



**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

Établissement public du ministère de l'Environnement

Secrétariat technique du bassin Loire-Bretagne

Fiche d'aide à la lecture du SDAGE LOIRE-BRETAGNE

**Utilisation des indicateurs de pression imputable
aux ouvrages transversaux :
taux d'étagement et taux de fractionnement**

-

Dispositions 1C-2 et 1D-4

FICHE N°7

Commission administrative de bassin
16/06/2017

1 Introduction

Depuis le Sdage 2010-2015, la pression générée par des ouvrages transversaux sur le réseau hydrographique du bassin Loire-Bretagne est évaluée à travers le « **taux d'étagement** » des cours d'eau. En complément de cet indicateur, le Sdage 2016-2021 a introduit une métrique complémentaire, appelée « **taux de fractionnement** », pour suivre plus spécifiquement la restauration de la continuité écologique.

La présente fiche fournit des éléments pour le calcul de ces indicateurs, ainsi que des références techniques visant à faciliter leur utilisation en lien avec les objectifs de bon état des cours d'eau.

Pour ce qui concerne la « qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau » (orientation 1C), le Sdage est directif : « *pour évaluer l'importance de la modification de l'hydromorphologie et des habitats aquatiques imputable aux ouvrages sur un linéaire de cours d'eau donné, l'indicateur à utiliser est le **taux d'étagement*** ». Le Sdage impose aux Sage « *d'évaluer le taux d'étagement des masses d'eau de leur territoire, en particulier pour identifier celles qui présentent des dysfonctionnements hydromorphologiques liés à la présence d'ouvrages transversaux, conduisant à remettre en cause l'atteinte du bon état. Pour ces masses d'eau, les Sage doivent fixer un objectif chiffré et daté de réduction du taux d'étagement et suivre son évolution* » (disposition 1C-2).

Pour ce qui concerne de manière spécifique « la continuité longitudinale des cours d'eau » (orientation 1D), le Sdage ne fait que **proposer** un indicateur complémentaire. Il indique que « *pour évaluer l'altération de la continuité longitudinale imputable aux ouvrages sur un linéaire de cours d'eau donné et suivre son évolution, un indicateur pertinent est le **taux de fractionnement*** ». La disposition 1D-4 précise que « *le Sage peut, pour mesurer l'avancement des démarches [de restauration de la continuité], suivre l'évolution du taux de fractionnement des milieux* ». Les recommandations méthodologiques ci-dessous visent à garantir la cohérence technique dans l'utilisation de cet indicateur.

2 Impacts des ouvrages transversaux

2.1 Le double effet des obstacles à l'écoulement sur les cours d'eau

Les impacts des ouvrages transversaux (seuils et barrages) sur l'hydromorphologie et l'état écologique des cours d'eau s'expriment schématiquement suivant deux effets (figure 1) :

- 1) globalement suivant l'effet « **retenue** » de l'obstacle, qui modifie la fonctionnalité des habitats aquatiques,
- 2) plus spécifiquement suivant l'effet « **barrière** » de l'aménagement sur la circulation des espèces aquatiques.

1) impact sur les habitats aquatiques par effet **RETENUE**

2) impact sur libre circulation des espèces aquatiques par effet **BARRIERE**

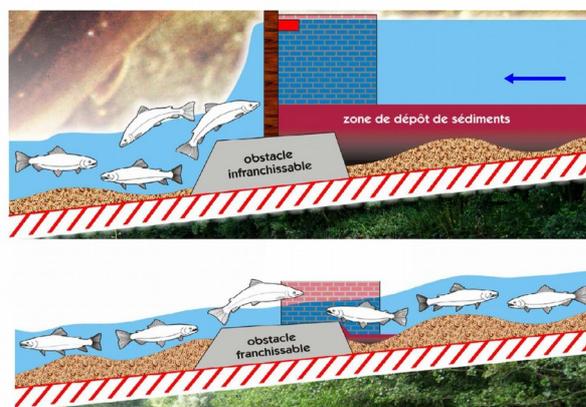


Figure 1 : Présentation de l'effet « retenue » et de l'effet « barrière »

Qu'il s'agisse de l'effet « retenue » ou de l'effet « barrière », l'importance de l'impact des obstacles augmente avec la hauteur de chute de l'ouvrage.

Depuis que la réglementation vise à réduire l'impact des ouvrages sur la migration des poissons (article 1 de la loi de 1865 sur le régime des échelles à poissons, loi pêche de 1984...), l'attention des gestionnaires tend à se focaliser sur les problèmes de franchissement piscicole, donc essentiellement sur l'effet « barrière » des ouvrages. Pourtant les transformations liées à l'effet « retenue » des seuils et barrages ont des impacts plus conséquents sur l'état des cours d'eau par rapport à leur état écologique de référence (figure 2).

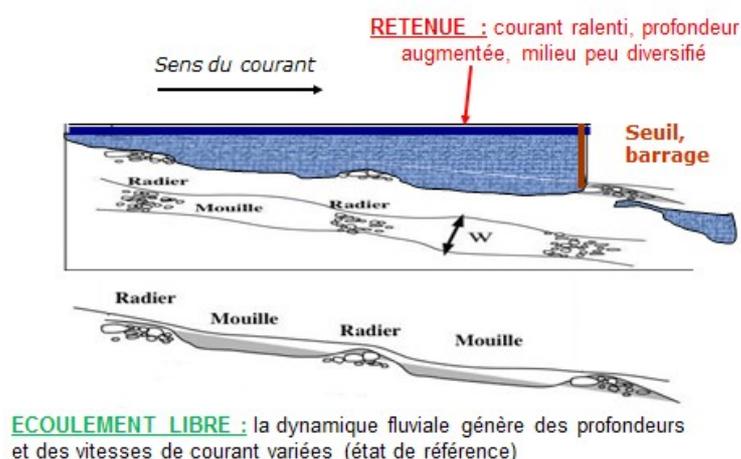


Figure 2 : Conséquences de l'effet « retenue » sur l'état et la fonctionnalité des habitats aquatiques d'un cours d'eau naturellement caractérisé par une alternance de radiers et de mouilles.

L'impact d'un ouvrage transversal sur l'hydromorphologie, l'hydrologie, la qualité des eaux de surfaces et les espèces présentes est variable en fonction du contexte (salmonicole ou cyprinicole par exemple) et de ses caractéristiques (pente du cours d'eau, hauteur de chute, gestion de partie mobile). Cet impact peut être individuellement négligeable au regard du fonctionnement global à l'échelle du bassin versant, ou très significatif s'il constitue par exemple un verrou infranchissable pour une espèce, isolant ainsi une grande partie du bassin versant amont.

2.2 Importance de la densité d'ouvrages transversaux et de leurs effets cumulés à l'échelle du bassin

À l'échelle du bassin Loire-Bretagne, on dénombre plus de 25 000 ouvrages validés dans le Référentiel national des obstacles à l'écoulement (ROE, octobre 2016). Il est probable que le nombre d'ouvrages dépasse largement 100 000 obstacles à l'écoulement en comptabilisant tous les ouvrages de franchissement routier (radiers, buses) et les plans d'eau (étangs et autres retenues) qui fragmentent et transforment le chevelu hydrographique de ce bassin mais qui, pour la plupart, ne sont pas encore référencés dans le ROE.

Sur les cours d'eau de rang de Strahler 1 à 3, qui constituent la plus grande partie du réseau hydrographique du bassin Loire-Bretagne, on trouve en moyenne dans le ROE un obstacle à l'écoulement tous les 1 750 mètres (figure 3).

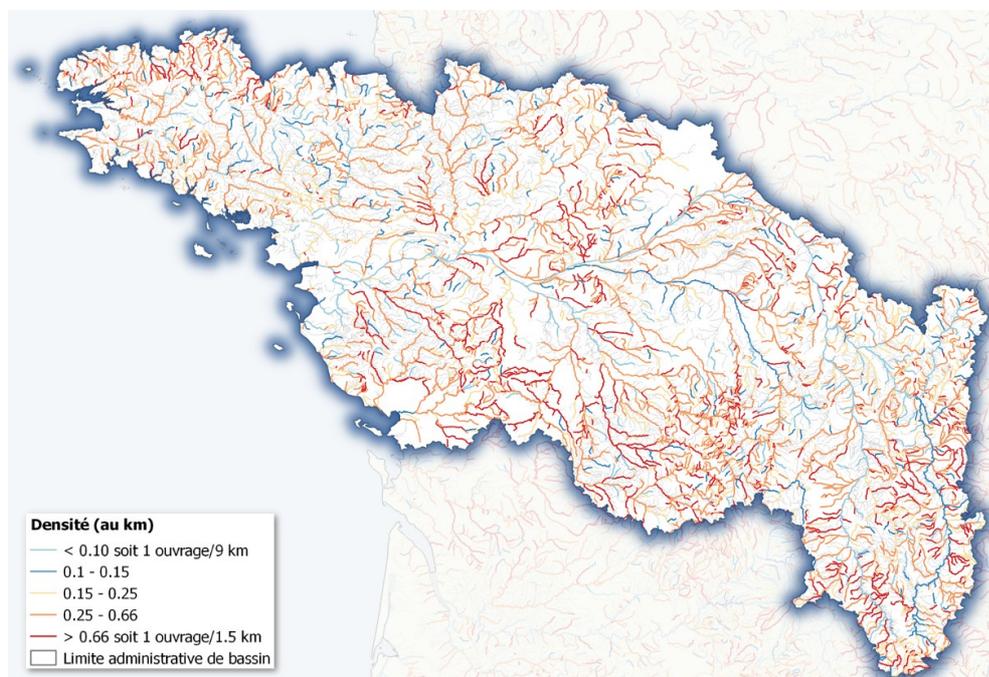


Figure 3 : densité d'ouvrages validés, sur la base des tronçons hydromorphologiques homogènes SYRAH agrégés par rang de Strahler (source ROE, juillet 2016).

D'une manière générale, la pression exercée par un ensemble d'ouvrages est d'autant plus forte que la densité de ces ouvrages est importante, que leur emprise sur l'écoulement est élevée et que leurs effets sur le fonctionnement, sur l'état des cours d'eau et sur la circulation piscicole sont multiples et cumulatifs.

Il importe donc de considérer **le cumul des pressions locales à la bonne échelle** (masse d'eau, tronçon ou bassin versant) afin d'évaluer le caractère limitant ou non de la présence d'ouvrages transversaux sur l'état écologique des cours d'eau et sur les cycles biologiques des espèces.

3 Conception des indicateurs

3.1 Principe

Tous les impacts des seuils et barrages sur le fonctionnement des cours d'eau tendent à augmenter suivant leur hauteur de chute : altération de la dynamique fluviale, perte de diversité d'écoulement et d'habitats, rupture de continuité écologique (montaison et dévalaison des espèces, transit sédimentaire), développement des processus d'eutrophisation, interception et évaporation des écoulements d'étiages...

Le principe retenu consiste donc à évaluer la pression cumulée des obstacles sur un tronçon de cours d'eau en mesurant **la somme de leur hauteur de chute**. Cette pression est ensuite exprimée à travers un indicateur principal, « **le taux d'étagement** », et un indicateur complémentaire, « **le taux de fractionnement** ».

3.2 Métrique de base commune aux deux indicateurs : la hauteur de chute à l'étiage

La hauteur de la chute formée par chaque ouvrage dépend du débit du cours d'eau au moment de la mesure. La définition des taux d'étagement et de fractionnement donnée par le Sdage Loire-Bretagne précise que ce sont **les chutes artificielles créées à l'étiage** par les ouvrages transversaux qui doivent être considérées.

Par souci de cohérence hydrographique au niveau du bassin, le niveau d'étiage recherché pour préciser cette valeur correspond au QMNA interannuel.

Dans certains contextes il peut s'avérer pertinent, en complément des indicateurs calculés à l'étiage, de calculer les indicateurs pour des débits différents, notamment pour mieux évaluer les impacts sur les espèces migratrices à travers le taux de fractionnement.

3.3 Taux d'étagement

Le taux d'étagement est le rapport entre le cumul des hauteurs de chutes artificielles et la dénivelée du profil en long du cours d'eau. Il s'exprime en % (figure 5).

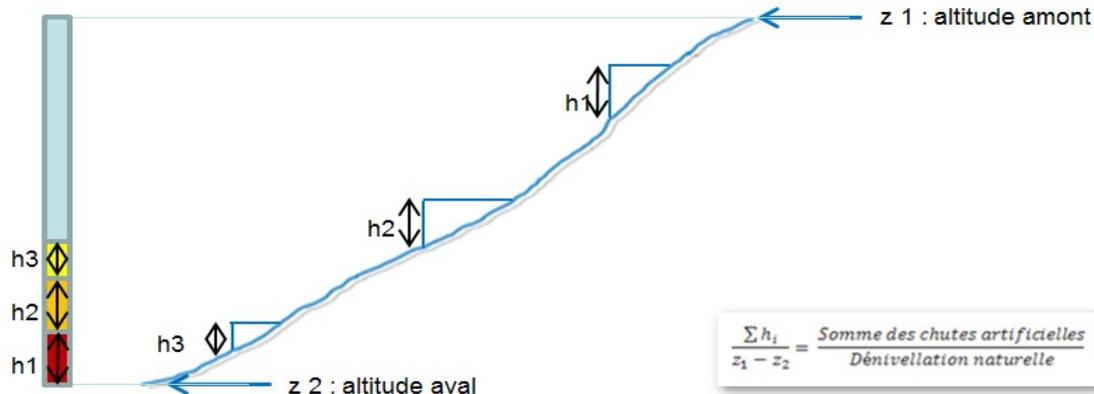


Figure 5 : schéma de calcul du taux d'étagement

Le taux d'étagement décrit globalement **l'altération des conditions d'écoulement dans le cours d'eau**. Il intègre indirectement l'incidence de cette altération sur la fonctionnalité des habitats aquatiques du cours d'eau (effet « retenue »).

Cet indicateur principal varie uniquement suite aux modifications de hauteur de chute, c'est-à-dire en cas d'arasement (partiel ou total) ou d'ouverture permanente des parties mobiles. **L'existence d'une passe à poissons ou d'une rivière de contournement ne réduit pas l'effet « retenue » d'un ouvrage et ne modifie donc pas la valeur du taux d'étagement.**

Pour une somme de hauteurs de chute et un linéaire de cours d'eau donnés, la valeur du taux d'étagement dépend de la pente moyenne du linéaire évalué. Ainsi, sur un profil en long particulier, notamment lorsque celui-ci est marqué par des ruptures de pente, il est justifié de calculer le taux d'étagement suivant un découpage calé sur ces points singuliers, de façon à respecter le profil du cours d'eau (comme lorsque l'on décrit précisément la pente d'un cours d'eau).

À l'échelle d'un grand bassin, le calcul décliné manuellement suivant l'évolution de la pente des cours d'eau est difficile à généraliser, notamment en tête de bassin où le réseau se déploie et où la pente varie rapidement. Eu égard à cette difficulté, l'application du taux d'étagement sur un réseau hydrographique élagué en éliminant les parties de cours d'eau de rang 1 de la BD Carthage (ou 1 et 2 de la BD Topo) permet d'éviter ce problème de variation de la pente, là où elle a tendance à varier fortement.

Le lissage des variations de profil est moins problématique sur les axes médians du réseau hydrographique, là où le réseau est plus concentré et la pente plus régulière.

À l'extrémité aval du réseau, lorsque la pente naturelle devient extrêmement faible (voire nulle comme en zone de marais), le profil en long des cours d'eau est encore plus stable. Cependant les variations d'altitudes sont plus fines et l'incidence du taux d'étagement doit être analysée en tenant compte de ce contexte

hydromorphologique particulier. En effet, en termes d'écart aux conditions naturelles d'écoulement et d'habitat aquatique, l'altération décrite par le taux d'étagement a moins d'incidence sur les cours d'eau à très faible pente (dès lors que les écoulements sont naturellement lents) que sur les rivières à pente moyenne ou forte (naturellement courantes ou rapides).

3.4 Taux de fractionnement

Le taux de fractionnement est le rapport entre le cumul de la hauteur de chute artificielle et la longueur du cours d'eau (figure 6).

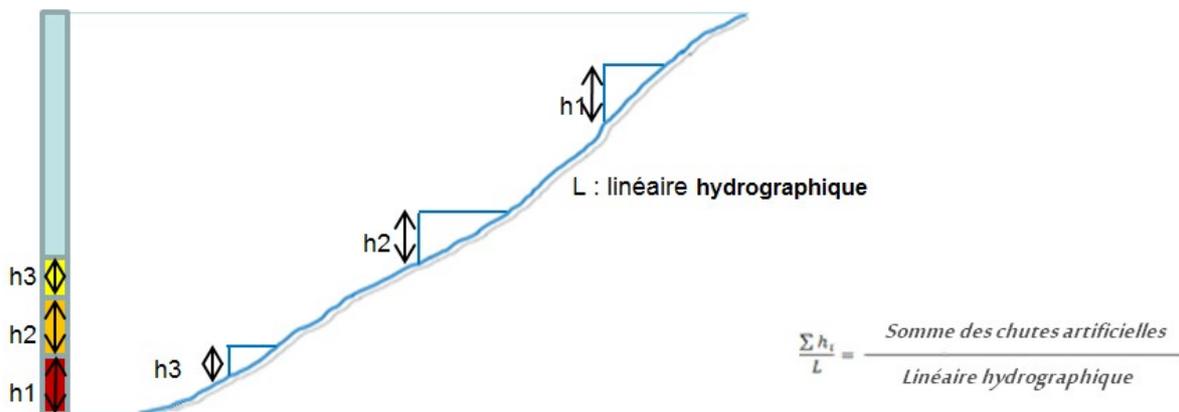


Figure 6 : schéma de calcul de taux de fractionnement

Il vient compléter l'information du taux d'étagement pour décrire plus spécifiquement **la pression des obstacles sur la continuité longitudinale du cours d'eau**. Ce rapport entre la somme des hauteurs de chute artificielle et le linéaire de cours d'eau (dénivelé artificiel / longueur) s'exprime dans la même unité que la pente hydraulique du cours d'eau (dénivelé / longueur), c'est-à-dire en ‰. La métrique est ici rapportée à la dimension longitudinale de la partie de cours d'eau évaluée (et non pas verticale comme pour le taux d'étagement).

En d'autres termes, le taux de fractionnement correspond à la densité d'obstacles pondérée par leur hauteur de chute sur tout ou partie du cours d'eau.

Contrairement au taux d'étagement, les précautions d'emploi concernant la pente du cours d'eau n'ont pas lieu d'être.

En termes d'impacts biologiques, le taux de fractionnement est une expression linéaire de l'effet barrière des ouvrages. Pour qu'il soit sensible, non seulement aux réductions de hauteur de chute, mais aussi aux réductions d'impact résultant du fonctionnement de dispositifs de franchissement piscicole, le Sdage précise « *qu'un ouvrage équipé d'un dispositif de franchissement efficace, à la montaison et à la dévalaison, doit, dans le calcul du taux de fractionnement, être considéré comme un ouvrage à hauteur de chute nulle* » (orientation 1D). Des modalités d'application de ce principe sont proposées ci-après (paragraphe 6).

En visant les dispositifs de franchissement à la montaison et à la dévalaison, le texte de la disposition 1D-1 n'évoque pas le transport suffisant des sédiments. Ce paramètre est encore difficile à qualifier et quantifier précisément, même s'il correspond à un enjeu important pour le fonctionnement équilibré des cours d'eau, en particulier pour la Loire et certains de ses grands affluents comme l'Allier ou le Cher (incision du lit).

La définition du taux de fractionnement vise uniquement la continuité biologique. Les réductions d'impact à prendre en compte dans le calcul du taux de fractionnement se limitent donc :

- aux gains apportés par les équipements mis en place et gérés pour assurer la libre circulation des poissons,
- aux solutions de transparence migratoire mise en œuvre par gestion d'ouvrage.

3.5 Spécificités du taux de fractionnement par rapport au taux d'étagement

Le taux d'étagement ne dépend que des caractéristiques physiques des ouvrages (hauteur de chute) et du milieu (pente). La valeur du taux d'étagement est la même pour toutes les espèces. Cependant, les exigences écologiques des espèces inféodées au milieu sont à prendre en compte pour l'évaluation des incidences de l'étagement sur les composantes biologiques de l'hydrosystème.

Le taux de fractionnement traduit plus spécifiquement l'altération de la continuité longitudinale. En outre, le Sdage précise qu'un ouvrage équipé d'un dispositif de franchissement ou géré de façon efficace au regard d'un objectif de continuité écologique doit, dans le calcul, être considéré comme un ouvrage à hauteur de chute nulle. Le taux de fractionnement d'un tronçon de cours d'eau peut donc être différent selon les espèces, en fonction des cibles biologiques retenues, de la sélectivité des dispositifs de franchissement et des solutions de gestion mises en place pour réduire les impacts des chutes artificielles sur la libre circulation de ces espèces. En ce sens, il fait appel à des données biologiques spécifiques.

4 Sources de données et échelles de calcul des indicateurs

4.1 Hauteurs de chute

Le calcul des taux d'étagement et de fractionnement nécessite de disposer de la hauteur de chute à l'étiage de tous les ouvrages transversaux existant sur le linéaire considéré. Actuellement, la seule source de données commune mobilisable à toutes les échelles est le Référentiel des obstacles à l'écoulement (ROE géré par l'ONEMA).

Malgré l'intérêt des utilisateurs du ROE pour la connaissance des hauteurs de chute, cette information reste insuffisamment renseignée et partagée au niveau national et à l'échelle du bassin (figure 7). Cette donnée fait actuellement l'objet d'un effort

particulier d'enrichissement du référentiel par enregistrement de nouveaux ouvrages (à recenser) et de compléments d'information sur leur dimension. À moyen terme, cette information devrait être rassemblée et gérée dans une base de données métier complémentaire au ROE (BDOe), contenant la hauteur de chute (à l'étiage), assortie de la date de la mesure et de la source de l'information.

Quand la hauteur de chute n'est pas renseignée dans le ROE, l'opérateur qui cherche à calculer un taux de fractionnement ou d'étagement a deux possibilités :

- soit appliquer aux ouvrages de hauteur inconnue une hauteur extrapolée à partir des valeurs moyennes disponibles à l'échelle de l'hydro-écorégion et du bassin (voir *bilan ROE, ONEMA DiR 4, août 2016*). Ces valeurs sont calculées pour les obstacles de type « seuil », « barrage » et « obstacle induit par un pont »,

- soit mesurer la hauteur de chute des ouvrages de hauteur inconnue. Dans ce cas, l'opérateur contactera le service départemental de l'ONEMA pour que les données récoltées puissent enrichir le ROE. Afin de disposer de données homogènes sur le secteur d'étude, la hauteur de chute doit être mesurée à l'étiage (voir chapitre 3.2).

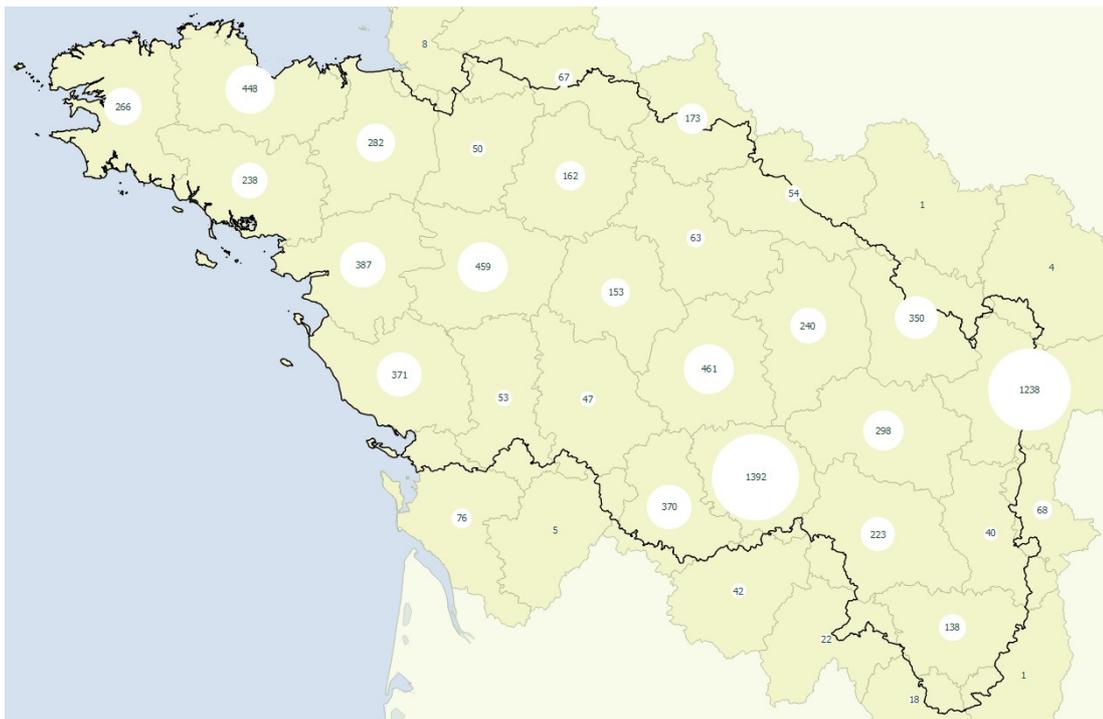


Figure 7 : nombre d'ouvrages sans valeur de hauteur de chute mesurée à l'étiage par département (source ROE juillet 2016)

4.2 Echelles de calcul

Des échelles différentes peuvent être utilisées pour rapporter le cumul des hauteurs de chute aux dimensions verticale (taux d'étagement) ou horizontale (taux de fractionnement) d'un cours d'eau.

4.2.1 Une échelle imposée par le Sdage : la masse d'eau

Pour répondre aux préconisations du Sdage, l'échelle de la masse d'eau s'impose pour le taux d'étagement. Elle est préconisée pour le taux de fractionnement. Cette préconisation vise à permettre de rapprocher ces indicateurs des paramètres de la directive-cadre sur l'eau (DCE) qui ont tous la masse d'eau comme échelle commune.

Les Sage calculeront *a minima* l'indicateur d'étagement sur les drains principaux des masses d'eau.

Si un suivi du taux de fractionnement est mis en œuvre, il est fortement recommandé que le calcul se fasse aussi, *a minima*, à cette échelle.

4.2.2 Des échelles de travail complémentaires

Pour une meilleure prise en compte des affluents

Le calcul sur le drain principal peut masquer ou accentuer les pressions globales sur la masse d'eau, dans la mesure où les affluents ne sont pas pris en compte dans le calcul.

En complément du calcul des indicateurs sur le drain principal, les Sage pourront intégrer les données disponibles sur les affluents pour affiner l'analyse. Cette analyse complémentaire pourra par exemple se baser sur le calcul d'un taux unique global sur un réseau hydrographique plus large, ou sur le calcul de taux spatialisés sur des tronçons distincts.

Pour une meilleure prise en compte de l'hydromorphologie des cours d'eau

Le calcul des taux à l'échelle de la masse d'eau pose un autre problème, lié à la délimitation des masses d'eau. Celle-ci peut être mal adaptée à la caractérisation hydromorphologique des cours d'eau (délimitation indépendante du rang des cours d'eau et de leur pente).

Il peut donc être intéressant de calculer les indicateurs sur les tronçons géomorphologiques homogènes de l'outil SYRAH (source IRSTEA). Ce découpage a l'avantage d'être conçu pour la caractérisation hydromorphologique des cours d'eau et de couvrir de façon homogène l'ensemble du territoire national. Cette échelle permet de travailler de la même façon sur tous les bassins et tous les cours d'eau avec les mêmes bases de données et la même cohérence hydrographique, quelles que soient les modalités de découpage par masses d'eau.

Dans cette approche, la pression des obstacles est représentée sur la base des tronçons SYRAH regroupés par rang de Strahler homogène.

Ainsi calculés, les taux d'étagement ou de fractionnement peuvent être comparés suivant le gradient longitudinal des cours d'eau :

- d'un bassin à l'autre pour un même niveau de rang hydrographique,
- d'un rang à l'autre pour une même cible biologique, notamment sur un axe de migration.

Cette approche peut permettre une analyse plus fonctionnelle et mieux spatialisée des pressions évaluées par les taux de fractionnement et d'étagement. Elle est particulièrement adaptée à la définition de plans d'actions opérationnels.

Pour plus de précisions, la méthodologie de calcul et de cartographie des indicateurs basés sur les données communes à tous les territoires est détaillée dans le document technique « *Méthode de calcul du taux d'étagement, du taux de fractionnement et de la densité des obstacles à l'écoulement, ONEMA juillet 2016* ».

En outre, les résultats calculés suivant cette méthode (taux brut, cf. paragraphe 6.1), sur tout le territoire métropolitain, sont mis à jour avec le ROE et publiés sous forme de couches cartographiques sur le site data.eaufrance.fr.

5 Définition d'objectifs de réduction du taux d'étagement

5.1. Objectif de bon état

L'objectif général du Sdage et de son programme de mesures est double :

- éviter toute accentuation de la pression exercée par les seuils et barrages sur les milieux aquatiques,
- encadrer les actions menées sur les ouvrages dans le périmètre des Sage.

Le but est d'obtenir un gain optimal en matière de fonctionnement écologique et de qualité sur l'ensemble des composantes du bon état des cours d'eau.

Afin de répondre à cet objectif, les Sage doivent contribuer à la connaissance de la situation actuelle et à l'orientation des actions sur leur territoire (disposition 1C-2 du Sdage) :

- 1) connaître et suivre précisément l'évolution du taux d'étagement de leurs masses d'eau,
- 2) identifier, dans le cadre du plan d'aménagement et de gestion durable, les mesures nécessaires à la restauration durable des hydrosystèmes.

5.2. Objectifs de réduction du taux d'étagement

- Le Sdage Loire-Bretagne ne demande pas de fixer systématiquement un objectif de réduction du taux d'étagement sur l'ensemble des cours d'eau. Cette fixation d'objectifs de réduction doit concerner *a minima* les masses d'eau sur lesquelles sont observés des dysfonctionnements hydromorphologiques liés à la présence d'ouvrages transversaux (disposition 1C-2).

En lien avec les préconisations liées à l'échelle de calcul du taux d'étagement (cf. paragraphe 4.2.1), **cet objectif de réduction est fixé a minima pour le drain principal de la masse d'eau**. Des objectifs complémentaires peuvent être fixés selon les échelles de travail proposées au paragraphe 4.2.2.

- Pour atteindre cet objectif, la même disposition prévoit que le plan d'aménagement et de gestion durable (PAGD) du Sage comporte **un plan d'actions** identifiant les mesures nécessaires à la restauration durable du fonctionnement des hydrosystèmes (morphologie des cours d'eau, continuité écologique...). Ce plan d'actions répond à la fois aux objectifs des dispositions 1C-2 (impacts sur l'hydromorphologie) et 1D-4 (impacts sur la continuité longitudinale).

- Les études engagées pour définir le plan d'actions doivent permettre d'identifier les ouvrages sur lesquels il convient d'intervenir en priorité ainsi que les ouvrages qui doivent être effacés, ceux qui peuvent être arasés ou ouverts partiellement, ceux qui peuvent être aménagés avec des dispositifs de franchissement efficaces, et ceux dont la gestion doit être adaptée ou améliorée (ouverture des vannages...).

- Orienté dans le sens de la réduction du taux d'étagement, le plan d'actions donne priorité aux solutions d'effacement, puis aux solutions intermédiaires de réduction ou d'ouverture de seuil (disposition 1D-3 du Sdage).

- La recherche de réduction du taux d'étagement n'exclut pas la possibilité d'une augmentation localisée de ce taux. Ceci peut être le cas, par exemple, lors de la réalisation d'un projet d'intérêt général majeur (article 4.7 de la DCE) ou lorsque la compensation prévue par la disposition 1D-1 porte sur un autre bassin versant.

6 Précisions spécifiques pour le calcul du taux de fractionnement

L'orientation 1D précise que ***les ouvrages équipés d'un dispositif de franchissement efficace, à la montaison et à la dévalaison, doivent être considérés dans le calcul du taux de fractionnement comme des ouvrages à hauteur de chute nulle.***

L'intégration de l'efficacité des dispositifs de franchissement dans le calcul du taux de fractionnement est complexe. Elle suppose de définir la – ou les — espèce(s) à prendre en compte dans le calcul, et d'apprécier les performances des dispositifs de franchissement pour cette – ou ces – espèce(s), à la montaison comme à la dévalaison.

Pour calculer le taux de fractionnement, il est donc recommandé de procéder en deux étapes complémentaires :

- 1) calculer d'abord un premier indicateur ne prenant en compte que la dimension physique de l'effet barrière dans un premier temps : **taux brut** (voir paragraphe 6.1),
- 2) calculer ensuite un ou plusieurs indicateurs intégrant une – ou des – espèces cible(s) : **taux spécifique** (voir paragraphe 6.2).

6.1 Taux de fractionnement brut

Il est défini un **taux de fractionnement brut**, comme la valeur maximale qui ne prend pas en compte les dispositifs de franchissement aménagés pour les poissons migrateurs.

Il se justifie en première approche pour deux raisons :

- 1) pour le suivi de l'efficacité des actions d'équipement, il est utile de connaître la référence la plus élevée du taux de fractionnement pour évaluer le bénéfice de ces dispositifs,
- 2) à large échelle (bassin hydrographique), il est actuellement impossible d'intégrer correctement les dispositifs de franchissement, en l'absence de données fiables et homogènes sur l'existence et l'efficacité réelle de ces dispositifs.

Cette simplification n'a pas d'incidence notable à large échelle dans la mesure où l'effet global des dispositifs de franchissement reste très limité par rapport à l'étendue des éléments biologiques à prendre en compte dans le cadre de la DCE. En effet :

- la présence de dispositifs de franchissement plurispécifiques concerne moins de 3 % des ouvrages référencés en Loire-Bretagne (bilan ROE Loire-Bretagne juillet 2016),
- parmi les organismes vivants à prendre en compte dans le cadre de la DCE (indicateurs biologiques), les dispositifs de franchissement ne peuvent être efficaces que pour le « compartiment » poissons, et ils sont le plus souvent sélectifs en fonction des espèces et de leurs stades de développement,
- lorsqu'ils sont fonctionnels, ces dispositifs ne réduisent que partiellement l'effet « barrière » des obstacles (jamais 100 % et souvent moins de 50 % de franchissement),
- selon les études réalisées à l'échelle de certains axes ou de certains bassins au cours des dix dernières années, on observe malheureusement que les passes à poissons ne sont réellement fonctionnelles que pour la moitié d'entre elles (fréquents problèmes de gestion, d'entretien, de conception, de dimensionnement ou de calage hydraulique).

NB : l'efficacité des dispositifs de franchissement devrait progresser favorablement dans les années à venir, avec l'amélioration des techniques disponibles et avec les efforts de gestion et d'entretien à consentir. Toutefois, les problèmes de fonctionnement sont réels en l'état actuel des aménagements et de leur gestion.

C'est ce taux de fractionnement brut, calculé de manière homogène sur le territoire national, qui fait l'objet d'une diffusion sur le site data.eaufrance.fr.

Pour plus de précision, la méthodologie de calcul et de cartographie de cet indicateur brut est détaillée dans le document « *Méthode de calcul du taux d'étagement, du taux de fractionnement et de la densité des obstacles à l'écoulement, ONEMA juillet 2016* ».

6.2 Taux de fractionnement spécifique

6.2.1 Prise en compte des espèces et choix d'une cible

Le taux de fractionnement rigoureusement calculé en application de la définition du Sdage Loire-Bretagne (orientation fondamentale 1D + glossaire) est dénommé « **taux de fractionnement spécifique** ».

L'évaluation des dispositifs de franchissement n'ayant pas de sens sans préciser les espèces considérées, **ce taux est nécessairement associé à une espèce cible** (exemple « *taux de fractionnement spécifique pour la grande alose* ») ou, de façon plus complète, à toutes les espèces à prendre en compte pour apprécier l'efficacité des dispositifs de franchissement (exemple « *taux de fractionnement spécifique pour l'anguille, la grande alose, la lamproie marine et le saumon* »).

A minima, il est nécessaire de prendre en compte :

- les espèces qui ont servi de base dans le Sdage à la définition des principaux cours d'eau dans lesquels une protection complète des migrateurs est nécessaire (disposition 9A-1 et annexe 2),
- les espèces listées dans l'arrêté du 10 juillet 2012 du préfet coordonnateur de bassin, pour les cours d'eau classés en liste 2 au titre de l'article L. 214-17 du Code de l'environnement.

Les listes régionales d'espèces holobiotiques à prendre en compte pour la mise en œuvre des classements en liste 2, et leurs déclinaisons locales, établies en application de la note de cadrage du bassin Loire-Bretagne (STB, 2013), pourront aussi servir de base à l'identification des espèces cibles pour le calcul du taux de fractionnement.

L'identification de la cible spécifique retenue est également importante pour affiner le calcul du taux de fractionnement lorsque la saison de migration de l'espèce (ou du groupe d'espèces) visée est différente de l'étiage et que les conditions hydrauliques sont spécifiques. Dans ce cas, c'est la hauteur de chute moyenne rencontrée pendant la période de migration visée qu'il convient de retenir. Cette précision

s'impose plus particulièrement lorsque les ouvrages font l'objet d'ouvertures coordonnées ciblées sur une période migratoire déterminée.

Le choix effectué par l'opérateur (travail sur l'espèce la plus limitante, ou sur une ou plusieurs espèces emblématiques, ou sur toutes les espèces cibles présentes) est fonction du contexte environnemental et réglementaire, des connaissances et des moyens disponibles. **Ce choix devra dans tous les cas être clairement précisé.**

6.2.2 Évaluation de l'efficacité des dispositifs de franchissement

Pour qu'un obstacle soit retiré du calcul du taux de fractionnement, il doit être franchissable à la montaison et à la dévalaison. Cela nécessite d'évaluer l'efficacité des dispositifs de franchissement dont il est éventuellement équipé.

- Un dispositif efficace à la montaison doit répondre aux exigences suivantes, individuellement pour l'espèce visée ou intégralement pour toutes les espèces à prendre en compte :
 - **implantation adaptée et attractivité** du dispositif pour que la majorité des individus migrants trouvent l'entrée biologique (rives d'implantations, débits concurrentiels...),
 - **conception adaptée** (type de passe),
 - **dimensionnement et fonctionnement adaptés** (calage hydraulique par rapport aux lignes d'eau, équilibre hydraulique interne, dissipation d'énergie...),
 - **bon entretien.**

NB : le défaut d'attractivité constitue souvent le facteur le plus limitant et le plus difficile à quantifier dans l'évaluation de l'efficacité des dispositifs de franchissement.

- Pour la dévalaison, les techniques disponibles ou certains modes de gestion permettent d'envisager une mortalité quasi nulle dans les équipements hydroélectriques (turbines ichtyocompatibles, grilles fines avec exutoires de dévalaison, arrêts de turbinage aux périodes de migration). Il est donc possible d'évaluer simplement l'existence ou l'absence d'un impact à la dévalaison de manière binaire.

<p>Le Secrétariat technique de bassin (STB) recommande que les dispositifs de franchissement à la dévalaison n'entraînent une réduction de la chute dans le calcul du taux de fractionnement que lorsque l'ouvrage ainsi équipé occasionne une mortalité quasi nulle à la dévalaison, pour les espèces cibles.</p>

L'évaluation de l'efficacité des dispositifs de franchissement fait appel à des études approfondies. Elle se décline nécessairement espèce par espèce selon de nombreux paramètres biologiques : capacité de prospection des voies de passage potentielles, vitesses de pointe et de croisière, capacités de nage en écoulement laminaire ou turbulent, endurance, aptitudes au saut ou à la reptation...

La validation des résultats biologiques de ces équipements mobilise des moyens techniques de suivi difficiles à mettre en œuvre sur chaque ouvrage (radiopistage ou marquage-recapture...).

A minima, l'expertise de l'efficacité des dispositifs de franchissement doit s'appuyer sur une bonne connaissance du fonctionnement hydraulique des ouvrages, mais aussi de la biologie et du comportement des espèces à prendre en compte. Dans la mesure où les vérifications biologiques ne sont pas généralisables sur tous les ouvrages, l'évaluation des dispositifs de franchissement doit s'appuyer sur les retours d'expériences qui ont bénéficié de moyens suffisants en termes de validation biologique.

6.2.3 Limites du taux de fractionnement

- Le taux de fractionnement, tel que prévu par le Sdage, n'intègre pas l'aspect partiel de l'efficacité des dispositifs de franchissements.

Quelle que soit la méthode d'évaluation (radiopistage, marquage-recapture...), toutes les études techniques et scientifiques réalisées en France ou à l'étranger concluent à l'efficacité partielle des passes à poissons, jamais 100 %. À titre d'exemple, les équipements permettent le franchissement de 70 % des individus migrants pour ce qui concerne la grande alose, dans le meilleur des cas ⁽¹⁾. Pour le saumon atlantique, espèce la plus performante et la mieux ciblée en matière d'équipement de montaison et de gestion, le niveau d'efficacité peut être supérieur, mais ce dernier ne dépasse jamais 95 %.

Dans la pratique, les taux de transfert observés sur les grands migrateurs à travers les passes à poissons fonctionnelles (de l'aval vers l'amont) sont souvent plus proches de 50 % voire inférieurs.

L'annulation totale de la hauteur de chute assimile les dispositifs de franchissement à des dérasements complets, alors que le résultat écologique des dispositifs (réduction partielle d'impact pour certaines espèces) n'est pas équivalent.

- Le taux de fractionnement ne prend pas en compte le fait que l'effet « barrière » n'augmente pas de manière illimitée avec la hauteur de chute de l'ouvrage, contrairement à l'effet « retenue ».

En effet, un ouvrage totalement infranchissable de 15 mètres aura un poids 3 fois plus important dans le calcul qu'un ouvrage totalement infranchissable de 5 mètres,

¹ Les références les plus récentes et complètes concernant l'efficacité des dispositifs de franchissement ont été présentées au colloque international de Bergerac les 14 et 15 octobre 2015 relatif au programme LIFE alose (<http://www.onema.fr/14-et-15-octobre-2015-colloque-Life+Alose>). Un rapport a été publié récemment à ce sujet (Actualisation des connaissances sur l'efficacité et la conception des dispositifs de montaison pour l'alose, Projet LIFE09 NAT/DE/000008, Conservation and restoration of the alis shad in the Gironde and the Rhine watershed, actionA1, ONEMA, WSP France S.A.S., avril 2016).

alors que leurs effets sur la seule franchissabilité piscicole est généralement identique (indépendamment de l'effet « retenue », qui sera très différent). De même, l'effacement d'un ouvrage de 15 mètres réduira plus fortement le taux de fractionnement que l'effacement d'un ouvrage de 5 mètres.

Cette limite devra faire l'objet d'une vigilance particulière lorsque des ouvrages de grande hauteur sont présents sur le tronçon considéré.

7 Analyse de relation entre taux d'étagement et état des eaux

À la demande du STB Loire-Bretagne, les délégations Bretagne-Pays de la Loire et Centre Poitou-Charentes de l'ONEMA ont effectué une analyse de correspondance entre la pression d'ouvrages décrite par le taux d'étagement et l'état des eaux indiqué par les peuplements piscicoles. Ces travaux ont été effectués avec des moyens limités à 3 stages (*Chapelais 2010, Letourmy 2012, Huet 2012*). Le dernier exercice a été réalisé en différenciant des zones d'eaux calmes (zone à brème) suivant la zonation pente/largeur des tronçons. Deux modèles logistiques multiples ont ainsi été réalisés, en incluant dans l'analyse les perturbations d'ordre physico-chimique.

Les résultats ont été concluants dans le secteur amont et central de la zonation. En effet, on note des coïncidences significatives entre le taux d'étagement et l'état des peuplements piscicoles dans les zones à truite, ombre et barbeau. En d'autres termes, on observe que plus l'étagement est important, plus la qualité des peuplements piscicoles est dégradée (augmentation de métrique dans IPR).

La transformation d'un milieu courant en milieu lent en amont de l'ouvrage (effet « retenue ») entraîne la modification de la biocénose aquatique dont l'ichtyofaune. Les espèces rhéophiles sont les premières touchées, laissant place au développement d'espèces limnophiles adaptées aux milieux d'eaux calmes et plus chaudes.

Dans les zones à brème, l'analyse n'a pas donné de résultat significatif. Cette absence de résultat traduit probablement la moindre sensibilité des espèces caractéristiques des zones aval par rapport à l'effet « retenue ». L'absence de résultat significatif peut aussi être liée aux incertitudes qui pèsent sur les indices (étagement et IPR) dans un contexte caractérisé à la fois par :

- de très faibles pentes (défaut de précision sur le dénivelé naturel pour le calcul du taux d'étagement),
- de très fortes pressions liées aux ouvrages (déficit de référence naturel pour l'IPR),
- l'intensification et la superposition de nombreuses pressions différentes, liées à l'occupation anthropique qui pèse sur les zones de plaines et vallées peu pentues.

En fin d'analyse (*Huet 2012*), les perturbations d'ordre physico-chimique apparaissent avoir plus de poids sur le bon état que le taux d'étagement. Cette observation est à relativiser en raison du lien existant entre les deux types de pression. En effet, la perturbation des paramètres physico-chimiques est l'un des

nombreux impacts attribués aux ouvrages transversaux. Le ralentissement des écoulements dans les biefs est notamment à l'origine de l'augmentation des phénomènes d'eutrophisation, mais également de l'augmentation de la température et de la diminution de l'oxygène dissous. L'impact des pressions physico-chimiques sur la qualité des peuplements piscicoles est donc en partie lié à l'étagement.

La recherche d'une valeur au-dessus de laquelle l'atteinte du bon état écologique serait fortement compromise a conduit le STB Loire-Bretagne à proposer un taux d'étagement maximal de 40 % pour les zones courantes (fiche de lecture du Sdage 2010-2015). En effet, au-delà de 40 % d'étagement, moins de la moitié des stations RCS présentent des peuplements piscicoles de bonne qualité et sont en bon état écologique.

Ainsi, à ce niveau d'emprise des obstacles sur l'hydromorphologie du cours d'eau, la valeur des indicateurs de qualité biologique, tels qu'ils sont conçus, s'éloigne des références de bon état sur au moins la moitié du linéaire par écart avec les biocénoses attendues :

- présence d'espèces qui ne devraient pas être observées dans la situation de référence du cours d'eau (composante biologique caractéristique des eaux lentes),
- absence des espèces qui devraient être observées en situation de référence (composante biologique caractéristique des écoulements libres).

Cette référence de 40 %, retenue par le STB Loire-Bretagne en s'appuyant sur les études menées depuis 2010 sur ce bassin, est cohérente avec l'objectif d'atteinte du bon état. En termes de référence maximum acceptable, il est à noter que le Sdage bassin Seine-Normandie va plus loin que le Sdage Loire-Bretagne, en indiquant que le taux d'étagement doit être inférieur à 30 % sur les cours d'eau où il est nécessaire d'assurer la protection complète des poissons migrateurs amphihalins.

Cette référence peut être adaptée en fonction des contextes locaux et des enjeux des territoires. Cependant, en l'état actuel de la connaissance et des pressions connues sur le bassin Loire-Bretagne, tout objectif d'étagement plus élevé se traduira très probablement par une plus grande difficulté, voire une impossibilité, d'atteindre le bon état.