

Restauration de la biodiversité: le cas des poissons migrateurs dans la Meuse

J.-Cl. PHILIPPART

Summary

During the 19th century, amphibiotic anadromous migratory fish (sea lamprey, *Petromyzon marinus*, river lamprey, *Lampetra fluviatilis*, sturgeon, *Acipenser sturio*, Atlantic salmon, *Salmo salar*, sea trout, *Salmon trutta*, houting, *Coregonus oxyrinchus*, allis shad, *Alosa alosa*, twaide shad, *Alosa fallax*) were widespread in the entire River Meuse basin, and fisheries were prosperous in France, Belgium and the Netherlands. From 1800 onwards, the building of navigation weirs on the River Meuse, the increase in industrial pollution and the overexploitation of riverine fish stocks caused the regression and extinction of these migratory fish populations (the Atlantic salmon became extinct in the 1930s). The capture of several individuals of sea trout in 1983 in the Meuse at the Belgian-Dutch border triggered the idea of attempting to restore an Atlantic salmon run in the river system. A 'Meuse Salmon 2000' project started in 1987 as a contribution of Wallonia to the European Year of Environment. A first facet of this programme consisted in assessing the carrying capacity of nursery streams in the Belgian Ardennes by means of experimental reintroduction stockings (with fish from Scottish, Irish and French origin) into selected salmonid streams in order to demonstrate the good ecological quality of these habitats. The second, most difficult and expensive facet of the programme focused on the restoration of fluvial connectivity and free circulation of upstream migrating adult fish. In 1998-2001, modern fish passes have been built at three navigation weirs on the Belgian Meuse between the Belgian-Dutch border and Liège, complementing a series of new fishways constructed since 1989 at five of the seven weirs obstructing the Dutch Meuse. Since 2000, the International Commission for the Protection of the Meuse has been coordinating actions towards restoring the free circulation (upstream and downstream) of Atlantic salmon and other amphibiotic species such as sea trout and European eel (*Anguilla anguilla*) in the River Meuse basin including the French upper course.

This communication reports on the long genesis, wide partnership, first successful results (92 new Meuse salmon recorded in the Dutch Meuse since 1994; 13 returning salmon caught in fish passes in the Meuse at Lixhe and the Berwinne at Berneau in October 2002-January 2003), and great future ecological prospects (recovery of other anadromous migratory fish) of an historical operation which has succeeded in re-establishing the presence of *S. salar* in the Belgian Meuse about seventy years after it became extinct.

Keywords: migratory fish, *Salmo salar*, River Meuse, fish passes, ecological restoration, fish biodiversity

1. Introduction

Avant son aménagement pour les besoins de l'industrialisation, la Meuse belge abritait une importante communauté de poissons migrateurs amphibiotiques (réalisant une partie de leur cycle vital en mer et en eau douce) constituée de 10 espèces (tab. 1) sur un total de 43 espèces autochtones ou assimilées. Un déclin généralisé de cette communauté des poissons grands migrateurs se produisit entre 1820 et 1950 à cause de l'altération de l'habitat (pollution de l'eau, disparition des frayères suite à la canalisation-chenalisation des cours d'eau), de l'exploitation halieutique commerciale excessive et surtout de la fragmentation du cours du fleuve par des barrages de navigation modernes (à vannes), de plus en plus hauts (4-5 m) et imperméables aux migrations de reproduction ou de dispersion des poissons. Quatre espèces de migrateurs anadromes (= vie en mer et reproduction en eau douce), l'esturgeon, le corégone oxyrinque, la grande alose et le saumon atlantique, furent menées à l'extinction en tant que populations reproductrices, non seulement en Belgique mais dans l'ensemble du bassin de la Meuse internationale. Trois autres espèces migratrices anadromes, l'alse feinte et la lamproie marine ainsi que, dans une moindre mesure, la lamproie fluviatile, furent aussi éliminées de la Meuse belge mais subsistèrent dans la partie néerlandaise du fleuve. La truite de mer, écotype migrateur amphibiotique anadrome de la truite commune, resta toujours présente dans le cours inférieur de la Meuse néerlandaise mais devint rare en Meuse belge, sans toutefois en disparaître comme cela fut le cas avec le saumon au cycle vital fort comparable.

Depuis le milieu des années 1970, la qualité de l'eau de la Meuse et de ses affluents n'a cessé de s'améliorer grâce à la réduction des rejets industriels de substances chimiques toxiques pour la faune et à la mise en place d'infrastructures d'épuration des eaux usées domestiques. La diminution de la toxicité écologique de l'eau de la Meuse a surtout été observée au cours des deux dernières décennies en aval de la zone industrielle de Liège et aux Pays-Bas (ADMIRAAL *et al.*, 1993). Cette situation a favorisé la restauration démographique naturelle dans le cours inférieur du fleuve aux Pays-Bas

Esturgeon (<i>Acipenser sturio</i>)	Remontait jadis la Meuse jusqu'à Liège où il était tellement abondant que sa pêche était règlementée. Sa disparition est antérieure à 1850.
Grande alose (<i>Alosa alosa</i>) et alose finte (<i>Alosa fallax</i>)	Remontaient autrefois la Meuse jusqu'à Huy et même Namur et faisaient l'objet d'une pêche importante. A la fin du XIX ^e siècle, ne subsistaient plus qu'à l'aval du barrage mosan de Visé qui stoppait leur migration de reproduction. En 1905, suite à la rupture du barrage de Visé, des aloses remontèrent frayer dans la dérivation de l'Ourthe à Liège. Leur disparition définitive de la Meuse belge n'est pas connue avec certitude mais date probablement des années 1920. On signalera que 22 spécimens d' <i>A. fallax</i> furent capturés en 1993 en aval du barrage de Lith sur la Meuse néerlandaise (CAZEMIER <i>et al.</i> , 1993).
Saumon atlantique (<i>Salmo salar</i>)	Au début du XIX ^e siècle, remontait la Meuse jusqu'à Monthermé (embouchure de la Semoy en France) et se rencontrait dans tous les affluents du fleuve. A partir de 1840 (début de l'aménagement de la Meuse pour la navigation), commença à décliner en amont de Liège et vers 1880 ne se rencontrait plus en abondance qu'en aval du barrage de Visé et dans l'Ourthe-Ambève. S'est éteint pendant la période 1925-1935, après la construction de huit grands barrages à vannes (sept en Hollande et celui de Monsin en Belgique). La dernière capture scientifiquement enregistrée en Belgique a eu lieu en 1934 dans une nasse de capture installée sur une échelle à poissons Denil du barrage de Monsin-Liège.
Truite de mer (<i>Salmo trutta</i>)	Écotype migrateur de la truite commune, la truite de mer remontait jadis frayer dans les mêmes rivières du bassin de la Meuse que le saumon atlantique mais moins à l'amont et en plus faible nombre que lui. Comme le saumon, et pour les mêmes raisons, elle s'est progressivement raréfiée dans la Meuse belge mais, contrairement au saumon, ne s'est jamais vraiment éteinte, même après 1940, car des spécimens de 'grosses truites' ont toujours été signalés en différents points du fleuve. A partir du début des années 1980, plusieurs dizaines de truites de mer furent capturées dans la Meuse belge et ses affluents, confirmant la tendance de reconstitution naturelle de la population observée dans la Meuse néerlandaise depuis le milieu des années 1970, suite à l'amélioration de la qualité de l'eau du fleuve et à l'existence d'une production régulière de smolts dévalants à partir des populations de truites de rivière résidentes dans les affluents.
Corégone oxyrhynque (<i>Coregonus oxyrhynchus</i>)	Jusqu'à la moitié du XIX ^e siècle, ce salmonidé assez rare accompagnait le saumon dans ses migrations jusqu'à Liège. Il est disparu à une date indéterminée mais ancienne.
Lamproie marine (<i>Petromyzon marinus</i>)	Au XIX ^e siècle, ce cyclostome remontait frayer dans la Meuse et ses affluents. Il est disparu de la Meuse belge à une date indéterminée (probablement avant 1930) mais était encore présent dans la Meuse néerlandaise limbourgeoise à Linne en 1979.
Lamproie fluviatile (<i>Lampetra fluviatilis</i>)	Ce cyclostome remontait la Meuse et venait encore frayer dans la basse Berwinne à Moulant dans les années 1950. Il n'a plus été signalé au stade adulte en Meuse belge depuis cette époque mais plusieurs sujets furent capturés récemment dans la Meuse limbourgeoise aux Pays-Bas (10 spécimens au barrage de Roemond en 1993 d'après CAZEMIER <i>et al.</i> , 1994). Huit spécimens, probablement des juvéniles dévalants, furent aussi capturés en 1989-1990 dans le Canal Albert à Genk sur les prises d'eau de la centrale électrique de Langerlo (VERREYCKEN <i>et al.</i> , 1990).
Flet (<i>Platichthys flesus</i>)	En mars 1993, un flet d'une quinzaine de cm fut capturé dans la prise d'eau de l'usine Intradel sur le Canal Albert à Herstal. Il faut aussi signaler la capture de quatre flets en 1989-1990 dans le Canal Albert à Genk sur la prise d'eau de la centrale électrique de Langerlo (VERREYCKEN <i>et al.</i> , 1990). Ces captures confirment que le flet est une espèce migratrice catadrome toujours présente dans les eaux courantes de Wallonie et spécialement dans le système Meuse liégeoise-Canal Albert. Ces deux observations récentes apportent une confirmation scientifique à l'information fournie antérieurement par un pêcheur à la ligne au sujet de la prise de deux flets dans la Meuse à Andenne en 1981 (PHILIPPART & VRANKEN, 1983).
Anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>)	Espèce à migration catadrome encore largement répandue dans la Meuse et ses affluents sauf en amont des grands barrages de Wallonie. Mais dans cette aire de répartition actuelle de l'espèce, les populations sont probablement moins abondantes que jadis à cause du freinage-blocage des migrations de remontée des juvéniles (anguilles jaunes) par les barrages et des mortalités causées aux sub-adultes dévalants (anguilles argentées) par le passage dans les prises d'eau industrielles et les turbines hydroélectriques.

Tab. 1. Statut démographique des poissons migrateurs amphibiotes de la Meuse belge avant les actions de restauration (Sources: PHILIPPART & VRANKEN, 1983; PHILIPPART *et al.*, 1988; PHILIPPART, 2000; DE NIE, 1996).

de plusieurs espèces de poissons assez sensibles, et spécialement de la truite de mer qui a pu bénéficier de processus de reconstitution naturels comme l'alimentation de la Meuse estuarienne avec des smolts dévalant de truite commune issus des populations résidentes de l'amont du bassin. C'est dans ce contexte favorable d'une amélioration de la qualité de l'eau de la Meuse apte à la vie des poissons que furent redécouvertes dans le bassin de la Meuse belge à Lixhe-Visé le 10 juin 1983 quatre spécimens de truites de mer (PHILIPPART, 1983), un événement écologique qui fut le déclencheur de l'idée de tenter de réintroduire le saumon atlantique dans le bassin mosan (PHILIPPART, 1985, 1987) sur le modèle des actions menées dans d'autres grands bassins fluviaux en Europe et en Amérique du Nord (WWF, 2001).

2. Le programme « Meuse Saumon 2000 »

Le projet de réintroduction du saumon dans la Meuse intitulé « Meuse Saumon 2000 » (PHILIPPART *et al.*, 1990, 1994) a commencé officiellement en 1987 à l'occasion de l'Année Européenne de l'Environnement, sous l'égide et avec l'appui financier du Ministère de la Région wallonne, Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement (DGRNE). Dans un premier temps, il a consisté en une étude de faisabilité portant, d'une part, sur les possibilités de supprimer les nombreux obstacles physiques présents dans l'axe mer du Nord-Meuse-affluents (MICHA, 1985; MET, 1992) et considérés comme les principaux responsables de la disparition du saumon dans les années 1930 et, d'autre part, sur la qualité du milieu (qualité de l'eau, structure de l'habitat physique) dans les aires historiques de reproduction et de production de jeunes saumons dans les rivières salmonicoles ardennaises. Cette étude de faisabilité s'étant révélée positive, le programme s'est poursuivi jusqu'à aujourd'hui en mobilisant progressivement de nombreux partenaires nationaux (voir PHILIPPART *et al.*, 1990) et internationaux (Pays-Bas, Benelux, CIPM-Commission internationale pour la protection de la Meuse) et en se développant en plusieurs étapes (tab. 2) et selon trois axes principaux:

- 1) rétablissement de la qualité de l'habitat physique de la Meuse en terme de continuité fluviale grâce à la construction de nouveaux ouvrages de franchissement (passes

migratoires ou échelles à poissons) sur les barrages (fig. 1);

- 2) réintroduction expérimentale de jeunes saumons de souches étrangères et caractérisation de l'écologie des populations des saumons réintroduits pendant leur phase de vie continentale;
- 3) mise en évidence et suivi scientifique du retour de saumons adultes aux Pays-Bas, dès 1993, puis en Belgique, fin 2002-début 2003.

2.1. RÉTABLISSEMENT DE LA CONTINUITÉ FLUVIALE (CONNECTIVITÉ)

2.1.1. Construction de nouvelles passes migratoires

Dans le cadre du projet Meuse Saumon 2000 et suite à un accord de partenariat avec la DGRNE, le Ministère wallon de l'Équipement et des Transports (MET) prit la décision, en 1996, d'équiper en nouvelles passes à poissons les barrages entre Namur et la frontière néerlandaise et d'améliorer les passes existantes à l'amont de Namur, avec comme objectif de rendre ces ouvrages parfaitement adaptés aux grands salmonidés migrateurs (truite de mer et saumon atlantique), sans supprimer leur capacité à être utilisés par l'ensemble des autres espèces effectuant leurs migrations en eau douce. Dans l'exécution de ce programme, une priorité fut accordée au rétablissement de l'accès à l'Ourthe, car cet affluent de la Meuse à Liège et son bassin présentent le plus haut potentiel de production de jeunes saumons dans l'ensemble du bassin mosan. En 2002, trois nouvelles échelles à poissons fonctionnent à 100% en Meuse liégeoise au barrage sans écluse de Visé-Lixhe et aux barrages avec écluse de Monsin à l'aval de Liège et d'Ivoz-Ramet à l'amont de Liège. L'accès complet prioritaire au bassin de l'Ourthe nécessite encore l'aménagement du barrage infranchissable d'Angleur-Liège sur la basse Ourthe. En application de la directive Benelux M (96)5 « Rétablissement de la libre circulation des poissons migrateurs dans les réseaux hydrographiques Benelux » (Benelux, 1996), il est ensuite prévu pour 2010 d'améliorer les ouvrages de franchissement sur le reste de la Meuse wallonne en amont de Liège et jusqu'à la frontière française. Une nouvelle échelle à poissons est à l'étude pour le barrage

1983	Protégeons nos poissons (1979-1983) (PHILIPPART & VRANKEN, 1983)
1984	De vismigratie in de Maas, Pays-Bas (MUYRES, 1986; RAAT, 1994)
1985	Réintroduction du saumon dans la Meuse (PHILIPPART, 1985, 1987; MICHA, 1985)
1986	De zalm weer terug in de Maas? Pays-Bas
1987	Meuse Saumon 2000 (PHILIPPART <i>et al.</i> , 1990, 1994)
1988	Ecologisch herstel Rijn en Maas, Pays-Bas
1992	Ecologisch herstel Maas; Zalm terug in onze rivieren, Pays-Bas
1996	Décision Benelux / Benelux beschikking relative à la libre circulation des poissons dans les réseaux hydrographiques Benelux (Benelux, 1996)
1998	Programme d'Action « Meuse » 1998-2003 / Actieprogramma « Maas » 1998-2003 (CIPM-ICBM, 1998)

Tab. 2. Principaux projets nationaux belges, néerlandais et internationaux qui ont traité directement ou indirectement de la restauration des poissons migrateurs dans la Meuse depuis le début des années 1980.

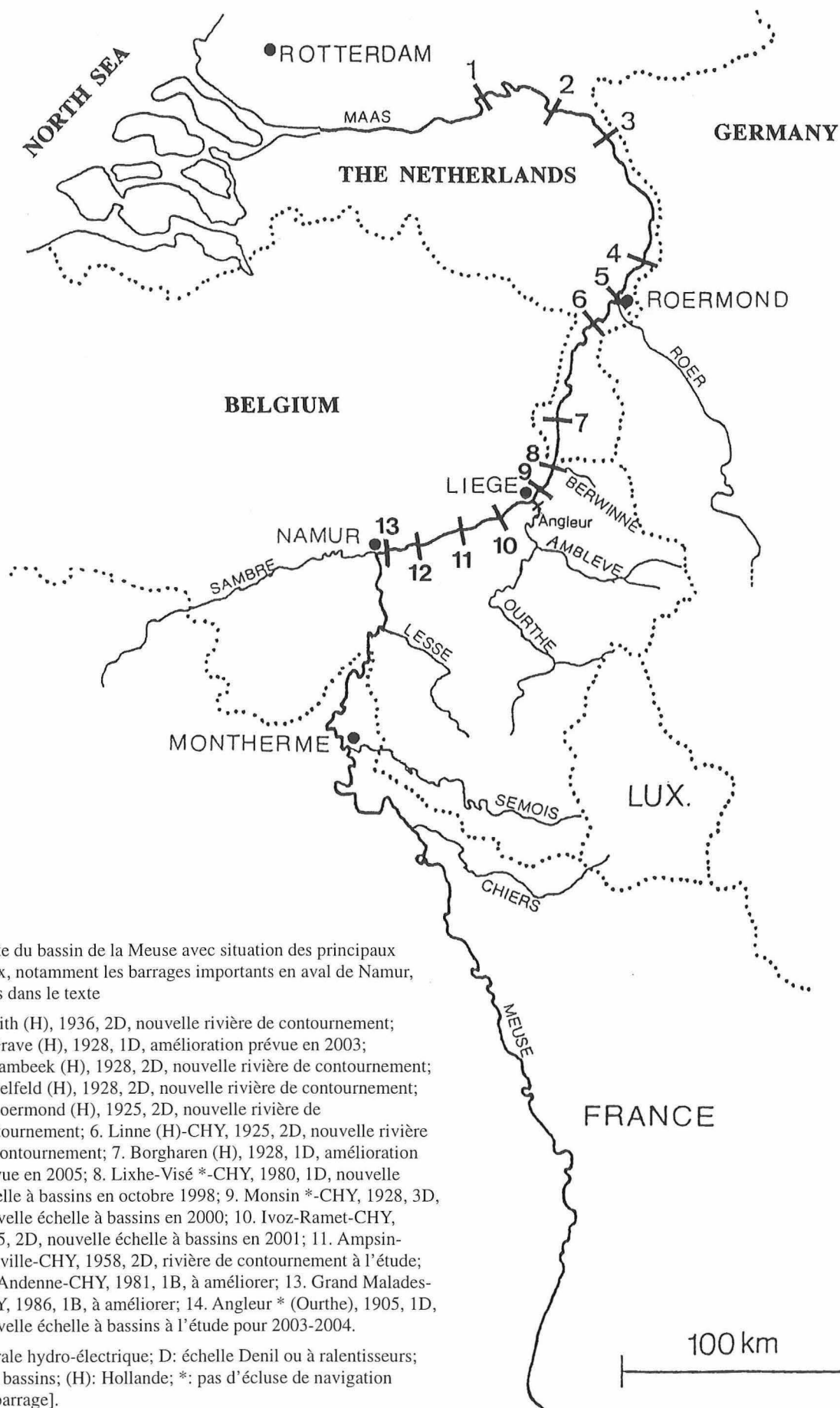


Fig. 1. Carte du bassin de la Meuse avec situation des principaux lieux, notamment les barrages importants en aval de Namur, cités dans le texte

1. Lith (H), 1936, 2D, nouvelle rivière de contournement;
2. Grave (H), 1928, 1D, amélioration prévue en 2003;
3. Sambeek (H), 1928, 2D, nouvelle rivière de contournement;
4. Belfeld (H), 1928, 2D, nouvelle rivière de contournement;
5. Roermond (H), 1925, 2D, nouvelle rivière de contournement;
6. Linne (H)-CHY, 1925, 2D, nouvelle rivière de contournement;
7. Borgharen (H), 1928, 1D, amélioration prévue en 2005;
8. Lixhe-Visé *-CHY, 1980, 1D, nouvelle échelle à bassins en octobre 1998;
9. Monsin *-CHY, 1928, 3D, nouvelle échelle à bassins en 2000;
10. Ivoz-Ramet-CHY, 1935, 2D, nouvelle échelle à bassins en 2001;
11. Ampsin-Neuville-CHY, 1958, 2D, rivière de contournement à l'étude;
12. Andenne-CHY, 1981, 1B, à améliorer;
13. Grand Malades-CHY, 1986, 1B, à améliorer;
14. Angleur * (Ourthe), 1905, 1D, nouvelle échelle à bassins à l'étude pour 2003-2004.

[CHY: centrale hydro-électrique; D: échelle Denil ou à ralentisseurs; B: échelle à bassins; (H): Hollande; *: pas d'écluse de navigation accolée au barrage].

d'Ampsin-Huy tandis qu'en haute Meuse namuroise, des échelles à salmonidés équipent les nouveaux barrages de Waulsort (2001) et de Hastière (2002). Les autres barrages de la haute Meuse wallonne sont des barrages modernes, construits dans les années 1970 en remplacement des vétustes et dangereux barrages à aiguilles, et qui ont été équipés à l'origine d'échelles à poissons utilisables par les salmonidés migrateurs.

Les grandes passes migratoires construites sur la Meuse belge viennent compléter une série d'ouvrages de franchissement construits depuis 1989 sur cinq des sept barrages sur la Meuse néerlandaise (MUYRES, 1986; RAAT, 1994). Le barrage hollandais de Grave est en cours d'équipement et il restera ensuite à équiper le barrage de Borgharen-Maastricht afin d'ouvrir complètement la voie pour les poissons migrateurs depuis la mer du Nord jusqu'à Liège, porte d'entrée du grand domaine salmonicole de l'Ourthe-Ambève. Depuis fin 2001, un service spécialisé néerlandais (RIZA) procède en fin d'année à Borgharen à l'ouverture régulière d'une écluse à bateau pour faciliter le passage des grands salmonidés migrateurs, comme solution alternative temporaire à l'aménagement d'une véritable passe migratoire. Un autre obstacle majeur qui subsiste sur la Meuse aux Pays-Bas est le complexe des barrages anti-tempêtes sur le Haringvliet pour lesquels des solutions sont actuellement à l'étude.

Complémentairement aux actions sur les cours d'eau navigables gérés par le MET en Wallonie, des aménagements d'échelles à poissons sont prévus sur les cours d'eau non navigables à potentialités salmonicoles du bassin mosan. Ces travaux sont planifiés et financés par la Division de l'Eau (Service des Cours d'eau non navigables) de la DGRNE. Ils se basent sur un inventaire détaillé de tous les obstacles physiques présents sur ces cours d'eau, complété par une évaluation biologique, basée sur des études comportementales par télémétrie, de leur franchissabilité par les espèces de poissons concernées (OVIDIO & PHILIPPART, 2002). Un premier ouvrage équipé d'un piège de capture fonctionne depuis juillet 2002 au barrage de Berneau sur la basse Berwinne, petit affluent de la Meuse en aval du barrage de Lixhe. D'autres constructions sont prévues sur des seuils et petits barrages jugés difficilement franchissables sur des petits affluents directs de la Meuse (Berwinne, Geule transfrontalière, Méhaigne) et sur des affluents de l'Ourthe (Ambève, basse Vesdre, Néblon, Aisne).

2.1.2. Évaluation de l'efficacité des nouvelles passes migratoires

L'efficacité de plusieurs nouvelles échelles à poissons construites en Meuse belge a pu être vérifiée grâce au contrôle des poissons en remontée qui sont retenus dans un piège, l'un étudié de 1989 à 1994 au barrage de Tailfer en Meuse

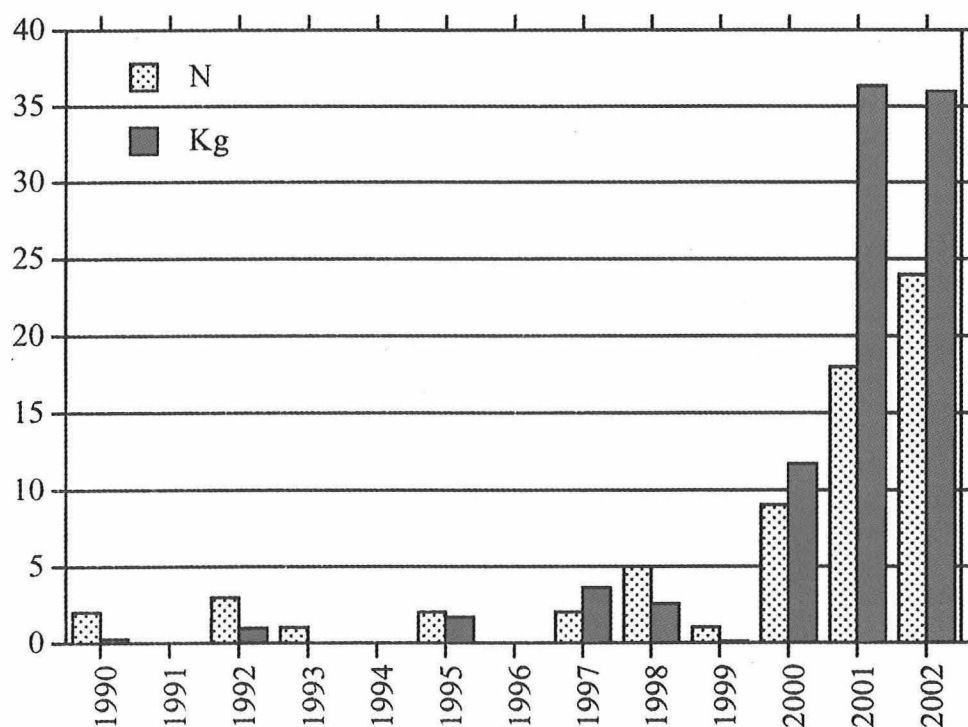


Fig. 2. Evolution de 1990 à 2002 du nombre (N) et de la biomasse (Kg) des truites communes *Salmo trutta* des formes 'rivière' et 'mer' capturées dans les ouvrages de franchissement du barrage de Lixhe-Visé sur la Meuse. Nouvelle grande échelle à salmonidés entrée en fonction en fin 1998.

namuroise (PRIGNON *et al.*, 1998) et l'autre étudié de 1990 à 2002 au barrage de Lixhe en Meuse liégeoise, à la frontière belgo-néerlandaise (PHILIPPART *et al.*, 2001). Pendant la période 1990 à 2002 furent ainsi capturés dans les échelles à poissons de Lixhe près de 445.000 poissons (env. 14.000 kg) appartenant à 33 espèces (26 autochtones, 3 allochtones européennes et 4 exotiques). Ce suivi scientifique à moyen terme a notamment révélé une augmentation progressive du nombre et de la biomasse des truites communes (de rivière et de mer) capturées (fig. 2), reflétant en partie la restauration démographique de cette espèce dans le fleuve et l'amélioration des possibilités de remontée des sujets migrateurs à partir de l'aval. C'est aussi lors des contrôles de l'échelle à poissons de Lixhe que furent interceptés les premiers saumons de retour en Meuse belge (voir détails au point 3.) ainsi que plusieurs spécimens d'une espèce de Cyprinidae piscivore allochtone, l'aspe (*Aspius aspius*) en phase d'expansion géographique dans la Meuse.

Une autre approche a consisté à évaluer la qualité du rétablissement des possibilités de libre remontée des poissons dans l'axe migratoire Meuse liégeoise fragmentée en biefs par plusieurs barrages successifs équipés de nouvelles échelles à poissons. Ce type de problème a été étudié par la technique du radio-pistage de poissons équipés d'une balise radio (BARAS & PHILIPPART, 1996; OVIDIO *et al.*, 1996). Ainsi, en fin 1999 et 2000, neuf grands salmonidés migrateurs capturés en aval du barrage de Lith sur la Meuse néerlandaise furent transférés en Meuse belge dans le bief Maastricht-Lixhe. Ces poissons furent remis à l'eau après marquage radio puis furent radio-pistés manuellement pour déterminer leur comportement migrateur et les voies de migration utilisées dans ce secteur de la Meuse. Le radio-pistage a aussi été utilisé pour étudier la remontée en amont du barrage de Lixhe de poissons capturés dans le dispositif de franchissement de ce barrage. De telles études ont porté sur une trentaine de salmonidés et leurs résultats, en cours de publication (PHILIPPART & OVIDIO, 2003), traduisent un très bon fonctionnement des nouvelles passes migratoires installées. Dans le même ordre d'idée, il faut signaler que le RIZA néerlandais a entrepris en 1996 une vaste étude intitulée « Project Migratie Zeeforel » visant à déterminer les voies de migration de la truite de mer et, par extension, du saumon atlantique, dans l'axe mer du Nord, estuaire Rhin-Meuse et fleuves Rhin et Meuse aux Pays-Bas (BIJ DE VAATE & BREUKELAAR, 2001).

2.2. REPEULEMENTS DE RÉINTRODUCTION EN SAUMONS D'ORIGINES ÉTRANGÈRES

2.2.1. Efforts de repeuplement

La particularité biologique de l'espèce *Salmo salar* est de former dans chaque hydrosystème une sous-population unique, différente des sous-populations des autres hydrosystèmes au point de vue écologique et génétique, en réponse à une adaptation à des conditions locales particulières. L'originalité-unicité de toutes les sous-populations géographiques de saumon est maintenue de générations en générations grâce au comportement de *homing* reproducteur de l'espèce

qui fait que les adultes viennent se reproduire à l'endroit où ils sont nés (ou ont été déversés au stade juvénile avant la smoltification), ce qui entraîne une isolation reproductrice des stocks par rivière. Lorsque la souche originelle de saumon d'un grand bassin hydrographique disparaît, c'est un phénomène définitif, car il n'y a aucune chance de voir une nouvelle souche se reconstituer naturellement à partir de sujets adultes sauvages éventuellement venus de bassins hydrographiques voisins. Pour reconstituer le cycle vital du saumon dans la Meuse, il était indispensable de procéder à une réintroduction de jeunes sujets d'origine étrangère en comptant sur la sélection naturelle pour faire le reste, c'est-à-dire pour faire émerger quelques saumons adultes ayant réussi, non seulement à survivre à toute une série de facteurs de mortalité en eau douce puis en mer, mais surtout à retrouver la route de migration les ramenant (*homing*) de l'océan vers le lieu de leur remise à l'eau, équivalent au lieu de leur naissance.

Dès 1987, quelques dizaines de milliers de jeunes saumons d'origine écossaise (R. Connon) furent relâchés dans les rivières wallonnes potentiellement salmonicoles pour tester leur qualité au point de vue de la croissance des saumons, de leur survie et de leur comportement de descente vers la mer. Par la suite, on diversifia progressivement la provenance des poissons [Écosse, Irlande et France (Bretagne et Pyrénées-Nives)], l'option prise étant celle du panachage (THORPE, 1988) avec des poissons venant de rivières débouchant dans l'Atlantique et la mer du Nord, en excluant ceux de la souche trop éloignée de la Baltique. Les principales rivières ciblées par ces repeuplements de réintroduction sont essentiellement les grands bassins salmonicoles de l'Ourthe-Ambève et de la Lesse, ainsi que quelques autres plus petits bassins (Samson, Ruisseau d'Oxhe, Berwinne) ou sous-bassins (affluents de la basse Semois) et même la Meuse relativement moins aménagée en aval du barrage de Lixhe (relâcher de smolts).

2.2.2. Efficacité des repeuplements de réintroduction

L'efficacité des déversements de jeunes saumons dans les différentes rivières de Wallonie fut suivie scientifiquement dès 1988. Les études les plus complètes furent réalisées par l'Université de Namur dans le Samson, où l'on dispose d'informations sur la croissance-survie-dévalaison (piège) relative de saumons de différentes origines géographiques (PRIGNON *et al.*, 1999) et par l'Université de Liège dans l'Aisne où l'on connaît la dynamique de population des jeunes saumons et des deux salmonidés en place (truite commune, *Salmo trutta*, et ombre commun, *Thymallus thymallus*). Les premiers essais de repeuplement se révélèrent très positifs, de sorte qu'à partir de 1996, les repeuplements annuels furent portés à plus de 100.000 tacons de 3-5 cm en juin-juillet (avec un maximum de près de 200.000 jeunes en 1998, 1999 et 2000), afin d'accroître les chances de voir survivre quelques adultes en mer et de les voir revenir dans la Meuse, formant le stock initial du nouveau saumon de la Meuse. D'après ces données, il est possible de proposer un ordre de grandeur pour la population des saumoneaux potentiellement susceptibles d'avoir effectué une dévalaison vers la mer chaque année (tab. 3).

Année	Tacons (N déversés)	Smolts (N estimés)
1988	2,047	204
1989	38,417	3,842
1990	51,880	5,188
1991	56,351	5,635
1992	72,156	7,216
1993	42,380	4,238
1994	58,519	5,852
1995	61,386	6,139
1996	112,064	1,206
1997	120,652	12,065
1998	193,861	19,386
1999	205,000	20,500
2000	200,000	20,000
Total	1,215,000	121,471

Tab. 3. Nombre de jeunes saumons atlantiques d'origine étrangère déversés dans le bassin de la Meuse wallonne de 1988 à 2000 et nombre estimé de smolts produits.

Un autre aspect important de la biologie des salmonidés grands migrateurs de la Meuse concerne la dynamique de dévalaison en mars-juin des saumoneaux issus des repeuplements mais aussi des smolts sauvages de truite commune. Ce phénomène est connu dans deux stations suivies scientifiquement par l'Université de Namur (MICHA et collaborateurs):

- un piège à dévalaison démontable installé au printemps de chaque année depuis 1990 sur le cours inférieur du Samson et qui permet de dénombrer et de marquer les smolts de saumons (issus des repeuplements de reconstitution) et de truites (phénomène naturel) en migration de descente vers la Meuse;
- un exutoire (passe) de dévalaison expérimental aménagé depuis début 1998 au niveau de prise d'eau de la centrale hydroélectrique du barrage de Lixhe et qui fait l'objet d'un suivi scientifique révélant son utilisation par des smolts de saumon et de truite de mer ainsi que par des truites communes adultes en post-reproduction.

Des études menées à Lixhe, il ressort particulièrement que la passe migratoire de dévalaison pilote doit être optimisée pour la dévalaison des smolts de salmonidés, puis que des aménagements pour la dévalaison de ce type de poisson prioritaire doivent être proposés pour les autres barrages mosans équipés d'une centrale hydroélectrique.

3. Retour de saumons adultes en Meuse belge

Entre août et décembre 1993, six saumons atlantiques de 44-72 cm furent capturés par les scientifiques hollandais à hauteur du barrage mosan de Lith (LANTERS, 1994), ce qui mar-

qua le retour de l'espèce dans le fleuve aux Pays-Bas. Au cours des années ultérieures, les pêches scientifiques révélèrent un accroissement du nombre de prises, avec un maximum de 18 en 1997 et de 29 en 2000 et un nombre total d'au moins 92 saumons identifiés dans la Meuse néerlandaise en 10 ans (MUYRES, com. pers.). Puis le 31 octobre 2002, un premier saumon (femelle de 72 cm-3,1 kg) de la nouvelle souche Meuse reconstituée fut capturé dans le piège de contrôle de la nouvelle échelle à poissons du barrage de Visé-Lixhe en Meuse belge à l'amont de Maastricht. Entre le 22 novembre et le 22 décembre 2002 furent encore capturés dix autres saumons adultes dans le piège de Lixhe tandis que le 21 janvier 2003 deux saumons mâles furent capturés dans le piège de la nouvelle échelle à poissons du barrage de Berneau sur la basse Berwinne. La capture de ces 13 saumons adultes de 61-79 cm, dont 9 mâles de 63-79 cm et 4 femelles de 65-72 cm établit de manière indiscutable le retour de l'espèce *Salmo salar* dans la Meuse en région liégeoise, aux portes du grand bassin salmonicole de l'Ourthe, à plus de 300 km de la mer.

Sur les 13 saumons atlantiques adultes capturés en fin 2002-début 2003 à Lixhe et Berneau, quatre furent relâchés en milieu naturel après marquage au moyen d'un émetteur radio pour le suivi de leur migration tandis que huit furent pris en charge par le Service de la Pêche à la station régionale de pisciculture d'Érezée sur l'Aisne (bassin de l'Ourthe) en vue de reproductions artificielles. Deux femelles furent croisées avec succès avec 5 mâles, ce qui a permis d'obtenir une dizaine de milliers d'œufs qui devraient donner des juvéniles constituant le premier stock des nouveaux saumons de la Meuse.

Par ailleurs, le radio-pistage en fin 2002-début 2003 de saumons et de truites communes capturés ou relâchés dans la Berwinne a permis d'identifier dans cette rivière une frayère d'un grand salmonidé, confirmant des observations du même type faites antérieurement. Il est dès lors permis de penser que des saumons auraient pu remonter dans la Berwinne en novembre-décembre 2002 et s'y reproduire, comme ils le faisaient pendant les années 1920.

4. Conclusions et perspectives

4.1. POURSUITE DES EFFORTS DE RESTAURATION EN FAVEUR DU SAUMON

Le retour des premiers saumons adultes dans la Meuse à Visé et dans la basse Berwinne en fin 2002-début 2003 est un événement écologique historique puisque ce poisson mythique, véritable monument de la nature, avait disparu du fleuve depuis près de 70 ans sans espoir de reconstitution naturelle de sa population. Ce résultat exceptionnel en terme de restauration de la biodiversité aquatique n'est pas le fait de la chance ou d'un concours de circonstances environnementales favorables mais il est au contraire la conséquence positive d'un programme volontariste de restauration écologique de grande ampleur amorcé il y a près de 20 ans et dont l'exécution a nécessité une collaboration exemplaire entre

de nombreux partenaires nationaux et internationaux. Le résultat acquis en cette fin 2002 n'est toutefois qu'une étape dans l'évolution du projet, qui doit pouvoir se poursuivre et s'amplifier en s'insérant dans des actions internationales en faveur du saumon et des autres poissons migrateurs amphibiotiques.

Mais à court terme, le retour des saumons en Meuse belge a deux implications majeures au plan de la gestion de la nouvelle population en voie de reconstruction. En premier lieu, la capture de saumons sauvages en basse Meuse liégeoise démontre que la voie de migration dans la Meuse entre la mer du Nord et Monsin-Liège est potentiellement ouverte pour les saumons, même si elle reste difficile en raison de la présence de deux barrages néerlandais non encore améliorés au point de vue de leur équipement en échelles à poissons. Il est donc essentiel que soient réalisés dans les meilleurs délais les derniers aménagements prévus aux Pays-Bas ainsi que la suppression de l'obstacle infranchissable du barrage d'Angleur en basse Ourthe. En second lieu, la réussite de la reproduction artificielle de saumons de la nouvelle souche Meuse reconstituée ouvre des perspectives nouvelles en matière de développement de la pisciculture et de repeuplement de cette espèce sur la base des meilleures pratiques actuelles en matière de zootechnie et de gestion génétique des stocks de saumon en rapport avec la conservation et dans un cadre international.

4.2. IMPLICATIONS POUR LES AUTRES ESPÈCES DE POISSONS MIGRATEURS

Grâce aux constructions d'échelles à poissons modernes sur les barrages entreprises dans le cadre du projet « Meuse Saumon 2000 », la défragmentation de l'habitat des poissons dans la Meuse est en très bonne voie. Les études scientifiques portant sur le piégeage des poissons remontant dans les échelles à poissons (BARAS *et al.*, 1996; PRIGNON *et al.*, 1998; PHILIPPART *et al.*, 2001) et le suivi télémétrique des migrations de remontée (OVIDIO *et al.*, 1996; OVIDIO & PHILIPPART, 2002) démontrent que les nouvelles grandes échelles à poissons construites en Meuse wallonne fonctionnent de manière globalement efficace pour les deux grands salmonidés migrateurs, le saumon et la truite de mer, qui doivent impérativement franchir les barrages mosans pour atteindre leurs zones de reproduction dans les affluents ardennais (Ourthe-Amblève et Lesse) ainsi que pour l'anguille qui doit pouvoir remonter le fleuve pour assurer la colonisation continentale. Ces ouvrages sont aussi utiles pour un large éventail d'espèces holobiotiques moins bonnes nageuses que les salmonidés et de plus petite taille (fonction multi-espèces) pour la plupart desquelles il est important de permettre à une certaine fraction des reproducteurs de circuler librement dans le fleuve afin d'atteindre des frayères dans les affluents et d'assurer les flux de gènes minima pour éviter la fragmentation génétique et écologique des populations.

Parmi les poissons migrateurs amphibiotiques autres que le saumon et la truite de mer, l'esturgeon, le corégone oxyrinque, la grande alose et l'alse feinte offrent peu de possibilité de restauration en raison d'un stock démographi-

que résiduel nul à très faible dans le cours inférieur de la Meuse néerlandaise et de la difficulté d'accès à d'hypothétiques zones de reproduction en Meuse belge. En revanche, on peut considérer que l'amélioration de la qualité de l'eau et du degré d'ouverture de l'axe migratoire fluvial facilitera le retour en Meuse belge de migrateurs anadromes comme la lamproie marine et la lamproie fluviatile, ainsi que l'accroissement des remontées d'une espèce migratrice catadrome comme l'anguille.

4.3. MISE EN OEUVRE D' ACTIONS COMPLÉMENTAIRES DE RESTAURATION - CONSERVATION

Le programme de rétablissement de la libre remontée des poissons migrateurs au niveau des barrages avec centrale hydroélectrique de la Meuse et de ses affluents doit aussi s'accompagner de mesures concrètes pour permettre et/ou améliorer les mouvements d'avalaison (dévalaison) des poissons et réduire les mortalités qui sont associées au passage dans les turbines (PRIGNON, 2000; PHILIPPART & SONNY, 2002). Ces dévalaisons concernent surtout les jeunes salmonidés (smolts de saumon atlantique et de truite de mer) qui vont grandir en mer ainsi que les anguilles sub-adultes qui vont s'y reproduire mais aussi, de manière plus générale, tous les poissons adultes qui, après une migration de remontée au moment de la reproduction, entreprennent une migration de descente au terme de celle-ci, soit vers la mer (cas des truites de mer et des saumons survivants), soit vers des habitats de résidence ou d'hivernage dans la partie aval des cours d'eau.

Le rétablissement de la continuité fluviale et de la libre circulation des poissons par la construction d'ouvrages de franchissement des barrages à la remontée et à la descente n'est qu'un aspect de l'amélioration de l'habitat des poissons et de la faune aquatique en général dans les cours d'eau régulés. En plus de cela, il faut veiller à conserver et à restaurer dans le cas des cours d'eau canalisés ou chenalés, les habitats aquatiques physiques (notamment les zones de reproduction et les nurseries, voir COWX & WELCOMME, 1998) recherchés par les poissons qui se déplacent en utilisant les échelles à poissons. Il s'agit de faire en sorte que le rétablissement des possibilités de migrer soit réellement utile pour le maintien et, mieux, pour l'accroissement naturel des populations des espèces de poissons les plus rares et menacées ou les plus appréciées. Tout cela doit faire partie d'une politique de gestion écologique globale des cours d'eau.

Au sujet du saumon atlantique de la Meuse, il est utile de rappeler qu'il constitue une espèce extrêmement rare et vulnérable dont la capture avec mise à mort par les pêcheurs n'est pas autorisée, ni en Belgique, ni aux Pays-Bas (depuis juillet 2000). On signalera aussi que par rapport à la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe et à la Directive européenne 92/43 « Habitat-Faune-Flore », le saumon atlantique est considéré comme une espèce d'intérêt communautaire qui justifie des mesures de protection et de restauration portant sur les populations et les habitats. C'est à ce titre que le saumon a été et est toujours concerné par des grands programmes euro-

péens de conservation-restauration « Life Nature » menés dans le bassin du Rhin international, dans diverses rivières du Royaume-Uni ainsi que dans la Loire en France (Anonyme, 2002). Par ailleurs, la restauration du saumon atlantique et de son habitat (possibilité de libre migration) dans la Meuse est une action qui s'inscrit parfaitement dans les objectifs de la récente « Directive Cadre sur l'Eau » de l'Union européenne qui vise pour 2015 la restauration du bon état écologique des milieux d'eau courante dont la connectivité est un élément essentiel. Enfin, de nombreux efforts sont entrepris depuis les dernières années (WWF, 2001) en vue de mieux protéger le saumon pendant sa phase de vie marine, où il continue à être exploité par la pêche commerciale. Dans cette optique, les Pays-Bas envisagent une interdiction de la pêche du saumon dans leurs eaux territoriales des 200 miles.

Remerciements

Les études scientifiques relatives au rétablissement de la libre circulation des poissons dans la Meuse belge et ses affluents ont été réalisées par les Universités de Namur et de Liège dans le cadre de Conventions avec le Ministère de la Région wallonne, actuellement avec le Ministère de l'Agriculture et de la Ruralité (M. le Ministre J. HAPPART). Le programme a aussi bénéficié de l'appui de nombreux autres partenaires institutionnels (Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement du Ministère de la Région wallonne représentée par le Service de la Pêche, la Station de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois et la Division de l'Eau, Service des Cours d'eau non navigables; Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports représenté par le Service des Voies Hydrauliques et le Service de l'Intégration paysagère) ainsi que du Fonds piscicole, du Service Environnement de la Ville de Visé et de la Société productrice d'électricité SPE-Secteur Sud (ex-Socolie) responsable de l'exploitation des centrales hydroélectriques de la Meuse. Nous remercions toutes ces personnes et institutions pour leur coopération à l'avancement du programme « Meuse Saumon 2000 ». Pour leur participation active aux 15 années d'études « Meuse Saumon 2000 » sur le terrain évoquées dans ce document, nous remercions aussi vivement nos collaborateurs de l'ULg, G. RIMBAUD et M. OVIDIO et nos collègues de l'équipe URBO (Prof. J.C. MICHA) des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur ainsi que A. GILLET du MET et toute l'équipe du Service de la Pêche (V. FRANK et C. CONJAERTS).

Références

- ADMIRAAL, W., VAN DER VELDE, G., SMIT, H. & CAZEMIER, W.G., 1993. The rivers Rhine and Meuse in The Netherlands: present state and signs of ecological recovery. *Hydrobiologia*, 265: 97-128.
- Anonyme, 2002. Life dans le sens du courant: la conservation des poissons migrateurs européens. *Natura 2000* (Lettre d'Information « Nature », Commission européenne DG Env), n° 15 (mai 2002): 10-13.
- BARAS, E. & PHILIPPART, J.-C. (eds), 1996. Underwater Biotelemetry. Proceedings of the First Conference and Workshop on Fish Telemetry in Europe. University of Liège, Belgium: vi, 257 pp.
- BARAS, E., PHILIPPART, J.-C. & SALMON, B., 1996. Estimation of migrant yellow eel stock in large rivers through the survey of fish passes: a preliminary investigation in the River Meuse (Belgium). In: COWX, I.G. (ed.), Stock Assessment in Inland Fisheries. Fishing News Books, Blackwell, London: 82-92.
- Benelux, 1996. Décision du Comité des Ministres de l'Union économique Benelux relative à la libre circulation des poissons dans les réseaux hydrographiques, Benelux M(96)5: 2 pp.
- BIJ DE VAATE, A. & BREUKELAAR, A.W. (eds), 2001. De migratie van de zeeforel in Nederland. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwater-behandeling. Rapport nr 2001.046: 176 pages.
- BRUYLANTS, B., VANDELANNOTE, A. & VERHEYEN, R.F., 1989. De vissen van onze vlaamse beken en rivieren. Hun ecologie, verspreiding en bescherming. WEL, Antwerpen: 272 pp.
- CAZEMIER, W.G., LANTERS, R.L.P. & WIEGERINCK, J.A.M., 1993. Biologische monitoring zoete rijkswateren. Samenstelling van de visstand in 1992/1993 op basis van kor- en kuilvangsten. RIVO (Rijksinstituut voor Visserijonderzoek) Rapport C029/93 (november 1993): 24 pp., annexes.
- CIPM / ICBM, 1998. Programme d'action « Meuse » 1998-2003 / Actieprogramma « Maas » 1998-2003. Commission internationale pour la Protection de la Meuse / Internationale Commissie voor de Bescherming van de Maas, Liège: 28 pp.
- COWX, I.G. & WELCOMME, R.L. (eds), 1998. Rehabilitation of rivers for fish. FAO & Fishing News Books: 260 pp.
- DE NIE, H.W., 1996. Atlas van de Nederlandse zoetwatervissen. Media Publishing: 151 pp.
- LANTERS, R.L.P., 1994. Het belang en de efficiëntie van de vistrapp Lith voor zeeforel (*Salmo trutta trutta* L.) en zalm (*Salmo salar* L.) in 1993. RIVO (Rijksinstituut voor Visserijonderzoek) Rapport 94.002 (februari 1994): 32 pp., annexes.
- MET, 1992. Évaluation des travaux nécessaires à la libre circulation des poissons sur la Meuse et l'Ourthe. Rapport de la Commission interministérielle « Échelles à Poissons ». Ministère de l'Équipement et des Transports (MET) et Ministère de l'Environnement, Région wallonne, Bruxelles: 26 pp.
- MICHA, J.-C., 1985. Obstacles physiques à la remontée du saumon atlantique dans le bassin mosan en Belgique. In: DELVINGT, W. (ed.), Réintroduction du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse. Ministère de la Région wallonne (DGRNE-Service de la Pêche) et Échevinat de l'Environnement de la Ville de Namur, Namur: 69-101.
- MUYRES, W.J.M., 1986. Vistrappen. In: Anoniem, De zalm weer terug in de Maas? Symposium te Stein op 7 juni 1986. Combinatie van zuid-limburgse Hengelsportverenigingen: 18-24.
- OVIDIO, M., BIRTLES, C., BARAS, E. & PHILIPPART, J.-C., 1996. A preliminary telemetry investigation on the obstacles to anadromous salmonids migration in spawning streams of the Belgian Ardennes (River Meuse Basin). In: LECLERC, M. et al. (eds), Proceedings of the second IAHR Symposium on Habitat Hydraulics, Ecohydraulics 2000, Québec (Canada). Published by INRS-Eau, vol. A: 83-88.
- OVIDIO, M. & PHILIPPART, J.-C., 2002. The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. Synthesis of a five-year telemetry study in the River Meuse basin. *Hydrobiologia*, 483: 55-69.

- PHILIPPART, J.-C., 1983. Note sur la redécouverte de « truites de mer » dans un affluent de la Meuse liégeoise en 1983. *Cahiers d'Éthologie appliquée*, 3 (1): 105-114.
- PHILIPPART, J.-C., 1985. Reversons-nous des saumons dans la Meuse ? *Cahiers d'Éthologie appliquée*, 5 (3): 189-226.
- PHILIPPART, J.-C., 1987. Histoire de l'extinction et problématique de la restauration des salmonidés migrateurs dans la Meuse. In: THIBAUT, M. & BILLARD, R. (eds), La restauration des rivières à saumons. Collection Hydrobiologie et Aquaculture, Publ. INRA, Paris: 125-137.
- PHILIPPART, J.-C., 2000. Les poissons de Wallonie et leurs habitats. In: Anonyme, Actes des Colloques Année mondiale des zones humides. Ministère de la Région wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement, Namur: 19-62.
- PHILIPPART, J.-C., GILLET, A. & MICHA, J.-C., 1988. Fish and their environment in large European river ecosystems. The River Meuse. *Sciences de l'Eau*, 7 (1): 115-154.
- PHILIPPART, J.-C., MICHA, J.-C., BARAS, E., PRIGNON, C., GILLET, A. & JOIRIS, S., 1994. The Belgian Project « Meuse Salmon 2000 ». First results, problems and future prospects. In: VAN DE KRAATS, J.A. (ed.), Rehabilitation of the River Rhine. *Water Science and Technology*, 29 (3): 315-317.
- PHILIPPART, J.-C., MICHA, J.-C., GILLET, A., RIMBAUD, G. & DELVINGT, W., 1990. La restauration démographique des salmonidés migrateurs (truite de mer et saumon atlantique) dans le bassin de la Meuse. État d'avancement du projet à l'automne 1989. In: Acte du Colloque « Gérer la Nature » ? *Travaux de la Conservation de la Nature*, 15 (2): 747-758.
- PHILIPPART, J.-C. & OVIDIO, M., 2003. Comportements et voies de migration à la remontée des poissons salmonidés dans la Meuse et l'Ourthe. En préparation.
- PHILIPPART, J.-C., RIMBAUD, G., OVIDIO, M. & GILLET, A., 2001. Biodiversity and population ecology of fish in the Belgian River Meuse as revealed by the monitoring of fishpasses. A 12-year study at the Visé-Lixhe dam. Communication par poster au Belgian meeting of the European platform for biodiversity research strategy. Scientific tools for in-situ biodiversity conservation (monitoring, modelling and experiments), Bruxelles, 2-4 décembre 2001.
- PHILIPPART, J.-C. & SONNY, D., 2002. Impact mécanique des prises d'eau et turbines sur les poissons en Meuse liégeoise. *Tribune de l'Eau*, n° 616-617/2-3 (Mars/avril-Mai/juin 2002): 88-100.
- PHILIPPART, J.-C. & VRANKEN, M., 1983. Protégeons nos Poissons. Collection « Animaux menacés en Wallonie ». Région wallonne et Duculot Paris-Gembloux: 206 pp.
- PRIGNON, C., 2000. Impact des barrages et des centrales hydroélectriques sur l'écosystème Meuse. In: Anonyme, Actes des Colloques « Les zones humides en Wallonie ». *Travaux de la Conservation de la Nature*, 21: 341-350.
- PRIGNON, C., MICHA, J.-C. & GILLET, A., 1998. Biological and environmental characteristics of fish passage at the Tailfer Dam on the Meuse River, Belgium. In: JUNGWIRTH, M., SCHMUTZ, S. & WEISS, S. (eds), Fish Migration and Fish Bypasses. Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford: 69-84.
- PRIGNON, C., MICHA, J.-C., RIMBAUD, G. & PHILIPPART, J.-C., 1999. Rehabilitation efforts for Atlantic salmon in the Meuse basin area: synthesis 1983-1998. In: GARNIER, J. & MANCHEL, J.M. (eds), Man and River Systems. *Hydrobiologia*, 410: 69-77.
- RAAT, A.J.P. (ed.), 1994. Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland. Studiedag Vismigratie (Journée d'étude sur la migration des poissons, 15 décembre 1993, Utrecht). OVB Nieuwegein: 279 pp.
- THORPE, J.E., 1988. Salmon enhancement: stock discreteness and choice of material for stocking. In: MILLS, D. & PIGGINS, D. (eds), Atlantic salmon: planning for the future. Croom Helm & Timber Press: 373-388.
- VERREYCKEN, H., BELPAIRE, C. & OLLEVIER, F., 1990. Studie naar de impact van het inzuigen van koelwater door de Electrabel-centrale te Langerlo op de vispopulaties van het Albertkanaal en de Kolenhaven. KUL, studierapport i.o.v. Electrabel: 170 pp.
- WWF, 2001. The status of wild salmon: A river by river assessment. Publication World Wildlife Fund. Édition AGMV Marquis, Québec: 192 pp.

Jean-Claude PHILIPPART
 Université de Liège
 Faculté des Sciences
 Département des Sciences de la Vie
 Laboratoire de Démographie des Poissons et
 d'Hydroécologie (LDPH)
 Institut Zoologique
 Quai Van Beneden 22
 4020 Liège