



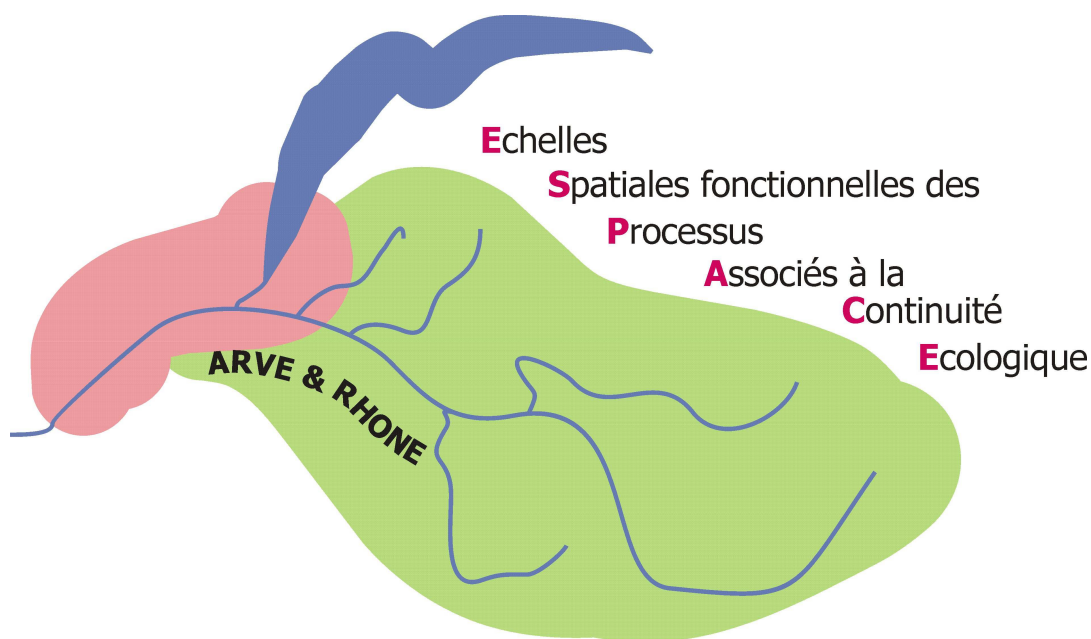
**Fédération de Haute-Savoie  
pour la Pêche et la Protection  
du Milieu Aquatique**  
2092 route des Diacquenods  
Le Villaret  
74370 St Martin Bellevue  
[www.pechehautesavoie.com](http://www.pechehautesavoie.com)

**h e p i a**

Haute école du paysage, d'ingénierie  
et d'architecture de Genève

**HEPIA site Lullier**  
150 route de Presinge  
1254 Jussy  
<http://hepia.hesge.ch/>

## INTERREG IV A 2007-2013 FRANCE – SUISSE



### PRESENTATION DU PROJET

Avec la participation financière de :



REPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

POST TENEBRAS LUX



Société  
des Forces Motrices  
de Chancy-Pougny  
**SFMCP**

Participation et conseils techniques de :



# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	
<b>1. CONTEXTE GLOBAL</b> .....	<b>2</b>
<b>2. CONTEXTE LOCAL</b> .....	<b>6</b>
<b>3. LES OBJECTIFS APPLIQUES DU PROJET</b> .....	<b>9</b>
<b>4. LES PARTENAIRES PORTEURS</b> .....	<b>10</b>
<b>5. LES PARTENAIRES ASSOCIÉS</b> .....	<b>11</b>
<b>6. INTEGRATION DU PROJET DANS LE PROCESSUS REGLEMENTAIRE FRANÇAIS</b> .....	<b>14</b>
<b>7. DESCRIPTIF DU PROJET</b> .....	<b>15</b>
7.1. FONCTIONNALITE BIOLOGIQUE : ECHELLE DE FONCTIONNEMENT DES POPULATIONS (MODULE 1).....	16
<i>A – Choix des espèces-cibles</i> .....	17
<i>B – Caractérisation de l'échelle spatiale nécessaire au fonctionnement des populations, et modèles d'organisation des populations</i> .....	18
7.2. FONCTIONNALITE BIOLOGIQUE : EVALUATION DES CAPACITES ET DE L'EFFICACITE DE FRANCHISSEMENT D'OUVRAGES (MODULE 2).....	21
7.3. FONCTIONNALITE PHYSIQUE : INTEGRITE PHYSIQUE DU CONTINUUM AQUATIQUE (MODULE 3) .....	23
<i>A – Aspect Ecomorphologique et obstacles au libre écoulement</i> .....	23
<i>b – Aspect hydrologique</i> .....	24
<i>c – Aspect hydro-sédimentaire</i> .....	25
<i>d – Aspect physico-chimique</i> .....	26
<i>e – Aspect thermique</i> .....	26
7.4. ETAT DES LIEUX D'UN TRONÇONS PILOTE .....	28
7.5. SYNTHESE DES RESULTATS : TRANSFERT VERS UNE GESTION TRANSFRONTALIERE (MODULE 4).....	30
7.6. PLAN DE COMMUNICATION, VALORISATION DES RESULTATS, ECHANGES (MODULE 5) .....	32
<i>A. Principe</i> .....	32
<i>B. Actions de communication</i> .....	33
<b>8. PLANNING DES ACTIVITES</b> .....	<b>37</b>
<b>9. BUDGET</b> .....	<b>38</b>
<b>10. BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>39</b>

## 1. CONTEXTE GLOBAL

Au cours des XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> siècles, le développement des activités humaines (urbanisation croissante, industrialisation, production énergétique, modifications des pratiques agricoles au sein du bassin versant,...) a conduit à une forte **artificialisation** des milieux aquatiques, à une **altération de leur fonctionnement** (Tockner *et al.*, 2009), et à une **fragmentation des habitats** (Dynesius & Nilsson, 1994). La qualité physico-chimique de l'eau s'est fortement dégradée. Les lits des rivières ont été détournés, canalisés, endigués pour satisfaire à la production hydroélectrique, à la navigation, à l'irrigation, et/ou à des impératifs sécuritaires (Bravard & Clémens, 2008). Les granulats, souvent considérés comme 'ressource inépuisable', étaient prélevés dans les lits-mêmes des cours d'eau. De nombreux seuils et barrages ont été érigés (par exemple, aménagements Girardon sur le Rhône dès la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, aménagements hydroélectriques de la CNR<sup>1</sup> dès 1948,...), interrompant ou altérant fortement les flux d'eau, de sédiments, ainsi que les flux biologiques (dérive des organismes, migrations). A cette époque, le développement économique des villes, régions et pays justifiait ces actions, alors que les effets potentiellement délétères pour l'écosystème n'étaient pas considérés. En Europe et ailleurs dans le monde, cette dégradation des systèmes aquatiques a conduit à une forte érosion de la biodiversité et à une réduction des services rendus par les écosystèmes d'eau douce. Il est aujourd'hui indispensable de **restaurer les fonctionnalités physiques et biologiques de ces milieux afin de conserver la biodiversité et tendre vers une durabilité dans l'utilisation de nos ressources** (Convention sur la Diversité Biologique, Rio 1992).

La **fragmentation des habitats** englobe tout phénomène artificiel de morcellement de l'espace, qui peut ou pourrait empêcher un ou plusieurs individus, espèces, populations ou association de ces entités vivantes de se déplacer comme elles le devraient et le pourraient en l'absence de facteur de fragmentation. Une des conséquences parmi les plus communément reconnues et des plus visibles de l'entrave à la libre circulation des poissons est la disparition ou la forte régression des grands migrateurs amphihalins (alose, saumon, anguille, lamproie,...) dans nos cours d'eau durant le XX<sup>ème</sup> siècle. Aujourd'hui, la recolonisation progressive du milieu par certaines de ces espèces (alose sur le Rhône, saumon sur la Loire et le Rhin,...) est directement liée soit à l'arasement d'ouvrages, soit à la reconnexion du continuum fluvial par des ouvrages de franchissement ou l'aménagement de confluences (reconnexion chenal principal – affluent, autrefois perdue par incision du lit du chenal ; Steinbach, 2001). Néanmoins, si ces espèces sont devenues emblématiques et porte-drapeau d'un processus engagé de restauration écologique des milieux, il n'en demeure pas moins que de nombreuses autres espèces, moins connues du grand public,

---

<sup>1</sup> *Compagnie Nationale du Rhône*

réalisant leur cycle de vie à une échelle beaucoup plus petite, ont vu et voient encore leurs populations décliner suite à la fragmentation des habitats, concourant ainsi à l'érosion de la biodiversité. Les altérations des flux hydrologiques (retenues d'eau, tronçons court-circuités à débit minimum biologique, éclusées,...) et sédimentaires (piégeage des sédiments à l'amont des barrages) modifient les habitats et ne permettent plus leur renouvellement. Les vitesses d'écoulement et hauteurs d'eau sont changées, les variations de débits à différentes échelles de temps (horaire, journalière, saisonnière et annuelle) sont artificiellement modifiées, et souvent accompagnées d'une perturbation du régime thermique. Les capacités de transport solide des fleuves et rivières ont fortement diminué. Si les granulométries fines arrivent à transiter dans la colonne d'eau, les sédiments grossiers (sables grossiers, graviers, galets) transportés par roulement sur le fond sont bloqués par les ouvrages (barrages, seuils importants) et deviennent déficitaires vers l'aval (Petts, 1985; Vericat & Batalla, 2006; Bravard & Clémens, 2008). Selon les cas, les phénomènes de pavage, d'armage, ou d'incision du lit se produisent, générant des substrats peu biogènes, aussi bien pour les poissons que pour la macrofaune benthique, mais également pour la flore aquatique. Des conséquences socio-économiques peuvent également s'ensuivre, comme par exemple la perte de volume – donc de production - des retenues en amont des ouvrages, ou le remplacement d'espèces exploitées à forte valeur commerciale par des espèces de moindre valeur (Petts, 1985). Les services rendus par l'écosystème sont donc moindres. La libre circulation des flux hydrologique, sédimentaire et biologique est donc un **élément fondamental de l'intégrité écologique** des écosystèmes aquatiques d'eau courante.

Ces notions de "mouvements de la faune", de "libre accès à des habitats", de "processus hydromorphologiques" apparaissent désormais au cœur même des objectifs de restauration de l'intégrité écologique des milieux, et sont regroupés sous le terme de "**continuité écologique**". La notion de continuité écologique apparaît pour la première fois dans un texte législatif européen en 2000, à l'annexe V de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE ; directive 2000/60/CE), puis pour la France, en 2005 dans la circulaire DCE 2005/12 visant à définir le "bon état" des masses d'eau. Elle est reprise en 2006 dans la LEMA (Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques) et en 2007 lors du Grenelle de l'Environnement, avec sa mesure phare de "Trame Verte et Bleue"(qui est un outil d'aménagement du territoire, visant à reconstituer un réseau écologique cohérent). Cette trame bleue est constituée des réservoirs de biodiversité (cours d'eau ou tronçons de cours d'eau abritant des espèces rares, indicatrices du bon fonctionnement du milieu, qui jouent un rôle de pépinière) et des corridors qui les relie, et doit permettre la survie des espèces ainsi qu'un fonctionnement optimal des écosystèmes, en partie évalué à partir des services rendus à l'homme.

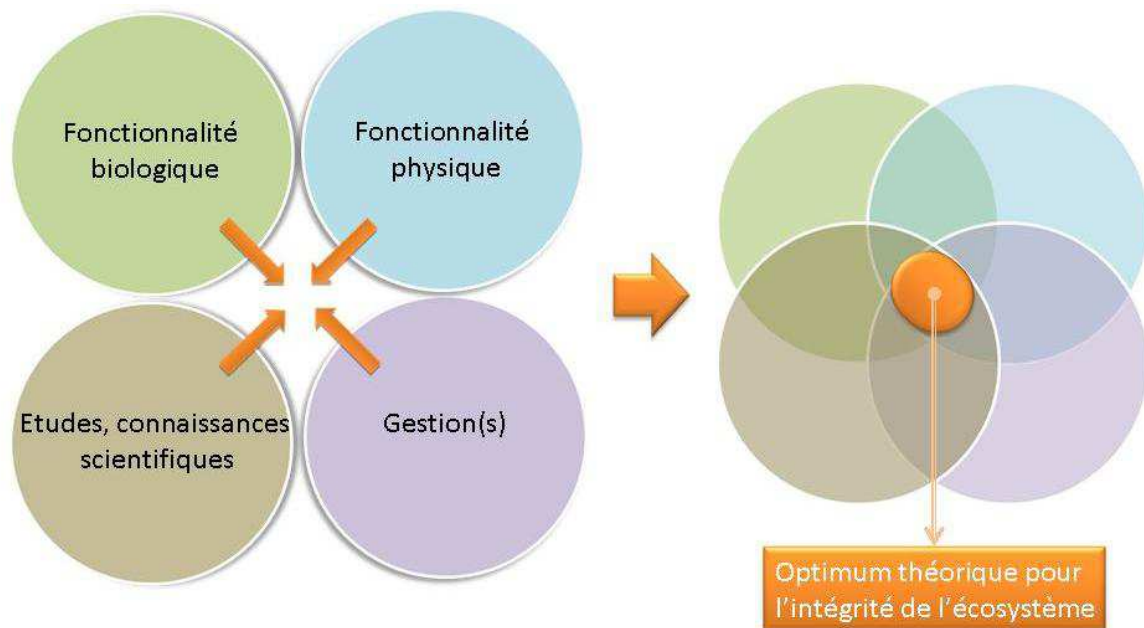
En suisse, la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux 814.20) du 24 janvier 1991, modifiée le 1er janvier 2011, et son ordonnance d'application (OEaux 814.201 du 24 octobre 1998, révisée le 1er Août 2011) préconisent de protéger les eaux contre toute atteinte nuisible et prévoient de sauvegarder les biotopes naturels abritant la faune et la flore indigènes et les eaux piscicoles (Art. 1). Les cantons sont chargés d'exécuter la présente loi

(Art. 45), alors que la Confédération veille à son exécution et à la coordination (Art. 46). Cette loi vise aussi bien les aspects quantitatifs que qualitatifs de la ressource en eau. Elle impose d'une part de revitaliser les cours d'eau altérés en préservant un espace de liberté, et d'autre part de réduire les incidences négatives liées à l'utilisation de la force hydraulique. Pour cette dernière exigence, cela implique de réduire les effets négatifs des éclusées en aval des centrales, de réactiver le régime de charriage sédimentaire, et d'assainir les ouvrages au sens de l'art. 10 de la LFSP (Loi Fédérale Sur la Pêche) du 21 juin 1991, notamment en rétablissant la libre circulation (ou migration) des espèces piscicoles. Les termes de connectivité, fragmentation, ou morcellement n'apparaissent cependant pas dans ces textes. Sans être nommément citée et explicité, la notion de connectivité écologique transparaît en plusieurs points, notamment au sujet des prélèvements d'eau : dans les secteurs soumis à débit résiduel, la valeur de ce débit doit être augmentée si "la profondeur d'eau nécessaire à la libre migration des poissons n'est pas garantie", ou si "les biotopes et les biocénoses rares dont l'existence est liée directement ou indirectement à la nature et à la taille du cours d'eau ne peuvent être conservés". Outre les intérêts publics et économiques, la gestion du débit doit tenir compte de "l'importance du cours d'eau en tant qu'élément du paysage", "en tant que biotope", et en termes de "maintien de la diversité de la faune et de la flore qui en dépendent ainsi que la conservation du rendement de la pêche et de la reproduction naturelle des poissons". Cette dernière partie sous-entend le libre accès aux zones de frayères, ainsi que le renouvellement des habitats de reproduction par les processus hydro-sédimentaires fonctionnels.

La notion de libre migration du poisson est une exigence légale, issue de la loi fédérale sur la pêche du 21 juin 1991 (LFSP ; RS 923.0). Il est précisé que, pour toute nouvelle construction d'ouvrages sur un cours d'eau, les autorités compétentes veillent à « assurer la libre migration du poisson » (LFSP, art. 9, al. 1, let. b). Pour les installations existantes, un assainissement doit être réalisé conformément aux prescriptions des autorités (LFSP, art. 10). Par « poisson », il faut entendre l'ensemble des espèces de la faune piscicole. La migration concerne aussi bien les mouvements vers l'aval (avalaison), que les mouvements vers l'amont (montaison). La « libre migration du poisson » impose donc une certaine « transparence » des ouvrages aux mouvements de la faune piscicole.

Ainsi, le contexte général est particulièrement favorable au développement de projets visant à améliorer la continuité écologique des systèmes aquatiques, que ce soit au niveau européen, français ou suisse. La problématique de la continuité écologique est d'autant plus importante en **zone frontalière** que sur un même bassin versant, à une échelle spatiale réduite, se combinent des acteurs différents (gestionnaires, décideurs, usagers de la ressource, associations,...) de part et d'autre de la frontière, guidés par des textes législatifs et des politiques différentes, avec des priorités différentes, répondant à des échéances et parfois même à des échelles différentes. Dans le cas de continua écologiques tels que les cours d'eau, il existe de fait une **forte dépendance** au sein du bassin versant entre les parties amont et les parties aval. Sur ces territoires transfrontaliers, une entente et une

coordination entre les différents acteurs de chaque partie est fondamentale à la mise en place d'une gestion cohérente, raisonnée et durable (Caudron *et al.*, 2012). Un projet en collaboration étroite avec ces diverses parties doit permettre d'unir les compétences et moyens de chacun pour aboutir à une **gestion concertée et validée** par tous les acteurs à l'échelle d'un **bassin hydrographique**, échelle qui se révèle être minimale pour des actions de gestion coordonnées (**Figure 1**).



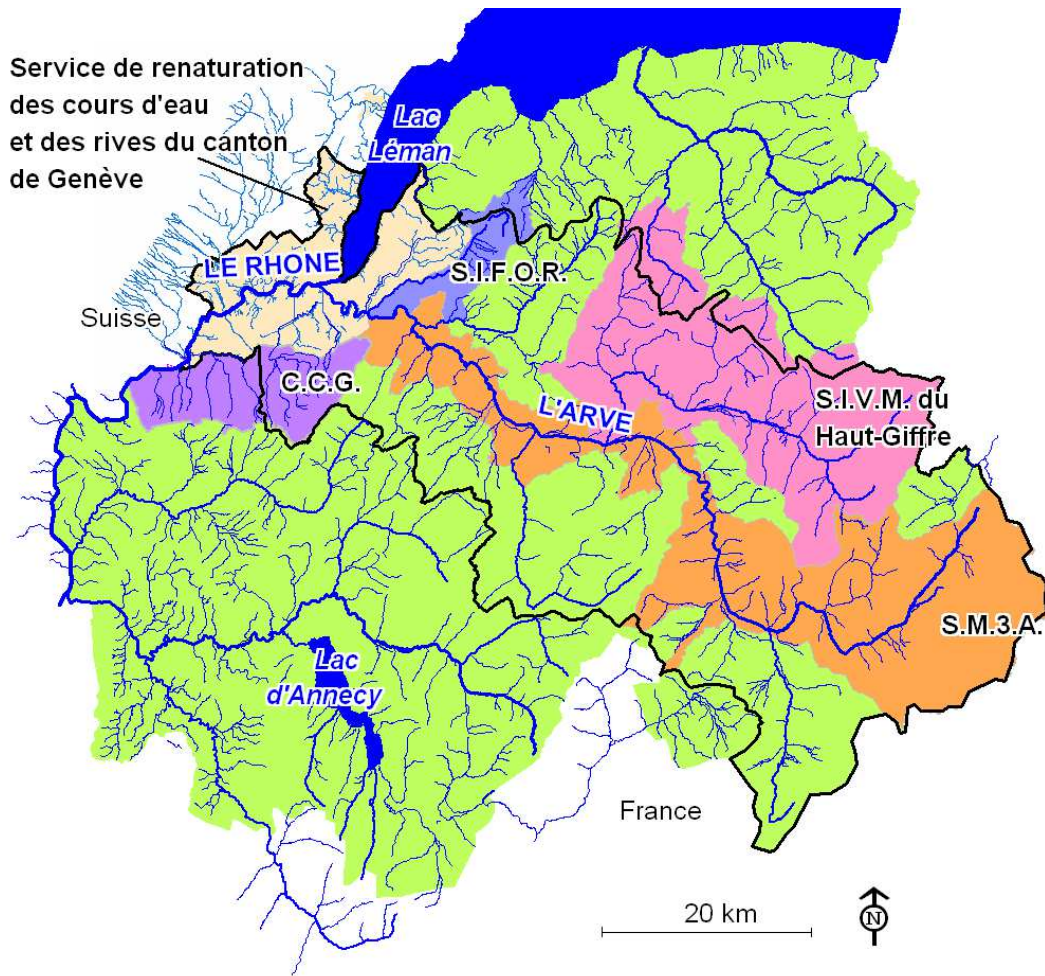
**Figure 1** : Schéma conceptuel simplifié des différentes échelles associées au fonctionnement d'un écosystème anthropisé. L'échelle de fonctionnalité biologique comprend l'espace nécessaire aux populations pour assurer leur cycle de vie. Cet espace doit présenter une fonctionnalité physique, c'est à dire permettre la continuité des processus hydrologique, sédimentaire, thermique,...inhérents à un continuum aquatique. Ces processus déterminent la création, l'évolution dans le temps et l'espace, et la connexion des différents types d'habitats. Les scientifiques, souvent pour des raisons de coûts, apportent de la connaissance sur l'écologie des espèces et le fonctionnement de l'écosystème, mais souvent issue de travaux 'locaux', ou d'études à court terme, et non nécessairement transposables à un autre contexte ou à l'ensemble d'un bassin versant. Enfin, les gestions (piscicole, des débits, des sédiments, des prélèvements d'eau,...) sont diverses, et s'effectuent généralement sur des territoires administratifs différents des échelles spatiales des processus biologiques, physiques, et des connaissances scientifiques. N'est pas mentionné sur ce schéma le niveau de complexité supplémentaire apporté par les différences de cadres politiques en zones transfrontalières. Le rapprochement de ces différentes échelles, dans l'objectif de les faire coïncider au maximum, permettrait d'améliorer le fonctionnement global d'un système anthropisé, d'approcher une 'intégrité' maximale pour prendre au final les décisions d'actions à la 'bonne' échelle spatiale.

## 2. CONTEXTE LOCAL

Le territoire englobant les bassins de l'Arve et du Rhône genevois est complexe. Il combine des paysages de montagne et moyenne montagne, de vallées (Arve, Giffre, Borne, Menoge...) plus ou moins encaissées, et enfin un paysage plus ouvert qu'est le bassin genevois. Ce territoire, contraint par la géographie, est soumis à d'importantes **pressions anthropiques**. Sur le plan environnemental, la vallée de l'Arve a beaucoup souffert d'une industrialisation forte aux activités polluantes (activités métallurgiques, décolletage), ainsi que d'une urbanisation prenant le pas sur les capacités d'assainissement des réseaux d'eaux. Les industries utilisant beaucoup d'eau pour leurs activités ont dû se concentrer dans l'étroit fond de vallée, aux côtés de voies de communication empiétant sur l'espace de liberté de la rivière, repoussant celle-ci dans un lit de plus en plus étroit au moyen d'endiguement à outrance. Par ailleurs, ce territoire est également confronté aux forts développements urbain et péri-urbain de la métropole franco-valdo-genevoise, qui, avec ses 915'000 habitants et son dynamisme socio-économique exceptionnel, représente le second pôle de vie de la région Rhône-Alpes.

Sur le bassin de l'Arve & Rhône, plusieurs structures de gestion des milieux aquatiques (contrats rivière, communauté de communes ou service cantonal) sont actuellement en place, à savoir côté français le Syndicat Intercommunal du FORon (SIFOR), le Syndicat Mixte de l'aménagement de l'Arve et de ses abords (SM3A), le Syndicat Intercommunal à Vocation Multiples (SIVM) du Haut Giffre et la Communauté de Communes du Genevois (CCG), et côté suisse la Direction Générale de l'Eau (DGEau) et la Direction Générale Nature et Paysage (DGNP) du canton de Genève (**Figure 2**). Ils œuvrent localement à l'échelle de leurs sous-bassins pour améliorer la qualité d'eau et lutter contre les pollutions (volet A), mais aussi pour restaurer et protéger les milieux aquatiques et leurs fonctionnalités (volet B). Les actions, dont les premières ont vu le jour en 1995 pour le contrat Arve (SM3A), constituent des travaux d'assainissement (création de stations d'épuration, réhabilitation de réseaux, suppression de rejets...), des travaux d'aménagement (abris et caches piscicoles, dispositifs de franchissement...) et de renaturation (diversification de l'habitat, reméandrage, création et protection de la ripisylve...). A ce jour sur le bassin de l'Arve-Rhône, il a été **investi avec les contrats rivières et les communes 290 M€** (respectivement 207M€ pour le volet A et 83M€ pour le volet B) entre 1995 et 2011 et **18 MCHF pour la renaturation des cours d'eau** sur le canton de Genève entre 2000 et 2008.

Compte tenu des sommes mobilisées pour les écosystèmes aquatiques du territoire Arve-Rhône, il est indispensable de valoriser les travaux effectués et d'appréhender les effets de ces derniers sur les populations en place. De plus, **peu de ces multiples travaux ont fait l'objet d'un suivi pour quantifier et évaluer leur fonctionnalité.**



**Figure 2 :** Situation de l'ESPACE Arve & Rhône qui intègre les structures gestionnaires locales pour aboutir à une gestion coordonnée du bassin

En 2010, un outil de gestion plus large a vu le jour sur la partie française du bassin de l'Arve : le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Arve et affluents porté par le SM3A. Il permet de décliner les grandes orientations et mesures du SDAGE 2010-2015 à l'échelle locale. Les différents acteurs et usagers du territoire sont consultés pour définir des objectifs pour les 5 ans à venir sur différentes thématiques, incluant :

- l'amélioration de la connaissance et la mise en place d'une veille scientifique et technique ;
- l'amélioration de la qualité de l'eau et la préservation et restauration des milieux aquatiques et humides pour garantir leurs fonctionnalités hydrologiques et écologiques, et leur valorisation comme éléments d'amélioration du cadre de vie ;

- le rétablissement de l'équilibre sédimentaire des cours d'eau du bassin versant, la préservation de leurs espaces de liberté et la restauration de la continuité piscicole et des habitats aquatiques, en prenant en compte les enjeux écologiques et humains.

Depuis 2010, le canton de Genève a mis en place sur chacun de ses six bassins versants un outil de planification et de coordination pour la gestion de la ressource en eau, le SPAGE (Schéma de Protection, d'Aménagement et de Gestion des Eaux). Ce document préconise de travailler en synergie et en collaboration au-delà des frontières cantonales (DIM DGEau, 2012). Certains axes abordés sont directement liés à la connectivité (Réseau Vert-Bleu) et à la gestion des cours d'eau (qualité des eaux, renaturation). Le premier SPAGE a vu le jour en 2010 sur le bassin de l'Aire et de la Drize.

En 2013, le canton de Genève doit soumettre à l'OFEV<sup>2</sup> un plan de revitalisation des cours d'eau dont les mesures doivent contribuer à recréer des milieux aussi naturels que possible et d'enrayer les pertes de biodiversité en réactivant des processus inhérents aux écosystèmes aquatiques comme le charriage des sédiments et la migration des poissons.

La mise en place de ces nouveaux documents d'aménagement et de gestion des eaux qui prennent en considération les requêtes et les attentes de tous les usagers du territoire, montre la volonté d'agir pour les milieux aquatiques et de redonner aux populations le moyen et l'envie de s'approprier leur territoire, en les incluant directement dans les mesures et les propositions de gestion locale.

Ainsi le contexte local est propice à un **projet collaboratif transfrontalier** avec d'un côté des structures de recherche qui souhaitent apporter des éléments scientifiques servant de réflexion pour la gestion ou d'amélioration des dispositifs de franchissement, et de l'autre des gestionnaires en attente de connaissances nouvelles pour définir des actions et des projets d'aménagement efficaces et fonctionnels et des propriétaires d'ouvrages voulant valider l'efficacité de leur investissement pour la faune piscicole. La participation de chacune de ces parties dans un programme commun permettrait d'unir les moyens pour répondre aux diverses attentes. L'objectif est d'aboutir à la définition de mesures de gestion élaborées de manière concertée et étayées par des données scientifiques intégrant la problématique de la connectivité sur l'ensemble du bassin Arve-Rhône.

---

<sup>2</sup> Office Fédéral de l'Environnement

### 3. LES OBJECTIFS APPLIQUES DU PROJET

#### Objectifs communs à la France et à la Suisse :

- Décrire les déplacements, identifier les habitats utilisés au cours du cycle de vie, et évaluer les échelles spatiales nécessaires au maintien de 5 espèces représentatives de la biodiversité piscicole du bassin Arve – Rhône genevois ;
- Evaluer la fonctionnalité en termes de franchissement de aménagements, anciens et récemment construits, en intégrant les effets modulateurs de l'hydrologie et de la thermie ;
- Constituer une base de données environnementale à l'échelle du bassin Arve – Rhône genevois sous forme d'un système d'informations géographiques (SIG) compilant l'ensemble des données physiques et biologiques utiles à l'évaluation de la connectivité écologique ;
- Identifier, sur la base du SIG créé, les « *points noirs* » à la continuité écologique sur les bassins de l'Arve et du Rhône genevois ;
- Développer avec l'ensemble des acteurs gestionnaires, un outil d'aide à la décision permettant de hiérarchiser et '*prioriser*' les obstacles à la continuité écologique devant être restaurés ;
- Définir de manière collaborative à l'aide de l'outil créé des stratégies de gestion durable, coordonnées entre les différents gestionnaires et cohérentes pour une restauration de la continuité écologique sur l'ensemble de l'espace Arve et Rhône.

#### Plus spécifiquement pour la Suisse :

- Evaluer l'efficacité de franchissement des passes à poisons de Chancy-Pougny, Verbois, et Vessy, afin de répondre d'une part aux exigences définies par la LEaux en termes d'assainissement des ouvrages, mais également aux besoins de critères quantitatifs objectifs pour le processus de certification 'Naturemade Star' (notamment pour Chancy-Pougny) ;

#### Plus spécifiquement pour la France :

- Evaluer l'efficacité de certains ouvrages de franchissement déjà réalisés sur des ouvrages structurant la continuité du cours principal de l'Arve (passe à ombre d'Arthaz, rivière de contournement de Scionzier,...) ;
- Evaluer les effets sur la continuité écologique de quelques grands ouvrages fragmentant l'habitat sur le bassin versant (Arve et affluents). Le choix de ces

ouvrages se fera en concertation avec les structures gestionnaires locales (contrats de rivière, SAGE,...) ;

- Mieux connaître les relations entre le cours principal de l'Arve et les affluents ainsi que les rôles joués par les affluents dans les processus biologiques (refuge thermique, refuge hydraulique, zone de reproduction,...) en rapport avec leur qualité et leur niveau d'accessibilité ;
- Utiliser le Nant de Sion comme un site atelier pour mieux comprendre les relations entre migration génésique et facteurs environnementaux en particulier l'hydrologie, la température, l'habitat physique et la qualité d'eau.
- Réaliser le diagnostic biologique et géomorphologique du tronçon aval du Borne, tronçon clé par sa position de confluence avec l'Arve où seront réalisés des futurs aménagements de restauration d'habitat.

## 4. LES PARTENAIRES PORTEURS

Les porteurs de ce projet sont la Fédération Départementale de Haute-Savoie pour la Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (FDPPMA 74) pour la France, et la Haute Ecole du Paysage d'Ingénierie et d'Architecture de Genève (HEPIA) pour la Suisse.

La **FDPPMA 74**<sup>3</sup> est une association loi 1901 dont ses missions principales imposées par ses statuts sont de gérer durablement et de mettre en valeur le patrimoine piscicole et d'assurer la protection des milieux aquatiques. Dans cette optique, son équipe technique entreprend des études scientifiques afin de mieux connaître le fonctionnement des milieux pour pouvoir proposer aux gestionnaires des actions de gestion adaptées et pertinentes en fonction des bassins versants.

**HEPIA**<sup>4</sup> est une institution publique de formation et de recherche, faisant partie des Hautes écoles spécialisées de Suisse occidentale. Elle forme des étudiants et des professionnels dans différents domaines de l'ingénierie, et oriente systématiquement ses formations et sa recherche au service d'un développement durable. Au sein de son Institut Terre-Nature-Environnement, le groupe Ecologie et Ingénierie des Systèmes Aquatiques<sup>5</sup> développe des recherches sur la conservation des espèces piscicoles patrimoniales et sur la gestion raisonnée de la ressource en eau, notamment en lien avec les problématiques de

---

<sup>3</sup> <http://www.pechehautesavoie.com/>

<sup>4</sup> <http://hepia.hesge.ch/>

<sup>5</sup> <http://hepia.hesge.ch/fr/rad-et-prestations/institut-intne/equipes/ecol-ing-systemes-aquatiques/>

production hydroélectrique. La gestion et la valorisation du patrimoine naturel orientent la stratégie de cette équipe en matière de recherche finalisée. Celle-ci s'effectue en collaboration étroite avec les gestionnaires, qui sont également les destinataires privilégiés des résultats de leurs travaux.

Ces deux partenaires entretiennent une fructueuse collaboration depuis 3 années, avec notamment différents projets sur l'ombre commun, dans le cadre :

- d'un suivi de la dévalaison des alevins d'ombre sur le Nant de Sion (Vigier *et al.*, 2012) et l'Allondon ;
- du projet international *Thymallus* sur la caractérisation génétique des populations d'ombre de Suisse et de France transfrontalière (Cattanéo *et al.*, 2011) ;
- d'un suivi par radiopistage commencé en 2011 et poursuivi en 2012 sur les géniteurs d'ombre commun en période post-reproductive sur le bassin de l'Arve.

## 5. LES PARTENAIRES ASSOCIÉS

### En France:

Le **Syndicat Mixte de l'aménagement de l'Arve et de ses abords** (SM3A) est la structure gestionnaire en place sur le bassin de l'Arve qui porte l'élaboration et la mise en place du SAGE Arve. Les objectifs de cette structure sont de protéger, améliorer et valoriser le milieu naturel et la qualité de la rivière Arve. Lors de la réalisation de son contrat rivière, le SM3A a entrepris la réalisation de plusieurs ouvrages de franchissement (au niveau d'Arthaz, de Scionzier) sur le linéaire de l'Arve et en assure l'entretien. Une évaluation de leur fonctionnement permettrait de justifier de ces investissements et pourrait montrer l'intérêt de réaliser de nouveaux aménagements. De plus, cette structure proche du grand public possède une stratégie de communication efficace avec notamment un magazine vidéo hebdomadaire, « Au fil de l'Arve, au fil des Eaux » sur la chaîne locale TV8 Mont Blanc, qui pourra être mis à contribution et relayer l'avancement des différentes étapes de notre projet.

**L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse** (AE RMC) est un établissement public de l'État (sous la tutelle du Ministère en charge du développement durable) dont le territoire s'étend du bassin de la Saône au nord à la méditerranée au sud en ajoutant la Corse. Ces principales missions sont de contribuer à améliorer la gestion de l'eau, de lutter contre sa pollution et de protéger les milieux aquatiques. L'AE RMC met en œuvre, via son programme d'intervention, les orientations définies par les comités de bassin Rhône-Méditerranée et de

Corse. Grâce aux redevances versées par les usagers de l'eau, elle peut apporter des aides financières aux actions d'intérêt commun menées dans le domaine de l'eau par les collectivités...ou soutenir des études pour l'amélioration de la connaissance des milieux aquatiques. L'AE RMC se place en co-financeur sur la partie française du programme ESPACE Arve & Rhône. En effet, ce dernier a la volonté d'apporter une connaissance et des réponses sur la thématique de la continuité écologique qui est une notion « phare » défendue par l'Agence. En plus du soutien financier, l'AE RMC aura une participation technique notamment au sein de la commission 2 du SAGE identifiée comme le comité de pilotage du programme ESPACE.

L'**Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA)**, établissement public sous tutelle du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable (MEDAD) remplace et reprend les missions de l'ancien Conseil Supérieur de la Pêche (CSP). Il accompagne et met en œuvre la politique nationale de l'eau et des milieux aquatiques. Une des missions de l'ONEMA est de soutenir et conseiller les acteurs de la gestion de l'eau, au niveau territorial et de bassin, par un appui technique et une excellente connaissance de terrain. En Haute-Savoie, l'ONEMA et la FDPPMA74 œuvrent conjointement depuis plusieurs années. Récemment, par exemple, ils ont établi à l'issue de 2 ans de prospection conjointe (2009 et 2010) un atlas exhaustif des ouvrages transversaux sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie (Chasserieu, 2010). Cette base de données actualisée permet d'évaluer la fragmentation des cours d'eau. Depuis 2010, le service départemental renforce l'équipe technique de la FDPPMA 74 pour le suivi de la migration post-reproduction des ombres communs sur le bassin de l'Arve. Pour ce projet ESPACE, les agents de secteurs de l'ONEMA participeront à certaines phases de terrain (pêches électriques, pistage des poissons) qui peuvent nécessiter de gros moyens humains. De plus, la direction régionale de l'ONEMA (DR Lyon) a déjà une expérience de suivi par radiopistage (LIFE Apron sur le bassin du Rhône) et détient du matériel de radiopistage qui pourra être mis à disposition des porteurs de projet. Un conseil technique pour la mise en place de ce matériel pourra être envisagé ponctuellement au début du programme.

#### En Suisse :

La **Direction Générale Nature et Paysage (DGNP)** a pour mission de garantir le développement durable d'un patrimoine naturel de haute valeur en particulier au niveau des espèces de la faune et la flore sauvages par le maintien et la gestion active d'espaces suffisants. Elle encourage à la connaissance du patrimoine naturel en participant à des programmes de recherche et en diffusant les résultats auprès des citoyens genevois.

Les **Services Industriels de Genève (SIG)** fournit de l'énergie et de l'eau, valorise les déchets, et traite les eaux usées sur le canton de Genève. Il veille à mettre en place des mesures compensatoires à son activité hydroélectrique notamment avec la réalisation de

passes à poissons ou la création d'annexes fluviales. Un suivi biologique est réalisé sur chacun des aménagements dans le cadre du « Monitoring du Rhône et de l'Arve ». Ce projet permettra d'évaluer l'efficacité des passes à poissons construites pour franchir les barrages de Seujet (passe créée en 1995), Verbois (2000), et Chancy-Pougny (2012).

La **Société des Forces Motrices de Chancy-Pougny (SFMCP)** est une société de droit suisse fondée en 1917, ayant son siège à Chancy – Genève. Elle dispose d'un capital-actions de CHF 6'000'000 réparti au prorata des droits d'eau suisse et français. Elle se dote de nouveaux statuts en date du 16.10.2008 et procède à une mutation en Société Anonyme le 14.11.2008. Elle est aujourd'hui détenue par les SIG à 72 % et la CNR (Compagnie Nationale du Rhône) à 28 %. Ses objectifs sont : acquisition de la concession, aménagement et exploitation de l'usine de production de force motrice créée sur le Rhône près de Chancy et de Pougny, de même que sa rénovation et sa transformation; construction et exploitation d'entreprises industrielles, notamment dans le domaine de l'énergie électrique, exécution d'opérations industrielles et financières ainsi que participation à des entreprises similaires ou autres.

L'**Office Fédéral de l'Environnement (OFEV)** est un service fédéral qui dépend du DETEC, le Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication. L'OFEV est l'autorité compétente pour les questions environnementales. Il est à ce titre chargé de gérer les ressources naturelles selon les principes du développement durable et de protéger l'homme contre les dangers naturels et l'environnement contre les pollutions. Conformément à la Stratégie pour le développement durable du DETEC, l'OFEV poursuit les objectifs suivants:

- préserver et gérer les ressources naturelles (sols, eaux, forêts, air, climat, paysages, diversité biologique) selon les principes du développement durable et éliminer les atteintes déjà survenues ;
- protéger l'homme contre les pollutions (bruit, substances et organismes nocifs, rayonnement non ionisant, déchets, sites contaminés et accidents majeurs) ;
- protéger l'homme et les biens de valeur notable contre les risques hydrologiques ou géologiques (crues, tremblements de terre, avalanches, glissements de terrain, érosion, chutes de pierres).

Pour atteindre ces objectifs, l'OFEV accomplit les tâches suivantes:

- observer l'environnement afin d'obtenir les bases de la gestion des ressources ;
- préparer les décisions visant une politique globale et cohérente de gestion des ressources naturelles selon les principes du développement durable ainsi qu'une politique de prévention des risques ;
- mettre en œuvre les bases légales, soutenir les autres organes chargés de l'exécution de ces bases et informer de l'état de l'environnement et de la meilleure façon d'utiliser et de protéger les ressources naturelles.

Commun aux deux pays :

L'Institut de Zoologie de l'Université de Graz en Autriche possède une longue expérience en termes d'analyses génétiques, de phylogéographie des poissons, et plus généralement, en matière de conservation des populations de salmonidés (Weiss *et al.*, 2002). Ce laboratoire a effectué les analyses génétiques sur l'ombre commun pour le programme international *Thymallus* et dans le cadre du programme ESPACE Arve & Rhône, il se placera en référent scientifique compte tenu que les futurs résultats viendront compléter ceux de 2011.

## 6. INTEGRATION DU PROJET DANS LE PROCESSUS REGLEMENTAIRE FRANÇAIS

Côté français sur le bassin de l'Arve, une démarche réglementaire en matière de gestion patrimoniale de l'eau et des milieux aquatiques est actuellement en cours de mise en place : le SAGE Arve qui est animé et porté par le SM3A. Ce document opposable à l'administration et au tiers suit les grandes lignes de gestion des eaux du SDAGE établi par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. Le SAGE et plus précisément la CLE (Commission Locale de l'Eau)<sup>6</sup> détermine des orientations et les stratégies en matière de gestion de l'eau, les objectifs de quantité et de qualité des eaux, ainsi que les moyens à mettre en œuvre pour les atteindre. Les objectifs prioritaires, les stratégies d'actions et les prescriptions pour parvenir à mettre en place ces orientations sont transcrites dans le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) de la ressource en eau et des milieux aquatiques.

Après l'approbation de la CLE du diagnostic initial du 8 juillet 2011, le SAGE entreprend à l'heure actuelle les tâches suivantes :

- Etudes complémentaires à l'état initial,
- Définition des objectifs du SAGE : définition des tendances et scénarios possibles, choix des objectifs du SAGE et d'un scénario.

Le SAGE s'organise en 4 commissions (composées d'élus, d'usagers et de maîtres d'ouvrage locaux) qui se répartissent les différentes thématiques abordées dans la gestion des eaux (**Table I**). La continuité piscicole se réfère à la commission 2 qui sera pour le projet ESPACE Arve & Rhône la commission de référence. Afin de ne pas multiplier les réunions et d'intégrer pleinement notre projet dans le processus réglementaire actuellement en cours, cette commission 2 fera office de comité de pilotage du projet côté français. Cependant comme ce projet ne se limite pas au compartiment piscicole et que la volonté est bien de cerner la problématique de la continuité écologique au sens large, les commissions 1 et 3 seront consultées, les résultats de leur étude complémentaire seront intégrés au M3 et elles participeront au processus collaboratif prévu dans la phase M4 du projet.

L'équipe coordinatrice du projet (FDPPMA 74 et Hépia) ainsi que ses partenaires (suisse et français) siégeront à la commission 2 en plus des membres déjà présents. Les

---

<sup>6</sup> La CLE du SAGE Arve se compose de 76 membres : élus, partenaires institutionnels et ensemble des usagers + 3 représentants suisses.

réunions de la commission 2 seront l'occasion de faire le point sur l'avancement du projet, de discuter et de concerter les différentes parties prenantes au projet.

De plus, la CLE étant l'organe décisionnel du SAGE, il lui sera fait trois présentations programmées de la manière suivante :

- 1) une en début de programme pour présenter le contenu du projet,
- 2) une à mi-parcours faisant état de l'avancement des différents modules mis en œuvre,
- 3) et une en fin de programme pour établir le bilan final et présenter les perspectives.

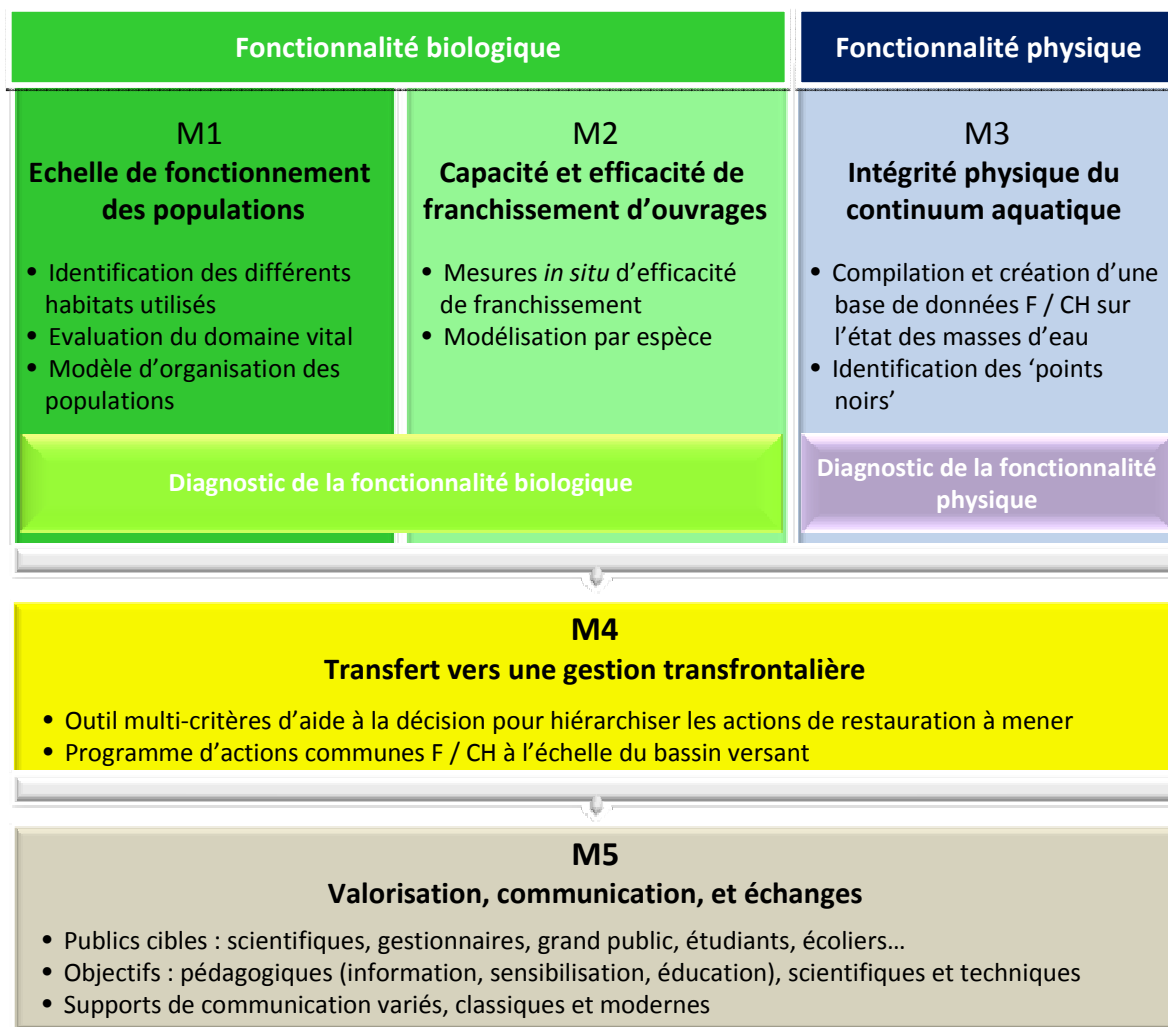
**Table I :** Répartition des thématiques du SAGE Arve (traitées par une étude complémentaire ou un atelier) dans les 4 commissions atelier réparties suivant les 4 commissions du avec

COMMISSION	THEMATIQUE	ETUDE	ATELIER
1. Aménagement du territoire, risques et milieux	Hydromorphologie	X	
	Zones humides	X	
	Eaux pluviales	X	
	Risques		X
	Plantes invasives		X
2. Usages et milieux aquatiques : partage de la ressource, milieux et loisirs	Volet quantitatif	X	
	Hydroélectricité	X	
	Continuité piscicole		X
	Loisirs		X
3. Préservation de la qualité de la ressource	Nappe de l'Arve	X	
	Suivi qualité	X	
	Assainissement domestique		X
	Rejets d'élevage		X
	Pollution industrielle		X
	Micropolluants et pollutions émergentes		X
4. Gestion de l'eau sur le territoire et communication	Socio-économie	X	
	Evaluation environnementale	X	
	Tendances et scénarios / stratégie	X	
	Procédures et projets de territoires		X
	Communication		X

## 7. DESCRIPTIF DU PROJET

L'idée fondatrice du projet, résumée dans la **Figure 1**, est de faire coïncider autant que possible les échelles de fonctionnalité biologique, physique, les échelles de gestions, et celles des travaux scientifiques. Sur cette base, notre projet s'organise en 5 modules principaux, détaillées en **Figure 3**. De par les compétences des porteurs de projet et l'état des connaissances actuelles, l'accent sera mis sur la fonctionnalité biologique, qui fera l'objet de deux modules (M1 et M2). Un troisième module (M3) aura pour objet la fonctionnalité physique. Une synthèse des trois précédents modules servira de base à un transfert vers la gestion (M4), mettant ainsi en valeur l'aspect finalisé de notre recherche. Enfin, un module

complet sera dédié à la valorisation et à la communication des résultats de notre projet (M5). L'échange d'informations entre différents acteurs y prend une place essentielle.



**Figure 3** : Organisation du projet ESPACE en 5 modules.

## 7.1. FONCTIONNALITE BIOLOGIQUE : ECHELLE DE FONCTIONNEMENT DES POPULATIONS (MODULE 1)

Préalablement à la hiérarchisation des ouvrages à restaurer en priorité, un diagnostic de la fonctionnalité biologique est nécessaire. Au sein du bassin Arve-Rhône, cela revient à :

- localiser les différents noyaux biologiques d'intérêts (populations ou peuplement) et évaluer les besoins de migrations entre ces noyaux.;
- localiser les principaux habitats nécessaires au cycle de vie de l'espèce ;
- vérifier le "libre accès" à ces zones.

Les noyaux biologiques peuvent correspondre à une population d'une espèce donnée ou à un peuplement présent dans des cours d'eau ou tronçons de cours d'eau au sein d'un habitat suffisamment diversifié pour satisfaire leurs cycles de vie et ainsi garantir une fonctionnalité naturelle. . A titre d'exemples, il a été montré la présence sur le Borne d'un noyau de population de truite autochtone (*Salmo trutta* ; Caudron, 2008), et sur l'Allondon dans le canton de Genève d'un noyau biologique important concernant l'ombre commun (*Thymallus thymallus* ; Cattaneo *et al.*, 2011).

Idéalement, il conviendrait d'évaluer les besoins en termes de déplacements ainsi que les impacts générés par les obstacles pour l'ensemble des espèces composant le peuplement du système. En pratique, ceci n'est jamais réalisé pour des raisons essentiellement de coûts. Les salmonidés adultes (généralement lors de migrations de reproduction) sont alors pris pour modèles, pour des raisons socio-économiques. Les espèces accompagnatrices ne sont pas considérées dans cette évaluation, ni même les différentes classes d'âges (ou stades ontogénétiques), ou déplacements autres que les montaisons de reproduction (Kemp & O'hanley, 2010). Pour notre projet, en tenant compte de ce constat, nous avons sélectionné 5 espèces-cibles (cf. ci-dessous).

---

## A – CHOIX DES ESPECES-CIBLES

Les espèces piscicoles du bassin Arve-Rhône présentent une grande variabilité de traits biologiques, morphologiques, et écologiques. Ceci se traduit, par exemple, par des capacités de nage et de déplacement (mobilité) très différentes, ou des exigences particulières en matière d'habitat. Notamment, les habitats de reproduction, de nurserie, d'alimentation, ou de repos présentent généralement des caractéristiques physiques (en termes d'hydraulique, de granulométrie,...) distinctes, et peuvent se trouver parfois très éloignés 'géographiquement' les uns des autres. Ils sont néanmoins tous indispensables à l'accomplissement du cycle de vie de l'espèce, par conséquent la connectivité de l'un à l'autre doit être assurée. Ainsi, une espèce de petite taille et sédentaire comme le chabot (*Cottus gobio* L.) peut effectuer son cycle de vie sur des linéaires relativement restreints de rivière, où les différents habitats sont présents sur une petite échelle spatiale. En revanche, une espèce comme le barbeau fluviatile (*Barbus barbus* L.), excellent nageur, a besoin de méso-habitats à granulométrie grossière et vitesse de courant rapide (faciès de type 'radier') pour pondre, et doit généralement effectuer des migrations de plusieurs kilomètres pour les atteindre (Lucas & Batley, 1996; Ovidio & Philippart, 2002).

La préservation de la biodiversité et la restauration du bon fonctionnement écologique du système nécessitent la prise en compte de cette diversité des cycles de vie. Par conséquent, cinq espèces-cibles, représentant trois familles, ont été sélectionnées comme 'modèles biologiques représentatifs' (**Table II**).

**Table II :** liste des espèces-cibles envisagées, statuts de menace en France (d'après Uicn-France et al., 2010) et en Suisse (Kirchhofer et al., 2007), et principaux intérêts.

Famille / espèce	Nom vernaculaire	Statut de menace F / CH	Intérêt		
			Patrimonial	Halieutique	Ecologique
<b>Salmonidés</b>					
<i>Thymallus thymallus</i>	Ombre commun	Vulnérable / Menacée <sup>1</sup>	oui	oui	pélagique sténoèce forte mobilité
<i>Salmo trutta</i>	Truite de rivière	Non menacée / Potentiellement menacée <sup>2</sup>	oui	oui	pélagique sténoèce forte mobilité
<b>Cyprinidés</b>					
<i>Barbus barbus</i>	Barbeau fluviatile	Non menacée / Potentiellement menacée*	oui	non	benthique euryèce forte mobilité
<i>Squalius cephalus</i>	Chevaine	Non menacée	oui	non	pélagique euryèce forte mobilité
<b>Cobitidés</b>					
<i>Cottus gobio</i>	Chabot	Données insuffisantes <sup>3</sup> / Potentiellement menacée	oui	non	benthique sténoèce sédentaire non manipulée

<sup>1</sup> Egalement inscrite à l'annexe III de la Convention de Berne

<sup>2</sup> "Fortement menacée" pour la forme lacustre en Suisse

<sup>3</sup> Espèce d'intérêt communautaire, An. II de la Directive Habitats Faune Flore 92/43/CEE

## B – CARACTERISATION DE L'ECHELLE SPATIALE NECESSAIRE AU FONCTIONNEMENT DES POPULATIONS, ET MODELES D'ORGANISATION DES POPULATIONS

En fonction de son comportement (migrateur ou sédentaire) et de la distribution des différents types de méso-habitats (faciès d'écoulement) à l'échelle du bassin versant, chaque espèce utilise un certain linéaire de rivière nécessaire au déroulement de son cycle biologique. Les salmonidés (truite et ombre, par exemple), en particulier, présentent un comportement marqué de *homing*, qui se traduit par un retour des individus dans leur rivière natale afin de se reproduire eux-mêmes, ce qui peut donner lieu à des migrations de grande ampleur. Une étude menée en collaboration entre Hepia et la Fédération de Pêche de Haute-Savoie en 2011 a mis en évidence que des ombres communs marqués sur la Menoge juste après la reproduction pouvaient se déplacer de 20 km afin de regagner leurs habitats estivaux, à hauteur de la Jonction sur l'Arve genevoise. Des études comparables en Belgique ont également montré des distances de migrations importantes (jusqu'à 5 km ; Parkinson et al., 1999; Ovidio et al., 2004), bien qu'en deçà de celles observées sur le bassin de l'Arve.

Le phénomène de *homing* tend à réduire les échanges entre groupes d'individus reproducteurs, ce qui conduit généralement à une **structuration génétique dans l'espace** plus ou moins prononcée. A ce modèle "naturel" d'organisation et de structuration des populations au sein du bassin versant se surimpose l'effet des obstacles à la migration, qui réduit les **flux migratoires** entre groupes reproducteurs et accentue ainsi l'isolement. Sur le plan écologique, un isolement accru s'accompagne également d'un **risque d'extinction** plus élevé (consanguinité, effets démographiques tels que les goulots d'étranglement,...), compromettant ainsi la persistance de la population au sein du bassin (Gotelli & Taylor, 1999 ; Fagan *et al.*, 2002). Morita & Yamamoto (2002) ont clairement montré que la fragmentation du continuum aquatique par des barrages était responsable de l'extinction de populations d'un salmonidé autochtone (*Salvelinus leucomaenis*), avec une probabilité d'autant plus marquée que la durée d'isolement est longue et la taille du bassin versant petite. Sur le chabot (*Cottus gobio*), espèce peu mobile (domaine vital de 300 à 400 m ; Ovidio *et al.*, 2007a), commune dans le bassin Arve-Rhône et piètre franchisseur, il a été démontré une perte de variabilité génétique vers l'amont des cours d'eau, résultant d'un flux migratoire unidirectionnel vers l'aval, avec un fort impact de la fragmentation de l'habitat par des seuils qui ne permettent pas des déplacements vers l'amont (Hanfling & Weetman, 2006 ; Junker *et al.*, 2012). Sur le bassin du Rhône, Eppe & Persat (1999) pointaient l'influence probable du cloisonnement de l'espace fluvial par les barrages sur la structuration génétique des populations d'ombre commun. Très récemment, lors d'un travail réalisé en collaboration entre Hepia et la FDPPMA 74 (ainsi que d'autres partenaires ; Cattaneo *et al.*, 2011) ont montré de fortes divergences génétiques entre les populations d'ombre du "haut-Rhône franco-suisse" (incluant les affluents du Léman, le Rhône genevois et le bassin de l'Arve), qui pourraient résulter de l'importante fragmentation du milieu. Il serait désormais nécessaire de vérifier cette hypothèse, d'autant qu'une de ces populations (l'Allondon) a été identifiée comme ayant l'une des priorités de conservation parmi les plus élevées de Suisse (Cattaneo *et al.*, 2011).

Cette partie sera abordée selon deux approches, l'une reposant sur des **marquages et suivis d'individus** sur un cycle annuel, l'autre utilisant **l'outil moléculaire** (génétique).

Le marquage individuel intégrera deux méthodes. La **radio-télémetrie** utilise des émetteurs radio autoalimentés. Elle permet la localisation à distance (quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres) des individus marqués, pendant la durée de vie de l'émetteur (variable selon la taille et le paramétrage, allant de 3-4 semaines à plusieurs années), sans nécessité de les recapter. Le nombre d'individus marqués est généralement inférieur à 100. Le **pit-tagging** repose sur des RFID<sup>7</sup>, c'est-à-dire des transpondeurs passifs (non alimentés par une batterie), qui émettent une fréquence radio lorsqu'ils sont excités par un champ magnétique (constitué par une antenne). Cette méthode permet le marquage rapide

---

<sup>7</sup> Radio Frequency Identification

d'un grand nombre d'individus (plusieurs centaines). Ceux-ci peuvent ensuite être détectés grâce à des antennes fixes ou mobiles, à une distance maximale variant de 30 à 60 cm. Pour les deux méthodes, chaque marque renvoie un signal ou un code unique au récepteur, permettant ainsi un suivi individuel. Le couple récepteur-antenne peut être positionné à des points de passage supposés, en position fixe, autorisant ainsi un suivi en continu. Chaque individu repéré est alors enregistré.

Un échantillon d'individus de chacune des 5 espèces-cibles sera étudié en différents points du bassin.

Pour les 4 espèces les plus mobiles (truite fario, ombre commun, chevine et barbeau fluviatile) les mouvements migratoires et les effets de la fragmentation seront étudiés par radiotéléométrie ou PITtaging. Les **mouvements d'individus** seront suivis à la fois en recherche mobile et par le biais d'enregistreurs fixes placés à des points stratégiques. En complément de ces techniques de suivis actifs, des analyses moléculaires porteront sur 2 ou 3 espèces selon les possibilités (l'ombre commun, le chabot et peut être le barbeau fluviatile). L'outil moléculaire, basé sur l'analyse du polymorphisme des microsatellites de l'ADN nucléaire, permet une analyse fine de la structuration génétique des populations, et se montre suffisamment sensible pour mettre en évidence des divergences récentes (jusqu'à quelques décennies). Les analyses génétiques seront effectuées à la plateforme de génétique de Bordeaux par l'ingénieur « biologie moléculaire » (recruté spécifiquement pour le programme ESPACE). Ce dernier sera en relation avec l'université de Graz pour discuter les résultats futurs.

Pour le chabot considérée comme peu mobile (Ovidio *et al.*, 2007a), la téléométrie n'apparaît pas adéquate, donc les relations inter populations et les effets de la fragmentation seront uniquement étudiés par la biologie moléculaire.

Les résultats attendus sont : la phénologie des déplacements/migrations, l'identification des différents habitats utilisés et des relations chenal principal-affluents, l'évaluation du domaine vital nécessaire et l'évaluation du flux de poissons passant par les dispositifs de franchissement.

Nous tenterons de quantifier les flux migratoires entre noyaux de populations, et évalueront l'influence de la fragmentation sur ces flux (forte complémentarité avec le module M2 ci-dessous). Par des méthodes de modélisation, nous tenterons d'estimer les probabilités d'extinction de populations en intégrant la connectivité comme variable explicative.

Au final, nous souhaiterions aboutir à un outil d'aide à la décision sous la forme d'un modèle spatialisé, simple d'utilisation, adapté au gestionnaire, permettant de visualiser l'effet d'un effacement d'ouvrage (petit seuil par exemple) ou d'un accroissement des flux migratoires (création d'une passe à poissons par exemple, augmentation de la fonctionnalité d'un ouvrage existant, reconnexion d'un affluent un chenal principal, restauration d'un affluent frayère, ...) sur le risque d'extinction d'une population.

## 7.2. FONCTIONNALITE BIOLOGIQUE : EVALUATION DES CAPACITES ET DE L'EFFICACITE DE FRANCHISSEMENT D'OUVRAGES (MODULE 2)

Les capacités natatoires des poissons varient en fonction de l'espèce, mais également en fonction de la taille (ou âge, ou stade ontogénique) pour une même espèce. Chaque ouvrage de franchissement (rampe en enrochement, passe à poissons,...) est 'dimensionné' de manière à permettre le passage des poissons. Néanmoins, le dimensionnement est souvent calibré pour la truite, qui est un excellent nageur (vitesse critique de nage et endurance élevées) et un excellent sauteur, au détriment d'autres espèces 'moins bonnes nageuses', incapables d'effectuer des sauts, et qui ne peuvent remonter l'obstacle. De plus, de la configuration même (hauteur de la lame d'eau, longueur du coursier, présence d'une fosse à l'aval immédiat,...) de l'ouvrage ou d'un obstacle dépend sa 'franchissabilité' (Ovidio *et al.*, 2007b). Si des espèces comme la truite ou le saumon peuvent aisément franchir des chutes verticales de hauteur > 1m, le chabot est incapable de passer un seuil vertical > 20 cm (Utzinger *et al.*, 1998), et se montre très sensible à des degrés de fragmentation que l'on pourrait *a priori* qualifier de "légers" (Fischer & Kummer, 2000).

L'évaluation de la connectivité écologique d'un système nécessite de **mesurer les déplacements de part et d'autre des principaux obstacles** (Croze, 2008), et ce pour différentes espèces. Malheureusement, cela est très peu pratiqué. Il est courant qu'aucun suivi biologique ne soit prévu suite à la construction d'un ouvrage de franchissement ou à la restauration d'un tronçon de cours d'eau. Dans les rares cas où un suivi est prévu, et pour les ouvrages équipés d'un dispositif de capture, celui-ci se limite à une observation sur un temps plus ou moins long du nombre d'individus qui transitent, ce qui ne renseigne pas sur l'efficacité réelle de l'ouvrage (dans la mesure où le stock qui pourrait potentiellement transiter n'est pas évalué).

En cas de succès de franchissement, un élément important à considérer est le temps que met le poisson avant d'arriver à passer l'obstacle. Chez les poissons, les migrations de reproduction sont concomitantes à des processus physiologiques cycliques (maturation des gonades, changements hormonaux,...), rythmés souvent par la température et/ou la photopériode, expliquant un synchronisme des comportements de migration. Les retards à la montaison occasionnés par les obstacles peuvent se traduire par une incapacité à se reproduire (une désynchronisation par rapport aux autres individus) faute d'accéder en temps et en heure aux zones propices au frai. A notre connaissance, les impacts des retards à la migration occasionnés par les obstacles n'ont pas, ou très peu, été évalués à l'échelle de la population. Ce point est néanmoins important, car il est possible qu'une fraction des géniteurs ne puissent se reproduire, ce qui pour de petites populations isolés (exemple de l'Allondon) peut s'avérer très néfaste.

Dans ce projet, il est proposé de **quantifier l'efficacité de franchissement de quelques obstacles présélectionnés**, aménagés et non aménagés, de différents types, incluant :

- des aménagements hydroélectriques (barrages-usines) équipés d'ouvrages de franchissement (type passe à poissons) :
  - sur le Rhône : barrage de Chancy-Pougny, de Verbois ;
- des seuils équipés d'ouvrages de franchissement :
  - sur l'Arve : seuils de Vessy, d'Arthaz et Scionzier ;
- des seuils non équipés :
  - sur l'Arve : seuil de Carouge, seuils de stabilisations,...
  - sur des affluents du BV de l'Arve

Le choix des obstacles à étudier repose à la fois sur une **expertise** des principaux requérants du projet et sur une **concertation avec les différents partenaires**. Ce choix inclut des obstacles majeurs, jugés 'prioritaires' de par leur impact potentiel (cas des barrages-usines sur le Rhône, ou des aménagements hydroélectriques de la Versoix, par exemple), mais également des obstacles de moindre ampleur, *a priori* moins pénalisant en termes de connectivité (seuils de faible hauteur, par exemple), et sélectionnés d'après un inventaire exhaustif réalisé par la Fédération de Pêche de Haute-Savoie (Chasserieu, 2010). Pour la Suisse, les exploitants d'ouvrages hydroélectriques ont besoin d'informations quantitatives objectives sur l'impact de leurs ouvrages afin de répondre à la certification Naturemade Star, qui atteste d'une 'énergie verte respectueuse de l'environnement'

Pour les différentes espèces, nous utiliserons des **méthodes de marquage individuel** (radio-télémetrie et pit-tagging; cf. partie M1 ci-dessus) afin d'évaluer l'impact de ces obstacles sur les déplacements/migrations piscicoles, ainsi que pour quantifier l'efficacité de franchissement de chaque ouvrage. La détection se fera pour des antennes mobiles et fixes, ces dernières pouvant être placées dans un dispositif de franchissement. Couplées à un enregistreur, elles permettent de contrôler en continu le passage d'individus marqués dans l'ouvrage. Le couplage de ces deux méthodes de marquage pour l'évaluation de l'efficacité d'ouvrages est de plus en plus utilisé en France et dans le monde (Thorstad *et al.*, 2002), notamment pour le suivi des grands migrateurs (saumon, alose, anguille).

L'efficacité de franchissement sera **modélisée par espèce** en fonction des caractéristiques des ouvrages, mais également de caractéristiques environnementales susceptibles de la faire varier (débit, température,... ; Croze, 2008). L'effet cumulatif des ouvrages sera pris en compte, ainsi que la taille des individus. Outre une quantification actuellement lacunaire de l'efficacité réelle de franchissement, cet outil permettra également d'apporter des éléments quant à la compréhension des facteurs expliquant la variabilité de la franchissabilité.

### 7.3. FONCTIONNALITE PHYSIQUE : INTEGRITE PHYSIQUE DU CONTINUUM AQUATIQUE (MODULE 3)

Ce module propose de compiler un vaste ensemble de données environnementales à l'échelle du bassin Arve - Rhône, afin de réaliser une base de données franco-suisse sous forme d'un système d'informations géographiques (SIG) qui sera mise à disposition des acteurs de l'eau suisses et français par l'intermédiaire du site Internet du programme ESPACE. La compilation de ces données permettra :

- d'identifier les tronçons sur lesquels de graves problèmes se posent (les '*points noirs*'), notamment en termes de continuité écologique et de pointer ceux où il serait intéressant et bénéfique pour la vie aquatique de réaliser des aménagements pour diversifier l'habitat ;
- de coupler ces informations avec les données biologiques acquises afin de montrer d'éventuels liens entre migration et franchissement des espèces piscicoles et altérations du milieu.

Parmi les composantes à prendre en compte, nous focaliserons notamment sur les aspects hydrologiques, écomorphologiques et d'entrave à l'écoulement, hydro-sédimentaires, physico-chimiques, et thermiques.

---

#### A – ASPECT ECOMORPHOLOGIQUE ET OBSTACLES AU LIBRE ECOULEMENT

L'écomorphologie représente les caractéristiques physiques du lit, des berges et des rives des cours d'eau. L'évaluation des altérations écomorphologiques, telle que réalisée en Suisse par la méthodologie proposée dans le système modulaire gradué (module Ecomorphologie Niveau R)<sup>8</sup>, permet d'identifier les atteintes physiques à l'intégrité des cours d'eau. C'est donc une méthode d'évaluation des altérations de l'habitat physique. Or les altérations écomorphologiques sont très souvent citées comme responsables de la perte de biodiversité aquatique, aussi bien piscicole que macro-benthique, et constituent un facteur majeur de dégradation des écosystèmes aquatiques.

Les obstacles au libre écoulement des eaux peuvent également constituer une entrave aux déplacements de la faune aquatique. Ces obstacles ont été recensés en Suisse lors de la réalisation des PGEE<sup>9</sup>, et décrits en même temps que l'écomorphologie. En France,

---

<sup>8</sup> [http://www.modul-stufen-konzept.ch/fj/oekomor\\_f-f.htm](http://www.modul-stufen-konzept.ch/fj/oekomor_f-f.htm)

<sup>9</sup> Plans Généraux d'Evacuation des Eaux

l'ONEMA a réalisé un inventaire national des obstacles sur les cours d'eau (Base ROE, pour Référentiel des Obstacles à l'Écoulement). Pour la Haute-Savoie, un inventaire détaillé et exhaustif a été réalisé par la FDPPMA74, avec l'appui de l'ONEMA (Chasserieu, 2010). Pour **le bassin de l'Arve française, environ 700 ouvrages transversaux ont été répertoriés.**

---

## B – ASPECT HYDROLOGIQUE

Les variations de débits influencent les comportements de la faune aquatique. Au niveau du compartiment piscicole, elles stimulent par exemple les migrations de salmonidés aussi bien vers l'amont que vers l'aval (Banks, 1969 ; Northcote, 1984 ; Jonsson, 1991 ; Crisp, 1996). Les épisodes de crues contraignent les poissons à se replier dans des zones refuges (abris sous berge, annexes, affluents...). De nos jours, les cours d'eau sont exploités de manière intensive par l'homme ce qui entraîne d'inévitables déséquilibres au sein des hydrosystèmes (Sala *et al.*, 2000).

Le niveau d'eau des cours d'eau baisse suite à l'essor des activités humaines (irrigation, production de neige de culture, industrie, demande en AEP<sup>10</sup>...) et au changement climatique. Ce phénomène provoque des assecs saisonniers ou durables privant ainsi la faune piscicole de zones d'habitat pouvant être nécessaires et indispensables à son cycle de vie. Il a été mis en évidence que la baisse des apports en eau du Saint Laurent dans les marais aménagés du lac Saint Pierre au Canada diminue l'accès et la durée de la période de fraie du brochet (moins de zones immergées sur de plus petites périodes par rapport aux années 1970) (Brodeur *et al.*, 2004). Plus proche de nous, la renaturation du Nant de Sion (achevée en 2009), affluent rive droite de l'Arve jadis utilisé comme affluent frayère par l'ombre commun, a permis en 2010 une remontée de > 50 géniteurs (capturés par piégeage) et une forte production de jeunes ombrets (Vigier *et al.*, 2012). Lors des deux dernières saisons de reproduction, en 2011 et 2012, aucun géniteur n'a été piégé, et aucun alevin n'a été observé dans la rivière les semaines suivantes. Les niveaux d'eaux trop faibles dès le mois de mars n'ont pas permis aux géniteurs d'accéder aux zones de reproduction de cet affluent...

Certains cours d'eau ont un régime hydrologique artificialisé résultant du système de fonctionnement par éclusées des usines hydroélectriques. Ce type d'hydrologie avec des débits constamment fluctuants intervient directement sur la dynamique et la composition des populations piscicoles. Ce contrôle des débits couplé à la succession d'ouvrages perturbe les flux de sédiments et tend à homogénéiser et appauvrir les hydrosystèmes. Cette perte de diversité d'habitat réduit d'autant la capacité d'accueil des systèmes pour les poissons (Poof *et al.*, 1997 ; Graf, 2006).

---

<sup>10</sup> Alimentation en Eau Potable

Les données de débit journalier sont disponibles sur certains cours d'eau du bassin qui disposent d'une station limnimétrique (<http://www.rdbmrc.com/hydroreel2/>). Un suivi des caractéristiques climatiques, en particulier les données de précipitations journalières (disponibles auprès de météo France ou de stations météorologiques locales), viendra compléter les données hydrologiques

---

## C – ASPECT HYDRO-SEDIMENTAIRE

Les processus géodynamiques fluviaux (érosion/transport/dépôt/arrachage régulier des végétaux se développant dans le lit moyen) en équilibre maintiennent un constant renouvellement des habitats (Lane, 1955). Les cours d'eau et leurs zones riveraines présentent des milieux avec des communautés biologiques riches et diversifiées.

Aujourd'hui, rares sont les cours d'eau caractérisés par une dynamique fluviale dénuée de l'impact de l'activité humaine. En effet avec l'essor de l'industrialisation dans la 2<sup>ème</sup> moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle de nombreuses entraves aux flux sédimentaires sont venues perturber l'équilibre des processus morphogènes des rivières. Les ouvrages hydrauliques aussi bien transversaux que latéraux modifient profondément les habitats aquatiques en empêchant les phénomènes d'érosion et de transport. Localement les sédiments se stockent dans les retenus ou au niveau d'ouvrages sous dimensionnés mais les impacts de telles structures s'additionnent et se ressentent sur tout le bassin versant avec un déficit en charge sédimentaire à l'aval et une surcharge à l'amont. Ces déséquilibres ont des conséquences directes sur la vie piscicole :

- un colmatage des frayères par le dépôt de matières fines qui limite les échanges impliquant une perturbation de la phase de développement embryo-larvaire de certains poissons ;
- un enfoncement du lit du cours principal rendant totalement inaccessibles les affluents dont le lit naturel se retrouve 'perché'. Ce phénomène est particulièrement existant sur le bassin de l'Arve ;
- une disparition de zones favorables pour la fraie par un déficit de granulats grossiers ;
- une homogénéisation des habitats ayant une répercussion sur la macrofaune benthique devenue plus ubiquiste et moins attrayante pour l'alimentation piscicole.

Les conséquences sont également indirectes, comme par exemple l'érosion verticale accrue (incision) liée au déficit sédimentaire engendre une baisse du niveau de l'eau et une déconnexion entre la ripisylve et la nappe alluviale. Les conséquences du déclin de la forêt alluviale se ressentent directement sur la physico-chimie de l'eau et donc sur les cortèges faunistiques en présence.

Les mouvements migratoires sont à associer à la continuité sédimentaire notamment sur la disponibilité des habitats potentiels de fraie. Pour ce volet, nous récolterons les résultats issus des nombreuses investigations géomorphologiques déjà conduites sur du bassin de l'Arve dans le cadre des contrats de rivières.

---

## D – ASPECT PHYSICO-CHIMIQUE

L'analyse des paramètres physico-chimiques confrontée aux caractéristiques du bassin versant (géologie, occupation des sols, fragmentation du cours d'eau) et aux événements pluvieux (hausse des débits) permet de caractériser la qualité de l'eau des cours d'eau et de mettre en évidence des pollutions diffuses et/ou ponctuelles. Les caractéristiques chimiques des cours d'eau sont déterminantes dans la composition des cortèges faunistiques aquatiques et dans le comportement des individus (déclenchement de migration).

Les analyses physico-chimiques seront issues pour partie des données provenant de suivis de qualité d'eau mandatés par des collectivités (Conseil Général 74, contrats rivières, syndicats d'assainissement, études d'impact ponctuelles), et du Service d'Ecologie de l'Eau (SECOE) pour le canton de Genève. Un apport ponctuel de données sera possible. Les paramètres analysés seront les suivants (fonction de la précision des analyses réalisées) :

- Oxygène dissous (mg/l) et taux de saturation (%O<sub>2</sub>)
- pH
- Conductivité (µS/cm)
- Duretés calcique (mg/l) et magnésienne (mg/l)
- Azotes (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> et NH<sub>4</sub> en mg/l)
- Orthophosphates (PO<sub>4</sub> en mg/l)

---

## E – ASPECT THERMIQUE

La température, facteur prédominant de la qualité du milieu aquatique, agit directement sur le métabolisme des organismes (poissons, macro-invertébrés) et influence positivement ou négativement leur croissance et leur développement. Ce paramètre a également des effets indirects sur les autres variables physico-chimiques (oxygénation, pollution) et les agents pathogènes (source d'infection ou de mortalité).

Le facteur thermique joue en rôle important dans les mouvements des espèces piscicoles. De nombreuses études ont montré qu'une fluctuation de température pouvait déclencher les mouvements vers l'amont des salmonidés (Ovidio *et al.*, 1998 ; Clapp *et al.*, 1990 ; Meyers *et al.*, 1992). Chez les grands migrateurs certains seuils thermiques induisant

un arrêt de leur migration ont été mis en évidence (Rameye, 1976 ; Boisneau, 1984 ; Steinbach *et al.*, 1986). La température de l'eau est aussi importante dans le succès de passage d'obstacles des poissons car elle conditionne l'efficacité musculaire et les capacités de saut et de nage des poissons (Wardle, 1980 ; Beach, 1984 ; Larinier *et al.*, 1993 ; Ghaappe, 2001). Ovidio *et al.* (2002) ont montré sur l'Ourthe (affluent de la Meuse) que les obstacles étaient majoritairement franchis dans une gamme de température entre 10 et 12°C (espèces étudiés : la truite, l'ombre et le brochet).

Le suivi en continu de la température permet de caractériser le régime thermique d'un cours d'eau et de mettre en évidence des phénomènes de réchauffement des eaux (pollution, étalement de la lame d'eau) ou à l'inverse des périodes relativement froides pour la survie de la faune aquatique (notamment pendant la période de développement larvaire des poissons). Chaque espèce (piscicole ou macro-benthique) présente des exigences thermiques pour réaliser convenablement son cycle de vie.

Les notions de **barrières** et de **refuges thermiques** sont probablement très importantes pour expliquer la distribution et l'abondance des espèces dans un bassin. L'altération écomorphologique du lit et des berges (chenalisation, rectification, empierrement du lit, déboisement des berges,...) sur certains tronçons modifie le régime thermique et peut être une source de fragmentation du milieu. Sur la Venoge (Canton de Vaud) par exemple, un tronçon chenalisé présentant un fort échauffement estival est suspecté de faire barrière à la colonisation de l'ombre vers l'amont. A l'inverse, les phénomènes de sous-écoulement, ou d'arrivée d'affluents dans le chenal, peuvent localement diminuer la température de l'eau, et offrir des zones de refuge lors d'épisodes thermiques critiques. Sur l'Orbe en Vallée de Joux, l'arrivée du Brassus dans le cours principal fait chuter la température de l'Orbe de près de 3°C en été, et permet probablement d'expliquer les abondances d'ombre observées sur le tronçon à l'aval immédiat de la confluence (Grimardias & Cattaneo, 2011).

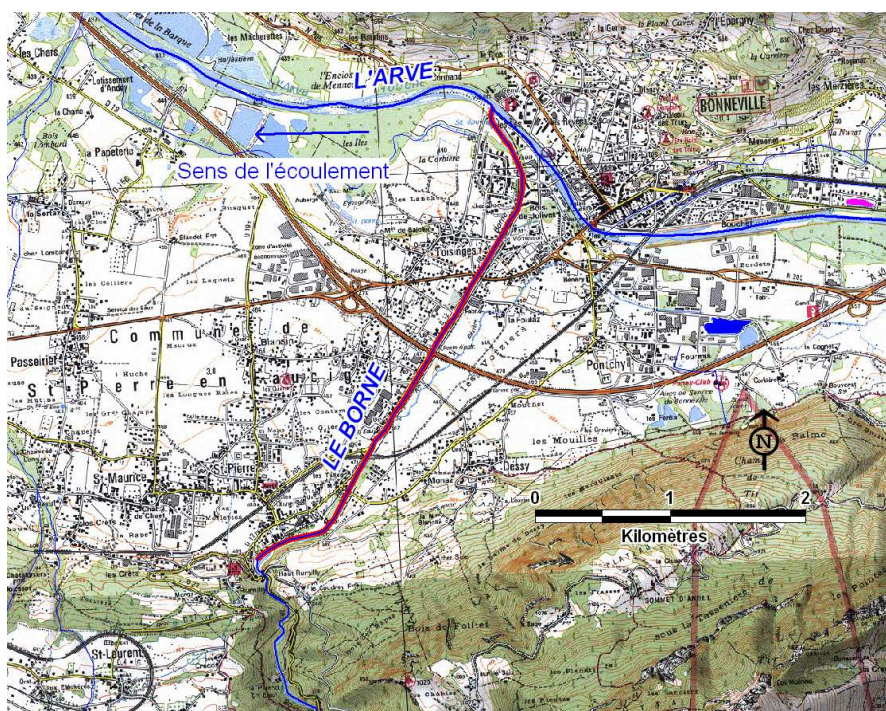
Depuis une dizaine d'années, la FDPPMA 74 a entrepris la caractérisation du régime thermique annuel des cours d'eau sur de nombreux bassins. Des partenariats avec les structures gestionnaires du département ont permis de densifier ce réseau de suivi. Sur le territoire Arve-Rhône les bassins versants du Foron de Reignier, du Borne, du Giffre, de la Diosaz, du Bonnant et des affluents du Rhône (soit 130 stations) ont été caractérisés thermiquement mettant en évidence certains secteurs avec des conditions drastiques pour le développement de la truite de rivière notamment.

Un suivi annuel des caractéristiques thermiques (pas de temps horaire) sera effectué sur les sites d'étude (ouvrages pointés au 6.2.) à l'aide de thermographes enregistreurs (Ex : *Onset HOBO.*). Ces données seront confrontées à celles sur les mouvements piscicoles.

## 7.4. ETAT DES LIEUX D'UN TRONÇONS PILOTE

Le Borne, affluent français rive gauche de l'Arve, mesure 32 km de long et draine un bassin versant de 158 km<sup>2</sup>. Sa partie aval, sur environ 3 km (de la confluence jusqu'à l'entrée des gorges) présente un tracé rectiligne (**Figure 4**) qui réduit l'intérêt écologique de ce cours d'eau montagnard et limite le potentiel piscicole.

Les zones de confluence sont des secteurs clé dans le continuum aquatique. En effet lors d'évènements extrêmes (crue, pollution...) les affluents servent de zones de refuge pour la faune aquatique mais ces derniers sont également identifiés comme réservoirs pour la recolonisation du cours principal ou comme zones de reproduction de certaines espèces (ex : l'ombre commun) pour la survie de leurs populations.



**Figure 4:** Situation du Borne aval, affluent rive gauche de l'Arve, rectifié sur environ 3 km (linéaire rouge).

A l'heure actuelle le Borne n'est plus fréquenté par l'ombre commun (CSP, 1999) alors que les SDVP de 1985 et 1994 répertorient sa présence sur la partie aval. De plus, le Borne abrite sur sa partie médiane une population de truite autochtone de souche méditerranéenne qui a été mise en évidence en 2005 au moment du programme INTERREG IIIA « Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones ». Depuis lors, la gestion piscicole établie sur ce cours d'eau<sup>11</sup> vise à préserver cette population

<sup>11</sup> Succession de deux plans de gestion : 2005-2008 et 2009-2013.

patrimoniale et à étendre son aire de répartition. Pour l'instant aucune action n'a été entreprise sur le secteur aval du Borne où il a été préconisé à plusieurs reprises (SDVP 1994, CSP 2001) des actions de restauration de la qualité physique, mais il y a une volonté locale d'entreprendre quelques actions d'amélioration de la qualité de ce cours d'eau, actions qui seraient conventionnées avec le SM3A, la structure gestionnaire du bassin de l'Arve. Le but sur ce secteur est de favoriser la connectivité Arve-Borne pour encourager le retour des géniteurs d'ombre commun et surtout de rendre cette portion de cours d'eau plus attractive pour la faune piscicole en diversifiant l'habitat afin de conserver les populations sédentaires (dont celle de truite autochtone) dans un milieu de qualité et diversifié et d'assurer à long terme la pérennité et la diversité génétique de la population de truite autochtone encore persistante.

Dans ce projet, l'objectif n'est pas de réaliser les aménagements de réhabilitation de l'habitat du Borne aval mais d'étudier les différentes possibilités d'aménagements pouvant améliorer la qualité globale de la rivière sur ce tronçon et d'autre part d'établir un état des lieux avant travaux dans l'optique d'évaluer et de quantifier leur efficacité

L'étude sera divisée en trois phases :

1) Réalisation d'un diagnostic biologique et géomorphologique de l'état du milieu. Ce volet consiste à établir un état initial du tronçon à partir de plusieurs indicateurs avant les modifications morphologiques apportées par les futurs aménagements. La FDPPMA 74 se chargera de décrire le milieu physique à l'échelle du faciès sur l'ensemble du linéaire concerné par les aménagements et à l'échelle des microhabitats sur 4 stations d'étude par l'intermédiaire de la méthode des microhabitats. Ces quatre stations feront également l'objet d'une caractérisation du compartiment piscicole (inventaires par pêches électriques par enlèvements successifs) et macrobenthique (prélèvements par la méthode MAG 20). L'équipe « Revitalisation des cours d'eau de montagne » de Hépia se chargera de l'état des lieux du compartiment géomorphologique de la rivière (avec la méthodologie de son choix) et des relevés topographiques pour évaluer les impacts hydrauliques que pourront avoir les différents scénarii d'aménagements.

2) Proposition de plusieurs scénarii de restauration écologique et morphologique globale du lit du cours d'eau à l'échelle du linéaire rectifié. Ces scénarii seront au stade d'Avant Projet Sommaire et présenteront pour chacun les possibilités techniques, les coûts et les incidences hydrauliques.

3) Proposition d'un Avant Projet Détaillé suite au choix du scénario retenu par le maître d'ouvrage avec un estimatif précis et détaillé du coût des travaux et tous les éléments nécessaires aux demandes d'autorisation administratives, à la consultation des entreprises et à la réalisation de la maîtrise d'œuvre des travaux .

Ces deux derniers volets seront également réalisés par l'équipe « Revitalisation des cours d'eau de montagne » de Hépia qui a œuvré déjà au sein d'un autre projet INTERREG IVA : « Génî'Alp »<sup>12</sup>.

## 7.5. SYNTHÈSE DES RESULTATS : TRANSFERT VERS UNE GESTION TRANSFRONTALIÈRE (MODULE 4)

Le Module 4 constitue une synthèse des modules M1, M2, et M3. Il a pour objectif de coupler l'ensemble des informations biologiques recueillies et des résultats obtenus pour développer un outil d'aide à la décision.

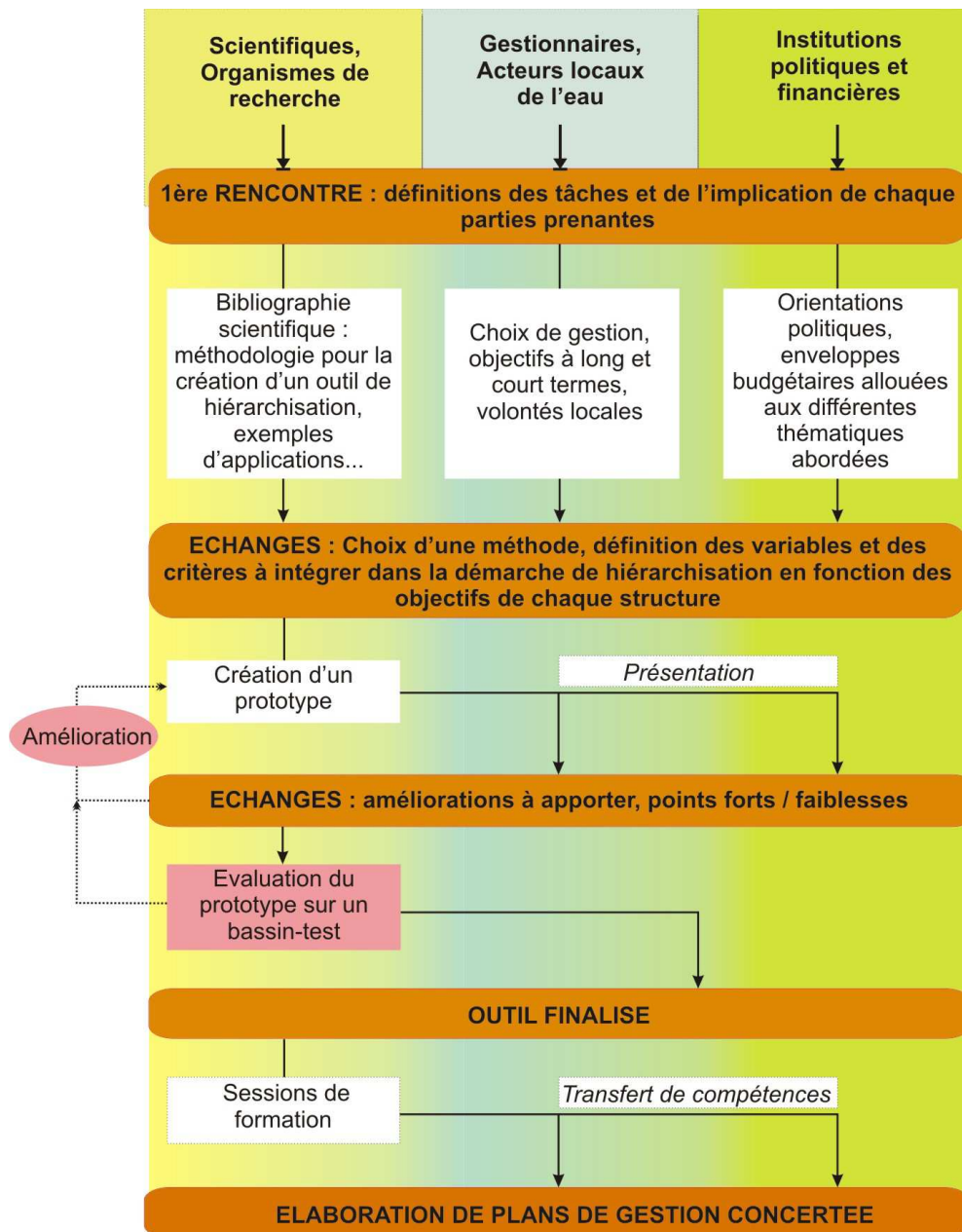
Cet outil aura la forme d'une interface simple d'utilisation, et sera co-construit directement avec les gestionnaires (contrats rivières, SAGE, producteurs...) et acteurs de l'eau (administrations...) pour être utilisable par eux-mêmes par la suite (**Figure 5**). Il permettra, sur la base d'un ensemble d'informations physiques (M3) et biologiques (M1 et M2) (base de données SIG<sup>13</sup> qui sera disponible en libre accès sur le site internet du programme), de hiérarchiser les obstacles à l'écoulement en termes d'impact pour la continuité écologique. Plusieurs auteurs dont O'Hanley (2011) ont montré l'importance d'un tel outil pour optimiser la restauration de la continuité du fait de la quantité d'obstacles à l'écoulement présents sur nos cours d'eau et des coûts d'aménagement nécessaires. Cet auteur démontre qu'un outil de modélisation (« optimisation model ») tenant compte d'une multitude de critères (biologiques, économiques, politiques...) optimise les choix de restauration et implique toutes les parties prenantes ; C'est la méthode la plus performante actuellement mais elle suscite une certaine technicité. Le challenge de ce programme est de créer un tel outil basé sur la base d'une approche coûts / bénéfiques multicritère qui soit facilement utilisable par les gestionnaires. Cet outil paraît indispensable pour des actions de restauration rationnelles et durables, il permettra de donner un ordre de priorité parmi les ouvrages à aménager.

L'utilisation de cet outil commun entre la France et la Suisse sera déjà un aboutissement important de ce programme et pourra contribuer ensuite à la mise en place d'un programme d'actions en commun qui est le pas décisif vers une gestion concertée.

---

<sup>12</sup> <http://www.geni-alp.org/index.php>

<sup>13</sup> Les données récoltées au cours du programme ESPACE seront disponibles pour tous et à disposition de l'administration ou des services de l'Etat notamment, pour qu'ils puissent mettre à jour ses bases de données (exemple : ROE).



**Figure 5 :** Cheminement synthétique de la démarche collaborative adoptée pour l'élaboration de l'outil d'aide à la décision.

## 7.6. PLAN DE COMMUNICATION, VALORISATION DES RESULTATS, ECHANGES (MODULE 5)

### A. PRINCIPE

Au cours de la dernière décennie, de nombreux articles scientifiques dans le domaine de la conservation de la biodiversité ont mis en évidence que les recommandations et les résultats de recherche étaient très rarement transformés en actions concrètes de gestion par les décideurs (Latta, 2000 ; Pullin & Knight, 2004 ; Sarewitz & Pielke, 2007 ; Sutherland *et al.*, 2009 ; Hart & Calhoun, 2010). Par exemple, Knight *et al.* (2008) ont montré que plus de deux-tiers des évaluations de conservations publiées dans la littérature scientifique n'ont abouti à aucune action de gestion efficace. Dans la majorité des cas, les décisions de gestion ne suivent pas les avis fondés par des résultats scientifiques simplement en raison d'une absence d'échange et de communication entre scientifiques et gestionnaires. Or l'objectif *in fine* des recherches en biologie de la conservation et écologie de la restauration est de mettre en œuvre des actions de conservation et de restauration les plus efficaces et opérationnelles possibles. Cet objectif ne pourra pas être atteint sans la mise en place d'approches capables de mieux convertir les connaissances scientifiques en pratiques concrètes de conservation (Pickett *et al.*, 1997 ; Sutherland *et al.*, 2004 ; Pullin *et al.*, 2004).

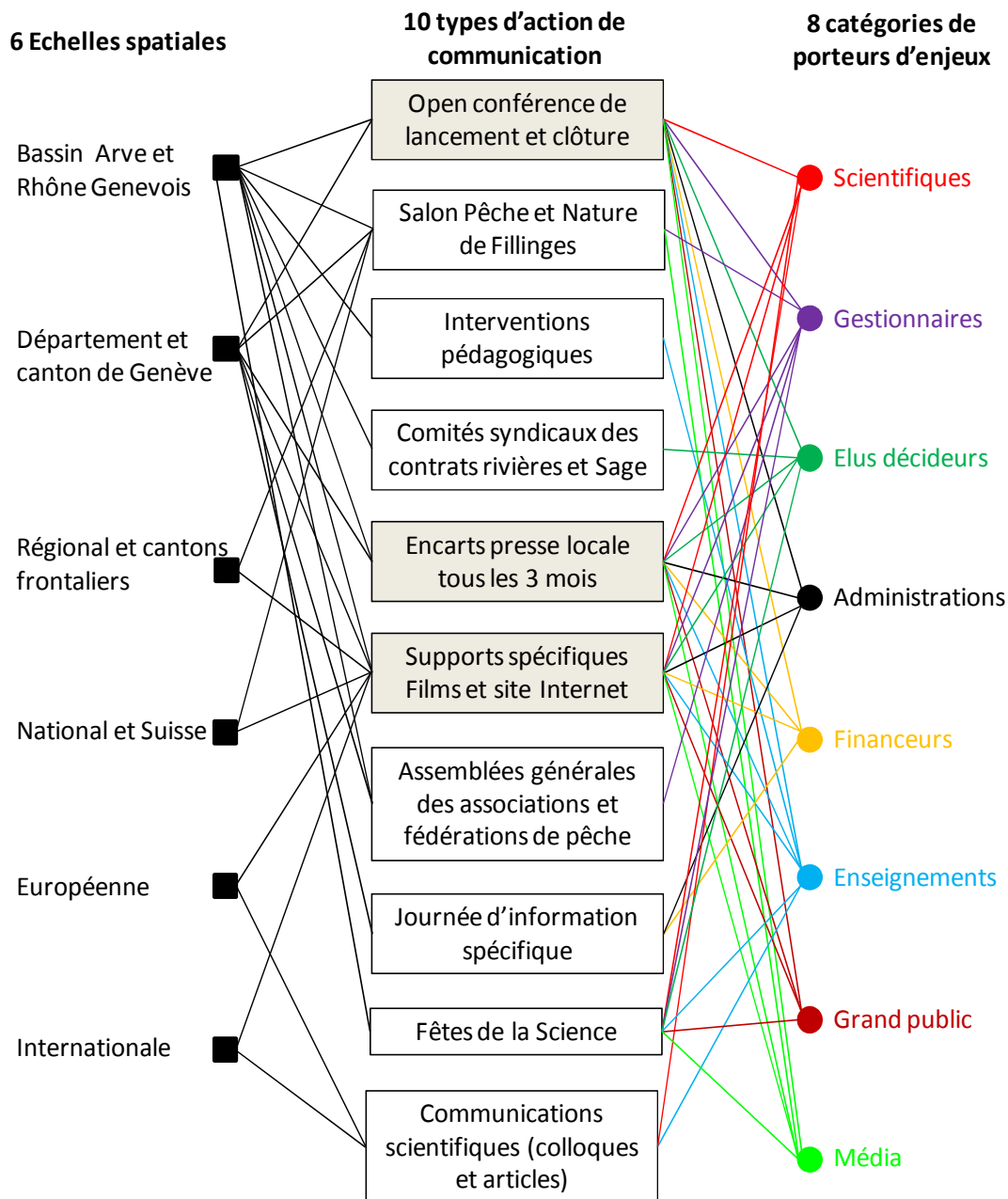
Le présent projet a pour but d'améliorer d'une part les connaissances scientifiques mais surtout les processus de prises de décisions en termes de restauration de la connectivité des rivières. Ainsi, le plan de communication doit favoriser en priorité le partage des connaissances acquises entre les différents porteurs d'enjeux du territoire. Le plan de communication n'a donc pas comme seul objectif de communiquer sur les actions du projet mais propose une approche novatrice dans un esprit de science citoyenne pour développer d'avantage les échanges entre les différents porteurs d'enjeux de l'espace Arve-Rhône sur le sujet de la continuité écologique et fonctionnelle.

Huit catégories de porteurs d'enjeux structurant l'organisation sociétale peuvent être identifiées : les scientifiques, les gestionnaires (associations ou collectivités), les administrations de l'Etat, les élus - décideurs locaux et législateurs nationaux, les structures d'aides financières, l'enseignement, le grand public (dont les riverains), et les médias.

La stratégie doit permettre de communiquer auprès de chacun des différents porteurs d'enjeux mais également être capable de mettre en relation ces porteurs d'enjeux pour favoriser le partage et l'échange des connaissances sur le projet et sa finalité opérationnelle. Le but étant que l'outil d'aide à la gestion qui sera développé, les prises de décisions qui en découleront ainsi que les résultats qui ont amenés à ces décisions soit compris par la majorité des acteurs.

## B. ACTIONS DE COMMUNICATION

Des actions de communications générales destinées à l'ensemble des porteurs d'enjeux et des actions spécifiques plus ciblées sur un ou plusieurs porteurs d'enjeux se succéderont tout au long du programme (**Figure 6**). Au niveau spatial, ces actions seront ciblées en priorité sur le territoire concerné afin de toucher d'abord les acteurs locaux du bassin versant mais des retombées plus larges à l'échelle départementale, régionale, nationale, européenne et internationale sont également attendues.



**Figure 6** : Actions de communication prévues pour promouvoir le programme ESPACE Arve-Rhône intégrant 6 niveaux d'échelles et 8 catégories de porteurs d'enjeux.

Nous avons souhaité réduire au minimum les supports de communication propres au projet et utiliser au maximum des organes de communication déjà en place par des porteurs d'enjeux (lettre d'informations des contrats rivières, bulletin des associations de pêches, revues des collectivités territoriales, bulletin de liaison des élus,...). Cette stratégie permet d'éviter de surcharger en outils de communication supplémentaire, de minimiser les coûts tout en étant plus efficient en ciblant plus directement les différents porteurs d'enjeux grâce à l'utilisation de leurs propres supports de communication.

Dix types d'action différents seront mis en place (**Figure 6**):

#### « OPEN » CONFERENCES :

Deux grandes conférences-débats et conférences de presse ouvertes à l'ensemble des porteurs d'enjeux seront réalisées, la première au début du programme et la seconde à la fin. Ces événements seront des temps forts d'échange et de partage entre l'ensemble des acteurs autour de la thématique de la restauration de la continuité écologique sur l'espace Arve-Rhône.

#### INTERVENTIONS PEDAGOGIQUES :

Le projet ESPACE pourra être le support d'interventions auprès d'étudiants de l'Université de Savoie (par le biais de l'INRA, partenaire associé à l'Université de Savoie) et auprès des étudiants d'Hepia, en niveaux Bachelor et Master. Aussi bien les aspects méthodologiques du projet, que les résultats en eux-mêmes pourront être présentés. Par les différents sites-ateliers (ouvrages équipés de dispositifs de pit-tagging ou radiotracking) du projet, des sorties sur le terrain sous forme de travaux pratiques seront réalisées. Ces interventions à but pédagogique permettent concrètement de faire le lien entre recherche et enseignement, et montrera ce qu'est une recherche finalisée, c'est à dire avec une application directe à moyen terme. Cet aspect est d'autant plus important pour les étudiants d'Hepia, qui est une institution de formation et de recherche appliquée, et pour les formations professionnalisantes de l'Université de Savoie.

#### INTERVENTIONS AUPRES DES COLLECTIVITES :

Des interventions seront proposées aux commissions thématiques des assemblées territoriales et lors des comités syndicaux des contrats rivières et du SAGE Arve pour échanger directement avec les élus-décideurs du territoire. Pour la Suisse, des interventions auprès des différents services de l'Etat impliqués dans l'application de la LEaux , ainsi qu'auprès des associations de pêche, seront également proposées.

#### ENCARTS REGULIERS DANS LA PRESSE LOCALE :

Un partenariat étroit sera engagé avec les correspondants de la presse locale à savoir le Dauphiné Libéré, le Messenger, la Tribune de Genève,... afin de tenir informés régulièrement les lecteurs de l'avancée du projet, des résultats et de ses implications. Ces articles seront également l'occasion d'annoncer des événements particuliers (conférences, interventions pédagogiques, fête de la science,..) afin d'apporter une dynamique et un lien entre les différentes actions du plan de communication.

#### ASSEMBLEES GENERALES « USAGERS-PECHEURS » :

Chaque année, des présentations spécifiques seront réalisées au cours des différentes assemblées générales des associations et fédérations de pêche sur le territoire Haut-Savoyard et Genevois.

#### JOURNEE D'INFORMATION « SERVICES ADMINISTRATIFS ET FINANCIERS » :

Lors de la dernière année du projet, une journée commune d'information sera proposée aux agents des administrations représentantes de l'Etat français (DDT) et du Canton de Genève et des partenaires financiers habituels (conseil général, conseil régional, Agence de l'eau). L'idée ici est d'échanger sur les résultats obtenus lors du projet avec les instances qui délivrent les autorisations administratives et orientent par leurs politiques financières les actions des porteurs d'enjeux.

#### SALON PECHE SPORTIVE ET NATURE :

Le salon régional de pêches sportives et nature de Fillinges rassemble chaque année environ 5000 visiteurs et de nombreux exposants professionnels venant de toute la France. Il s'agit donc d'un événement important qui a lieu sur l'espace Arve-Rhône. Au cours des 3 prochaines éditions (2013, 2014, 2015) des expositions et des conférences seront proposées.

#### FETE DE LA SCIENCE :

Lors de la fête nationale de la science, une activité pédagogique et ludique destinée au grand public sera développée sur les bords de l'Arve sur le thème de la continuité écologique des rivières (démonstration du matériel et de la technologie utilisée, aquariums,...).

## COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES :

Les résultats scientifiques obtenus pendant les trois années du programme apporteront une contribution significative à la communauté scientifique. Leurs divulgations seront assurées par la participation à trois colloques internationaux dans le domaine de la biologie de la conservation et la restauration écologique et par la rédaction de plusieurs articles scientifiques.

## EDITION DE SUPPORTS SPECIFIQUES :

Trois types de supports spécifiques seront réalisés pour permettre d'agrémenter l'ensemble des événements auxquels participera le projet :

- dès le début du projet un site Internet dynamique sera créé et régulièrement mis à jour tout au long du projet ; un volet spécial concernera la diffusion des connaissances avec notamment le téléchargement possible des données brutes.
- une plaquette de vulgarisation de 3 pages sera réalisée en milieu de programme pour présenter la thématique générale, les actions mises en œuvre et la façon d'appréhender la restauration de la continuité écologique des rivières sur l'espace Arve-Rhône ;
- trois courts-métrages pédagogiques de 5 minutes chacun avec images subaquatiques seront produits avec P. Laforge<sup>14</sup>. Ils seront disponibles en libre accès sur Internet et serviront de support aux autres actions de communications.

---

<sup>14</sup> Passionné par l'étude et l'observation des cours d'eau, Philippe Laforge réalise des documentaires naturalistes centrés sur la vie de ces milieux aquatiques. Il s'est notamment spécialisé dans les prises de vues subaquatiques inédites obtenues grâce à des micro-caméra spécialement adaptées.

o "**La chasse des truites**" film animalier consacré à la truite et son environnement (Prix du meilleur documentaire du festival de Namur en 2005).

o Réalisateur de « **Secrets de Rivière** », documentaire pédagogique destiné au grand public et produit par la Région wallonne (Palme d'argent au Festival Mondial de l'Image Sous-Marine en 2006).

o Réalisateur de « **L'ultime voyage de la lamproie marine** », documentaire pour l'association Migrateurs Rhône Méditerranée (2010) ; Palme d'argent au Festival Mondial de l'Image Sous-Marine en 2011. Produit par l'Université de Namur (2011).



## 9. BUDGET

Le coût total du projet sur 2 ans et demi s'établit à 751949€ et se répartit comme suit :

		France - FDPMA 74				Suisse - HEPIA				TOTAL	
		Année 1	Année 2	Année 3	Sous-total	Année 1	Année 2	Année 3	Sous-total		
<b>Etude</b>	Plateforme génétique (accès Séquenceur)	12744,00			<b>12 744 €</b>	0,00			- €	<b>12 744 €</b>	
<b>Acquisition de matériel</b>	Radio-télémetrie	35565,90			<b>35 566 €</b>	35565,90			<b>35 566 €</b>	<b>143 944 €</b>	
	Transpondeurs	34328,50			<b>34 329 €</b>	34328,50			<b>34 329 €</b>		
	Génétique	4155,00			<b>4 155 €</b>				- €		
<b>Promotion</b>	Edition d'une plaquette	500,00			<b>500 €</b>	500,00			<b>500 €</b>	<b>39 400 €</b>	
	Site internet	2500,00			<b>2 500 €</b>	2500,00			<b>2 500 €</b>		
	Films teaser 5'	3900,00	3900,00	3900,00	<b>11 700 €</b>	3900,00	3900,00	3900,00	<b>11 700 €</b>		
	2 Séminaires gestionnaires-scientifiques	2500,00		2500,00	<b>5 000 €</b>	2500,00		2500,00	<b>5 000 €</b>		
<b>Personnel</b>	Directeur FDPMA 74	A. Caudron	10020,00	10020,00	5010,00				<b>25 050 €</b>	<b>497 465 €</b>	
	Chargé d'études FDPMA 74	C. Chasserieau, P. Huchet, L. Vigier	16960,00	16960,00	11660,00				<b>45 580 €</b>		
	Techniciens FDPMA 74	L. Catinaud/G. Bini	39140,00	39140,00	20600,00				<b>98 880 €</b>		
	Professeur HEPIA	F. Cattaneo/P.A. Frossard				- €	15240,00	20320,00	10160,00		<b>45 720 €</b>
	Technicien HEPIA	S. Ingold/J. O'Rourke				- €	17850,00	17850,00	8925,00		<b>44 625 €</b>
	Ingénieur radio-télémetrie	à recruter	26928,60	20202,00	0,00				<b>47 131 €</b>		
	Ingénieur biologie moléculaire	à recruter	0,00	40404,00	0,00				<b>40 404 €</b>		
	Assistant HEPIA	à recruter				- €	60030,00	60030,00	30015,00		<b>150 075 €</b>
<b>Frais de comptabilité</b>		1296,00	1296,00	648,00	<b>3 240 €</b>				- €	<b>3 240 €</b>	
<b>Autres</b>	Frais généraux	7600,00	7600,00	3800,00	<b>19 000 €</b>	4000,00	4000,00	2000,00	<b>10 000 €</b>	<b>55 157 €</b>	
	Frais de déplacement	6619,80	6171,00	3366,00	<b>16 157 €</b>	3870,00	3870,00	2260,00	<b>10 000 €</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>187858,80</b>	<b>162592,00</b>	<b>51484,00</b>	<b>401 935 €</b>	<b>180284,40</b>	<b>109970,00</b>	<b>59760,00</b>	<b>350 014 €</b>	<b>751 949 €</b>	

### Synthèse :

	France FDPMA 74	Suisse HEPIA	Total (€)
Autofinancement FD	83 774 €	83 570 €	167 343 €
FEDER/Fonds cantonnaires suisses	241 161 €	29 142 €	270 303 €
Partenariat français	77 000 €		77 000 €
Partenariat suisse		237 302 €	237 302 €
<b>Total</b>	<b>401 935 €</b>	<b>350 014 €</b>	<b>751 949 €</b>

## 10. BIBLIOGRAPHIE

- Banks, J.W. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *Journal Fish Biol.*, 1, 85-136.
- Beach, M.H. 1984. Fish pass design-criteria for the design and approval fish passes and others structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers. MAFF Fisheries Research Technical Report 78:46 pp.
- Boisneau, P. 1984. Etude préliminaire de la biologie de la grande alose (*Alosa a/osa* Linné, 1758) de la Loire : activité de migration, biométrie et maturité sexuelle. D.E.A. "Sciences et Techniques de l'Environnement". Université de Paris Val-de-Marne. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Conseil Supérieur de la Pêche, Poitiers. 34 p.
- Bravard, J.P. & Clémens, A. 2008. Le Rhône en 100 questions. GRAIE - Zone Atelier Bassin du Rhône.
- Brodeur, P., Mingelbier, M. & Morin, J. 2004. Impacts des variations hydrologiques sur les poissons des marais aménagés du Saint-Laurent fluvial. *Le naturaliste canadien*, Vol. 128 N°2. 66-77.
- Cattanéo, F., Winkler, K., Grimardias, D., H., P., & Weiss, S. 2011. Caractérisation génétique des populations d'ombre commun (*Thymallus thymallus* L.) de Suisse et France transfrontalière - Applications à la gestion et à la conservation de l'espèce. Rapport pour l'Office Fédéral de l'Environnement, Berne: 75p.
- Caudron, A. & Champigneulle, A., 2002. Evaluation spatio-temporelle de la contribution du repeuplement de truite (*Salmo trutta* L.) réalisés à des stades précoces dans le bassin amont du Fier (74). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 365/366, 455-469.
- Caudron, A. & Champigneulle, A. 2006. Technique de fluoromarquage en masse à grande échelle des otolithes d'alevins vésiculés de truite commune (*Salmo trutta* L.) à l'aide de l'alizarine Red S. *Cybium*, 30, 65-72.
- Caudron, A., Champigneulle, A., Larfiader, C.R., Guyomard, R. & Large, A., 2006. Programme INTERREG III A- Identification, sauvegarde et réhabilitation des populations de truites autochtones en vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Rapport final.2006. 149p + fiches techniques.
- Caudron, A. & Champigneulle, A., 2007. Evaluation à grande échelle de l'efficacité du repeuplement et comparaison des caractéristiques des truites (*Salmo trutta* L.) sauvages et introduites dans les rivières de Haute-Savoie, Rapport final 2002-2006. Rapport SHL 274-2007, FDP74.07/06.
- Caudron, A. 2008. Etude pluridisciplinaire des populations de truite commune (*Salmo trutta* L.) des torrents haut-savoyards soumises à repeuplements : diversité intra-spécifique, évaluation de pratiques de gestion et ingénierie de la conservation de populations natives. Thèse de doctorat, Université de Savoie, Chambéry.
- Caudron, A., Vigier, L. & Champigneulle, A. 2012. Developing collaborative research to improve effectiveness in biodiversity conservation practice. *Journal of Applied Ecology*: In press.
- Chasserieau, C., 2010. Recensement des ouvrages transversaux sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie et continuité piscicole, Campagne 2010. Rapport FDP74.10/07. 44p + annexes
- Clapp, D.F., Clark, R.D. & Diana, J.S. 1990. Range activity and habitat of large, free-ranging brown trout in a Michigan Stream. *Trans Am. Fish. Soc.* 119, 1022-1034.
- Croze, O. 2008. Impacts des seuils et barrages sur la migration anadrome du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) : caractérisation et modélisation des processus de franchissement. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse.
- Crisp, D. T. 1996. Environmental requirements of common riverine European salmonid fish species in fresh water with particular reference to physical and chemical aspects. *Hydrobiologia*, 323, 201-210.

- DIM DGEau (Direction de l'Intérieur et de la Mobilité - Direction générale de l'eau). 2012. SPAGE - Outil cantonal de gestion intégrée des eaux par bassin versant, 2<sup>ème</sup> édition. 24 p + annexes.
- Dynesius, M. & Nilsson, C. 1994. Fragmentation and Flow Regulation of River Systems in the Northern 3rd of the World. *Science* **266**(5186): 753-762.
- Eppe, R. & Persat, H. 1999. Différentiation génétique entre les populations d'ombre de rivière (*Thymallus thymallus*) des bassins versants de la Suisse Convention n° 310.97.33, OFEFP, Berne.
- Fagan, W.F. 2002. Connectivity, fragmentation, and extinction risk in dendritic metapopulations. *Ecology* **83**(12): 3243-3249.
- Fischer, S. & Kummer, H. 2000. Effects of residual flow and habitat fragmentation on distribution and movement of bullhead (*Cottus gobio* L.) in an alpine stream. *Hydrobiologia* **422**: 305-317.
- Ghaappe. 2001. Libre circulation des poissons migrateurs et seuils en rivière. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Guide technique n°4 : 28 p.
- Graf, W. L. 2006. Downstream hydrologic and geomorphic effects of large dams on American rivers. *Geomorphology* **79**: 336-360.
- Gotelli, N.J. & Taylor, C.M. 1999. Testing metapopulation models with stream-fish assemblages. *Evolutionary Ecology Research* **1**(7): 835-845.
- Grimardias, D. & Cattaneo, F. 2011. Approche de la dynamique des populations d'ombre commun (*Thymallus thymallus* L.) sur l'Orbe en Vallée de Joux : structure démographique, taux de survie, quantification de l'habitat physique et thermie, Service des Forêts, de la Faune et de la Nature, Saint-Sulpice, Canton de Vaud: 74 p.
- Hanfling, B. & Weetman, D. 2006. Concordant genetic estimators of migration reveal anthropogenically enhanced source-sink population structure in the River Sculpin, *Cottus gobio*. *Genetics* **173**(3): 1487-1501.
- Hart, D.D. & Calhoun, A.J.K. (2010) Rethinking the role of ecological research in the sustainable management of freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, **55**, 258-269.
- Junker, J., Peter, A., Wagner, C., Mwaiko, S., Germann, B., Seehausen, O. & Keller, I. 2012. River fragmentation increases localized population genetic structure and enhances asymmetry of dispersal in bullhead (*Cottus gobio*). *Conservation Genetics* **13**(2): 545-556.
- Jonsson, N. 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic J. Freshw. Res.* **66**, 20-35.
- Kemp, P.S. & O'hanley, J.R. 2010. Procedures for evaluating and prioritising the removal of fish passage barriers: a synthesis. *Fisheries Management and Ecology* **17**(4): 297-322.
- Kirchhofer, A., Breitenstein, M. & Zaugg, B. 2007. Liste rouge poissons et cyclostomes - Liste rouge des espèces menacées en Suisse, Office fédéral de l'environnement, Berne, et Centre Suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel
- Knight, A.T., Cowling, R.M., Rouget, M., Balmford, A., Lombard, A.T. & Campbell, B.M. 2008. Knowing but not doing: selecting priority conservation areas and the research-implementation gap. *Conservation Biology*, **22**, 610-617.
- Lane, E.W. 1955. The Importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Hydraulics Division **81**, paper n°745.
- Larinier, M., Travade, F., Porcher, J.P. & Gosset, C. 1993. Passes à poissons : expertise et conception des ouvrages de franchissement. Ed. Collection Mise au point, CSP. 336 p.

- Latta, C.S. (2000) Making the leap from researcher to planner: lessons from avian conservation planning in the Dominican Republic. *Conservation Biology*, **14**, 132-139.
- Lucas, M.C. & Batley, E. 1996. Seasonal movements and behaviour of adult *Barbus barbus*, a riverine cyprinid fish: Implications for river management. *Journal of Applied Ecology* **33**(6): 1345-1358.
- Meyers, L.S., Thuemler, F.T. & Kornely, G.W. 1992. Seasonal movements of brown trout in the northeast Wisconsin. *N. Am. J. Fish. Mgmt* **12**, 433-441.
- Morita, K. & Yamamoto, S. 2002. Effects of habitat fragmentation by damming on the persistence of stream-dwelling charr populations. *Conservation Biology* **16**(5): 1318-1323.
- Northcote, T. G. 1984. Mechanisms of fish migration in rivers. In *Mechanisms of migration in fishes*. p. 317-355. Eds.: J. D. McCleave, G.P. Arnold, J.J. Dodson & W.H. Neil. Plenum Publishing Corporation. New York.
- O'Hanley J.R. 2011. Open rivers: Barrier removal planning and the restoration of free-flowing rivers. *Journal of Env. Management* **92** 3112-3120.
- Ovidio, M., Baras, E., Goffaux, D., Birtles, C. & Philippart, J.C. 1998. Environmental unpredictability rules fall migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Belgian Ardennes. *Hydrobiol.* **371/372**, 262-274.
- Ovidio, M., Capra, H. & Philippart, J.C. 2007b. Field protocol for assessing small obstacles to migration of brown trout *Salmo trutta*, and European grayling *Thymallus thymallus*: a contribution to the management of free movement in rivers. *Fisheries Management and Ecology* **14**(1): 41-50.
- Ovidio M., Detaille A., Bontinck C., Neus Y., Rimbaud G. & Philippart J.C., 2007a. Elaboration de recommandations pratiques pour la préservation-restauration d'éléments de l'habitat hydraulique du chabot dans les cours d'eau non navigables de Wallonie. Rapport pour le Ministère de la Région Wallonne, Division de l'Eau Direction des Cours d'Eau Non Navigables. Université de Liège, LDPH, 116 p+annexes
- Ovidio, M., Parkinson, D., Sonny, D. & Philippart, J.C. 2004. Spawning movements of European grayling *Thymallus thymallus* in the River Aisne (Belgium). *Folia Zoologica* **53**(1): 87-98.
- Ovidio, M. & Philippart, J.-C. 2002. The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. *Hydrobiologia* **483**(1): 55-69.
- Parkinson, D., Philippart, J.C. & Baras, E. 1999. A preliminary investigation of spawning migrations of grayling in a small stream as determined by radio-tracking. *Journal of Fish Biology* **55**(1): 172-182.
- Petts, G.E. 1985. Impounded rivers: Perspectives for ecological management.
- Pickett, S.T.A., Ostfeld, R.S., Shachak, M. & Likens G.E. 1997. The ecological basis of conservation. Chapman & Hall, New York.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestergaard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. & Stromberg, J.C., 1997. The natural flow regime. *Bioscience* **47**, 769-781.
- Pullin, A.S. & Knight, T.M. (2004) Effectiveness in conservation practice: pointers from medicine and public health. *Conservation Biology*, **15**, 50-54.
- Pullin, A.S., Knight, T.M., Stone, D.A. & Charman, K. 2004. Do conservation managers use scientific evidence to support their decision-making? *Biological Conservation*, **119**, 245-252.
- Rameye, L., Kiener, R.A., Spillmann, C.J. & Biousse, J. 1976. Aspects de la biologie de l'aloise du Rhône. Pêche et difficultés croissantes de ses migrations. *Bull. Fr. Pisc.* **263** : 50-76.
- Raymond J.C. 1999. Synthèse des connaissances sur le peuplement piscicole du Borne (74). Rapport CSP, DR Franche-Comté, Bourgogne, Rhône-Alpes, 11p. + annexes.

- Sala, O.E., Chapin III, S.F., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig, A., Leeman, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H. & Wall, D.h. 2000. Global Biodiversity scenarios for the Year 2100. *Science*, **287**, 1770-1774.
- Sarewitz, D. & Pielke, R. 2007. The neglected heart of science policy: reconciling the supply of and demand for science. *Environmental Science & Policy*, **10**, 5-16.
- Steinbach, P., Gueneau, P. Autuoro, A. & Broussard, D. 1986. Radio-pistage de grandes aloses adultes en Loire. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 302 : 106-117.
- Steinbach, P. 2001. Effets cumulés sur les poissons migrateurs, état et restauration des grands axes de migration du bassin de la Loire. *Hydroécologie Appliquée* **13**: 115-130.
- Sutherland, W.J., Pullin A.S., Dolman P.M. & Knight, T.M. 2004. The need for evidence-based conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, **19**, 305-308.
- Thorstad, E.B., Fleming, I.A. & Naesje, T.F. 2002. Aquatic telemetry. Kluwer Academic Publishers.
- Tockner, K., Robinson, C.T. & Uehlinger, U. 2009. Rivers of Europe. Academic Press.
- Uicn-France, Mnhn, Sfi & Onema. 2010. La liste rouge des espèces menacées en France. *In* Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine, Paris, France.
- Uttinger, J., Roth, C. & Peter, A. 1998. Effects of environmental parameters on the distribution of bullhead *Cottus gobio* with particular consideration of the effects of obstructions. *Journal of Applied Ecology* **35**(6): 882-892.
- Vericat, D. & Batalla, R.J. 2006. Sediment transport in a large impounded river: The lower Ebro, NE Iberian Peninsula. *Geomorphology* **79**: 72-92.
- Vigier, L., Gil, J., Grimardias, D., Cattaneo, F. & Caudron, A. 2012. Suivi de la migration de reproduction des ombres communs (*Thymallus thymallus*) de l'Arve dans un petit affluent temporaire, le Nant de Sion, FDP74 12/02.
- Wardle, C.S. 1980. Effects of temperature on the maximum swimming speed of fishes. In Ali, M.A. (ed.), *Environment Physiology of Fishes*. Plenum Press, New York: 519-531.
- Weiss, S., Persat, H., Eppe, R., Schlötterer, C. & Uiblein, F. 2002. Complex patterns of colonization and refugia revealed for European grayling *Thymallus thymallus*, based on complete sequencing of the mitochondrial DNA control region. *Molecular Ecology* **11**(8): 1393-1407.