

Etude des impacts de l'étagement des cours d'eau sur les peuplements piscicoles en Bretagne et Pays de la Loire

Maître de stage :

Thibault VIGNERON

Correspondant universitaire :

Bertrand LE ROUZIC

Jury

Président :

Françoise ROZE

Examineur :

Mélanie DAVRANCHE

Rapporteur :

Jacques HAURY

Remerciements

En préface de cette étude, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé à sa réalisation et que j'ai eu le plaisir de côtoyer tout au long de ces six mois de stage. Cette page est dédiée :

- à Thibault, chef de l'unité connaissance et initiateur du stage, pour son encadrement et sa persévérance dans ce projet
- à Pierre-Marie, Olivier et José qui m'ont chaleureusement accueilli dans leur unité
- à Alix pour sa précieuse collaboration en ce qui concerne l'appui aux politiques de l'eau
- aux collègues de la DiR2 avec qui se fut une joie de travailler tous les jours
- à tous les collègues des services départementaux et plus particulièrement René, jeune retraité !
- à MM. Souchon, Chandesris, Valette et Salgues du pôle ONEMA-Cemagref de Lyon pour leur collaboration, bon courage à Damien pour la suite de son étude
- à Pierre Steinbach et la DiR4 qui ont également contribué
- à M. Le Rouzic, qui a suivi d'un œil pédagogique l'avancée de ce stage
- plus généralement à l'ONEMA, à l'université de Rennes 1 et à M^{me} Rozé, responsable du Master GHBV

MERCI A TOUS !

Présentation de la structure d'accueil

Office national de l'eau et des milieux aquatiques

L'office national de l'eau et des milieux aquatiques est un établissement public à caractère administratif sous la tutelle du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer. L'ONEMA a été créé suite à la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 et son décret d'application du 25 mars 2007 sur les bases de l'ancien Conseil Supérieur de la Pêche (CSP). L'ONEMA est l'organisme technique français de référence sur la connaissance et la surveillance de l'état des eaux et sur le fonctionnement écologique des milieux aquatiques. La vocation de cet établissement est de favoriser une gestion globale et durable de la ressource en eau et des écosystèmes aquatiques. Cette structure est organisée sur 3 niveaux. Le niveau national est constitué de trois directions :

- la direction de l'action scientifique et technique
- la direction de l'information sur l'eau
- la direction du contrôle des usages et de l'action territoriale

L'ONEMA s'appuie sur neuf délégations interrégionales (DiR). Ces délégations organisent le recueil et la valorisation des données sur l'état des milieux et des espèces. Elles apportent également leur appui aux services de l'Etat et aux gestionnaires de l'eau. Elles vont aussi encadrer et animer au plan technique et réglementaire l'activité de contrôle et de police exercée par les services départementaux. Ces services départementaux forment le troisième niveau d'organisation de l'ONEMA.

Délégation interrégional de Bretagne et des Pays de la Loire

La DiR2 gère les régions de Bretagne et des Pays de la Loire regroupant ainsi 9 services départementaux : les SD22, SD29, SD35 et SD56 pour la Bretagne, les SD44, SD49, SD53, SD72 et SD85 pour les Pays de la Loire. Les locaux de cette délégation interrégionale sont basés à Cesson-Sévigné au 84 rue de Rennes. Une vingtaine de personnes travaillent actuellement dans cette structure dirigée par M^{me} Guichoux-Clément. Le secrétariat est assuré par M^{mes} Garnier, Ménard et Provost. Quatre unités sont représentées à la délégation :

- l'unité d'appui aux politiques de l'eau (UAPE) constituée de MM. Nihouarn et Bidal ainsi que de M^{mes} Arago, De Wavrechin (remplacée par M^{me} Mitouard), Hamel, Juillet (remplacée par M^{me} Palatinus) et Thieux
- l'unité connaissance constituée de MM. Vigneron, Berdayes, Blavec, Chapon et Ledouble
- l'unité contrôle des usages constituée de M. Bossard
- la direction de la connaissance et de l'information sur l'eau représentée à la DiR2 par MM. Baglinière, Porcher et Normand.

Sommaire

Introduction	1
1. Matériels et méthodes.....	3
1.1. Présentation du contexte régional	3
1.1.1. Généralités.....	3
1.1.2. Hydroécorégions et masses d'eau	3
1.2. Présentation de la méthodologie	5
1.2.1. Situation géographique des données utilisées	5
1.2.2. Caractéristiques de l'échantillon	6
1.2.3. Mesurer la mise en bief : le taux d'étagement	6
1.2.4. Mesurer l'impact sur les peuplements piscicoles : l'indice poisson rivière.....	8
1.2.5. Définition et caractérisation du linéaire échantillonné.....	9
1.2.6. Outils cartographiques.....	10
1.2.7. Outils statistiques et hypothèses de travail testées	11
2. Résultats	12
2.1. Analyse des données biotiques et abiotiques	12
2.1.1. Caractérisation de l'étagement dans l'échantillon de stations	12
2.1.2. Détermination des principaux types de perturbations affectant l'IPR	12
2.2. Poids de la perturbation « étagement » sur les peuplements piscicoles	14
2.3. Evolution de l'état des peuplements piscicoles selon l'intensité d'étagement.....	16
2.4. Taux d'étagement : applications pour les SAGE	18
2.5. Perspectives d'évolution : programme des travaux de restauration pour 2011.....	20
3. Discussion	22
3.1. Contextualisation : discussion sur la méthodologie	22
3.2. Impacts de l'étagement sur les peuplements piscicoles : discussion sur les résultats...	23
3.3. Appui technique aux politiques de restauration : discussion sur la définition d'une valeur seuil de taux d'étagement	23
Conclusion.....	25
Bibliographie.....	26
Annexes.....	29

Table des matières

Carte 1. Découpage du territoire étudié en hydroécocorégion de niveaux 1 et 2, ©ign - ©cemagref	4
Carte 2. Représentation de l'état écologique des peuplements piscicoles étudiés, ©ign - ©onema	5
Figure 1. Schéma synthétique de profil en long d'un cours d'eau étagé, ©Malavoi.....	7
Figure 2. Liste des métriques prises en compte dans le calcul de l'IPR, ©onema	8
Figure 3. Evolution de l'IPR et du NER du lot « Entier » en fonction des classes d'étagements (BE = bon état, NABE = non atteinte du bon état)	16
Figure 4. Evolution de l'IPR et du NER des lots « Ouest » et « Est » en fonction des classes d'étagement (BE = bon état, NABE = non atteinte du bon état).....	17
Figure 5. Représentations graphiques de l'état poisson (BE = bon état, NABE = non atteinte du bon état) des cours d'eau selon l'étagement, lot entier	18
Figure 6. Représentations graphiques de l'état poisson (BE = bon état, NABE = non atteinte du bon état) des cours d'eau selon l'étagement, lots « Ouest » et « Est ».....	19
Tableau 1. Distribution des stations par rapport à l'étagement et au système de tronçonnage	12
Tableau 2. Résultats d'une analyse General Linear Model (GLM), paramétrée en stepwise/forward ; variable dépendante : IPR et variables indépendantes : métriques.....	13
Tableau 3. Résultats d'une GLM (stepwise, forward) en fonction du système de tronçonnage ; variables dépendantes : IPR, NER et variable indépendante : étagement	14
Tableau 4. Tableau prévisionnel de l'atteinte du bon état des peuplements piscicoles après les effacements d'ouvrages de 2011	21

Introduction

L'objectif d'atteinte du bon état écologique des eaux par la directive cadre sur l'eau (directive 2000/60/CE) contraint les Etats membres européens à mesurer et corriger les impacts des perturbations anthropiques lorsque celles-ci empêchent manifestement la réalisation de cet objectif. Or il existe deux grands types d'ouvrages anthropiques transversaux sur les cours d'eau : les barrages et les seuils. Les premiers entravent le lit majeur alors que les seconds n'entravent que le lit mineur. Barrage ou seuil, la bibliographie générale leur impute les mêmes impacts sur les peuplements piscicoles.

Les ressources bibliographiques font état de nombreuses études sur les problèmes de continuité alors que les modifications radicales hydromorphologiques engendrées par les seuils sont assez peu documentées. Il s'avère pourtant que les changements liés à la rupture de pente ont plus d'impacts sur l'état écologique que l'entrave à la libre circulation des poissons et de l'eau (Cumming, 2004). Quinn & Kwak en 2003 puis Gillette *et al.* en 2005 montrent que les seuils ont une grande influence sur les peuplements piscicoles. En France, les travaux de Jean-René Malavoi « Stratégie d'intervention de l'agence de l'eau sur les seuils en rivière », publiés en 2003 pour l'agence de l'eau Loire-Bretagne, font référence dans ce domaine. Cette publication définit comme impacts principaux des ouvrages :

- l'eutrophisation
- l'érosion régressive et le colmatage lié au blocage du transit sédimentaire
- les modifications des régimes des débits
- les retards ou blocages de migration des poissons
- **les modifications des habitats et des biocénoses aquatiques**
- les influences sur le niveau piézométrique des nappes d'accompagnement

Les différents effets connus sont par la suite catégorisés dans 3 groupes : effets « flux », effets « retenue » et effets « point dur ». Les effets « retenue », qui sont au centre de cette étude, sont la cause :

- de l'homogénéisation des habitats
- de l'arrêt des processus d'érosion latérale
- de l'altération de l'équilibre du débit solide/liquide
- de l'augmentation de la profondeur
- de la réduction de vitesse en amont

- de l'augmentation de la température
- de la diminution de l'oxygène dissous
- du colmatage par sédimentation des particules fines
- **du développement d'espèces limnophiles, introduites ou invasives au détriment des espèces rhéophiles**
- **de la diminution de la diversité et de la biomasse**

Depuis quelques années, il est constaté une perte de 30 à 50% de la biomasse piscicole dans les cours d'eau (Fischnetz, 2004). L'étagement des cours d'eau en est un des facteurs. Cet effet « retenue » est un des impacts majeurs dont les peuplements piscicoles souffrent.

La synthèse des données du réseau de contrôle de surveillance (Unité connaissance et information sur l'eau, DiR2 de l'ONEMA, 2007-2008) montre que cette problématique d'étagement des cours d'eau est particulièrement présente sur la région avec toutefois une disparité entre la Bretagne et les Pays de la Loire. Il a été mis en évidence que les espèces rhéophiles sont particulièrement menacées par les barrages sur le bassin Loire-Bretagne (Pesme & Richard, 2000). Conscient de l'importance de cette perturbation, le SDAGE Loire-Bretagne prévoit dans son élaboration une réduction de l'impact des seuils. Il y a donc une forte demande de la part des SAGE qui doivent se définir un objectif de taux d'étagement et mettre en œuvre des travaux de restauration. C'est pour répondre à ces constats et besoins que cette étude vise à :

- préciser et objectiver le poids de cette perturbation par rapport à l'état écologique du point de vue du peuplement piscicole
- étudier l'évolution de l'impact sur les peuplements en fonction de l'intensité de l'étagement
- apporter des éléments techniques permettant de définir un seuil à partir duquel l'impact écologique devient significatif et compromet l'atteinte du bon état écologique afin de guider et prioriser les actions de restauration.

En 2001, un premier document de Vigneron & Oberdorff mettant en évidence une très nette corrélation négative entre la réduction de pente et l'indice poisson sur les systèmes potamiques du bassin de la Loire préfigurait déjà cette étude...

1. Matériels et méthodes

1.1. Présentation du contexte régional

1.1.1. Généralités

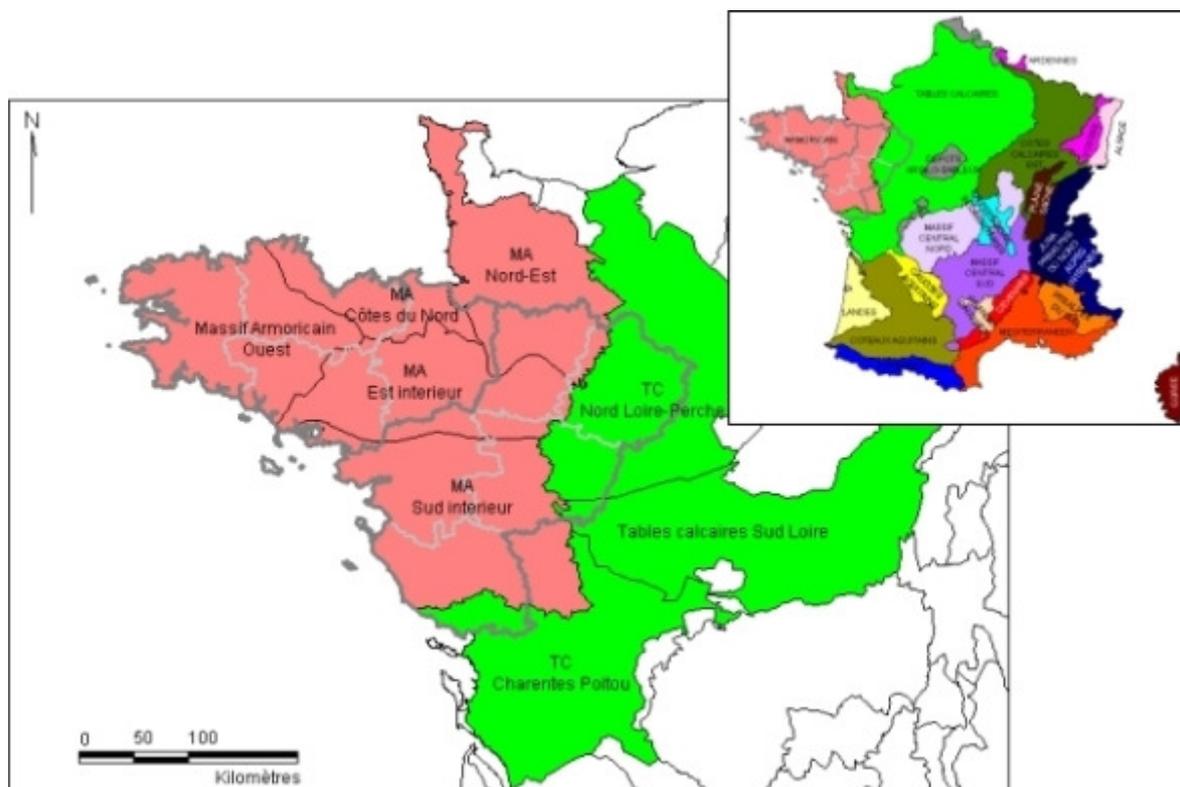
Cette étude se déroule sur le territoire de la DiR2 de l'ONEMA dans l'Ouest de la France. Ce territoire géographique inclut les régions administratives de la Bretagne et des Pays de la Loire. La Bretagne a une superficie d'environ 27000 km² partagée sur quatre départements : les Côtes d'Armor (22), le Finistère (29), l'Ille et Vilaine (35) et le Morbihan (56). Les Pays de la Loire sont plus grands avec une superficie d'environ 32000 km² répartie sur cinq départements : la Loire-Atlantique (44), le Maine et Loire (49), la Mayenne (53), la Sarthe (72) et la Vendée (85). Ces deux régions sont soumises à un climat tempéré océanique caractérisé par des hivers doux et pluvieux et des étés relativement frais et humides. Le maximum de précipitation a toutefois lieu durant la saison froide.

1.1.2. Hydroécorégions et masses d'eau

Afin d'appliquer la DCE, la France a choisi comme système de typologie des masses d'eau, le concept géographique de régionalisation par « hydroécorégions ». Ce concept est développé par le Cemagref sur la base de critères de similarités géologiques, topographiques et climatiques. Il existe deux niveaux de découpage en hydroécorégions : her1 et her2 (carte 1). Le premier niveau divise la France en 22 entités. L'une de ces entités, le Massif Armoricaire constitue majoritairement le territoire géographique de l'étude. Toutefois, une frange se distingue en marge des Pays de la Loire, elle appartient à l'hydroécorégion des « Tables Calcaires ». Le deuxième niveau divise la France en 112 entités dont cinq concernent le Massif Armoricaire :

- le Massif Armoricaire Ouest et Nord, caractérisé par une géologie de type granitique, une faible altitude (<400m) avec des vallées à pente moyenne et une pluviométrie très abondante et régulière (900 à 1400mm).
- le Massif Armoricaire Est, Nord-Est et Sud, caractérisé par une géologie de type métamorphique (schiste, grès), une altitude inférieure à 100m avec des fonds de vallées larges à faible pente et une pluviométrie nettement plus faible (environ 700mm).

Les Tables Calcaires ont des caractéristiques très proches du Massif Armoricain Est et Sud (relief aplani, faibles pentes) excepté pour le type géologique qui est de nature sédimentaire.



Carte 1. Découpage du territoire étudié en hydroécocorégion de niveaux 1 et 2, ©ign - ©cemagref

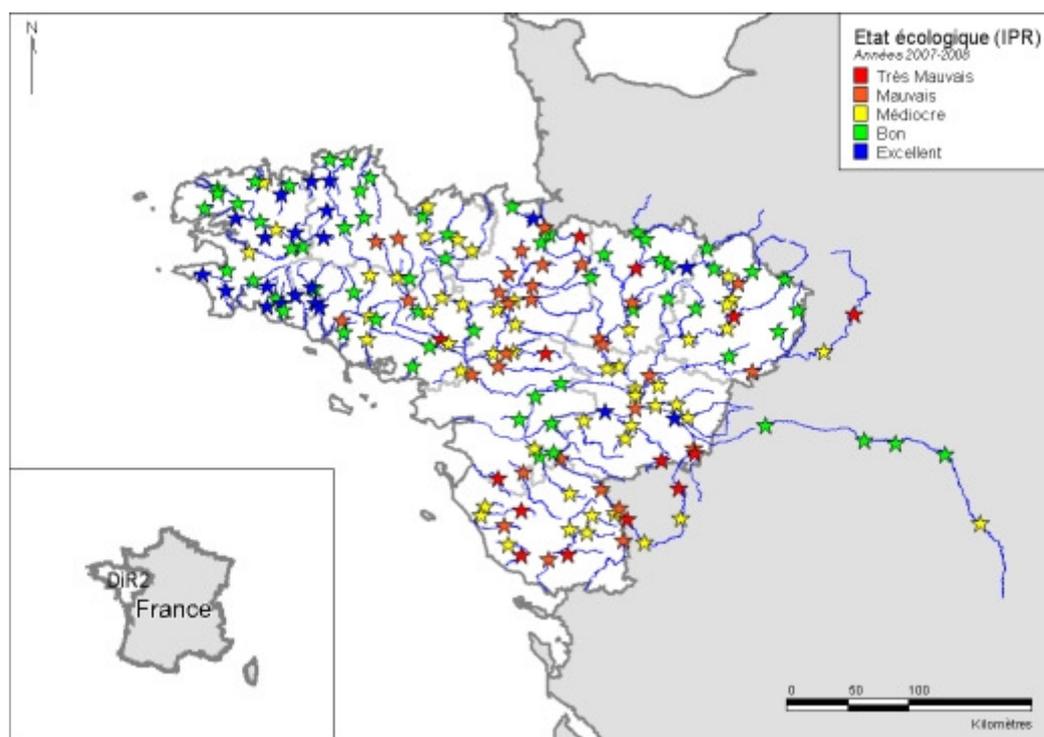
Les hydroécocorégions « MA Ouest » et « MA Côte du Nord » sont caractérisées par des cours d'eau côtiers à petit bassin versant, sur socle granitique, bien arrosés et globalement en bon état écologique. Ces cours d'eau à pente moyenne sillonnent un relief collinaire. Ils sont classés dans la typologie de Verneaux (1976, 1977) comme étant principalement de types salmonicoles (B3 à B6). Toutefois les parties aval des plus grands fleuves sont soumises à un étagement important pouvant atteindre jusqu'à 100%. Ces cours d'eau, ayant des caractéristiques proches, sont regroupés pour la suite de l'étude dans le lot « Ouest ».

Les hydroécocorégions « MA Est intérieur », « MA Nord-Est » et « MA Sud intérieur » sont caractérisées par des cours d'eau à pente faible, sur lit schisteux et gréseux, moins arrosés et ayant une faible réserve d'étiage. Ces cours d'eau sont de typologie intermédiaire (B4 à B8). Certaines portions salmonicoles sont recensées mais restent courtes et fragiles. Les pressions agricoles sont beaucoup plus importantes dans cette hydroécocorégion et la mise en bief y est plus fréquente. Les cours d'eau de ces trois hydroécocorégions sont regroupés dans le lot « Est » ainsi que les cours d'eau des Tables Calcaires dont les peuplements piscicoles sont similaires.

1.2. Présentation de la méthodologie

1.2.1. Situation géographique des données utilisées

Cette étude s'appuie sur l'analyse des données biologiques poissons du Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) mis en place pour la DCE. Tous les deux ans, les stations sont pêchées par les soins de l'ONEMA, au rythme de 50 % du réseau chaque année, afin de déterminer un diagnostic écologique basé sur l'indice poisson rivière (IPR). La DiR2 compte un total de 165 stations dont 88 en Bretagne et 77 en Pays de la Loire. A cet échantillon, s'ajoute une douzaine de stations de la délégation interrégionale Centre et Poitou-Charentes (DiR4) pour des rivières parcourant ces deux territoires : le Cher, le Loir, la Sèvre nantaise et le Thouet. La carte 2 ci-dessous illustre l'emplacement de ces stations ainsi que l'état écologique de l'indice poisson en 2007-2008. Des informations complémentaires sur ces stations sont disponibles en annexe 1.



Carte 2. Représentation de l'état écologique des peuplements piscicoles étudiés, ©ign - ©onema

1.2.2. Caractéristiques de l'échantillon

La synthèse régionale des données RCS 2007-2008 analyse la représentativité de l'échantillon RCS par rapport à l'optimisation des coûts et moyens. Le taux d'échantillonnage pour les petits cours d'eau est très faible (une station pour plusieurs milliers de km pour les rangs 1 ; une station pour plusieurs centaines de km pour les rangs 2 – Ordre de Strahler). Les cours d'eau moyens (rangs 3, 4 et 5) sont mieux échantillonnés avec une station pour moins de 100km et les grands systèmes sont considérés comme correctement échantillonnés avec une station pour 50km de cours d'eau. En plus d'être sous-échantillonnés, ces petits cours d'eau de tête de bassin versant ne sont pas ou très peu concernés par cette problématique d'étagement et réagissent à d'autres types de perturbations (travaux hydrauliques, étangs...). Pour ces différentes raisons, une sélection est effectuée sur les stations afin de ne retenir que celles dont la largeur est supérieure ou égale à 5m. Au terme de cette sélection, le lot complet est constitué de 127 stations (116 DiR2 et 11 DiR4) réparties de la manière suivante : 37 stations pour le lot « Ouest » (DiR2) et 90 stations pour le lot « Est » (DiR2 + DiR4).

1.2.3. Mesurer la mise en bief : le taux d'étagement

La création d'un barrage ou d'un seuil provoque l'ennoisement d'une zone en amont de l'ouvrage nommée « remous ». Le remous perturbe notamment l'alternance naturelle radier-mouille des cours d'eau allant même jusqu'à supprimer les radiers en transformant la partie amont en milieu lentique : c'est l'effet « retenue ». Il existe au moins deux méthodologies pour mesurer cet effet « retenue ». Une étude, réalisée aux USA (Wang *et al.*, 2010), s'est orientée vers une technique prenant en compte le linéaire résiduel d'écoulement naturel entre deux ouvrages. Le SDAGE Loire-Bretagne a opté pour la notion de taux d'étagement qui mesure la proportion du dénivelé naturel réduit par les ouvrages. Comme le montre la figure 1, il s'agit du rapport des hauteurs de chute cumulées des ouvrages sur le dénivelé naturel. Pour plus de facilité, ce taux est exprimé en pourcentage.

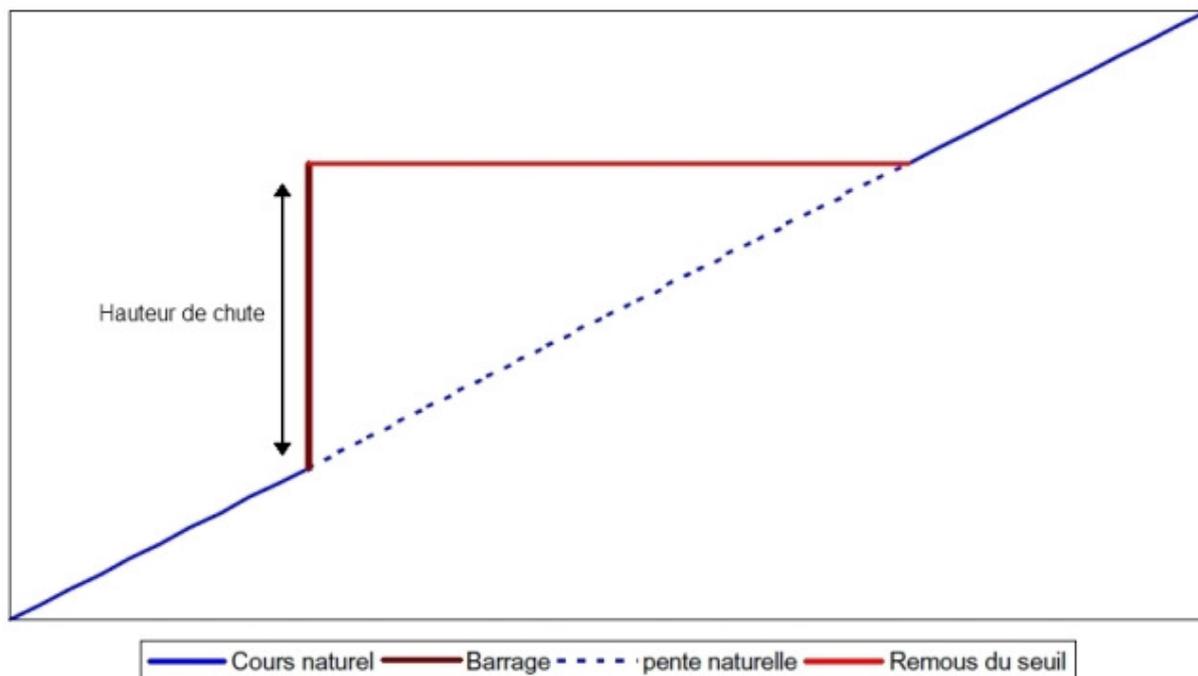


Figure 1. Schéma synthétique de profil en long d'un cours d'eau étagé, ©Malavoi

Le taux d'étagement est un indicateur simple du niveau d'aménagement (anthropisation) d'un cours d'eau et les données de hauteur de chute existent déjà pour beaucoup d'ouvrages. En effet, il existe à ce jour deux outils en France dont un champ renseigne la hauteur de chute : Geobs et ROE. Geobs est un outil de géolocalisation des ouvrages, ce projet est aujourd'hui abandonné au profit d'une base de données : ROE. Geobs est plus complet en ce qui concerne les ouvrages de la région Bretagne, cet outil est donc privilégié pour les départements 22, 29, 35 et 56. Concernant le projet ROE, une première version est sortie au cours de cette étude (mai 2010). Toutes les hauteurs de chutes ne sont pas encore renseignées dans cette version, un recours auprès des agents de terrains de l'ONEMA a été nécessaire pour les données manquantes. Sur le territoire étudié, ce sont les seuils qui sont le plus représentés : ils constituent les trois-quarts des ouvrages.

1.2.4. Mesurer l'impact sur les peuplements piscicoles : l'indice poisson rivière

L'outil IPR, développé par l'ONEMA (Oberdorff *et al.*, 2002) puis normalisé (NF T90-344), est utilisé pour caractériser l'état des peuplements de poissons dans cette étude. La démarche de l'IPR consiste à mesurer l'écart entre la composition du peuplement sur une station donnée, observée à partir d'un protocole d'échantillonnage par pêche électrique, et la composition du peuplement théorique (attendue en situation de référence). L'IPR est dérivé des outils multiparamétriques développés aux Etats-Unis. Sept métriques (figure 2), illustrant différentes caractéristiques des peuplements, sont prises en compte pour obtenir la note de l'indice. Cinq classes de qualité ont été définies en fonction des notes d'IPR ou de métriques. L'atteinte du bon état écologique (BE) correspond aux classes de qualité « Excellente » et « Bonne ». Le bon état écologique est, en revanche, non atteint (NABE) lorsque les classes de qualité sont « Médiocre », « Mauvaise » ou « Très mauvaise ».

Liste des métriques intervenant dans le calcul de l'IPR		
Métrique	Abréviation	Réponse à l'augmentation des pressions humaines
Nombre total d'espèces	NTE	↔ ou ↗
Nombre d'espèces rhéophiles	NER	↗
Nombre d'espèces lithophiles	NEL	↗
Densité d'individus tolérants	DIT	↔
Densité d'individus invertivores	DII	↗
Densité d'individus omnivores	DIO	↗
Densité totale d'individus	DTI	↔ ou ↗

Figure 2. Liste des métriques prises en compte dans le calcul de l'IPR, ©onema

Les métriques expriment des caractéristiques fonctionnelles du peuplement et de l'écosystème aquatique. Le nombre d'espèces rhéophiles et lithophiles témoignent de la qualité de l'habitat mais plus particulièrement de l'état des habitats courants et de leur substratum. Le nombre total d'espèces et la densité totale d'individus sont plutôt sensibles à la diversité des habitats et à la qualité de l'eau et à la diversité des habitats. Les densités d'individus tolérants,

invertivores et omnivores traduisent l'équilibre trophique et les altérations de qualité d'eau. Le détail de la contribution des différentes espèces pour chaque métrique est fourni en annexe 2.

L'indice poisson rivière traduit un état global mais les métriques vont permettre d'identifier les principaux types de perturbations pour les poissons. Parmi ces métriques, le nombre d'espèces rhéophiles est particulièrement bien adapté pour mesurer l'impact de la mise en bief des cours d'eau. Les espèces rhéophiles sont dépendantes des zones courantes, tels les radiers. Or, un des effets direct de l'étagement des cours d'eau est la suppression des radiers en amont de l'ouvrage. D'autres effets, en aval de certains ouvrages, peuvent également nuire à ces espèces : réduction du débit d'étiage, fonctionnement par éclusée...

1.2.5. Définition et caractérisation du linéaire échantillonné

L'IPR est calculé à partir d'un échantillon relevé à la station. Il reflète l'état de la masse d'eau. Cependant, l'effet station joue un rôle important dans l'étude de l'étagement et l'emprise de cette perturbation doit dicter la définition d'un tronçon représentatif de la station. Ce système de tronçonnage doit être cohérent avec le domaine vital (home-range) des poissons échantillonnés sur la station (Lévêque, 1995 ; Ovidio *et al.*, 1999/2005/2007 ; Geeraerts *et al.*, 2007) mais aussi avec un paramètre important pour la définition du taux d'étagement : la pente, qui doit être homogène sur la longueur du tronçon. En considérant le contexte de pente et le contexte de fonctionnement piscicole des stations, il a été retenu le découpage suivant :

- Si la largeur du cours d'eau est inférieure à 50m, le tronçon est de deux cents fois la largeur, soit 1km pour une rivière large de 5m.
- Si la largeur du cours d'eau est supérieure à 50m, le tronçon est de cent fois la largeur, soit 6km pour une rivière large de 60m.

La station est localisée au milieu du tronçon. Ce système est basé sur la définition des tronçons servant à l'inventaire par pêche électrique des stations et correspond à dix fois leur longueur. Le rapport avec la largeur du cours d'eau permet de s'adapter à la variabilité de la pente qui diminue vers l'aval (permettant des tronçons plus grands) en même temps que la largeur augmente. Ce dimensionnement permet également d'intégrer le pas d'alternances radier – mouille, paramètre crucial de cette étude. Une attention particulière est portée sur les stations présentant de grosses discontinuités de pente afin d'éviter les biais. Ce tronçonnage

est nommé « SCAN25 » dans la suite de cette étude. Un autre système de tronçonnage mis en place par le Cemagref dans le projet SYRAH (SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie), est utilisé parallèlement. Le pôle ONEMA-Cemagref de Lyon réalisant une étude similaire (Salgues, en cours) à plus large échelle (France entière), il est nécessaire d'utiliser un système de tronçonnage commun afin de garder une certaine compatibilité entre les études. Leur découpage est principalement basé sur l'hydrologie (ordination de Strahler), le fond de vallée alluviale (largeur, pente, forme) et la nature du substratum géologique (Valette *et al.*, 2008). Ces tronçons n'ont pas été initialement conçus pour des études à échelle « locale », c'est pourquoi les deux sont utilisés afin de comprendre les limites de chaque système. Il est à préciser que les analyses présentées dans cette étude sont réalisées par défaut avec le système de tronçonnage « SCAN25 » sauf mention spéciale.

1.2.6. Outils cartographiques

Les différentes données étant géoréférencées, le logiciel de système d'information géographique utilisé pour la réalisation de cette étude est MapInfo Professional version 9.5.1.

Les différentes couches / bases de données utilisées sont :

- SCAN25® de l'IGN pour le fond de carte
- BD CARTHAGE® de l'IGN pour le réseau hydrographique
- GEOFLA® de l'IGN pour les limites administratives
- RCS de l'ONEMA pour les stations de pêche
- GEOBS et ROE de l'ONEMA pour les ouvrages
- SYRAH du Cemagref pour le deuxième système de tronçonnage

Les tronçons « SCAN25 » sont découpés « manuellement » à partir d'une copie de la couche BD CARTHAGE® en veillant à ce qu'ils répondent le mieux aux critères de la procédure définie précédemment. L'outil « Distance » permet de connaître la longueur d'un point à un autre avant de couper l'objet. Une comparaison avec des tronçons dessinés sur des profils en long (IGN - <http://ancien-geodesie.ign.fr/PR/>) disponibles pour certains cours d'eau ont permis de valider cette méthodologie. Les altitudes amont et aval de chaque tronçon sont relevées grâce au fond de carte SCAN25 (intersection avec un point de cote ou une courbe d'altitude) afin de déterminer le dénivelé. La longueur du tronçon est ensuite renseignée précisément dans la table attributaire par la fonction ObjectLen(obj, « km »). Concernant les tronçons « SYRAH », la manipulation est plus simple. En effet, ceux-ci ont déjà été créés, il suffit de les sélectionner en lançant une requête d'intersection entre les points de station et les

polylignes de cours d'eau. Concernant les ouvrages positionnés sur les tronçons, il est nécessaire de les vérifier, un par un, manuellement. En effet, la complexité ou le positionnement de certains ouvrages ne permet pas une automatisation du calcul de hauteur de chute cumulé pour chaque tronçon.

1.2.7. Outils statistiques et hypothèses de travail testées

Les différentes analyses statistiques sont réalisées avec le logiciel Systat (version 9). L'outil analytique utilisé est le GLM (General Linear Model) paramétré en mode stepwise/forward. Cet outil permet de quantifier la validité d'une relation de dépendance entre plusieurs variables grâce au coefficient de corrélation linéaire (R^2). Une valeur de « p » (p-value) inférieure à 0,05 indique que l'analyse est statistiquement significative. Les différentes hypothèses de travail testées et problématiques auxquels doivent répondre les résultats sont :

- l'échantillon reflète-t-il une réalité de problématique d'étagement des cours d'eau ?
- quelles sont les principales perturbations à l'échelle régionale ? (analyse de contexte)
- quel est le poids de la perturbation d'étagement sur les peuplements de poissons et prime-t-elle sur les autres perturbations ?
- comment évolue l'état des peuplements piscicoles en fonction de l'intensité de l'étagement ? (définition d'un seuil de dégradation)

2. Résultats

2.1. Analyse des données biotiques et abiotiques

2.1.1. Caractérisation de l'étagement dans l'échantillon de stations

En vue d'une meilleure interprétation, il est nécessaire de connaître la « structure » de l'échantillon par rapport à la problématique d'étagement. Plusieurs stations ayant un même taux d'étagement, des classes d'effectifs sont créées. Le tableau 1 présente les effectifs pour chaque classe d'étagement et lot de stations.

Tableau 1. Distribution des stations par rapport à l'étagement et au système de tronçonnage

		0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
SCAN25	Entier	44	15	13	17	38
	Ouest	22	7	4	2	2
	Est	22	8	9	15	36
SYRAH	Entier	38	19	18	18	34
	Ouest	22	7	3	3	2
	Est	16	12	15	15	32

Quelque soit le système de tronçonnage utilisé, la répartition des stations vis-à-vis du taux d'étagement est quasiment identique. Le choix du système de tronçonnage n'a que très peu d'impact sur l'échantillon pour cet aspect là malgré le fait que les tronçons SYRAH soient généralement de 3 à 5 fois plus grands. Sur le lot « Entier » il y a un nombre significatif de stations dans les différentes classes d'étagement. Les classes extrêmes (très peu étagées ou fortement étagées) sont mieux représentées en nombre de stations. Il apparaît que le lot « Ouest » est beaucoup moins impacté par cette perturbation que le lot « Est ». Environ un quart des stations du lot « Ouest » ont un étagement supérieur à 40% contre plus de la moitié pour le lot « Est ».

2.1.2. Détermination des principaux types de perturbations affectant l'IPR

Le caractère fonctionnel des métriques permet d'identifier les perturbations les plus dominantes dans le contexte étudié. Grâce à l'outil statistique General Linear Model (GLM), les relations de dépendance entre les métriques et l'IPR sont quantifiées par le coefficient de corrélation linéaire R^2 . Les métriques sont bien sûr liées à l'IPR par construction mais cette analyse est tout de même effectuée afin de déterminer dans le contexte local quelle est la

métrique qui dégrade le plus la note IPR, c'est-à-dire quel est le caractère fonctionnel de l'écosystème qui est le plus touché. Le tableau 2 regroupe les résultats d'analyses GLM avec pour variables indépendantes les métriques et pour variable dépendante l'IPR sur les différents lots. Les valeurs de « p » (p-value) sont toutes inférieures à 0,001 rendant les analyses statistiquement significatives.

Tableau 2. Résultats d'une analyse General Linear Model (GLM), paramétrée en stepwise/forward ; variable dépendante : IPR et variables indépendantes : métriques

Step	Lot	Métrique	R ²	Lot	Métrique	R ²	Lot	Métrique	R ²
#1	« Entier »	<i>NER</i>	0,513	« Ouest »	<i>DIO</i>	0,824	« Est »	<i>NER</i>	0,376
#2		<i>NTE</i>	0,812		<i>DTI</i>	0,893		<i>NTE</i>	0,760
#3		<i>DIO</i>	0,901		<i>NTE</i>	0,941		<i>DIT</i>	0,868
#4		<i>DII</i>	0,960		<i>NER</i>	0,974		<i>DII</i>	0,952
#5		<i>NEL</i>	0,979		<i>NEL</i>	0,988		<i>NEL</i>	0,972
#6		<i>DTI</i>	0,997		<i>DII</i>	0,991		<i>DTI</i>	0,992
#7		<i>DIT</i>	1,000		<i>DIT</i>	1,000		<i>DIO</i>	1,000

La métrique rhéophile a une forte influence sur la note de l'indice poisson du lot « Entier », elle explique plus de la moitié de l'IPR. Le nombre d'espèces rhéophiles indique une dégradation des habitats lotiques. Comme le montre le tableau 1, le lot « Est » est plus impacté par l'étagement que le lot « Ouest ». Ceci est également vérifié dans le tableau 2 où la métrique qui structure le plus les peuplements piscicoles du lot « Est » est la métrique rhéophile (38%). Les stations du lot « Ouest » sont en revanche peu soumises à l'étagement et d'autres perturbations prennent le rôle de facteur limitant. La métrique la plus explicative de l'IPR pour ces stations est la densité individus omnivores. Cette métrique indique des problèmes d'équilibres trophiques. A la lecture de la base de données, il apparaît que ce sont généralement des populations importantes de gardons (*Rutilus rutilus*) ou de rotengles (*Scardinius erythrophthalmus*) qui interfèrent dans ces peuplements piscicoles. Cette problématique d'omnivores en Bretagne illustre tout à fait les problèmes actuels d'eutrophisation.

2.2. Poids de la perturbation « étagement » sur les peuplements piscicoles

Le principal objectif de cette étude est de préciser et objectiver le poids des perturbations provoquées par l'étagement par rapport à l'état écologique des peuplements de poissons. Afin de déterminer le coefficient de relation entre l'IPR ou le NER et l'étagement, l'outil GLM a une nouvelle fois été utilisé. Les résultats (tous avec des p-values < 0,001) sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3. Résultats d'une GLM (stepwise, forward) en fonction du système de tronçonnage ; variables dépendantes : IPR, NER et variable indépendante : étagement

		R² IPR-Etagement	R² NER-Etagement
SCAN25	Entier	<i>0,312</i>	<i>0,325</i>
	Ouest	<i>0,431</i>	<i>0,666</i>
	Est	<i>0,173</i>	<i>0,191</i>
SYRAH	Entier	<i>0,207</i>	<i>0,344</i>
	Ouest	<i>0,104</i>	<i>0,258</i>
	Est	<i>0,100</i>	<i>0,241</i>

Les valeurs de R² relativement élevées de ces analyses illustrent l'existence d'une relation significative entre le taux d'étagement et l'indice poisson. Le poids de cette perturbation dans la structure des peuplements piscicoles est évalué à 31% de la note de l'indice poisson. Cette perturbation est également fortement corrélée à la métrique NER où elle influence d'environ un tiers le score. Les stations du lot « Est », malgré des pressions d'étagement plus prégnantes, montrent une corrélation plus faible (≈20%) qui peut être expliquée par un contexte naturel différent.

L'utilisation des tronçons « SCAN25 » permet une plus forte explication de l'IPR par l'étagement que les tronçons « SYRAH ». Ce tableau montre également une nette différence d'une part entre le lot « Ouest » et le lot « Est » pour les tronçons « SCAN25 » et d'autre part entre les tronçons « SCAN25 » et les tronçons « SYRAH » pour le lot « Ouest ». Ces différences sont toutefois à pondérer étant donné le faible nombre de stations fortement étagées dans le lot « Ouest ». Par ailleurs, l'utilisation des tronçons « SYRAH » permet l'utilisation de l'outil « Atlas large échelle ». Les couches thématiques retenues pour la contextualisation par rapport aux risques en Bretagne et Pays de la Loire sont les couches *zh_occsol* (risques liés aux pressions agricoles et à l'urbanisation, « niveau » d'anthropisation), *ir_drain_88* (risques de drainage) et *zh_occsol_erosion* (risques d'érosion). Les autres thématiques de couches (grands barrages, gravières, stockage de flux

liquides/solides, voies navigables, zones urbaines imperméables...) ne sont pas sélectionnées car celles-ci sont trop peu discriminantes ou n'impactent pas la zone d'étude. De part son relief et le débit de ces cours d'eau, le territoire étudié est peu impacté par les grands barrages hydroélectriques. Les exploitations de gravières existent mais restent peu présentes et ont un caractère très ponctuel. De même il y a très peu de stockage de flux excepté pour quelques retenues isolées et de faible contenance d'eau potable. Intrinsèquement c'est l'étagement ($R^2 = 0,207$; $p < 0,001$) qui a le plus de poids sur l'état écologique des peuplements piscicoles par rapport aux autres facteurs écologiques ressortis de la contextualisation ($p > 0,05$ pour les risques de drainage, les risques liés à l'agriculture et à l'urbanisation ; $R^2 = 0,157$ pour le niveau d'anthropisation et $R^2 = 0,090$ pour les risques liés à l'érosion).

Compte tenu de l'importance du paramètre de qualité d'eau dans le fonctionnement de l'écosystème son impact a été testé. Un partenaire, l'agence de l'eau, a fourni les données de 98 stations de la DiR2. Il s'avère que le bilan d' O_2 ($R^2 = 0,226$; $p < 0,001$) et le bilan en nutriments ($R^2 = 0,062$; $p = 0,014$) sont moins corrélés et significatifs statistiquement que l'étagement ($R^2 = 0,312$; $p < 0,001$). Il faut en effet atteindre un état fortement dégradé pour que ces facteurs deviennent limitants et si des problématiques de qualité d'eau sont bien présentes dans la zone étudiée (eutrophisation) leurs impacts sont pour le moment inférieurs à ceux de l'étagement sur les peuplements piscicoles même si ils sont non négligeables. Toutefois des effets synergiques peuvent être mis en évidence : le ralentissement des écoulements favorise l'expression des nitrates dans la chaîne trophique. La station de l'Aulne à Châteaulin témoigne de ce phénomène où chaque été, l'eutrophisation entraîne la prolifération du gardon.

2.3. Evolution de l'état des peuplements piscicoles selon l'intensité d'étagement

Une fois le poids de l'étagement sur les peuplements piscicoles quantifié, il est intéressant d'étudier l'évolution de l'état des peuplements en fonction de l'intensité de la perturbation. Les figures 3 et 4 illustrent la sensibilité des peuplements piscicoles, d'un point de vue global (IPR) et d'un point de vue spécifique (NER) à l'intensité de l'étagement.

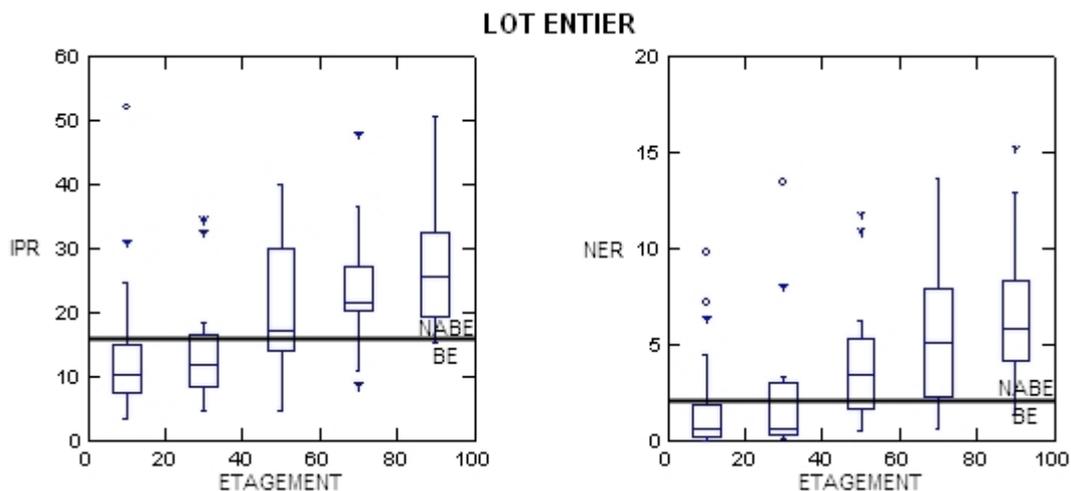


Figure 3. Evolution de l'IPR et du NER du lot « Entier » en fonction des classes d'étagements (BE = bon état, NABE = non atteinte du bon état)

La réponse des peuplements de poissons au travers de la note IPR est croissante avec l'intensité d'étagement. Plus le cours d'eau est étagé, plus le peuplement piscicole est dégradé. Sur l'échantillon entier, la métrique rhéophile et l'IPR réagissent exactement de la même manière. Il apparaît qu'au-delà de 60% d'étagement il devient difficile d'atteindre le bon état pour ces deux paramètres. Cependant les lots « Ouest » et « Est » répondent différemment à l'intensité de l'étagement.

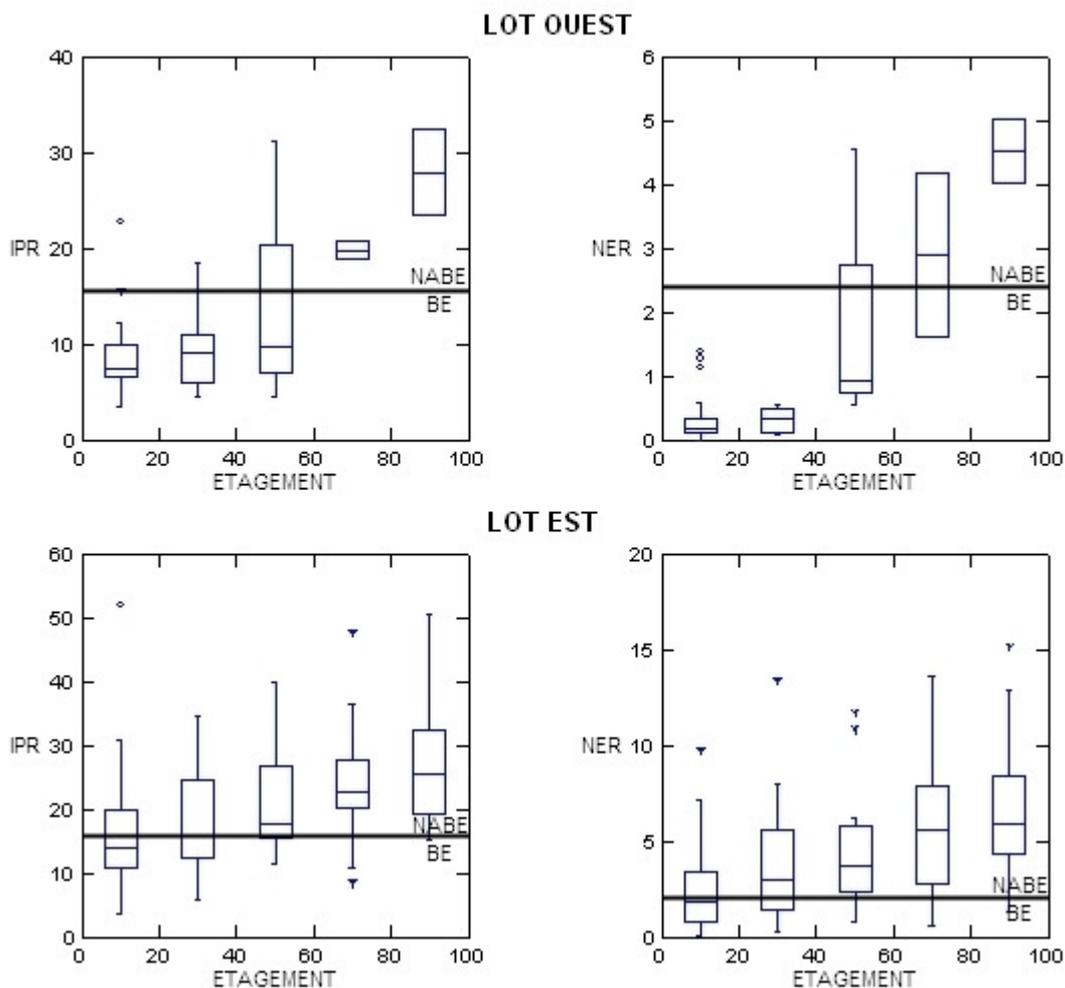


Figure 4. Evolution de l'IPR et du NER des lots « Ouest » et « Est » en fonction des classes d'étagement (BE = bon état, NABE = non atteinte du bon état)

Les stations du lot « Ouest » atteignent, pour la majorité d'entre-elles, le bon état écologique du point de vue piscicole (IPR et NER) en dessous de 60% d'étagement. Ce constat est à pondérer par le fait que dans la structure de l'échantillon, il y a peu de stations avec un taux d'étagement compris entre 20% et 60%. Les stations du lot « Est » sont en revanche beaucoup plus sensibles et les effets se font ressentir avec des intensités d'étagement plus faibles. Au-delà de 40% d'étagement, pour les stations du lot « Est », les peuplements piscicoles sont fortement perturbés et le bon état n'est plus qu'exceptionnellement atteint souvent grâce à la présence d'une espèce : le chabot (*Cottus gobio*) pour la Chère à Pierric (4 individus) et la vandoise (*Leuciscus leuciscus*) pour l'Oust à Saint-Martin (24 juvéniles, aucun adulte) ainsi que la Maine à Château-Thébaud (8 juvéniles, aucun adulte). L'absence d'adultes sur ces stations montre un réel déséquilibre dans la dynamique de population et met en avant un caractère relictuel pour cette espèce rhéophile. Les populations de barbeaux (*Barbus barbus*) dans la Sarthe présentent elles aussi ce caractère relictuel. Les stations qui ne sont pas totalement étagées (Sarthe à Moulins-le-Carbonnel, 30% et Saint-Aubin-du-Locquenay, 73%)

ont une population de barbeaux plus conséquente que les stations totalement étagées (Sarthe à Vivoin, Neuville, Arnage, Dureil et Cheffes). Dans ces stations étagées à 100%, le barbeau est capturé en faible effectif (<5), de manière non régulière. La station à Dureil, échantillonnée en 2007 et 2008, montre ce caractère relictuel : aucun barbeau n'a été capturé en 2007 et seulement deux en 2008.

2.4. Taux d'étagement : applications pour les SAGE

Cette étude a également pour objectif d'apporter des éléments permettant de définir une ou des valeurs seuils d'étagement à partir de laquelle les perspectives d'atteinte du bon état écologique sont compromises. Ces valeurs guides doivent permettre d'orienter et prioriser les actions de restauration. Les données des analyses précédentes sont reprises et présentées dans les figures 5 et 6 d'une manière plus « visuelle » concernant cette problématique de « valeur seuil ».

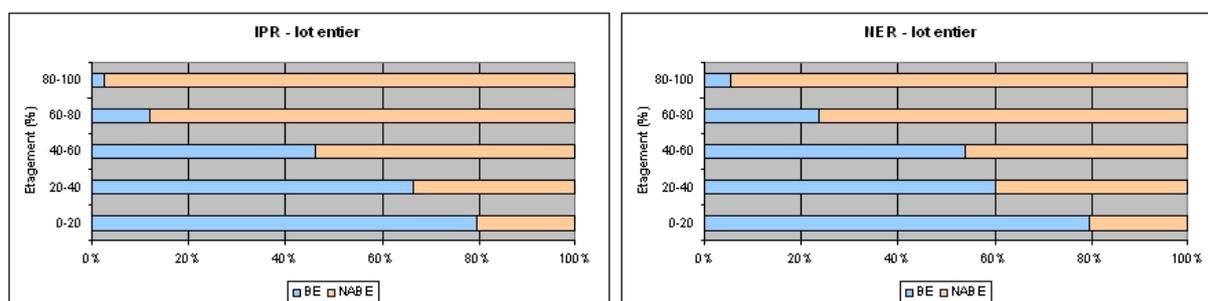


Figure 5. Représentations graphiques de l'état poisson (BE = bon état, NABE = non atteint du bon état) des cours d'eau selon l'étagement, lot entier

Sur l'échantillon complet de stations, il y a 80% de stations avec un étagement de 0 à 20% ayant un peuplement piscicole en bon état. Cette proportion se maintient à 60% de stations lorsque l'étagement est compris entre 20% et 40%. Dès que le taux d'étagement se trouve entre 40% et 60%, seule une station sur deux a un peuplement de poissons en bon état. Au-delà de 60%, moins de 20% des stations présentent un bon peuplement piscicole. Les graphiques sont équivalents entre IPR et NER, d'où le poids de cette métrique dans la note globale de l'indice.

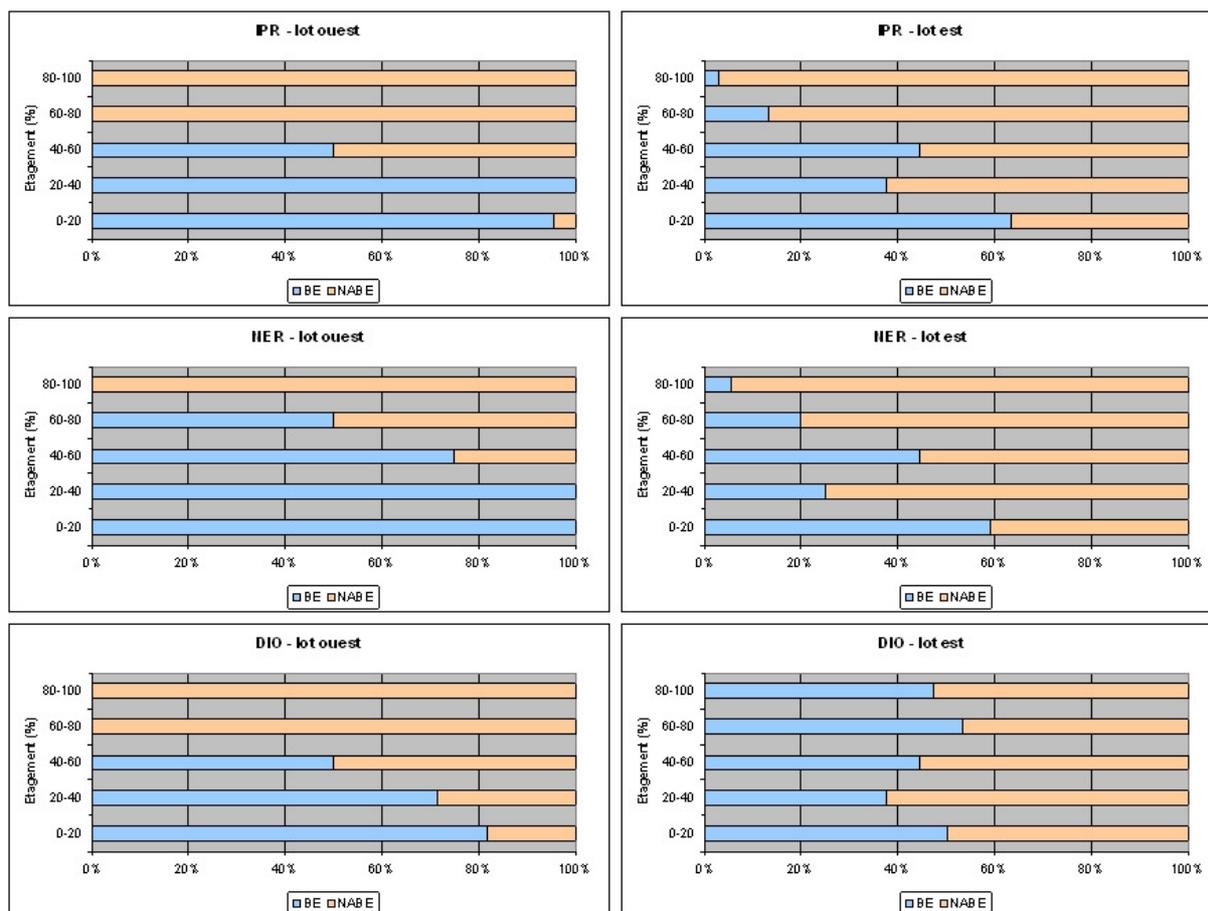


Figure 6. Représentations graphiques de l'état poisson (BE = bon état, NABE = non atteint du bon état) des cours d'eau selon l'étagement, lots « Ouest » et « Est »

Cette valeur de 60% d'étagement au-delà de laquelle il est difficile d'atteindre le bon état des peuplements piscicoles (IPR) se retrouve dans l'analyse des lots « Ouest » et « Est ». En revanche, les stations de ces lots réagissent différemment avec un taux d'étagement inférieur. Cette différence s'explique par l'influence des métriques dans les peuplements (tableau 2). La métrique NER n'est pas affectée par un taux d'étagement compris entre 0% et 40% dans les stations du lot « Ouest » alors que moins de 60% des stations du lot « Est » présentent un bon état de cette métrique pour les mêmes conditions d'étagement. La métrique DIO n'est pas affectée par l'intensité d'étagement pour les stations du lot « Est » où elle est jugée « bonne » dans 50% des cas quelque soit le taux d'étagement. Pour les peuplements de poissons des stations du lot « Ouest », qu'elle structure fortement, cette métrique est sensible à l'intensité d'étagement. Lorsque l'étagement est compris entre 0% et 40%, plus de 70% des peuplements ont une bonne densité d'individus omnivores mais au-delà de 60% d'étagement tous les peuplements présentent une DIO en mauvais état.

2.5. Perspectives d'évolution : programme des travaux de restauration pour 2011

La stratégie actuelle préconisée par l'agence est l'effacement (araselement ou dérasement) des ouvrages sans usage économique (Malavoi, 2003) lorsque le contexte politique est favorable. Les différents gestionnaires des milieux aquatiques en France, ont établi un calendrier prévisionnel de restauration pour 2011. Un total de 1430 ouvrages dont 567 sur le territoire de la DiR2 ainsi que 52 ouvrages pour les cours d'eau de la DiR4 ajoutés à cette étude sont concernés. Seulement 33 tronçons « SCAN25 » de cette étude sont affectés par cette perspective d'effacement d'ouvrage et sont listés dans le tableau 4 (contre 55 tronçons « SYRAH », voir annexe 3). Certaines stations concernées par la programmation d'effacement d'ouvrages ont déjà un peuplement piscicole en bon état (stations surlignées dans le tableau). Dans l'hypothèse d'un dérasement des ouvrages ciblés (voir note en bas de tableau), ces travaux de restauration sont plutôt bien définis car pour la majorité des stations, la probabilité d'atteinte du bon état écologique après 2011 est jugée « élevée » en se référant aux résultats de cette étude. Seules les stations de la Meu à Mordelles, du Moine à Gétigné et de la Sarthe à Vivoin ont peu de chances d'atteindre le bon état écologique malgré l'effacement d'ouvrage, leur taux d'étagement restant trop important. Le Couesnon à Antrain, le Thouet à Artannes sur Thouet ainsi que l'Huisne à Le Mans ont une probabilité moyenne d'atteindre le bon état après l'effacement des ouvrages concernés. Une attention particulière devra être portée sur ces stations afin de les aider à atteindre le bon état de leurs peuplements piscicoles. Cependant ce tableau ne considère que le taux d'étagement or une fois que celui-ci ne sera plus le facteur limitant de l'écosystème, d'autres perturbations le deviendront (qualité d'eau, travaux hydrauliques...). Ainsi il est nécessaire de pondérer les probabilités d'atteinte du bon état des peuplements piscicoles de ce tableau. La Seiche à Bruz et l'Evel à Guénin ont de gros problèmes de qualité d'eau qui risquent fort de compromettre les efforts de restauration malgré la diminution du taux d'étagement. Il en est de même pour le Couesnon à Antrain qui a subi d'importants travaux hydrauliques.

Tableau 4. Tableau prévisionnel de l'atteinte du bon état des peuplements piscicoles après les effacements d'ouvrages de 2011

Code ONEMA	Nom de la station	Etagement avant 2011	Etagement après 2011	IPR Probabilité d'atteinte du BE
04220137	Guindy à Plouguiel	26%	0%	Oui
04220143	Leff à Yvias	43%	30%	Oui
04290024	Mignonne à Saint-Urbain	5%	2%	Oui
04290160	Aulne à Châteaulin	100%	19%	Elevée
04290163	Odet à Ergué-Gabéric	12%	2%	Oui
04350062	Semnon à Pléchâtel	51%	0%	Elevée
04350153	Seiche à Bruz	80%	0%	Elevée
04350160	Couesnon à Antrain	58%	30%	Moyenne
04350165	Meu à Mordelles	90%	50%	Faible
04411005	Cher à Saint-Aignan	34%	0%	Oui
04440028	Moine à Gétigné	68%	50%	Faible
04440106	Chère à Pierric	100%	20%	Elevée
04440108	Maine (la) à Château-Thébaud	100%	32%	Oui *
04490046	Thouet à Artannes-sur-Thouet	100%	30%	Moyenne
04490047	Hyrome à Chemillé	29%	0%	Elevée
04490504	Sarthe à Cheffes	100%	0%	Elevée
04490509	Mayenne à Montreuil-Juigné	100%	20%	Elevée
04530069	Mayenne à Saint-Sulpice	85%	0%	Elevée
04530099	Hière à Chérancé	90%	0%	Elevée
04530101	Mayenne à Contest	89%	0%	Elevée
04530108	Jouanne à Forcé	45%	0%	Elevée
04560028	Evel à Guénin	40%	0%	Elevée
04560076	Sarre à Melrand	13%	3%	Oui
04560143	Blavet à Languidic	100%	22%	Elevée
04560146	Oust à Saint-Martin	95%	0%	Elevée
04720049	Sarthe à Dureil	100%	0%	Elevée
04720059	Huisne à Le Mans	66%	34%	Moyenne
04720061	Sarthe à Vivoin	100%	75%	Faible
04720110	Sarthe à Arnage	100%	0%	Elevée
04790062	Thouet à Missé	100%	20%	Elevée
04850014	Vie à Poiré-sur-Vie	60%	0%	Elevée
04850036	Jaunay à Martinet	100%	0%	Elevée
04850105	Lay à La Claye	100%	0%	Elevée

Note : les prévisions d'étagement après 2011 de ce tableau considèrent un dérasement des ouvrages or les mesures envisagées (non communiquées) peuvent seulement consister à l'aménagement de passe à poissons ou à l'ouverture de vannes en période de migration.

* La station de la Maine à Château-Thébaud est un cas particulier, seules les métriques NER et NEL sont classées en qualité « Mauvaise ». Au final, la note globale de l'IPR est malgré tout dans la classe de qualité « Bonne ».

3. Discussion

3.1. Contextualisation : discussion sur la méthodologie

La distinction au niveau de la structure des peuplements piscicoles des lots « Ouest » et « Est » confirme la nécessité de contextualisation en écologie et particulièrement pour ce genre d'étude. En fonction du contexte géographique, les pressions anthropiques sont différentes et ne s'expriment pas de manière uniforme. Comme le soulignent les travaux de Wang *et al.* (2010), étudier la problématique de l'étagement sans tenir compte des autres facteurs écologiques pourrait amener à une analyse non adaptée et potentiellement erronée. C'est pourquoi une contextualisation grâce à l'outil SYRAH est requise (utilisation des hydroécorégions et des pressions à large échelle). Toutefois pour des contraintes temporelles imparties à ces travaux, il n'est pas envisageable d'exploiter entièrement ce système. Ces contraintes ont mené à la mise en place d'un autre système de tronçonnage dont les justifications méthodologiques sont expliquées en matériels et méthodes. Etudier cette problématique à échelle plus locale permet de mieux cibler les réelles perturbations occasionnées sur les peuplements piscicoles par les seuils et barrages. Les tronçons SYRAH sont en moyenne de 3 à 5 fois plus grands que les tronçons « SCAN25 », or plus le tronçon est grand, plus il va intégrer d'autres facteurs écologiques. En revanche si le tronçon est trop petit il pourrait ne plus prendre en compte le domaine vital des espèces ou la zone d'impact d'un ouvrage et de ce fait amener des biais dans l'analyse. L'appui bibliographique s'est révélé d'une aide précieuse dans la définition méthodologique de ces tronçons. Les résultats de cette étude pourront être comparativement discutés avec ceux de l'étude à large échelle du pôle ONEMA-Cemagref (Salgues, en cours) du fait de l'utilisation d'une échelle commune (annexe 3).

3.2. Impacts de l'étagement sur les peuplements piscicoles : discussion sur les résultats

Le choix du système de tronçonnage « SCAN25 » ne se résume pas qu'à un problème d'échelle. Le caractère fonctionnel des métriques de l'indice poisson permet de cibler le type de perturbation en cause contrairement à l'outil « SYRAH » qui est une analyse de risques. Or il s'avère que ces risques ne s'expriment pas forcément ni n'aboutissent à un impact grâce à des filtres écologiques tels que la résilience des écosystèmes. C'est le cas par exemple de la couche ayant pour thématique les risques d'érosion. Cette couche attribut de forts risques d'érosion pour les stations du lot « Ouest » à cause de pentes et de précipitations plus importantes alors que la synthèse des données RCS 2007-2008 fait état d'un constat inverse où ce sont les stations du lot « Est » qui sont le plus soumises à l'érosion. Quoiqu'il en soit, ces deux approches différentes se rejoignent dans les résultats. Toutes deux mettent en évidence un poids important ($\approx 33\%$) de la perturbation d'étagement sur la métrique rhéophile. Cette influence se répercute sur la note de l'indice poisson mais à un degré différent selon l'hydroécocorégion et le système de tronçonnage. Le contexte piscicole n'intervient pas dans la répercussion sur l'IPR. Le Blavet (domaine cyprinicole) et deux de ses affluents : la Sarre et l'Evel (domaine salmonicole) en témoignent. La Blavet (étagement total) et l'Evel (40% d'étagement) ont un peuplement piscicole en mauvais état alors que la Sarre (13% d'étagement) a un peuplement de poissons en bon état. Les différents résultats indiquent que la perturbation d'étagement est intrinsèquement celle qui impacte le plus les peuplements piscicoles dans le territoire étudié même si des effets synergiques peuvent apparaître tels que l'augmentation des phénomènes d'eutrophisation par le ralentissement des écoulements dans les biefs.

3.3. Appui technique aux politiques de restauration : discussion sur la définition d'une valeur seuil de taux d'étagement

La partie la plus « appliquée » de cette étude concerne la restauration. De nombreuses publications ont permis d'établir un cadre pour la restauration et la gestion des rivières concernées par l'étagement (Brookes, 1992 ; Calow & Petts, 1994, 1996 ; FAO, 1998). Des exemples de travaux de restauration récents (Barraud *et al.*, 2009 ; ONEMA, 2010) mettent en avant les gains réels pour les écosystèmes après restauration. Un des cas d'effacement

d'ouvrage les plus connus en Bretagne est probablement celui du barrage de Kernansquillec, vallée du Léguer (Côtes d'Armor) en 1996 (Ministère de l'écologie et du développement durable, 2002). Les barrages et seuils affectent également la continuité (Bouchard, 2001 ; Malavoi, 2008) et les passes à poissons ne remplacent pas une libre circulation sans ouvrage (Larinier, 2008). Toutes ces opérations de restauration sont encourageantes et comme le soulignent Stanley *et al.* (2002) dans leur étude, l'effacement de barrage provoque très peu de perturbations. Même les espèces de macroinvertébrés rhéophiles recolonisent le cours d'eau rapidement. Cependant, dans certains cas, la restauration peut prendre plusieurs années, c'est la raison pour laquelle un suivi est nécessaire (Doyle *et al.*, 2005).

Lorsque des ouvrages ne peuvent être effacés, il est recommandé de mettre en place une gestion adaptée afin de maintenir le recrutement dans les communautés piscicoles (Agostinho *et al.*, 2004) mais lorsque l'effacement d'ouvrage est envisagé, peu d'informations sont disponibles pour justifier et prioriser les actions de restauration. La définition d'une valeur seuil de taux d'étagement permet de répondre aux besoins des gestionnaires (AE, SAGE). La DCE imposant un objectif de non dégradation des milieux, cette valeur seuil ne peut être utilisée que dans un sens d'effacement d'ouvrage et non de justificatif pour la création de nouveaux. Les figures 3 et 5 montrent qu'au-delà d'un taux d'étagement de 60% l'atteinte du bon état des peuplements de poissons est fortement compromise. Cette valeur seuil est utilisable sur le territoire étudié mais les figures 4 et 6 montrent qu'il est possible d'affiner cette valeur si la contextualisation permettant de scinder ce territoire en deux est prise en compte. Ainsi, cette valeur seuil est plutôt située entre 20% et 40% d'étagement pour les stations du lot « Est » alors qu'elle se situe entre 40% et 60% d'étagement pour les stations du lot « Ouest ». Le contexte général, avec notamment les caractéristiques naturelles des cours d'eau de l'Ouest plus favorables (débit, pente) mais aussi une anthropisation moindre (fonds de vallées moins touchés par les travaux hydrauliques), explique cette différence entre les deux lots vis-à-vis de l'intensité de la perturbation d'étagement. Dans un cours d'eau d'une pente moyenne (3‰) il reste potentiellement plus d'habitats rhéophiles que dans un cours d'eau de pente faible (<1‰) pour un même taux d'étagement. De même un faible débit d'étiage (ici, lié au contexte pluviométrique et géologique du lot « Est ») va augmenter le nombre de faciès lenticules et défavoriser les espèces rhéophiles qui seront alors encore plus sensibles à l'étagement.

Conclusion

Jusqu'à présent hautement suspecté d'un fort impact sur les peuplements piscicoles, le poids de l'étagement des cours d'eau est désormais mis en évidence de manière précise et objective sur les régions Bretagne et Pays de la Loire. A une échelle locale, compromis entre homogénéité du paramètre pente et domaine vital des peuplements échantillonnés, l'étagement explique un peu plus de 30% des variations de l'IPR, indicateur normalisé de l'état des peuplements piscicoles, sur les stations du RCS de la DiR2. Cette perturbation affecte l'indice poisson rivière et plus particulièrement sa métrique rhéophile. De plus, l'impact sur les peuplements est progressif et évolue en fonction de l'intensité d'étagement. La contextualisation grâce aux hydroécorégions permet de distinguer deux lots de stations dont les peuplements piscicoles sont structurés par des pressions différentes. Pour une même valeur de taux d'étagement faible à intermédiaire (de 0% à 60%) l'état des peuplements piscicoles est moins perturbé sur les stations du lot « Ouest » que chez les stations du lot « Est ». Pourtant, malgré ces différences, il apparaît qu'au-delà d'un taux d'étagement supérieur à 60%, l'atteinte du bon état est fortement compromise. En vue du respect des objectifs de la DCE, il est primordial d'envisager des travaux de restauration amenant à l'effacement d'ouvrages. Des opérations sont déjà planifiées pour 2011 et leurs résultats s'annoncent prometteurs au vue des suivis de travaux déjà réalisés et des analyses de cette étude.

Bibliographie

AGOSTINHO AA, GOMES LC, VERISSIMO S, OKADA EK. 2004. *Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment.* Reviews in Fish Biology and Fisheries (2004) 14: 11-19

BARRAUD R, CONSTANTIN O, CHARRUAUD G, CHARRIER A. 2009. *Restauration écologique et paysagère des rivières à seuils : contexte social et culturel – Retour d’expériences (bassins de la Sèvre nantaise et du Thouet, Ouest de la France).* Ingénieries N° spécial 2009 – p. 17 à 30

BELLIARD J, ROSET N. 2006. *L’indice poissons rivière (IPR) – Notice de présentation et d’illustration.* Conseil Supérieur de la Pêche – Protection des milieux aquatiques, édition avril 2006

BOUCHARD JP. 2001. *La restauration des poissons migrateurs du bassin de la Loire : l’aménagement des seuils de centrales électriques.* Hydroécol. Appl. (2001) Tome 13 Vol. 2, pp.131-147

BROOKES A. 1992. *Channelized rivers – Perspectives for environmental management.* A Wiley – Interscience Publication

CALOW P, PETTS GE. 1994. *The rivers handbook * Volume 2.* Blackwell Science

CALLOW P, PETTS GE. 1996. *River biota – Diversity and dynamics.* Blackwell Science

CALLOW P, PETTS GE. 1996. *River restoration.* Blackwell Science

CHANDESRIS A, MENGIN N, MALAVOI JR, SOUCHON Y, WASSON JG. 2009. *Système Relationnel d’Audit de l’Hydromorphologie des Cours d’Eau – Atlas à large échelle.* Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008

CUMMING GS. 2004. *The impact of low-head dams on fish species richness in Wisconsin, USA.* Ecological Applications, 14(5), 2004, pp. 1495-1506

DOYLE MW, STANLEY EH, ORR CH, SELLE AR, SETHI SA, HARBOR JM. 2005. *Stream ecosystem response to small dam removal: Lessons from the Heartland.* Geomorphology 71 (2005) 227-244

FISCHNETZ. 2004. *Sur la trace du déclin piscicole.* Rapport final EAWAG/OFEFP, Dübendorf, Bern

FOOD & AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1998. *Rehabilitations of rivers for fish.* Fishing News Books

- GEERAERTS C, OVIDIO M, VERBIEST H, BUYSSE D, COECK J, BELPAIRE C, PHILIPPART JC.** 2007. *Mobility of individual roach *Rutilus rutilus* (L.) in three weir-fragmented Belgian rivers.* Hydrobiologia (2007) 582:143-153
- GILLETTE DP, TIEMANN JS, EDDS DR, WILDHABER ML.** 2005. *Spatiotemporal Patterns of Fish Assemblage Structure in a River Impounded by Low-Head Dams.* Copeia, 2005(3), pp. 539-549
- LARINIER M.** 2008. *Fish passage experience at small-scale hydroelectric power-plant in France.* Hydrobiologia (2008) 609:97-108
- LEVEQUE C.** 1995. *L'habitat : être au bon endroit au bon moment ?.* Bull. Fr. Pêche Piscic. (1995) 337/338/339 : 9-20
- MALAVOI JR.** 2000. *Typologie et sectorisation des cours d'eau du bassin Loire-Bretagne.* Agence de l'eau Loire-Bretagne
- MALAVOI JR.** 2003. *Stratégie d'intervention de l'agence de l'eau sur les seuils en rivière.* Agence de l'eau Loire-Bretagne
- MALAVOI JR.** 2008. *Impact des seuils et barrages, stratégies de restauration, études préalables et protocoles de suivi.* ONEMA-Cemagref
- MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE.** 2002. *La renaissance d'une vallée : Démantèlement du barrage de Kernansquillec et réhabilitation du site.* MEED
- OBERDORFF T, PONT D, HUGUENY B, PORCHER JP.** 2002. *Development and validation of a fish-based index (FBI) for the assessment of rivers "health" in France.* Freshwater Biology 47:1720-1735
- OVIDIO M.** 1999. *Cycle annuel d'activité de la truite commune (*Salmo trutta* L.) adulte : étude par radio-pistage dans un cours d'eau de l'Ardenne belge.* Bull. Fr. Pêche Piscic. (1999) 352 : 01-18
- OVIDIO M, PHILIPPART JC.** 2005. *Long range seasonal movements of northern pike (*Esox lucius* L.) in the barbell zone of the River Ourthe (River Meuse Basin, Belgium).* Rome, FAO/COISPA. 2005. 295p.
- OVIDIO M, ENDERS EC, HALLOT EJ, ROY ML, PHILIPPART JC, PETIT F, ROY AG.** 2007. *Mobility and home-range use of Atlantic salmon parr over short time scales.* Aquat. Living Resour. 20, 95-101 (2007)
- OVIDIO M, PARKINSON D, PHILLIPART JC, BARAS E.** 2007. *Multiyear homing and fidelity to residence area by individual barbell (*Barbus barbus*).* Belg. J. Zool., 137 (2) : 183-190
- PESME E, RICHARD B.** 2000. *Typologie des perturbations anthropiques sur les peuplements pisciaires des milieux potamiques du bassin de la Loire.* Conseil Supérieur de la Pêche – Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse

QUINN JW, KWAK TJ. 2003. *Fish Assemblage Changes in an Ozark River after Impoundment: A Long-Term Perspective*. Transactions of the American Fisheries Society 132:110-119, 2003

STANLEY EH, LUEBKE MA, DOYLE MW, MARSHALL DW. 2002. *Short-term changes in channel form and macroinvertebrate communities following low-head dam removal*. J. N. Am. Benthol. Soc., 2002, 21(1):172-187

VALETTE L, CHANDESRIIS A, MENGIN N, MALAVOI JR, SOUCHON Y, WASSON JG. 2008. *SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau SYRAH CE – Principes et méthodes de la sectorisation hydromorphologique*. Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008

VERNEAUX J. 1976. *Biotypologie de l'écosystème « eau courante »*. La structure biotypologique. C. R. Acad. Paris, t. 283 (8 décembre 1976)

VERNEAUX J. 1976. *Biotypologie de l'écosystème « eau courante »*. Les groupements socio-écologiques. C. R. Acad. Paris, t. 283 (20 décembre 1976)

VERNAUX J. 1977. *Biotypologie de l'écosystème « eau courante »*. Détermination approchée de l'appartenance typologique d'un peuplement ichthyologique. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 284 (21 février 1977)

VIGNERON T, LEDOUBLE O, NORMAND J, CHAPON PM, BERDAYES J. 2010. *Régions Bretagne-Pays de la Loire – Synthèse des données du Réseau de Contrôle de Surveillance 2007-2008*. Délégation interrégionale de Rennes (DiR2), ONEMA

VIGNERON T, OBERDORFF T. 2001. *Peuplements de poissons et anthropisation du milieu : le cas des systèmes potamiques du bassin de la Loire*. ONEMA

WANG L, INFANTE D, LYONS J, STEWART J, COOPER A. 2010. *Effects of dams in river networks on fish assemblages in non-impoundment sections of rivers in Michigan and Wisconsin, USA*. River Research and Applications (2010)

Annexes

Annexe 1 : Détails des stations échantillonnées.....	30
Annexe 2 : Liste des espèces intervenant dans le calcul des différentes métriques de l'IPR ..	37
Annexe 3 : Résultats avec les tronçons SYRAH.....	38

Annexe 1 : Détails des stations échantillonnées

BRETAGNE

22 - Côtes d'Armor				
Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04220008	Léguer	Tonquedeuc	Ouest	Excellente
04220033	Rance	Eréac	Ouest	Bonne
04220036	Loup	Plougonver	-	Excellente
04220037	Larhon	Saint-Maudan	-	Médiocre
04220062	Lié	Plumieux	Est	Bonne
04220068	Arguenon	Dolo	-	Bonne
04220072	Gouessant	Andel	Ouest	Bonne
04220083	Trieux	Saint-Fiacre	Ouest	Bonne
04220113	Kersault	Locarn	-	Excellente
04220132	Gruguil	Saint-Quay-Perros	-	Bonne
04220133	Flora	Saint-Alban	-	Médiocre
04220134	Yar	Treduder	Ouest	Excellente
04220135	Rance	Caulnes	Ouest	Médiocre
04220136	Oust	Saint-Martin-des-Prés	-	Mauvaise
04220137	Guindy	Plouguiel	Ouest	Bonne
04220138	Rosette	Tremeur	-	Médiocre
04220139	Blavet	Kerien	-	Bonne
04220140	Lié	Ploec-sur-Lié	-	Mauvaise
04220141	Gouessant	Saint-Glen	-	Médiocre
04220142	Trieux	Tregonneau	Ouest	Bonne
04220143	Leff	Yvias	Ouest	Bonne

Total : 21 stations Ouest : 9 Est : 1

29 -Finistère				
Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04290012	Pont l'Abbé	Pleumerit	-	Excellente
04290018	Aulne	Locmaria-Berrien	Ouest	Excellente
04290024	Mignonne	Saint-Urbain	Ouest	Excellente
04290039	Jet	Elliant	-	Excellente
04290044	Elorn	La Roche-Maurice	Ouest	Bonne
04290057	Aven	Melgven	Ouest	Bonne
04290063	Kerambellec	Brasparts	-	Excellente
04290070	Horn	Mespaul	-	Médiocre
04290136	Elorn	Commana	-	Bonne
04290150	Ster Goz	Bannalec	Ouest	Excellente
04290151	Isole	Saint-Thurien	Ouest	Excellente
04290154	Ellez	Brennilis	Ouest	Médiocre
04290155	Aven	Pont-Aven	Ouest	Bonne
04290156	Penfeld	Bohars	-	Bonne
04290157	Moros	Melgven	-	Excellente
04290158	Hyère	Carhaix-Plouguer	Ouest	Bonne
04290159	Aber Wrac'h	Lanarvily	Ouest	Bonne
04290160	Aulne	Châteaulin	Ouest	Médiocre
04290161	Goyen	Mahalon	Ouest	Excellente
04290162	Névet	Kerlaz	-	Bonne
04290163	Odet	Ergué-Gabéric	Ouest	Bonne
04290164	Ellé	Locunolé	Ouest	Excellente
04290165	Aber Benoit	Plabennec	-	Bonne
04290166	Dourduff	Garlan	-	Bonne
04290167	Queffleuth	Plourin-lès-Morlaix	Ouest	Excellente
04290168	Guillec	Trezilidé	Ouest	Bonne
04290175	Aulne	Landeleau	Ouest	Bonne

Total : 27 stations Ouest : 17 Est : 0
--

35 – Ille et Vilaine				
Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04350002	Couesnon	Romazy	Ouest	Bonne
04350010	Nançon	Parigné	-	Très mauvaise
04350019	Cantache	Dompierre-du-Chemin	-	Mauvaise
04350052	Vilaine	Langon	Est	Médiocre
04350062	Semnon	Pléchâtel	Est	Médiocre
04350069	Ille	Montreuil sur Ille	-	Mauvaise
04350092	Guyoult	Mont-Dol	-	Bonne
04350106	Aff	Paimpont	-	Médiocre
04350153	Seiche	Bruz	Est	Médiocre
04350154	Yaigne	Nouvoitou	-	Mauvaise
04350155	Vilaine	Guichen	Est	Mauvaise
04350156	Vilaine	Noyal-sur-Vilaine	Est	Mauvaise
04350157	Flume	Pacé	-	Mauvaise
04350158	Chesnelais	Pleine-Fougères	-	Excellente
04350159	Loysance	Saint-Ouen-la-Rouerie	-	Bonne
04350160	Couesnon	Antrain	Ouest	Mauvaise
04350162	Illet	Gosné	-	Mauvaise
04350163	Canut Nord	Lassy	Est	Médiocre
04350164	Aron	Grand-Fougeray	-	Médiocre
04350165	Meu	Mordelles	Est	Mauvaise

Total : 20 stations Ouest : 2 Est : 7

56 – Morbihan				
Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04560013	Sedon	Guégon	-	Bonne
04560028	Evel	Guénin	Ouest	Médiocre
04560041	Ellé	Le Faouët	Ouest	Bonne
04560043	Inam	Lanvéneq	Ouest	Excellente
04560076	Sarre	Melrand	Ouest	Bonne
04560082	Tarun	Plumelin	Ouest	Bonne
04560087	Claie	Pleucadeuc	Est	Très mauvaise
04560128	Yvel	Néant-sur-Yvel	Est	Médiocre
04560141	Drayac (Pénerf)	Surzur	-	Bonne
04560142	Oust	Pleugriffet	Est	Mauvaise
04560143	Blavet	Languidic	Ouest	Mauvaise
04560144	Ninian	Taupont	Est	Médiocre
04560145	Vilaine	Rieux	Est	Médiocre
04560146	Oust	Saint-Martin	Est	Médiocre
04560147	Blavet	Neulliac	Ouest	Médiocre
04560148	Aff	Quelneuc	Est	Bonne
04560149	Scorff	Plouay	Ouest	Excellente
04560150	Loc'h	Pluvigner	Est	Médiocre
04560151	Pont du Roc'h	Nostang	Ouest	Bonne
04560152	Arz	Molac	Est	Bonne

Total : 20 stations Ouest : 9 Est : 9

PAYS DE LA LOIRE

44 – Loire-Atlantique				
Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04440007	Don	Guemené-Penfao	Est	Mauvaise
04440027	Gesvre	Treillières	-	Bonne
04440028	Moine	Gétigné	Est	Mauvaise
04440029	Jeanneau	Riaillé	-	Bonne
04440030	Isac	Genrouët	Est	Mauvaise
04440031	Chère	Châteaubriant	-	Très mauvaise
04440032	Falleron	Machecoul	Est	Très mauvaise
04440033	Erdre	Nort-sur-Erdre	Est	Bonne
04440106	Chère	Pierric	Est	Mauvaise
04440107	Sanguèze	Le Pallet	Est	Bonne
04440108	Maine (la)	Château-Thébaud	Est	Bonne
04440109	Sèvre nantaise	Vertou	Est	Médiocre

Total : 12 stations | Ouest : 0 | Est : 9

49 – Maine et Loire				
Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04490005	Loir	Corzé	Est	Médiocre
04490045	Layon	Nueil-sur-Layon	Est	Très mauvaise
04490046	Thouet	Arthannes-sur-Thouet	Est	Mauvaise
04490047	Hyrome	Chemillé	Est	Médiocre
04490500	Loire	Montjean-sur-Loire	Est	Excellente
04490501	Loire	Thourel	Est	Excellente
04490502	Oudon	Andigné	Est	Médiocre
04490503	Argos	Saintes-Gemmes-d'Andigné	Est	Médiocre
04490504	Sarthe	Cheffes	Est	Mauvaise
04490505	Dive	Brézé	Est	Très mauvaise
04490506	Authion	Brain-sur-l'Authion	Est	Médiocre
04490507	Lathan	Longue-Jumelles	Est	Médiocre
04490508	Evre	Saint-Florent-le-Vieil	Est	Médiocre
04490509	Mayenne	Montreuil-Juigné	Est	Médiocre
04490510	Layon	Saint-Lambert-du-Lattay	Est	Médiocre
04490512	Couasnon	Gée	Est	Médiocre
04490513	Brionneau	Avrillé	-	Médiocre
04490516	Divatte	La Varenne	Est	Bonne
04490519	Maine (le)	Bouchemaine	Est	Mauvaise

Total : 19 stations | Ouest : 0 | Est : 18

53 – Mayenne				
Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04530018	Ouette	Parné-sur-Roc	-	Bonne
04530035	Oudon	Craon	Est	Mauvaise
04530053	Oisilly	Champgenéteux	-	Bonne
04530063	Aron	La Chapelle-au-Riboul	-	Bonne
04530066	Vaudelle	Saint-Germain-de-Coulamer	-	Excellente
04530069	Mayenne	Saint-Sulpice	Est	Médiocre
04530070	Erve	Chammes	Est	Bonne
04530071	Ernée	Ernée	Est	Bonne
04530099	Hière	Chérancé	Est	Mauvaise
04530100	Varenne	Soucé	Est	Bonne
04530101	Mayenne	Contest	Est	Très mauvaise
04530102	Vilaine	Bourgon	Est	Bonne
04530106	Mayenne	Ambrières-les-Vallées	Est	Bonne
04530108	Jouanne	Forcé	Est	Mauvaise

Total : 14 stations | Ouest : 0 | Est : 10

72 – Sarthe				
Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04720011	Huisne	Avezé	Est	Bonne
04720049	Sarthe	Dureil	Est	Médiocre
04720050	Vègre	Epineu-le-Chevreuil	Est	Bonne
04720051	Sarthe	Saint-Aubin-du-Locquenay	Est	Bonne
04720052	Orne saosnoise	Saint-Mars-sous-Ballon	Est	Mauvaise
04720056	Tusson	Evaillé	-	Bonne
04720058	Braye	Valennes	Est	Bonne
04720059	Huisne	Le Mans	Est	Très mauvaise
04720060	Sarthe	Moulins-le-Carbonnel	Est	Bonne
04720061	Sarthe	Vivoin	Est	Médiocre
04720062	Sarthe	Neuville-sur-Sarthe	Est	Médiocre
04720063	Dive	Monce-en-Saosnois	-	Bonne
04720103	Antonnière	Saint-Saturnin	-	Médiocre
04720105	Aune	Pontvallan	Est	Bonne
04720108	Loir	Nogent-sur-Loir	Est	Mauvaise
04720110	Sarthe	Arnage	Est	Médiocre

Total : 16 stations | Ouest : 0 | Est : 13

85 – Vendée				
Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04850009	Grand Lay	Monsireigne	Est	Médiocre
04850010	Sèvre nantaise	Mallièvre	Est	Mauvaise
04850011	Vendée	La Chapelle-aux-Lys	-	Mauvaise
04850012	Ciboule	Le Girouard	Est	Médiocre
04850014	Vie	Le Poiré-sur-Vie	Est	Très mauvaise
04850022	Gué Chatenay	Poiroux	-	Très mauvaise
04850032	Ligneron	Soullans	-	Médiocre
04850034	Loing	Chantonay	Est	Médiocre
04850035	Vie	Le Fenouiller	Est	Médiocre
04850036	Jaunay	Martinet	Est	Mauvaise
04850037	Grande Maine	Saint-Fulgent	Est	Médiocre
04850038	Sevreau	Saint-Mesmin	-	Médiocre
04850103	Petit Lay	Saint-Hilaire-le-Vouhis	Est	Médiocre
04850104	Boulogne	Saint-Philbert-de-Grand-Lieu	Est	Mauvaise
04850105	Lay	La Claye	Est	Mauvaise
04850106	Smagne	Sainte-Pexine	Est	Très mauvaise

Total : 16 stations | Ouest : 0 | Est : 12

Délégation interrégionale Centre – Poitou-Charentes (Dir4)

Code ONEMA	Cours d'eau	Localisation	Lot	Classe IPR
04180042	Cher	Brinay	Est	Bonne
04181012	Cher	Bruère-Allichamps	Est	Médiocre
04280014	Loir	Douy	Est	Très mauvaise
04371045	Cher	Savonnières	Est	Bonne
04411005	Cher	Saint-Aignan	Est	Bonne
04411019	Loir	Naveil	Est	Médiocre
04411020	Cher	Gièvres	Est	Bonne
04790022	Thouet	Secondigny	-	Médiocre
04790035	Sèvre nantaise	Cerizay	Est	Mauvaise
04790062	Thouet	Missé	Est	Très mauvaise
04790063	Thouet	Saint-Loup-Lamaire	Est	Médiocre
04790081	Sèvre nantaise	Saint-Jouin-de-Milly	Est	Très mauvaise

Total : 12 stations | Ouest : 0 | Est : 11

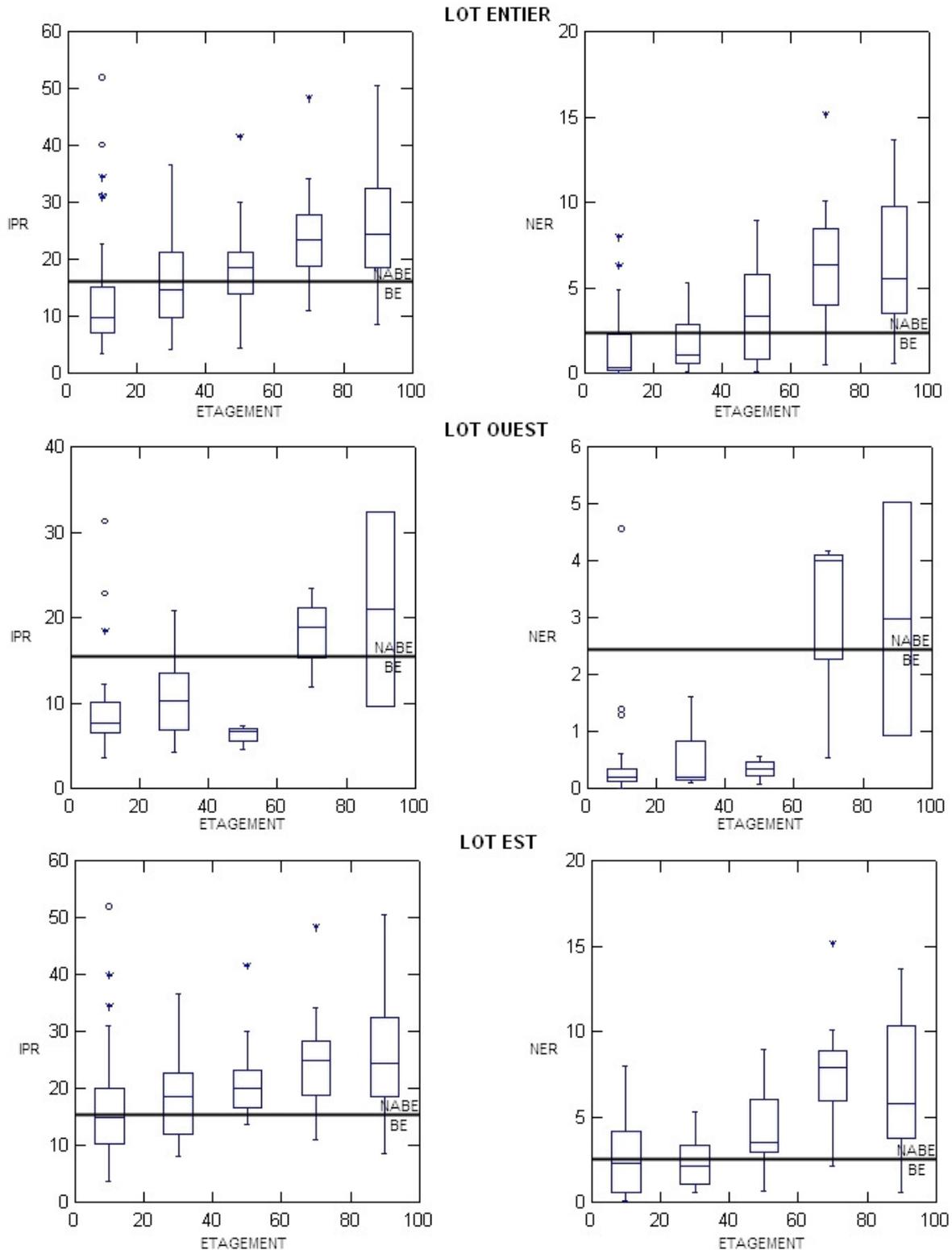
Annexe 2 : Liste des espèces intervenant dans le calcul des différentes métriques de l'IPR

Liste des espèces intervenant dans le calcul des différentes métriques									
Famille	Nom commun	Code	NTE	NER	NEL	DIT	DII	DIO	DTI
* Espèce									
Petromyzontidae									
• <i>Lampetra planeri</i>	lamproie de Planer	LPP							
Anguillidae									
• <i>Anguilla anguilla</i>	anguille	ANG							
Salmonidae									
• <i>Salmo trutta fario</i>	truite	TRF							
• <i>Salmo salar</i>	saumon	SAT							
Thymallidae									
• <i>Thymallus thymallus</i>	ombre commun	OBR							
Esocidae									
• <i>Esox lucius</i>	brochet	BRO							
Cyprinidae									
• <i>Phoxinus phoxinus</i>	vairon	VAI							
• <i>Gobio gobio</i>	goujon	GOU							
• <i>Leuciscus leuciscus</i>	vandoise	VAN							
• <i>Leuciscus cephalus</i>	chevaine	CHE							
• <i>Leuciscus souffia</i>	blageon	BLN							
• <i>Chondrostoma nasus</i>	hotu	HOT							
• <i>Chondrostoma toxostoma</i>	toxostome	TOX							
• <i>Barbus barbus</i>	barbeau	BAF							
• <i>Barbus meridionalis</i>	barbeau méridional	BAM							
• <i>Cyprinus carpio</i>	carpe	CCO							
• <i>Carassius sp.</i>	carassins	CAS							
• <i>Tinca tinca</i>	tanche	TAN							
• <i>Blicca bjoerkna et Abramis brama</i>	brèmes	BBB							
• <i>Rutilus rutilus</i>	gardon	GAR							
• <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	rotengle	ROT							
• <i>Rhodeus amarus</i>	bouvière	BOU							
• <i>Alburnoides bipunctatus</i>	spirilin	SPI							
• <i>Alburnus alburnus</i>	ablette	ABL							
Cobitidae									
• <i>Barbatula barbatula</i>	loche franche	LOF							
Ictaluridae									
• <i>Ictalurus melas</i>	poisson-chat	PCH							
Gadidae									
• <i>Lota lota</i>	lote	LOT							
Gasterosteidae									
• <i>Gasterosteus aculeatus</i>	épineche	EPI							
• <i>Pungitius pungitius</i>	épinocchette	EPT							
Centrarchidae									
• <i>Lepomis gibbosus</i>	perche soleil	PES							
Percidae									
• <i>Perca fluviatilis</i>	perche	PER							
• <i>Stizostedion lucioperca</i>	sandre	SAN							
• <i>Gymnocephalus cernuus</i>	grémille	GRE							
Cottidae									
• <i>Cottus gobio</i>	chabot	CHA							

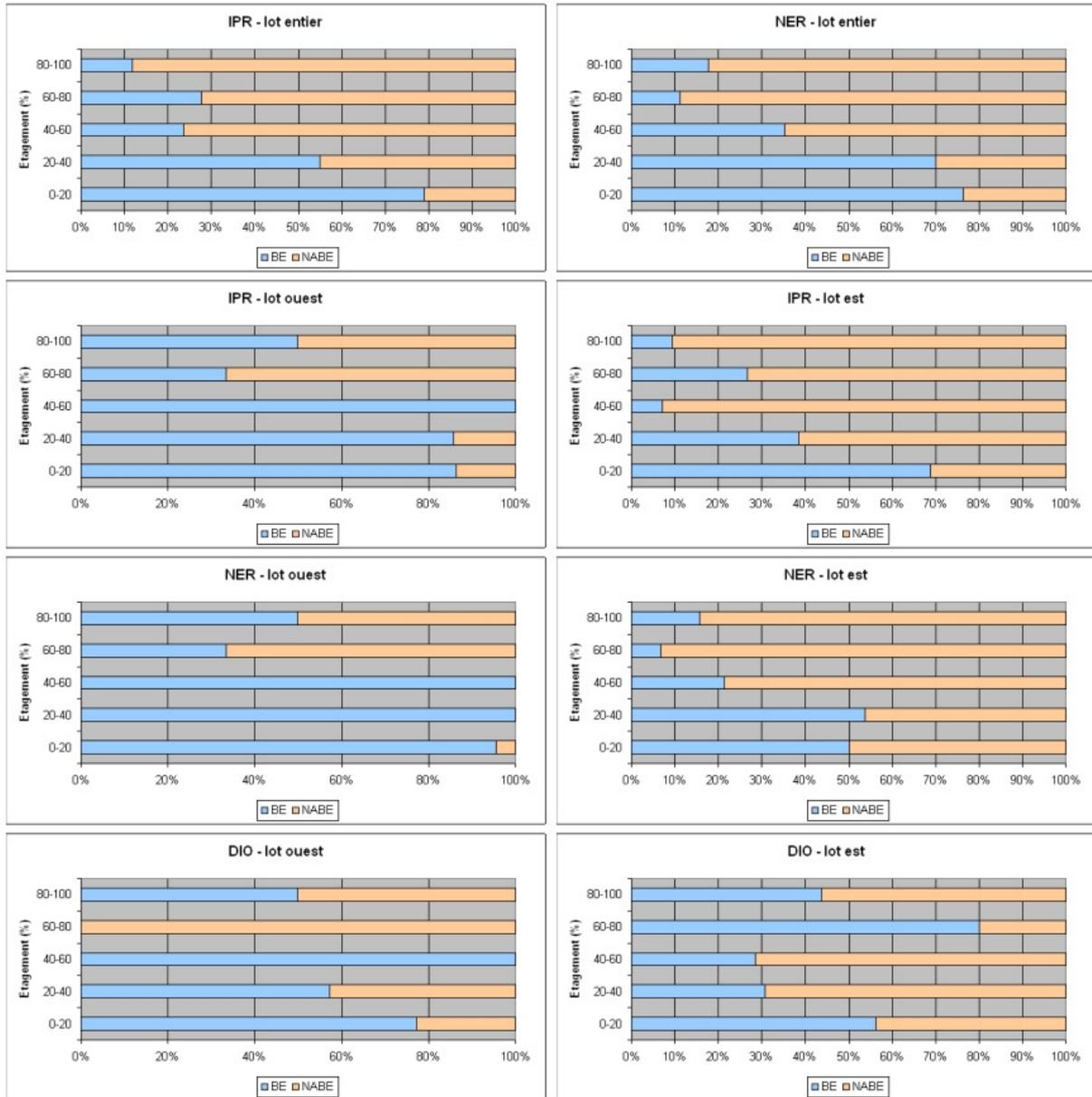
Figure extraite de la notice de présentation et d'illustration de l'indice poisson rivière (IPR), ©CSP, 2006

Annexe 3 : Résultats avec les tronçons SYRAH

Cette annexe a pour objectif la compatibilité entre cette étude et l'étude en cours de réalisation par Damien Salgues (ONEMA-Cemagref). Pour l'interprétation des résultats, se référer aux analyses avec les tronçons « SCAN25 »



Evolution de l'IPR et du NER par lots de stations en fonction des classes d'étagement, tronçons SYRAH



Représentations graphiques par lots de stations de l'état poisson (BE = bon état, NABE = non atteinte du bon état) des cours d'eau selon l'étagement, tronçons SYRAH

Tableau prévisionnel de l'atteinte du bon état écologique après les travaux d'effacement d'ouvrages en 2011, tronçons SYRAH

Code ONEMA	Nom de la station	Etagement avant 2011	Etagement après 2011	IPR Probabilité d'atteinte du BE
04220008	Léguer à Tonguedec	53%	31%	Oui
04220072	Gouessant à Andel	27%	7%	Oui
04220137	Guindy à Plouguiel	20%	8%	Oui
04220142	Trieux à Tregonneau	54%	42%	Oui
04220143	Leff à Yvias	100%	50%	Oui
04290018	Aulne à Locmaria-Berrien	51%	42%	Oui
04290024	Mignonne à Saint-Urbain	3%	2%	Oui
04290159	Aber Wrac'h à Lanarvily	28%	7%	Oui
04290160	Aulne à Châteaulin	77%	10%	Elevée
04290163	Odet à Ergué-Gabéric	9%	5%	Oui
04290168	Guillec à Treziliidé	11%	5%	Oui
04350002	Couesnon à Romazy	6%	0%	Oui
04350062	Semnon à Pléchâtel	47%	0%	Elevée
04350092	Guyoult à Mont-Dol	20%	20%	Oui
04350153	Seiche à Bruz	53%	0%	Elevée
04350157	Flume à Pacé	10%	2%	Faible
04350159	Loysance à Saint-Ouen-la-Rouerie	8%	3%	Oui
04350164	Aron au Grand-Fougeray	50%	14%	Elevée
04350165	Meu à Mordelles	72%	34%	Moyenne
04410005	Cher à Saint-Aignan	66%	0%	Oui
04440028	Moine à Gétigné	62%	61%	Nulle
04440106	Chère à Pierric	100%	50%	Faible
04440107	Sanguèze à Le Pallet	60%	0%	Oui
04440108	Maine à Château-Thébaud	75%	28%	Oui
04490005	Loir à Corzé	100%	40%	Moyenne
04490046	Thouet à Artannes-sur-Thouet	100%	30%	Moyenne
04490047	Hyrome à Chemillé	44%	36%	Faible
04490504	Sarthe à Cheffes	100%	0%	Elevée
04490509	Mayenne à Montreuil-Juigné	54%	14%	Elevée
04530069	Mayenne à Saint-Sulpice	100%	0%	Elevée
04530070	Erve à Chammes	40%	34%	Oui
04530099	Hière à Chérancé	73%	50%	Faible
04530101	Mayenne à Contest	100%	0%	Elevée
04530108	Jouanne à Forcé	59%	29%	Moyenne
04560028	Evel à Guenin	9%	0%	Faible
04560076	Sarre à Melrand	14%	11%	Oui
04560087	Claie à Pleucadeuc	29%	27%	Nulle
04560143	Blavet à Languidic	100%	17%	Elevée
04560146	Oust à Saint-Martin	93%	25%	Elevée
04560150	Loc'h à Pluvignier	50%	2%	Elevée
04560151	Etel à Nostang	4%	2%	Oui
04560152	Arz à Molac	23%	22%	Oui
04720049	Sarthe à Dureil	100%	0%	Elevée

04720059	Huisne à Le Mans	91%	41%	Moyenne
04720061	Sarthe à Vivoin	90%	40%	Moyenne
04720062	Sarthe à Neuville-sur-Sarthe	30%	30%	Moyenne
04720108	Loir à Nogent-sur-Loir	93%	79%	Faible
04720110	Sarthe à Arnage	100%	50%	Moyenne
04790062	Thouet à Missé	100%	70%	Faible
04790081	Sèvre nantaise à Saint-Jouin-de-Milly	100%	50%	Moyenne
04850010	Sèvre nantaise à Mallièvre	67%	60%	Nulle
04850014	Vie à Poiré-sur-Vie	14%	6%	Nulle
04850035	Vie à Le Fenouiller	100%	0%	Elevée
04850036	Jaunay à Martinet	22%	0%	Faible
04850105	Lay à La Claie	50%	0%	Elevée

Notes :

- Les prévisions d'étagement après 2011 de ce tableau considèrent un dérasement des ouvrages or les mesures envisagées (non communiquées) peuvent seulement consister à l'aménagement de passe à poissons ou à l'ouverture de vannes en période de migration.
- Les stations surlignées ont déjà un peuplement piscicole en bon état.
- Les peuplements piscicoles des stations en rouges sont clairement influencés par une perturbation autre que l'étagement.

Résumé

Ces dernières années, l'environnement a pris une place de plus en plus importante dans la société. Des outils juridiques ont été créés afin de protéger, restaurer et mettre en valeur cet héritage naturel transmis de génération en génération. L'objectif d'atteinte du bon état écologique par la Directive Cadre sur l'Eau (directive 2000/60/CE) contraint les Etats membres européens à mesurer et contrôler les perturbations anthropiques lorsque celles-ci empêchent manifestement la réalisation de cet objectif. Une de ces perturbations : l'étagement des rivières par les seuils et barrages, est l'objet de cette étude dont les impacts sur les peuplements piscicoles sont observés en Bretagne et Pays de la Loire (France). Il existe une très nette corrélation négative entre la réduction de pente et l'indice poisson. Il s'avère que les seuils ont une grande influence (30%) sur les peuplements piscicoles et particulièrement sur les espèces rhéophiles. Plus l'étagement est important, plus les peuplements piscicoles sont dégradés. Il apparaît qu'au-delà de 60% d'étagement, l'objectif d'atteinte du bon état requis par la DCE est fortement compromis. Le SDAGE Loire-Bretagne imposant des objectifs de taux d'étagement, cette étude se veut également être un document d'appui donnant des valeurs seuils afin de guider et prioriser les actions de restauration.

Mots-clés : *barrages, seuils, étagement, peuplements piscicoles, espèces rhéophiles*

Abstract

Since few years, environment has a great influence towards the society. In order to protect and restore it, several tools have been created. The Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC), which is one of these tools, commits European Union member states to achieve good qualitative and quantitative status of all water bodies. Water impoundment by dams and weirs has negatives impacts on river fish assemblages. This disturbance is evaluated for this study in two regions of France: Brittany and Pays de la Loire. It is showed that impoundment has a great leverage (30%) on fish assemblages and particularly on rheophilic species. The qualitative and quantitative status of river fish assemblages decrease in the same time the impoundment increase. It seems that over 60% of impoundment, the goal of good status will be not achieved. The "SDAGE Loire-Bretagne" (equivalent to river basin management plans) has water impoundment's objectives. This work is also a technical document which provides water impoundment threshold values to lead restoration actions.

Keywords: *dams, weirs, impoundment, fish assemblages, rheophilic species*