

Biodiversité et caractéristiques physiques des cours d'eau

Jean-Claude PHILIPPART

Université de Liège, Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Unité de Biologie du Comportement, Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie, 10 Chemin de la Justice, B-4500 Tihange, Belgique. E-mail : jcphilippart@ulg.ac.be

1. Introduction

La composition des biocénoses aquatiques végétales et animales est déterminée de manière majeure par les conditions générales d'habitat associées aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau (température, salinité, minéralisation, pH, alcalinité-dureté, teneur en calcium, matières azotées, concentration en oxygène dissous, etc.) et aux caractéristiques hydromorphologiques structurelles du milieu qui forment l'habitat physique.

L'habitat physique des organismes aquatiques et spécialement de la faune est une combinaison de caractéristiques écologiques liées : i) à la géomorphologie du cours d'eau (pente du cours, largeur, profondeur, vitesse du courant, nature et structure du substrat du fond, forme du lit et des berges, activité des processus d'érosion-sédimentation, charge des matières en suspension endogènes et exogènes, présence de systèmes latéraux, degré de connectivité longitudinale et latérale), ii) au climat qui influence le régime thermique (moyenne annuelle, mois le plus chaud), l'ensoleillement, la pluviosité et le régime des débits (en termes de module et de variabilité mensuelle et interannuelle) et iii) à la végétation présente dans le lit et au niveau des berges ainsi qu'aux embâcles, comme sources ou supports de nourriture, lieux de dépôt des oeufs, milieux de refuge et facteurs d'ombrage.

Beaucoup de caractéristiques physiques des milieux aquatiques sont étroitement interdépendantes (par ex. relation entre la pente du cours, la vitesse du courant et la granulométrie des matériaux du fond ; effet de l'ombrage par la ripisylve sur la température de l'eau) et certaines d'entre-elles influencent la composition chimique de l'eau (réoxygénation favorisée par la turbulence de l'eau). Une autre particularité de l'habitat physique des cours d'eau en système naturel est leur extrême variabilité temporelle (dynamique) en réponse à l'action des crues morphogènes. Par ailleurs, les caractéristiques physiques structurelles des cours d'eau sont fortement influencées par un ensemble d'interventions humaines, parfois anciennes, qui concernent la modification de la profondeur et de l'écoulement de l'eau (barrages de tous types), du régime des débits (rétention et dérivation d'eau, de la morphologie du lit et des berges (rectification, canalisation, chenalisation, etc.) et des apports de fins sédiments qui colmatent les fonds caillouteux (rejets directs en rivière et apports dus à l'érosion des berges et du bassin versant).

Nous allons évoquer quelques aspects de l'influence des caractéristiques physiques des cours d'eau sur des éléments de la biodiversité de leurs biocénoses animales et spécialement ichthyennes, en termes de présence de certaines espèces, d'abondance des populations de ces espèces et de possibilités pour celles-ci d'exécuter toutes les phases d'un cycle vital qui implique des migrations vers l'amont et l'aval.

2. Exigences générales des organismes animaux pour l'habitat physique

Les exigences de la faune aquatique pour l'habitat physique concernent les différentes fonctions vitales (se reproduire, se nourrir, s'abriter, se déplacer ou effectuer des migrations) et les divers stades de développement ou tailles: oeufs, embryons, larves, alevins, adultes chez les

Poissons. Les exigences et limites de tolérance des espèces pour les différentes composantes de l'habitat physique représentent leurs besoins autoécologiques de base et définissent leur appartenance à des catégories écologiques ou guildes d'habitat. Des informations sur les exigences écologiques des espèces pour l'habitat physique sont contenues dans les ouvrages spécialisés (pour les poissons en Wallonie, voir : Baras, 1992 ; Kestemont et al., 2002, 2004 ; Philippart, 2000, 1999 ; Philippart et Vranken, 1983 ; Poncin, 1993).

En terme spatial, les besoins pour d'habitat s'expriment à l'échelle du domaine vital des espèces, c'est-à-dire de l'aire ou de la longueur de cours d'eau exploitée par les organismes pour accomplir leur cycle vital. Le domaine vital peut mesurer à peine quelques dizaines de mètres chez un petit poisson sédentaire comme le chabot. Mais il peut atteindre près de 4-5 000 Kms chez les poissons grands migrateurs amphihalins comme l'anguille et le saumon qui voyagent entre l'océan et les eaux douces continentales vice-versa (voir Philippart, 2005).

3. Niveaux d'approche de la biodiversité aquatique en eau courante

La biodiversité d'un cours d'eau peut être caractérisée à plusieurs niveaux :

- (a) En considérant l'ensemble de toutes les espèces animales et végétales présentes effectivement ou potentiellement (habitat dégradé) dans le milieu ;
- (b) En prenant en compte prioritairement des espèces indicatrices de grande valeur écologique du milieu, souvent fortement menacées ou localement éteintes (voir Etat de l'Environnement wallon 2006, Cas des Poissons : Philippart, 2007) ;
- (c) En centrant l'analyse sur des espèces et habitats aquatiques (spécialement la rivière à renoncule) d'intérêt communautaire au sens de la Directive UE FF (Faune-Flore-Habitat), base de Natura 2000 (De Wolf, 2004) ;
- (d) A un niveau d'analyse plus complexe, en considérant les composantes génétiques et comportementales de la biodiversité, particulièrement chez les poissons.

Par rapport aux objectifs de gestion de la faune et son habitat, il est logique d'approcher prioritairement le problème aux niveaux (b) et (c), en visant les espèces et populations de grande valeur patrimoniale et halieutique qui sont les plus susceptibles de contribuer à une évolution significative de la biodiversité dans un sens négatif (risque de disparition ou de régression démographique) ou positif (perspectives d'amélioration grâce à des actions de restauration).

4. Caractéristiques morpho-hydrauliques du milieu

Hormis la température souvent déterminante pour les animaux poecilothermes, la composante majeure de l'habitat physique d'un milieu aquatique est sa morpho-hydraulique, c'est-à-dire sa structuration spatiale et temporelle en termes de profondeur de l'eau, de vitesse du courant et de substrat (composition, granulométrie et agencement des matériaux du fond). La combinaison des variables profondeur-vitesse-substrat détermine une mosaïque spatiale d'habitats et de microhabitats qui se rattachent à deux types extrêmes :

- (a) l'habitat à courant rapide, profondeur faible à moyenne, substrat constitué de matériaux grossiers (blocs, cailloux). C'est le milieu lotique qui abrite une biocénose où dominent les espèces rhéophiles, inféodées aux substrats caillouteux et qui sont généralement aussi exigeantes en eau froide < 18 °C (espèces cryophiles) et bien oxygénée (espèces oxyphiles). Cette biocénose est celle qu'on rencontre dans la partie supérieure des cours d'eau à forte pente dans le bassin de la Meuse (zones à truite et à ombre) ;

(b) l'habitat à courant lent, profondeur moyenne à grande, substrat constitué de matériaux fins (fin gravier, sable, vase). C'est le milieu lentique qui abrite une biocénose où dominent les espèces limnophiles, inféodées aux substrats fins et qui sont généralement assez tolérantes à une eau peu oxygénée et relativement chaude (max. 26°C) . Cette biocénose est celle qu'on rencontre dans les cours d'eau de plaine à faible pente dans le bassin de l'Escaut et dans la partie moyenne et inférieure des grands cours d'eau affluents de la Meuse.

La particularité écologique fondamentale des cours d'eau est que leur structure en termes d'habitat physique évolue naturellement de l'amont vers l'aval, en relation avec, d'une part, l'augmentation du débit, de la largeur, de la profondeur (et aussi de la température) et, d'autre part, la diminution de la pente moyenne, de la vitesse du courant, de la granulométrie des particules du substrat (et aussi de la concentration en oxygène dissous). Cette évolution amont/aval de l'habitat dans un cours d'eau se traduit par un accroissement de la diversité en espèces qui, dans le cas des poissons, définit la 'zonation piscicole' au sens de Huet (1949). Chez les poissons par exemple, l'Ourthe abrite naturellement 3 espèces (truite, chabot, petite lamproie) dans son cours supérieur mais ce nombre passe à près de 25 dans la partie du cours en contact avec la Meuse.

Par rapport à des caractéristiques morpho-hydrauliques clés, la richesse locale en espèces d'un tronçon de cours d'eau dépend de la diversité des microhabitats représentés qui est associée à l'hétérogénéité du milieu dans un sens longitudinal (avec l'alternance de profonds et de rapides ou radiers), dans un sens latéral (grâce à la méandration et à l'existence d'une dissymétrie transversale et, même, dans le sens vertical (avec la perméabilité du substrat sur une certaine épaisseur). Cette grande hétérogénéité spatiale du milieu est garantie par le caractère naturel, non ou peu aménagé du milieu (photo 1) ainsi que par la variabilité temporelle des débits et l'action des crues morphogènes. Cet aspect de la question est détaillé dans plusieurs ouvrages sur l'écologie des rivières et leur gestion (pour la Wallonie voir : Verniers et al., 1985, Verniers, 2005, Dupont, 1998).



Photo 1. Contraste entre deux tronçons de la Méhaigne présentant des conditions d'habitat hydromorphologique (à gauche) assez hétérogènes en tronçon relativement naturel et (à droite) très homogènes en tronçon hydrauliquement aménagé.

5. Le rôle essentiel de la qualité du substrat

Beaucoup d'espèces rhéophiles ont impérativement besoin d'un substrat caillouteux perméable et bien oxygéné pour pondre leurs oeufs (cas chez les poissons lithophiles comme le saumon atlantique, la truite commune, l'ombre et le barbeau), pour effectuer le début de leur développement (chez les jeunes moules perlières) et pour passer leur vie larvaire (nombreux insectes terrestres au stade adulte). Quand un substrat caillouteux est colmaté par des fins sédiments (matières en suspension rejetées directement ou apportées par l'érosion des sols et des berges ou par les travaux en rivière), on enregistre une diminution de la survie des organismes pendant leur

phase de vie intra-gravier (figure 1) qui peut devenir nulle et entraîner l'élimination locale des espèces fragiles. Il devient indispensable de mener des actions énergiques pour lutter contre ce phénomène du colmatage des fonds dans le sens de la prévention et de la restauration.

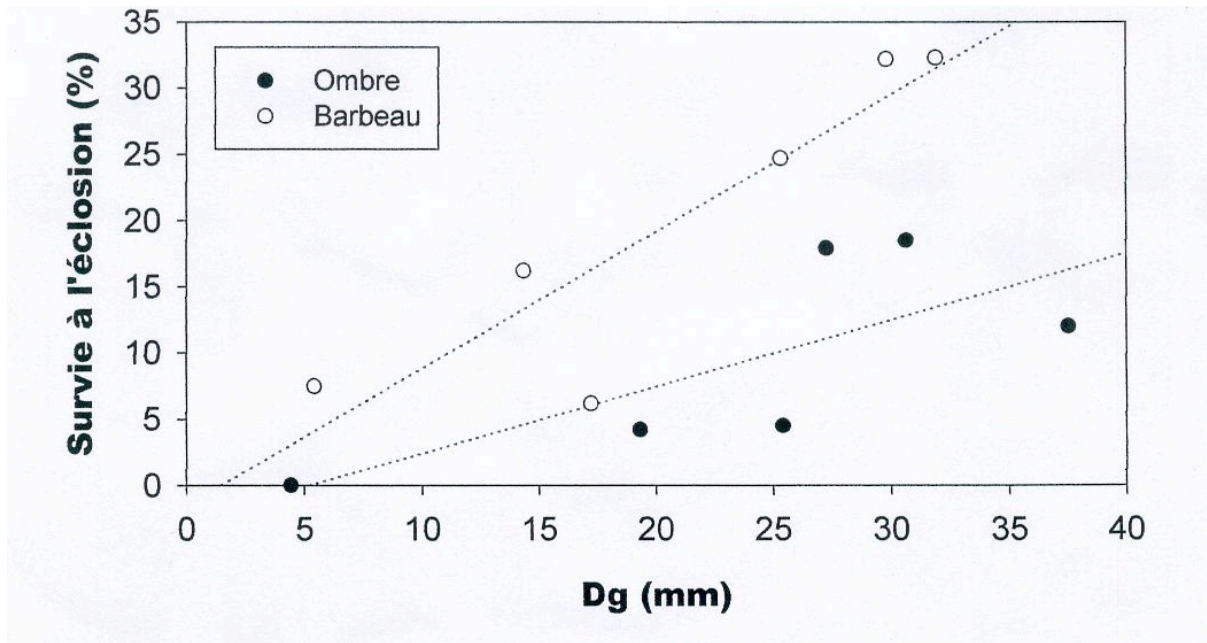


Figure 1. Relation entre la survie à l'éclosion des embryons d'ombre (dans l'Aisne) et du barbeau (dans l'Ourthe) dans des incubateurs artificiels implantés dans le substrat et le diamètre moyen ($D_g = (D_{16} \times D_{84})^{0,5}$) des particules du substrat (Parkinson et al., 1999). Les sédiments fins déposés sont mortels pour les jeunes poissons des espèces rhéophiles et lithophiles.

Chez la petite lamproie, espèce patrimoniale Natura 2000, la larve ammocète vit 4 années dans des dépôts de fins sédiments riches en matières organiques. La survie des populations de l'espèce dans un cours d'eau est directement dépendante du maintien de ce microhabitat sédimentaire particulier.

Le chabot, autre espèce patrimoniale Natura 2000, a besoin d'un substrat de gros cailloux pour servir de gîte-refuge et de lieu de ponte (paquets d'oeufs collés sous les pierres). Dans certains cours d'eau pauvres en ce type de substrat, les populations du chabot pourraient être préservées, voire renforcées, par la réimplantation de blocs et gros cailloux selon des modalités à déterminer.

6. Rôles de la berge et de la ripisylve comme élément de l'habitat physique d'un cours d'eau

La berge et la ripisylve peuvent être considérées comme d'importants éléments de l'habitat physique en milieu aquatique, notamment à travers des rôles mécaniques divers.

- Les racines servent d'abris à de nombreuses espèces (y compris des vertébrés terrestres fortement inféodés au milieu aquatique comme le cinglé plongeur et la loutre) et de support de ponte aux organismes pondreux phytophiles, notamment des poissons comme la perche, le gardon, les brèmes commune et bordelière, la tanche et la carpe commune. C'est cette fonction qui est gravement affectée par les perturbations des régimes hydrologiques associés à la gestion des barrages pour la production d'hydroélectricité (fonctionnement en éclusées entraînant des variations incessantes du niveau d'eau).

- Le bois mort tombé dans l'eau contribue à former des embâcles au niveau desquels se forment des mosaïques de microhabitats attractifs pour beaucoup d'espèces d'invertébrés et de poissons. Il faut donc être particulièrement attentif aux interventions en cours d'eau (cf. opérations de nettoyage) qui consistent à enlever les accumulations de débris végétaux

- Le feuillage apporte de l'ombrage pendant l'été dans les moyens et grands cours d'eau (mais une fermeture complète de la voûte végétale n'est pas favorable aux petits cours d'eau) et influence le régime thermique en limitant le réchauffement estival.

7. Importance des annexes hydrauliques du type noue et bras mort

Les noues et les bras morts sont des constituants écologiquement très importants des hydrosystèmes lotiques. Ce sont des milieux qui, en bordure des cours d'eau à courant rapide, offrent un habitat accueillant pour les espèces lenticques (parmi les poissons, cas de la tanche, du carassin et de la carpe mais aussi d'espèces très rares comme la loche d'étang). Ils constituent l'habitat de ponte recherché par le brochet (parfois au terme d'une longue migration de reproduction en remontée) et par la lotte de rivière très rare. Ils fonctionnent comme des nurseries pour les jeunes poissons rhéophiles (hotu, chevaine, vandoise) nés au niveau des radiers dans une rivière rapide. Enfin, ils constituent pour toutes les espèces des refuges hydrauliques efficaces pendant les périodes de hautes eaux et de crue.

Vu leur importance stratégique pour le maintien de certaines espèces qui y résident en permanence (loche d'étang par ex) et pour la réalisation du cycle de vie d'espèces qui y séjournent au moment de la reproduction (cas du brochet, de la tanche), les annexes fluviales nécessitent des mesures urgentes de gestion portant sur leur préservation même (pas de comblement, maintien d'une connexion avec le cours d'eau principal) et sur leur restauration structurelle et fonctionnelle. Mais en cette matière, on veillera à n'entreprendre des travaux de 'restauration de frayères' ou de 'création de nouvelles frayères' qu'en toute connaissance de cause, en prévoyant la mise en œuvre des bonnes techniques (photo 2) et en procédant à une évaluation technique et scientifique des interventions.



Photo 2. Contraste entre une bonne frayère naturelle à brochet (à gauche : frayère de Bomal dans l'Ourthe, détruite au début des années 1990 par des travaux de recreusement ; Balzat, 1993) et une mauvaise frayère artificielle creusée dans un dépôt alluvial (à droite : frayère de l'île du lion à Poulseur).

8. Régimes hydrologiques naturels et perturbés

Le régime hydrologique est un élément majeur de l'habitat physique aquatique à travers des caractéristiques naturelles telles que : i) sa diversité en termes d'importance (ordre) du cours d'eau, de mode d'alimentation (ruissellement, milieu karstique) et son degré de variabilité saisonnière et interannuelle, ii) l'importance écologique majeure des crues morphogènes, notamment pour éliminer

les sédiments fins qui colmatent le substrat et pour régénérer les habitats associés aux dépôts sédimentaires et iii) l'incidence écologique majeure de certains étiages.

Aux effets écologiques de la diversité-variabilité naturelle des régimes hydrologiques s'ajoutent souvent ceux des perturbations anthropiques de trois grands types (photo 3, figure 2).



Photo 3. Exemples de forte réduction du débit de base dans deux petites rivières affectées par une dérivation d'eau vers une usine hydroélectrique. A droite : la Vierre en aval du barrage de Suxy. A gauche: la Lhomme à Poix Saint-Hubert.

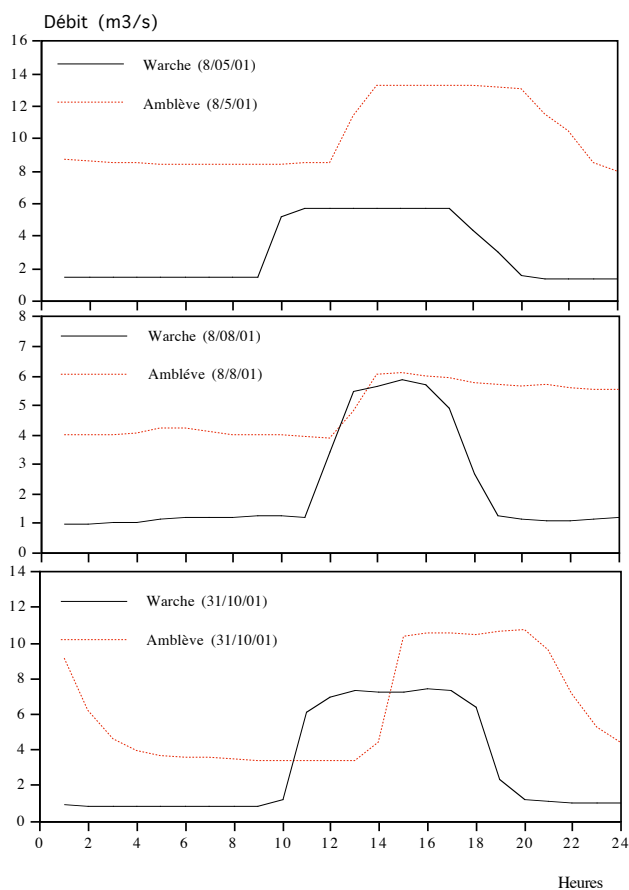


Figure 2. Forte variation journalière du débit de la Warche et de l'Amblève sous l'influence du turbinage par la centrale hydro-électrique du barrage de Robertville à Bévercé en mai, août et octobre 2001 (source des données de débit : SETHY-MET Région wallonne).

- Présence de barrages retenues qui transforment un milieu de cours d'eau peu profond et à courant rapide en un milieu de lac assez profond et à courant faible, avec comme conséquence une modification complète de la faune, dans le sens d'une élimination-régression des espèces rhéophiles d'origine au profit d'espèces limnophiles ou indifférentes au courant.

- Forte réduction, voire une annulation périodique, du débit de base par captage, rétention dans un barrage ou dérivation vers un étang ou une centrale hydroélectrique (photo 3). Ce type de perturbation entraîne une diminution de la largeur, de la profondeur, de la superficie utile des abris de berge, de l'accès aux annexes hydrauliques, de la vitesse du courant et de la force érosive (d'où sédimentation accrue des particules fines) et accroît l'amplitude thermique. Chez les poissons, il en résulte généralement un appauvrissement quantitatif (densité et biomasse) des populations des espèces de grande taille (truite, ombre) avec parfois compensation sous la forme d'une augmentation des espèces de petite taille (chabot, loche franche) (voir Ovidio et al., 2007). La gestion de cette composante de l'habitat aquatique physique nécessite la prise de dispositions pour maintenir dans le cours d'eau un débit écologique minimum (réservé) qui garantit le maintien d'un fonctionnement écologique le plus naturel possible.

- Fortes fluctuations journalières du débit (hydropeaking) résultant des turbinages hydroélectriques intermittents (figure 2). Ce type de perturbation entraîne de grandes variations de la hauteur d'eau (et des variables associées), un accroissement de la force érosive (pour le lit, les berges et la végétation) lors des pics de débit (Assani et Petit, 2003), une instabilité journalière du milieu et des phénomènes d'exondation-inondation de certains microhabitats potentiellement utilisables par les poissons comme lieux de ponte et nurseries. Face à ce type de problème, s'imposent aussi de nouvelles mesures de gestion.

9. La continuité fluviale et sa rupture par des ouvrages hydrauliques formant obstacle à la mobilité en remontée

Les mouvements vers l'amont sont inscrits dans la biologie de nombreux animaux aquatiques, avec une expression spectaculaire chez les poissons et spécialement chez les espèces amphihalines qui remontent de la mer vers l'eau douce pour s'y reproduire (migrateurs anadromes comme la truite de mer, le saumon atlantique et les lamproies fluviale et marine) ou pour effectuer leur croissance (migrateur catadrome comme l'anguille européenne) (Philippart, 2005).

La continuité fluviale existe normalement en milieu naturel sauf au niveaux des cascades et chutes et des obstacles temporaires tels que les embâcles végétaux et, plus récemment, les barrages de castor. Mais depuis près de deux siècles, la continuité fluviale dans nos régions est fortement perturbée par de nombreux obstacles de tous types édifiés par l'homme : grands barrages retenues, barrages de navigation et à vocation hydroélectrique ou de prise d'eau industrielle, barrages d'alimentation d'installations hydroénergétiques (moulins de tous types) ou d'étangs de pêche et d'agrément, passages en pertuis sur les petits cours d'eau, passages sous les diverses voiries.

La rupture de la continuité longitudinale dans les axes fluviaux et la fragmentation de l'habitat qui en a résulté sont responsables de la perte catastrophique de biodiversité qui a affecté les poissons migrateurs amphihalins (7 espèces éteintes en Wallonie) bloqués par les barrages au moment de leur migration de reproduction vers l'amont (Philippart, 2005). Elle a aussi provoqué la disparition de l'anguille (sauf dans le cas de repeuplements) en amont de tous les grands barrages réservoirs et a perturbé sérieusement la démographie de plusieurs espèces (truite commune, ombre, barbeau, hotu) qui migrent vers l'amont en eau douce (Ovidio et Philippart, 2002). Les réponses techniques au problème de la rupture de la continuité fluviale par des obstacles à la remontée sont (voir Ovidio et al. 2007, ce colloque):

- la connaissance scientifique de la grandeur des domaines vitaux des différentes espèces de poissons qui correspondent à l'expression de leur mobilité naturelle à garantir ;
- la destruction des barrages et seuils devenus inutiles ;
- l'encouragement à ne construire que de nouveaux barrages et seuils de tous types qui soient franchissables par conception ;
- la construction d'échelles à poissons (ou passes migratoires) sur les barrages anciens et récents situés à des endroits stratégiques (en aval des bassins et sous-bassins hydrographiques) pour les poissons migrateurs.

Au cours des deux dernières décennies, des échelles à poissons modernes et performantes ont été construites ou sont programmées sur les barrages de la Meuse néerlandaise (7 barrages) et de la Meuse liégeoise (3 barrages) ainsi que sur ceux de plusieurs affluents et sous-affluents navigables (Ourthe, basse Amblève) et non navigables (Roer aux Pays-Bas et en Allemagne, Berwinne, Vesdre, Amblève, Aisne) du fleuve. C'est cette forme de restauration de l'habitat physique aquatique qui ouvre la perspective réaliste d'une reconstitution (assistée par des repeuplements) du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse wallonne, 70 ans après son élimination causée par les activités humaines. (Programme Meuse Saumon 2000, Malbrouck et al., 2007). On rappellera que les premiers retours effectifs de saumon en Wallonie ont eu lieu en 2002-2003 dans la Meuse à Visé-Lixhe (13 saumons) et dans la Berwinne à Berneau (2 saumons) et que la période fin 2007-début 2008 s'est révélée favorable à de nouveaux retours (2 saumons dans l'échelle à poissons de Lixhe le 31 décembre 2007 et le 24 janvier 2008) (voir <http://www.saumon-meuse.be>). Ces améliorations de la continuité fluviale dans l'axe Meuse internationale-affluents devraient aussi contribuer à la restauration dans nos régions de la biodiversité de la communauté des poissons migrateurs comprenant, en plus du saumon, la truite de mer (variante migratrice de la truite commune), la lamproie fluviatile et la lamproie marine (Philippart, 2003).

10. La continuité fluviale et sa rupture par des ouvrages hydrauliques faisant obstacle à la mobilité en descente

Des mouvements vers l'aval (ou de dévalaison) sont aussi inscrits dans la biologie de plusieurs espèces de poissons, surtout amphihalins. Chez les migrateurs anadromes comme la truite de mer, le saumon atlantique et les lamproies fluviatile et marine, les dévalaisons concernent des juvéniles (généralement < 20 cm) (figure 3, photo 4) tandis que chez un migrateur catadrome comme l'anguille, ils concernent des sujets pré-adultes de grande taille (> 60 -120 cm dans la Meuse à Tihange ; Sonny, 2006).

Pour les poissons en migration de dévalaison, la rupture de la continuité fluviale se traduit surtout par la présence des prises d'eau hydro-électriques qui dérivent la presque totalité du débit des cours d'eau et entraînent cette eau et les poissons qu'elle contient dans les turbines, avec comme conséquence une mortalité immédiate ou différée plus ou moins forte selon les espèces (photo 5), la taille des poissons et les caractéristiques techniques des turbines (Philippart et al., 2003). L'impact écologique global de ces ouvrages de prise d'eau peut être considérable quand plusieurs centrales hydroélectriques se succèdent dans un axe fluvial.

Un autre aspect du problème est l'entraînement forcé des poissons de rivière dans un canal de navigation à grand gabarit, comme cela se marque à hauteur de l'entrée du canal Albert alimenté par la Meuse à Liège. Des études radio-téléométriques ont montré que jusqu'à 70 % des saumoneaux dévalants qui arrivent dans la Meuse à Liège est entraînée dans le canal Albert (et donc vers l'Escaut peu accueillant pour les poissons salmonidés), au lieu de poursuivre leur migration de descente vers la mer dans l'axe Meuse au-delà du barrage de Monsin.

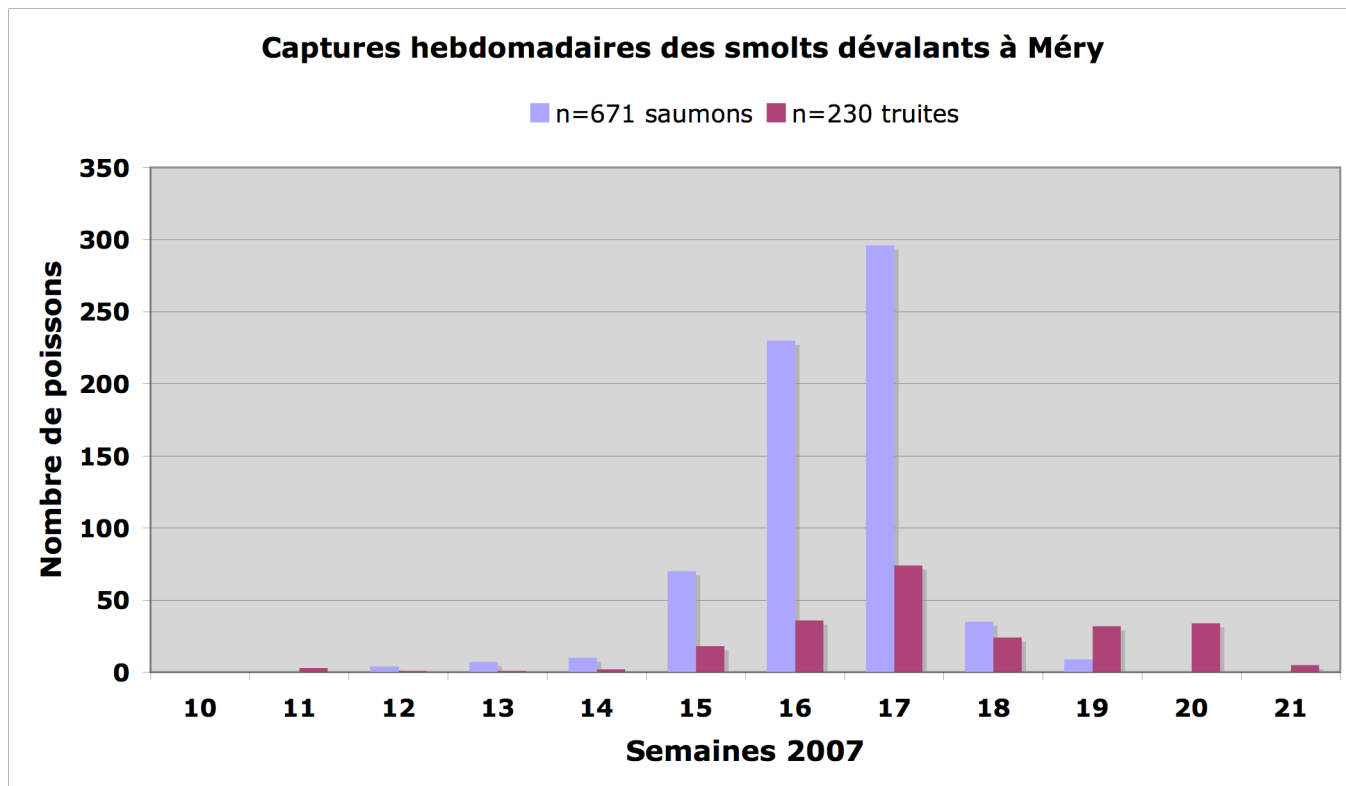


Figure 3. Comparaison des répartitions hebdomadaires des captures de saumoneaux et de truites dans l'exutoire de dévalaison de la prise d'eau hydroélectrique de Méry-Tilff en mars-mai 2007 (semaine 15 = 9 au 15 avril) (Philippart et al., 2007).



Photo 4 . Smolt de saumon atlantique (au-dessus) et de truite commune (en-dessous) capturés dans le piège de dévalaison de la prise d'eau hydroélectrique du barrage de Méry-Tilff sur l'Ourthe en mars-mai 2007.



Photo 5. Effet destructeur du passage d'anguilles argentées dévalantes dans une turbine hydroélectrique.

Les réponses techniques au très grave problème de la rupture de la continuité fluviale par des obstacles à la descente et particulièrement par les prises d'eau hydroélectriques sont (Philippart et Sonny, 2003 ; Ovidio et al., 2007) :

- la construction d'un exutoire de dévalaison à hauteur de la grille de protection de l'entrée de l'eau vers les turbines, combinée à une limitation à idéalement 1-3 cm de l'espacement des barreaux de cette grille et, en cas d'impossibilité, à l'installation d'une barrière ou guide comportemental basé sur l'utilisation d'un stimulus répulsif : lumière, ultrasons ou infrasons (Sonny et al., 2006) ;
- l'utilisation de types de turbines hydro-électriques peu (ou moins) dangereuses pour les poissons (« fish friendly » ou « ichtyophiles »), comme par exemples la turbine hélicoïdale (vis d'Archimède inversée) ;
- le maintien d'un débit suffisant (= débit réservé) sur le déversoir du barrage de prise d'eau pour permettre la dévalaison aisée des poissons, avec, à la limite, une réduction du débit turbiné pendant les périodes de l'année critiques (mi mars - mi mai pour les jeunes salmonidés, automne pour les anguilles).

11. Conclusions et perspectives

Une bonne qualité physico-chimique de l'eau reste de très loin la condition primordiale du maintien et de la restauration (grâce à l'épuration des eaux) de la biodiversité aquatique. Mais dans certains cas, la qualité de l'habitat physique (= hydromorphologique au sens de la Directive Cadre sur l'Eau de l'Union européenne) influence aussi la biodiversité aquatique par un effet déterminant sur des éléments clés des besoins écologiques des espèces : existence d'annexes hydrauliques et de zones humides connectées avec le cours principal, diversité et qualité sédimentologique des substrats de reproduction et de résidence, possibilité de libre mobilité vers l'amont et vers l'aval.

La composante 'continuité fluviale' de l'habitat aquatique physique est particulièrement importante pour les poissons grands migrateurs. Il est en effet bien établi que plusieurs de ces espèces (esturgeon, aloses, saumon) ont été éliminées de nos régions (et de beaucoup d'autres) par la construction de barrages infranchissables pour les reproducteurs en remontée. Par ailleurs, une autre espèce migratrice, l'anguille européenne, est actuellement dangereusement affectée et

menacée par la destruction des reproducteurs entraînés dans les prises d'eau industrielles et hydroélectriques au moment de leur dévalaison vers leur lieu de ponte en mer.

Dans beaucoup de situations, l'altération des habitats physiques aquatiques (par ex. par canalisation, chenalisation, perturbation hydrologique, etc.) n'atteint pas un degré d'intensité qui entraîne la disparition de certaines espèces ou taxons et réduit la biodiversité locale. Les effets observés sont davantage quantitatifs et concernent l'abondance absolue des populations spécifiques qui se répercute sur leurs biomasse et productivité et sur celles de l'ensemble des communautés. Comme ressource halieutique, les poissons sont aussi particulièrement touchés par ces effets qui peuvent être directs, en cas de perte de qualité et/ou de superficie d'habitat aquatique utilisable, mais aussi indirects, à travers la diminution de l'abondance et de la disponibilité des ressources alimentaires représentées par la faune des invertébrés benthiques, elle aussi affectée par les altérations physiques du milieu.

La perturbation des interactions trophiques poissons/invertébrés ainsi que l'accentuation des stress éco-physiologiques des poissons résultant de la dégradation des conditions d'habitat physique, (particulièrement hydraulique : débits trop faibles et/ou trop variables, réaction des poissons migrateurs face à des obstacles physiques), est un aspect de la question qui mérite certainement des études complémentaires en vue d'une gestion durable de la biodiversité aquatique.

12. Références bibliographiques citées relatives à la Wallonie

- Assani, A.A. et F. Petit, 2003. Impact of hydroelectric power releases on the morphology and sedimentology of the bed of the Warche River (Belgium). *Earth Surf. Process. Landforms*, 29, 133-143.
- Balzat, N.H., 1993. Bomal-Destruction de la plus grande frayère à cyprins de l'Ourthe moyenne. *Le Pêcheur Belge*, 2-4,
- Baras E. (1992). Etude des stratégies d'occupation du temps et de l'espace chez le barbeau fluviatile, *Barbus barbus* (L.). *Cahiers d'Ethologie*, 12 (2-3), 125-442.
- De Wolf, P., 2004. Natura 2000 et la gestion des milieux et des espèces aquatiques en Région wallonne, pp. 26-30. In Actes du Colloque GIPPA 'La Gestion piscicole, Natura 2000 et la Directive Cadre sur l'Eau', Château de Colonster, Liège, 17 février 2004, 115 pages.
- Dupont, E., 1998. Entretien des cours d'eau et les habitats des poissons. Division de l'Eau, Direction des cours d'eau non navigables, DGRNE du Ministère de la Région wallonne, pages.
- Huet, M., 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Revue Suisse d'Hydrologie*, vol. XI, fasc. 3/4, 332-351.
- Huet, M. et J.A. Timmermans, 1976. Influence sur les populations de poissons des aménagements hydrauliques de petits cours d'eau assez rapides. *Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts, Sér. D, N° 46*, 27 pages.
- Kestemont, P., D. Goffaux et D. Grenouillet, G. 2004. Les poissons indicateurs de la qualité écologique des cours d'eau en relation avec la Directive Cadre sur l'Eau, pp. 26-30. In Actes du Colloque GIPPA 'La Gestion piscicole, Natura 2000 et la Directive Cadre sur l'Eau', Château de Colonster, Liège, 17 février 2004, 115 pages.
- Kestemont, P., Goffaux, D. Breine, J., Belpaire, C., de Vocht, A., Philippart, J.C., Baras, E., Roset, N., De Leeuw, J. & Gérard, P., 2002. Fishes of the River Meuse: biodiversity, habitat influences and ecological indicators, In ICM, Proceedings of the First International Scientific Symposium on the River Meuse. November 27-28, 2002, Maastricht, 84-90
- Malbrouck, C., J.C. Micha et J.C. Philippart, 2007. La réintroduction du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse : synthèse et résultats. Ministère la Région wallonne, 25 pages (avril 2007). <http://environnement.wallonie.be/publi/education/saumon2000.pdf>
- Ovidio M. & Philippart J.C. 2002. The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. . Synthesis of a five years telemetry study in the River Meuse Basin. *Hydrobiologia*, 483: 55-69.

- Ovidio, M., J.-C. Philippart, P. Orban, Ph. Denoel, M. Gilliquet, F. Lambot, 2007. Bases biologiques et éco-hydrauliques pour la restauration de la continuité piscicole en rivière : premier bilan et perspectives. Ce colloque
- Ovidio, M., Paquer, F., Neus, Y., Rimbaud, G., Capra H., Philippart J.C. (2007). Impacts de la mise en service de la microcentrale « Hydroval » sur les populations de poissons de la Lhomme à Poix Saint-Hubert. Implications pour la mise en place de dispositions réglementaires pour la gestion des débits réservés en Wallonie. Rapport de synthèse 2002-2006 pour le Ministère de la Région Wallonne, DGRNE, Direction des Cours d'Eau non Navigables de la Division de l'Eau. Université de Liège, Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie, 169 pages.
<http://environnement.wallonie.be/convent/de/lhomme/defindefinitif.pdf>
- Parkinson, D., F. Petit, G. Perpinien et J.C. Philippart, 1999. Habitats de reproduction des poissons et processus géomorphologiques dans les rivières à fond caillouteux. Essai de synthèse et applications à quelques rivières du bassin de la Meuse. Bulletin de la Société géographique de Liège, 36:31-52.
- Philippart J.-C. 2005. Le voyage périlleux des poissons grands migrateurs dans la Meuse. APAM LG asbl, Liège, 56 pp.
- Philippart, J.C. , 2007. L'érosion de la biodiversité : les poissons. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l'Etat de l'Environnement wallon, 306 pages (août 2007)
Site : <http://environnement.wallonie.be/eew/rapportproblematique.aspx?id=p058>
- Philippart, J.C. , 2003. Restauration de la biodiversité : le cas des poissons migrateurs dans la Meuse, pp. 75-84. In : Franklin, A., M. Peters & J. Van Goethem (Eds). Actes du Symposium. Dix ans après Rio. Quel avenir pour la biodiversité en Belgique ? *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, Biologie Vol 73 Suppl. 203, 139 pages.
- Philippart, J.C., 2000 . Les poissons de Wallonie et leurs habitats, pp. 19-62. In: Stein, J. (ed.), Les zones humides de Wallonie, Actes des Colloques organisés en 1996 par le Ministère de la Région wallonne (Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Namur) dans le cadre de l'Année mondiale des Zones humides. *Travaux de la Conservation de la Nature*, n° 21, 518 pages.
- Philippart J.C., 1989. Ecologie des populations de poissons et caractéristiques physiques et chimiques des rivières dans le bassin de la Meuse belge. Bulletin de la société géographique de Liège, 25 : 175-198.
- Philippart , J.C. & M. Vranken, 1983. Atlas des Poissons de Wallonie. Cahiers d'Ethologie appliquée, Suppl. 3, 395 pages.
- Philippart, J.-C., Sonny, D., 2003. Vers une production d'hydroélectricité plus respectueuse du milieu aquatique et de sa faune. *Tribune de l'Eau*, N° 619-620/5-6 2002 & n° 621/1 2003: 165-175.
- Philippart J.C., V. Raemakers, D. Sonny, 2003. Impact mécanique des prises d'eau et turbines sur les poissons en Meuse liégeoise. Comptes-rendus du colloque Hydroécologie, Liège octobre 2002, Tribune de l'eau, N° 5-6, Vol. 55 - N° 619-620 ; Vol. 56 - N° 621: 98-110.
- Philippart J.C., M. Mottet, Y. Neus, M. Ovidio, G. Rimbaud et D. Sonny, 2007. Evaluation d'un dispositif simple pour permettre la dévalaison des poissons salmonidés migrateurs au niveau de la centrale hydroélectrique Mérytherm sur l'Ourthe à Tilff. Rapport de recherche du Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie de l'Université de Liège, 63 pages + annexes
- Poncin, P., 1993. La reproduction des poissons de nos rivières. Cahiers d'Ethologie , 13 (3) : 317-342.
- Sonny, D., 2006. Etude des profils de dévalaison des poissons dans la Meuse moyenne belge. Thèse de Doctorat en Sciences (Biologie), Université de Liège, 288 pages (mars 2006).
- Sonny, D., F.R. Knudsen, P.S. Engers, T. Kvernstuen & O. Sand, (2006). Reactions of cyprinids to infrasound in a lake and at the cooling water inlet of a nuclear power plant. *Journal of Fish Biology*, 69 : 735-748
- Verniers, G. , 2005. La rivière, milieu vivant. GIREA et DGRNE du Ministère de la Région wallonne, Namur, 72 pages.
- Verniers, G., J.C. Micha, M. Dethioux, B. Jadot, J.P. Lebailly, 1985. Rives et rivières, des milieux fragiles à protéger. Fondation Roi Baudouin et Région wallonne, 102 pages.

<http://environnement.wallonie.be/publi/education/saumon2000.pdf>