SYRAH.....	21
Tableaux 4 : Exemple d'agrégation de l'indice de fragmentation entre l'échelle tronçon et l'échelle ME selon le principe de la valeur déclassante	27
Tableau 5 : Seuils des classes d'altération pour l'indice de fragmentation	27
Tableaux 6 : Coefficients de pondération par paramètre SYRAH pour l'agrégation d'un niveau d'altération par Élément de Qualité Hydromorphologique	28
Tableau 7 : Transformation des classes nominales en classes numériques	28
Tableau 8 : Seuils pour la transformation des scores d'altération en classe nominale par EQ-HYMO.....	29

INTRODUCTION

Durant de nombreuses décennies, l'évaluation de l'état des hydrosystèmes s'est limitée aux seuls paramètres physico-chimiques puis biologiques. Le suivi diachronique de ces deux composantes a cependant montré qu'en dépit de l'amélioration de l'état physico-chimique des cours d'eau, la réponse biologique ne suit pas forcément la même trajectoire d'amélioration. Il a alors été mis en évidence que d'autres paramètres impactaient fortement la réponse des communautés biologiques. L'altération de l'habitat physique des communautés aquatiques est ainsi reconnue comme un facteur explicatif majeur de l'état biologique. Afin de prendre en compte ces évolutions scientifiques, la Directive Cadre sur l'Eau du 23/10/2000, à travers son annexe V, introduit la notion d'hydromorphologie dans les textes réglementaires. Celle-ci stipule notamment que l'atteinte d'un « bon état écologique » repose en partie sur la conservation ou la restauration de la dynamique naturelle des hydrosystèmes. L'hydromorphologie est ainsi prise en compte (de façon indirecte) par son influence sur la biologie.

En France, on estime que l'altération de l'hydromorphologie est responsable de près de 50% des risques de non atteinte du bon état d'ici 2015 du fait du déclassement de la biologie (ONEMA, 2011). Ce constat fait notamment suite à un premier état des lieux (EdL) réalisé en 2004 afin de mieux caractériser les pressions s'exerçant sur les hydrosystèmes. L'absence de données fiables et homogènes, le recours à des outils d'évaluation hydromorphologique foncièrement différents et privilégiant l'expertise, ainsi que la faible prise en compte des masses d'eau secondaires, avaient constitué les limites notables à ce premier exercice. Ce constat d'échec a suscité la mise en place progressive de nouveaux outils plus objectifs, et standardisés à l'échelle nationale, en prévision du prochain EdL prévu pour 2013. SYRAH (SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau) et CARHYCE (CARactérisation de l'HYdromorphologie des Cours d'Eau) ont ainsi vu le jour.

Mon travail s'inscrit directement dans ce contexte de mise à jour de l'état des lieux DCE et d'optimisation des nouveaux outils dédiés à l'évaluation de l'état hydromorphologique des cours d'eau. Un premier axe de travail, après compilation, mise en forme et exploitation des bases de données relatives à l'hydromorphologie, a consisté à analyser les pressions hydromorphologiques s'exerçant sur les masses d'eau à l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée et Corse (RM&C). Pour exploiter pleinement les données collectées et notamment l'utilisation de la méthode SYRAH dans le cadre de l'EdL 2013, une méthodologie a été définie en accord avec le Groupe Technique National « hydromorphologie des cours d'eau ».

Un deuxième axe de travail répond à la volonté de mieux appréhender les interactions entre l'état hydromorphologique des hydrosystèmes et la réponse biologique associée à cet état. Un important travail statistique, basé sur le croisement des données biologiques, limitées dans un premier temps à l'Indice Poisson Rivière (IPR), et des données de pressions hydromorphologiques, a été mené en ce sens. Ce travail a notamment intégré une discussion sur les différences de réponse biologique en fonction du contexte hydro-géographique et typologique des cours d'eau.

Le présent rapport s'attachera dans un premier temps à définir les concepts de l'hydromorphologie fluviale, sa prise en compte progressive dans l'évaluation de la qualité des cours d'eau, et les principales pressions et altérations relatives à l'hydromorphologie.

Une seconde partie sera consacrée à la présentation détaillée de l'outil SYRAH mis en place pour appréhender la composante hydromorphologique des hydrosystèmes. Les motivations ayant conduit à la mise en œuvre de ce nouvel outil d'évaluation seront également exposées dans cette partie.

Une analyse du risque d'altération hydromorphologique des cours d'eau par la méthode SYRAH sera ensuite menée à l'échelle du bassin RM&C. On exposera notamment dans cette partie les propositions de règles pour l'exploitation des données brutes de la base SYRAH en vue du diagnostic nécessaire à la réalisation de l'EdL 2013. La question traitée dans ce paragraphe est la suivante : comment passer des données brutes de SYRAH à une évaluation synthétique du risque hydromorphologique par masse d'eau, qui soit techniquement fiable et réaliste du point de vue de la gestion ?

La dernière partie du présent rapport traitera des interactions entre hydromorphologie et réponse biologique, en analysant les liens statistiques entre les résultats de l'IPR et les différents niveaux de risque d'altération hydromorphologique fournis par SYRAH. Les questions posées dans ce paragraphe sont les suivantes : les notes de l'IPR sont-elles différentes selon que la masse d'eau sur laquelle est positionnée la station de suivi est (ou non) en risque hydromorphologique pour SYRAH ? La réponse est-elle différente selon le type de cours d'eau ? Y-a-t-il des différences selon le type de paramètre hydromorphologique considéré ?

I. GENERALITES SUR L'HYDROMORPHOLOGIE

I.1. QU'EST-CE-QUE L'HYDROMORPHOLOGIE ?

L'hydromorphologie fluviale (ou géomorphologie fluviale) est une discipline relativement récente puisque formalisée en tant que science à part entière dans les années 1950 à la suite de premiers travaux de synthèse réalisés aux Etats-Unis (Malavoi & Bravard, 2010). Cette science traite de nombreuses branches des sciences de la terre : géographie physique, géologie, sédimentologie, hydraulique, hydrologie, etc., auxquelles elle reprend de nombreux éléments en les intégrant dans son propre champ d'analyse.

Concrètement et pour reprendre la définition proposée par Malavoi & Bravard, l'hydromorphologie s'intéresse à « l'étude des processus physiques régissant le fonctionnement des cours d'eau et des formes qui en résultent. ». La dynamique fluviale correspond aux processus gouvernant le fonctionnement d'un cours d'eau, la morphologie fluviale s'intéressant aux formes découlant de ces processus. L'hydromorphologie est régie par deux types de variables, tout cours d'eau recherchant à établir une combinaison dynamiquement stable entre ces deux ensembles de variables (Schumm, 1977) :

- des variables de contrôle qui interviennent à l'échelle du bassin versant ;
- des variables de réponse intervenant principalement à l'échelle du tronçon.

Les variables de contrôle s'imposent directement au cours d'eau et dictent son évolution physique. Influencées par le climat et la couverture végétale des versants, ces variables agissent à différents pas de temps et dans différents compartiments spatiaux du bassin versant (Malavoi & Bravard, 2010). Deux variables de contrôle majeures expliquent en grande partie la dynamique fluviale :

- le débit liquide (Q) ;
- le débit solide (Q_s) qui correspond principalement à la charge de fond du cours d'eau.

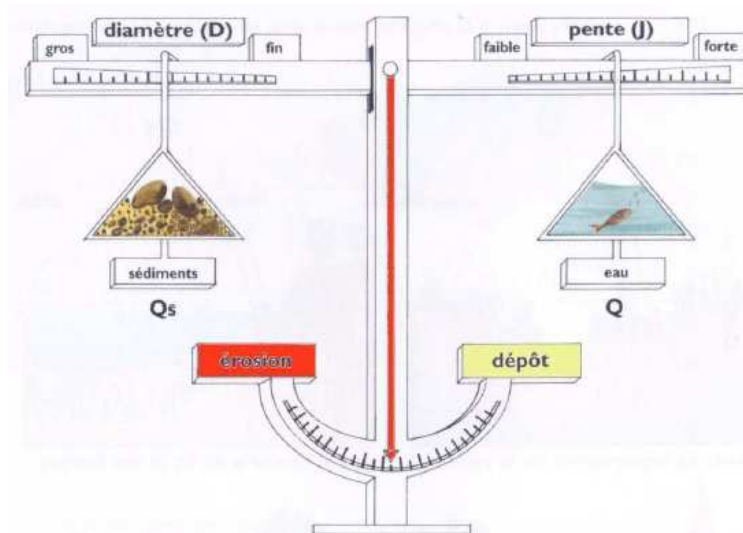


Figure 1 : Balance de Lane et principe d'équilibre dynamique (Lane, 1955)

La balance de Lane (**Figure 1**) montre que tout cours d'eau recherche un équilibre entre charge alluviale (caractérisée par sa granulométrie (D) et son volume (Q_s)) et débit liquide (Q) qui, couplé

à la pente (J), fournit l'énergie capable d'évacuer cette charge alluviale (Malavoi & Bravard, 2010). Schématiquement, une diminution de la charge alluviale provoque le basculement de la balance sur la droite, l'aiguille tend vers la gauche et indique que des processus érosifs se mettent en place afin de permettre au cours d'eau de recouvrir son équilibre dynamique. Un ajustement permanent de la morphologie du cours d'eau s'opère autour de conditions moyennes par le biais de processus érosion-dépôt.

D'autres variables de contrôle qualifiées de secondaires régissent la dynamique fluviale :

- la pente et la géométrie de la vallée ;
- les caractéristiques sédimentologiques du fond de lit et des berges qui vont jouer sur l'érodabilité ;
- la végétation des berges qui assurent un rôle de rétention des sédiments et de protection contre l'érosion et qui influence la mobilité latérale ;
- le boisement des versants.

Les variables de réponse agissant à une échelle plus locale sont autant de variables permettant aux cours d'eau de modeler leur morphologie en fonction des débits liquides et solides ainsi que des autres variables de contrôle. Les principales variables de réponse sont :

- la largeur du lit à pleins bords ;
- la profondeur moyenne à pleins bords ;
- le profil en long ;
- la sinuosité (amplitude, longueur d'onde, etc.) ;
- la granulométrie des sédiments transportés.

L'expression de ces variables de réponse permet de tendre, à plus ou moins long terme selon l'intensité des modifications des variables de contrôle, vers l'équilibre dynamique du cours d'eau.

La modification d'une variable de contrôle et par conséquent d'une ou plusieurs variables de réponse peut provoquer une métamorphose fluviale. Ce phénomène a été observé sur de nombreux cours d'eau alpins après les travaux RTM qui, par le reboisement et la stabilisation des versants, ont fortement diminué les apports en charge solide et la transition entre tressage et méandrage (Piégay & *al*, 2010). La question fondamentale est de connaître à partir de quel point les ajustements observés de ces variables de réponse sont régis par des processus naturels ou dénotent des dysfonctionnements hydromorphologiques imputables aux activités anthropiques.

I.2. VERS UNE PRISE EN COMPTE DE L'HYDROMORPHOLOGIE

Durant plusieurs décennies, l'évaluation de la qualité des cours d'eau a été abordée sous l'unique angle de la qualité physico-chimique. Progressivement, l'évaluation de la composante chimique est a été complétée par une évaluation de la qualité biologique qui s'est matérialisée par la création successive de nouveaux indices (IBGN, IBD, IPR, IBMR).

Le suivi diachronique de ces deux composantes de l'état d'un hydrosystème a cependant montré qu'en dépit de l'amélioration de la qualité physico-chimique, la réponse biologique ne suit pas forcément la même trajectoire d'amélioration (Chandesris et *al*, 2008). On reconnaissait alors implicitement que d'autres paramètres impactaient parfois fortement la qualité biologique. Les

scientifiques ont en effet démontré que l'altération de l'habitat physique des communautés aquatiques était un facteur explicatif majeur de l'état biologique. L'hydromorphologie est ainsi reconnue comme la 3^{ème} composante de l'évaluation de la qualité des cours d'eau, le lien entre la qualité du biotope et l'état des biocénoses aquatiques qui y évoluent étant par la même mis en avant.

Après plusieurs tentatives pour mettre en place des indicateurs objectifs d'évaluation de l'hydromorphologie des cours d'eau au niveau national, la mise en œuvre de la DCE a permis l'émergence de nouveaux outils relativement consensuels : SYRAH et CARHYCE.

I.3. QU'EST CE QU'UN COURS D'EAU EN BON ETAT HYDROMORPHOLOGIQUE ?

La notion de bon état hydromorphologique n'est apparue que récemment, en même temps que la mise en place d'outils d'évaluation dédiés à cette composante. Il est aujourd'hui communément admis qu'un hydrosystème en bon état hydromorphologique (**Figure 2** page suivante) se caractérise notamment par une mosaïque de milieux naturels à l'échelle du corridor dont la régénération et la diversité des formes végétatives sont intimement liées à la fréquence des crues dites « morphogènes » assurant le renouvellement des milieux alluviaux (Adam et *al*, 2007). Un cours d'eau en bon état hydromorphologique est donc un cours d'eau dont les caractéristiques géométriques du lit assurent un débordement fréquent en lit moyen.

D'autres sources mettent davantage l'accent sur l'absence de contrainte latérale et la présence d'un espace de mobilité suffisant pour assurer le bon déroulement de la dynamique fluviale (AESN, 2008) et la recharge du cours d'eau en alluvions par érosion des berges. Les érosions de berges ne sont donc pas en soi une perturbation de la dynamique fluviale mais bien l'expression de celle-ci. Le cours d'eau dispose également d'annexes hydrauliques fonctionnelles et connectées au lit vif. L'absence de contrainte latérale permet par ailleurs dans une certaine mesure d'atténuer l'incision du lit dans son matelas alluvial.

Une ripisylve fournie, épaisse, variée (strates, espèces, classes d'âge) et adaptée aux milieux aquatiques est également attendue pour un hydrosystème en bon état hydromorphologique (Bacchi, Comm. Pers.). Ce couvert végétal joue un rôle structurant sur les processus géodynamiques s'exerçant à l'échelle du corridor en plus des multiples bénéfices dépassant le cadre de l'hydromorphologie (autoépuration, apports trophiques, régulation thermique, habitats, etc.).

Une continuité longitudinale globalement préservée est un élément important justifiant du bon état. D'une part, le transit sédimentaire vers l'aval, nécessaire à la dynamique fluviale, doit pouvoir s'effectuer sans entrave majeure et d'autre part, les espèces biologiques doivent pouvoir circuler librement au sein de l'hydrosystème et accomplir sans contrainte leurs cycles biologiques. Le transit des sédiments vers l'aval permet notamment d'assurer le renouvellement et la diversité du substrat alluvial qui constitue un habitat majeur pour les biocénoses aquatiques (Huger, 2011).

L'hydrologie est la dernière composante principale du bon état hydromorphologique. Des faciès d'écoulement diversifiés et « régulièrement » alternés (présence de séquences types radier/mouille/plat), une géométrie hétérogène du lit avec présence d'un lit d'étiage bien délimité limitant la dispersion de la lame d'eau en basses eaux, sont des indicateurs d'un état hydromorphologique

préservé. Les conditions hydrodynamiques (faibles variations journalières de débits hors « coup d'eau ») et la connexion aux masses d'eau souterraines, qui assurent entre autres l'oxygénation du substrat, le soutien d'étiage et le tamponnage de la température de l'eau, sont également des éléments de fonctionnement fondamentaux.



Figure 2 : Exemple d'un cours d'eau en bon état hydromorphologique, le Langouyrou (48)

Ces quelques critères énoncés sont des règles générales ne prenant pas en compte les caractéristiques typologiques des cours d'eau. Certains torrents de montagne peuvent ainsi être dépourvus de ripisylve, sans que cela ne soit indicateur d'un dysfonctionnement hydromorphologique. De même, les cours d'eau coulant dans des vallées encaissées ou en gorges ne disposent pas d'annexes hydrauliques et les contraintes latérales s'y exerçant sont totalement naturelles, expliquant par exemple un tracé rectiligne.

La notion d'échelle est par ailleurs importante à prendre en considération. Rares sont les cours d'eau français à ne pas avoir subis de dégradations, une altération très ponctuelle des caractéristiques hydromorphologiques n'est pas forcément représentative de l'intégralité de l'hydrosystème.

I.4. LES INTERACTIONS BIOLOGIE / HYDROMORPHOLOGIE

La DCE stipule que l'atteinte d'un « bon état écologique » repose en partie sur « la conservation ou la restauration de la dynamique naturelle des cours d'eau qui permet l'entretien et la régénération des habitats des communautés biologiques » (Chandesris et *al*, 2008). Les éléments de qualité hydromorphologique (régime hydrologique, continuité et morphologie) sont pris en compte de façon indirecte, par leur influence sur la biologie. Ils sont également utilisés en tant qu'indicateurs supplémentaires du « très bon état » (Dassonville, 2010 ; MEDDTL, 2010).

En France, on estime que l'altération de l'hydromorphologie est responsable de 50% des risques de non atteinte du bon état des masses d'eau d'ici 2015 du fait du déclassement de la biologie (ONEMA, 2011). Le rôle prépondérant rempli par l'hydromorphologie en termes de qualité des habitats physiques est ainsi mis en évidence. Un nombre important de paramètres hydromorphologiques agissent également de façon indirecte sur la réponse biologique : par

exemple, une déconnexion de la rivière par rapport aux masses d'eau souterraines peut, par l'absence de régulation thermique, modifier la composition des peuplements piscicoles avec un glissement typologique au profit d'espèces eurythermes.

I.5. LES PRINCIPALES PRESSIONS S'EXERÇANT SUR L'HYDROMORPHOLOGIE

Les activités anthropiques exercent de multiples pressions sur l'hydromorphologie. Ces pressions tendent à s'accroître sous l'effet conjugué de l'urbanisation, de l'industrialisation, de pratiques agricoles intensives, des aménagements liés à la navigation, à la production d'hydroélectricité ou à lutte contre les inondations, etc.

Les caractéristiques morphologiques et géodynamiques des hydrosystèmes ont été profondément altérées du fait de ces pressions qui peuvent être regroupées en trois catégories principales.

I.5.1. Chenalisation et autres modifications de la géométrie du lit

La chenalisation (**Figure 3**) englobe tous les aménagements visant à accélérer les écoulements par surdimensionnement, simplification de la géométrie du lit mineur et/ou réduction de la rugosité. Par le terme « chenalisation », on désigne plus largement toutes les opérations de :

- rectification ;
- rescindement de méandres ;
- endiguement ;
- protection de berges.
- déplacement de cours d'eau ;
- couverture de cours d'eau ;
- bétonnage du lit ;

Dans la majorité des cas, ces opérations sont combinées (rescindement de méandres et protection des berges, rectification et endiguement, etc.), ce qui accentue l'impact de ces altérations hydromorphologiques sur les hydrosystèmes (Adam *et al*, 2007).

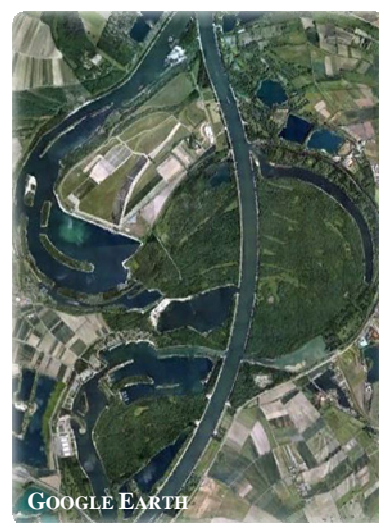
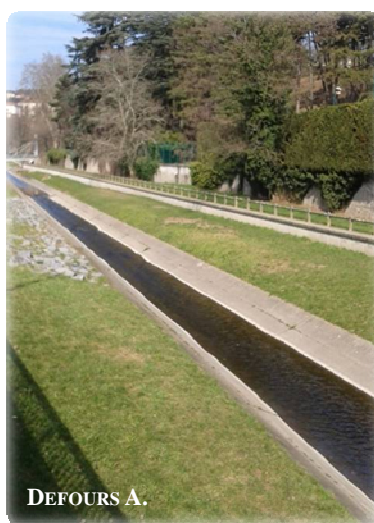
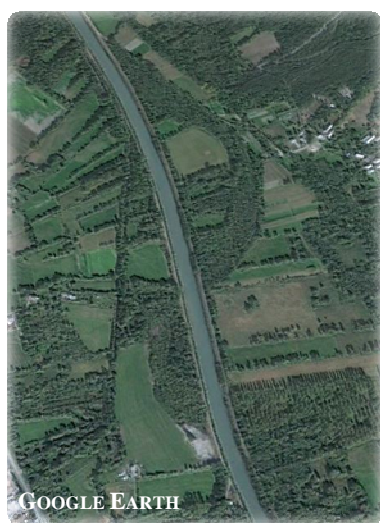


Figure 3 : Exemples d'opérations de chenalisation. A gauche, endiguement de la Romanche dans la plaine de l'Oisans (38). Au centre, l'Yzeron (69) s'écoulant dans une cunette béton. A droite, rescindement de méandres sur le Rhin dans la région de Mannheim (All.)

Les principaux objectifs de ces pratiques de chenalisation sont les suivants :

- réduction de la vulnérabilité aux inondations (surdimensionnement du lit, réduction de la rugosité, augmentation de la pente donc de la capacité à évacuer les crues, etc.) ;
- volonté de faciliter le développement urbain / agricole par l'augmentation des surfaces urbanisables / cultivables ;
- volonté d'améliorer la productivité des parcelles agricoles (réduction de la fréquence de submersion des cultures, linéarisation des parcelles et favorisation de la mécanisation des sols, drainage facilité) ;
- protection de zones à enjeux (habitations, zones industrielles, terres agricoles, voies de communication) des processus d'érosion latérale ;
- améliorer les conditions de navigation sur les grands cours d'eau notamment pour le transport fluvial (surdimensionnement du lit, augmentation du tirant d'eau, réduction des distances à couvrir, etc.).

1.5.2. Les obstacles transversaux

Les derniers recensements (non exhaustifs) effectués dans le cadre du Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement (Léonard & al, 2011) font état de plus de 60 000 seuils (**Figure 4**) et autres ouvrages transversaux (barrages, buses, radiers de pont mal calés sur le profil en long, etc.) sur les cours d'eau de France métropolitaine. Il s'agit d'une atteinte majeure de la continuité longitudinale et donc de l'état hydromorphologique des hydrosystèmes.



Figure 4 : Exemples de seuils transversaux. A gauche, seuil fixe. A droite, seuil mobile sur la Sèvre Nantaise (clapets)

Les motivations ayant conduit à l'édiction de ces obstacles sont nombreuses et remontent parfois à plusieurs siècles. Ces structures ont été édifiées pour répondre à des usages divers (Malavoi, 2003) :

- utilisation de la force de l'eau pour l'activité minotière ;
- usage hydroélectrique ;
- irrigation des parcelles agricoles environnantes ;
- régulation des cours d'eau (soutien d'étiage, écrêtement des crues) ;
- alimentation en eau potable (grands barrages) ;
- stabilisation du profil en long d'un cours d'eau ;
- navigation (seuils de régulation, écluses, etc.).

Une part importante de ces ouvrages n'a aujourd'hui plus aucun usage économique (Defours, 2012) mais continue d'exercer une pression forte sur l'hydromorphologie des cours d'eau.

1.5.3. Les extractions de granulats

Suite à la 2ème guerre mondiale, le besoin de reconstruction, la multiplication des axes routiers et le développement de la technologie du béton ont abouti au prélèvement sans limite de granulats dans les cours d'eau à charge alluviale grossière (Malavoi et *al*, 2011). Ce type d'extraction est interdit depuis l'arrêté ministériel de 1994 mais les perturbations hydromorphologiques liées aux activités d'extraction en lit mineur perdurent. Les extractions se reportent maintenant en lit majeur.

I.6. LES PRINCIPALES ALTERATIONS HYDROMORPHOLOGIQUES ASSOCIEES

La réponse de l'hydrosystème aux pressions hydromorphologiques est variable suivant la nature même de l'intervention, le type de cours d'eau, le linéaire impacté ou encore l'ancienneté des travaux (Adam et *al*, 2007). Les impacts hydromorphologiques sont par ailleurs, dans bien des cas, issus de pressions multiples (rectification associée à un endiguement, suppression de la ripisylve associée à un recalibrage, etc.). La présente partie résume les principales altérations liées à des perturbations hydromorphologiques.

Blocage de la dynamique latérale

Un hydrosystème « naturel » se caractérise notamment par des processus d'érosion, de dépôt, de transport de sédiments, une migration latérale du chenal vif (Adam et *al*, 2007). Ces processus façonnent dans une courte échelle de temps une diversité de milieux dont la richesse écologique est directement liée à la fréquence de régénération des formes fluviales. Le blocage de ces processus par les protections de berges, l'endiguement ou le mitage du lit majeur par les extractions de granulats, entraîne un appauvrissement du milieu. En l'absence d'érosion latérale, la production de sédiments grossiers est revue à la baisse, ce qui se traduit par un déficit sédimentaire à l'origine d'une incision du lit du cours d'eau, au moins à l'échelle locale.

Incision du lit

L'incision du lit, lorsque le débit solide est insuffisant par rapport au débit liquide, est une expression de la dynamique fluviale. De nombreux hydrosystèmes, sous les effets conjugués de l'extraction de granulats, des ouvrages transversaux et de l'absence de possibilité de recharge latérale, ont vu leur cours s'inciser. Les conséquences écologiques sont majeures :

- le déficit sédimentaire provoque à terme la disparition du substrat alluvial, phénomène défavorable pour la vie et la reproduction des espèces aquatiques en aval (Huger, 2011). Certaines rivières s'écoulent directement sur leur substratum (**Figure 5**), les habitats alluviaux sont alors inexistantes ;
- l'incision peut également conduire à une métamorphose du style fluvial, c'est notamment le cas sur la Dordogne où on assiste à un processus d'unichenalisation (Debiais, 2009) avec l'élection d'un chenal unique préférentiel d'écoulement. Les annexes secondaires tendent à se déconnecter du chenal principal.



Figure 5 : Affleurement du substratum marno-calcaire sur l'Ouvèze (07)

Modification de la relation nappe/rivière

Les relations nappe/rivière peuvent être fortement impactées par les trois grandes catégories de pressions hydromorphologiques. Les ouvrages transversaux, par le remous liquide se formant en amont, ont tendance à rehausser le niveau de la nappe d'accompagnement. Les opérations de recalibrage ou d'endiguement se traduisent au contraire par un abaissement de la nappe alluviale, voire la suppression de la connexion nappe/rivière. L'abaissement s'accompagne dans certains cas de la disparition du petit chevelu et des zones humides associées aux cours d'eau. Ces perturbations sont particulièrement dommageables dans la mesure où ces eaux de nappe participent au soutien d'étiage et permettent, par leur température fraîche et constante tout au long de l'année, de limiter le réchauffement excessif des eaux en période de forte chaleur. En cas d'affleurement du substratum imperméable suite à des extractions, les échanges hydrauliques ne se font plus que latéralement.

Le déplacement d'un cours d'eau vers un niveau topographique plus élevé provoque une relation unilatérale nappe/rivière : la rivière a tendance à alimenter en permanence la nappe qui lui est associée (Adam et al, 2007). Il en résulte des étiages souvent plus intenses, ce qui réduit la surface d'habitat disponible et peut entraîner une surmortalité piscicole.

Déconnexion des annexes hydrauliques

Les opérations de chenalisation, du fait de la diminution de la fréquence de débordement, se traduisent par une diminution de la connexion du cours d'eau avec ses annexes hydrauliques. Cette déconnexion peut-être permanente ou temporaire selon l'intensité du surdimensionnement. La déconnexion se traduit par un appauvrissement des milieux localisés en lit majeur et a un impact sur la faune qui y est associée. Certaines espèces piscicoles comme le brochet dont la reproduction est dépendante de la connexion du lit mineur et de ses annexes hydrauliques sont particulièrement vulnérables à cette perturbation hydromorphologique.

Homogénéisation des faciès d'écoulement

La présence d'ouvrages transversaux ou encore d'un endiguement étroit se traduit par une prédominance de faciès d'écoulement lenticques et profonds (à la place de séquences radier, plat, mouille (Malavoi, 1989 & 2009 - **Figure 6**). La structure des populations piscicoles est profondément remaniée du fait d'une banalisation des habitats aquatiques, un glissement typologique est fréquent (Malavoi, 2009) : les espèces rhéophiles disparaissent au profit d'espèces plus adaptées à ces nouvelles conditions mésologiques. La relative stagnation des eaux se traduit également par un réchauffement accru du cours d'eau aggravant les risques d'eutrophisation.



Figure 6 : Homogénéisation des faciès en amont d'un seuil sur l'Ardèche (07)

Plus généralement, toutes les opérations conduisant au surdimensionnement du lit d'un cours d'eau se traduisent par l'homogénéisation des faciès. Le surdimensionnement amplifie l'étalement de la

lame d'eau en étiage qui s'avère limitant pour une partie de la faune aquatique qui n'a plus aucune possibilité de refuge dans les mouilles associées à un cours d'eau en bonne état. A l'inverse, la couverture de cours d'eau ou son bétonnage engendrent des faciès lotiques très homogènes, souvent incompatibles avec la vie et la circulation de l'ichtyofaune.

Accroissement du colmatage

Cette perturbation hydromorphologique est difficile à corréler avec les pressions évoquées précédemment. Elle est avant tout à mettre en relation avec les activités et la couverture du bassin versant. Le colmatage perturbe les échanges d'eau, de matières et d'oxygène qui se produisent entre la surface et le milieu interstitiel (Brunke & Gonser, 1999 ; Gayraud & al, 2002). Ceci contribue à la mise en place de conditions anoxiques du substrat qui peuvent influencer le développement et la survie de certains stades de développement et l'efficacité de la reproduction notamment pour les espèces lithophiles (Chapman, 1988 ; Gayraud et al, 2002).

Blocage de la continuité écologique

Les ouvrages transversaux bloquent la plus grande partie de la charge alluviale grossière, ce qui se traduit par un déficit sédimentaire à l'aval de l'obstacle pouvant conduire à terme à la disparition du substrat alluvial, phénomène défavorable pour la vie et la reproduction des espèces aquatiques (Huger, 2011). Les flux biologiques sont également fortement perturbés, certaines espèces amphihalines ou holobiotiques, dont la reproduction ou plus généralement l'accomplissement du cycle biologique sont dépendants de déplacements migratoires, sont particulièrement impactées par ces obstacles transversaux (**Figure 7**). Ceux-ci sont également à l'origine d'un cloisonnement des milieux aquatiques et d'un isolement génétique des populations, principalement piscicoles et astacicoles (Gontier, 2007).

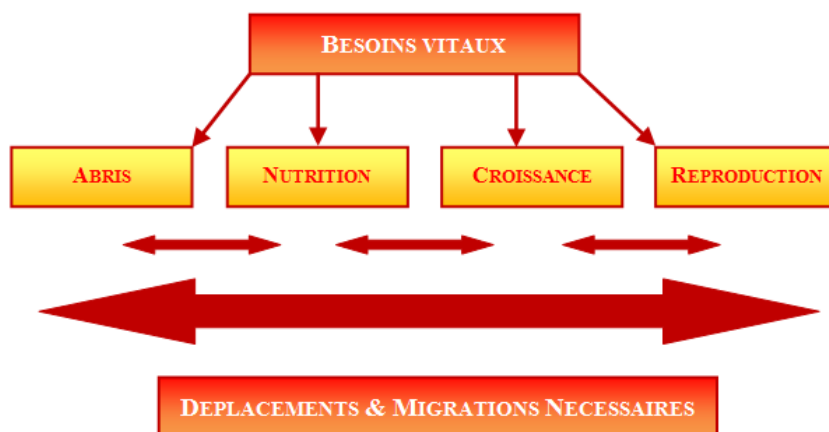


Figure 7 : Migrations nécessaires à l'accomplissement du cycle biologique des espèces (d'après Huger, 2011)

Suppression ou dénaturation de la ripisylve

Les principaux dommages liés à des suppressions ou dénaturations de ripisylve sont les suivants :

- réduction des habitats aquatiques. La ripisylve, par son système racinaire, les bois morts tombés dans le lit ou en favorisant l'apparition de caches sous-berges, crée une diversité d'habitats favorable à la faune aquatique ;
- diminution des supports de ponte ;

- réduction/suppression des apports en matière organique. Les formations rivulaires assurent un apport (feuilles, branchages, insectes tombés à l'eau) profitable à toute de la chaîne trophique ;
- moindre tamponnage de la température de l'eau qui a tendance à se réchauffer plus rapidement en particulier dans les milieux annexes ;
- augmentation des épisodes de proliférations algales en particulier pour les milieux mésotrophes à eutrophes (Wasson et *al*, 1998) ;
- amplification des phénomènes d'érosion latérale. Il en résulte une déstabilisation des berges et des phénomènes de colmatage peuvent être observés en aval ;
- réduction du rôle de filtration des polluants et des particules fines.

Perturbation de la dynamique hydrologique

Certaines centrales hydroélectriques fonctionnent par éclusées. Il en résulte une alternance de phases à fort et à faible débit en aval de l'usine de production électrique. Ce fonctionnement des cours d'eau est synonyme de graves perturbations pour la faune aquatique (Haertel-Borer, 2008) :

- Variations soudaines des conditions d'habitats ;
- Echouage et mort des organismes aquatiques piégés par la baisse subite des débits. Les stades juvéniles, affectionnant les zones de refuge en bordure de chenal, sont les plus vulnérables ;
- Perturbation de la reproduction piscicole. Les œufs déposés dans les annexes hydrauliques peuvent être exondés lors de la baisse des eaux, entraînant l'inefficacité de la reproduction.

Le **Tableau 1** ci-dessous résume les principales altérations hydromorphologiques en lien avec les différents types de perturbations des hydrosystèmes :

Tableau 1 : Liste des principales altérations associées aux différents types de perturbations

	MODIFICATIONS ASSOCIEES	1	2	3	4	5	6	7
CHENALISATION	Rectification / Rescindement de méandres	x	x	X	X	X		X
	Endiguement	X	X	X	X	X		X
	Protection de berges	X	x	x	x	x		X
	Recalibrage	x	X	X	X	X		X
	Déplacement de cours d'eau			X		x		x
	Couverture de cours d'eau	X	x	X	X	X	X	X
OUVRAGES TRANSVERSAUX		x	x	X	x	X	X	X
EXTRACTION DE GRANULATS		x	X	X	x			

LEGENDE :

1 = Blocage de la dynamique latérale ; **2** = Incision du lit ; **3** = Modification de la relation nappe/rivière ; **4** = Déconnexion des annexes hydrauliques ; **5** = Homogénéisation des faciès d'écoulement ; **6** = Entrave à la continuité écologique ; **7** = Suppression ou dénaturation de la ripisylve.

x = Altération possible mais non systématique (ex : certains types de protection de berges notamment les aménagements en génie végétal ne perturbe pas la relation nappe/rivière alors que des protections en palplanches affectent fortement cette relation) ou variable longitudinalement (ex : une couverture de cours d'eau n'entraîne pas d'incision sur la portion concernée mais le problème d'incision est bien souvent reporté en aval de la portion recouverte)

X = Altération systématique

II. L'OUTIL SYRAH

II.1. POURQUOI DEVELOPPER DE NOUVEAUX OUTILS D'ÉVALUATION ?

Pour répondre aux exigences de la DCE, un état des lieux (EdL) doit être réalisé sur l'ensemble des districts hydrographiques. Il s'agit d'évaluer l'état des masses d'eau (ME) en prenant en compte leurs composantes biologiques, physico-chimiques et hydromorphologiques. Un inventaire, le plus exhaustif possible, des pressions s'exerçant sur les masses d'eau doit également être réalisé avant d'évaluer *in fine* l'impact de ces pressions sur l'état des eaux. Au-delà de la caractérisation des pressions et de l'évaluation de l'état des eaux, l'EdL permet d'apprécier le risque de non atteinte du bon état (ou du bon potentiel) visé par la DCE. Il s'agit en cela d'un outil d'orientation et d'aide à la décision, puisque les résultats de l'EdL vont servir de base à la construction du Schéma Directeur d'Aménagement des Eaux (SDAGE) et du programme de mesures (PdM) rattaché.

Le premier état des lieux a été réalisé en 2004. Concernant le volet hydromorphologique, un certain nombre de limites avaient été relevées lors de cet exercice dont principalement l'absence de données fiables et homogènes à l'échelle nationale. En effet, chaque bassin avait eu recours à des outils d'évaluation hydromorphologique foncièrement différents et spécifiques. La comparaison de certains résultats obtenus sur les bassins Loire-Bretagne et Artois-Picardie (**Tableau 2**) illustre parfaitement l'hétérogénéité de l'EdL 2004, de telles disparités ne pouvant s'expliquer par les seules caractéristiques de terrain mais plus certainement par les méthodes d'évaluation employées.

Tableau 2 : Résultats du volet hydromorphologie de l'EdL 2004 pour les 6 agences de l'eau (Moy, 2011)

	Adour Garonne	Artois Picardie	Loire Bretagne	Rhin Meuse	Rhône Méditerranée & Corse	Seine Normandie	Total
% ME en RNABE	55	85	85	67	47	51	59
% ME EN RNABE HM	34	5	73	67	33	46	46

Les méthodes utilisées faisaient par ailleurs abondamment appel aux « dires d'experts », autre source d'hétérogénéité des résultats en raison du probable biais inter-opérateurs. Enfin les masses d'eau secondaires (appelées par la suite Très Petites Masses d'Eau ou TPME) avaient été peu prises en compte dans cette évaluation, notamment du fait du manque d'information standardisée et/ou organisée. Devant ce constat, il était impératif de corriger ces imperfections pour la mise à jour de l'état des lieux prévu pour 2013. Dès 2006, des travaux ont été menés en ce sens et ont permis d'aboutir à un outil standard à l'échelle nationale : SYRAH.

En complément à cette approche, l'ONEMA en collaboration avec ses partenaires, a développé une méthode de description des caractéristiques hydromorphologiques des cours d'eau à l'échelle des stations suivies dans le cadre du réseau RCS (Réseau de Contrôle et de Surveillance) : CARHYCE (CARactérisation de l'HYdromorphologie des Cours d'Eau).

II.2. SYRAH

II.2.1. Objectifs généraux de la méthode SYRAH

Le SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau est l'outil de base national pour la mise à jour de l'EdL. Il découle d'une demande du Ministère en charge de l'environnement et des agences de l'eau formulée en 2006 auprès du CEMAGREF (devenu IRSTEA en Novembre 2011) de Lyon. Il s'agit de développer un outil standard au niveau national dans le but de gommer les multiples imperfections mises en avant par l'EdL 2004.

Il faut également préciser qu'indépendamment des manques soulevés lors de l'EdL 2004, le besoin d'audit de l'hydromorphologie des cours d'eau est assorti de contraintes opérationnelles fortes dictées par les délais courts imposés par la DCE (Chandesris et *al*, 2008). Il était par conséquent inenvisageable et impossible, pour le respect de l'échéancier DCE et pour limiter les coûts, de prospecter sur le terrain l'ensemble du réseau hydrographique. SYRAH se devait donc de proposer une approche novatrice pour cet audit.

SYRAH a été bâti en tant qu'outil d'aide à la décision. A partir de données de pressions, il s'agit de déterminer un risque d'altération et de proposer des éléments d'explication afin d'orienter les mesures à mettre en œuvre. En cela, SYRAH s'intègre totalement dans la logique DCE et aidera à la définition d'objectifs pertinents pour le prochain programme de mesures (2016-2021) et l'ajustement du réseau de contrôle opérationnel (Moy, 2011). Un des objectifs poursuivis par SYRAH est par ailleurs de mieux appréhender les interactions entre biologie et hydromorphologie, interactions qui seront à préciser plus finement.

II.2.2. Concept théorique de la méthode SYRAH

SYRAH intègre différentes échelles physiques imbriquées (**Figure 8**). Les caractéristiques à l'échelle régionale (relief, climat, géologie) formatent les variables de contrôle. De celles-ci dépendent les facteurs clés du fonctionnement écologique des cours d'eau (habitat physique, climat aquatique et réseaux trophiques).

De même, l'activité humaine sur un bassin versant influe sur les processus hydromorphologiques s'exerçant sur un tronçon de cours d'eau et conditionne la réponse de la communauté biologique au niveau de son habitat (Chandesris et *al*, 2008).

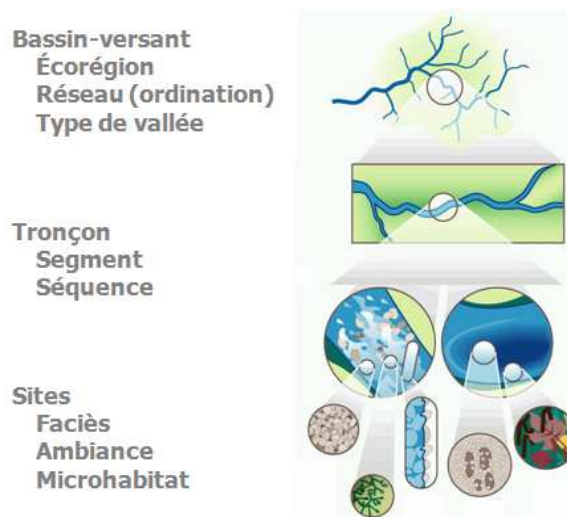


Figure 8 : Emboîtement des échelles physiques (Andriamahefa, 2011)

Le concept de hiérarchie emboîtée permet l'emploi par SYRAH d'une analyse de type descendante (« top-down »), en renforçant l'analyse là où des risques d'altération importants ont été identifiés au

niveau supérieur. Cette analyse s'appuie essentiellement sur une valorisation des informations géographiques contenues dans la BD Carthage® et la BD Topo® de l'IGN, de la base de données européennes Corine Land Cover et d'autres bases de données nationales disponibles comme celle de l'érosion des sols de l'INRA (Forst, 2010). Le caractère national, exhaustif et homogène de ces bases de données permet une harmonisation de la méthode SYRAH sur tout le territoire métropolitain. La mise à jour régulière de ces bases de données permet à la méthode SYRAH d'être facilement modulable et révisable dans le temps.

SYRAH est donc une base de données des occupations et usages du sol, dont l'exploitation permet d'appréhender le risque d'altération hydromorphologique des masses d'eau. L'outil propose deux échelles d'analyse complémentaires :

- une analyse « large échelle » met en évidence les facteurs de risques d'altération des flux solides et liquides et de la morphologie du lit. Cette échelle permet l'identification et la quantification des « aménagements et usages » susceptibles d'impacter directement ou indirectement le cours d'eau. Le niveau de précision à cette échelle reste limitée (Chandesris et *al*, 2008) ;
- à l'échelle du tronçon géomorphologique, l'analyse plus fine des pressions permet une description des éléments à l'origine des possibles altérations. Le niveau de précision est largement supérieur à la précision atteinte pour l'analyse large échelle.

La complémentarité des échelles et l'approche « top-down » sont reprises **Figure 9** dans la chaîne de causalité sur laquelle se fonde la méthode SYRAH. Cette chaîne s'appuie sur une approche de type « risque » fondée sur des hypothèses dans l'articulation des mécanismes. Il est donc plus juste de parler de risque ou de probabilité d'altération plutôt que d'altération au sens strict.

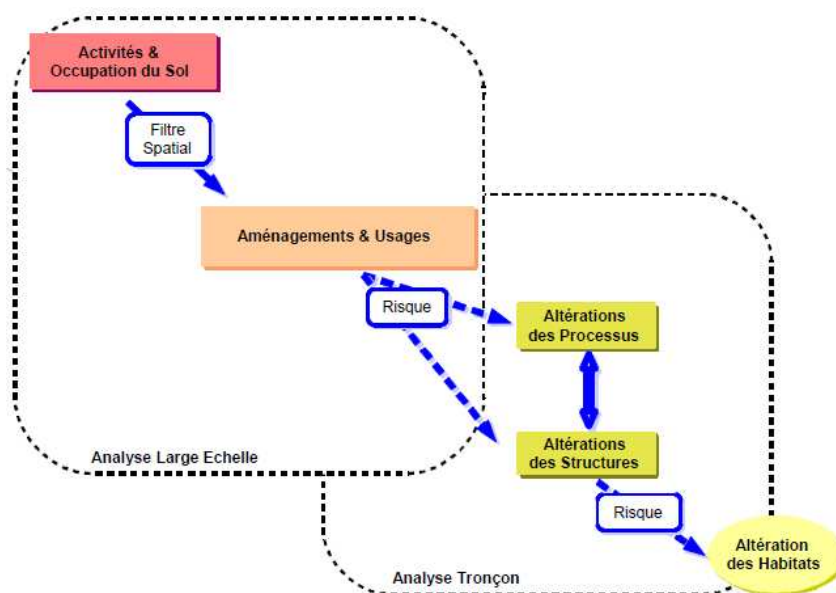


Figure 9 : Cadre conceptuel de la méthode SYRAH (Chandesris et *al*, 2008)

Le schéma conceptuel se lit de la manière suivante : les « **Activités et Occupation du sol** », (urbain, agriculture, etc.) interfèrent selon leur nature avec le fonctionnement des hydrosystèmes à plusieurs échelles (bassin versant, lit majeur et/ou lit mineur). Elles se matérialisent concrètement

en « **Aménagements et Usages** », objets identifiables et souvent quantifiables, exerçant des impacts directs sur le fonctionnement du cours d'eau (Chandesris et *al*, 2008). Ces impacts se traduisent par des **altérations des processus et de la structure physique** des cours d'eau. Ces altérations induisent des modifications des formes du cours d'eau, supprimant ou **transformant les habitats aquatiques** et la composition des communautés biologiques. Pour plus de précisions sur le contenu des rubriques « activités et occupation du sol », etc., se reporter en **Annexe 1**.

La méthode SYRAH est basée sur une logique DPSIR (Driving forces / Pressures / State / Impact / Response - **Figure 10**) qui permet, à partir des forces motrices et selon la chaîne de causalité prédéfinie, d'évaluer les risques d'altération hydromorphologique à différentes échelles.

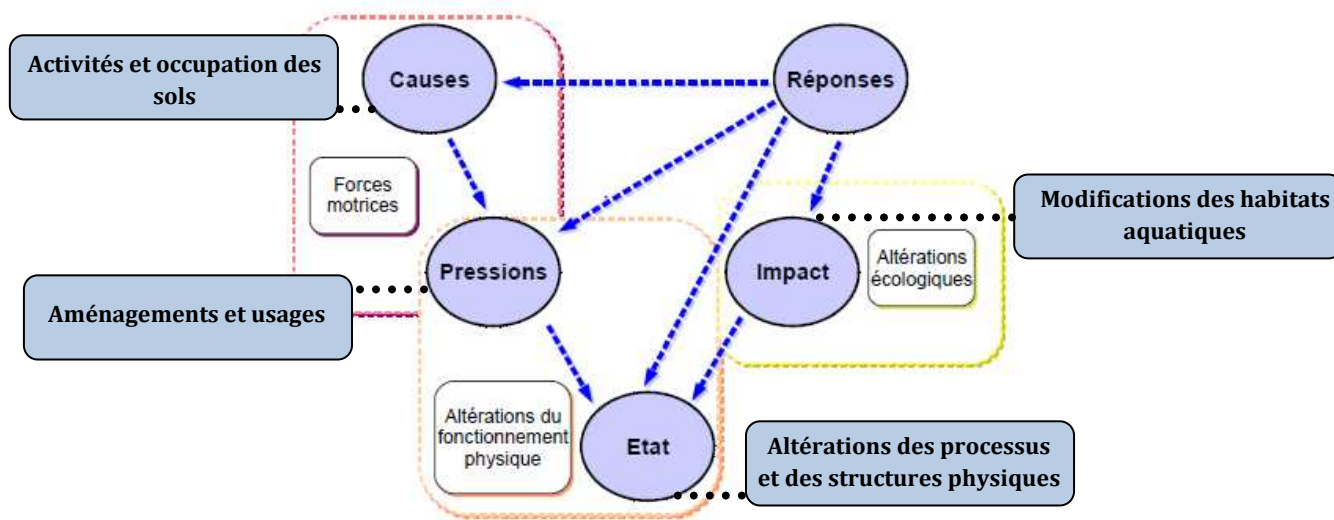


Figure 10 : Logique DPSIR et audit de l'hydromorphologie des cours d'eau (d'après Chandesris et *al*, 2008)

II.2.3. Echelles hydromorphologiques de référence

L'exploitation de la base de données SYRAH s'est faite à l'échelle du tronçon géomorphologique. Concrètement, le tronçon géomorphologique désigne une « entité homogène du point de vue des variables de contrôle » (Valette et *al*, 2008). En théorie et selon les lois de la dynamique fluviale, pour des variables de contrôle similaires, un tronçon doit présenter des variables de réponse homogènes. Le parti est pris que si des portions de tronçons sont manifestement hétérogènes, une ou plusieurs altérations hydromorphologiques sont à suspecter.

Le découpage en tronçons homogènes a été réalisé selon les variables suivantes :

- la largeur du fond de vallée alluviale ;
- la pente de la vallée ;
- la nature du substratum géologique ;
- l'hydrologie (utilisation des débits cumulés - d'après Sauquet, 2005 - et prise en compte des confluences importantes).

Cette sectorisation a permis d'aboutir à 69 500 tronçons répartis sur 230 000 km de cours d'eau. Pour être précis, le recueil des informations s'est effectué à une échelle inférieure à celle du tronçon : l'USRA (Unité Spatiale de Recueil et d'Analyse) afin de garantir une meilleure précision.

Pratiquement, dans le cadre de l'état des lieux, l'unité hydrographique de référence est la masse d'eau. Ainsi, les résultats enregistrés à l'échelle des USRA ont été agrégés à l'échelle de la ME, une ME étant composée de plusieurs USRA.

II.2.4. Descripteurs hydromorphologiques SYRAH

Les données SYRAH agrégées à la masse d'eau se présentent sous la forme d'une probabilité (ou risque) d'altération pour dix descripteurs des caractéristiques hydromorphologiques (**Tableau 3**) :

Tableau 3 : Présentation des descripteurs hydromorphologiques de SYRAH

Paramètre SYRAH	Définition succincte
Connexion aux ME souterraines	Travaux et aménagements qui réduisent la connexion entre le cours d'eau et la nappe, et altèrent donc la capacité de soutien d'étiage par les eaux souterraines
Hydro-quantité	Variable basée sur les prélèvements en cours d'eau (pompages / captages) connus (utilisation redevances agences de l'eau)
Hydrodynamique	Existence d'ouvrages et d'installations (barrages, prises d'eau, etc.) de nature à perturber la dynamique hydrologique des cours d'eau (volumes stockés, etc.)
Structure et substrat du lit mineur	Existence de seuils, plans d'eau sur cours d'eau, travaux de chenalisation, types d'occupation du sol ayant provoqué des modifications des faciès d'écoulement et/ou des modifications de la nature du substrat (ex : colmatage par des fines)
Variations de la profondeur et de la largeur de la rivière	Existence de travaux et aménagements (principalement recalibrages et chenalisation) ayant conduit à approfondir, élargir, homogénéiser le lit mineur du cours d'eau. Il ne s'agit pas des modifications de la ligne d'eau traitées dans structure et substrat du lit
Structure de la rive	Réalisation de travaux et d'aménagements ayant artificialisé la zone rivulaire (travaux de protection, urbanisation) ou dégradé la ripisylve
Continuité latérale	Existence de travaux de chenalisation ou d'autres aménagements qui réduisent ou suppriment les liaisons entre le lit mineur et le lit majeur des cours d'eau
Continuité du débit solide	Existence de barrages, plans d'eau, modifications du gabarit, qui modifient le transport des sédiments et donc le bilan sédimentaire
Continuité biologique vis-à-vis des grands migrateurs	Existence de barrages ou autres ouvrages transversaux de nature à perturber les déplacements des espèces de grands migrateurs
Continuité biologique dite de "proximité" (unité biologique fonctionnelle limitée)	Existence de barrages ou autres ouvrages transversaux de nature à perturber les déplacements à une échelle restreinte des espèces biologiques holobiotiques.

Ces probabilités d'altération ont été obtenues à partir de modèles bayésiens (Piffady, 2011) définissant le risque d'altération par la combinaison statistique de variables de pressions élémentaires (29 variables de pressions) auxquelles des pondérations et un seuillage ont été associés (Exemple **Figure 11**).

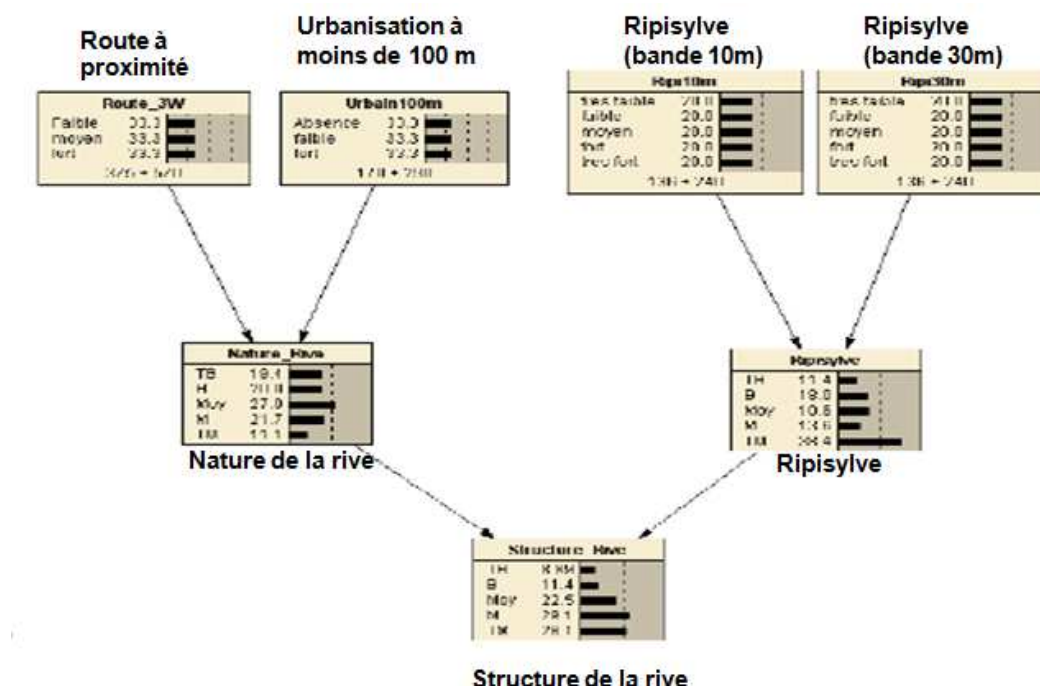


Figure 11 : Combinaison de variables de pressions élémentaires à partir d'un modèle bayésien pour la définition des probabilités d'altération. (Exemple du paramètre SYRAH « structure de la rive » - Piffady, 2011)

Les 10 descripteurs hydromorphologiques de SYRAH se déclinent en cinq classes d'altération (très faible, faible, moyenne, forte, très forte) selon les probabilités calculées par le modèle bayésien, qui s'échelonnent de 0 à 1. C'est sur la base de ces probabilités que le risque d'altération du paramètre est déterminé : le risque d'altération pour lequel la probabilité est la plus élevée étant retenu dans le cadre de l'audit hydromorphologique (**Figure 12**). Le diagnostic de SYRAH est d'autant plus tranché que la probabilité d'altération tend vers 1. L'**Annexe 2** reprend schématiquement la manière dont sont définis les risques d'altération hydromorphologiques pour les 10 paramètres SYRAH.

NOM_ME	Connexion ME Altération la plus probable	Connexion ME Très faible	Connexion ME Faible	Connexion ME Moyenne	Connexion ME Forte	Connexion ME Très forte
le petit rhône	très forte	0	0	0	0	1
rivière la conche	très forte	0.44	0	0	0.04	0.52
ruisseau d'eybens	très forte	0.22	0	0	0	0.78
vieille rivière	moyenne	0.25	0.08	0.38	0.23	0.06
ruisseau la rive	très forte	0	0	0	0	1
ruisseau la sablonné	moyenne	0	0.1	0.5	0.3	0.1
rivière la sorguette	moyenne	0.04	0.18	0.46	0.24	0.08
ruisseau la louche	moyenne	0	0.1	0.5	0.3	0.1
ruisseau des pantènes	moyenne	0.04	0.18	0.46	0.24	0.08

Figure 12 : Définition d'un risque d'altération sur la base des probabilités calculées par le modèle bayésien

III. DIAGNOSTIC HYDROMORPHOLOGIQUE PAR LA METHODE SYRAH

III.1. METHODOLOGIE EMPLOYEE

III.1.1. Des manques méthodologiques à combler

Bien que SYRAH soit l'outil de base commun pour l'élaboration de l'EdL 2013, aucune méthodologie n'avait encore été définie pour apprécier le risque d'altération hydromorphologique global à l'échelle des ME, échelle hydrographique de référence pour la DCE. Un des axes du stage fut donc de contribuer à la mise en place d'une méthodologie pour exploiter les données SYRAH dans le cadre de l'EdL.

La construction de la méthodologie s'est faite au sein du Groupe Technique National (GTN) « hydromorphologie des cours d'eau » regroupant le Ministère en charge de l'environnement, l'IRSTEA, les DREAL, les 6 agences de l'eau et certaines délégations interrégionales de l'ONEMA dont la délégation Rhône-Alpes. Les discussions ont permis d'aboutir à un cadre général homogène et partagé pour le diagnostic hydromorphologique à partir des données de SYRAH, ce qui constitue une réelle avancée par rapport au précédent EdL. La méthodologie décrit principalement les règles d'agrégation à employer pour aboutir, à l'échelle de la ME et à partir des paramètres initiaux de SYRAH, à un risque d'altération hydromorphologique :

- pour chaque élément de qualité requis par la DCE (Hydrologie, Morphologie, Continuité) ;
- global à partir de l'agrégation des éléments de qualité hydromorphologique.

La délégation Rhône-Alpes de l'ONEMA étant pilote sur le bassin RM&C, l'application des grands principes méthodologiques (**Annexe 3**) s'est faite courant juin 2012, en étroite collaboration avec l'agence de l'eau RM&C. Contrairement à d'autres bassins, les premières pistes méthodologiques ont été explorées en intégralité dès juin sur RM&C, des données brutes de SYRAH au diagnostic global à l'échelle de la ME. Le recul et les résultats acquis au cours de cette phase de test, réalisée conjointement avec B. Terrier (AERM&C), ont permis d'être force de proposition lors du second GTN qui s'est tenu le 28/06/2012 en vue notamment d'arrêter une méthodologie de diagnostic.

III.1.2. Choix des paramètres à utiliser pour le diagnostic

Avant d'entreprendre l'agrégation des paramètres SYRAH, il fallait s'assurer que ces paramètres étaient fiables et pertinents pour tout type de cours d'eau. Trois paramètres SYRAH ont été traités différemment.

Profondeur / Largeur

D'après l'avis de L. Valette (IRSTEA Lyon) ayant participé à la mise au point de SYRAH, le diagnostic délivré pour le paramètre profondeur/largeur est peu fiable pour les cours d'eau adoptant un style fluvial en tresses. Les ME concernées par cette typologie (**Figure 13** page suivante) ont été isolées grâce aux travaux d'une équipe du CNRS (Piégay et *al*, 2009 ; Wiederkehr et *al*, 2010) qui a conduit une étude sur la caractérisation et l'évolution des cours d'eau en tresses sur l'ensemble du bassin RM&C. Pour les ME en tresses ainsi identifiées (106 ME pour RM&C soit 3,8% du total de ME), le paramètre profondeur/largeur ne sera pas retenu pour l'analyse globale.

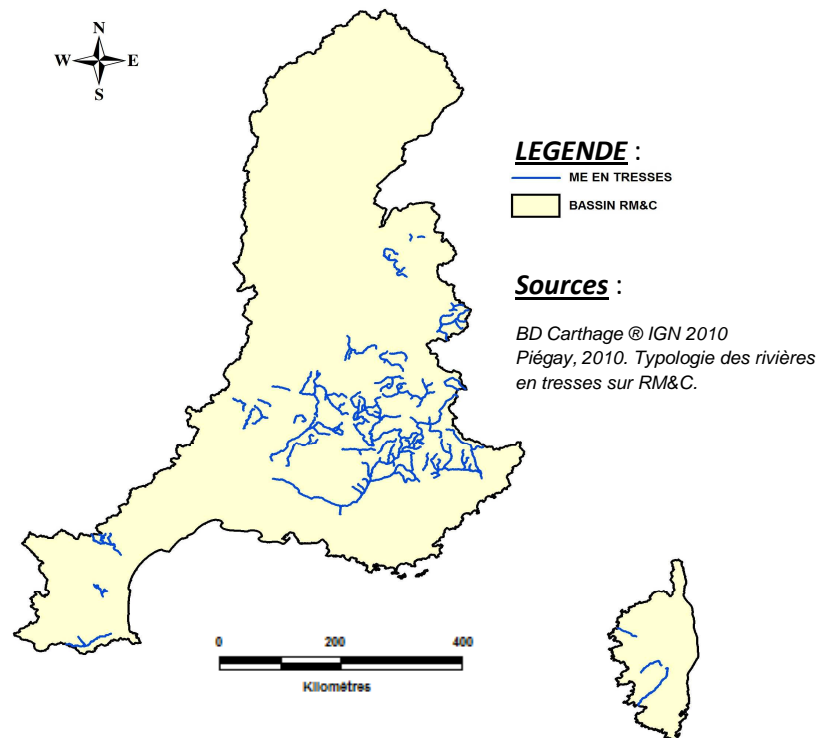


Figure 13 : Masses d'eau adoptant un style fluvial en tresses sur le bassin RM&C (d'après Piégay et al, 2010)

Continuité biologique grands migrateurs & Continuité biologique de proximité

Ces deux paramètres de continuité biologique, prenant en compte les obstacles transversaux situés sur les ME aval, déclassent la majorité des ME de têtes de bassin (**Figure 14**). Contrairement aux autres paramètres, l'échelle d'analyse dépasse largement celle de la masse d'eau, ce qui pose la question de leur prise en compte pour l'EdL 2013. Bien que ces ME soient en effet inaccessibles aux grands migrateurs, de nombreuses ME ne présentent aucun ouvrage infranchissable et devraient donc apparaître comme préservées vis-à-vis de la continuité biologique.

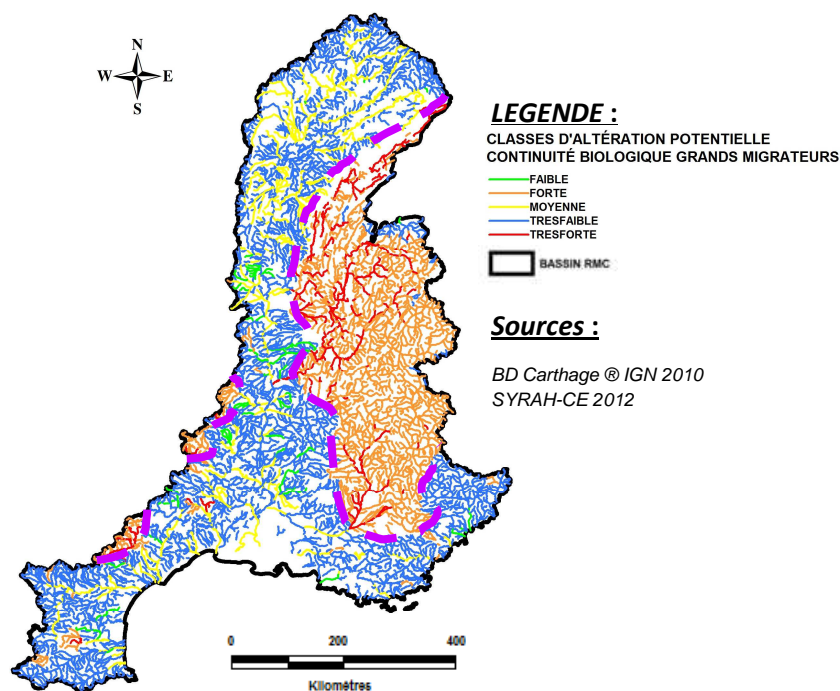


Figure 14 : Probabilités d'altération pour le paramètre "continuité biologique grands migrateurs" sur le bassin RM&C

Les indicateurs utilisés (nombre d'ouvrages/km) peuvent de plus être discutés. En effet, plus que le nombre d'ouvrages, c'est en premier lieu la position dans le bassin et surtout les hauteurs de chute et les caractéristiques des obstacles (distribution des vitesses, rugosité, fosse d'appel, refuges hydrauliques, etc.) qui conditionnent le niveau d'altération de la continuité biologique. En raison du déclassement excessif des paramètres de continuité biologique (entraînant un déclassement excessif après agrégation) et du manque de pertinence de ces indicateurs, les deux paramètres ont été écartés dès que possible au profit de l'indicateur de fragmentation mis en place récemment par l'ONEMA.

Indicateur de fragmentation

En réponse à l'insuffisance des paramètres SYRAH de continuité biologique, l'indicateur de fragmentation théorique des milieux aquatiques (Baudoin et Kreutzenberger, version 4.2. de Juin 2012) a été utilisé de manière prioritaire dans le cadre de l'EdL.

L'indicateur est construit sur la base des données descriptives des obstacles du ROE (position géographique, typologie et hauteurs de chute) et s'appuie sur la probabilité de présence des espèces piscicoles issue du Réseau Hydrographique Théorique (Baudoin & Kreutzenberger, 2012). Pour chaque obstacle, et en fonction de sa hauteur de chute, est calculé un indicateur d'impact pour chaque espèce de poisson en fonction des capacités de franchissement décrites dans le protocole ICE (Informations sur la Continuité Ecologique). Cet impact est ensuite pondéré en rapportant la note de chaque espèce à sa probabilité de présence théorique d'après le RHT. Une espèce dont la probabilité de présence est forte sur un secteur engendrera une prise en compte importante de l'impact de l'ouvrage sur les peuplements piscicoles, alors qu'une espèce théoriquement peu présente influencera peu l'évaluation globale de l'impact de l'obstacle.

Les notes obtenues pour chaque ouvrage sont sommées à l'échelle du tronçon SYRAH. L'ensemble est traduit au travers d'un indicateur global variant de 0 à 1 (1 étant la valeur indiquant l'impact le plus pénalisant pour la continuité biologique). Cet indicateur n'étant pas disponible pour la totalité des ME (466 ME non couvertes par cet indicateur en RM&C soit 16,7%), les deux paramètres de continuité biologique SYRAH ont été conservés uniquement pour les 16,7% de ME restantes.

III.1.3. Regroupement en 3 classes de probabilités d'altération

Suite au second GTN « hydromorphologie des cours d'eau », la conservation de 3 classes de risque d'altération, en lieu et place des 5 classes initiales de SYRAH, est apparue suffisante pour décrire les pressions potentiellement exercées sur l'hydromorphologie.

Cas général

Trois méthodes de regroupement des **5 classes initiales** SYRAH en **3 classes principales** d'altération (faible, moyenne, forte) ont été testées sur le bassin RM&C (se reporter en **Annexe 4** pour plus de précisions). La méthode dite « V2 » de regroupement a été utilisée. Celle-ci est basée sur le regroupement et la comparaison des probabilités d'altération (**Figure 15** page suivante). Il s'est avéré que pour les autres méthodes de regroupement, la classe d'altération principale moyenne n'est que rarement représentée.

L'objectif de la méthode « V2 » est donc d'atténuer ce déséquilibre en attribuant le même poids à chaque classe d'altération principale (ce qui n'est pas le cas pour les autres méthodes). Pour cela, il a été considéré que statistiquement, il n'était pas aberrant de considérer qu'une partie de la distribution des classes limitrophes au niveau « moyen » initial, puisse être regroupée au sein d'une super-classe d'altération « moyenne ».

Les modalités de regroupement sont les suivantes :

- **proba très faible + proba faible** → une probabilité (P4) **correspondant à la classe d'altération « faible »**
- **0,5 x proba faible + proba moyenne + 0,5 x proba forte** → une probabilité (P5) **correspondant à la classe d'altération « moyenne »**
- **proba forte + proba très forte** → une probabilité (P6) **correspondant à la classe d'altération « forte »**

On retient au final la classe d'altération pour laquelle la probabilité Px est la plus forte (**Figure 15**) :

EU_CD_RW	NOM_ME	connexion_ME_classe_initiale	Très faible altération	Faible altération	Altération moyenne	Forte altération	Très forte altération
FRDR11165	ruisseau le beuveroux	moyenne	0.31	0.15	0.32	0.16	0.05

EU_CD_RW	NOM_ME	connexion_ME_classe_regroupee	Faible altération	Altération moyenne	Forte altération
FRDR11165	ruisseau le beuveroux	moyenne	0.46	0.475	0.21

Figure 15 : Exemple d'utilisation de la méthode V2 de regroupement de classes

Dans un but de concision, les 2 autres méthodes testées ne sont pas évoquées dans le corps du rapport, celles-ci sont consultables **Annexe 4**. La **Figure 16** reprend les résultats du test des 3 méthodes et confirme la sous représentation de la classe moyenne lors de l'emploi des méthodes V1 et V3 :

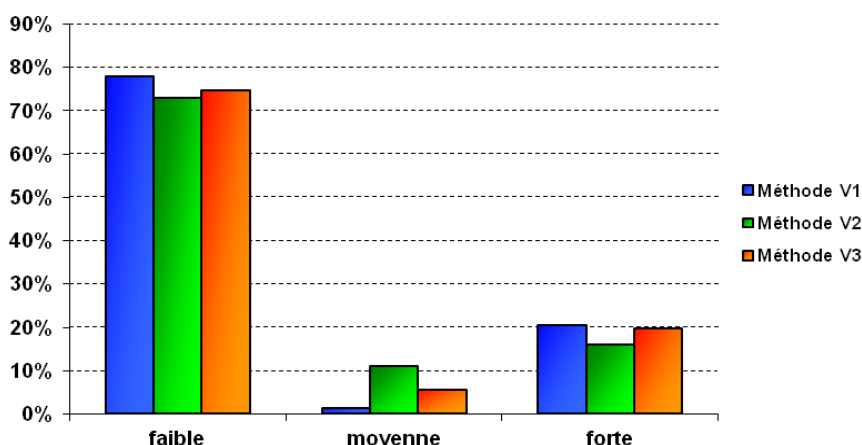


Figure 16 : Distribution (%) des classes principales d'altération selon la méthode Vx employée (prenant en compte les 10 paramètres SYRAH hors indicateur de fragmentation et la totalité des ME de RM&C)

Cas particulier : indicateur de fragmentation

L'indicateur de fragmentation, utilisé en remplacement des paramètres de continuité biologique, n'est pas bâti sur la notion de probabilité d'altération et échappe à la méthode V2 retenue. Les résultats enregistrés sur les tronçons SYRAH ont été agrégés à l'échelle de la ME : la valeur la plus

élevée de l'indice global de fragmentation au niveau des tronçons a été retenue pour juger du risque global d'altération de la ME (**Tableaux 4**).

EU_CD_RW	ID_TRONCON	TOPONYME	ALT_AM	ALT_AV	DELTA_ALT	SUM_HT	AVG_HT	NB_OUVRAGE	TX_ETGMT	IND_GLOBAL
FRDR10778	57037	ruisseau le torranchin	753	583	170	0	0	0	0	0
FRDR10778	57038	ruisseau le torranchin	583	406	177	3	1.5	2	0.01	0.32
FRDR10778	57039	ruisseau le torranchin	406	330	76	9.86	1.97	5	0.12	0.52

EU_CD	NAME	NB_OUVRAGE	SUM_HT	AVG_HT	Max_IND_GLOBAL
FRDR10778	ruisseau le torranchin	7	12.86	1.15667	0.52



Tableaux 4 : Exemple d'agrégation de l'indice de fragmentation entre l'échelle tronçon et l'échelle ME selon le principe de la valeur déclassante

De façon pratique et intuitive, la valeur d'indice retenue pour la ME a été transformée en 3 classes d'altération à partir du seuillage présenté au **Tableau 5**. La définition des seuils s'est en partie basée sur les résultats enregistrés sur le bassin versant Brévenne-Turdine (69). Les connaissances acquises sur ce bassin lors d'un précédent stage portant sur la continuité m'ont permis d'optimiser le seuillage en fonction de ma vision de terrain et du niveau connu d'altération de la continuité. Ce seuillage a été « validé » après coup par K. Kreutzenberger, à l'origine de l'outil, qui estime que le seuil de 0,35 permet de discriminer les ME dont la continuité biologique est fortement altérée des autres ME.

Indice global de fragmentation	Classe d'altération
[0 - 0.2]	faible
] 0.2 - 0.4]	moyenne
> 0.4	forte

Tableau 5 : Seuils des classes d'altération pour l'indice de fragmentation

III.1.4. Pondération des paramètres & agrégation à l'élément de qualité

Regroupement des paramètres par élément de qualité hydromorphologique

Les paramètres SYRAH ont été regroupés au sein de trois éléments de qualité hydromorphologique (EQ-HYMO) définis dans l'annexe V de la DCE (**Figure 17**). Ce regroupement permet de réunir des paramètres à la fois homogènes et complémentaires dans une même « famille » hydromorphologique et d'affiner le diagnostic avant agrégation complète.

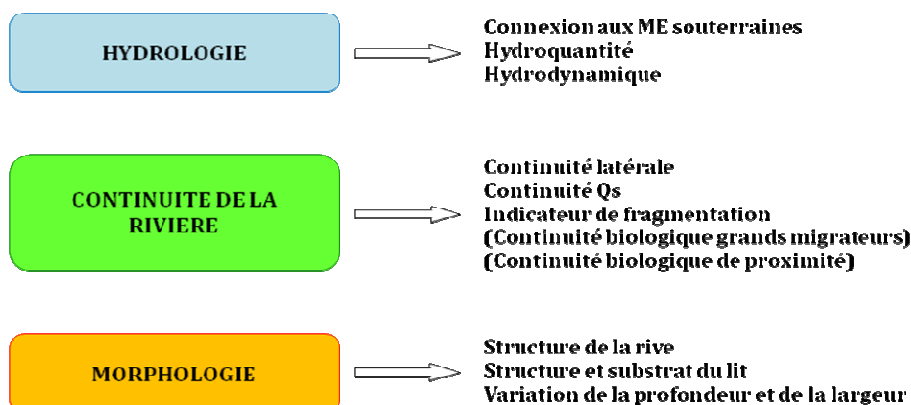


Figure 17 : Regroupement des paramètres SYRAH au sein des EQ-HYMO définis par la DCE

Pondération des paramètres

Les paramètres intervenant dans le diagnostic SYRAH ont été pondérés selon la robustesse associée à chacun d'entre eux et d'après le recul de l'IRSTEA sur les données. Les paramètres les plus robustes ont ainsi plus de poids dans l'analyse. Les pondérations ont été définies de manière à ce que pour chaque EQ-HYMO, la somme des coefficients de pondération des paramètres SYRAH soit égale à 1.

Les coefficients de pondération retenus lors du second GTN sur les conseils de l'IRSTEA sont présentés **Tableaux 6** ci-dessous :

EQ	Paramètre SYRAH	Coeff de pondération	
HYDROLOGIE	Connexion ME	0.25	
	Hydroquantité	0.5	
	Hydrodynamique	0.25	

EQ	Paramètre SYRAH	Coeff de pondération	Coeff de pondération si tressage
MORPHOLOGIE	Structure substrat lit	0.4	0.5
	Profondeur largeur	0.2	
	Structure rive	0.4	0.5

EQ	Paramètre SYRAH	Coeff de pondération	Coeff si Ø Indicateur de fragmentation
CONTINUE	Continuité latérale	0.33333333	0.33333333
	Continuité Qs	0.33333333	0.33333333
	Indicateur de fragmentation	0.33333333	
	Continuité grands migrateurs		0.16666667
	Continuité bio proximité		0.16666667

Tableaux 6 : Coefficients de pondération par paramètre SYRAH pour l'agrégation d'un niveau d'altération par Élément de Qualité Hydromorphologique

Calcul d'un score d'altération par EQ-HYMO

Dans le but d'obtenir des éléments de diagnostic (indices et classes) pour chaque paramètre hydromorphologique SYRAH, la classe d'altération nominale obtenue précédemment (voir §III.1.3.) a été traduite en classe numérique selon le **Tableau 7** ci-après :

Classe d'altération	Indice numérique associé
faible	1
moyenne	2
forte	3

Tableau 7 : Transformation des classes nominales en classes numériques

La combinaison des coefficients de pondération (CP) et des indices numériques (IN) permet d'aboutir à un score d'altération théorique pour chaque EQ-HYMO. Par exemple pour l'EQ-Hydrologie :

$$\text{Score d'altération Hydrologie} = (\text{IN Connexion ME} \times \text{CP Connexion ME}) + (\text{IN Hydroquantité} \times \text{CP Hydroquantité}) + (\text{IN Hydrodynamique} \times \text{CP Hydrodynamique})$$

Un exemple de calcul est donné dans la **Figure 18** ci-dessous :

EU_CD_RW	NOM_ME	connexion_ME	hydro_quantite	hydro_dynamique	score_alteration
FRDR10016	ruisseau de laval	moyenne	moyenne	faible	1.75
		2 x 0,25	2 x 0,5	1 x 0,25	

Figure 18 : Exemple du calcul d'un score d'altération pour l'EQ-Hydrologie

Définition d'un risque d'altération par EQ-HYMO

L'établissement d'une classe d'altération par EQ-HYMO se base sur les scores d'altération calculés. Ceux-ci sont compris entre 1 et 3 quelque soit l'EQ-HYMO. Le seuillage utilisé sur le bassin RM&C pour discriminer les différents niveaux en termes de risque d'altération est présenté **Tableau 8**. Celui-ci est commun à tous les EQ-HYMO et a été défini sur une base pratique et intuitive.

Score d'altération EQ	Classe d'altération
[1 - 1.5]	faible
] 1.5 - 2]	moyenne
> 2	forte

Tableau 8 : Seuils pour la transformation des scores d'altération en classe nominale par EQ-HYMO

III.1.5. Agrégation globale à la ME

La définition d'un risque d'altération globale pour l'hydromorphologie nécessite un dernier niveau d'agrégation des trois EQ-HYMO déterminés précédemment, en considérant en première approche que chaque élément de qualité a la même importance pour juger de l'état global. Les règles d'agrégation définies lors du 1^{er} GTN début juin 2012 ont été reprises sur RM&C (**Figure 19**) :

- Si AU MOINS 1 EQ-HYMO FAIT ETAT D'UN RISQUE D'ALTERATION FORT → RISQUE HYMO
- Si 2 EQ-HYMO FONT ETAT D'UN RISQUE D'ALTERATION MOYEN → RISQUE HYMO
- Si 1 EQ-HYMO FAIT REFERENCE A UN RISQUE D'ALTERATION MOYEN ET QUE LES 2 AUTRES FONT ETAT D'UN RISQUE D'ALTERATION FAIBLE → ABSENCE DE RISQUE HYMO
- Si 3 EQ-HYMO FONT REFERENCE A UN RISQUE D'ALTERATION FAIBLE → ABSENCE DE RISQUE HYMO

Figure 19 : Règles d'agrégation des EQ-HYMO en vue d'obtenir un risque d'altération hydromorphologique global à l'échelle de la masse d'eau (d'après Moy, 2012)

III.1.6. Limites de la méthodologie

L'agrégation des paramètres et de surcroît des éléments de qualité est une opération qui peut faire perdre son sens à la donnée produite (Moy, 2012). De plus certains sous-éléments se prêtent plus ou moins bien à une ré-agrégation à l'échelle de la masse d'eau notamment pour des pressions localisées telles que des protections de berges. L'origine de la sectorisation hydromorphologique sur

laquelle repose SYRAH provient du constat qu'il est très difficile d'appréhender correctement les pressions et altérations hydromorphologiques à une autre échelle que celle du tronçon. L'agrégation à la masse d'eau conduit inévitablement à lisser et simplifier l'information résultante.

De plus, le choix de pondérer les paramètres SYRAH selon leur robustesse peut paraître discutable. La DCE stipule en effet que la composante hydromorphologique vient « en soutien de la biologie ». Il aurait donc été plus juste d'apporter des pondérations en fonction de la réponse biologique propre à l'altération de chaque paramètre hydromorphologique mais on se serait heurté aux possibles divergences de réponses selon les paramètres biologiques considérés (poissons, invertébrés, diatomées, macrophytes) ; la signification écologique et l'échelle d'expression de l'habitat physique n'étant pas équivalentes selon les groupes.

Les seuillages utilisés dans certains cas (agrégation à l'EQ-HYMO) sont expérimentaux et/ou intuitifs et peuvent donc avoir des conséquences significatives sur les résultats finaux du diagnostic hydromorphologique final délivré par SYRAH.

III.2. RESULTATS DU DIAGNOSTIC SYRAH SUR RM&C

III.2.1. Des résultats encore provisoires

Cette partie traite des premiers résultats délivrés par l'exploitation des données SYRAH selon les règles établies précédemment en préparation du prochain EdL. Il faut souligner que ces résultats pourront être remaniés à la suite de deux phases successives de consultation prévues dans le calendrier de l'EdL. La 1^{ère} phase de consultation est actuellement en cours et est menée en interne à l'ONEMA (expertise des résultats, évaluation des besoins d'évolution des règles d'agrégation notamment en fonction des types de cours d'eau ou des zones hydro-géographiques). La deuxième phase de consultation sera conduite plus spécifiquement par l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse et sera étendue aux organismes gestionnaires des milieux aquatiques (structures en charge de contrats de rivière ou de SAGE).

L'expertise exhaustive des 2796 ME étant totalement inenvisageable, une partie de mon travail a consisté à proposer des critères de sélection des ME à expertiser de manière prioritaire. En d'autres termes, il s'agissait de discriminer les ME pour lesquelles le diagnostic SYRAH apparaissait moins fiable selon les premiers croisements réalisés à partir d'informations existantes et de critères objectifs détaillés en **Annexe 5**. Deux critères principaux ont été employés :

- La robustesse de la donnée SYRAH inhérente à son fonctionnement propre (logique de filtres successifs visant à dégager les cas de figure pour lesquels les résultats SYRAH ne sont pas tranchés, c'est-à-dire qu'il subsiste un doute à propos du caractère à risque ou non).
- La comparaison du diagnostic SYRAH avec les données récoltées antérieurement lors de précédents exercices : comparaison avec le rapportage 2009-2010 et confrontation du diagnostic SYRAH avec des valeurs « baromètres » :
 - classement comme Masse d'Eau Fortement Modifiée (MEFM) ;
 - ME en TBE biologique.

En effet, il s'agit de détecter les cas de divergence entre ces précédents classements et le caractère à risque (ou non) donné par SYRAH. Il est par exemple anormal qu'une MEFM

soit classée « sans risque » et inversement qu'une ME en très bon état soit classée à risque. Dans ce cas, il convient de rechercher les causes de ces discordances.

Les retours d'expertise sont attendus pour fin Septembre 2012 pour un échantillon de 412 ME sélectionnées selon la méthodologie définie en **Annexe 5**. Ils permettront de préciser le diagnostic hydromorphologique et de mieux cerner les manques et limites de SYRAH.

III.2.2. Résultats globaux

Après traitement des données brutes SYRAH et avant les premiers retours d'expertise, il apparaît que 1071 masses d'eau sont en risque d'altération hydromorphologique sur le bassin RM&C. Ce total de ME représente 38,3% des ME du bassin. A titre de comparaison, l'état des lieux réalisé en 2004 sur le bassin RM&C faisait état d'environ 33% de ME en risque hydromorphologique. Le rapportage 2009-2010 auprès de l'Union Européenne, bilan d'étape avant l'EdL 2013, indiquait par ailleurs 42,0% de ME en risque hydromorphologique. Les résultats délivrés par SYRAH en 2012 sont donc dans la même gamme que les résultats donnés par les évaluations antérieures.

A travers les résultats de cet audit, il apparaît que les cours d'eau du bassin RM&C sont notablement impactés par les pressions hydromorphologiques. La **Figure 20** présente les résultats de l'audit par la méthode SYRAH de manière cartographique :

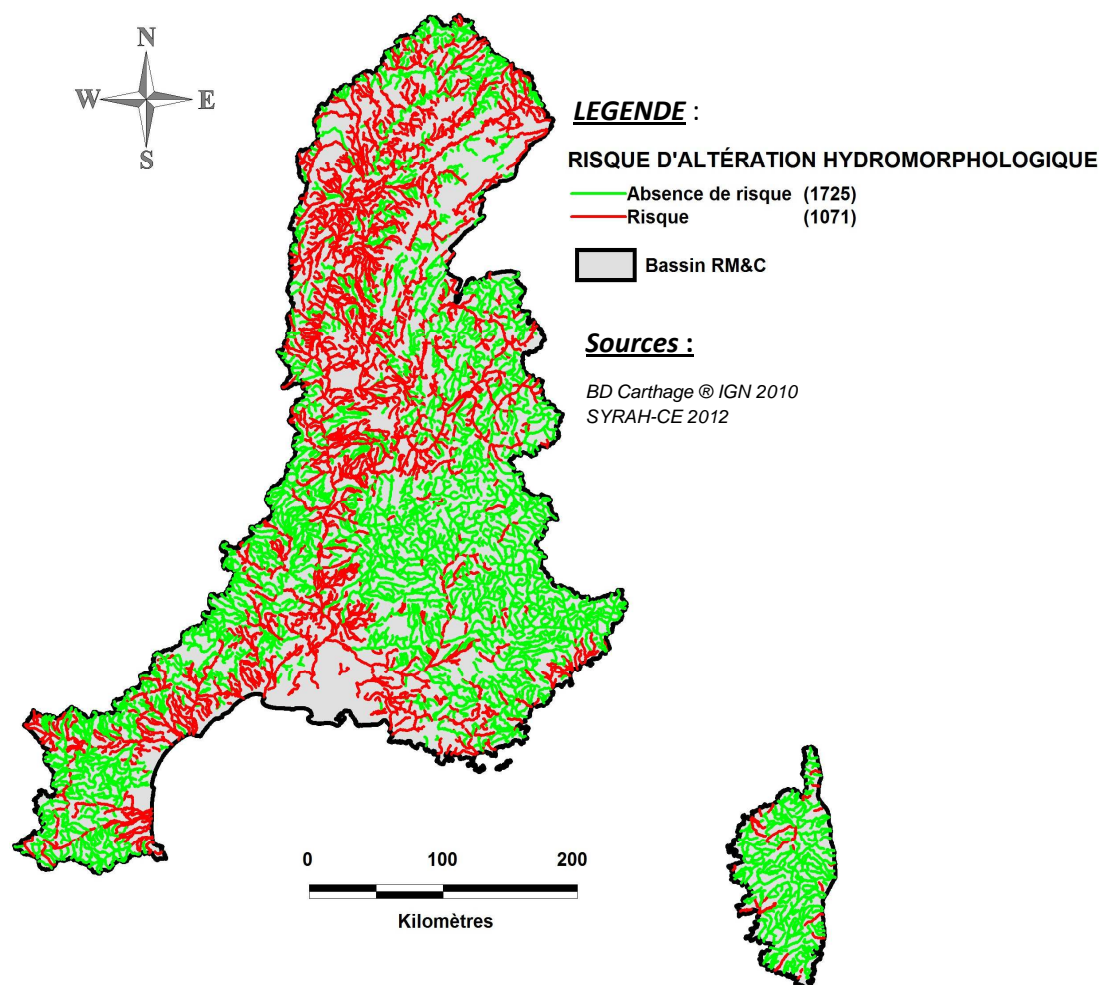


Figure 20 : Statut hydromorphologique vis-à-vis de la DCE diagnostiqué par SYRAH sur le bassin RM&C

A travers cette représentation cartographique, quelques grandes tendances se dégagent :

- deux zones géographiques apparaissent beaucoup moins altérées d'un point de vue hydromorphologique en regard des résultats du reste du bassin RM&C : la Corse et les Alpes du Sud où seul l'axe Durance apparaît dégradé. Ceci peut s'expliquer par une plus faible intensité des activités humaines dont certaines sont contraintes par le relief marqué de ces territoires où l'hydroélectricité reste modérée au contraire de la partie Nord des Alpes.
- les fleuves côtiers méditerranéens présentent globalement une hydromorphologie très altérée. Si les cours amont de ces cours d'eau sont en bon état, la situation se dégrade nettement le long d'un gradient longitudinal vers la mer Méditerranée. Les activités humaines, l'urbanisation et les activités touristiques se concentrent en effet à proximité des côtes sur tout le pourtour Méditerranéen. Présentant naturellement des crues brèves et violentes, les cours aval de ces cours d'eau, où la population et les enjeux se densifient, ont été très impactés notamment par les aménagements de lutte contre les inondations. Ces aménagements et l'urbanisation en général ont entre autres réduit considérablement l'espace de mobilité des hydrosystèmes. Enfin, les cours d'eau sont sollicités en tant que ressources en période estivale avec l'afflux touristique, période à laquelle ils sont les plus sensibles.
- la vallée du Rhône se montre également très dégradée. Les activités humaines y sont omniprésentes notamment l'activité industrielle installée sur les rives du Rhône (chimie, pétrochimie, nucléaire, etc.). Devant ces enjeux, des aménagements ont été entrepris pour réduire la vulnérabilité des biens, le Rhône est ainsi endigué sur la plus grande partie de son cours ce qui altère très fortement la continuité latérale. Des seuils et barrages ainsi que des ouvrages liés à la navigation segmentent son cours marqué par de multiples prélèvements, pompes et autres dérivations.
- la partie Nord du bassin, qui coïncide essentiellement avec le bassin versant de la Saône apparaît également très dégradée hydromorphologiquement. Ces cours d'eau, généralement de plaine, ont favorisé l'implantation d'activités humaines notamment des activités agricoles très présentes sur la plaine alluviale de la Saône. Le haut-bassin de la Saône, notamment le Doubs et son affluent la Loue sont également segmentés par des barrages hydroélectriques.
- les Alpes du Nord montrent une situation contrastée en partie en lien avec les activités hydroélectriques. Cette zone géographique marquée par un fort relief présente un potentiel hydroélectrique très important largement exploité. Les perturbations hydrodynamiques et en termes de continuités biologique et sédimentaire expliquent en partie la part importante de cours d'eau en risque hydromorphologique sur ce territoire. Par ailleurs, dans les secteurs de plaine de l'Isère, de l'Arc ou de la Romanche, de lourds aménagements, en particulier d'endiguement, expliquent également ces dégradations. Par contraste, en l'absence de fortes pressions anthropiques, les autres masses d'eau du territoire, non équipées pour l'hydroélectricité, présentent globalement une hydromorphologie préservée.

D'une manière générale, il apparaît que le risque d'altération des masses d'eau diagnostiqué par SYRAH augmente en relation avec le gabarit des cours d'eau décrit par le rang de Strahler (**Figure 21** page suivante). Ceci paraît assez logique et classique dans la mesure où les masses d'eau de rang

de Strahler faibles (1,2 et 3) sont situés en têtes de bassin versant où le relief est généralement plus marqué et moins propice au développement d'activités anthropiques impactant l'hydromorphologie de ces masses d'eau. Les cours d'eau de rangs supérieurs autour desquels se concentrent une multitude d'activités économiques ont en revanche été et sont toujours profondément perturbés.

Les résultats enregistrés lors du rapportage 2009-2010 indiquent la même tendance de dégradation dès lors que le rang de la masse d'eau augmente (**Figure 21**).

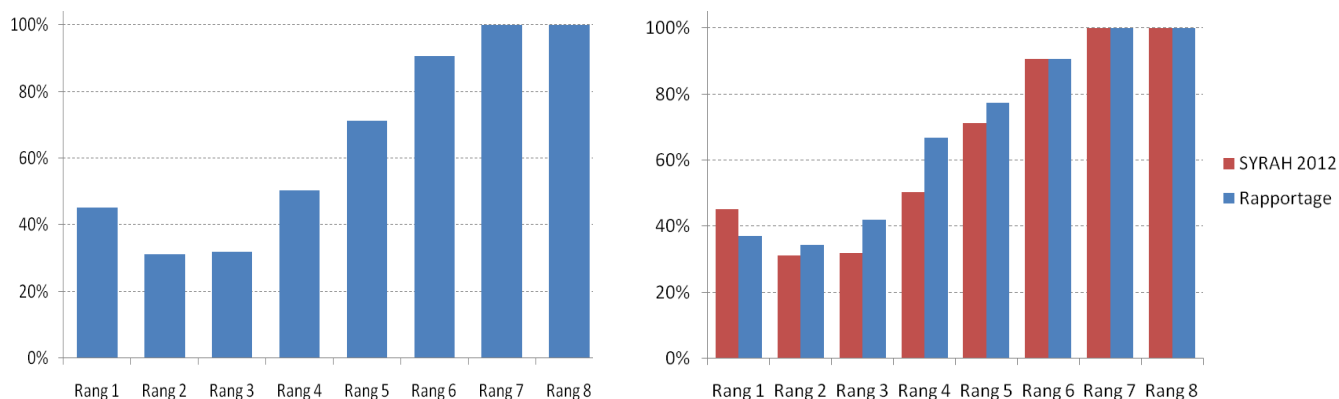


Figure 21 : Distribution (%) des masses d'eau à risque hydromorphologique en fonction de l'ordonnement de Strahler (gauche) et comparaison du diagnostic SYRAH avec les résultats du rapportage 2009-2010 (droite)

De même, si l'on se réfère aux hydroécorégions (HER) de niveau 1 (**Annexe 6** pour les correspondances et **Annexe 7** pour la cartographie pour le bassin RM&C), des différences significatives apparaissent en termes de pourcentage de masses d'eau en risque hydromorphologique (**Figure 22**). Un premier bloc d'HER (1, 2, 7, 8, 16 et 21), caractérisé par de faibles niveaux d'altération des masses d'eau (moins de 25% de ME en risque HYMO), se dégage assez nettement. A l'inverse, les masses d'eau appartenant aux HER 10 (Côtes calcaires Est) et 15 (Plaine Saône) sont parmi les plus dégradées d'un point de vue hydromorphologique (plus de 50% de ME en risque HYMO) d'après le diagnostic SYRAH. Il conviendra d'expliquer avec plus de recul ces variations et de quantifier dans quelle mesure les disparités observées sont imputables aux différences typologiques inter-HER, aux activités anthropiques plus ou moins intenses et à la fiabilité éventuellement différente de SYRAH selon les HER.

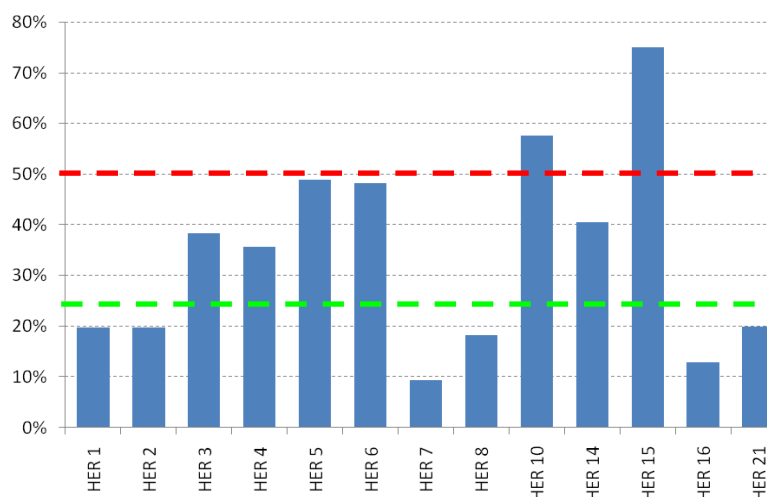


Figure 22 : Distribution des masses d'eau (%) à risque hydromorphologique en fonction de l'HER de niveau 1

III.2.3. Résultats par élément de qualité hydromorphologique

Afin d'appréhender plus finement les perturbations hydromorphologiques, il est intéressant de se reporter au niveau d'agrégation inférieur, c'est-à-dire au niveau de l'EQ-HYMO. La **Figure 23** montre que les EQ-HYMO « Morphologie » et « Continuité » sont les plus déclassants. En ce qui concerne la morphologie, 47,9% des ME sont en risque HYMO (probabilité d'altération forte ou moyenne) tandis que ce pourcentage s'élève à 40,9% pour la continuité. Seulement 8,2% des ME sont déclassés par l'EQ-HYMO « Hydrologie », ce qui est déjà assez surprenant.

La comparaison du diagnostic SYRAH avec les résultats enregistrés lors du rapportage 2009-2010 (**Figure 23**) fournissent des éléments de discussion sur la cohérence du diagnostic SYRAH. Les points importants ressortant de cette comparaison sont :

- une nette sous-estimation par SYRAH du nombre de masses d'eau en risque du point de vue du régime hydrologique. L'absence de caractérisation des éclusées, des dérivations ainsi que des pompes dans SYRAH explique en partie l'écart relatif de 72,0%.
- une très nette augmentation dans SYRAH du nombre de masses d'eau en risque pour l'EQ-HYMO « Continuité » par rapport au précédent exercice (écart relatif de 68,6%). Cette différence peut s'expliquer par l'évolution récente de l'inventaire des obstacles et de leurs caractéristiques (projets ROE et ICE) et du développement de nouveaux indicateurs qui en découlent, normalement plus objectifs pour juger du niveau d'altération de la continuité biologique. Le chiffre de 40,9% de ME en risque vis-à-vis de la continuité paraît en tout état de cause beaucoup plus vraisemblable que les 12,8% avancés lors du rapportage 2009-2010. Toutefois les données et indicateurs de continuité longitudinale sont encore en cours d'évolution.

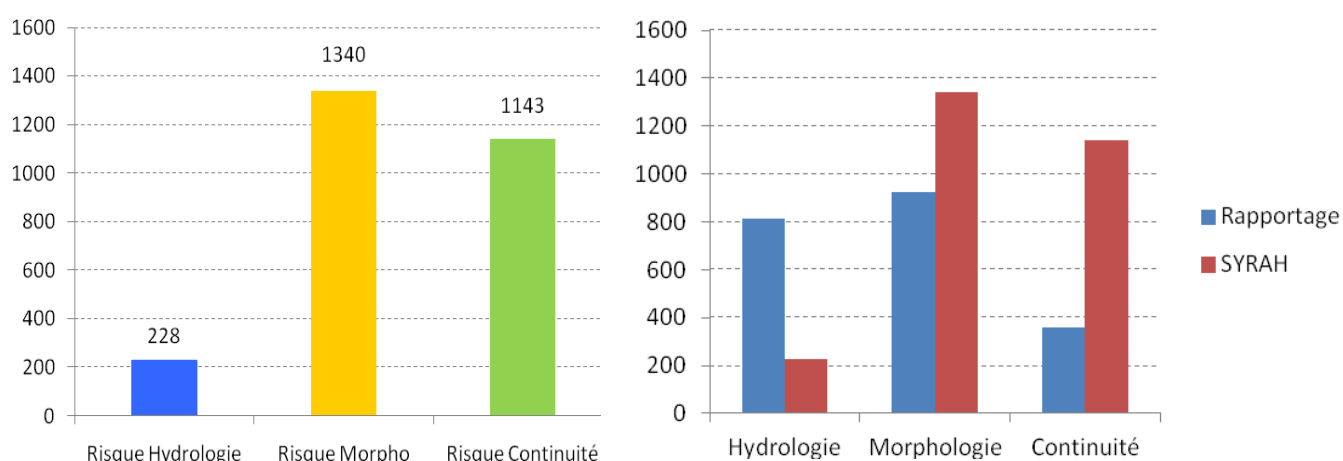


Figure 23 : Distribution du nombre de masses d'eau à risque par EQ-HYMO (gauche) et comparaison du diagnostic SYRAH avec les résultats du rapportage 2009-2010 (droite)

Ces fortes divergences au niveau des EQ-HYMO mettent une fois de plus en évidence le fait que les agrégations successives lissent inévitablement le diagnostic. Une approche uniquement basée sur le risque global aurait ainsi conduit à affirmer que SYRAH et le rapportage sont concordants, ce qui est loin d'être le cas si l'on se réfère aux éléments de qualité hydromorphologique pris séparément. Ce niveau est pourtant fondamental pour l'orientation des programmes de restauration, la question étant de savoir quels leviers actionner pour atteindre le bon état hydromorphologique ? Sur quelle

base choisit-on ces leviers ? Le diagnostic SYRAH ou le rapportage ? La question reste pour l'instant posée et trouvera peut-être une réponse dans les prochaines semaines après retour et étude approfondie de la première phase d'expertise des résultats SYRAH.

La cartographie de la probabilité d'altération des EQ-HYMO pour le bassin RM&C est disponible en **Annexe 8**. Les tendances en termes de zones géographiques d'altération sont beaucoup moins marquées que pour le diagnostic global. Concernant l'EQ-HYMO « Hydrologie », seuls quelques cours d'eau apparaissent très perturbés notamment l'Isère, le Rhône, la Durance et la rivière d'Ain, ce qui ne reflète pas nécessairement les secteurs les plus souvent en déficit hydrique qui concernent le plus souvent des cours d'eau de plus faible gabarit. Aucune tendance géographique ne se dégage vis-à-vis de l'EQ-HYMO « Continuité ». Concernant la morphologie en revanche, le constat est similaire à celui fait § III.2.2., avec un zonage marqué qui semble indiquer que cet EQ-HYMO a un impact très fort sur le risque global d'altération des masses d'eau.

III.2.4. Résultats paramètre par paramètre

D'un paramètre hydromorphologique à l'autre, le diagnostic délivré par SYRAH est significativement différent. Les descripteurs morphologiques (structure du substrat et du lit, profondeur/largeur, structure de la rive) ainsi que l'indicateur de fragmentation sont les paramètres les plus déclassants. Les paramètres décrivant le régime hydrologique indiquent à l'inverse une faible altération des masses d'eau (**Figure 24**).

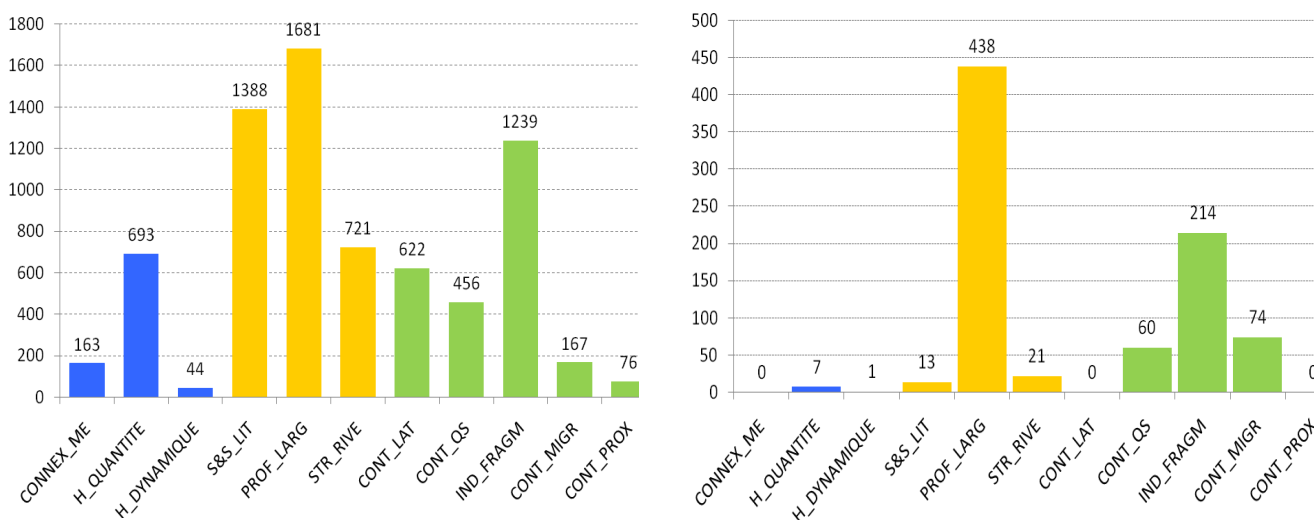


Figure 24 : Distribution du nombre de masses d'eau à risque hydromorphologique par paramètre (gauche) et contribution unique de ces paramètres (droite)

A titre indicatif, les cas pour lesquels un seul des paramètres est en risque d'altération ont été isolés : on parle de « contribution unique » du paramètre, celui-ci étant le seul à être déclassant (**Figure 24**). Deux paramètres se dégagent assez largement : les variations de la profondeur et de la largeur (438 contributions uniques) ainsi que l'indicateur de fragmentation (214 contributions) représentent à eux seuls près de 80% des contributions uniques.

La cartographie de la probabilité d'altération de chaque paramètre pour le bassin RM&C est disponible en **Annexe 9**.

IV. REPONSE BIOLOGIQUE AU DIAGNOSTIC SYRAH

La synthèse bibliographique montre que le bon état écologique dépend fortement de l'état hydromorphologique. Cette partie du rapport permettra de valider ou non cette hypothèse à travers la confrontation statistique des données biologiques disponibles (IPR) et des premières évaluations du risque d'altération hydromorphologique issues de SYRAH. Dans le cas où cette hypothèse viendrait à être invalidée, loin de remettre en cause les nombreuses recherches scientifiques en la matière, une explication à l'absence de réponse biologique devrait sans doute être à rechercher dans la construction des indices biologiques et/ou de SYRAH.

IV.1. JUSTIFICATION DU CHOIX DE L'IPR

Le choix de privilégier l'Indice Poisson Rivière (IPR) par rapport à d'autres indicateurs biologiques (IBGN, IBD, IBMR) réside dans le fait qu'en théorie, les peuplements piscicoles sont théoriquement plus sensibles à la dégradation de l'habitat physique que ne le sont les macro-invertébrés benthiques (IBGN) ou les diatomées (IBDN). L'IBD répond en effet plus à une dégradation de la qualité physico-chimique de l'eau qu'à des perturbations hydromorphologiques. La dégradation de l'habitat physique engendre normalement une modification du peuplement piscicole par rapport à une situation de référence, ce qui est mesuré par l'IPR. Toutefois, des effets d'échelle (station / tronçon / ME) peuvent perturber cette mécanique.

IV.2. TRAVAUX PRELIMINAIRES A L'ANALYSE STATISTIQUE

IV.2.1. Sélection des masses d'eau pour l'analyse statistique

Pour limiter les interactions (effets cumulés, antagonistes, ou autres combinaisons complexes) entre les multiples sources d'altération et pour se focaliser uniquement sur le lien entre l'altération hydromorphologique et la réponse biologique, un travail de sélection préliminaire des données était nécessaire. Ainsi, les masses d'eau présentant une qualité physico-chimique dégradée ont été écartées de l'analyse, seules les masses d'eau en bonne à très bonne qualité physico-chimique étant conservées (**Figure 25**).

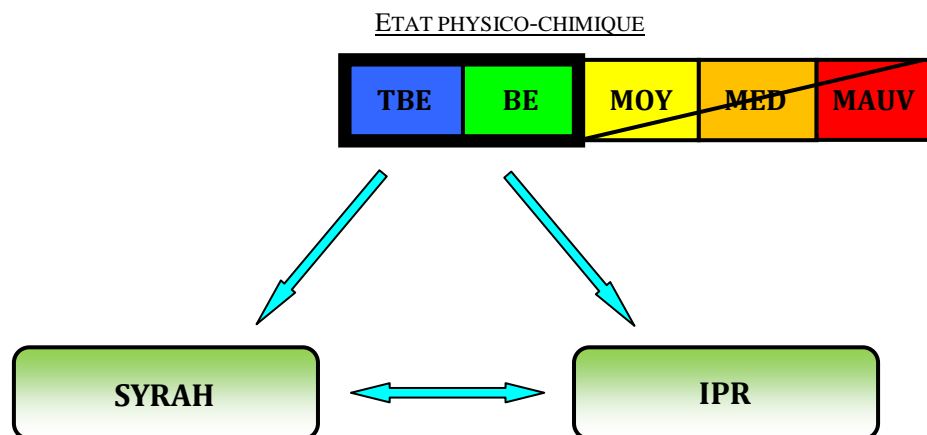


Figure 25 : Sélection des masses d'eau en vue de la comparaison statistique des indices biologiques et du diagnostic SYRAH

On part donc de l'hypothèse que l'état biologique enregistré ne dépend que des caractéristiques hydromorphologiques. Autrement dit, on attend que les ME à risque selon SYRAH obtiennent une note d'IPR supérieure aux masses d'eau qui ne le sont pas, la note de l'IPR étant d'autant plus grande que les peuplements piscicoles sont perturbés. On aurait pu également restreindre le jeu de données aux seules ME en bon état chimique mais cela aurait fortement réduit le jeu de données alors que les effets des micropolluants sur les indices biologiques sont rarement manifestes. On a toutefois vérifié que les résultats sur un jeu de données ainsi restreint ne donnaient pas des réponses différentes.

IV.2.2. Origines et étendues des données utilisées

Les données physico-chimiques utilisées se focalisent sur la période 2007-2010. Elles ont été recueillies dans le cadre du réseau de suivi RCS sur RM&C, ce qui représente un échantillon de 396 stations. Pour chaque station, la classe physico-chimique la plus déclassante parmi les quatre années de suivi a été retenue pour juger de la qualité physico-chimique globale de la masse d'eau.

Les données relatives à l'IPR se basent également sur les données 2007-2010 du réseau RCS. Hormis les stations également rattachées au Réseau Hydrobiologique et Piscicole (RHP) qui sont pêchées annuellement, les stations RCS sont dans la majorité des cas prospectées tous les deux ans.

Au final et d'après les critères retenus, l'analyse statistique porte sur 260 stations de suivi du bassin RM&C pour lesquelles l'IPR, la physico-chimie et bien sûr SYRAH sont disponibles.

IV.3. DESCRIPTION DES RESULTATS DE L'IPR SUR L'ECHANTILLON DE STATIONS

La distribution des valeurs moyennes de l'IPR est caractéristique des résultats habituellement observés pour l'IPR (**Figure 26**). Les notes IPR varient de 3,8 à 88,8 pour une moyenne de 18,0. La valeur modale étant de 15,2, la distribution est décalée sur la gauche en limite des classes bonne et moyenne particulièrement représentées au sein de l'échantillon de stations sélectionnées. Ainsi de nombreuses stations se situent à la limite du bon état, ce qui dans le contexte DCE, est assez sensible. Pour ce qui est des classes de qualité, la classe 2 (Bon) domine avec près de la moitié des stations, suivie de la classe 3 (Moyen) puis de la classe 4 (Médiocre). Les classes 1 (Très bon) et 5 (Mauvais) sont nettement moins bien représentées.

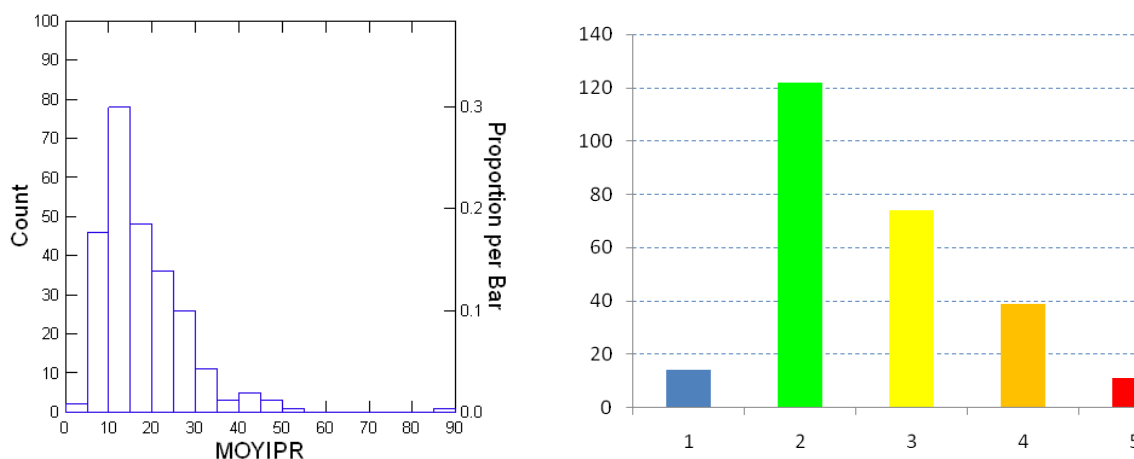


Figure 26 : Distribution des notes et des classes de l'IPR sur l'échantillon de stations retenues

IV.4. LIENS IPR / RISQUE GLOBAL SYRAH

IV.4.1. Liens IPR / SYRAH sans prise en compte des caractéristiques typologiques

Risque SYRAH et classes de l'IPR

Dans un premier temps, on s'est intéressé à la différence de distribution des classes de l'IPR en fonction du statut à risque hydromorphologique (159 stations) ou non (101 stations) d'après SYRAH. Sur ces deux lots de masses d'eau, la distribution des classes IPR a été comparée (**Figure 27**) :

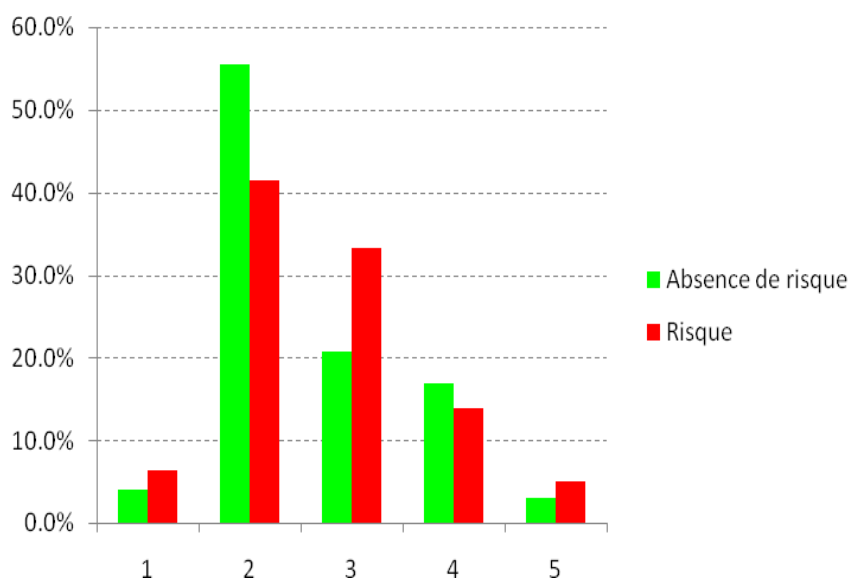


Figure 27 : Comparaison de la distribution des classes IPR entre masses d'eau à risque et masses d'eau en absence de risque hydromorphologique

D'après cette première comparaison, le lien entre le diagnostic SYRAH et les résultats de l'indice IPR n'apparaît pas flagrant. En effet, on observe plus de stations en très bon état vis-à-vis de l'IPR pour les masses d'eau en risque hydromorphologique (en rouge) pour lesquelles en théorie, la dégradation des habitats aquatiques devraient pénaliser la biologie. La même gamme de pourcentage est observée pour la classe 2 de l'IPR (bon état) que la masse d'eau soit en risque ou non. De même, pour près de 48% des masses en risque hydromorphologique (contre 59% pour les masses d'eau en absence de risque), l'IPR indique une note bonne à très bonne, signe d'une réponse limitée de l'IPR au diagnostic établi par SYRAH.

Risque SYRAH et score (moyenne sur plusieurs années) de l'IPR

Une deuxième approche, basée sur l'analyse de variance, a été utilisée pour approfondir l'étude du lien entre l'IPR et le risque global SYRAH. Un « box-plot » représentant à la fois la tendance centrale (médiane) et la variabilité interquartile (notamment 1^{er} et 3^{ème} quartiles), permet de donner un premier aperçu des différences des notes IPR entre le lot de masses d'eau « à risque » et le lot de masses d'eau « préservées » (**Figure 28** page suivante).

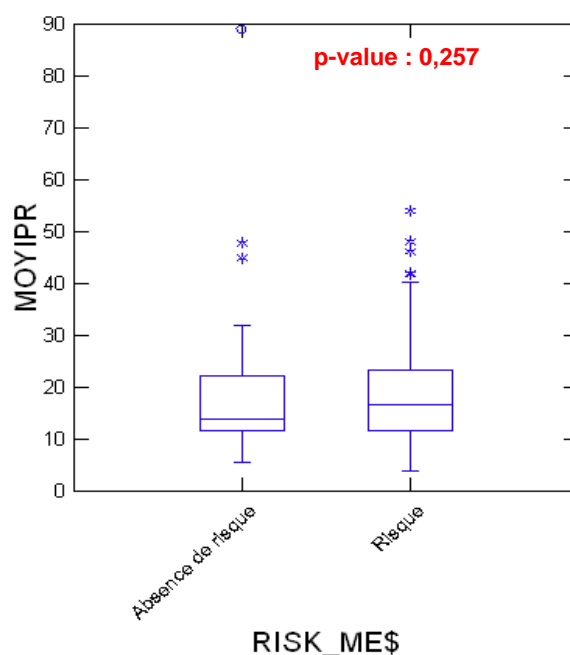


Figure 28 : Box-Plot montrant la différence de médiane IPR selon que la masse d'eau est en risque hydromorphologique ou non (les barres horizontales correspondent aux valeurs médianes, les rectangles des boîtes représentent l'écart inter-quartile entre 1^{er} et 3^{ème} quartile)

Le box-plot montre qu'a priori, il n'y a pas de relation notable entre le risque global diagnostiqué par SYRAH et les résultats de l'IPR, venant confirmer les premiers éléments décrits précédemment. En effet, on observe des valeurs de médiane très proches que la ME soit en risque (16,7) ou non (13,9). De même, les écarts entre les moyennes sont encore plus restreints entre les deux lots de stations : 17,5 pour les ME en absence de risque contre 18,4 pour les ME à risque hydromorphologique. Notons toutefois que bien que très faible, la tendance est conforme à ce qu'on peut attendre à savoir que la moyenne pour les stations à risque est supérieure à celle des stations les moins altérées.

Par contre, comme on pouvait s'y attendre, cette différence n'est pas significative selon le test de Kruskal-Wallis qui teste l'hypothèse d'un effet du niveau d'altération sur les scores moyens de l'IPR ($p = 0,257 > 0,05$). On peut donc conclure à une absence de réponse globale de l'IPR aux deux catégories de risque d'altération hydromorphologique diagnostiqué par l'outil SYRAH.

IV.4.2. Liens IPR / SYRAH en fonction des hydroécorégions

Si aucune relation significative n'a pu être établie entre l'IPR et le risque global, il est intéressant de vérifier si la réponse biologique ne serait pas dépendante de caractéristiques typologiques ou hydrogéographiques. En premier lieu, on a examiné si la réponse de l'IPR au risque SYRAH pouvait être différente entre hydroécorégions. Sur le plan statistique, il aurait été préférable d'utiliser une analyse de variance à deux facteurs (risque et HER) mais les conditions d'utilisation de ce type d'analyse (nombre d'échantillons par modalité, homogénéité des variances, normalité) n'étaient pas réunies. En substitution, on a répété l'analyse de variance non-paramétrique utilisée précédemment par HER.

Au préalable, seules les HER les plus représentées ont été sélectionnées en vue de l'étude statistique. Un seuil de représentation proche de 5% a ainsi été fixé dans ce but. Cela n'aurait en effet pas de sens de réaliser une analyse statistique sur des échantillons dont le nombre de masses d'eau est inférieur à 10.

La **Figure 29** présente le nombre de masses d'eau rattachées aux différentes HER1 du bassin RM&C :

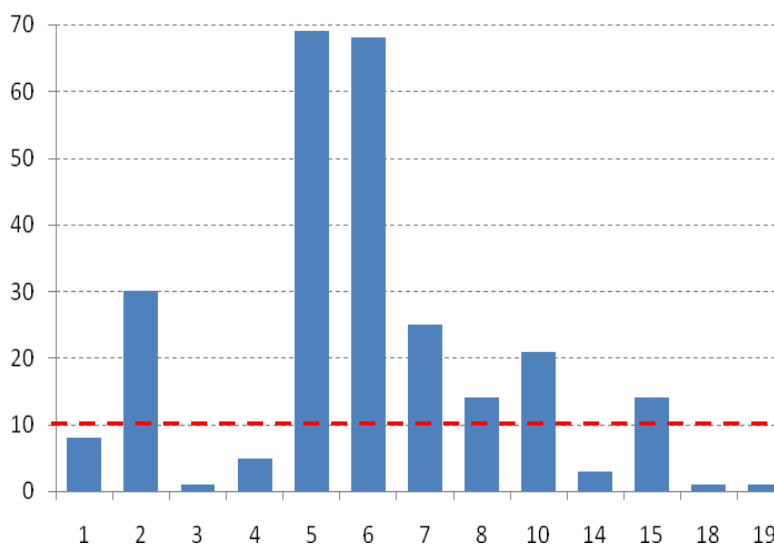


Figure 29 : Distribution du nombre de masses d'eau par HER1 du bassin RM&C

Ainsi d'après les critères décrits précédemment, seules les HER 2 (Alpes internes), 5 (Jura - Préalpes Nord), 6 (Méditerranée), 7 (Préalpes du Sud), 8 (Cévennes), 10 (Côtes calcaires Est) et 15 (Plaine Saône) ont été conservées pour l'analyse statistique. Pour rappel, la cartographie des HER1 du bassin RM&C est disponible en **Annexe 7**.

La **Figure 30** page suivante présente les résultats des box-plot et des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis (KW) pour les 7 HER de niveau 1 sélectionnées. Le test de KW n'a été réalisé que lorsque qu'un lien semblait exister entre les résultats de l'IPR et le diagnostic SYRAH au niveau des « box-plot », pour en confirmer la valeur statistique.

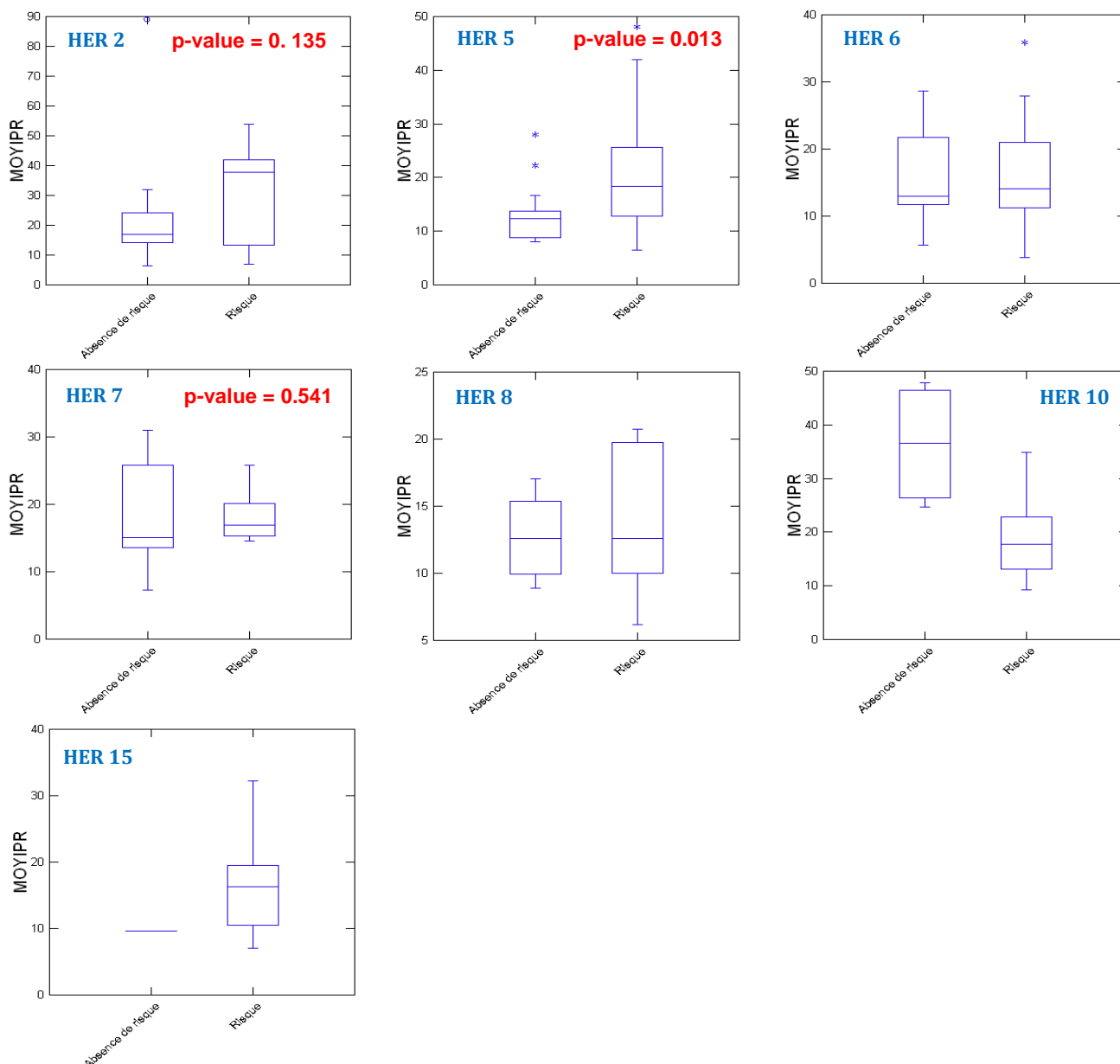


Figure 30 : Box-Plot et tests de Kruskal-Wallis par HER de niveau 1 en discriminant les ME à risque et celles en absence de risque hydromorphologique global

Les résultats des « box-plot » et des tests effectués montrent que la réponse de l'IPR par rapport à SYRAH est assez nettement différente d'une hydroécocorégion à l'autre. En effet, on peut distinguer trois types de réponse de l'IPR au risque SYRAH en fonction des HER.

Seule l'HER5 (Jura - Préalpes Nord) montre une réponse significative ($p < 0,05$) de l'IPR au risque SYRAH dans le sens attendu avec des scores d'IPR inférieures pour les stations les moins altérées par rapport aux stations à risque

Pour un deuxième groupe de HER, il existe une tendance conforme aux hypothèses de départ mais les écarts sont faibles et non significatifs d'après les tests de KW. Il s'agit des HER 2, 6, 7, 8, 15. La médiane est comme attendue supérieure pour le lot de ME à risque mais les différences restent limitées par rapport au lot de ME en absence de risque. L'HER2 (Alpes internes) ressort tout de

même du lot dans la mesure où l'écart entre les médianes des deux lots est très important (16,8 contre 37,8 pour les ME en risque hydromorphologique). Si l'on considère les moyennes (**Figure 31**), cet écart tend à diminuer (21,5 contre 31,0) mais reste notable. Pour cette HER, le test de KW conclut cependant, comme pour les autres HER de ce lot, à une absence de lien significatif entre SYRAH et l'IPR.

Enfin pour l'HER10 la réponse de l'IPR au risque SYRAH est incohérente avec l'hypothèse initiale dans la mesure où la médiane de l'IPR est largement supérieure pour les ME en absence de risque que pour les ME à risque hydromorphologique. Il conviendra dans cette situation de rechercher les causes d'un tel résultat.

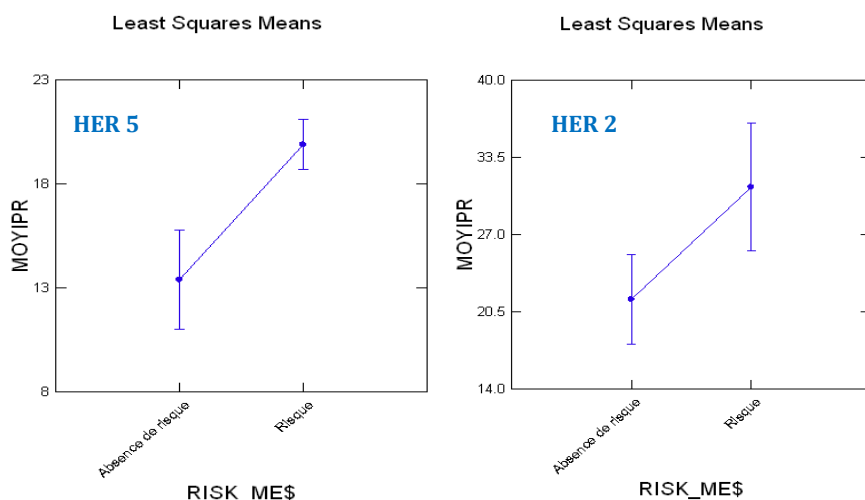


Figure 31 : Comparaison des moyennes des deux lots de ME pour l'HER 5 (Jura - Préalpes Nord) et l'HER 2 (Alpes internes)

Les deux hydroécorégions pour lesquelles la réponse de l'IPR au risque SYRAH semble correcte sont limitrophes (**Annexe 7**). Il conviendra également de rechercher les explications notamment typologiques qui font que SYRAH semble mieux fonctionner pour ces HER caractérisées en outre par des pentes importantes. A l'inverse, les HER pour lesquelles les liens IPR / SYRAH sont faibles voire inexistants devront faire l'objet d'une expertise particulière. La première phase de consultation, dont les retours sont attendus fin Septembre 2012, permettra sans doute d'apporter des éléments supplémentaires pour formuler des hypothèses sur les causes de cette absence de relation. Deux cas de figure sont possibles :

- les expertises des agents de l'ONEMA concordent dans une majorité de cas avec le diagnostic SYRAH → l'absence de relation est à chercher du côté de l'IPR qui n'a pas la même fiabilité d'une HER à l'autre ;
- les expertises des agents de l'ONEMA sont en désaccord dans la majorité des cas avec le diagnostic SYRAH → l'absence de relation est à chercher du côté de SYRAH qui ne traduit pas de façon exacte les dégradations de l'hydromorphologie des cours d'eau.

IV.4.3. Liens IPR / SYRAH en fonction de la taille de la masse d'eau

Une autre façon d'aborder l'influence du type de cours d'eau sur le lien entre IPR et risque SYRAH consiste à prendre en compte la « taille » du cours d'eau, décrivant grossièrement le gradient

longitudinal et donc l'évolution conjointe du gabarit (largeur, débit) et de la pente. Par facilité par rapport à d'autres typologies (Huet, Verneaux, etc.), les données de taille du cours d'eau disponibles dans le référentiel des ME ont été retenues. Les ME se répartissent en cinq classes de taille : TP (Très Petite), P (Petite), M (Moyenne), G (Grande), TG (Très grande). La distribution des ME est assez homogène au sein des cinq classes de taille (**Figure 32**). Pour chaque classe, le nombre de masses d'eau est par ailleurs suffisant pour l'analyse statistique.

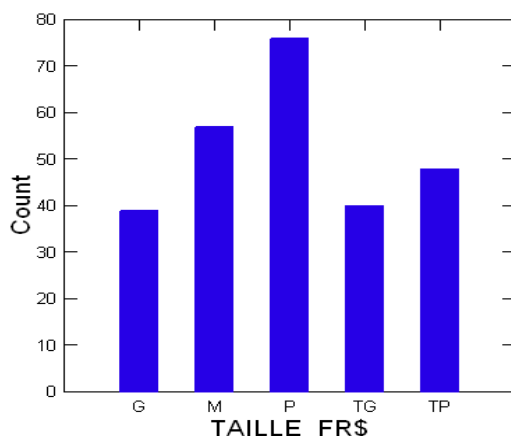


Figure 32 : Distribution du nombre de masses d'eau par classe de taille

Comme précédemment, nous avons procédé à une analyse de la réponse de l'IPR à SYRAH par taille de cours d'eau. La **Figure 33** présente les résultats des « box-plot » et des tests non paramétriques de KW pour les cinq classes de taille de ME. Le test de KW n'a été réalisé que lorsque qu'un lien semblait exister entre les résultats IPR et le diagnostic SYRAH à l'examen des « box-plot ».

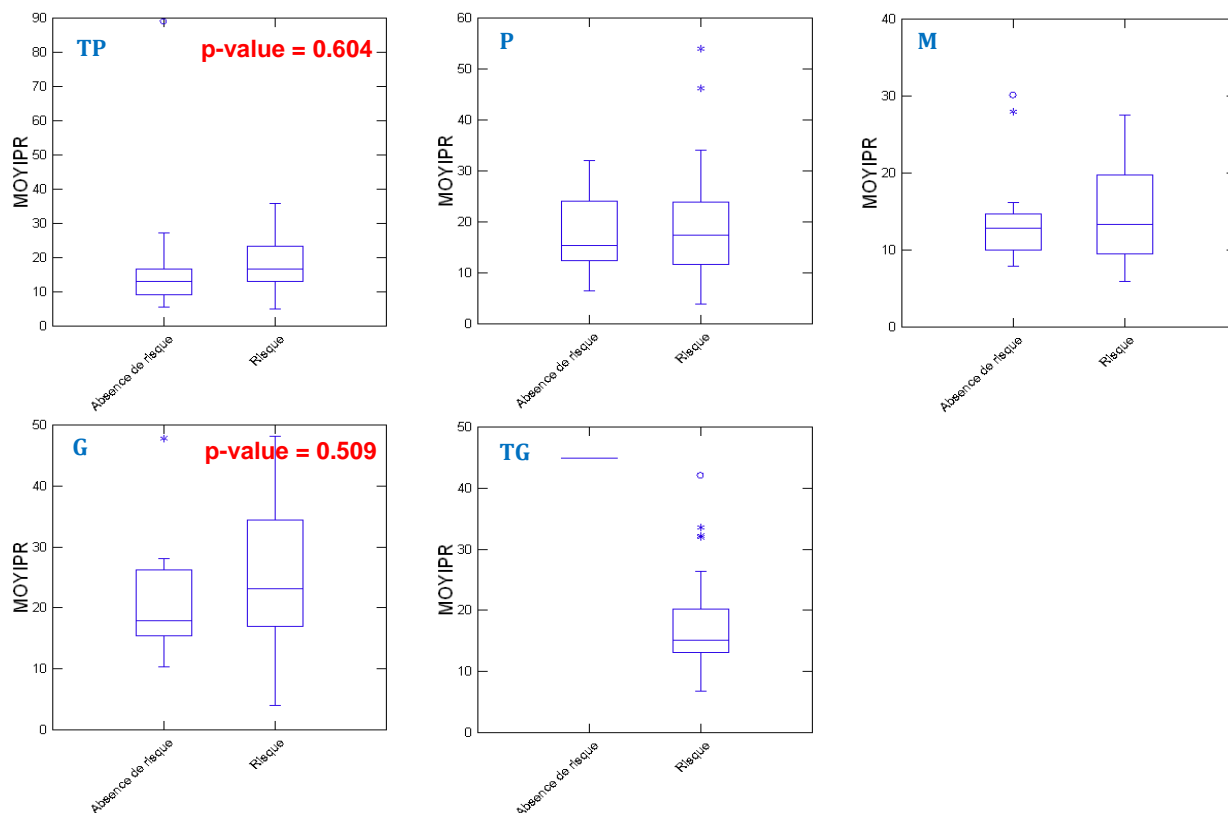


Figure 33 : Box-Plot et tests de Kruskal-Wallis par classe de taille de masse d'eau en discriminant les ME à risque et celles en absence de risque hydromorphologique global

Même si des tendances allant dans le sens attendu sont observées pour les très petits (TP) et grands (G) cours d'eau (**Figure 34**), aucune différence significative n'est obtenue.

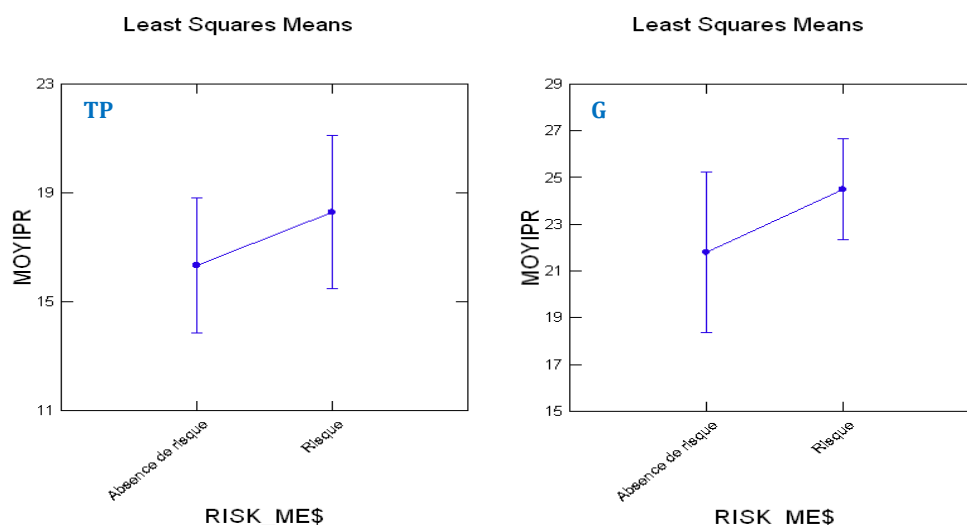


Figure 34 : Comparaison des moyennes des deux lots de ME (à risque / absence de risque) pour les TPME et les GME

Les tests de KW ($p > 0,05$) confirment l'absence de réponse significative de l'IPR au risque global diagnostiqué par SYRAH. Aucune logique n'est par ailleurs mise en évidence en fonction de l'évolution des classes de taille. L'évolution du gabarit de la masse d'eau se traduit par des pressions beaucoup plus visibles que SYRAH identifie correctement (voir **Figure 21 § III.2.2.**). On aurait donc pu s'attendre à une amélioration de la réponse biologique dans le même temps qu'une augmentation de la taille de la ME mais ce n'est visiblement pas le cas.

Les GME et TGME, souvent lourdement aménagées et classées en MEFM, et pour lesquelles SYRAH diagnostique le plus souvent un risque d'altération hydromorphologique, présentent en outre des médianes pour l'IPR proches de 20, signe de peuplements piscicoles moyennement perturbés. Une limite de l'IPR est là mise en avant, l'indice se montre en effet anormalement bon pour un certain nombre de grands cours d'eau (Roset, Comm. Pers.).

IV.5. LIENS IPR / ELEMENT DE QUALITE HYDROMORPHOLOGIQUE

La réponse de l'IPR au risque global SYRAH est donc limitée. Les interactions entre SYRAH et l'Indice Poisson Rivière semblent se borner à des masses d'eau aux caractéristiques hydrogéographiques et typologiques précises. La présente partie propose, selon un raisonnement analogue à l'étude du lien risque global / IPR, de tester la réponse de l'IPR aux risques d'altération donnés par SYRAH pour les trois éléments de qualité hydromorphologique (hydrologie, morphologie, continuité). Dans le cas d'une réponse biologique significative au niveau des EQ-HYMO, la pertinence des règles d'agrégation utilisées devra être discutée. Il est également intéressant par cette approche de vérifier si la tendance de réponse biologique significative suit la même logique que précédemment et se limite aux mêmes HER.

IV.5.1. Hydrologie

La réponse de l'IPR aux dégradations de la composante hydrologie de SYRAH est nulle comme l'atteste de manière très claire la **Figure 35**.

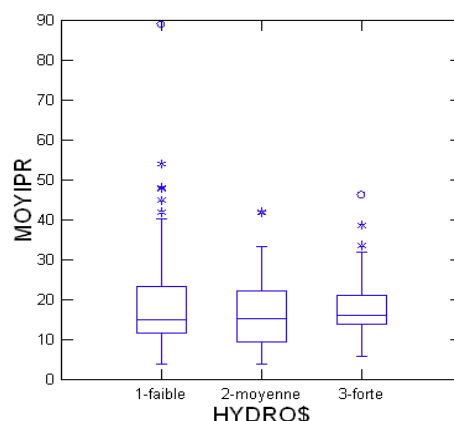


Figure 35 : Box-Plot comparant la médiane de l'IPR en fonction du risque d'altération identifié pour l'EQ-Hydrologie

La médiane de l'IPR est globalement la même quel que soit le risque d'altération hydrologique SYRAH. L'absence de réponse pourrait trouver son origine dans l'absence de prise en compte par SYRAH d'un certain nombre de perturbations du régime hydrologique (écluées, dérivations, pompages, etc.) impactant la biologie. Des ME en risque faible ou moyen d'altération vis-à-vis de l'EQ-hydrologie peuvent donc présenter des perturbations importantes du point de vue de cette composante, ce qui tend à homogénéiser les résultats de l'IPR pour les 3 risques d'altération définis par SYRAH. L'absence de réponse est également rencontrée au sein de toutes les hydroécorégions suffisamment représentées pour l'analyse statistique. Dans un but de concision, les résultats des « box-plot » et des tests non-paramétriques ne sont pas présentés dans le présent rapport.

IV.5.2. Morphologie

Le diagnostic de SYRAH pour l'EQ-morphologie montre en revanche une meilleure corrélation avec les résultats de l'IPR (**Figure 36**).

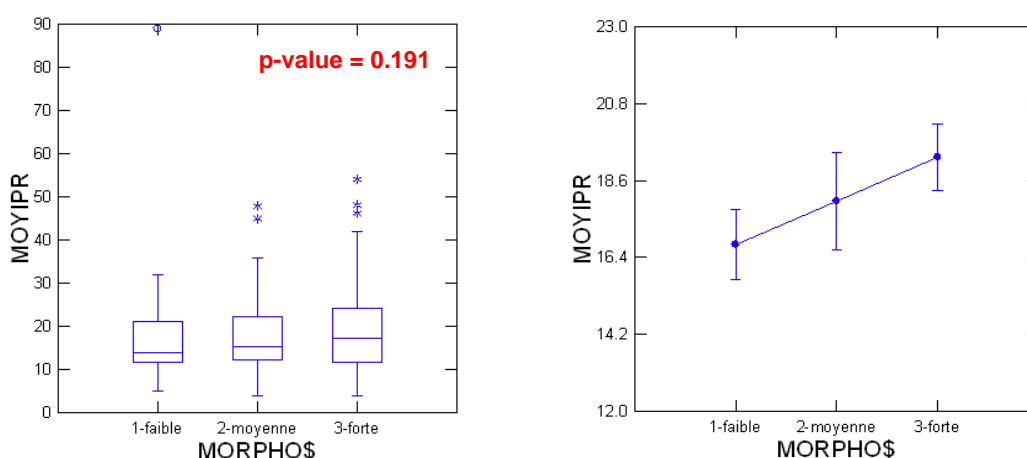


Figure 36 : Box-Plot comparant la médiane de l'IPR en fonction du risque d'altération identifié pour l'EQ-Morphologie – Comparaison des moyennes observées selon le risque d'altération de l'EQ-Morphologie

La note enregistrée par l'IPR augmente en effet graduellement à mesure que le risque d'altération pour la composante morphologie s'amplifie que ce soit en termes de médiane (14,0 → 15,2 → 17,1) ou de moyenne (16,8 → 18,0 → 19,2). Ces résultats, bien que non significatifs ($p > 0,05$), montrent cependant une tendance à la perturbation des peuplements piscicoles conforme au diagnostic SYRAH.

Cela semble confirmer le fait que la morphologie, parmi les trois composantes justifiant de l'état hydromorphologique, est la variable ayant le plus d'influence sur la réponse biologique notamment celle de l'Indice Poisson Rivière. Les caractéristiques morphologiques conditionnent en effet de façon majeure l'attractivité et la qualité des habitats aquatiques, il n'est donc pas étonnant de constater une dégradation des peuplements piscicoles dès lors que la morphologie se dégrade.

Le test des interactions entre SYRAH et l'IPR a également été effectué sur les sept HER éligibles d'après les critères définies § IV.4.2. Les résultats des « box-plot » sont présentés **Figure 37** :

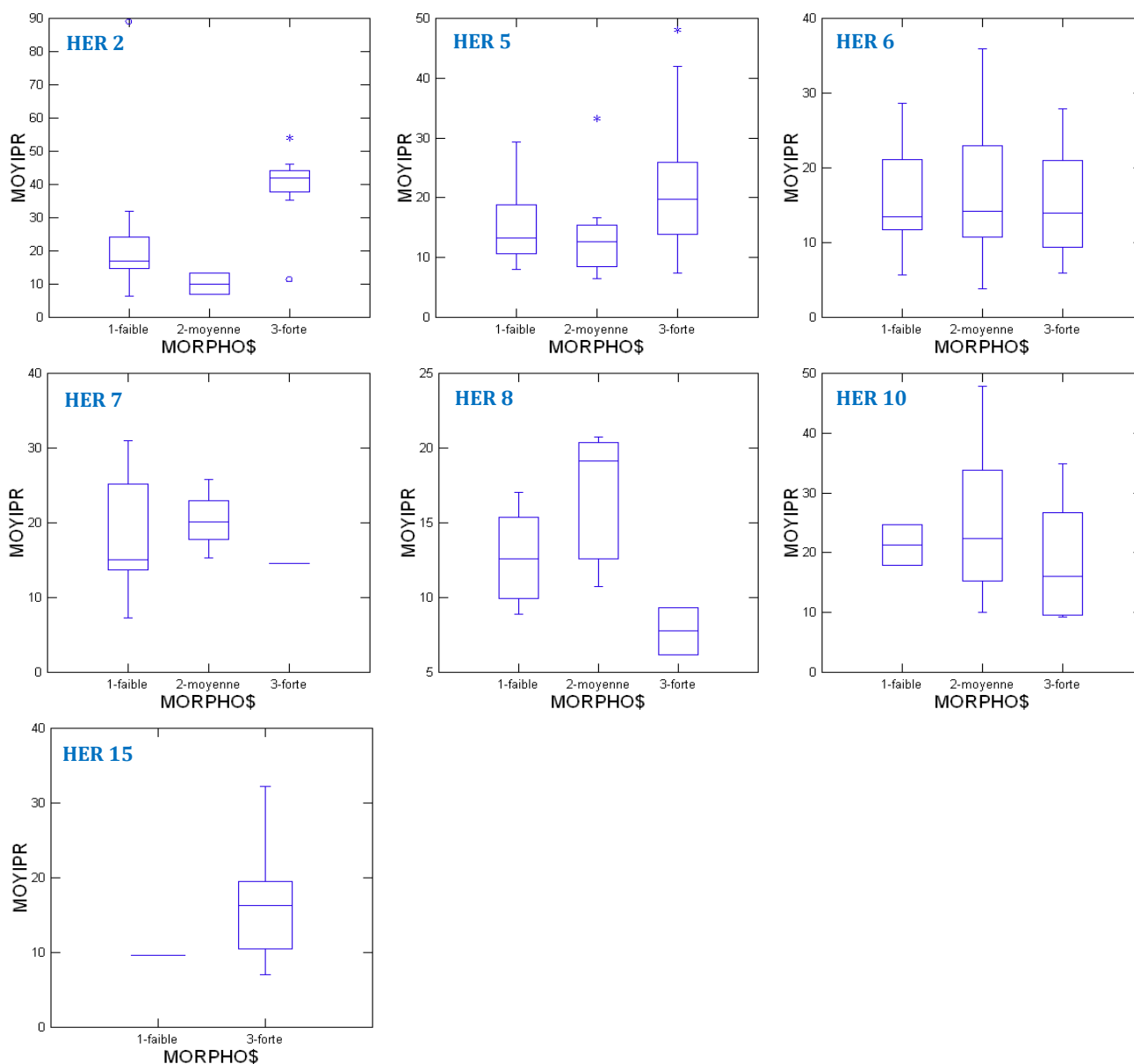


Figure 37 : Box-Plot comparant par HER1 la médiane de l'IPR selon le risque d'altération de l'EQ-Morphologie

Les résultats ne sont pas significatifs mais des tendances se dégagent selon l'hydroécocorégion considérée. Aucune des HER ne montre une réponse graduelle de la note IPR à mesure que le risque d'altération de l'EQ-morphologie s'intensifie. Les HER 6, 7, 8 et 10 montrent de nettes incohérences entre les résultats de l'IPR et le diagnostic SYRAH. Pour l'HER 15, il est difficile de se prononcer, 13 des 14 ME de cette HER présentant un risque fort d'altération de l'hydromorphologie.

Si l'interaction n'est pas significative, il est cependant intéressant de considérer séparément le lot constitué des HER 2 (Alpes internes) et 5 (Jura - Préalpes Nord). Pour ces HER, le risque d'altération moyen n'est pas en adéquation avec les résultats de l'IPR (notes IPR globalement moins élevées que pour une faible altération de la morphologie). En revanche, il apparaît que pour de forts risques d'altération de la morphologie, SYRAH et l'indice IPR renvoient à des informations cohérentes en particulier pour l'HER2 pour laquelle on observe une médiane de 41,8 pour la note moyenne de l'IPR pour la période 2007-2010. Ce constat concorde avec les résultats enregistrés au niveau du risque global.

IV.5.3. Continuité

L'analyse croisée des résultats de l'IPR et du risque d'altération relatif à l'EQ-Continuité ne montre pas de réponse significative de l'IPR au diagnostic SYRAH ($p > 0,05$) (**Figure 38**).

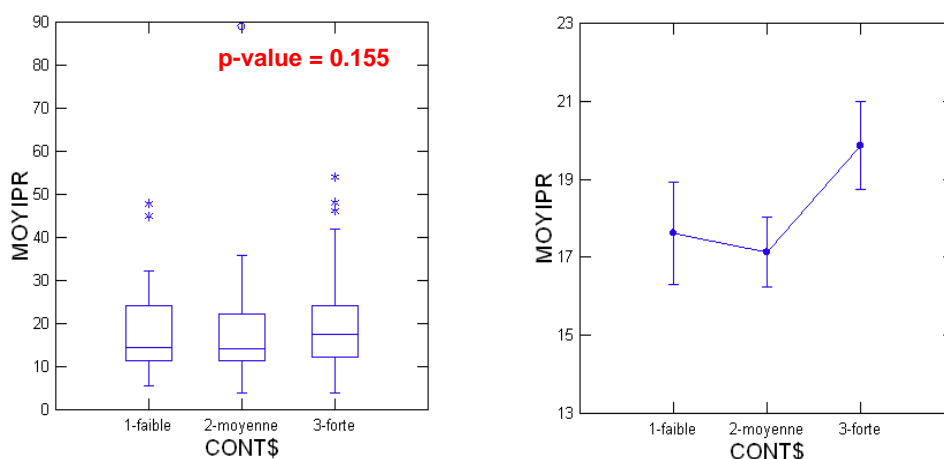


Figure 38 : Box-Plot comparant la médiane de l'IPR en fonction du risque d'altération pour l'EQ-Continuité – Comparaison des moyennes observées selon le risque d'altération de l'EQ-Continuité

Il faut noter une réponse positive de l'IPR pour les ME présentant d'après SYRAH un fort risque d'altération de la continuité (**Figure 38**). En tout état de cause, les liens entre la continuité et la réponse biologique restent encore difficiles à évaluer précisément, indépendamment de SYRAH même si les conséquences biologiques de grands barrages hydroélectriques ne sont plus à démontrer.

En ce qui concerne les hydroécocorégions, on note une nouvelle fois une réponse significative ($p < 0,05$) de l'IPR au diagnostic SYRAH pour l'HER2 (Alpes internes) comme le montre la **Figure 39** page suivante. Aucun lien significatif n'est en revanche mis en évidence pour les autres HER.

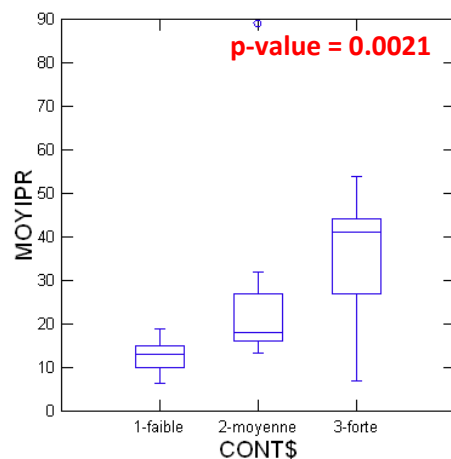


Figure 39 : Box-Plot comparant pour l'HER2 la médiane de l'IPR en fonction du risque d'altération pour l'EQ-Continuité

Une des hypothèses explicitant la réponse biologique significative est à chercher dans le caractère particulier de cette HER qui se démarque des autres par la concentration de grands barrages hydroélectriques impactant très fortement la continuité. La présence d'un seuil d'une hauteur de chute d'1,5 m sur une ME peut conduire SYRAH à conclure à un risque fort d'altération de la continuité. Pour l'HER2, ces hauteurs de chute s'élèvent souvent à plusieurs dizaines de mètres et SYRAH conclut toujours à un risque fort d'altération. Or la réponse biologique ne sera pas comparable et est beaucoup plus facile à identifier pour l'HER2 tant le niveau d'altération de cette composante est élevé. Se pose ici la question de la pertinence du regroupement du risque SYRAH en trois classes principales puisqu'il en résulte inévitablement un lissage du diagnostic, un fort risque d'altération ne renvoyant pas systématiquement à la même information. La mise en place dans SYRAH d'une classe dite de « risque d'altération extrême » pourrait remédier à ce problème.

Comme exposé § III.2.2., les autres cours d'eau de cette HER, dépourvus d'aménagements hydroélectriques, présentent un fonctionnement hydromorphologique proche de conditions naturelles qui se traduit par une excellente qualité vis-à-vis de l'IPR. Ces deux cas de figure (altération extrême d'un côté et fonctionnement naturelle de l'autre) expliquent en partie pourquoi la réponse biologique est si tranchée pour l'HER2 notamment pour l'EQ-continuité.

IV.6. LIENS IPR / PARAMETRES SYRAH

En dernier lieu, la réponse de l'IPR au diagnostic délivré par SYRAH au niveau de chacun de ses paramètres ont été analysées. L'ensemble des résultats obtenus est disponible en **Annexe 10**.

D'une manière générale, les résultats enregistrés confirment les tendances entrevues au niveau des éléments de qualité (§ IV.5.). Les 3 paramètres composant l'EQ-Hydrologie (Connexion aux ME souterraines, Hydrodynamique et Hydro-quantité) ne montrent aucune corrélation avec les résultats de l'IPR, ce qui semble confirmer que la composante « Hydrologie » est relativement mal représentée par SYRAH.

Les trois paramètres intervenant dans l'évaluation du risque d'altération morphologique (Structure du substrat et du lit, Variations de la profondeur et de la largeur et Structure de la rive) ont en revanche une influence réelle sur la réponse de l'IPR qui se traduit par l'augmentation de la note IPR lorsque le risque d'altération s'intensifie (**Annexe 10**). Les tests de KW effectués indiquent par ailleurs que le risque d'altération pour le paramètre « Structure et substrat du lit » est corrélé aux résultats de l'IPR ($p < 0,05$).

La réponse cohérente de l'IPR à ces paramètres SYRAH semble indiquer que la morphologie est bien le facteur explicatif majeur de la biologie du moins de l'ichtyofaune, en raison de l'influence capitale que revêt cette composante sur la qualité et l'attractivité des habitats aquatiques.

Mis à part le paramètre « continuité latérale », les paramètres décrivant la continuité sont peu corrélés à la réponse de l'ichtyofaune (**Annexe 10**). Le test de Kruskal-Wallis indique par ailleurs que la réponse de l'IPR est significative ($p = 0,011$) pour le paramètre de continuité latérale de SYRAH. Bien que rattachée à l'EQ-continuité dans le cadre de la DCE, ce paramètre décrit également fortement la morphologie. L'absence de contrainte latérale est en effet une condition majeure en vue de l'ajustement morphologique d'un cours d'eau. L'influence d'une morphologie dégradée sur la réponse des populations piscicoles est une nouvelle fois mis en avant.

IV.7. DISCUSSION DES RESULTATS

D'une manière générale, il est encore prématuré de se prononcer de façon catégorique sur les causes expliquant la réponse limitée de l'IPR au diagnostic SYRAH. Et dans tous les cas, l'absence de réponse de l'IPR ne signifie d'aucune manière l'absence de lien entre hydromorphologie et ichtyofaune, par ailleurs largement démontré dans la littérature scientifique.

La phase de consultation, qui se terminera fin Septembre 2012, permettra d'étayer ou non les premières hypothèses formulées dans cette présente partie.

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées quant à l'absence de réponse de l'IPR au niveau du risque global :

- Les règles d'agrégation utilisées pour le diagnostic SYRAH présentent une pertinence limitée. Le choix de pondérer les paramètres en fonction de la robustesse de la donnée peut s'avérer discutable dans la mesure où plus que la robustesse, c'est l'influence propre à chaque paramètre qui conditionne la réponse biologique. L'hydromorphologie intervenant, selon la DCE, en soutien de la biologie, il aurait été plus pertinent d'attribuer un poids supérieur aux paramètres pour lesquels on note une réponse biologique positive ;
- L'agrégation des éléments de qualité pour juger du risque global d'altération peut également être avancée comme facteur expliquant l'absence de réponse biologique. Cette agrégation se traduit en effet par un lissage du diagnostic comme en témoigne les constations faites § **III.2.3**. Une nouvelle fois, attribuer le plus de poids à l'élément de qualité influençant le plus la réponse biologique n'aurait pas été illogique. La morphologie semble être l'élément de qualité ayant le plus d'impact sur la réponse biologique, pondérer cet EQ-HYMO en conséquence serait judicieux ;

- Hormis les règles d'agrégation, l'absence de réponse peut trouver son origine dans les échelles spatiales différentes utilisées pour l'évaluation de la biologie (échelle stationnelle) et de l'hydromorphologie (échelle de la ME pour cet EdL). L'échelle stationnelle ne traduit pas nécessairement les dégradations hydromorphologiques observées à l'échelle de la masse d'eau, ce qui aboutit pour certaines masses d'eau à une incohérence entre le diagnostic de SYRAH et les résultats de l'IPR. La question de la représentativité des stations RCS, échantillonnées notamment dans le cadre de l'IPR, peut également se poser ;
- La moins grande fiabilité de l'IPR dans certains contextes hydrogéographiques et pour certaines tailles de masses d'eau notamment les GME et les TGME (voir § IV.4.3.) peut conduire à des incohérences entre SYRAH et l'IPR ;
- Indépendamment du diagnostic SYRAH, le lien habitat/poisson est variable selon les contextes, ce qui interfère sur la réponse biologique.

Il semble par ailleurs que la réponse biologique à SYRAH soit variable d'une hydroécocorégion à l'autre. C'est notamment le cas pour les HER2 (Alpes internes) et 5 (Jura - Préalpes Nord) au niveau du risque global. Il conviendra d'identifier précisément les causes typologiques entraînant une réponse significative de l'IPR pour ces hydroécocorégions. La typologie particulière des pressions hydromorphologiques s'exerçant sur les masses d'eau de l'HER2 peut également expliquer la réponse positive à l'IPR ;

Les résultats des tests statistiques effectués sont très variables selon l'élément de qualité ou le paramètre considéré. Des tendances se dégagent :

- La réponse nulle de la biologie à l'EQ-hydrologie (§ IV.5.1) semble confirmer le fait que cette composante est mal représentée par SYRAH (absence de prise en compte des éclusées, des dérivations, etc.) ;
- Il n'y a pas de lien évident entre le risque d'altération de la continuité (hormis pour un risque d'altération fort) et la réponse biologique. L'influence précise de cette composante sur la biologie reste encore à déterminer ;
- La réponse biologique est en revanche plus marquée concernant la composante morphologie que ce soit au niveau de l'élément de qualité ou au niveau des paramètres SYRAH décrivant cet état morphologique (structure et substrat du lit, structure de la rive, continuité latérale et variations de la profondeur et de la largeur). Ceci tend à indiquer d'une part que SYRAH est relativement fiable pour décrire les conditions morphologiques des masses d'eau. D'autre part, cela redémontre l'influence majeure de la morphologie sur les communautés biologiques en particulier l'ichtyofaune. Cette composante conditionne en effet largement la qualité des habitats aquatiques, d'où l'intérêt de lui accorder plus de poids dans l'analyse du risque global.

CONCLUSION

L'évaluation de la qualité des hydrosystèmes, bornée durant des décennies aux seuls paramètres physico-chimiques puis biologiques, s'est progressivement étendue à l'évaluation de la composante hydromorphologique. Le suivi diachronique des deux premières composantes avait en effet montré qu'en dépit d'améliorations notables de la qualité physico-chimique des cours d'eau, la réponse biologique ne suivait pas nécessairement la même trajectoire d'amélioration. Il a ainsi été démontré que la qualité physique des hydrosystèmes avait une influence majeure sur la réponse des communautés aquatiques, d'où la nécessité de mieux caractériser cette composante à travers la mise en place d'outils dédiés. Les premières méthodes d'évaluation, faisant abondamment appel aux « dires d'experts » et foncièrement différentes d'un territoire géographique à l'autre, ont laissé place à des outils plus objectifs et standardisés, notamment suite aux différences observées lors de l'état des lieux DCE réalisé en 2004. SYRAH a ainsi été développé à partir de 2006 en vue de la mise à jour de l'état des lieux qui doit être achevée pour 2013.

Définissant un niveau de risque d'altération de différents descripteurs hydromorphologiques, l'outil SYRAH se base sur l'analyse de l'occupation des sols, et les aménagements et usages qui en découlent, pour établir son diagnostic. Toutefois, la configuration des données brutes SYRAH diffusées au printemps 2012, ne permet pas en l'état de diagnostiquer un risque d'altération global des masses d'eau, échelle retenue par la DCE pour l'état des lieux. Un important travail, entrepris au niveau d'un groupe de travail national, a été mené, afin de pallier ce manque et de proposer une méthodologie adaptée. La mise en place de règles d'agrégation des paramètres SYRAH, la sélection d'outils extérieurs à SYRAH et différents seuillages ont ainsi permis de dresser un diagnostic hydromorphologique à l'échelle de la masse d'eau compatible avec le rendu attendu pour l'état des lieux. La Délégation Régionale Rhône-Alpes de l'ONEMA, coordinatrice sur le bassin RM&C, a ainsi été fortement impliquée pour préparer la prise en compte de SYRAH sur l'intégralité du bassin RM&C, en collaboration avec l'agence de l'eau.

Les premiers résultats du diagnostic, amenés à être remaniés après une première phase d'expertise actuellement en cours, indiquent un état de dégradation notable de l'hydromorphologie des cours d'eau sur le bassin RM&C. L'outil SYRAH identifie ainsi 38% des masses d'eau du bassin RM&C comme étant en risque d'altération hydromorphologique. Les dégradations de l'hydromorphologie diagnostiquées apparaissent variables d'un territoire géographique à l'autre. Ainsi, la Corse et les Alpes du Sud se démarquent du reste du bassin par une majorité de masse d'eau pour lesquelles SYRAH conclut à une absence de risque. Les cours d'eau de la vallée du Rhône largement aménagés, du bassin versant de la Saône caractérisé par une activité agricole importante ou encore les fleuves côtiers méditerranéens, apparaissent assez logiquement comme les plus altérés d'un point de vue hydromorphologique.

A l'échelle du bassin RM&C, la morphologie et la continuité sont d'après SYRAH les principales sources d'altération de l'hydromorphologie des masses d'eau. La composante « hydrologie », pour laquelle 8% seulement des masses sont identifiées en risque, apparaît assez mal caractérisée par















SYRAH notamment en raison de l'absence de prise en compte d'éclusées ou de dérivations en cours d'eau. Si le pourcentage de masses d'eau en risque est comparable avec les résultats de précédentes évaluations (42 % en 2009-2010), le diagnostic SYRAH s'écarte largement de ces précédentes évaluations au regard des pourcentages de masses d'eau en risque pour les trois éléments de qualité définis par la DCE.


















La réponse de l'ichtyofaune au diagnostic SYRAH, évaluée par l'intermédiaire de l'Indice Poisson Rivière, a été testée statistiquement. Après avoir exclu les masses d'eau en mauvaise état physico-chimique, afin de ne pas interférer sur la réponse biologique, les premiers résultats ont montré une absence de réponse significative de l'IPR au diagnostic SYRAH. En d'autres termes, que les masses d'eau soient en risque hydromorphologique ou non, les scores de l'IPR sont compris dans la même gamme de valeur même si une tendance indique une très légère augmentation de l'IPR pour les masses d'eau à risque. L'absence de réponse significative de l'IPR peut s'expliquer de différentes manières : échelles différentes d'évaluation de la biologie et de l'hydromorphologie, règles d'agrégations et pondérations utilisées dans SYRAH, fiabilité de l'IPR moindre dans certains contextes hydrogéographiques, etc.

Les caractéristiques hydrogéographiques semblent avoir une influence significative sur la réponse de l'IPR à SYRAH. Sur les masses d'eau de l'arc alpin (HER2 et HER5), les résultats de l'IPR semblent en effet nettement plus corrélés au diagnostic SYRAH en comparaison des résultats enregistrés pour d'autres contextes hydrogéographiques. Les causes typologiques explicitant cette tendance devront être précisément identifiées à l'avenir. Les retours de la première phase d'expertise devraient en tout cas apporter des éléments supplémentaires.

La suite du travail consistera à tester la réponse d'autres indices biologiques au diagnostic SYRAH. Les premiers résultats acquis montrent une meilleure corrélation de l'IBGN et de l'IBD, il conviendra d'en expliquer la cause.

BIBLIOGRAPHIE

-  **ADAM P., DEBIAIS N., MALAVOI J.R.**, 2007. *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau*. Agence de l'eau Seine-Normandie. 64 p.
-  **AESN**, 2008. *L'hydromorphologie : qu'est-ce-que c'est ?*. Séminaire animateurs territoriaux, Saint-Agnan (24 juin 2008). Support de présentation.
-  **ANDRIAMAHEFA H.**, 2011. *Système relationnel d'Audit Hydromorphologique (SYRAH)*. Support de présentation. Université de Tours, AESN.
-  **BAUDOIN J.M., KREUTZENBERGER K.**, 2012. *Indicateur de fragmentation théorique des milieux aquatiques SYRAH compatible : contexte, méthodologie et descriptif du contenu - version 4.2*. ONEMA. 14 p.
-  **BRUNKE M. & GONSER T.**, 1997. *The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater*. Limnological Research Centre, Department of Limnology, EAWAC, 6047 Kastanienbaum, Switzerland. *Freshwater Biology* 37, 1-33.
-  **CHANDESRIIS & al**, 2008. *SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau : principes et méthodes*. CEMAGREF. 81 p.
-  **CHAPMAN D.W.**, 1988. *Critical review of variables used to define effects of fines in redds of large salmonids*. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 117, 1-21.
-  **DASSONVILLE C.**, 2010. *Valorisation des fonctions écologiques liées à l'amélioration morphologique des cours d'eau*. Agro Paris Tech, CEMAGREF. 32 p.
-  **DEFOURS A.**, 2012. *Effacement d'ouvrages en France, situation juridique, effets écologiques et sociaux*. Université François Rabelais de Tours. 58 p.
-  **DEFOURS A., ROSET N., TERRIER B.**, 2012. *Note pour l'exploitation des données SYRAH dans le cadre de l'EDL 2013 sur le bassin RM&C*. ONEMA et Agence de l'Eau RM&C. 26 p.
-  **FORST C.**, 2010. *La restauration des cours d'eau, recueil d'expériences sur l'hydromorphologie - Partie III : des étapes et des outils, les outils de connaissance de l'hydromorphologie des cours d'eau français*. ONEMA, Agences de l'eau, MEEDM. p14-18.
-  **GAYRAUD S., HEROUIN E., PHILIPPE M.**, 2002. *Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : revue bibliographique des mécanismes et des conséquences sur les habitats et les peuplements de macroinvertébrés*. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 365/366 : 339-355. CEMAGREF/CNRS.
-  **GONTIER B.**, 2007. *Etude piscicole et astacicole, contrat de Rivières Brévenne - Turdine*. Bureau d'études GREBE Eau - Sol - Environnement.
-  **HAERTEL-BORER S.**, 2008. *L'effet d'éclusées : l'impact du fonctionnement par éclusées des centrales hydroélectriques sur la faune et la flore aquatiques*. Bureau Suisse de Conseil pour la Pêche (FIBER).

-  **HUGER F.**, 2011. *La continuité écologique des cours d'eau : pourquoi la préserver et comment la restaurer?*. Support de présentation. ONEMA.
-  **LANE E.W.**, 1955. *The Importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering*. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Hydraulics Division 81, paper n° 745.
-  **LEONARD A., ZEGEL P., KREUTZENBERGER K.**, 2011. *Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement, descriptif de contenu, version 3.0*. ONEMA.
-  **MALAVOI J.R.**, 1989. *Typologie des faciès d'écoulement ou unités morphodynamiques des cours d'eau à haute énergie*. Bull. Fr. Pêche Piscic., 315, 189-210.
-  **MALAVOI J.R.**, 2003. *Stratégie d'intervention de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne sur les seuils en rivière*. Agence de l'Eau Loire-Bretagne. 135 p.
-  **MALAVOI J.R.**, 2009. *Ouvrages transversaux sur les cours d'eau, impacts hydromorphologiques et écologiques et principes de restauration globale*. ASTEE. 15 p.
-  **MALAVOI J.R. & BRAVARD J.P.**, 2010. *Eléments d'hydromorphologie fluviale*. ONEMA. 224 p.
-  **MALAVOI J.R., GARNIER C.C., LONDON N., RECKING A., BARAN P.**, 2011. *Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière*. ONEMA. 216 p.
-  **MEDDTL**, 2010. *Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement - Version consolidée au 12 août 2011*. JORF n°0046 du 24 février 2010 page 3429 texte n° 9.
-  **MOY J.**, 2011. *SYRAH-CE et l'actualisation du risque dans la mise à jour de l'état des lieux*. MEDDTL. Support de présentation.
-  **MOY J.**, 2012. *Compte rendu du GTN hydromorphologie des cours d'eau du 8 juin 2012*. Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie. 10 p.
-  **ONEMA**, 2011. *Rapport d'activité et de performance de l'ONEMA 2010*. 122 p.
-  **PIEGAY H., BELLETTI B., LIEBAULT F.**, 2010. *Typologie des rivières en tresses sur RMC*. Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR). 105 p.
-  **PIFFADY J.**, 2011. *Introduction aux réseaux bayésiens et application au projet SYRAH-CE*. Support de présentation. IRSTEA.
-  **SCHUMM S.A.**, 1977. *The fluvial system*. The Blackburn Press (1 juin 2003). 360 p.
-  **VALETTE & al**, 2008. *SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau : principes et méthodes de la sectorisation hydromorphologique*. CEMAGREF. 27 p.
-  **WASSON J.G. & al**, 1998. *Impacts écologiques de la chenalisation des rivières*. CEMAGREF Editions. Collection Etudes CEMAGREF, série gestion des milieux aquatiques n°14.