



Fédération Départementale pour la
Pêche et la Protection des Milieux
Aquatiques de Haute-Savoie
www.pechehautesavoie.com

Service Départemental
de Haute-Savoie

Partenaire pour la phase
de terrain

« le Villaret »

2092, Route des Diacquenods
74370 SAINT MARTIN BELLEVUE



**RECENSEMENT DES OUVRAGES
TRANSVERSAUX SUR LE RESEAU
HYDROGRAPHIQUE
DE HAUTE-SAVOIE
ET CONTINUTE PISCICOLE**

Rapport final
2009 - 2010



**Céline CHASSERIEAU
RAPPORT FDP74.10/07**

Août 2010

Etude réalisée avec la participation financière de :



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement toute l'équipe de la Fédération de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques de Haute-Savoie qui a permis le bon déroulement de ce stage.

Je souhaite remercier en particulier son président M. Daniel DIZAR et son trésorier M. Olivier FREGOLENT, pour m'avoir accueillie pour ses six mois de stage au sein de leur équipe.

Je remercie sincèrement ma maître de stage, Laure VIGIER, chargée de mission, pour sa disponibilité et son investissement. Sa présence lors des dernières semaines a été d'une grande aide.

Merci également à Arnaud CAUDRON, directeur technique, pour ses conseils et ses pistes de travail, à Ludovic CATINAUD, technicien et garde pêche, pour ses « dépannages » informatiques et techniques et à Guillaume BINI, technicien, garde pêche et expert du bricolage, pour avoir réparé le matériel mis à l'épreuve sur le terrain.

Un merci tout spécial à Laetitia HIBON, ma collègue stagiaire, pour sa sympathie et son soutien au moment des « soirées studieuses » dans les locaux de la Fédération.

Merci aussi à toute l'équipe du Service Départemental de l'ONEMA avec qui j'ai partagé la phase de terrain, pour sa bonne humeur et sa convivialité qui ont permis un travail dans de bonnes conditions. Merci de m'avoir fait découvrir les recoins et les spécialités du département.

RESUME

Le diagnostic de la fragmentation des rivières, établi grâce à un recensement exhaustif des ouvrages transversaux, permet d'augmenter les connaissances en matière de fractionnement de l'habitat piscicole, connaissances qui peuvent orienter les décisions de gestion des stocks.

Une méthodologie en plusieurs étapes (pointage exhaustif des obstacles en parcourant le linéaire du cours d'eau dans son entier puis visite de chaque ouvrage recensé en vue d'une caractérisation physique) permet d'aboutir à un atlas complet et fiable des ouvrages transversaux.

A l'issue de la deuxième campagne d'inventaire, 39% du réseau hydrographique de Haute-Savoie sont bien connus et de manière exhaustive. L'évaluation de la franchissabilité des ouvrages est établie à l'aide de deux méthodes de notations complémentaires, l'une sur avis d'expert et l'autre sur des variables physiques. La continuité écologique est appréhendée à partir d'une confrontation des indices d'anthropisation et de fragmentation artificielle des cours d'eau avec les données biologiques (répartition des peuplements piscicoles et aires de présence des différentes souches de truite autochtone). Un essai de hiérarchisation basé sur des critères écologiques et réalisé pour orienter les prises de décisions d'aménagement des ouvrages montre des résultats encourageants sur les quelques ouvrages testés.

Mots clés : anthropisation ; continuité écologique ; fragmentation ; franchissabilité ; hiérarchisation ; ouvrages transversaux.

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: LE BOURG DE CRAN-GEVRIER S'EST DEVELOPPE AU XIXE SIECLE GRACE A LA FORCE MOTRICE DU THIOU (AFFLUENT DU FIER) : INSTALLATIONS DE LA PAPETERIE AUSSEDAT EN 1801, D'UNE FABRIQUE D'ARMES EN 1799 QUI VA CEDER SA PLACE EN 1816 AUX FORGES DE CRAN ET CREATION DE LA MANUFACTURE DES TISSAGES EN 1843 (SOURCE : WWW.VILLE-CRANGEVRIER.COM).....	3
FIGURE 2: TRAVAUX DE CORRECTION DES PROFILS EN LONG POUR LA MAITRISE DES PROCESSUS DE TRANSIT SEDIMENTAIRE : (1) NANT DE LA RIPAZ, COMMUNE DE MAGLAND ; (2) NANT DE VERNAY, COMMUNE DE PASSY (AUTEUR : J-M RICHARDOT, ONEMA 2010).....	3
FIGURE 3: LOCALISATION DE LA HAUTE-SAVOIE A L'ECHELLE DE LA FRANCE ET CARTOGRAPHIE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE	4
FIGURE 4: CARTOGRAPHIE DU NOMBRE D'ESPECES PISCICOLES SUR 936 POINTS DE PECHE ELECTRIQUE SUR LE DEPARTEMENT DE HAUTE-SAVOIE A PARTIR DE L'ANNEE 2000 (SOURCE : FDPPMA74).....	4
FIGURE 5: (1) EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE DES ALPES OCCIDENTALES DU LEMAN A DIGNE (SOURCE : WWW.GEOL-ALP.COM) ; (2) RELIEF DU DEPARTEMENT DE LA HAUTE-SAVOIE (SOURCE : WWW.CARTES-TOPOGRAPHIQUES.FR)	5
FIGURE 6: COUPE DE LA CARTE DES PLUIES MOYENNES ANNUELLES SUR LE TRANSECT « GRAND COLOMBIER - AIGUILLE VERTE » (SOURCE : DEBRAY, 1991).....	6
FIGURE 7: REGIMES PLUVIOMETRIQUES DES VILLES D'ANNECY (1) ET DE CHAMBERY (2) (SOURCE : DEBRAY, 1991)	6
FIGURE 8: REGIMES HYDROLOGIQUES DES QUATRES COURS D'EAU PRINCIPAUX DE LA ZONE D'ETUDE (SOURCE : DEBRAY, 1991).....	6
FIGURE 9: CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DES SOLS SUR LE DEPARTEMENT DE HAUTE-SAVOIE (SOURCE : CORINE LAND COVER)	7
FIGURE 10: PRESENTATION DE LA DEMARCHE DE L'ETUDE (MODIFIEE D'APRES GAILLARD, 2009)	9
FIGURE 11: SCHEMATISATION DE L'HISTORIQUE DE L'INVENTAIRE D'OUVRAGES TRANSVERSAUX DANS LE DEPARTEMENT DE HAUTE-SAVOIE	9
FIGURE 12: (1) CARTOGRAPHIE DES CRITERES DE DEFINITION DES SECTEURS PRIORITAIRES ; (2) CARTOGRAPHIE DES COURS D'EAU A INVENTORIER EN PRIORITE POUR L'ATLAS « OUVRAGES TRANSVERSAUX » (SOURCE COUCHE « RESERVOIRS BIOLOGIQUES » : AGENCE DE L'EAU RMC, SDAGE 2009 ; SOURCE COUCHE « CONTRATS RIVIERE » : DIREN RHONE- ALPES)	10
FIGURE 13: DELIMITATION DES 6 SECTEURS GEOGRAPHIQUES PROPRES A CHAQUE AGENT DU SD74 DE L'ONEMA, UTILISES POUR LA REPARTITION DES JOURS DE « MESURES D'OUVRAGES » (AUTEUR : CELINE CHASSERIEAU) ...	11
FIGURE 14: EXTRAIT DE LA FICHE TERRAIN UTILISEE POUR LE RECENSEMENT DES OUVRAGES ET OBSTACLES SUR LE LINEAIRE DES COURS D'EAU (SOURCE : FDPPMA74)	12
FIGURE 15: DESCRIPTION DE LA FICHE « OUVRAGE » UTILISEE SUR LE TERRAIN POUR LA CARACTERISATION DES OUVRAGES TRANSVERSAUX ; (1) = RECTO, (2) = VERSO.....	13
FIGURE 16: ILLUSTRATION DU CALCUL DE LA NOTE D'ACCESSIBILITE (OMBREDANE COM. PERS.) PAR SECTEUR INTER-OUVRAGE SUR UN PROFIL EN LONG THEORIQUE.....	16
FIGURE 17: COMPARAISON DES PROPORTIONS DES TYPES D'OUVRAGES DE LA CLASSE 3 DE FRANCHISSABILITE (A) A CELLES DE L'ENSEMBLE DES OUVRAGES DU DEPARTEMENT DE HAUTE-SAVOIE (B)	17
FIGURE 18: LOCALISATION DES OUVRAGES DE LA BASE OUV_FDPPMA74_2010 AFFICHES SUIVANT LEUR ANNEE DE RECENSEMENT.....	22
FIGURE 19: ETAT DES LIEUX DU NIVEAU DE RECENSEMENT DES OUVRAGES TRANSVERSAUX SUR LE DEPARTEMENT DE HAUTE-SAVOIE	23
FIGURE 20: PROPORTIONS DES TYPES D'OUVRAGES TRANSVERSAUX SUR LE DEPARTEMENT ET SUR LES DIFFERENTS BASSINS	24
FIGURE 21: PROPORTIONS DES USAGES DES OUVRAGES TRANSVERSAUX SUR LE DEPARTEMENT ET SUR LES DIFFERENTS BASSINS	25
FIGURE 22: ILLUSTRATIONS DES TYPES D'OUVRAGES RENCONTRES DANS LE DEPARTEMENT (1) SEUIL EN ENROCHEMENTS LIBRES POUR LA STABILITE DU PROFIL EN LONG, (2) OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT ROUTIER ; (3) OUVRAGE DE PRODUCTION HYDROELECTRIQUE (AUTEUR : FDPPMA 74)	25
FIGURE 23: REPARTITION DES HAUTEURS DE CHUTE DES OUVRAGES DE LA BASE OUV_FDPPMA74_2010	25
FIGURE 24: COMPARAISON DES DENSITES D'OUVRAGES (I _d) CALCULEES.....	26
FIGURE 25: DENSITE D'OUVRAGES TRANSVERSAUX SUR 10 KM EN FONCTION DE LA LONGUEUR ET DE L'ALTITUDE AVAL DES COURS D'EAU PRESENTEES PAR BASSINS ET POUR LES 2 BASES DE RECENSEMENT	27

FIGURE 26: TAUX D'ETAGEMENT EN FONCTION DE LA PENTE NATURELLE DES COURS D'EAU.....	28
FIGURE 27: REPARTITION DES OUVRAGES RECENSES SUIVANT LES 5 CLASSES DE FRANCHISSABILITE POUR <u>SALMO</u> <u>TRUTTA</u> (A) ET <u>COTTUS GOBIO</u> (B)	28
FIGURE 28: OUVRAGES TRANSVERSAUX CLASSES COMME INFRANCHISSABLES PAR LES DEUX METHODES D'EVALUATION.....	29
FIGURE 29: INDICES DE FRAGMENTATION DES COURS D'EAU DE HAUTE-SAVOIE POUR (A) LA TRUITE COMMUNE, (B) L'OMBRE COMMUN, (C) LES CYPRINIDES D'EAUX VIVES ET (D) LE CHABOT CALCULES A PARTIR DES NOTES DE FRANCHISSABILITE ETABLIES PAR "EXPERT" ET "CRITERES PHYSIQUES	30
FIGURE 30: OUVRAGES DONT L'AVIS (EXPERT/ PHYSIQUES) SUR LA FRANCHISSABILITE DIFFERE, REPARTIS SUIVANT LES DIFFERENTS TYPES D'OUVRAGES (1) ET SUIVANT LEUR LONGUEUR (2).....	31
FIGURE 31: PROPORTIONS DES DEFICITS D'ESPECES (QUAND CONSTATES) CAUSES PAR LES OUVRAGES INFRANCHISSABLES	32
FIGURE 32: REPARTITION ET FRAGMENTATION DES POPULATIONS DE LA TRUITE MEDITERRANEENNE EN HAUTE-SAVOIE	32
FIGURE 33: OUVRAGES INFRANCHISSABLES PRESENTS A L'INTERIEUR DE L'AIRES DE REPARTITION D'UNE POPULATION DE TRUITE MEDITERRANEENNE	33
FIGURE 34: SEUIL DU PONT DE FILLINGES (74_389)	33
FIGURE 35: BENEFICE ECOLOGIQUE EN FONCTION DU COUT D'AMENAGEMENT DE CHAQUE OUVRAGE INFRANCHISSABLE SUR LE BASSIN DE LA MENOGE.....	33
FIGURE 36: NOTES D'ACCESSIBILITE DES SECTEURS INTER-OUVRAGE DES TROIS COURS D'EAU DIAGNOSTIQUES DU BASSIN DE LA MENOGE	34
FIGURE 37: LOCALISATION DES OUVRAGES INFRANCHISSABLES DU BASSIN DE LA MENOGE PRESENTES SUIVANT LA VALEUR DE LEUR SCORE DE HIERARCHISATION	34
FIGURE 38 : BENEFICE ECOLOGIQUE EN FONCTION DU COUT D'AMENAGEMENT ESTIME DES OUVRAGES INFRANCHISSABLES SUR LES BASSINS OU UNE POPULATION DE TRUITE FARIO DE SOUCHE MEDITERRANEENNE EST PRESENTE. (A) FIER-FILLIERE-CHERAN ; (B) USSES ; (C) DRANSES ; (D) BORNE ; (E) CHAISE.	36
FIGURE 39: BENEFICE ECOLOGIQUE EN FONCTION DU COUT D'AMENAGEMENT DES OUVRAGES LISTES PAR LA DREAL ET L'ONEMA (EN NOIR) ET CEUX DEJA EQUIPES D'UN DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT (EN BLEU).....	38

LISTE DES TABLEAUX

TABEAU I: LISTE DES CRITERES POUR LA DEFINITION DES SECTEURS PRIORITAIREMENT PROSPECTES	9
TABEAU II: SCHEMATISATION DES 3 NIVEAUX D'INFORMATION DU RECENSEMENT DES OUVRAGES	14
TABEAU III : LISTE DES ESPECES PISCICOLES POUR LESQUELLES IF A ETE CALCULE (RANGEEES DANS L'ORDRE CROISSANT DE LEUR CAPACITE DE FRANCHISSEMENT)	16
TABEAU IV: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES DES CAPACITES DE FRANCHISSEMENT DE LA TRUITE COMMUNE ET DE L'OMBRE COMMUN	17
TABEAU V: AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA METHODE DE HIERARCHISATION « SCORING-AND-RANKING » (TRADUIT, D'APRES KEMPT & O'HANLEY, 2010)	19
TABEAU VI: CRITERES ECOLOGIQUES CONSIDERES POUR LA PRIORISATION DES OBSTACLES POUR LA TRUITE	20
TABEAU VII : COEFFICIENTS MULTIPLICATEURS DU COUT D'AMENAGEMENT AU METRE DE CHUTE DE CHAQUE TYPE DE DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT	21
TABEAU VIII: INDICES D'EVALUATION DE LA BASE INITIALE OUVRMC00	24
TABEAU IX: RESULTATS CROISES DE LA COMPARAISON DES DEUX METHODES DE NOTATIONS	31
TABEAU X : PLANCHE DES PHOTOGRAPHIES DES OUVRAGES INFRANCHISSABLES AYANT SCORE ECOLOGIQUE DE HIERARCHISATION SUPERIEUR A	37

LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 : HARMONISATION DES DEFINITIONS DES OUVRAGES CONCERNES PAR L'INVENTAIRE
ANNEXE 2 : FICHE TERRAIN DE CARACTERISATION PHYSIQUE DES OUVRAGES TRANSVERSAUX
ANNEXE 3 : EXTRAIT DE L'AIDE A L'EVALUATION DE LA FRANCHISSABILITE DES OBSTACLES A LA MONTAISON
(DEMANGE & ROCHE, 2008)
ANNEXE 4 : AIDE A LA SAISIE DES DONNEES DANS LA BASE OUV_FDPPMA74_20XX
ANNEXE 5 : TABLEAU DE SYNTHESE DES OUVRAGES MUNIS D'UN DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT SUR LE RESEAU
HYDROGRAPHIQUE DE HAUTE-SAVOIE
ANNEXE 6 : DECOUPAGE DU DEPARTEMENT DE HAUTE-SAVOIE EN BASSINS VERSANTS
ANNEXE 7 : CARTOGRAPHIE DE L'ANTHROPISATION (I_D) DES COURS D'EAU DE HAUTE-SAVOIE
ANNEXE 8 : CARTOGRAPHIE DE LA FRAGMENTATION (I_F) DES COURS D'EAU DE HAUTE-SAVOIE POUR LA TRUITE
COMMUNE SALMO TRUTTA

LISTE DES ABREVIATIONS

AAPPMA	Associations Agréées pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques
AERMC	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
AOC	Appellation d'Origine Contrôlée
CE	Code de l'Environnement
CSP	Conseil Supérieur de la Pêche
DBMS	DataBase Management System
DCE	Directive Cadre européenne sur l'Eau
DDAF	Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
DIREN	Direction Régionale de l'ENvironnement
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
FDPPMA	Fédération Départementale de la Pêche et de la Protection des Milieux Aquatiques
ICE	Information sur la Continuité Ecologique
LEMA	Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
MEEDDM	Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
ONF	Office National des eaux et Forêts
ROE	Recensement des Obstacles à l'Écoulement
RTM	Restauration des Terrains de Montagne
SD	Service Départemental
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDVP	Schéma Départemental à Vocation Piscicole
SIG	Système d'Informations Géographiques

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. CONTEXTE LEGISLATIF	2
3. HISTORIQUE DE LA FRAGMENTATION DES COURS D’EAU	2
4. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE	4
4.1. LOCALISATION GEOGRAPHIQUE ET PRESENTATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE	4
4.2. GEOLOGIE ET RELIEF	5
4.3. CLIMAT ET HYDROLOGIE	5
4.4. OCCUPATIONS DE SOLS.....	7
5. PRESENTATION DE LA DEMARCHE ET DES OBJECTIFS	8
5.1. DEMARCHE GLOBALE	8
5.2. HISTORIQUE DU RECENSEMENT D’OUVRAGES TRANSVERSAUX EN HAUTE-SAVOIE.....	9
5.2. HISTORIQUE DU RECENSEMENT D’OUVRAGES TRANSVERSAUX EN HAUTE-SAVOIE.....	9
5.3. HIERARCHISATION ET CHOIX DES SECTEURS A PROSPECTER.....	9
5.4. ORGANISATION DE LA PROSPECTION	11
6. MATERIEL ET METHODE	11
6.1. RECENSEMENT EXHAUSTIF DES OUVRAGES	11
6.2. CARACTERISATION INDIVIDUELLE DES OUVRAGES.....	12
6.3. BASE DE DONNEES INFORMATIQUE ACCESS/MAPINFO : OUV_FDPPMA74_2010.....	14
6.4. TRAITEMENT DES DONNEES.....	15
6.4.1. <i>Evaluation de la validité de la base initiale OuvRMC00</i>	15
6.4.2. <i>Evaluation de la pression anthropique et de la fragmentation des milieux</i>	15
6.4.3. <i>Calcul d’une note de franchissabilité sur « critères physiques »</i>	16
6.4.4. <i>Connectivité piscicole : confrontation des données biologiques aux données « obstacles »</i>	17
6.4.5. <i>Essai de hiérarchisation des ouvrages à aménager</i>	18
7. RESULTATS	22
7.1. ETAT DES LIEUX DU RECENSEMENT DES OUVRAGES TRANSVERSAUX SUR LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE HAUTE-SAVOIE A L’ISSUE DE L’ANNEE 2010	22
7.2. EVALUATION DE LA VALIDITE DE LA BASE INITIALE OUVRMC00.....	23
7.3. DESCRIPTION DES OUVRAGES INVENTORIES	23
7.4. EVALUATION DE LA PRESSION ANTHROPIQUE : INDICE DE DENSITE ET TAUX D’ETAGEMENT.....	26
7.5. EVALUATION DE LA FRAGMENTATION DES MILIEUX.....	28
7.6. NOTATION DE LA FRANCHISSABILITE : COMPARAISON DE LA NOTATION « SUR AVIS D’EXPERT » AVEC CELLE SUR « CRITERES PHYSIQUES »	30
7.7. CONFRONTATION DES DONNEES BIOLOGIQUES AVEC LES DONNEES OUVRAGES TRANSVERSAUX	32
7.8. HIERARCHISATION DES OUVRAGES INFRANCHISSABLES A AMENAGER DANS LES ANNEES A VENIR	33
8. DISCUSSION	39
9. CONCLUSION	44

1. Introduction

Les cours d'eau sont des écosystèmes soumis à des dynamiques physiques et biologiques. Avec la modernisation des activités humaines, ces milieux sont devenus de plus en plus artificialisés et leur fonctionnement perturbé (interruption ou altération des flux sédimentaires et faunistiques).

La faune aquatique et particulièrement piscicole effectue des mouvements migratoires (vers l'amont, l'aval ou les annexes latérales) pour assurer ses fonctions vitales (reproduction, alimentation, repos). L'apport de connaissances scientifiques sur les flux migratoires (Ovidio *et al.* 1998, 2002, 2007 ; Larinier & Travade, 1999 ; Slavík & Bartoš, 2004 ; Gibson *et al.*, 2005...) ont permis de faire évoluer les programmes de gestion durant cette dernière décennie.

Ainsi, la notion de continuité écologique apparue récemment dans les textes législatifs doit être prise en considération dans les décisions de gestion à l'échelle départementale ou locale. Dans le but d'évaluer l'entrave à la libre circulation des poissons et des sédiments, un recensement des ouvrages transversaux (définis en **ANNEXE I**) sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie a été entrepris depuis l'an passé par la FDPPMA 74 en partenariat avec l'ONEMA. Il reprend un premier atlas des obstacles (OuvRMC00) établi par l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. Les objectifs de ce travail sont les suivants :

- validation des ouvrages de la base initiale OuvRMC00
- recensement exhaustif des ouvrages artificiels et naturels sur les cours d'eau définis comme prioritaires
- caractérisation physique (topographique et dimensionnelle) des ouvrages pour appréhender ultérieurement la franchissabilité de chaque espèce à partir de variables numériques

L'étude suivante a comporté une importante phase de récolte de données sur le terrain. La base OUV_FDPPMA74_2010 qui en découle a été analysée sous des aspects descriptifs puis analytiques pour quantifier l'impact de la fragmentation artificielle sur les peuplements piscicoles. Le présent travail a permis d'évaluer la base initiale réalisée à dire d'expert, d'analyser les différents indices caractérisant la pression anthropique, de confronter les notes de franchissement piscicole sur avis d'experts à d'autres établies sur critères physiques, de croiser la répartition des ouvrages transversaux avec celle des peuplements piscicoles et de mener une réflexion préalable concernant la méthode à mettre en place pour hiérarchiser les ouvrages à aménager.

2. Contexte législatif

La Directive Cadre Européenne (DCE) sur l'eau (2000), transposée en 2006 dans la loi française par la LEMA est aujourd'hui la référence en matière de réglementation des cours d'eau en France. Elle impose de s'intéresser à la qualité écologique des écosystèmes aquatiques et d'atteindre le bon état des « masses d'eau » d'ici 2015 (ou 2021 ou 2027 suivant le délai accordé en fonction des problématiques locales). Un point important de la reconquête des milieux aquatiques est d'« effacer les obstacles les plus problématiques et restaurer la libre circulation des espèces piscicoles ».

La loi n°2009-967 relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, (renforcée par le projet de loi Grenelle 2 adopté le 29 juin 2010 par le parlement) vise à répondre aux grands objectifs de la DCE à l'échelle de la France. La continuité écologique est abordée à travers l'un des grands thèmes « Préserver la biodiversité et les ressources naturelles ». Ce dernier se décline en plusieurs engagements dont le n°114 qui envisage la « restauration des continuités pour les écosystèmes d'eau douce, effacement des obstacles les plus problématiques à la migration des poissons après une étude ayant permis de les identifier ». L'objectif consiste à « retrouver une bonne qualité écologique des eaux et à en assurer le caractère renouvelable ». Le MEEDDM prévoit la mise en place de trames bleues ⁽¹⁾ pour accomplir ces engagements. Elles sont complétées au niveau des milieux terrestres par les trames vertes. Ces outils d'aménagement (définis au nouvel article L371-1 du C.E.) doivent permettre d'établir un maillage à l'échelle nationale voire internationale (cf. le réseau paneuropéen) qui permettrait la circulation, la dispersion des espèces (faune et flore) et une reconnexion de leurs milieux indispensables à leur cycle de vie, appelés « réservoirs biologiques » (définis à l'article R214-108 du CE ⁽²⁾).

3. Historique de la fragmentation des cours d'eau

Depuis l'antiquité, l'homme utilise la force motrice de l'eau pour de nombreuses activités. Au Moyen Age, particulièrement entre le Xe et le XIIIe siècle, de nombreux moulins sont construits sur les rivières françaises. A cette époque et jusqu'au XIXe siècle, la proximité des commerces et des activités artisanales et industrielles (meuneries, scieries, tanneries, forges, papeteries...) est privilégiée. Plus tard avec le progrès des transports et l'essor industriel du XIXe siècle, les routes prolifèrent à travers le pays ce qui engendre une construction massive de nombreux ponts et ouvrages d'art pour le franchissement des cours d'eau (Bennett & Don, 2000). En parallèle, les moulins à eau et autres installations hydrauliques peu rentables ont été abandonnés. A cette même époque, l'invention de la turbine hydraulique (par Benoît Fourneyron en 1827) a engendré la création et la modernisation de nombreux ouvrages transversaux. C'est l'ère de la houille blanche ⁽³⁾ qui

⁽¹⁾ La trame bleue est définie par la loi dite Grenelle 2 comme reposant :

- « sur des cours d'eau, parties de cours d'eau, canaux classés pour la préservation de rivières de référence, de réservoirs biologiques et d'axes importants de migration pour les espèces amphihalines et pour le rétablissement de la continuité écologique » ;

- « sur certaines zones humides dont la préservation ou la restauration est considérée nécessaire à l'atteinte d'objectifs de la DCE transcrits en droit français dans les SDAGE » ;

- « sur des compléments à ces premiers éléments identifiés dans les schémas régionaux de cohérence écologique comme importants pour la préservation de la biodiversité ».

⁽²⁾ Les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux qui jouent le rôle de réservoir biologique au sens du 1° du I de l'article L. 214-17 sont ceux qui comprennent une ou plusieurs zones de reproduction ou d'habitat des espèces de phytoplanctons, de macrophytes et de phytobenthos, de faune benthique invertébrée ou d'ichtyofaune, et permettent leur répartition dans un ou plusieurs cours d'eau du bassin versant.

⁽³⁾ Terme créé par Aristide Bergès au moment de l'exposition universelle de Paris en 1889, par opposition à la houille noire qui désigne le charbon

désigne la force hydraulique transformée en énergie électrique (**Figure 1**). Par exemple, le village d'Alby-sur-Chéran (74) fut muni d'un barrage en bois en 1888 (puis bétonné en 1904) pour fournir de l'électricité à la scierie de la Maladière. Cette bourgade fut l'une des premières de France à bénéficier de l'électricité (www.mairie-alby-sur-cheran.fr).



Figure 1 : Le bourg de Cran-Gevrier s'est développé au XIXe siècle grâce à la force motrice du Thiou (Affluent du Fier) : installations de la papeterie Aussedat en 1801, d'une fabrique d'armes en 1799 qui va céder sa place en 1816 aux Forges de Cran et création de la manufacture des tissages en 1843 (Source : www.ville-crangevrier.com)

Le XXe siècle marque l'installation des barrages hydroélectriques ; les 447 centrales hydroélectriques d'EDF ont été construites entre 1896 et 1996. Les régions montagneuses sont très attractives pour ce genre de dispositif du fait de leurs pentes naturelles marquées. Ainsi la région Rhône-Alpes accueillent de nombreuses installations hydroélectriques dont certaines sont les plus grosses de France : Pompage de Grand'Maison en Isère (1800 MW) (www.edf.fr). L'évolution des matériaux de construction de génie civil avec l'invention du béton armé (par François Henin en 1892) et la volonté de se déplacer plus rapidement ont amené à une nouvelle vague d'édification de franchissements routiers au moment de la construction des autoroutes. Dans la seconde moitié du XXe d'autres types d'ouvrages transversaux ont vu le jour : des seuils de nature diverses furent mis en place soit pour corriger le profil en long et/ou le tracé d'un cours d'eau après une extraction de granulats soit pour maintenir une lame d'eau suffisante après recalibrage du lit (Malavoi, 2003)

La Haute-Savoie appartient au groupe des 11 départements français où l'érosion des sols est considérée comme « active et à haut risque ». Depuis la loi de restauration des terrains de montagnes de 1882, elle bénéficie à ce titre de l'intervention du service de Restauration des Terrains de Montagnes (RTM), intégré à l'ONF. Ce dernier entreprend des aménagements de sécurité publique pour lutter contre les risques naturels de montagne (crues torrentielles, mouvements de terrain, avalanches...) (Brugnot & Cassayre, 2003). Certains cours d'eau présentant une forte pente (environ 30%) et un fort charriage sédimentaire ont été fortement artificialisés avec des successions de seuils sur un long linéaire. Par exemple dans le Faucigny, le Nant de la Ripaz ou celui du Vernay présentent actuellement un profil en long en escalier (**Figure 2**).

Figure 2 : Travaux de correction des profils en long pour la maîtrise des processus de transit sédimentaire : (1) Nant de la Ripaz, commune de Magland ; (2) Nant de Vernay, commune de Passy (Auteur : J-M Richardot, ONEMA 2010)



4. Présentation de la zone d'étude

4.1. Localisation géographique et présentation du réseau hydrographique

L'étude suivante se déroule sur l'ensemble du département de la Haute-Savoie (**Figure 3**) soit une zone d'une superficie d'environ 4500 km², drainée par un réseau hydrologique long de 3800 km dont 2800 km à vocation piscicole. Les cours d'eau savoyards se répartissent en quatre grands bassins hydrographiques à savoir du nord au sud : les Dranses, l'Arve, les Usses et le Fier. Ce territoire limité à l'ouest par le Rhône est marqué par la présence de deux grands lacs (Lacs Léman et d'Annecy) apportent des attraits touristique et halieutique au département. La Truite fario (*Salmo Trutta*), seule espèce présente sur les têtes de bassin, est majoritaire sur la zone d'étude (**Figure 4**). Elle est souvent accompagnée par des espèces benthiques : Chabot, *Cottus gobio* ; Loche Franche, *Barbatula barbatula*.

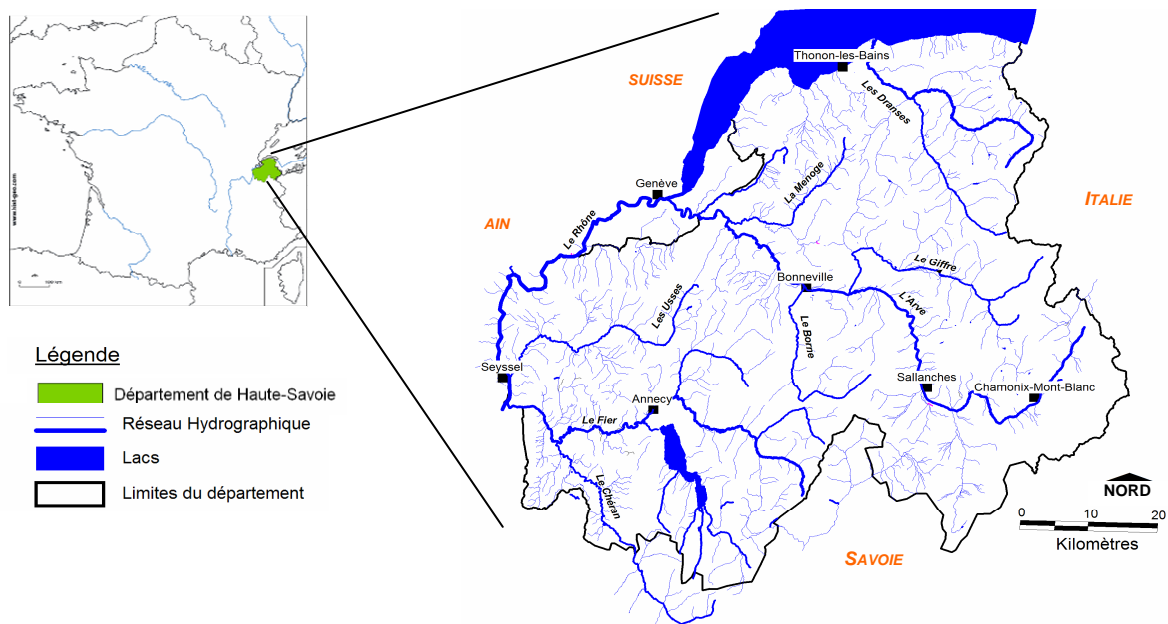


Figure 3 : Localisation de la Haute-Savoie à l'échelle de la France et cartographie du réseau hydrographique

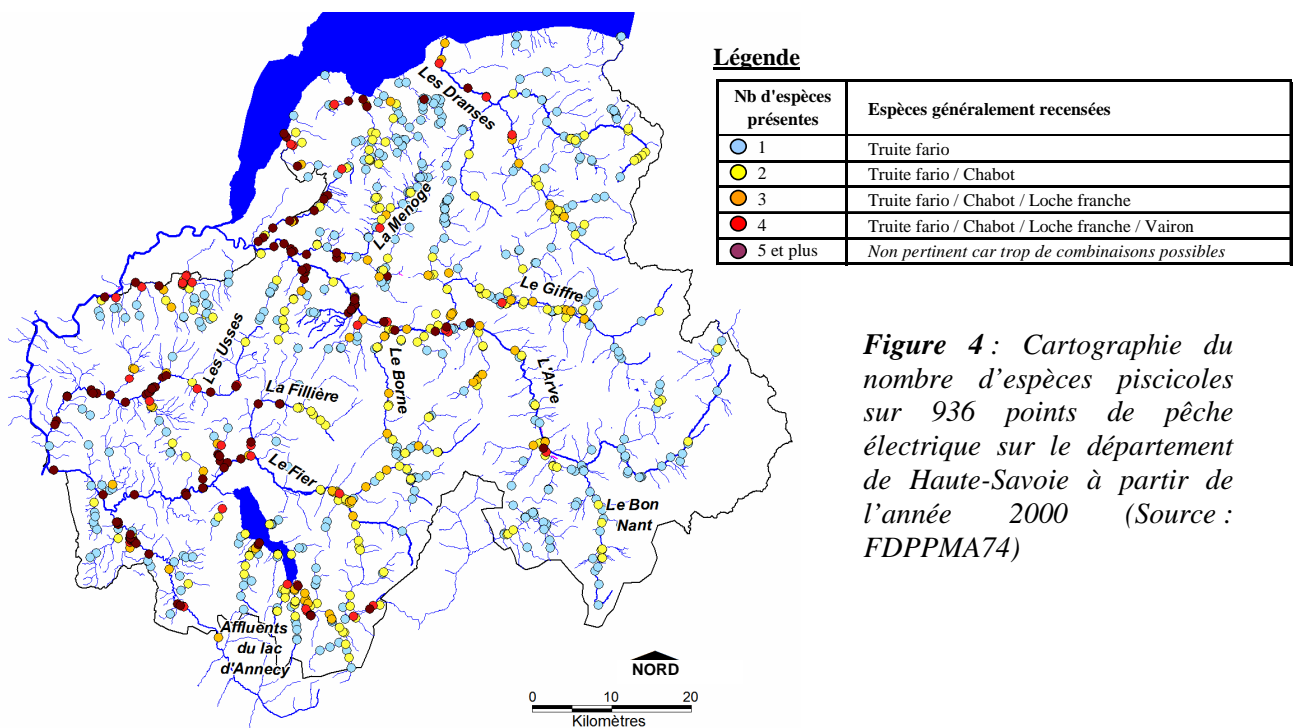


Figure 4 : Cartographie du nombre d'espèces piscicoles sur 936 points de pêche électrique sur le département de Haute-Savoie à partir de l'année 2000 (Source : FDPPMA74)

4.2. Géologie et relief

La Haute-Savoie se découpe en 4 grands secteurs géologiques (**Figure 5-1**). Au sud-est, les massifs cristallins externes dominent l'ensemble du département (**Figure 5-2**) avec le Mont Blanc comme point culminant (4810m). A l'ouest en marge du domaine jurassien, plaines et plateaux s'étendent sur la molasse périalpine. Entre les deux, apparaissent les massifs subalpins constitués d'une couverture sédimentaire très plissée datant du Mésozoïque. Au nord se détache le massif du Chablais qui se constitue d'empilements de séries allochtones charriées depuis les zones internes alpines (Debray, 1991).

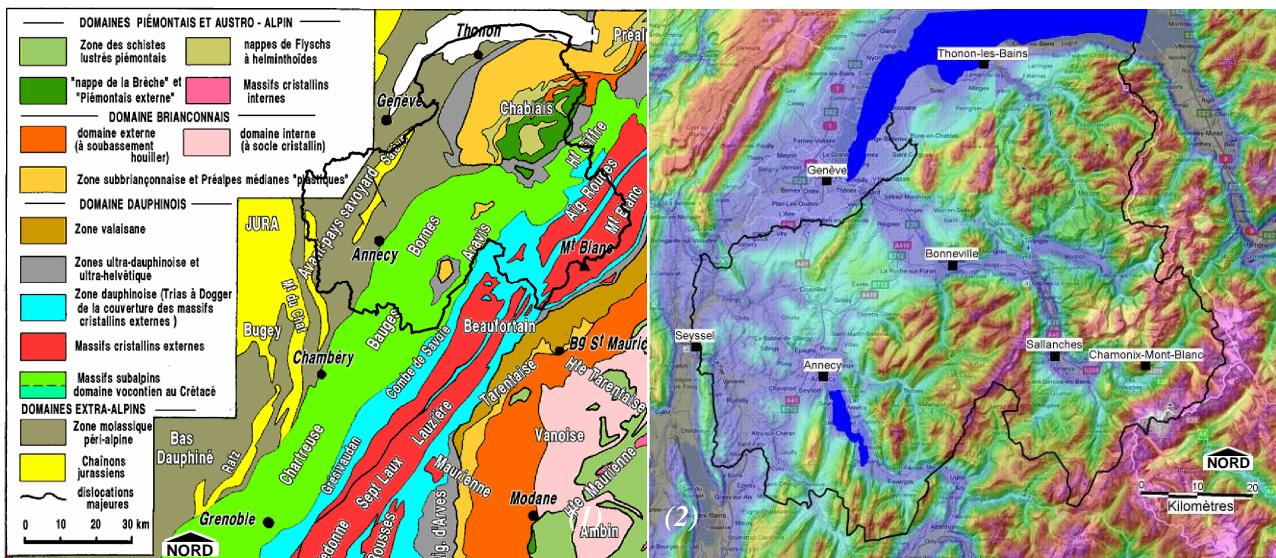
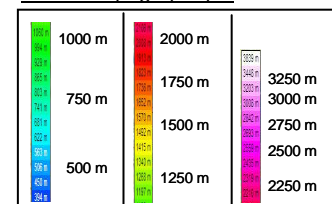


Figure 5 : (1) Extrait de la carte géologique simplifiée des Alpes occidentales du Léman à Digne (Source : www.geol-alp.com) ; (2) Relief du département de la Haute-Savoie (Source : www.cartes-topographiques.fr)

Echelle topographique



4.3. Climat et hydrologie

La carte pluviométrique se calque sur celle du relief (**Figure 6**). Les différents secteurs du département reçoivent des quantités de précipitations très inégales : 900 à 1200 mm annuels sur le Genevois et dans le fond des vallées intérieures et plus de 1800 ou 1900 mm à partir de 1500 à 2000 m d'altitude. Comme élément de comparaison, il faut savoir que la moyenne nationale se situe aux alentours des 900 mm annuels. A haute altitude (2700 à 3000 m), la pluviométrie a tendance à baisser. Le froid induit des précipitations sous forme de neige qui alimentent les glaciers (Debray, 1991).

Sur l'année, les précipitations sont réparties sur 110 à 150 jours. Concernant leur répartition, les quantités de précipitations sont globalement similaires d'un mois à l'autre à quelques nuances près (**Figure 7-1**). Cependant les vallées intérieures et les reliefs présentent deux maxima (→), un en hiver et le second en été (**Figure 7-2**). De manière générale, avril est le mois le plus sec (sensiblement identique avec le mois de décembre).

Les données de température, d'insolation et de vents ne peuvent être décrites et analysées de manière précise à une échelle telle que le département pour la Haute-Savoie car le contexte géographique prédomine avec une forte influence des effets de vallée, de pente, d'orientation (ubac/adret), d'altitude et de végétation (Debray, 1991).

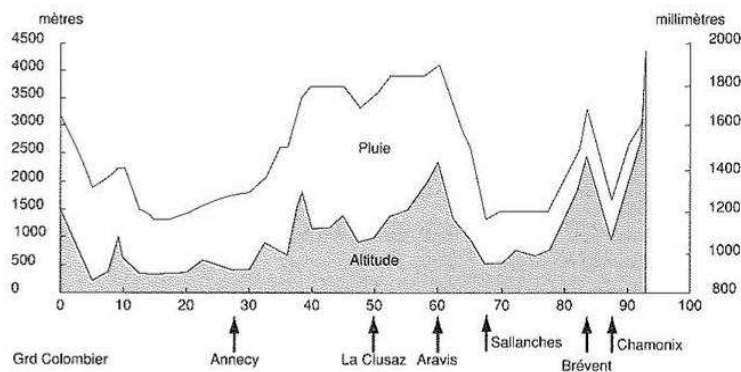


Figure 6 : Coupe de la carte des pluies moyennes annuelles sur le transect « Grand Colombier - Aiguille Verte » (Source : Debray, 1991)

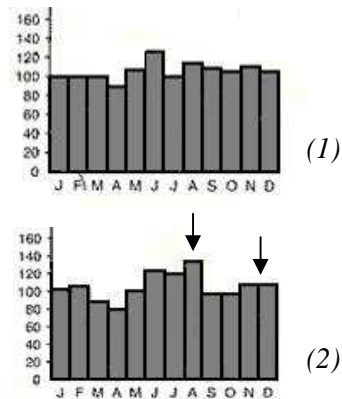


Figure 7 : Régimes pluviométriques des villes d'Annecy (1) et de Chambéry (2) (Source : Debray, 1991)

Les régimes des cours d'eau principaux sont directement liés aux précipitations. Le cours principal de l'Arve et ses affluents à l'extrême amont suivent un régime hydrologique glaciaire avec de forts débits au moment du retrait de la couche neigeuse et les apports des glaciers durant l'été. Le bassin des Dranses et de nombreux affluents de l'Arve amont se caractérisent par un régime hydrologique nival avec des étiages en hiver et des hautes eaux au printemps et en été jusqu'au mois de juin pour les Dranses. Les bassins des Usse, celui du Fier et les affluents de l'Arve aval présentent un régime pluvio-nival avec des hautes-eaux printanières alimentées par la fonte des neiges et un étiage estival (**Figure 8**).

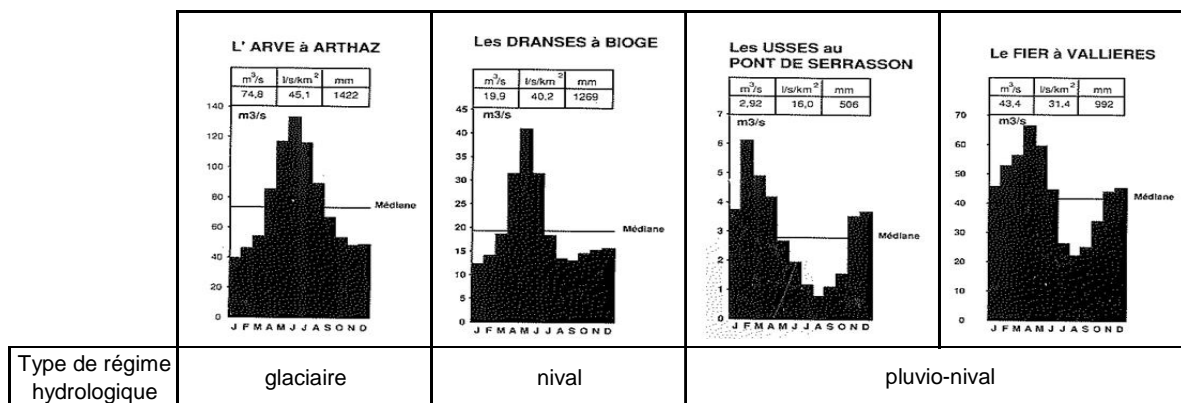
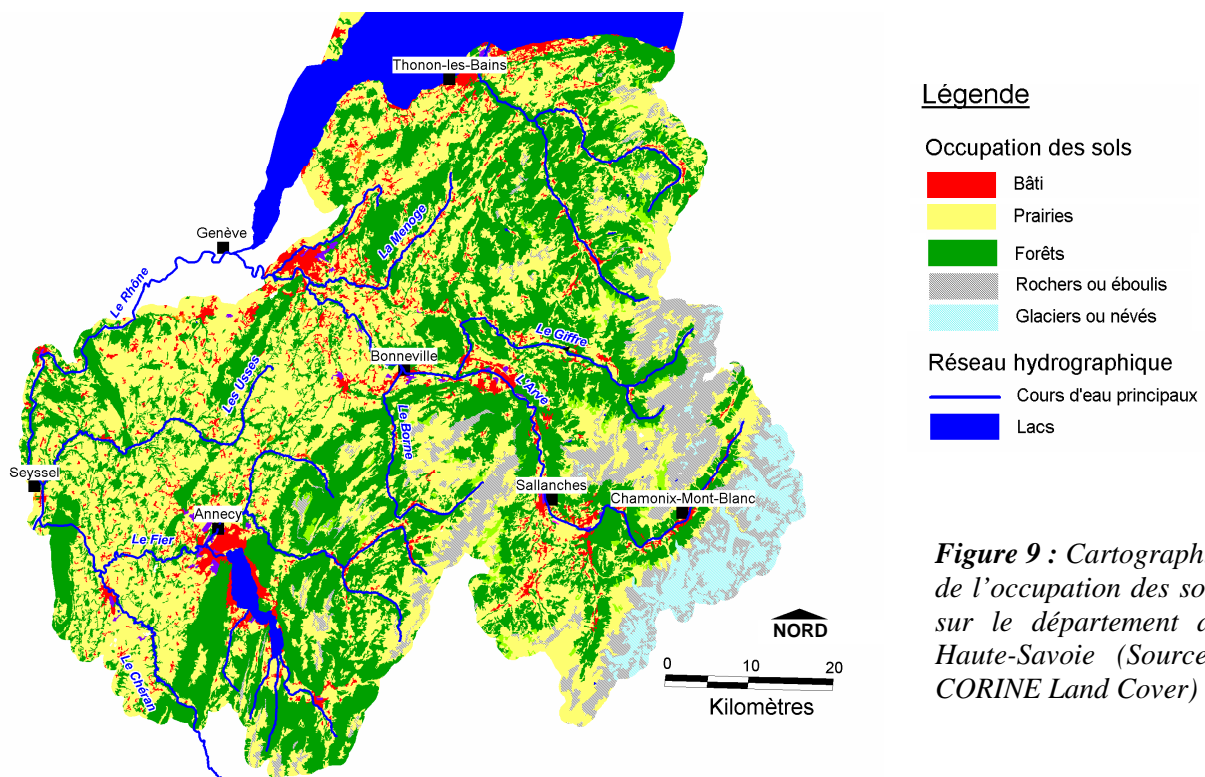


Figure 8 : Régimes hydrologiques des quatre cours d'eau principaux de la zone d'étude (Source : Debray, 1991)

4.4. Occupations de sols

Les différents types d'emprise des sols se répartissent suivant l'étagement classique en fonction du relief existant. Les vallées et le littoral des lacs attirent et concentrent la population et les industries (**Figure 9**). La Haute-Savoie et tout particulièrement la vallée de l'Arve se place comme la référence mondiale du décolletage. L'étage collinéen accueille les prairies dédiées à l'agriculture (cultures, vergers, vignobles) ; les étages montagnard et subalpin sont dominés par les forêts de feuillus (hêtres, frênes, charmes) et de résineux (sapins, mélèzes, épicéas) qui couvrent environ 40% du territoire haut savoyard (www.fib74.com)^o; cette ressource est très exploitée pour le travail du bois (charpente, construction de meubles et de chalets...). L'étage alpin (de 2200 m à 2700 m) se caractérise par des pelouses destinées à l'élevage essentiellement bovin qui alimente une forte production laitière et fromagère (label AOC Abondance, Beaufort, Reblochon...). Enfin l'étage nival correspond à la haute montagne, un secteur de glaciers et de roches convoité par les activités de loisirs et de tourisme (sports d'hiver et de montagne).



5. Présentation de la démarche et des objectifs

5.1. Démarche globale

La démarche proposée, basée sur le retour d'expérience du travail réalisé en 2009 (**Figure 10**), a pour but de répondre à :

- un objectif commun FDPPMA74 - ONEMA : base exhaustive d'ouvrages transversaux
- plusieurs objectifs propres à la FDPPMA74 :

1- évaluation de la base initiale à dire d'experts (OuvRMC00)

2- aboutir à une méthodologie de travail (terrain + traitement) permettant d'appréhender objectivement les enjeux liés à la connectivité qui serait un outil d'aide à la décision applicable sur l'ensemble du département

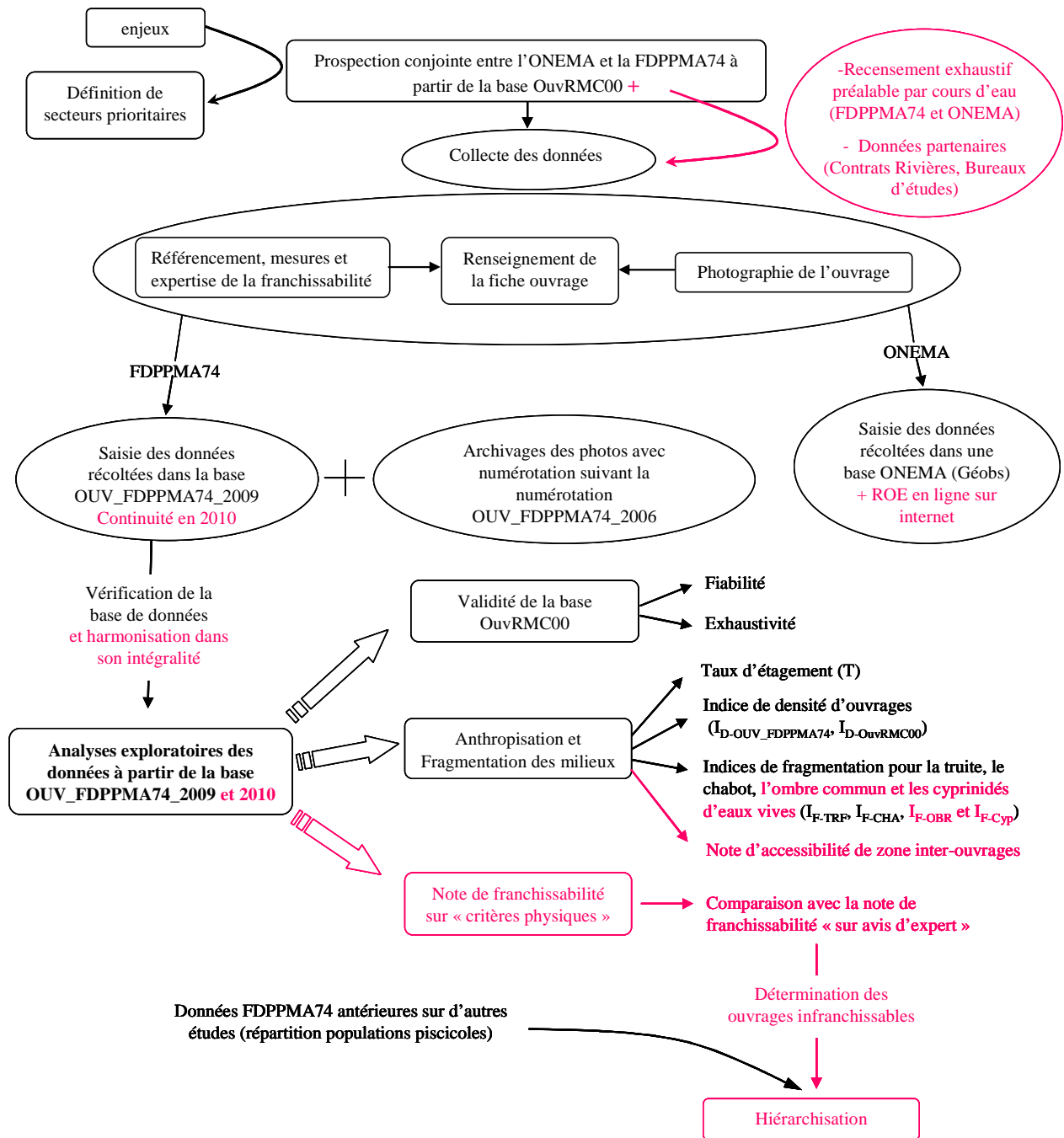


Figure 10 : Présentation de la démarche de l'étude (modifiée d'après Gaillard, 2009) ; les éléments ajoutés lors de la campagne 2010 sont notés en rose.

5.2. Historique du recensement d'ouvrages transversaux en Haute-Savoie

Le premier recensement des ouvrages transversaux en Haute-Savoie a été réalisé avec le SDVP en 1994 (**Figure 11**). La base de données (OUV_FDPPMA74_2006) a été réalisée lors de la mise à jour du SDVP réalisée en 2006. Cette dernière intègre donc les informations issues de l'ancienne version (1994) qui ont été numérisées, géoréférencées et complétées par des données à dire d'experts (gardes pêches du CSP, des AAPPMA, techniciens rivières des Contrats Rivières, agents de la DDAF...) et des données issues d'études locales (diagnostics de cours d'eau réalisés entre 1994 et 2006). En 2008, dans le cadre d'un inventaire des ouvrages transversaux entrepris par l'Agence de l'Eau RMC, la base OUV_FDPPMA 74_2006 a été intégrée à la base nommée « OuvRMC00 » mise en place sur l'ensemble du bassin Rhône Méditerranée.

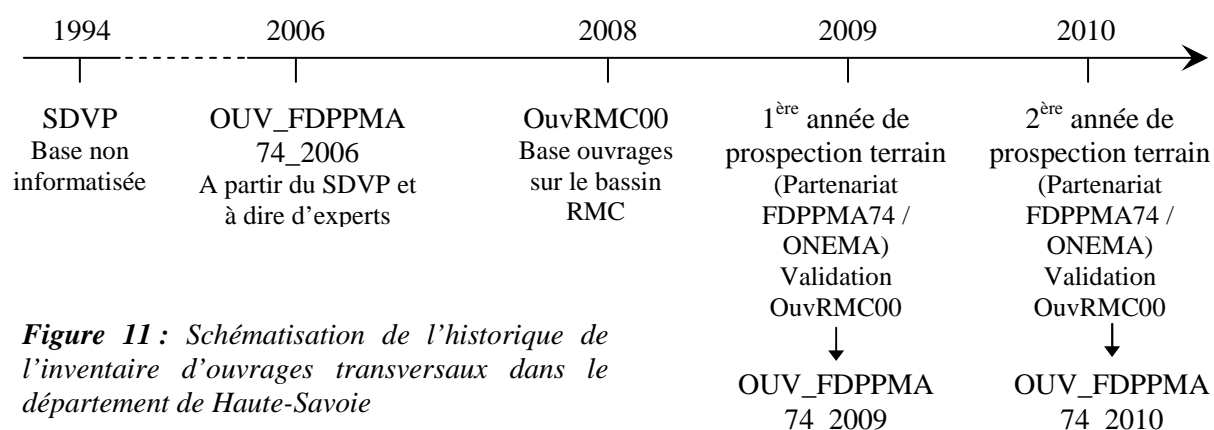


Figure 11 : Schématisation de l'historique de l'inventaire d'ouvrages transversaux dans le département de Haute-Savoie

5.3. Hiérarchisation et choix des secteurs à prospecter

Les résultats des premiers recensements des ouvrages transversaux de 2009 ont permis d'estimer par extrapolation le nombre à environ 1660 ouvrages sur l'ensemble du linéaire de cours d'eau piscicoles de Haute-Savoie (Gaillard, 2009). Comme 399 ont fait l'objet de mesures lors de la précédente prospection, il en restera approximativement 1260 ouvrages à caractériser. Compte tenu de l'étendue de la zone d'étude et du grand nombre d'ouvrages présent, des secteurs prioritaires ont été définis suivant les objectifs de gestion et de priorité de chacune des structures porteuses de l'étude (**Tableau I**).

Tableau I : Liste des critères pour la définition des secteurs prioritairement prospectés

Année de prospection	FDPPMA74	ONEMA
2009	Présence de truites autochtones Caractérisation des ouvrages de la base OuvRMC00	
	Présence de zones de reproduction remarquables pour les espèces d'intérêt : Ombre, <i>Thymallus thymallus</i> et Truite fario (souche lacustre et de rivière), <i>Salmo trutta</i>	Classement réglementaire « réservoirs biologiques » Cours d'eau réservés suivant la loi hydroélectrique de 1919 Cours d'eau en bon état (DCE) Cours d'eau classés selon l'article L432-6
2010	Reconduite des objectifs 2009	
	Cours d'eau des contrats rivière à venir Cours d'eau principaux et affluents par ordre d'importance	

Ainsi les bassins qui doivent être traités en priorité par le recensement sont les suivants (du nord au sud, **Figure 12**) :

- les Dranses et ses affluents principaux
- la Menoge et ses affluents (Brevon de Saxel et Foron de Fillings)
- le Giffre et ses affluents principaux
- le Borne
- l'Eau Noire de Vallorcine
- les Usses et ses affluents principaux
- la Fillière et ses affluents (le Flan, le Daudens et le Crenant)
- le Fier et ses affluents principaux
- les affluents du lac d'Annecy
- la Chaise
- le Bon Nant

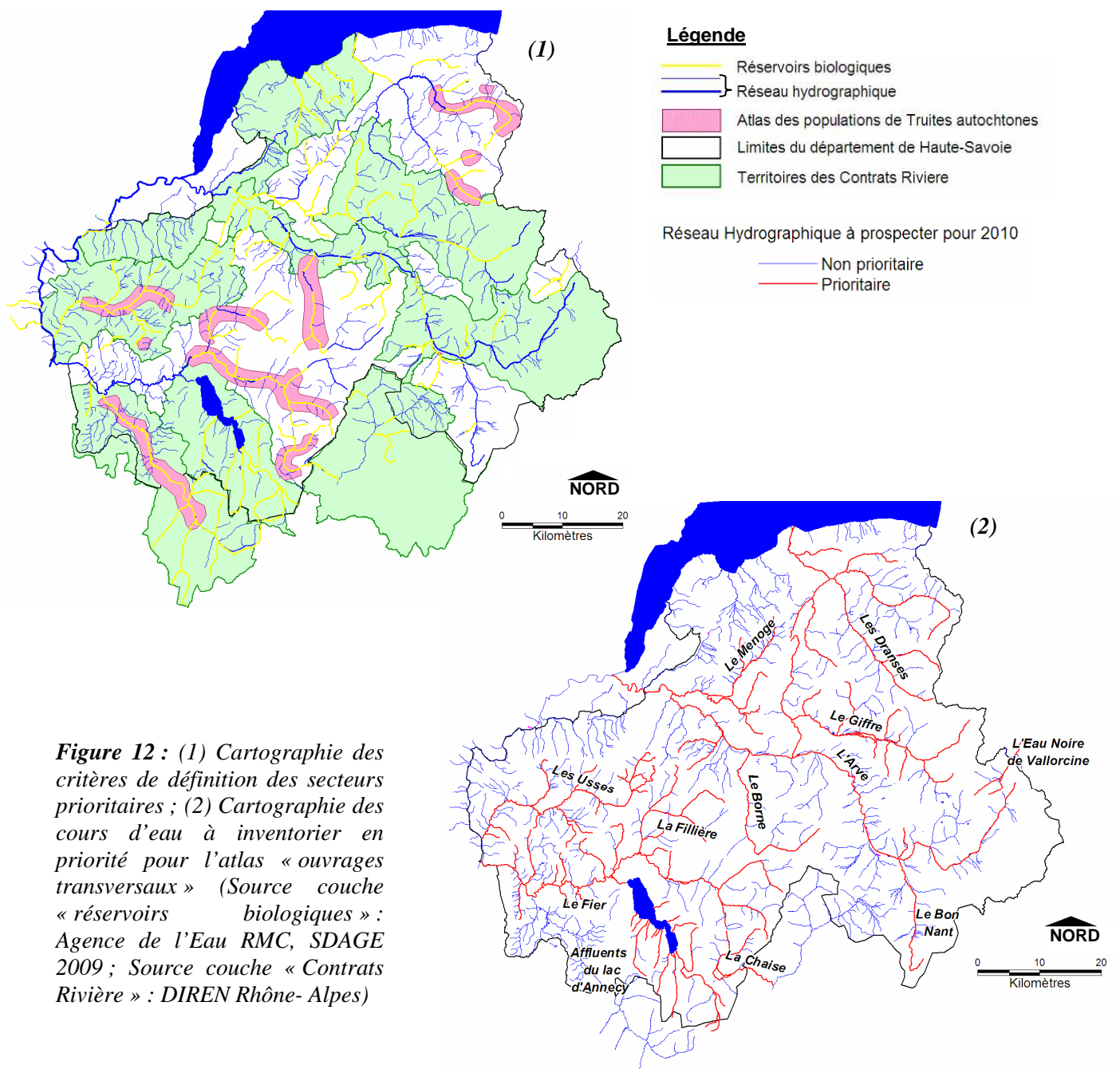


Figure 12 : (1) Cartographie des critères de définition des secteurs prioritaires ; (2) Cartographie des cours d'eau à inventorier en priorité pour l'atlas « ouvrages transversaux » (Source couche « réservoirs biologiques » : Agence de l'Eau RMC, SDAGE 2009 ; Source couche « Contrats Rivière » : DIREN Rhône- Alpes)

5.4. Organisation de la prospection

Le recensement d'ouvrages se faisant en partenariat avec l'ONEMA, la prospection de terrain s'est organisée suivant la disponibilité et les territoires respectifs des 6 agents du Service Départemental 74 (**Figure 13**). Contrairement à l'an passé, chaque territoire n'a pu être visité une fois par semaine ; le nombre d'agents du SD74 ayant augmenté il s'est révélé difficile de leur attribuer à chacun un jour de la semaine. La programmation des jours de mesures « ouvrages » s'est faite tous les 15 jours lors de la réunion de service du SD74 afin de combiner avec les disponibilités et obligations de chacun.

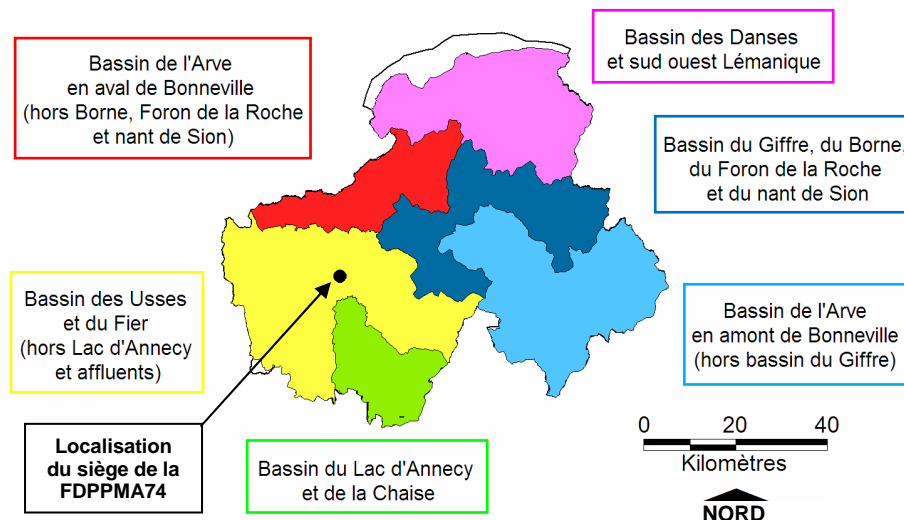


Figure 13 :
Délimitation des 6 secteurs géographiques propres à chaque agent du SD74 de l'ONEMA, utilisés pour la répartition des jours de « mesures d'ouvrages » (Auteur : Céline Chasserieau)

6. Matériel et méthode

6.1. Recensement exhaustif des ouvrages

Les résultats de la campagne de mesures 2009 ont permis d'optimiser l'approche terrain. A l'issue de la 1^{ère} année d'inventaire, la base OuvRMC00 se révèle exhaustive à moins de 50% et ne reflète donc pas l'image réelle de la fragmentation artificielle du réseau hydrographique de Haute-Savoie. En plus des ouvrages anthropiques, le diagnostic de la continuité écologique doit prendre en compte les obstacles naturels (chutes, cascades, embâcles infranchissables...) (Gaillard, 2009).

Pour obtenir un inventaire des ouvrages transversaux le plus exhaustif possible et rendre plus pertinente l'expertise de la continuité écologique, il est nécessaire d'effectuer le linéaire des cours d'eau en marchant afin de recenser les ouvrages artificiels et naturels. Ainsi pour la campagne de prospection 2010, avant d'entreprendre des journées de « mesures d'ouvrages », les cours d'eau prioritaires ont été parcourus entièrement avec pour critère de limite amont : zone apiscicole ou caractère temporaire du cours d'eau (rivières en pointillés sur les cartes IGN au 1/25000^{ème}). Chaque ouvrage artificiel ou obstacle naturel est répertorié sur une fiche terrain avec sa localisation GPS précise et sa caractérisation succincte (type/usage) (**Figure 14**). Cette étape, référencée dans les bases Exhaustif-artificiels2010 et Exhaustif-naturels2010, apporte une information précieuse quant au fractionnement du cours d'eau. Elle permet un réel gain de temps au moment des mesures pour localiser rapidement les ouvrages devant faire l'objet d'une caractérisation.

Date	Observateur	Cours d'eau	Affluent de	Type d'ouvrage(usage)	COORD X	COORD Y	Localisation

Figure 14 : Extrait de la fiche terrain utilisée pour le recensement des ouvrages et obstacles naturels sur le linéaire des cours d'eau (Source : FDPPMA74)

Ces relevés sont effectués par les agents techniques de l'ONEMA et les techniciens ou chargés de mission de la FDPPMA74. D'autres recensements viennent compléter ces premières données dans les secteurs non prospectés :

- pour les ouvrages anthropiques : des études hydrauliques, de pêche électrique ou de préventions des risques d'inondation réalisées par des partenaires tels que les Contrats Rivière ou bureaux d'étude (base données_partenaires).
- pour les chutes et cascades naturelles d'importance : les cartes IGN au 1/25000^{ème}.

6.2. Caractérisation individuelle des ouvrages

Afin de garder une homogénéité dans la récolte de données, le protocole de mesures, de caractérisation et de géoréférencement des ouvrages reste identique à l'année passée. La fiche « terrain » d'évaluation et de description des ouvrages transversaux a été élaborée conjointement entre l'ONEMA et la FDPPMA74 après consultations des publications scientifiques appropriées (en particulier Ovidio *et al.*, 2007). Chaque ouvrage visité fait l'objet d'une fiche de renseignement et d'une photo.

La fiche se compose en plusieurs parties (**Figure 15**, taille réelle en ANNEXE 2) :

ONEMA		Fiche de terrain « OUVRAGE »		Code identifiant :		(1)	
Base AREA oui non		Base FD oui non		ouvrage non répertorié		ouvrage n'existant plus	
Photo(s) n°:				Relevé GPS n°:			
Date:/..../..		Débit: étiage		< module		module > module	
Rapporteur(s):		- organisme: <input type="checkbox"/> ONEMA		<input type="checkbox"/> Autre(s):		- Nom(s):	
Cours d'eau:		Nom de l'ouvrage:		Lieu dit:			
Département:		Commune:		Rive d'accès: RD		RG	
Coordonnées (Lambert I II III):		X:		Y:			
Ouvrage Principal		Usages actuels		1		2	
Buse, cadre		Production hydroélectrique (instal. en état de fonctionner)					
seuil à paroi verticale		Navigation					
seuil à paroi inclinée		Prise d'eau AEP ou soutien nappe pour AEP					
seuil enrochements liaisons		Pisciculture					
seuil enrochements fibres		Lutte contre les inondations					
Barrage à vannes mobiles		Prise d'eau irrigation					
Radier de pont		Stabilité du profil en long (lutte contre l'érosion)					
Autre:		Franchissement infrastructure (route, rail...)					
Présence d'une rehausse: oui non H:		Agrément, loisirs					
Profondeur de la fosse d'appel		AUCUN USAGE avéré actuellement					
..... m		Autre(s):					
(NP*: non pertinent)		Hauteur de chute mesurée (jour visite):	 m			
		Hauteur de chute max (étiage: estimée):	 m			
		Largeur de l'ouvrage (au point haut):	 m		estimé mesuré	
Commentaire:							
Existence de passe(s) à poissons: 0 1 2		Précisions (RG, RD, espèces ciblées):					
Année(s) construction:		Types(s):					
Efficacité supposée: Nulle Possible Certaine		Efficacité vérifiée: Nulle Possible Certaine					
Entretien: Ne sait pas Nul Rare Régulier Irrégulier							
Commentaire:							
Espèces		+ Franchissabilité -				Commentaires	
I Salmonidés (TRF, SDF)		NP* 0 1 2 3 4 5					
II Ombre commun (OBR)							
III Cyprinidés eaux vives							
IV Cyprinidés eaux calmes							
V Petites espèces benthiques							
Espèces migratrices		Anguille					
		Alose feinte					
		Lamprote marine					
Autre(s)							

Référencement de l'ouvrage : s'il est existant ou non, répertorié ou non, ainsi que les numéros base OUV_FDPPMA74_2006 et base OuvRMC00 s'ils existent.

Les conditions d'observation : date, débit et rapporteurs (personnel effectuant l'expertise).

La localisation de l'ouvrage : cours d'eau, nom de l'ouvrage, lieu-dit, département, commune, rive d'accès, coordonnées GPS.

La caractérisation simple de l'ouvrage : largeur, hauteur de chute et fosse d'appel.

L'existence éventuelle, les caractéristiques et l'efficacité d'une passe à poisson.

Une évaluation de la franchissabilité à dire d'expert en utilisant l'«Aide à l'évaluation de la franchissabilité des obstacles à la montaison» rédigé par l'ONEMA (Demange & Roche, 2008) (extrait en ANNEXE 3).

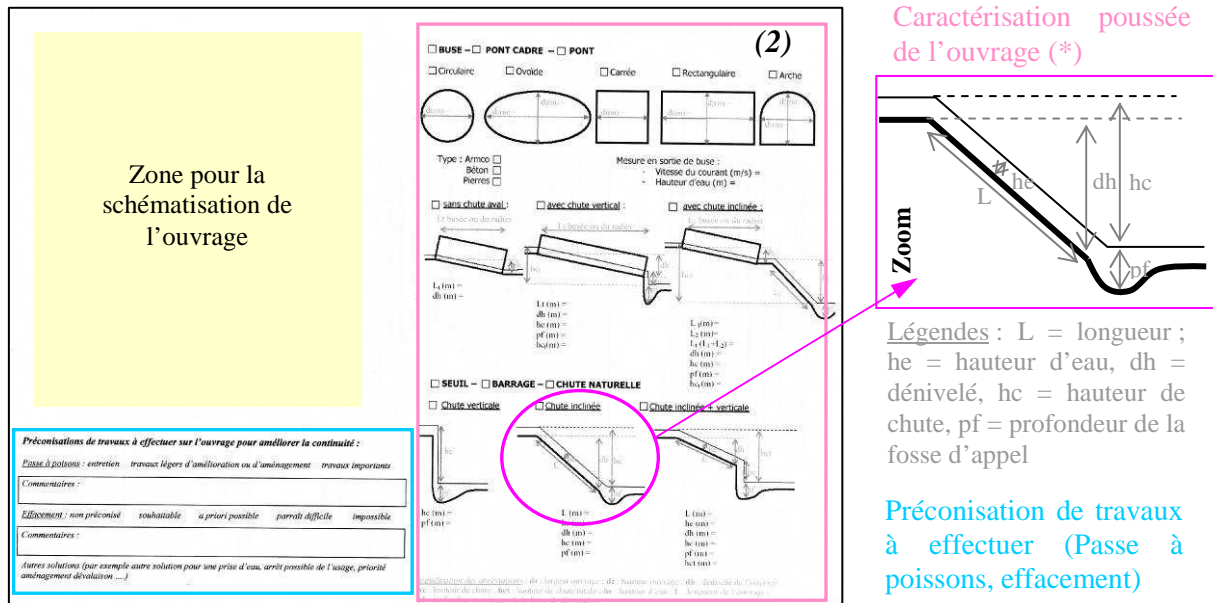


Figure 15 : Description de la fiche « ouvrage » utilisée sur le terrain pour la caractérisation des ouvrages transversaux ; (1) = RECTO, (2) = VERSO.

La caractérisation poussée de l'ouvrage permet de renseigner la nature, les dimensions de l'ouvrage en fonction de son type (buse, pont cadre, seuil ou barrage) et de son profil de chute (vertical, incliné, une combinaison des deux). Ces paramètres pourront permettre de réévaluer a posteriori la franchissabilité de l'ouvrage selon Ovidio *et al.* (2007). Cet aspect est estimé individuellement sans prendre en considération le dispositif de franchissement (si présent), puisque son efficacité est notée dans une partie à part.

La photographie complète le schéma et permet une meilleure représentation de l'objet mesuré. Elle peut aussi servir a posteriori à une réévaluation de certains paramètres (franchissabilité notamment) en cas de doute, d'oubli ou d'erreur (Gaillard, 2009) ou encore à répondre à des questions d'ordre hydraulique ou sédimentaire pour la priorisation des ouvrages à aménager.

D'un point de vue pratique, les ouvrages sont localisés géographiquement à l'aide d'un Pocket PC *Mobile Mapper 6 de Magellan* conjuguant les fonctions de GPS et de SIG (Encom discover mobile version 3.0). Cet outil présente plusieurs avantages :

- la visualisation sur le terrain des points des différentes bases de recensements des ouvrages transversaux (bases OuvRMC00, Exhaustif-articiels2010, données partenaires)
- l'actualisation permanente des données (ouvrages mesurés, cours d'eau parcourus dans leur intégralité, Exhaustif-articiels2010).

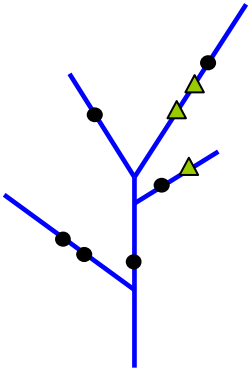
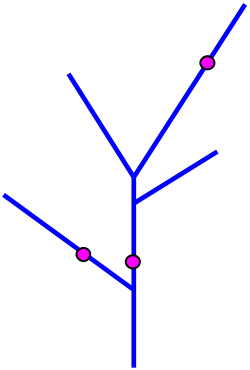
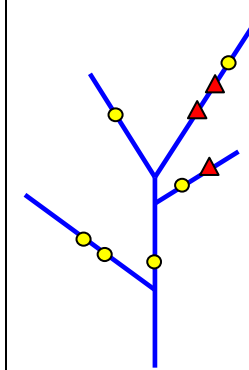
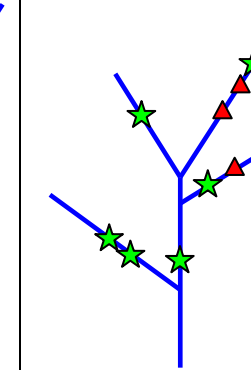
Les caractères topographiques et dimensionnels des ouvrages sont mesurés avec un niveau sur trépied *Sprinter 100 Leica*, une mire *Sprinter barcode type GSS111 Leica* et un télémètre *Bushnell Elite 1500 7X26* pour les dimensions > 4 m. Les vitesses de courant dans les buses et ponts cadre sont quantifiées avec un courantomètre *Nautilus C2000 OTT / SENSA Z300*.

La méthodologie décrite précédemment permet d'aboutir à 3 niveaux d'information en fonction du degré de priorité des cours d'eau (**Tableau II**) :

- Niveau 1 : pas de recensement exhaustif des ouvrages (linéaire du cours d'eau non parcouru) ; l'inventaire des ouvrages correspond à la base OuvRMC00.

- Niveau 2 : recensement exhaustif des ouvrages réalisé avec relevés géoréférencés des obstacles naturels et anthropiques.
- Niveau 3 : recensement exhaustif et caractérisation individuelle des ouvrages effectués ; les ouvrages artificiels recensés apparaissent dans la base OUV_FDPPMA742010 et les obstacles naturels dans la base Exhaustif-naturels2010.

Tableau II : Schématisation des 3 niveaux d'information du recensement des ouvrages

Niveau	Situation réelle	1	2	3
Descriptif illustré				
Base de référence		OuvRMC00	Exhaustif-artificiels2010 et Exhaustif-naturels2010	OUV_FDPPMA74_2010 et Exhaustif-naturels2010

Degré de précision

Légende

● Ouvrage artificiel	● Base Exhaustif-artificiels2010
▲ Obstacle naturel	▲ Base Exhaustif-naturels2010
● Base OuvRMC00	★ Base OUV_FDPPMA74_2010

6.3. Base de données informatique Access/Mapinfo : OUV_FDPPMA74_2010

Chaque fiche « ouvrage » est informatisée dans une base de données créée sous le logiciel Access. Le formulaire à renseigner est configuré de manière similaire que la fiche terrain afin de faciliter la saisie. Une aide à la saisie est fournie en **ANNEXE 4**.

Cette base Access est liée au logiciel de SIG Mapinfo par un lien DBMS. Une couche « Obstacle » se crée sous Mapinfo et peut être rafraichie à chaque nouvelle saisie de données dans la base Access. En général, les données sont informatisées une fois par semaine mettant à jour la couche « Obstacle ». La superposition des couches concernant les ouvrages répertoriés à visiter (bases OUV_FDPPMA74_2006, OuvRMC00, Exhaustif-artificiels2010, données_partenaires) et celle des ouvrages visités (« Obstacle ») permet de visualiser l'état d'avancement de la prospection de terrain et de repérer rapidement les ouvrages déjà diagnostiqués de ceux à mesurer. Comme le travail de prospection s'effectue sur plusieurs cours d'eau en parallèle, cette méthode facilite l'organisation des visites de terrain.

6.4. Traitement des données

6.4.1. Evaluation de la validité de la base initiale OuvRMC00

La validité de la base OuvRMC00 a été évaluée grâce à des critères d'exhaustivité et de fiabilité. Ceux-ci ont été testés à partir des formules suivantes en comparant des informations pré-recensées dans OuvRMC00 à celles désormais disponibles après visite sur le terrain dans la base OUV_FDPPMA74_2010 (ouvrages visités).

- Exhaustivité =
$$\left[\frac{\text{nombre d'ouvrages pré-recensés existants réellement dans OuvRMC00 et visités}}{\text{nombre total d'ouvrages visités}} \right] \times 100$$

correspond à la proportion d'ouvrages pré-recensés parmi le nombre total d'ouvrages visités.

- Fiabilité =
$$\left[\frac{\text{nombre d'ouvrages existants parmi les pré-recensés dans OuvRMC00 et visités}}{\text{nombre d'ouvrages pré-recensés dans OuvRMC00 et visités}} \right] \times 100$$

correspond à la proportion des ouvrages existants parmi le nombre des ouvrages pré-recensés et également à la probabilité qu'un ouvrage pré-recensé donné existe réellement.

6.4.2. Evaluation de la pression anthropique et de la fragmentation des milieux

La présence d'ouvrages transversaux artificiels (seuils, radier béton, barrages, buses, prises d'eau,...) sur le réseau hydrographique peut être utilisée comme un indicateur d'anthropisation et de fragmentation des milieux aquatiques naturels.

- Un indice de densité (I_D) d'ouvrages présents sur un linéaire de 10 km (calculés pour les ouvrages de OUV_FDPPMA74_2010 et OuvRMC00) renseigne sur l'état global d'anthropisation par les ouvrages artificiels (Weitskel *et al.*, 2010). Il évalue l'impact de la dimension longitudinale.

$$I_D = \left[\frac{\text{nombre d'ouvrages recensés sur la rivière}}{\text{longueur de la rivière en km}} \right] \times 10$$

- Pour évaluer le niveau d'impact de la dimension verticale des cours d'eau, le taux d'étagement T (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2007), qui correspond au rapport entre la somme des chutes artificielles et la dénivellation naturelle a été calculé comme suit :

$$T = \left[\frac{\Sigma \text{ hauteur de chutes artificielles}}{\text{dénivellation naturelle du cours d'eau}} \right] \times 100$$

Les impacts de l'étagement des cours d'eau, en plus de la fragmentation, sont divers : transformation de faciès lotiques en faciès lenticques, exposition thermique du cours d'eau, aggravement du phénomène d'eutrophisation suite au ralentissement du courant...

- L'impact vis-à-vis de la continuité piscicole peut être caractérisé par un indice de fragmentation du milieu (I_F) calculé pour quatre espèces (**Tableau III**) de la manière suivante :

$$I_F = \left[\frac{\text{nombre d'ouvrages infranchissables pour l'espèce considérée recensés sur la rivière}}{\text{longueur de la rivière en km}} \right] \times 10$$

Tableau III : Liste des espèces piscicoles pour lesquelles I_F a été calculé (rangées dans l'ordre croissant de leur capacité de franchissement)

Espèces piscicoles (français, latin)	Capacité de franchissement
Truite commune, <i>Salmo trutta</i>	++
Ombre commun, <i>Thymallus thymallus</i>	+
Cyprinidés d'eaux vives (ex : Chevaine, <i>Leuciscus cephalus</i>)	-
Chabot commun, <i>Cottus gobio</i>	--

ou par une note d'accessibilité de zone inter-ouvrage (Ombredane, com. pers.) qui correspond à la somme des notes de franchissabilité données par espèce lors de la caractérisation de chaque ouvrage à compter de la confluence (**Figure 16**).

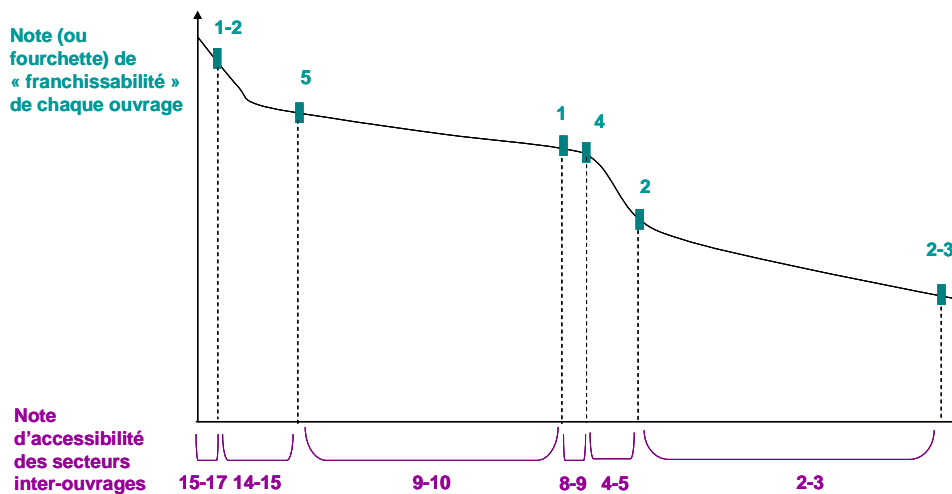


Figure 16 : Illustration du calcul de la note d'accessibilité (Ombredane com. pers.) par secteur inter-ouvrage sur un profil en long théorique

Tous ces indices ne sont pertinents que dans le cadre d'un recensement exhaustif des ouvrages et n'ont donc été calculés que pour les rivières ou portions de rivière respectant cette condition (à l'exception des cours d'eau transfrontaliers ou interdépartementaux).

6.4.3. Calcul d'une note de franchissabilité sur « critères physiques »

La validité de la note de franchissabilité sur avis d'expert est évaluée par confrontation à une seconde note définie sur la base des critères physiques (mesures topographiques et dimensionnelles des ouvrages). Les seuils de validation ou non du franchissement sont posés à partir des données théoriques de capacités de franchissement d'une espèce piscicole ciblée. Celles-ci doivent être suffisamment fournies et concerner différents paramètres. Les travaux de Ovidio *et al.* (2007, 2009), Larinier (1992), Gibson *et al.* (2005), Warren & Pardew (1998) et Göggel *et al.* (2006) se complètent et caractérisent ainsi de manière assez précise les capacités de franchissement de la Truite commune et de l'Ombre commun (**Tableau IV**). Le manque ou le peu de données concernant le Chabot et les Cyprinidés d'eaux vives ne permettent pas d'établir des seuils de calcul nécessaires à l'obtention de la note sur « critères physiques ». Plus le nombre de critères déterminants est important, plus la notation sera précise. Un critère peut correspondre à une variable physique brute (par exemple hc) ou à un rapport de variables physiques (par exemple pf/hc). Cette approche, basée sur le principe de valeur seuil, aboutie à une caractérisation binaire de la franchissabilité de l'ouvrage concerné :

0 (franchissable) ou 5 (infranchissable). Les critères de notation diffèrent selon le type et/ou la configuration de l'ouvrage. L'évaluation du franchissement sur la base de critères physiques n'est envisageable que pour des ouvrages facilement modélisables par des schémas simples « chute verticale », « chute inclinée », « busage » qui peuvent être combinés entre eux. Pour les autres, trop complexes (modélisation seulement partielle) ou considérés « NA » (non mesurables ou avec des données manquantes), la note sur « critères physiques » n'est pas attribuée afin d'éviter des valeurs aberrantes ou non valides. La note finale correspond à une combinaison de tous les critères concernés par le type d'ouvrage en question (**Tableau IV**), il suffit qu'un seul de ces critères soit noté en « 5 » pour que l'ouvrage soit classé comme infranchissable. Les calculs de cette notation sur « critères physiques » sont réalisés sous Excel avec les fonctions SI, OU, ET, MAX pour les principales.

Tableau IV : Données bibliographiques des capacités de franchissement de la Truite commune et de l'Ombre commun

	Type	Critères considérés	Truite	Ombre	Source
Seuil	Chute verticale	Différence de niveau d'eau à l'étiage (hc)	< 1,0 m	< 0,6 m	Ovidio <i>et al.</i> (2007, 2009), Larinier (1992)
		Profondeur de la fosse en aval à l'étiage (pf)	0,10-0,8 m	0,35 m	
		pf/hc	env. 30% (15-42%)	37%	
	Chute inclinée ou rampe	Pente de la rampe (hc/Lt)	< 26%	< 12%	
		Longueur de la rampe (Lt)	< 8,0 m	< 6,0 m	
Rampe courte, peu élevée et très disjointe		Lt < 1,0 m et hc < 0,20 m		Göggel <i>et al.</i> (2006)	
Buse		Vitesse de courant à l'intérieur	< 3 m.s ⁻¹		Larinier (1992), Gibson <i>et al.</i> (2005), Warren & Pardew (1998)
		Hauteur d'eau à l'intérieur	> 0,15 m		

Pour comparer les deux notations de franchissabilité, les notes attribuées par la méthode « sur avis d'expert » ont été assimilées à une note binaire. Les ouvrages classés en 0 à 2 sont considérés comme franchissables (soit «0») et ceux classés en 4 et 5 comme infranchissables (soit «5») pour adopter le même barème que la notation « sur critères physiques ». Les ouvrages classés en 3 n'ont pas été reclassés du fait de leur position intermédiaire. Il a cependant été vérifié que les ouvrages qui se sont vu attribuer cette note ne correspondent pas à un type d'ouvrage ou à une configuration spécifique (**Figure 17**). Leur répartition en proportion étant presque semblable à celle observée sur le département, ils n'apparaissent pas discriminants et ont été retirés de la comparaison entre les deux méthodes de notation.

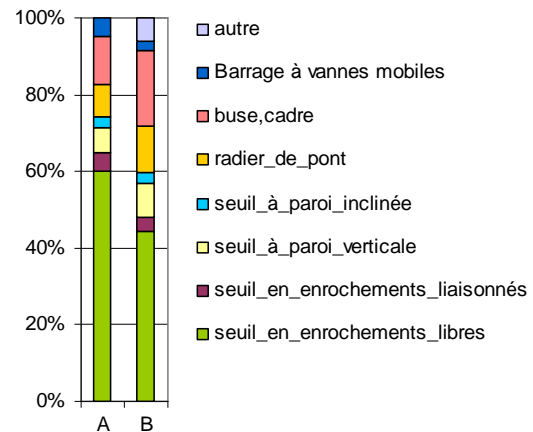


Figure 17 : Comparaison des proportions des types d'ouvrages de la classe 3 de franchissabilité (A) à celles de l'ensemble des ouvrages du département de Haute-Savoie (B)

Pour la suite des analyses, les ouvrages pris en compte seront ceux identifiés comme infranchissables par les deux méthodes de notation de la franchissabilité.

6.4.4. Connectivité piscicole : confrontation des données biologiques aux données « obstacles »

L'effet de la fragmentation partielle des milieux sur la répartition des espèces piscicoles est étudié en confrontant la répartition des ouvrages infranchissables à celle des peuplements piscicoles (données de présence / absence issues de la base de données de pêches électriques de la FDPPMA74). Les déficits du nombre d'espèces entre l'amont et l'aval d'un obstacle sont relevés et quantifiés. Cette analyse est une première approche (incomplète) du fait de l'espacement des stations de pêche (données manquantes entre certains ouvrages).

A une échelle historique humaine, la répartition de certaines espèces comme la truite ou l'ombre commun ont été influencé par l'homme (pratiques de repeuplement) ce qui rend plus difficile l'évaluation de l'impact de la fragmentation des cours d'eau sur leur répartition (présence / absence). Grâce au développement récent des techniques de biologie moléculaire, des études génétiques permettent de différencier pour ces espèces les populations natives des populations introduites. Selon Bernatchez (2001) la truite commune se décline en 5 lignées évolutives dont deux peuplent naturellement les cours d'eau français : les truites dites « atlantiques » et les truites dites « méditerranéennes ». En Haute-Savoie, la lignée évolutive méditerranéenne est autochtone alors que la lignée atlantique est considérée comme introduite. Caudron (2008) a ainsi identifié 11 populations de truites autochtones (populations natives faiblement introgressées par les truites atlantiques domestiques). Aussi, la confrontation des données « ouvrages infranchissables » à la répartition des populations natives de truite obtenue après analyses génétiques (Caudron, 2008) entre dans le cadre de la conservation de la diversité intra-spécifique de cette espèce tout en sauvegardant la diversité présente au sein des différentes populations de truites natives. Le maintien d'une continuité écologique au sein de ces différentes populations et d'une aire de répartition suffisante est important en termes de maintien de la diversité et de pérennité des populations. Ainsi la fragmentation au sein des aires de répartition des différentes souches de truite autochtone est étudiée par un dénombrement des ouvrages anthropiques infranchissables présents.

6.4.5. Essai de hiérarchisation des ouvrages à aménager

Un travail d'essai de hiérarchisation a pour but principal de répondre à un besoin des partenaires de l'étude qui souhaitent disposer, en plus de l'atlas départemental des ouvrages transversaux, d'un outil d'optimisation des gains écologiques et de planification des dépenses.

Etant donné l'ampleur de la base créée et l'enjeu associé à cette hiérarchisation, le travail présenté constitue une première approche permettant de guider les réflexions ultérieures (notamment au moment des décisions politiques d'aménagement des ouvrages du département). La méthode choisie qualifiée de « scoring and ranking » est largement utilisée dans le domaine de la conservation des populations d'espèces remarquables sur de grandes échelles (Allendorf *et al.* 1997, Laikre 1999). Elle est facilement transposable sur les problématiques de restauration du milieu et d'effacement des barrières artificielles (Thorncraft & Harris, 2000). Notre essai de priorisation des obstacles est inspiré de nombreux exemples de guides basés sur la même approche (Bowman *et al.* 2002, Graph *et al.* 2002, Doyle *et al.* 2003, MDNR 2004, Patronski *et al.* 2009). Ce type de méthodologie a l'avantage d'être facilement compréhensible et utilisable par les gestionnaires (Kemp & O'Hanley, 2010) : les différents critères utilisés, leur pondération ainsi que le mécanisme de calcul étant bien lisible (**Tableau V**). Toutefois, son principal aspect négatif concerne l'occultation de la connectivité spatiale, l'élément le plus complexe d'une telle analyse réalisée sur un réseau hydrographique (O'Hanley & Tomberlin, 2005).

Tableau V : Avantages et inconvénients de la méthode de hiérarchisation « scoring-and-ranking » (traduit, d'après Kemp & O'Hanley, 2010)

Méthode de priorisation	Exemples	Avantages	Inconvénients
Scoring-and-ranking	Pess et al. (1998) WDFW (2000) Taylor & Love (2003) Karle (2005)	Facile à mettre en application (par exemple à l'aide d'un tableur type Excel) Calculs très rapides Facilement adaptable pour manier de multiple critères dont les valeurs sont vaguement définies	Obstacles normalement évalués indépendamment ; ignorance de la connectivité spatiale entre ouvrages et des effets non-cumulés de la franchissabilité Peut créer des solutions approximatives, avec une sous-évaluation du coût, dans lesquelles le gain issu de l'aménagement de quelques ouvrages n'est pas forcément évident Attribution de scores et détermination du poids des différents critères généralement très personnalisées

Cette première approche de hiérarchisation est testée uniquement sur les cours d'eau, ou tronçons de cours d'eau, où le recensement des ouvrages est complet et sur les ouvrages infranchissables pour la truite commune (*Salmo trutta*) qui est l'espèce la mieux renseignée à l'échelle départementale.

L'évaluation de l'intérêt d'aménagement de chaque ouvrage est étudiée sur la base de critères écologiques. Elle se présente sous forme de 16 questions où les réponses peuvent être binaires (oui/non) ou numériques (**Tableau V**). Un poids différent est attribué à chacune suivant l'importance du thème sondé. Le score total correspond à la somme des 16 réponses.

- Questions 1 et 2 : pour l'une ou l'autre, la réponse OUI est discriminante ce qui signifie que l'aménagement de l'ouvrage n'est pas souhaité tant qu'il existe un risque de colonisation par une espèce exotique ou d'hybridation d'une population d'une espèce native par une autre non native. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de continuer la procédure de hiérarchisation (questions 3 à 16).

- Questions 3 à 6 : pour le moment les populations natives considérées sont
 - les populations de truite commune (*Salmo trutta*) : les truites sédentaires de souche autochtone et l'écotype lacustre
 - et les populations d'ombre commun (*Thymallus thymallus*).

Cette liste peut être amenée à évoluer suivant l'avancée des connaissances sur les autres espèces présentes sur le département.

- Questions 7 et 8 : la quantité de linéaires re-connectés total et amont (km) a été retenue dans cette approche préliminaire car elle est un indicateur primordial (Sheer & Steel, 2006) et simple du gain potentiel d'habitat pour les populations sédentaires (linéaire total reconnecté) comme pour les espèces migratrices (linéaire ouvert à l'amont) (Kemp & O'Hanley, 2010, 2010 ; WDFW, 2009). Ce critère de gain d'habitat est un élément essentiel dans la prise de décision. L'intérêt d'équiper un ouvrage est d'autant plus grand que le linéaire total reconnecté et plus particulièrement le linéaire amont est important.

- Questions 10 et 11 : les conditions du secteur reconnecté à l'amont sont-elles plus favorables (+3), moins favorables (-1) ou équivalentes (0). L'enjeu d'un aménagement est considéré comme plus capital si les conditions d'habitat à l'amont sont plus favorables.

- Question 12 à 14 : caractéristiques de l'ouvrage et conséquences qui en découlent. La présence d'un dispositif de franchissement dysfonctionnant, de difficulté ou l'impossibilité

de la dévalaison des poissons (Larinier & Travade, 1999) ou d'impact sur le transit sédimentaire ajoute de l'intérêt à aménager l'ouvrage.

- Questions 15 et 16 : contexte de l'aménagement. Une forte fragmentation de la rivière diminue l'importance de l'aménagement de l'ouvrage (la valeur de l' I_F est intégrée au calcul comme une valeur négative) alors que l'existence d'un projet global de restauration l'accroît l'intérêt d'intervenir sur un ouvrage.

L'intérêt d'aménager un ouvrage est d'autant plus fort que le score total est important.

Tableau VI : Critères écologiques considérés pour la priorisation des obstacles pour la truite

Critères de priorisation	Réponse possible	Score
1. cet ouvrage limite-t-il actuellement la colonisation vers l'amont d'au moins une espèce susceptible de provoquer des déséquilibres biologiques ⁽¹⁾ ?	oui / non	oui = stop
2. l'aménagement de cet ouvrage risque-t-il de mettre en sympatrie deux populations ou espèces native et non native pouvant s'hybrider?	oui / non	oui = stop
3. cet ouvrage se trouve-t-il dans l'aire de répartition d'une population native d'une espèce donnée?	oui / non	1 / 0
4. cet ouvrage limite-t-il actuellement l'aire de répartition d'une population native?	oui / non	1 / 0
5. cet ouvrage provoque-t-il actuellement l'isolement d'une population menacée?	oui / non	1 / 0
6. quel est le nombre d'espèce dont l'aire de répartition est actuellement limitée par cet ouvrage?	valeur numérique	valeur numérique
7. quel est le linéaire total (aval et amont) en kilomètres de rivière qui sera reconnecté par l'aménagement de cet ouvrage et présentant un habitat favorable pour l'espèce cible?	valeur numérique	valeur numérique
8. quel est le linéaire amont en kilomètres de rivière qui sera reconnecté par l'aménagement de cet ouvrage et présentant un habitat favorable pour l'espèce cible?	valeur numérique	valeur numérique
10. cet ouvrage modifie-t-il les conditions thermiques et/ou hydrauliques en aval?	oui / non	1 / 2
11. les conditions thermiques et/ou hydrauliques sont-elles significativement plus favorables en amont de cet ouvrage qu'en aval?	oui / non	2 / -2
12. cet ouvrage est-il déjà équipé d'un ouvrage de franchissement dysfonctionnant?	oui / non	1 / 0
13. cet ouvrage limite-t-il également les possibilités de migration (et donc de flux génétique) de l'amont vers l'aval?	oui / non	1 / 0
14. cet ouvrage impacte-t-il le transit sédimentaire?	oui / non	1 / 0
15. quelle est la valeur de l'indice de fragmentation (I_F pour 10 km pour l'espèce cible) du cours d'eau sur lequel se trouve cet ouvrage?	valeur numérique	valeur numérique * (-1)
16. l'aménagement de cet ouvrage apporte-t-il une plus value à un projet de restauration globale de l'habitat sur le cours d'eau?	oui / non	1 / 0
SCORE TOTAL		somme

Dans un second temps, afin de répondre à la question de planification des dépenses, ce score est confronté à un estimatif de coût d'aménagement. Une estimation grossière du coût d'aménagement (€ TTC) en fonction de la hauteur de chute de l'ouvrage (hc) a été établie de la même manière que le CSP (2000) et Croze & Larinier (2001) pour un type de dispositif de franchissement donné. Le coefficient multiplicateur du prix d'aménagement du mètre de

⁽¹⁾ Art. R. 432-5 du code de l'environnement

La liste des espèces de poissons, de crustacés et de grenouilles susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques dans les eaux visées au présent titre et dont l'introduction dans ces eaux est, de ce fait, interdite, est fixée comme suit :

Crustacés :

Le crabe chinois : *Eriocheir sinensis*.

Les espèces d'écrevisses autres que :

Astacus astacus : écrevisse à pattes rouges ;

Astacus torrentium : écrevisse des torrents ;

Austropotamobius pallipes : écrevisse à pattes blanches ;

Astacus leptodactylus : écrevisse à pattes grêles

Poissons :

Le poisson-chat : *Ictalurus melas* ;

La perche soleil : *Lepomis gibbosus*.

Grenouilles :

[...]

chute est défini par une moyenne (+15%) sur les aménagements déjà réalisés sur le département de la Haute-Savoie (**Tableau VII**).

Tableau VII : Coefficients multiplicateurs du coût d'aménagement au mètre de chute de chaque type de dispositif de franchissement

Obstacle	Type d'aménagement possible	Coût (€ TTC) / m de chute
Pont, buse, pont cadre	dépôt de blocs	12500
	off set	6500
Seuil	seuils successifs	20000
	seuil en enrochements aménagé	37000
	seuil à bassins successifs	107000

Pour un type d'obstacle à la continuité une gamme restreinte d'aménagements de franchissement est réalisable. Les deux types d'obstacle « seuil » et « ouvrage de franchissement d'infrastructure (pont, buse, pont cadre) » retenus présentent des configurations bien différentes qui permettent de modéliser un maximum d'ouvrages infranchissables. Ainsi pour simplifier l'analyse et le rendu de la hiérarchisation, la moyenne des coefficients multiplicateurs des aménagements possibles pour ces deux types d'obstacles est utilisée pour estimer le coût d'équipement d'un ouvrage infranchissable.

Seuil : Coût (€ TTC) = hauteur de chute (m) X 55000(€ TTC)

Pont, buse : Coût (€ TTC) = hauteur de chute (m) X 19000 (€ TTC)

Afin de tester la validité de cette méthode, elle a été appliquée à quatre cas de figure :

- un bassin versant : celui de la Menoge
- les secteurs ou bassins abritant une population de truite fario de souche méditerranéenne (Fier, Fillière, Chéran, Usses, Chaise, Borne, Dranses)
- un échantillon de 14 ouvrages déjà pourvus d'un dispositif de franchissement au cours des dix dernières années
- une liste provisoire de 12 ouvrages à équiper en priorité (échéance 2012) choisis avant la fin de l'inventaire par l'administration (DREAL et ONEMA).

7. Résultats

7.1. Etat des lieux du recensement des ouvrages transversaux sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie à l'issue de l'année 2010

Le recensement 2010 a nécessité 60 jours effectifs de prospection étalée du mois de mai au mois de juillet. Elle a permis de recenser 1036 ouvrages transversaux supplémentaires à 2009 (**Figure 18**).

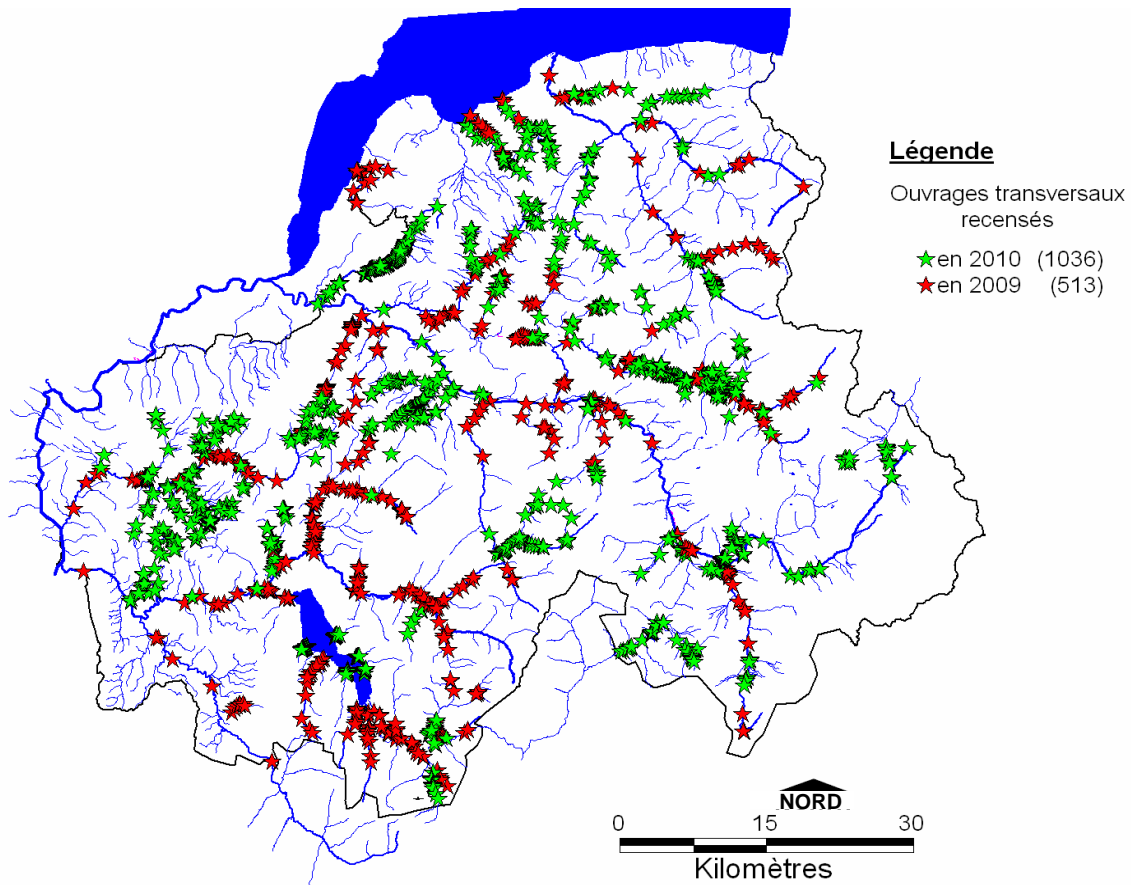
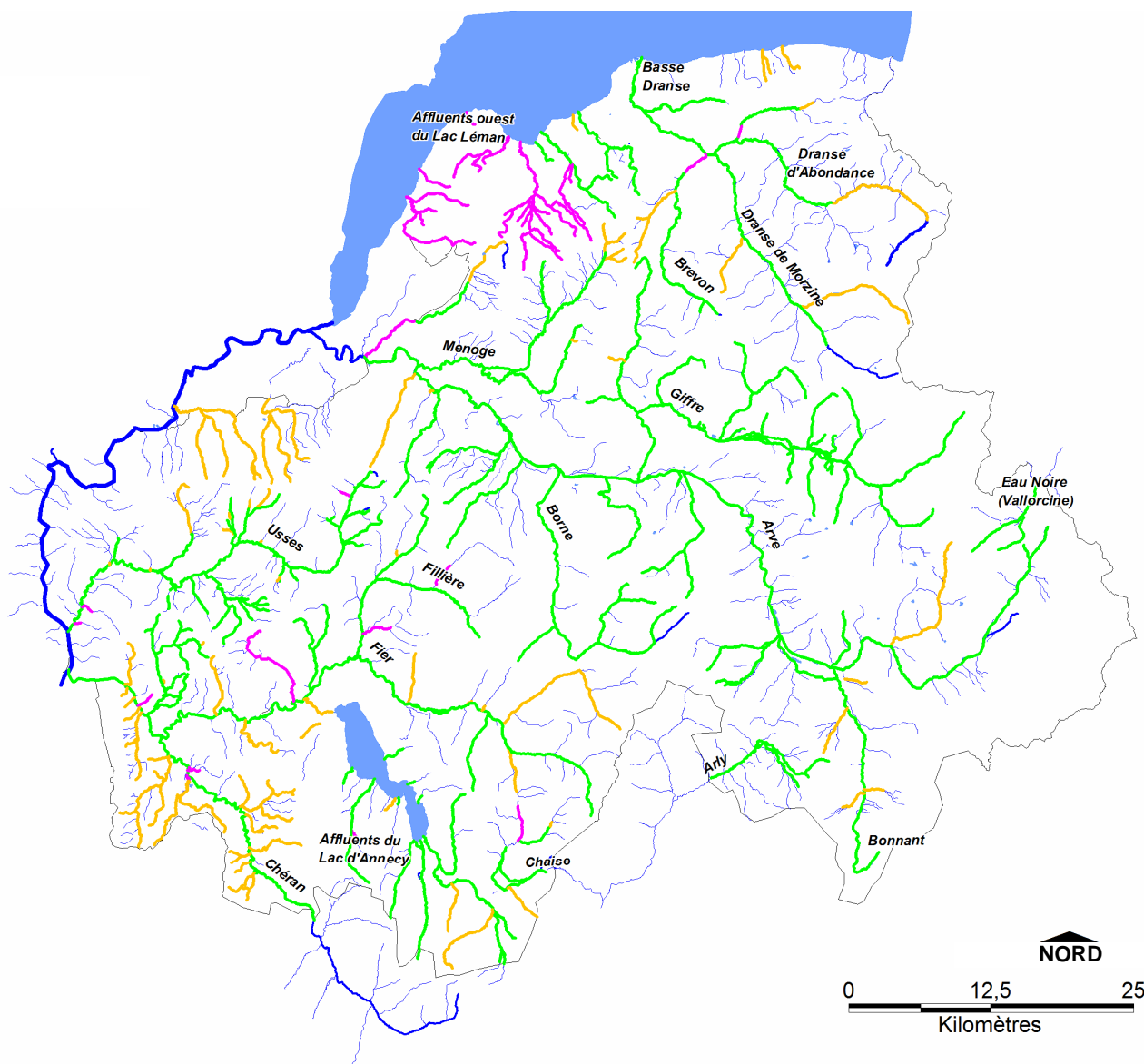


Figure 18 : Localisation des ouvrages de la base OUV_FDPPMA74_2010 affichés suivant leur année de recensement

A l'issue de cette étude, un niveau complet d'information (recensement exhaustif et caractérisation physique des ouvrages transversaux) est disponible sur 39% du réseau hydrographique haut-savoyard soit 1056 km de rivière (**Figure 19**). L'effort d'exhaustivité s'est davantage focalisé sur les cours d'eau principaux et leurs affluents majeurs. La données « ouvrages transversaux » reste encore mal renseignée ou inexistante sur 61% du réseau hydrographique soit (1660 km) ; ce pourcentage concerne en majorité des petits cours d'eau de rang de Stralher 1 à 3.

La pression de prospection 2010 s'est surtout concentrée sur les deux bassins des Usses (194 ouvrages) et du Giffre (237 ouvrages), soit environ 40% du recensement de cette année.



	Niveau d'information du recensement des ouvrages transversaux	% de linéaire du réseau hydrographique de Haute-Savoie (hors Rhone) concerné
	1	12
	2	5
	3	39
	Pas d'information	44

Figure 19 : Etat des lieux du niveau de recensement des ouvrages transversaux sur le département de Haute-Savoie

7.2. Evaluation de la validité de la base initiale OuvRMC00

La base OUV_FDPPMA74_2010 répertorie au total 1549 ouvrages transversaux dont seulement 346 étaient pré-recensés dans la base OuvRMC00 et parmi lesquels 111 n'existaient pas. Dans ce premier recensement établi à dire d'experts, les ouvrages ont été placés de mémoire sans visite sur le terrain, certains se révèlent donc mal placés, inexistants ou inconnu. La principale lacune de la base OuvRMC00 concerne son exhaustivité qui n'est plus que de 15% à l'issue de la prospection 2010 (**Tableau VII**). Toutefois, sa fiabilité imparfaite (environ 70%) peut être considérée comme acceptable.

Tableau VIII : Indices d'évaluation de la base initiale OuvRMC00

Nb d'ouvrages visités (Ouv_FDPMA74_2010)	1549
Nb d'ouvrages visités et pré-recensés dans OuvRMC00	346
Nb d'ouvrages visités et existants réellement de ceux pré-recensés dans OuvRMC00	235/346
Exhaustivité	15,2%
Fiabilité	67,9%

7.3. Description des ouvrages inventoriés

La fragmentation transversale des rivières du département est causée majoritairement (environ 45%) par des seuils en enrochements libres destinés à la stabilité du profil en long et à la lutte contre l'érosion (**Figures 20, 21 et 22-1**). Le contexte alpin du territoire explique cette large représentation. Les ouvrages de franchissement routiers ou ferroviaires (buses, ponts cadre, ponts) (**Figure 22-2**) représentent le second grand type d'ouvrages transversaux (environ 35%). Cette répartition se vérifie sur la majorité des bassins versants (présentés en **ANNEXE 6**) à l'exception du Chéran où se sont les ouvrages destinés aux voies de transport qui causent la fragmentation majeure. L'usage « production hydroélectrique » (**Figure 22-3**) concerne la plupart des cours d'eau principaux du département qui se caractérisent par une situation montagnarde avec des secteurs à fortes pentes et un régime hydrologique à tendance nival. Le pourcentage d'ouvrages sans usage avéré est majoritairement de l'ordre de 10% ou nul (Borne, Brevon, Chéran, Eau Noire de Vallorcine) à l'exception du Nom où il atteint 40%.

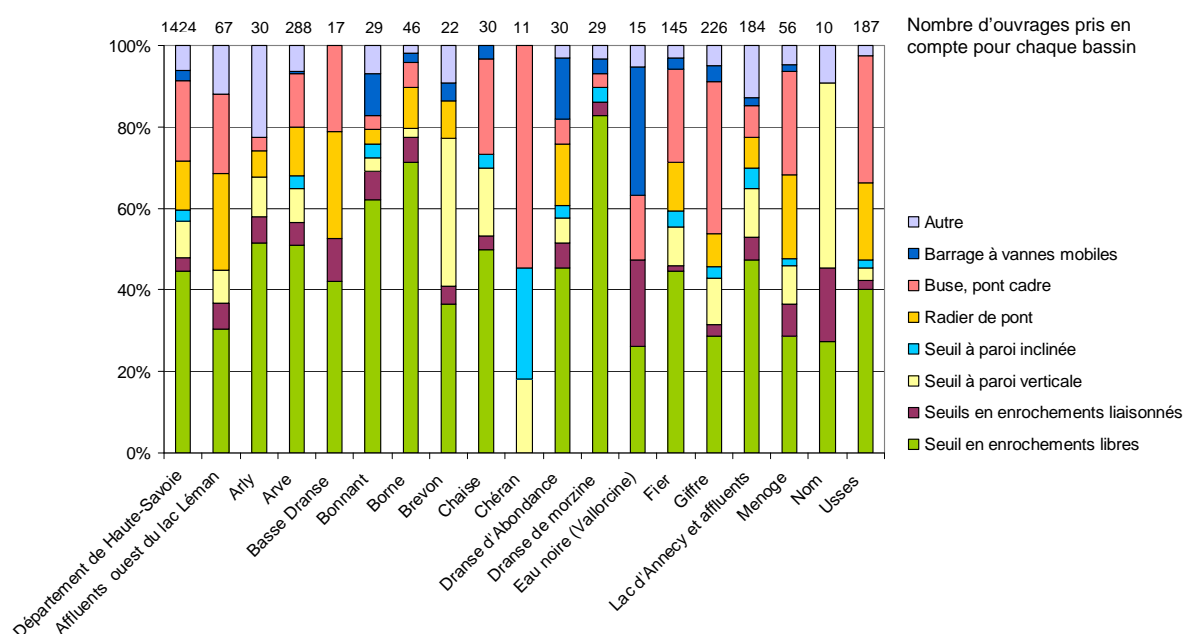


Figure 20 : Proportions des types d'ouvrages transversaux sur le département et sur les différents bassins

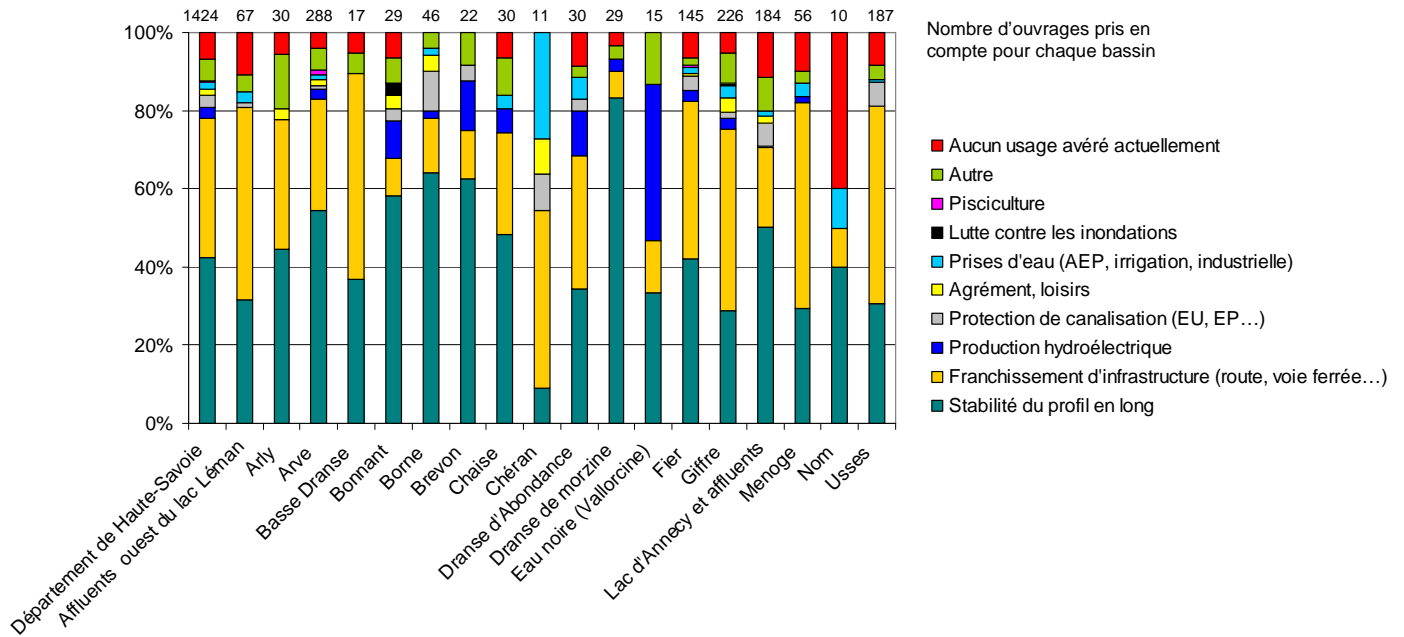


Figure 21 : Proportions des usages des ouvrages transversaux sur le département et sur les différents bassins



Figure 22 : Illustrations des types d'ouvrages rencontrés dans le département (1) seuil en enrochements libres pour la stabilité du profil en long, (2) ouvrage de franchissement routier ; (3) ouvrage de production hydroélectrique (Auteur : FDPPMA 74)

Sur le plan physique, la majorité des ouvrages recensés dans la base OUV_FDPPMA74_2010 présentent une hauteur de chute inférieure à 0,8 m (Figure 23), valeur assez franchissable. La moyenne des hauteurs d'ouvrage se situe à 1,46 m et quelques ouvrages montrent une hauteur de chute exceptionnelle (41m, Brevon).

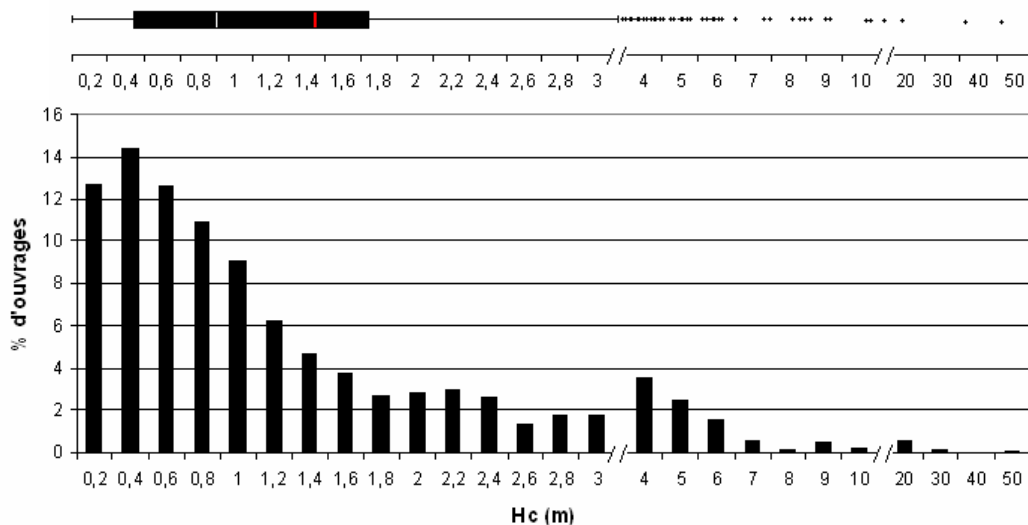


Figure 23 : Répartition des hauteurs de chute des ouvrages de la base OUV_FDPPMA74_2010

7.4. Evaluation de la pression anthropique : indice de densité et taux d'étagement

La densité moyenne d'ouvrages sur le linéaire total du cours d'eau (**Figure 24**) renseigne sur son degré d'anthropisation. Cette valeur n'a de sens uniquement si le relevé des ouvrages transversaux est exhaustif. Ainsi, la base OuvRMC00 ne remplissant pas cette condition et s'intéressant préférentiellement aux cours d'eau d'importance majeure, sous-estime considérablement l'artificialisation des rivières haut-savoyardes. En effet, d'après celle-ci plus de 55% sont considérés comme faiblement anthropisés (0 à 2 ouvrages pour 10 km) alors que suite au travail de recensement exhaustif réalisé, nous observons qu'en réalité la moitié des cours d'eau étudiés présentent au moins 11 ouvrages sur 10 km, soit 10 fois plus. La moyenne départementale s'élève à 19 ouvrages sur 10 km. Etant donné qu'il reste environ 1660 km de linéaire de rivière à inventorier de manière exhaustive, en extrapolant 1450 ouvrages seraient à caractériser. Cependant 294 ont déjà été mesurés sur ces secteurs, il en resterait donc environ 1150 à décrire.

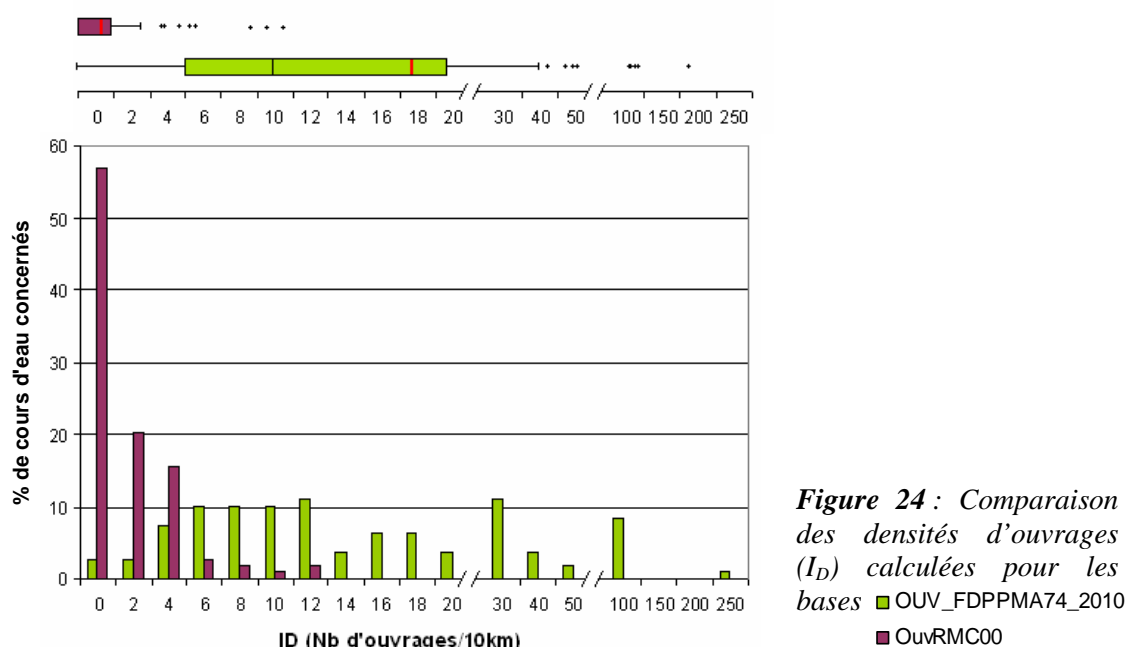


Figure 24 : Comparaison des densités d'ouvrages (I_D) calculées pour les bases ■ OUV_FDPPMA74_2010 ■ OuvRMC00

L'analyse de l'indice de densité des différents cours d'eau regroupé par bassin (**Figure 25**) montre que les valeurs exceptionnelles comme celle du Rui de la Planche (affluent du lac d'Annecy) ($I_D=213$) se rencontrent surtout sur les petits affluents (**ANNEXE 7**). Cette observation est bien visible sur les bassins inventoriés presque dans leur entier, comme c'est le cas sur les Usses et le Giffre. Sur ces deux bassins, où la pression de prospection est similaire, la comparaison du degré d'anthropisation montre également que le bassin des Usses est anthropisé de manière plus homogène ($I_{Dmoy}=16,8$; $I_{Dméd}=16,1$) que celui du Giffre ($I_{Dmoy}=32,0$; $I_{Dméd}=19,0$) avec cependant une infériorité dans la pression d'anthropique en ce qui concerne les Usses.

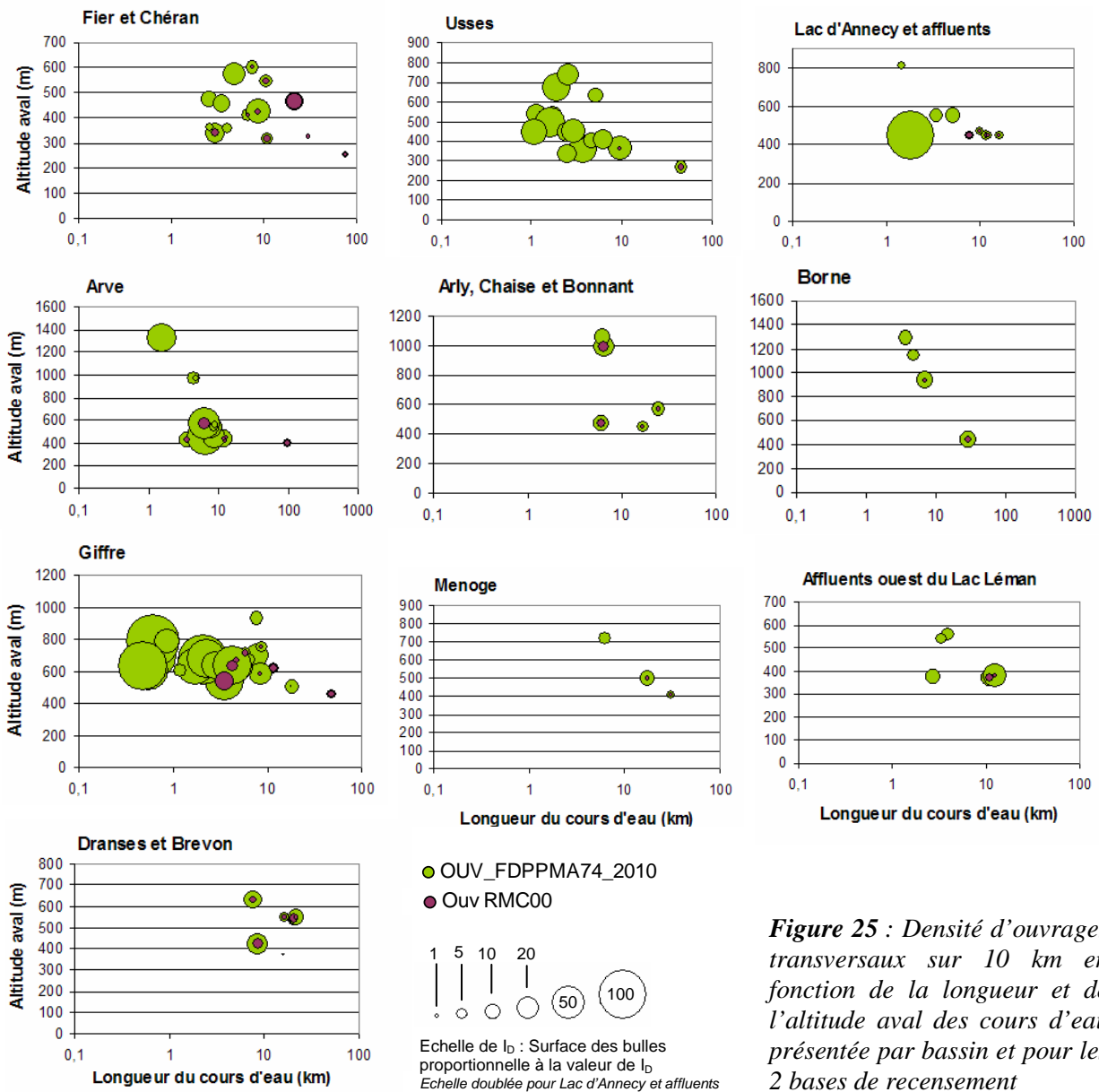


Figure 25 : Densité d'ouvrages transversaux sur 10 km en fonction de la longueur et de l'altitude aval des cours d'eau présentée par bassin et pour les 2 bases de recensement

L'artificialisation du profil en long, caractérisée par le taux d'étagement, semble évoluer de manière inverse à la pente des cours d'eau (**Figure 26**). En effet, plus les cours d'eau sont pentus, plus le taux d'étagement est faible. La courbe de tendance qui correspond le plus à la distribution des points (malgré un coefficient de corrélation faible $R^2=0,2797$) est de type logarithmique. La majeure partie des cours d'eau de la zone d'étude se caractérise par une pente naturelle supérieure à 5 et par un taux d'étagement faible (inférieur à 5%).

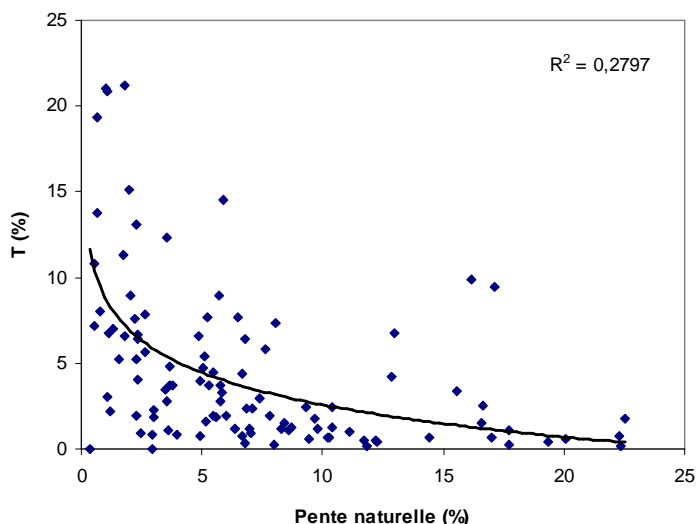


Figure 26 : Taux d'étagement en fonction de la pente naturelle des cours d'eau

7.5. Evaluation de la fragmentation des milieux

Parmi les 1426 ouvrages existants de la base OUV_FDPPMA74_2010 la notation sur avis d'expert en a défini 620 comme infranchissables (classe 4 et 5, **Figure 27**) pour la Truite commune et 800 pour le Chabot. La comparaison avec les effectifs d'obstacles considérés comme infranchissables à partir de la base OuvRMC00, montre que cette dernière ignorait 80 % (soit 508 au total sur les classes 4 et 5) des ouvrages infranchissables actuellement connus pour la truite.

Or, la base OuvRMC00, basée sur les données du SDVP et initialement constituée pour identifier les obstacles piscicoles, avait pour objectif de recenser en majorité ces ouvrages. Nous constatons malgré tout une nette sous-estimation de la fragmentation de l'habitat piscicole.

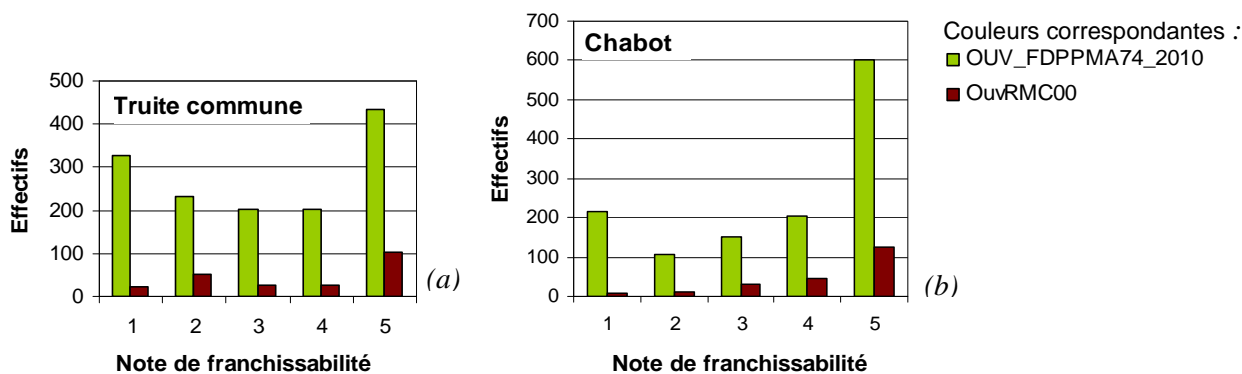


Figure 27 : Répartition des ouvrages recensés suivant les 5 classes de franchissabilité pour *Salmo trutta* (a) et *Cottus gobio* (b)

Les ouvrages infranchissables se répartissent sur l'ensemble du réseau hydrographique (**Figure 28**) sans présenter de géodistribution spécifique.

Légende

- Ouvrage transversal
- Ouvrage transversal considéré comme infranchissable
- Ouvrage transversal muni d'un dispositif de franchissement piscicole
- Niveau 3 d'information du recensement des ouvrages transversaux
- Limites de bassins versants

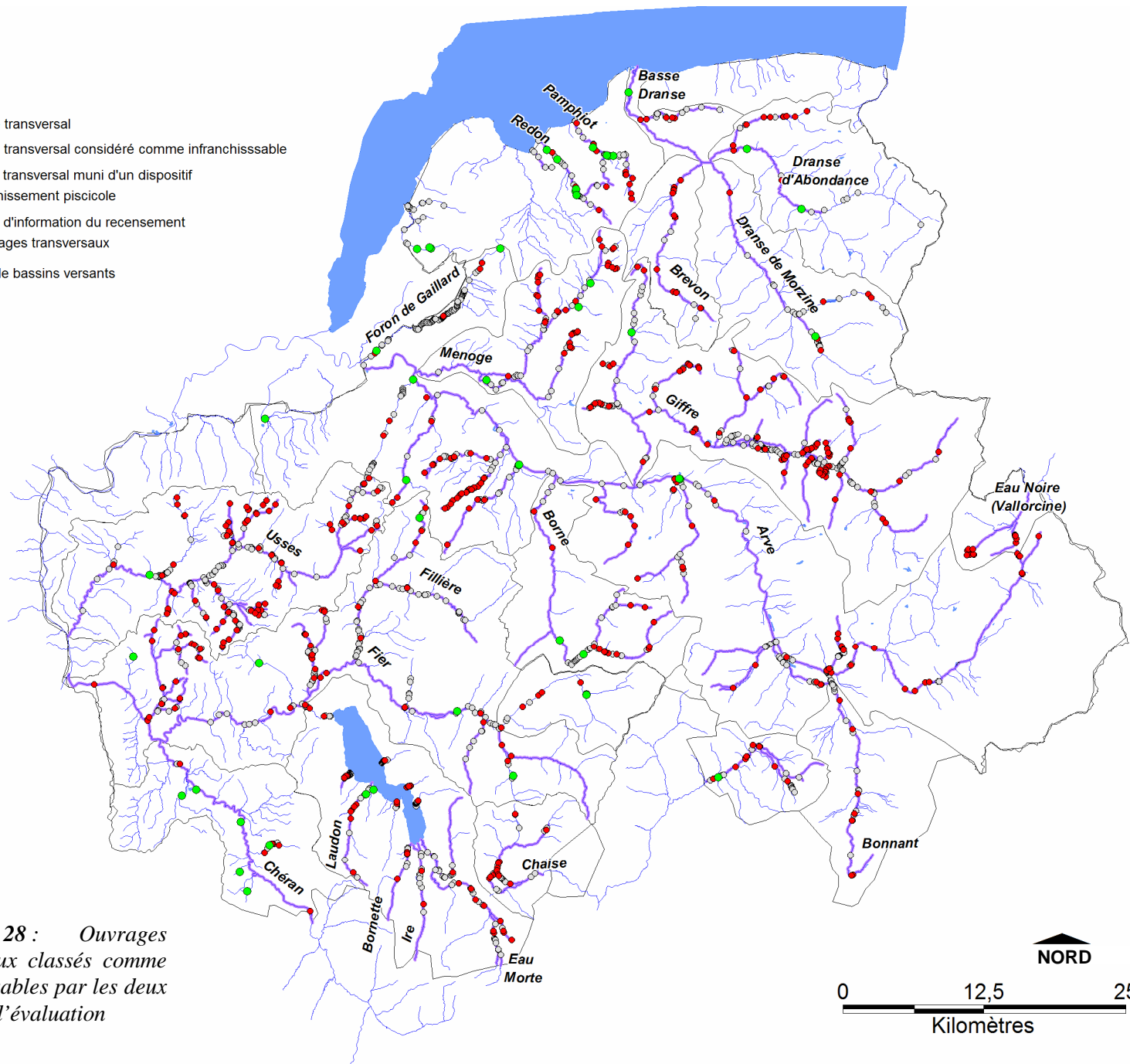


Figure 28 : Ouvrages transversaux classés comme infranchissables par les deux méthodes d'évaluation

7.6. Notation de la franchissabilité : comparaison de la notation « sur avis d'expert » avec celle sur « critères physiques »

La densité d'obstacles artificiels infranchissables est fonction de l'espèce piscicole ciblée puisque le critère d'infranchissabilité prend en considération ses capacités de nage, de résistance et éventuellement de saut. Ainsi les densités d'ouvrages infranchissables sur 10 km (I_F) ont été calculées à partir des notes de franchissabilité sur avis d'expert pour 4 espèces ou groupe d'espèces (truite fario, ombre commun, chabot-petites espèces benthiques et cyprinidés d'eaux vives) et sur critères physiques pour 2 espèces dont nous disposons de données bibliographiques (truite fario et ombre commun) (**Figure 29**). La fragmentation moyenne (calculée à partir des notes sur avis d'expert) sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie s'élève à 9 ouvrages sur 10 km pour la truite et jusqu'à 12 pour le chabot beaucoup moins compétitif sur le franchissement des ouvrages. La majorité des ouvrages recensés peuvent lui poser des problèmes de circulation puisque presque 90% d'entre eux présentent une hauteur de chute supérieure à 20 cm. Les zones à ombre commun et à cyprinidés d'eaux vives montrent une fragmentation inférieure de l'ordre de 2 obstacles artificiels sur 10 km puisqu'elles concernent surtout les bas des cours d'eau principaux où peu d'ouvrages transversaux sont recensés. La moyenne des I_F calculés à partir des ouvrages définis infranchissables avec la notation « critères physiques » s'élève à 13 obstacles sur 10 km pour la truite et à environ 5 pour l'ombre. La comparaison de ces valeurs avec celles

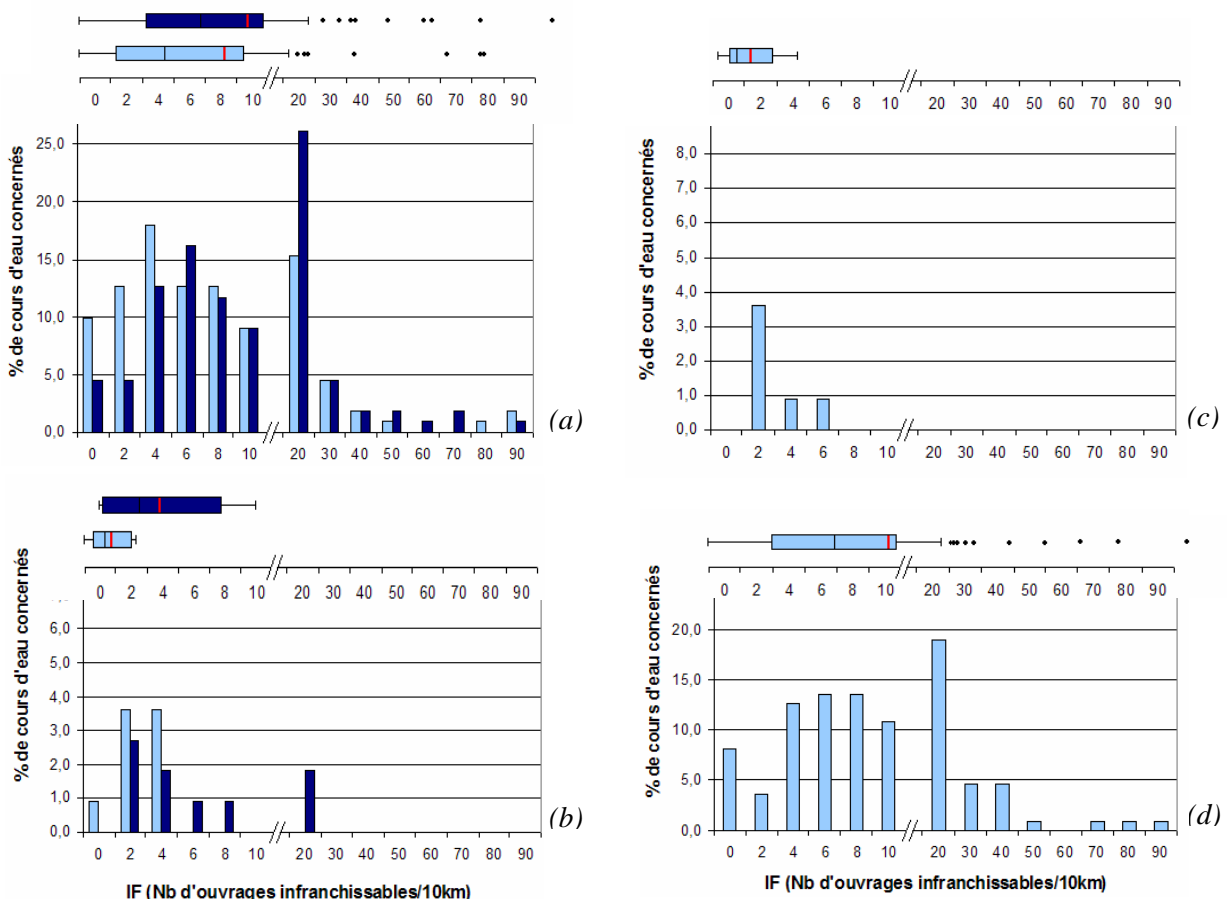


Figure 29 : Indices de fragmentation (I_F) des cours d'eau de Haute-Savoie pour (a) la Truite commune, (b) l'Ombre commun, (c) les cyprinidés d'eaux vives et (d) le Chabot calculés à partir des notes de franchissabilité établies par

■ Expert
■ Critères physiques

calculées à partir des notes « sur avis d'expert » montre que la différence de jugement est plus élevée pour l'ombre que pour la truite. Il semble que l'ombre commun soit moins connu et donc jugé différemment par les experts que la truite commune sur laquelle de nombreuses études sont parues.

La confrontation des deux méthodes de définition du caractère infranchissable des ouvrages (avis d'expert / caractéristiques physiques) montre un pourcentage de similitude des notes égal à 66% (sur 1337 ouvrages) pour la truite alors qu'il n'est que de 42% (sur 31 ouvrages) pour l'ombre (**Tableau VIII**). Cependant la différence entre les deux notations est significative à 0,001 au test de khi2.

Tout l'intérêt de la comparaison porte sur la plus forte des deux valeurs de dissemblances. Pour l'ombre comme pour la truite, les plus fortes dissemblances dans le jugement correspondent à des ouvrages classés comme franchissables par avis d'expert s'avèrent infranchissables sur la base de critères physiques, avec des différences respectives de 53,8% et 26,2%.

Tableau IX : Résultats croisés de la comparaison des deux méthodes de notations

		Truite commune		Ombre commun	
		Critères physiques (%)		Critères physiques (%)	
		0	5	0	5
Critères d'expert (%)	0	20,9	26,2	3,8	53,8
	5	7,7	45,2	3,8	38,5

L'étude plus précise de l'ensemble d'ouvrages pour lesquels nous obtenons des jugements opposés sont en majorité (60%) des seuils en enrochements libres (**Figure 30**) mesurant plus de 8 m de long (distance seuil pour le franchissement de la truite, **Tableau IV** p 17).

Pour la suite, les ouvrages considérés comme infranchissables seront ceux reconnus par les deux méthodes de notation de la franchissabilité (avis d'expert et critères physiques).

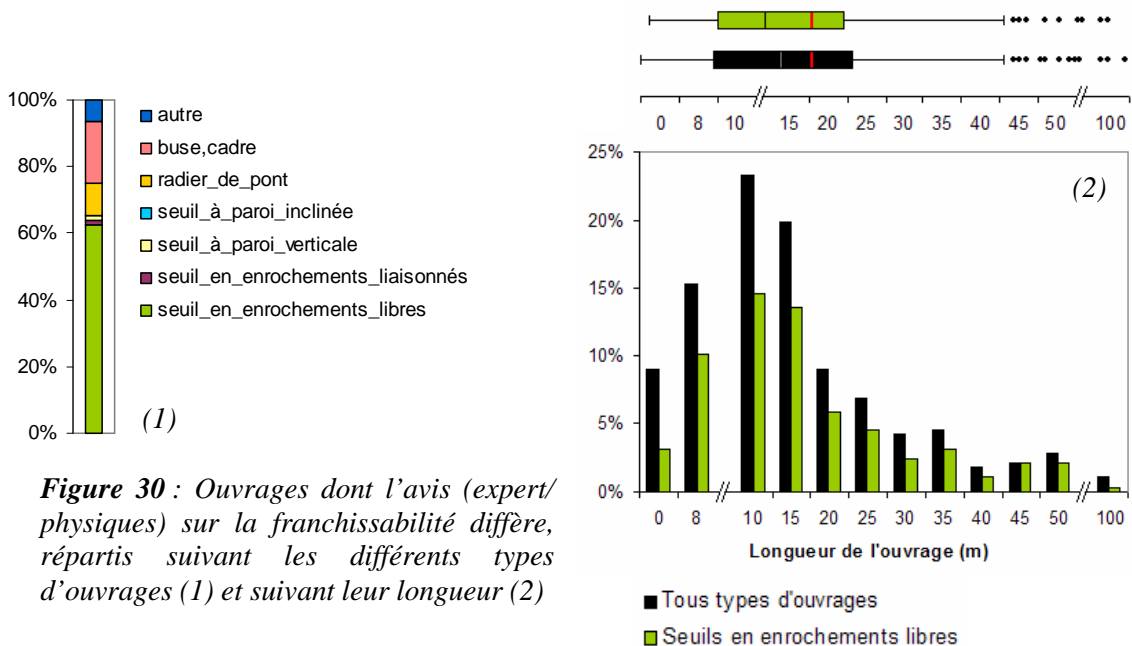


Figure 30 : Ouvrages dont l'avis (expert/physiques) sur la franchissabilité diffère, répartis suivant les différents types d'ouvrages (1) et suivant leur longueur (2)

7.7. Confrontation des données biologiques avec les données ouvrages transversaux

A peine 9% des ouvrages infranchissables engendrent un déficit d'espèces entre l'amont et l'aval. Parmi ceux là, 44% montrent une différence d'une seule espèce piscicole entre l'amont et l'aval et 40% une différence de deux espèces (**Figure 31**). Ces situations de déficit d'espèces sont également observables sans la présence d'ouvrages artificiels. Les aires de répartition des espèces piscicoles ne semblent donc pas se calquer seulement sur celle des ouvrages transversaux. Cependant sur certains secteurs, sans pour autant bloquer net la répartition des poissons, les obstacles peuvent impacter fortement les effectifs des populations en présence.

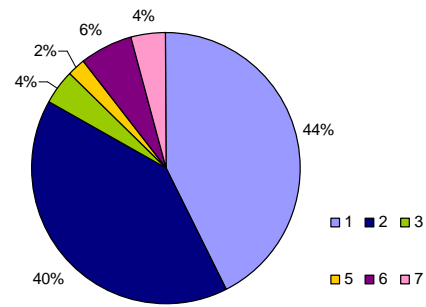


Figure 31 : Proportions des déficits d'espèces (quand constatés) causés par les ouvrages infranchissables

10% des ouvrages infranchissables sont localisés dans les zones de présence des différentes populations de la truite autochtone (**Figure 32**). Cependant seuls dans de rare cas (Fier-Fillière, Dranse de Montriond) ils limitent leur aire de répartition. Les populations du Fier-Fillière, des Ussets et de la Chaise sont les plus impactées en termes de fragmentation artificielle (**Figure 33**).

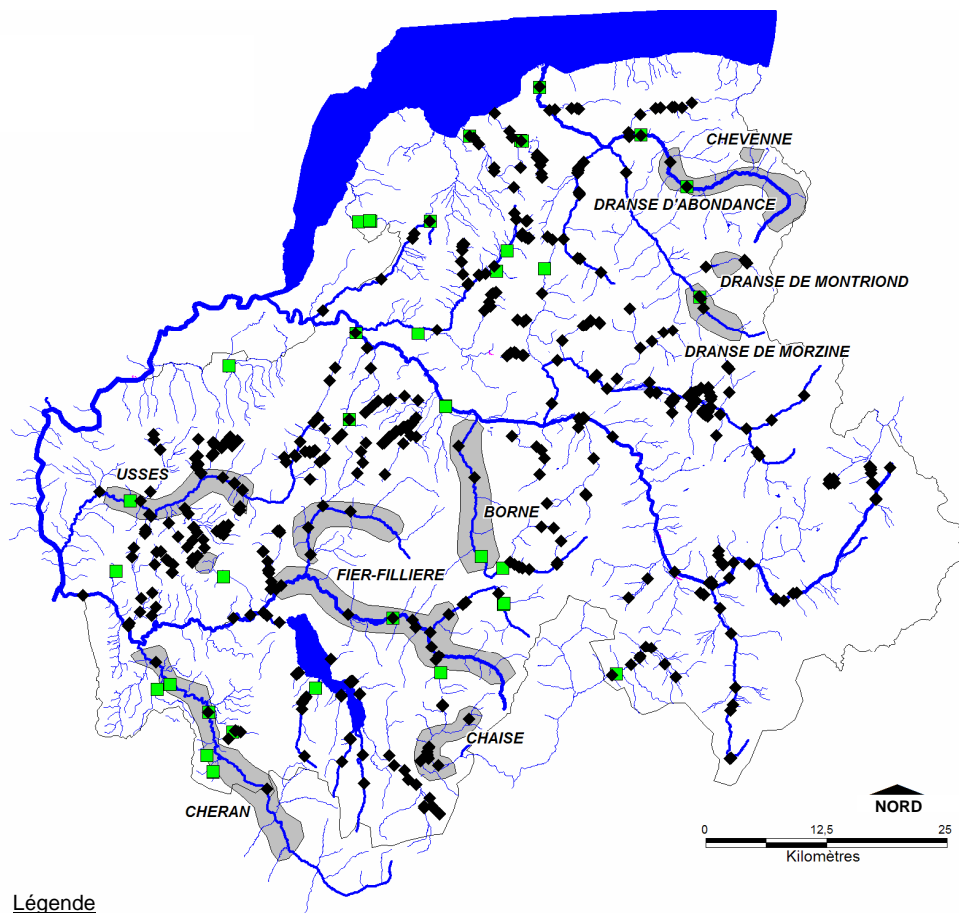


Figure 32 : Répartition et fragmentation des populations de la truite méditerranéenne en Haute-Savoie

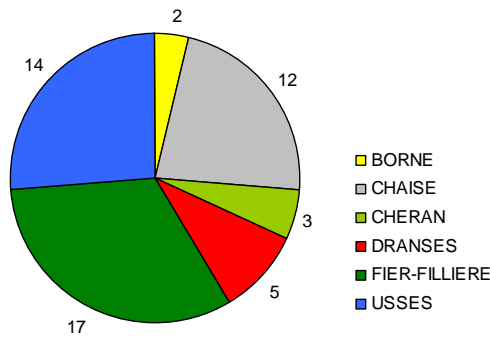


Figure 33 : Ouvrages infranchissables présents à l'intérieur de l'aire de répartition d'une population de truite méditerranéenne

7.8. Hiérarchisation des ouvrages infranchissables à aménager dans les années à venir

La priorisation s'applique aux ouvrages qui perturbent le plus la continuité écologique c'est-à-dire ceux qui sont infranchissables. L'analyse s'est effectuée uniquement sur ceux classés comme tel par les deux notations (**Figure 28**) afin d'éviter de prendre en compte des obstacles où le jugement de la franchissabilité est litigieux. Ces ouvrages étant au nombre de 547 obstacles (275 seuils et 272 buses et ponts) sur l'ensemble du département, seuls quelques uns ont été examinés pour être hiérarchisés. Ce travail permet de cibler les secteurs d'intérêt ce qui apparaît indispensable puisqu'une première estimation évalue un investissement de 56 M d'€ pour rétablir la continuité piscicole en aménageant tous les obstacles infranchissables.

Sur le bassin de la Menoge, les ouvrages permettant le plus grand gain écologique concernent le cours principal de la Menoge avec notamment celui de Pont de Fillings (74_389) (**Figure 34**) dont le score s'élève presque à 36 (**Figure 35**). Cet ouvrage appartient à la liste provisoire de l'administration (lot 2). La majorité des obstacles sur le Foron de Fillings du fait de leur proximité et de leur position en tête de bassin (**Figures 36 et 37**) n'affichent pas d'importance écologique particulière (valeurs des scores pour la plupart négatives et proches de -5) par rapport à ceux du Brevon de Saxel. Sur ce dernier par contre, l'ouvrage 74_1315 est le seul à avoir un score positif (1,63). Du fait de sa position aval (0,77 km de la confluence) il présente un intérêt à être aménagé ouvrant ainsi un linéaire de 3,6 km (**Figure 37**).



Figure 34 : Seuil du pont de Fillings (74_389)

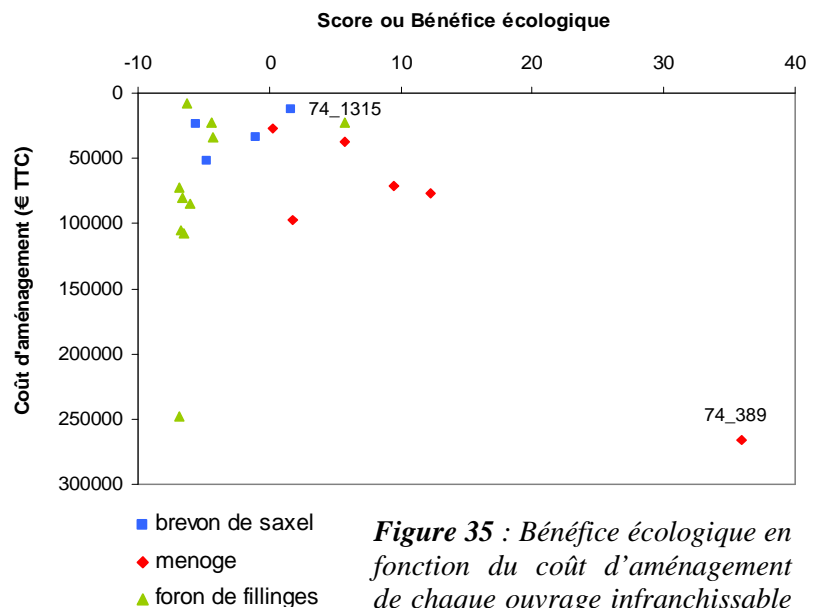


Figure 35 : Bénéfice écologique en fonction du coût d'aménagement de chaque ouvrage infranchissable sur le bassin de la Menoge

Les profils des cours d'eau obtenus à partir de la note d'accessibilité orientent le choix de la zone à aménager. Les obstacles qui forment une marche dans le profil et qui ouvrent une grande distance sont ceux qu'il faut cibler en priorité (**Figure 35**).

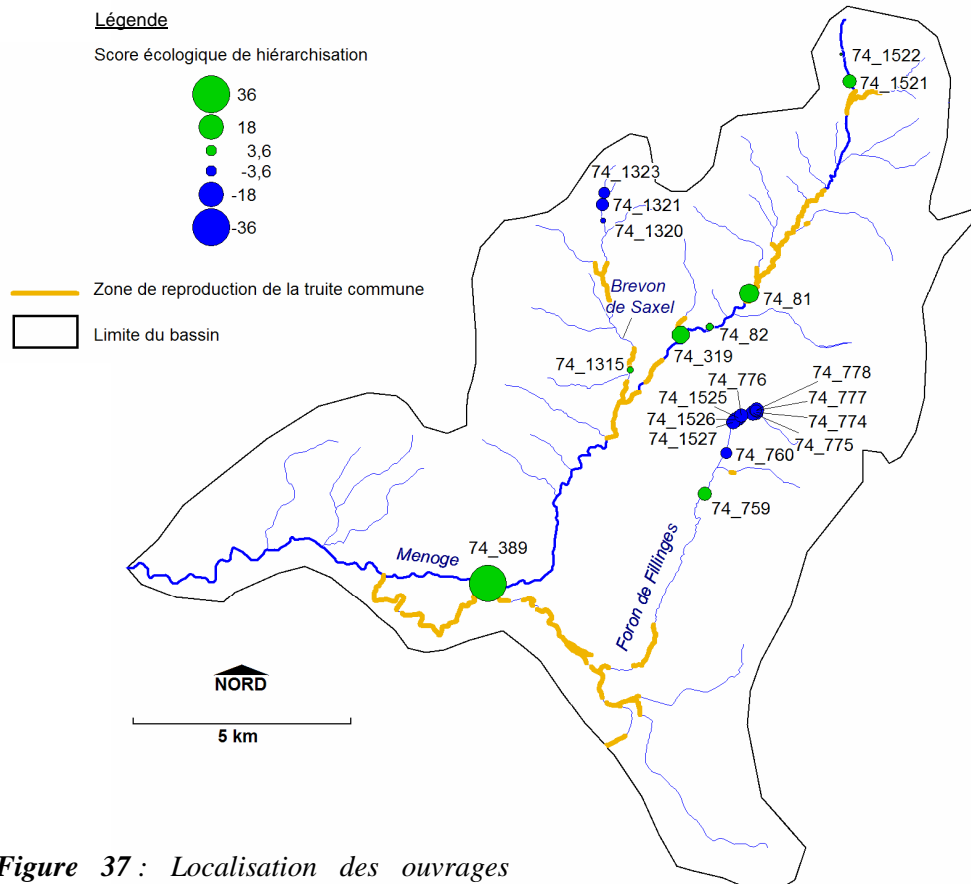
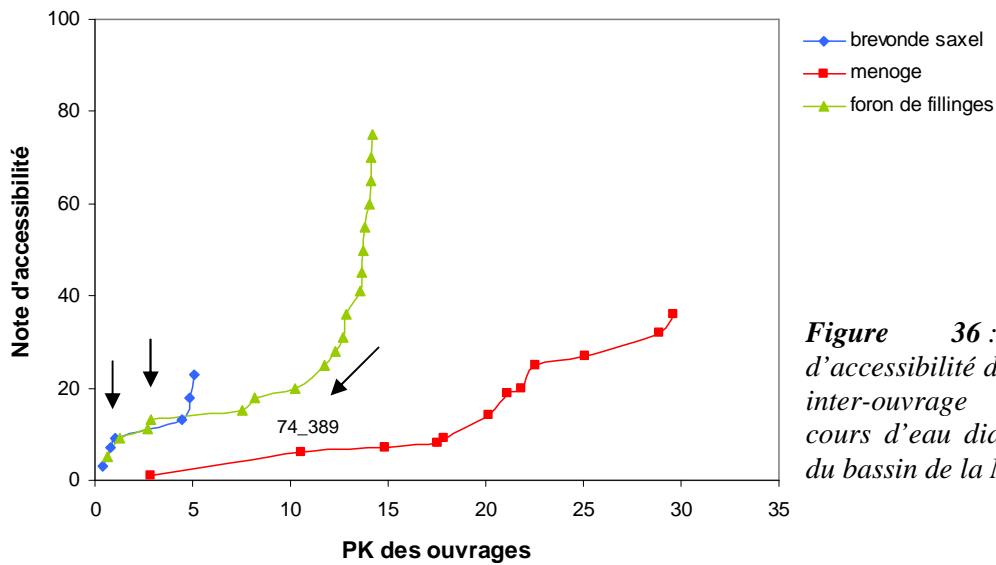
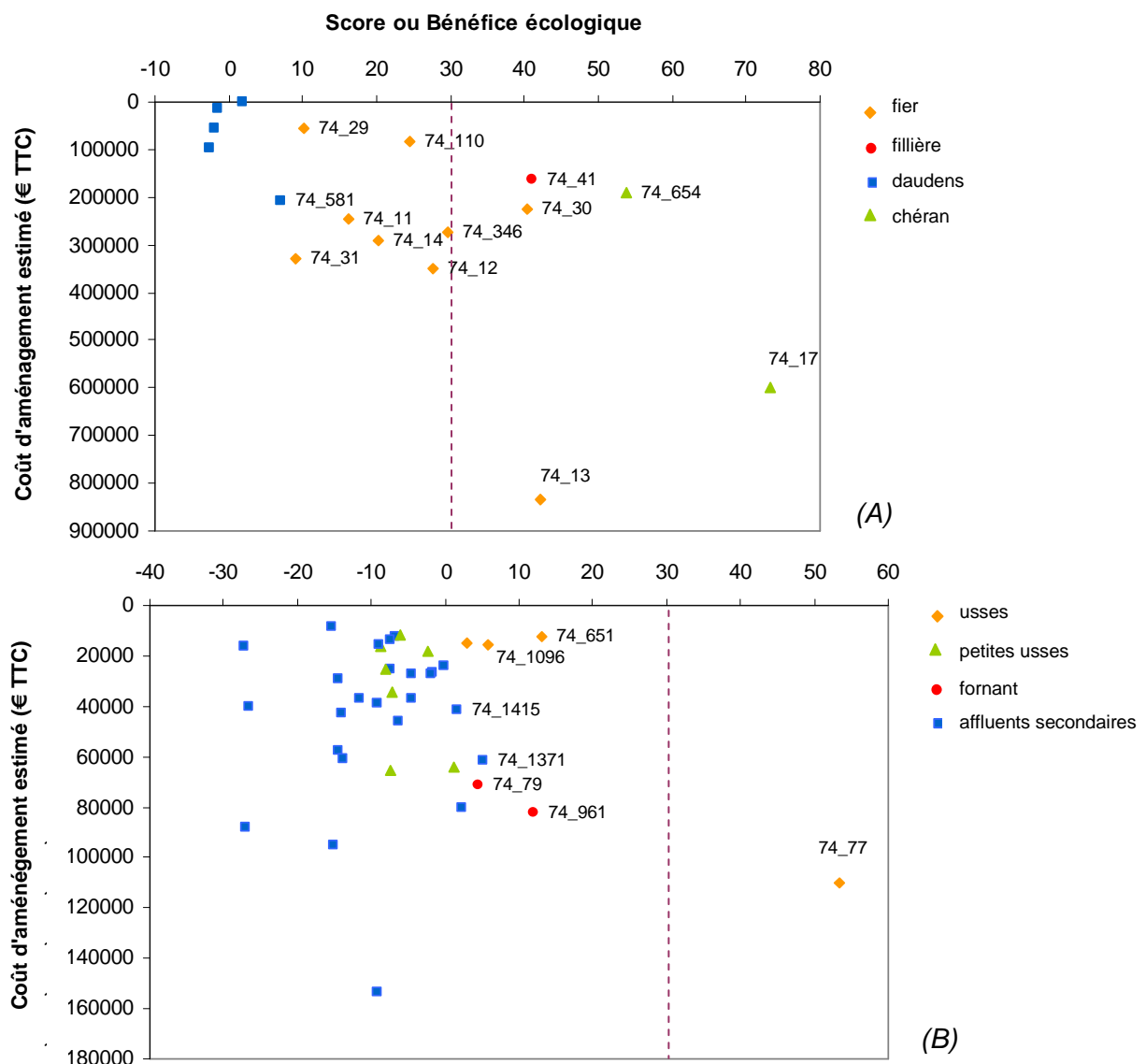


Figure 37 : Localisation des ouvrages infranchissables du bassin de la Menoge présentés suivant la valeur de leur score de hiérarchisation

Seuls quelques ouvrages sur chaque bassin abritant une population de truites autochtones présentent un bénéfice écologique supérieur à 30, valeur qui se détache du reste des nuages de points (*Figure 38 et Tableau IX*). Leur coût estimé d'aménagement peut parfois être considérable notamment pour les ouvrages de production hydroélectrique, c'est-à-dire les barrages de Vallière (Fier), du Jotty (Dranse de Morzine) ou encore du Beffay (Borne). Cependant ces ouvrages (Vallière et Jotty) ne sont pas implantés directement dans une aire de présence d'une population de truite autochtone ce qui pourrait les placer à un rang secondaire dans les priorités d'aménagement. A l'inverse, les seuils 74_41 (aval Fillière), 74_654 (aval Chéran) et 74_77 (Usses) sont les premiers ouvrages infranchissables recensés sur leur rivière respective et leur coût d'investissement plus faible pourraient les placer en première priorité d'aménagement.



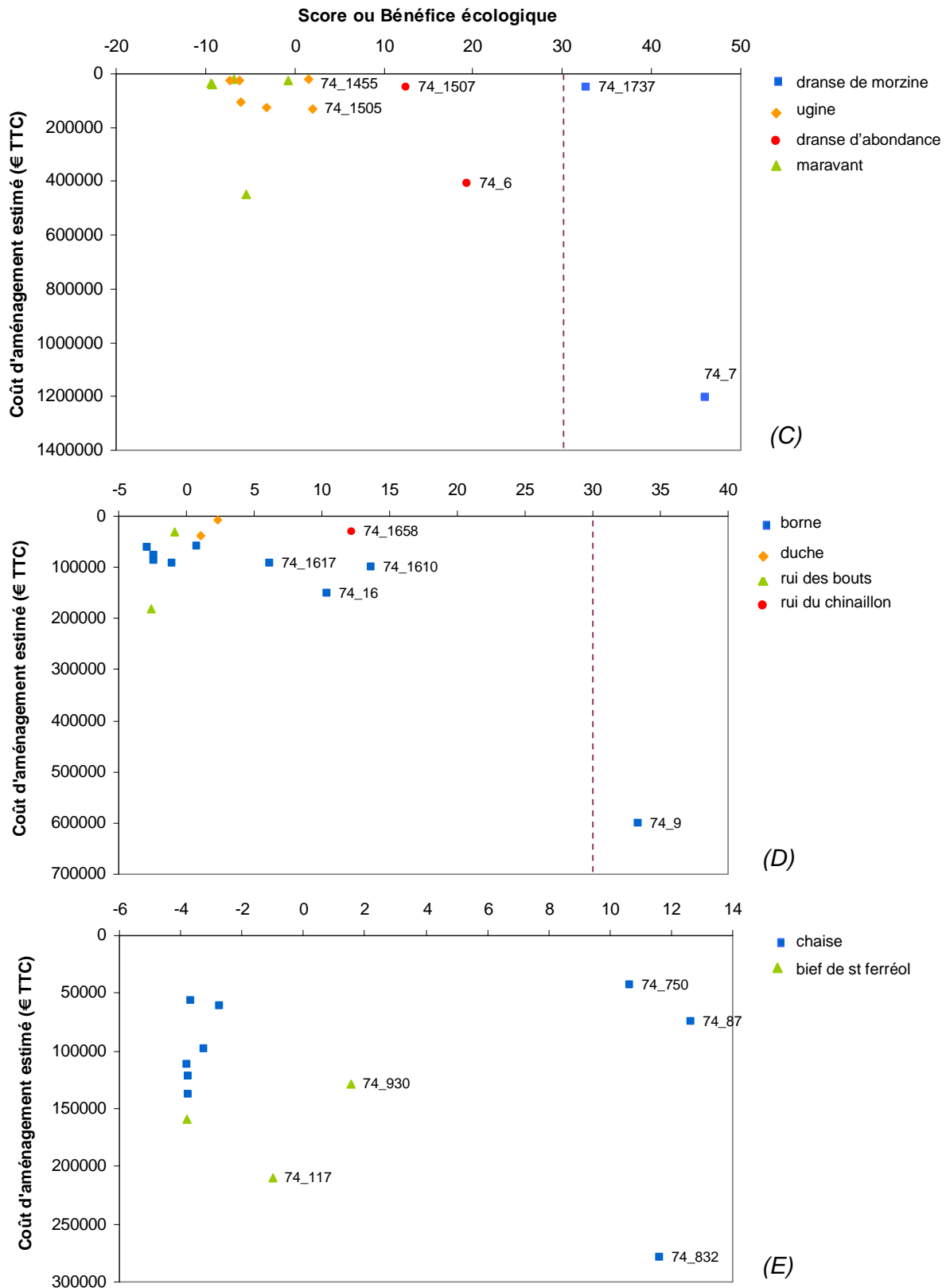










Figure 38 : Bénéfice écologique en fonction du coût d'aménagement estimé des ouvrages infranchissables sur les bassins où une population de truite fario de souche méditerranéenne est présente. (A) Fier-Fillière-Chéran ; (B) Usses ; (C) Dranses ; (D) Borne ; (E) Chaise.

Tableau X : Planche des photographies des ouvrages infranchissables ayant score écologique de hiérarchisation supérieur à 30

Bassin	Ouvrages Infranchissables		
Chéran			
	N°OUV_FDPPMA74_2010	74_654	74_17
	Nom de l'ouvrage	barrage de la prise d'eau des tanneries - STEP rumilly	seuil prise d'eau - pont des banges
Fier			
	N°OUV_FDPPMA74_2010	74_13	74_30
	Nom de l'ouvrage	barrage de vallière	barrage de clechet
Fillière - Usses			
	N°OUV_FDPPMA74_2010	74_41	74_77
	Nom de l'ouvrage	barrage confluent crenant - ancien moulin	barrage prise d'eau - les clux
Dranse de Morzine			
	N°OUV_FDPPMA74_2010	74_7	74_1737
	Nom de l'ouvrage	barrage du jotty	seuil du pont - les grangettes

Ouvrage implanté dans l'aire de répartition d'une population de truite fario autochtone

Les obstacles déjà équipés de passes à poissons montrent un score élevé (>10) pour la plupart (**Figure 39**). L'investissement sur l'ouvrage transversal 74_10 (localisé sur le bas de l'Arve) se révèle très bénéfique (score de 80) pour le milieu du fait qu'il a permis l'ouverture d'un long linéaire amont. Les ouvrages prioritaires sélectionnés par la DREAL et l'ONEMA affichent des scores inférieurs à 20 pour la majorité et des coûts estimés très variables.

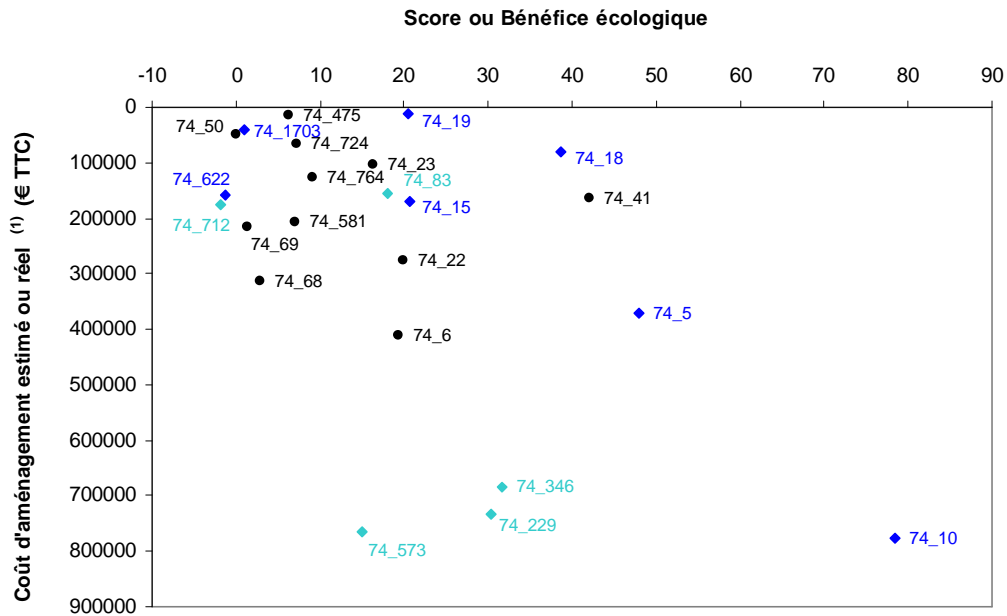


Figure 39 : Bénéfices écologiques en fonction des coûts d'aménagement estimés des ouvrages listés par la DREAL et l'ONEMA (disques noir) et ceux déjà équipés d'un dispositif de franchissement (losanges bleu clair ou foncé) ; ⁽¹⁾ Les losanges bleu foncé sont associés à des coûts réels.

8. Discussion

Comparaison de la base constituée sur dires d'expert (OuvRMC00) et de la base issue de prospections exhaustives de terrain (OUV_FDPPMA74_2010)

Après les deux campagnes de recensement des ouvrages transversaux (2009 et 2010), la base OUV_FDPPMA74_2010 semble représenter un outil de travail fiable permettant de connaître l'artificialisation et la fragmentation artificielle sur 39% des rivières haut-savoyardes (dont toutes les principales avec leurs affluents majeurs) prospectés de manière exhaustive. Sur ce linéaire, le travail effectué a permis d'identifier 508 ouvrages infranchissables (80%) supplémentaires par rapport à la base initiale OuvRMC00. Cette dernière se montre donc très limitée sur le plan de son exhaustivité (15%). La fragmentation artificielle aurait largement été sous évaluée en reposant uniquement sur cet atlas d'ouvrages. Pour remédier d'une part, aux problèmes de localisation approximative des ouvrages placés sur carte par dires d'expert et à la perte de temps souvent associée à leur recherche sur le terrain, et d'autre part, l'occultation de la présence des obstacles naturels présents sur le linéaire, la méthodologie du recensement des ouvrages transversaux a évolué avec l'ajout d'une étape de pointage exhaustif des ouvrages à mesurer. Le parcours de l'intégralité du linéaire jusqu'à la limite piscicole amont ou son caractère temporaire amont (références IGN) apporte un réel gain de temps : cette prospection préalable évite de se rendre sur les lieux d'ouvrages détruits ou parfois mal référencés. Au moment de la visite terrain, la localisation des ouvrages à mesurer est facilitée par les informations précises : coordonnées GPS, lieu dit, et accès. La dissociation des deux étapes (recensement des ouvrages et caractérisation physique) a permis de doubler l'efficacité de la prospection (1036 ouvrages mesurés en 2010 contre 513 en 2009). De plus, l'inventaire exhaustif semble indispensable pour connaître la structuration du milieu et pour entreprendre et choisir des actions de gestion comme par exemple l'aménagement d'un ouvrage prioritaire (WDFW, 2009 ; Kemp & O'Hanley, 2010).

La pression de prospection inéquitable sur l'ensemble du département apporte une hétérogénéité sur le niveau d'information de recensement entre certains bassins. Pour une éventuelle continuité de la base OUV_FDPPMA74_20XX, une mise au « diapason » du degré d'information sur chaque bassin serait à envisager. Même si une meilleure connaissance de la fragmentation des rivières est souhaitable pour pouvoir entreprendre des décisions de gestion logiques et judicieuses, il n'est pas nécessaire de travailler sur la totalité des 1660 km du réseau hydrographique où les informations de recensement des ouvrages transversaux sont imprécises puisque certains cours d'eau comme par exemple ceux de haute-montagne ne montrent pas de grands enjeux piscicoles.

Evaluation des différents indices caractérisant l'anthropisation et la fragmentation des cours d'eau Haut-Savoyard

Les différents indices calculés (I_D et I_F) permettent une évaluation rapide et comparative de l'anthropisation et la fragmentation des cours d'eau. Ils donnent une première idée globale du degré de l'artificialisation.

La moyenne départementale de l'indice de densité (I_D) permet de faire une extrapolation d'un nombre d'ouvrages transversaux à une échelle donnée. Ainsi sur l'ensemble du réseau hydrographique piscicole de Haute-Savoie, environ 2900 ouvrages

seraient à dénombrer dont environ 1450 restants à caractériser et à l'échelle de la région Rhône-Alpes (réseau long de 75000 km (BD Carthage)) 80000 d'ouvrages seraient présents. Cette extrapolation suppose que les 8 départements de la région montrent des cours d'eau avec un même degré moyen d'anthropisation et des caractéristiques similaires que ceux de la Haute-Savoie. Cette seule valeur régionale dépasse largement celle estimée par les services de l'état qui est de 60000 ouvrages pour la France entière. Les problématiques de la fragmentation des milieux et de la continuité écologique apparaissent encore mal connues à l'échelle locale et nationale.

L'indice de densité globalise sur la totalité de la rivière un nombre d'ouvrages qui se cantonne parfois à un secteur précis comme par exemple l'aval de la Valentine (bassin du Giffre). Pour avoir une analyse plus fine notamment sur les grands cours d'eau comme l'Arve ou le Fier qui présentent des faciès très différents entre l'amont et l'aval, une découpe en tronçons homogènes (sur des critères de pente, de géologie, ou d'occupation des sols par exemple) apporterait une image plus juste et/ou plus fine de l'anthropisation.

Le taux d'étagement est très influencé par la pente naturelle : les valeurs sont faibles sur les cours d'eau pentus et inversement pour les cours d'eau de plaine. De manière générale, les valeurs haut-savoyardes sont 4 fois moins élevées que celles du bassin de Loire-Bretagne où l'indice a été mis en place. Il semble que la pondération du dénivelé naturel par rapport à la somme des chutes artificielles ait été mal évaluée pour une utilisation plus générale du taux d'étagement. Il serait peut être possible d'accentuer le poids de la chute artificielle totale avec un facteur correctif variant suivant l'écorégion analysée.

La note d'accessibilité n'est pas significative en elle-même puisqu'elle est très dépendante de la longueur et du nombre d'obstacles présents sur le cours d'eau. En ceci la comparaison inter-rivière n'est valable que pour des objets de même longueur. L'allure du profil résultant de cette notation apporte un plus au moment de la hiérarchisation des ouvrages. Elle met en évidence les secteurs les plus contraints (grandes ruptures sur la courbe).

Note de franchissabilité donnée par des experts VS celle basée sur les variables physiques

La note de franchissabilité sur des variables physiques et descriptives des ouvrages se veut objective, reproductible sans biais et homogène sur l'ensemble des données récoltées. Elle est établie à partir de données bibliographiques principalement européennes (Ovidio *et al.* 2007, 2009 et Larinier, 1992) afin modéliser au mieux les capacités de franchissement des individus locaux. Il serait possible d'améliorer la justesse des seuils utilisés en récoltant des données propres aux individus locaux par l'intermédiaire d'études de radiopistage sur les 2 espèces ciblées (truite et ombre). Cette méthode de notation ne peut cependant pas s'appliquer à des ouvrages trop complexes puisqu'elle est basée uniquement sur le principe de seuils discriminant une variable donnée et pour un schéma simple de chute (vertical ou incliné). Les successions et les ouvrages longs (supérieurs à 8 m) sont mal appréhendés par cette méthode qui ne tient nullement compte par exemple de la disposition des blocs sur une rampe en enrochements libres, des voies de passage annexes sur un côté du lit mineur ou encore des zones de repos au sein de l'ouvrage. Or dans la seconde approche, les experts prennent en considération toutes ces spécificités en plus des variables physiques qui sont connues et qui aident à la définition de la note. Cette notation est plus flexible et peut fluctuer selon l'agent

qui l'applique (expérience et/ou ressenti différents) et les conditions hydrauliques d'observation.

L'évaluation de la franchissabilité de la truite commune est significativement différente ($k_{hi2}=0,001$) entre l'une ou l'autre méthode de notation (sur avis d'expert ou sur critères physiques) mais cependant plus de 60% des notes décisionnelles sont équivalentes.

Pour affiner l'évaluation de la franchissabilité des ouvrages, une pondération des deux méthodes pourrait être envisagée, peut être en confrontation avec les résultats prochainement obtenus avec la méthode ICE mise en place par l'ONEMA qui se montre beaucoup plus détaillée. Dans l'immédiat, un complément d'informations (présence de zones de repos ou de voies annexes à écoulement plus calme) pourrait être apporté à la fiche de renseignements des ouvrages transversaux.

Confrontation et conséquences de la fragmentation sur les peuplements piscicoles

L'analyse de la fragmentation de la répartition des différents peuplements de poissons est uniquement basée sur des données de présence ou absence des espèces ; elle ne prend pas en compte les effectifs de chacune qui peuvent aussi être impactés par les barrières artificielles. D'après les résultats, la distribution piscicole départementale ne résulte pas de celle des ouvrages transversaux. Ce constat peut s'expliquer d'une part par la présence postérieure des peuplements piscicoles par rapport à celle des obstacles et d'autre part par l'alimentation régulière des stocks par les repeuplements.

Il n'existe pas de données de pêches électriques entre chaque ouvrage qualifié d'infranchissable. Aussi l'analyse réalisée pourrait être complétée et perfectionnée en resserrant le pas des distances entre les points de pêches déjà existants. En plus de l'affinage de l'atlas de présence des espèces, des données génétiques apporteraient (sur d'autres espèces que la truite autochtone) des informations plus précises sur la répartition des populations ce qui permettrait une meilleure évaluation des conséquences de la fragmentation anthropique et/ou naturelle sur les rivières de Haute-Savoie.

Les souches de truite autochtone du Fier - Fillière et des Usses sont les plus impactées en termes de quantité d'ouvrages infranchissables dans leur aire de répartition. Des analyses complémentaires permettraient de s'assurer que ces populations ne sont pas divisées en sous-populations d'effectifs trop faibles.

Les diagnostics de fragmentation sont surtout établis sur les grandes rivières alors que le cas des tributaires est souvent oublié. Pourtant ces derniers sont susceptibles d'être remontés par les géniteurs lors de la période de la reproduction (Ovidio, 1999). De plus du fait de leur petite taille, ces cours d'eau ne sont pas ou peu protégés de l'installation des ouvrages artificiels en particuliers ceux destinés au franchissement routier. L'*ANNEXE 8* montre la forte fragmentation des cours d'eau de tête de bassin sur le département. De nombreuses buses et ponceaux, bien souvent mal positionnés, se retrouvent perchés engendrant de grands préjudices sur le déplacement des géniteurs (Gibson *et al.*, 2005 ; Park *et al.* 2008). Ainsi il semble important sur les secteurs d'intérêt de poursuivre l'inventaire des ouvrages transversaux qui pourrait orienter des décisions de gestion comme par exemple : préférer la

reconnexion de zone de fraie susceptible de rendre une population viable plutôt qu'un repeuplement annuel.

De nombreuses études analysent la fragmentation des milieux chez les salmonidés (Neraas & Spruell, 2001 ; Morita & Yamamoto, 2002) et les espèces migratrices (Chanseau *et al.*, 1999 ; Jager *et al.*, 2001) car elles appartiennent aux espèces d'intérêt et qu'elles sont impactées à une plus grande échelle : long linéaire de cours d'eau remonté ou changement de milieux. Cependant d'autres poissons moins populaires dans la littérature (petites espèces benthiques ou encore cyprinidés d'eaux vives pour ceux qui nous concernent) effectuent également des déplacements même s'ils se font sur des distances beaucoup plus courtes, par exemple de l'ordre de la centaine de mètres pour le barbeau *Barbus barbus* (Ovidio & Philippart, 2002) alors que la truite peut bouger sur des dizaines de kilomètres (Ovidio *et al.*, 1998). Il est important au moment d'un aménagement de prendre en considération toutes les espèces présentes afin de ne pas en sélectionner une plutôt qu'une autre.

Sur le court terme, le devenir vital d'une population isolée peut être compromis par la fragmentation car elle empêche ou perturbe la recolonisation après une pollution, un événement climatique ou hydrologique. Sur le long terme, c'est la diversité génétique qui se trouve la plus impactée. Les ouvrages construits par l'homme structurent les populations (Heggenes & Røed, 2006 ; Meldgaard *et al.* 2003) et différencient les habitats piscicoles à l'échelle spatiale et temporelle.

Un premier essai de hiérarchisation encourageant

Il n'existe pas de méthode standard de hiérarchisation : celle élaborée dans la présente étude cible l'intérêt écologique (gain sur l'habitat attendu) de l'aménagement d'un ouvrage transversal qui est ensuite confronté à son coût d'aménagement estimé. Cependant d'autres approches (Bowman *et al.*, 2002 ; Graf *et al.*, 2002 ; MDNR, 2004) considèrent de nombreux critères supplémentaires se référant à diverses thématiques (flux physique, question sociale et de sécurité publique, enjeux économiques...) ou utilisent des méthodes de priorisation plus mathématiques que celle de « scorind-and-rankind ». Par exemple, l'approche qualifiée de « Optimisation » considère la configuration spatiale du réseau hydrographique ce qui permet ainsi d'évaluer l'effet cumulé des ouvrages et de maximiser les gains de restauration (O'Hanley & Tomberlin, 2005 ; Kempt & O'Hanley, 2010). Dans une autre mesure, la méthode dite « GIS » peut prévoir et pondérer les gains résultant de différents scénarios d'aménagement ou de l'équipement de différents ouvrages (Kempt & O'Hanley, 2010). Notre objectif étant d'aider à la prise de décisions pour l'équipement des ouvrages transversaux, l'essai de priorisation devait être simple de compréhension et d'utilisation.

Cette première approche de hiérarchisation demanderait à être améliorée par exemple en ajoutant les obstacles naturels dans l'indice de fragmentation (I_F) ou encore en affinant l'estimation du coût d'aménagement (prise en considération de la largeur du cours d'eau). La confrontation avec d'autres approches pourraient aussi apporter des compléments avantageux.

Dans notre essai de priorisation, l'éventualité de reconnexion d'une population native et non native est très pénalisée car non souhaitable sur le court terme. Un aménagement irréfléchi pourrait engendrer la perte irréversible de gènes autochtones (Van Houdt *et al.*, 2005). Cependant cette éventualité peut être réévaluée si le statut des différentes souches de truite autochtone du département venait à évoluer (par exemple chute des effectifs par une

pollution quelconque). En effet, une population réduite par la fragmentation est davantage impactée par le phénomène de dérive génétique et risque donc à long terme de disparaître (Heggenes & Røed, 2006). Cependant lorsqu'il n'y a pas de menaces d'introgression génétique par une population non native, l'augmentation de la connectivité est préconisée pour une population autochtone fragmentée (Neraas & Spruell, 2001 ; Morita & Yamamoto, 2002 ; Caudron *et al.*, 2009) puisqu'elle engendre généralement un bénéfice. De même la connexion de deux populations natives n'est pas favorisée lorsque celles-ci sont bien différenciées et viables toutes les deux afin de conserver la diversité (Rieman *et al.*, 1993 ; Frissel & Bayles, 1996). Cependant dans certains cas, quand l'une d'entre elle présente un statut non viable (allant de vulnérable à critique), une des solutions peut être la reconnexion à la population viable (Heggenes & Røed, 2006). Cette configuration est constatée pour le seuil 74_41 qui sépare les deux populations du Fier et de la Fillière proches génétiquement avec cependant un taux d'introgression différent (12% et 6% respectivement) (Programme INTERREG III A, 2006). L'aménagement de cet ouvrage, déjà proposé par Gaillard en 2009 pourrait permettre à la population de la Fillière de recouvrer un statut viable.

Avec les études sur les migrateurs, la problématique de fragmentation de l'habitat et d'obstacle à l'accès des frayères a émergé (Ruhlé, 1990). Ainsi les zones de reproduction sont systématiquement prises en compte dans la hiérarchisation des ouvrages à aménager. Il y a un peu plus d'une dizaine d'années, ce paramètre apparaissait comme l'un des principaux et pouvait orienter à lui seul la décision de réalisation ou non d'un aménagement. Par exemple, l'aménagement de l'ouvrage 74_389 situé sur la Menoge aval n'ouvrant « pas de nouvelles zones de fraie suffisamment intéressantes » paraissait inutile (Stucky, 1997). Aujourd'hui la littérature montre que d'autres critères comme par exemple la quantité et la qualité de l'habitat reconnecté au sens large (Sheer & Steel, 2006) ou les aspects de génétique des populations (Rieman & Dunham, 2000) sont importants à considérer lors des décisions de gestion ou d'aménagement. Notre essai de hiérarchisation qui évalue ces critères place l'ouvrage 74_389 comme le plus important à aménager sur le bassin de la Menoge. Ce retournement d'opinion en l'espace d'une dizaine d'années est dû à l'acquisition de connaissances dans ce domaine de restauration des milieux et surtout de la prise en considération du bassin dans son ensemble.

9. Conclusion

Les deux années de campagne (2009 et 2010) du recensement d'ouvrages transversaux aboutissent à la création d'une base complète OUV_FDPPMA74_2010 qui peut être utilisée comme un outil fiable dans l'évaluation de la fragmentation artificielle des cours d'eau de Haute-Savoie.

Il a été montré que la base initiale OuvRMC00 sous évaluait fortement la quantité d'obstacles sur le département ce qui risquait d'impacter les choix d'aménagement.

Les résultats (exhaustivité et fiabilité de la base OUV_FDPPMA74_2010 et efficacité de l'étape de caractérisation physique des ouvrages) valident la méthode de recensement des ouvrages transversaux adoptée lors de ces deux années de campagne.

Le travail d'évaluation de la franchissabilité sur critères physiques a mis en évidence certaines limites qui sont par contre appréhendées sur le terrain par les experts. L'utilisation des deux notations semble judicieuse pour définir de manière la plus juste les véritables verrous de migration pour chacune des espèces étudiées.

Aucune relation n'est ressortie de la confrontation de la répartition des espèces piscicoles avec celle des obstacles. Des données supplémentaires de pêche électrique et de génétique des populations pourront apporter des indices sur cette problématique.

Dans un but d'aide à la prise de décision, un essai de hiérarchisation a été établi sur des critères écologiques. Bien que les tests réalisés semblent encourageants, l'application d'autres méthodes de hiérarchisation basées sur des logiques différentes pourraient être intéressantes à envisager.

Maintenant que la base OUV_FDPPMA74_20XX est bien mise en place, sa pérennité demandera des mises à jour régulières avec l'ajout des ouvrages nouvellement créés, la suppression de ceux effacés ou encore la modification des paramètres physiques de ceux qui ont fait l'objet d'aménagement ou de modifications. Cette actualisation permanente permettra de garder une juste appréciation de la fragmentation artificielle des rivières du département.

ANNEXE 1 : Harmonisation des définitions des ouvrages concernés par l'inventaire









Avant de commencer, une nouvelle année de prospection, il a semblé important de bien redéfinir et cibler les objets de l'inventaire. Les mêmes règles de discernement doivent être appliquées sur l'ensemble du département et être pérennisées pour les années suivantes afin d'obtenir un atlas des ouvrages homogène dans le temps et dans l'espace. Cette mise au « diapason » permet également de limiter les biais liés à la multiplicité des observateurs et à la diversité des situations.

L'article R214-109 du Code de l'Environnement définit comme obstacle à la continuité écologique tout ouvrage qui :



- 1) ne permet pas la libre circulation des espèces biologiques, notamment parce qu'il perturbe significativement leur accès aux zones indispensables à leur reproduction, leur croissance, leur alimentation ou leur abri,
- 2) qui empêche le bon déroulement du transport naturel des sédiments,
- 3) qui interrompt les connexions latérales avec les réservoirs biologiques,
- 4) et qui affecte substantiellement l'hydrologie des réservoirs biologiques.

La base mise en place dans la présente étude vise à référencer les ouvrages artificiels transversaux. Est considéré comme tel, tout aménagement réalisé de la main de l'homme dans le lit mineur d'un cours d'eau, implanté sur la totalité ou au moins la moitié de sa largeur qui impacte les flux biologique (faune piscicole) et/ou physique (sédiments) même si ce dernier ne constitue pas un obstacle au sens strict du terme. Les ouvrages intégrés à la base de données sont de manière générale des barrages, des seuils, des ponts, des busages ou des dallages (*Tableau AI*). Cependant avec le temps, certains aménagements anthropiques se sont totalement intégrés dans le milieu grâce au remaniement de la dynamique fluviale ; l'ordre et l'ajustement humain n'étant plus visibles, ces aménagements sont considérés comme effacés et donc non pris en compte. De même certains ponts ou ouvrages routiers ne sont pas intégrés à la base ouvrages transversaux car le fond du lit du cours d'eau apparaît comme naturel et que la largeur de l'ouvrage ne constitue pas un étranglement pour la rivière.

Tableau A1 : Présentation des différents cas d'ouvrages pris en compte ou non dans la base OUV_FDPPMA74_20XX

	Cas légitimes		Cas litigieux	Cas non pris en compte
Conséquences de l'ouvrage sur les flux biologique et/ou physique	pente de l'ouvrage parfois importante, interruption du transit de matériel	réduction de la lame d'eau, augmentation de la vitesse d'écoulement, diminution de la section	ne pose pas de problème pour la continuité piscicole mais modifie le flux sédimentaire et donc altère le profil en long	néant
Flux biologique	interrompu et/ou modifié		néant ou faible	néant
Flux physique	interrompu et/ou modifié		modifié	néant
Type	Barrage à chute verticale	Radier de pont en béton	Dallage de fond	Aucune artificialisation transversale du fond du lit
Usage	Hydroélectricité	Franchissement routier	Franchissement routier + Stabilité du profil en long	Franchissement routier
Illustration de l'exemple				
Type	Seuil en enrochements libres	Buse circulaire en béton	Barre transversale en béton	Seuil effacé, intégré au paysage
Usage	Stabilité du profil en long	Franchissement routier	Franchissement routier	Aucun avéré actuellement
Illustration de l'exemple				

Légende

-  Ouvrages mesurés et intégrés dans la base de données OUV_FDPPMA74_20XX
-  Ouvrages non mesurés et non pris en compte dans la base de données OUV_FDPPMA74_20XX

ANNEXE 2 : Fiche terrain de caractérisation physique des ouvrages transversaux



Fiche de terrain « OUVRAGE »

Code identifiant :

Base AREA oui non

Base FD oui non

ouvrage non répertorié

ouvrage n'existant plus

Photo(s) n°:	Relevé GPS n°:
--------------	----------------

Date : .../.../....	Débit : étiage < module module > module
Rapporteur(s) :	- organisme : <input type="checkbox"/> ONEMA <input type="checkbox"/> Autre(s) :
	- Nom(s):

Cours d'eau :	Nom de l'ouvrage :	Lieu dit :
Département :	Commune :	Rive d'accès : RD RG
Coordonnées (Lambert I II III) :	X :	Y :

Ouvrage Principal	
Buse, cadre	
seuil à paroi verticale	
seuil à paroi inclinée	
seuil enrochements liaisonnés	
seuil enrochements libres	
Barrage à vannes mobiles	
Radier de pont	
Autre :	

Usages actuels	1	2	3
Production hydroélectrique (instal. en état de fonctionner)			
Navigation			
Prise d'eau AEP ou soutien nappe pour AEP			
Pisciculture			
Lutte contre les inondations			
Prise d'eau irrigation			
Stabilité du profil en long (lutte contre l'érosion)			
Franchissement infrastructure (route, rail...)			
Agrément, loisirs			
AUCUN USAGE avéré actuellement			
Autre(s) :			

Présence d'une rehausse : oui non H :

Profondeur de la fosse d'appel m (NP* : non pertinent)	P < 0,5
	0,5 < P < 1,0
	P > 1,0
	NP*

Hauteur de chute mesurée (jour visite) : m
 Hauteur de chute max (étiage ; estimée) : m
 Largeur de l'ouvrage (au point haut) : m estimé mesuré

Commentaire :

Existence de passe(s) à poissons :	0	1	2	Précisions (RG, RD, espèces ciblées) :
Année(s) construction :				
Type(s):				
Efficacité supposée :	Null	Possible	Certaine	
Efficacité vérifiée :	Null	Possible	Certaine	
Entretien :	Ne sait pas	Nul	Rare	Régulier Irrégulier

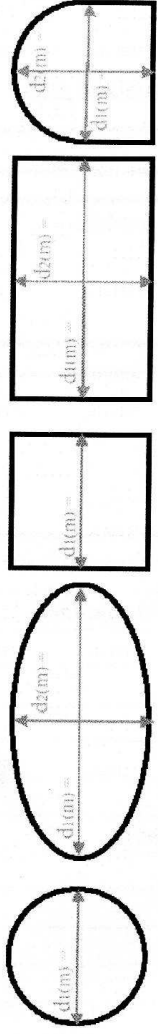
Commentaire :

Espèces	+ - Franchissabilité							Commentaires
	NP*	0	1	2	3	4	5	
I Salmonidés (TRF, SDF)								
II Ombre commun (OBR)								
III Cyprinidés eaux vives								
IV Cyprinidés eaux calmes								
V Petites espèces benthiques								
Espèces migratrices	Anguille							
	Alose feinte							
	Lamproie marine							
Autre(s)								

NP* : Non Pertinent

BUSE - PONT CADRE - PONT

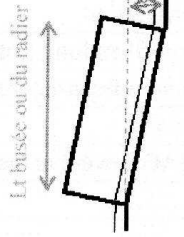
- Circulaire Ovoïde Carrée Rectangulaire Arche



Type : Armco
 Béton
 Pierres

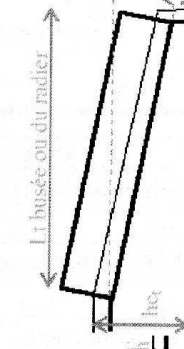
Mesure en sortie de buse :
 - Vitesse du courant (m/s) =
 - Hauteur d'eau (m) =

sans chute aval :



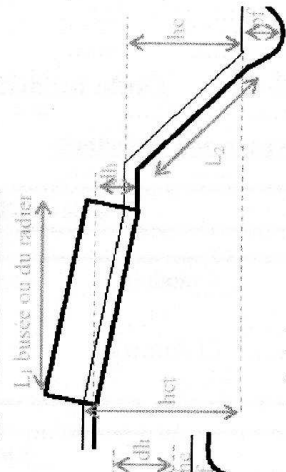
L1 (m) =
 dh (m) =

avec chute verticale :



Lt (m) =
 dh (m) =
 hc (m) =
 pf (m) =
 hc (m) =

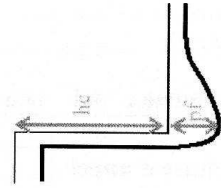
avec chute inclinée :



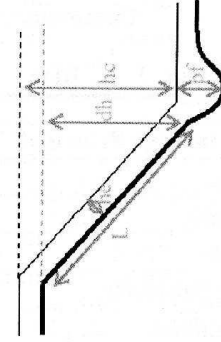
L1 (m) =
 L2 (m) =
 L1 (L1+L2) =
 dh (m) =
 hc (m) =
 pf (m) =
 hc1 (m) =

SEUIL - BARRAGE - CHUTE NATURELLE

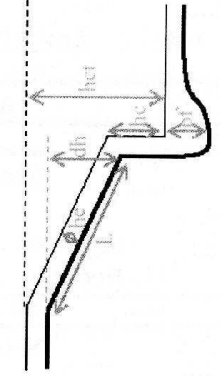
- Chute verticale Chute inclinée Chute inclinée + verticale



hc (m) =
 pf (m) =



L (m) =
 hc (m) =
 dh (m) =
 hc (m) =
 pf (m) =



L (m) =
 hc (m) =
 dh (m) =
 hc (m) =
 pf (m) =
 hcet (m) =

Préconisations de travaux à effectuer sur l'ouvrage pour améliorer la continuité :

Passer à poisons : entretien travaux légers d'amélioration ou d'aménagement travaux importants

Commentaires :

Effacement : non préconisé souhaitable a priori possible paraît difficile impossible

Commentaires :

Autres solutions (par exemple autre solution pour une prise d'eau, arrêt possible de l'usage, priorité aménagement dévalaison ...)




Signification des abréviations : dt : largeur ouvrage ; dh : hauteur ouvrage ; hc : dénivelé de l'ouvrage ;
 hc : hauteur de chute ; hcet : hauteur de chute totale ; hc : hauteur d'eau ; L : longueur de l'ouvrage ;
 pf : profondeur maximum de la fosse de dissipation







ANNEXE 3 : Extrait de l'aide à l'évaluation de la franchissabilité des obstacles à la montaison (Demange & Roche, 2008)

Tableau A3-1 : Table de définition des classes de franchissabilité

<i>Classe</i>	<i>Qualification</i>	<i>Critères de base</i>
0	Absence d'obstacle	Ouvrage ruiné, effacé, sans impact
1	Obstacle franchissable sans difficulté apparente	Libre circulation assurée à tous niveaux de débit en période de migration
2	Obstacle franchissable mais risque de retard ou sélectif pour les plus petites tailles	Ouvrage franchissable mais impact en débits ou T° limitants ou sélectif selon taille des poissons
3	Obstacle difficilement franchissable	Impact important en conditions moyennes (débits habituels, température favorable...)
4	Obstacle très difficilement franchissable	Passage possible en situation exceptionnelle (hydraulicité induisant un effacement ou contournement, manœuvre exceptionnelle de vannes...)
5	Obstacle totalement infranchissable	Obstacle total à la montaison en toutes situations

Tableau A3-2 : Extrait de l'aide photographique à l'évaluation de la franchissabilité

<i>Classe d'ouvrage</i>	Illustration de l'exemple	Localisation - Nom de l'ouvrage - H chute / Pf Fosse	Commentaires
0		ROUBION S06 Seuil prise d'eau Les Tullas H = 0,1 m	
1 Salmonidés 2 Cyp. e.v. 1 Petites sp. benth. 4 Cyp. e.c.		DOUX S06 Pont de Tain H = 0,5 m	Migration plus difficile à l'étiage, notamment en années sèches pour les cyp. e. v. migrant en fin de printemps début été
1 Salmonidés 2 Cyp. e.v. 3 Petites sp. benth.		DOUX S04 Passage à gué H = 0,1 m	

Classe d'ouvrage	Illustration de l'exemple	Localisation - Nom de l'ouvrage - H chute / Pf Fosse	Commentaires
<p>2 Salmonidés 3 Ombres 4 Cyp. e.v. 4 Petites sp. benth.</p>		<p>BOURBRE S05 Pont de la Rivoire H = 0,7 m Pf > 0,5 m</p>	<p>Difficultés pour les sp. benthiques : rivière chenalisée donc vitesses de courant fortes avec augmentation du débit et pas de contournement possible de l'obstacle</p>
<p>3 Salmonidés 4 Cyp. e.v. 4 Petites sp. benth. 1 Anguille</p>		<p>GALAURE S12 Les Fontanis H = 1,75</p>	<p>Passage préférentiel dans les enrochements vers la RG. Très limitant en étiage pour toutes sp. ; franchissable temporairement à des débits voisins du module ou supérieurs</p>
<p>3 Salmonidés 5 Cyp. e.v. 5 Petites sp. benth.</p>		<p>BOURBRE S30 Les Sables H = 0,7 m Pf > 0,5 m</p>	<p>Truite : géniteurs < 30 cm pour la plupart (cf. situation en tête de bassin). Faible remontée du niveau de l'eau aval avec augmentation du débit. Franchissable pour les plus grands individus par température favorable. Infranchissable pour les autres espèces</p>
<p>4 Salmonidés 5 Cyp. e.v. 5 Petites sp. benth.</p>		<p>BOURBRE S09 Marais du Vernay H = 1 m Pf > 0,5 m</p>	<p>Doute sur l'utilisation de la fosse d'appel en basses eaux. Tailles modestes des géniteurs de truite. NB : Seuil sans usage, à identifier comme susceptible d'être effacé en priorité car cela permettrait un gain important de linéaire avec une bonne continuité</p>
<p>4 Salmonidés 4-5 Cyp. e.v. 5 Petites sp. benth. 3 Anguille.</p>		<p>HERBASSE S07 Pont D53 H = 1 m Pf < 0,5 m (0,2 - 0,4 m)</p>	<p>Lame d'eau < 0,1 m sur le radier si Q < module. En hautes eaux, fosse d'appel plus importante mais augmentation des vitesses sur le radier lisse du pont. Franchissable seulement par les poissons les plus grands (Salmonidés et Cyp.). Franchissement anguille par reptation (sauf forts débits)</p>
<p>5</p>		<p>LEZ S01 Confluence Rhône H = 4,7 m</p>	

ANNEXE 4 : Aide à la saisie des données dans la base OUV_FDPPMA74_20XX

Chaque nouvel objet créé est numéroté par un identifiant de la base informatique (donné dans l'ordre numérique croissant) et par un numéro d'ouvrage sous la forme 74_XXX. Un ouvrage déjà répertorié dans la base OUV_FDPPMA74_2006 garde son numéro ; un ouvrage nouveau, non recensé par cette ancienne base se voit attribuer un nouveau numéro à la suite des existants. L'ouvrage 74_568 est le dernier répertorié dans OUV_FDPPMA74_2006 ; le premier non recensé dans cette base et mesuré en 2009 se nomme 74_569 et le dernier 74_798. Le premier encore non notifié dans les bases précédentes est appelé 74_799 dans OUV_FDPPMA74_2010.

Concernant les informations générales de localisation, les champs texte doivent être remplis en lettres minuscules (les accents sont tolérés).

Tous les champs de caractérisation topographique et dimensionnelle ne sont pas forcément renseignés à chaque saisie. Lorsqu'un champ n'est pas concerné par l'ouvrage, la case est laissée vide (par exemple le champ dénivelé dh pour un ouvrage à chute verticale). Si le champ est concerné par l'ouvrage mais jugé non pertinent, la case est renseignée par NP pour les champs texte et -1 pour les champs numériques (par exemple les champs hauteur d'eau he ou vitesse d'écoulement V pour les ouvrages de type seuil en enrochements libres, les valeurs étant trop variables). Si la valeur du champ n'est pas disponible (oubli de mesure ou inaccessibilité de l'ouvrage) le champ est renseigné par la valeur NA pour les champs texte et -2 pour les champs numériques. Un champ renseigné NP est plus intéressant et plus significatif qu'un champ renseigné par NA ; le non accès à la donnée ne donne aucune information sur sa pertinence.

Les photographies des ouvrages diagnostiqués sont numérotées avec leur code OUV_FDPPMA74_20XX (type 74_XXX). Certains ouvrages nécessitent plusieurs clichés ; ils sont répertoriés comme l'exemple qui s'en suit : 74_736.1, 74_736.2. (Une photographie unique aurait été numérotée 74_736). L'ensemble des photographies est archivé dans un fichier commun qui est transmis à l'ONEMA assez régulièrement. Ainsi chaque partenaire garde les illustrations des objets mesurés et les intègre dans ses bases de recensement (Géobs, ROE pour l'ONEMA et base OUV_FDPPMA74_20XX pour la FDPPMA74).

Pour garder une trace de l'évolution de l'atlas d'ouvrages transversaux sur le département de Haute-Savoie chaque version annuelle de la base est archivée. D'une année sur l'autre des ouvrages peuvent être modifiés, aménagés d'un dispositif de franchissement ou encore effacés. De tels changements doivent être référencés dans la base OUV_FDPPMA74_20XX. Pour cela, l'ouvrage effacé est supprimé de la base. Celui transformé fait l'objet d'une nouvelle caractérisation. L'ancienne fiche descriptive est notée comme désuète sur le format papier. Elle est supprimée dans la base OUV_FDPPMA74_2010 informatique et remplacée par une nouvelle avec les caractères actualisés. La nouvelle photographie illustrative substitue l'ancienne.





Une vérification des données inscrites dans la base (au minimum 10% des ouvrages) doit être effectuée après chaque année de prospection pour déceler les erreurs de frappe. Ceci permet d'appréhender la fiabilité de la saisie. En complément, les valeurs aberrantes de mesures peuvent être détectées à l'aide des requêtes sous Access.

ANNEXE 5 : Tableau de synthèse des ouvrages munis d'un dispositif de franchissement sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie

Référence	NBase FD	Cours d'eau	Affluent de	Bassin versant	Nom de l'ouvrage	Lieu dit	Commune	CoordX	CoordY	PK	Hc (m)	Lt (m)	Larg passe (m)	Larg ouvrage (m)	Type passe	Nb bassins	Rive d'implantation	Sp. cibles	Date de création	Investissement (€ TTC)	Commentaires / Observations	
hermance [1]		hermance	lac léman	affluents du lac léman ouest		pont des soupirs	VEIGY-FONCENEX	903131	2148386		0,50	6,30	2,10	2,10	off set			TRF (Séd. + Lac.)	2009	3400		
hermance [2]		hermance	lac léman			les mermes D35	VEIGY-FONCENEX	901917	2148350		0,50	4,80	2,20	2,20	off set			TRF (Séd. + Lac.)	2009	2600		
mermes		mermes	hermance			ava le bois bérou	VEIGY-FONCENEX	903026	2148463		0,50	4,40	1,80	1,80	off set			TRF	2009	2400		
pamphiot [1]	74_922	pamphiot	lac léman			succession de rondins	la servettaz	ALLINGES	919282	2156639	5,559	2,77	36,00		4,00	seuils successifs				2007	108000	dispositif de franchissement : rampe en bassins successifs en rondins ; coût calculé sur la base de 120000€ HT pour 40mL
pamphiot [2]	74_318	pamphiot	lac léman			passage D903	les hutins	ALLINGES	917525	2157414	3,483	0,64	18,00	5,00	5,00	dépôt de blocs			TRF (Séd. + Lac.)	2010	10000	le gros de l'écoulement est dirigé vers la RG
pamphiot [3]	74_1218	pamphiot	lac léman			aval pont D12	noyer	ALLINGES	918712	2156701		1,20	7,80	3,30	3,30	seuils successifs			TRF (Séd. + Lac.)			
pamphiot [4]		pamphiot	lac léman				noyer	ALLINGES	918915	2156661		1,00	10,20	2,60	2,60	seuils successifs			TRF (Séd. + Lac.)	2007	35880	coût calculé sur la base de 120000€ HT pour 40mL
redon [1]	74_246	redon	lac léman			seuil prise d'eau	aval stade de foot	PERRIGNIER	915963	2153543	6,569	1,92	23,00		4,00	riviere de contournement		RD		2010	17850	rivière de contournement pente 9% ; voir avec le tps si la prise d'eau amont résiste aux crues
redon [2]	74_429	redon	lac léman			passage route	minoterie le moulin bouquin	PERRIGNIER	916000	2153701	6,407	2,50	150,00		2,50	dépôt de blocs				2010	15400	aménagement piscicole avec des blocs, juillet 2010, SYMASOL
redon [3]	74_624	redon	lac léman			seuil prise d'eau	moulin rieux	MARGENCEL	914335	2156336	2,824	2,04	6,00		14,00	passerelle successifs		RD	TRF (Séd. + Lac.)	2004		
redon [4]	74_1262	redon	lac léman		seuil aval prise d'eau	perrignier centre	PERRIGNIER	916069	2153203	6,969	1,71	24,00		2,50	seuil en enrochements aménagé			TRF	2010	14200		
redon [5]	74_622	redon	lac léman		buse pont N5	les crottes	SCIEZ	913439	2157168	1,396	1,01	65,00		2,50	réaménagement d'un tronçon				2007	174257		
arly	74_867	arly	isère	arly	seuil prise d'eau canon à neige	station ski	PRAZ-SUR-ARLY	928619	2101493	27,575	0,91	16,00		14,00	seuil en enrochements aménagé		RG	TRF	2010	75540*	*aménagement réalisé au moment de la construction du seuil en compensation ; cout total (seuil, de la prise d'eau pour canon à neige et de l'aménagement piscicole)	
aire		aire	rhône	arve	5 obstacles en pleine ville	amont station de pompage	SAINT-JULIEN-EN-GNEVOIS	888440	2133340						seuils successifs			TRF			5 seuils très proches disposés en pleine ville, pres de l'intermarché	
arve [1]	74_10	arve	rhône		barrage arthaz		ARTHAZ-PONT-NOTRE-DAME	901573	2136807	16,622	3,50			34,00	passerelle successifs		RG	TRF, OBR	2001	775835	entretien regulier en periode de piegeage (TRF, OBR geniteurs), bassins beton fentes verticales	
arve [2]	74_801 ; 74_208	arve	rhône		amont confluence foron		SCIONZIER	925234	2127950							riviere de contournement				2010		
foron de gaillard [1]	74_1703	foron de gaillard	arve		bassin à truites	le moulin	BONS-EN-CHABLAIS	909270	2148410	18,523	2,68	28,00	1,40	1,30	riviere de contournement	9	RG	TRF	2009	40770	rivière avec petits bassins ; 2 entretiens par an ; 1m de vase dans les bassins	
foron de gaillard [2]	74_1757	foron de gaillard	arve		buse de vallard	péagedouane thonex	GAILLARD	898324	2139365	1,902	1,54	181,00		3,00	seuils successifs	10				2007	8500	aménagement piscicole avec 9 barrettes béton transversales
foron de la roche [1]	74_1169	foron de la roche	arve		pont avec barrage en bois	pont A40	ARENTHON	910935	2129175	0,152	0,50	29,00		10,00	seuil bois				TRF, OBR			
foron de la roche [2]	74_274	foron de la roche	arve		seuil aval autoroute	aval immédiat pont A40	ARENTHON	910943	2129198	0,122	2,15	45	12	12	seuil en enrochements aménagé				TRF, OBR			
foron de reignier	74_780	foron de reignier	arve		pont du sougey	le souget	ARBUSIGNY	900963	2127825	10,168	0,75	10,00	2,80	2,80	off set				TRF			
foron du reposoir	74_578	foron du reposoir	arve		seuil confluence arve	confluence arve	SCIONZIER	925136	2127957	0,113	5,32	44		18	riviere de contournement					2010		contrat de rivière Arve: projet de contournement du seuil par un bras de dérivation, travaux 2010
basse dranse	74_229	basse dranse	lac léman	basse dranse	seuil RN vongy	vongy	THONON-LES-BAINS	920668	2162260	2,464	5,40	39,53	2,00	66,00	passerelle successifs		RG	TRF (Séd. + Lac.)	1998		Enfoncement du lit à l'aval du seuil et de la passerelle, qui crée une marche devenue franchissable uniquement à certaines conditions hydrauliques, suivi biologique de la truite lacustre, visites guidées, approvisionnement en œufs pour la pisciculture de Thonon Afflux de feuilles à l'automne	
borne [1]	74_15	borne	arve	borne	seuil d'entremont	champ courbe	ENTREMONT	914577	2113653	17,911	2,02	41,00		15,00	seuil en enrochements aménagé				TRF	2009	170000	aménagement du seuil pour le rendre franchissable
borne [2]	74_1604	borne	arve		seuil des égouts	stade	LE GRAND-BORNAND	916663	2112398	22,335	1,10	15,00		12,75	rampe en enrochements liaisonnés				TRF	2009		aménagement de la chute verticale en chute inclinée en début 2010
chêran [1]	74_18	chêran	fier	chêran	seuil de la capetaz	la capetaz	ALBY-SUR-CHERAN	886298	2097524	14,878	3,50	17,00	3,00	21,00	passerelle successifs	10	RD	TRF, OBR	1999	81501		
chêran [2]	74_19	chêran	fier		ancien seuil prise d'eau nestlé	les pérouses	RUMILLY	882316	2100387	7,066	0,83	5,00		40,00	passerelle successifs		RG	TRF, OBR	2002	11852*	*prix d'aménagement faible car aménagement d'une prise d'eau déjà existante	
dadon		dadon	chêran		aval rond point avec jet d'eau	amont cité du dadon	RUMILLY	881032	2099853		0,50	2,00	2,00	3,20	seuils successifs	4			TRF	2002		3 ou 4 bassins en planche sur radier beton
miegues		miegues	chêran			les miégues	CUSY	886830	2091358		0,30	11,00	0,60	0,60	seuils successifs*				TRF	2002	700	* cloisons successives avec échancrures pour faciliter la remontée de la buse
nant de favant		nant de favant	chêran			vautrey	CUSY	886170	2093050		0,30	5,30	3,10	3,10	seuils successifs				TRF			barrettes mises à l'envers
veize	74_158	veize	chêran		busage	la luche	GRUFFY	888825	2095487	2,889	2,00	7,00		2,00	seuils successifs	6				2002	8270	7 seuils de 30 cm de chute
dranse d'abondance [1]	74_5	dranse d'abondance	basse dranse	dranse d'abondance	barrage de sous le pas	sous le pas	ABONDANCE	935971	2151969	13,823	3,35			21,00	passerelle successifs	11	RD	TRF	1998	371 495	suivi et analyse / bilan des campagnes de piegeage, barrage a vannes mobiles, échancrures deversantes, engrèvement important, Suivi de l'efficacité de la passe par l'AAPPMA de Chablais Genevois et EDF	
dranse d'abondance [2]	74_573	dranse d'abondance	basse dranse		barrage du fion	fion	CHEVENOZ	931155	2157263	4,42	5,62			44,00	passerelle successifs		RD	TRF	2001		barrage a vannes mobiles	
dranse de morzine	74_218	dranse de morzine	basse dranse	dranse de morzine	passerelle	gendarmarie	MORZINE	937220	2140622	20,487	3,21	33,00		9,00	passerelle successifs	11	RD	TRF	2001		Même type d'ouvrage que celui d'alby sur Cheran	
champfroid		champfroid	fier	fier		le cropt	LES CLEFS	910430	2101620		0,23	5,00		5,00	off set				TRF			
daudens	74_1673	daudens	fillière			pont D27		ETAUX	902137	2124508	8,183	0,1	17	2,4	2,4	off set					2008	efficacité ok le pb de franchissement vient du seuil incliné aval L3=10 hc3=2,15
fier	74_346	fier	rhône			seuil dit "naturel" amont	balme de thuy	LA BALME-DE-THUY	905469	2107335	52,652	5,03	23,00		50,00	passerelle successifs	7	RD	TRF, OBR	1998		pas de substrat de fond, pas d'orifice de fond de cloisons, efficacité en cours d'étude, protocole de suivi de la migration de la TRF seuil a parois inclinées en enrochements, engrèvement important
morge de crempigny		morge de crempigny	fier				crempigny	CREMPIGNY-BONNEGUETE	876747	2112159						off set				TRF		
nant de gillon		nant de gillon	fier			pont des creusettes	amont seysolaz	SILLINGY	887910	2111610		0,60	1,20	4,10	4,10	off set	5			TRF	2000	
risse	74_28	risse	giffre		giffre	seuil scierie	STEP	MEGEVETTE	920942	2140950	9,949	2,04	16,00		20,00	seuil en enrochements aménagé				TRF	2002	7475
laudon	74_712	laudon	lac d'annecy	lac d'annecy et affluents	pont piste cyclable	piste cyclable	SAINT-JORIOZ	897410	2100015	1,265	1,16	4,98		9,00	passerelle successifs	5			TRF (Séd. + Lac.)	1993	23000*	seuil à paroi inclinée, bassins successifs a échancrures deversantes ; * coût approximatif
ruisseau du villard		ruisseau du villard	lac d'annecy		pont amont camping	les roseaux	SAINT-JORIOZ	898040	2100380						off set							
bevoué		bevoué	menoge	menoge		D22	VILLARD	916230	2143220		1,50	30,00	3,40	3,40	seuils successifs				TRF			
foron de fillinges	74_83	foron de fillinges	menoge			bief bonnefoy	la plaine	FILLINGES	908072	2136760	0,644	1,15	2,00		32,00	passerelle successifs		RD	TRF	2001		bassins cloisons bois, seuil a parois inclinées
nant		nant	menoge				aval cimetièrre	HABERELULLIN	917300	2145310		1,50	11,60	3,60	3,60	seuil en enrochements aménagé				TRF		seuil en enrochements libres
nant du var	74_34	nant du var	nom	nom		seuil aval pont	distillerie	LA CLUSAZ	916946	2108839	0,038	1,48	11	9	seuil en enrochements aménagé				TRF			
nom	74_109	nom	fier			seuil aval patinoirre	aval patinoirre	LA CLUSAZ	916911	2108759	11	4,5	131	10	10	seuil en enrochements aménagé				TRF		
ruisseau du castran	74_612	ruisseau du castran	usses	usses	seuil route	caserne pompier, frangy	FRANGY	878190	2119440	0,06	0,57			5,00	off set				TRF			

ANNEXE 6 : Découpage du département de Haute-Savoie en bassins versants

Légende

-  Réseau Hydrographique
-  Lacs
-  Limites du département
-  Station de jaugeage (Figure 8)

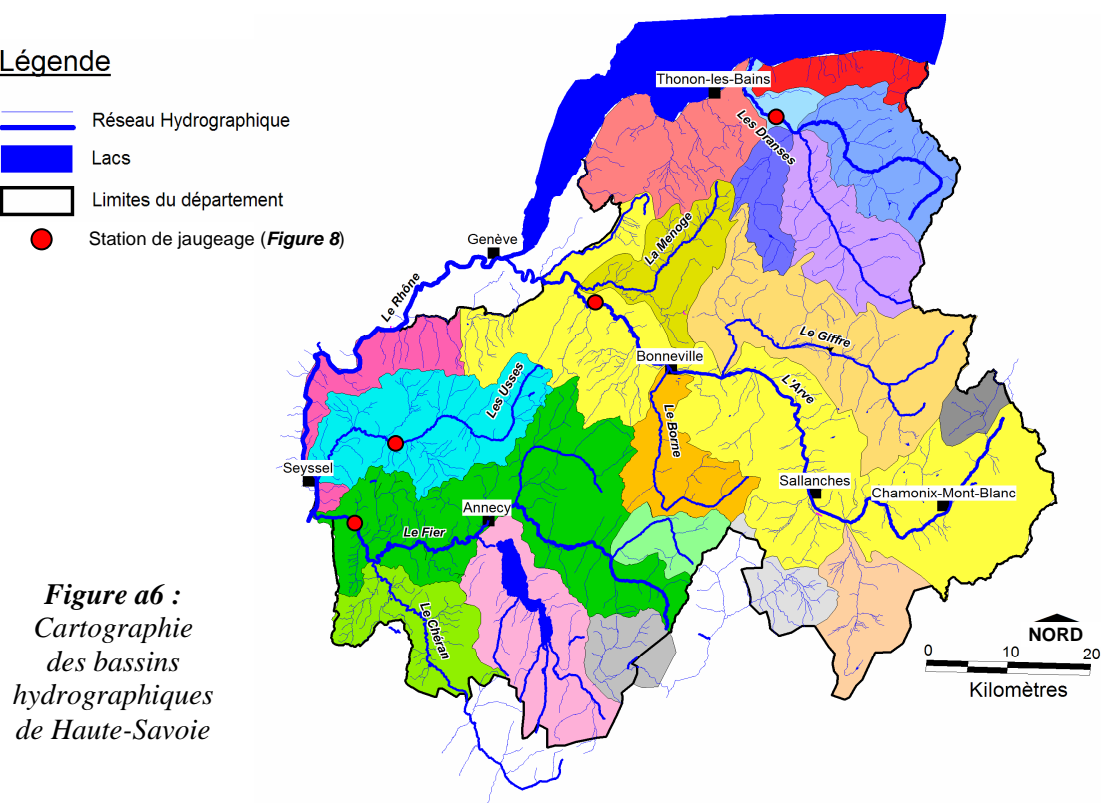


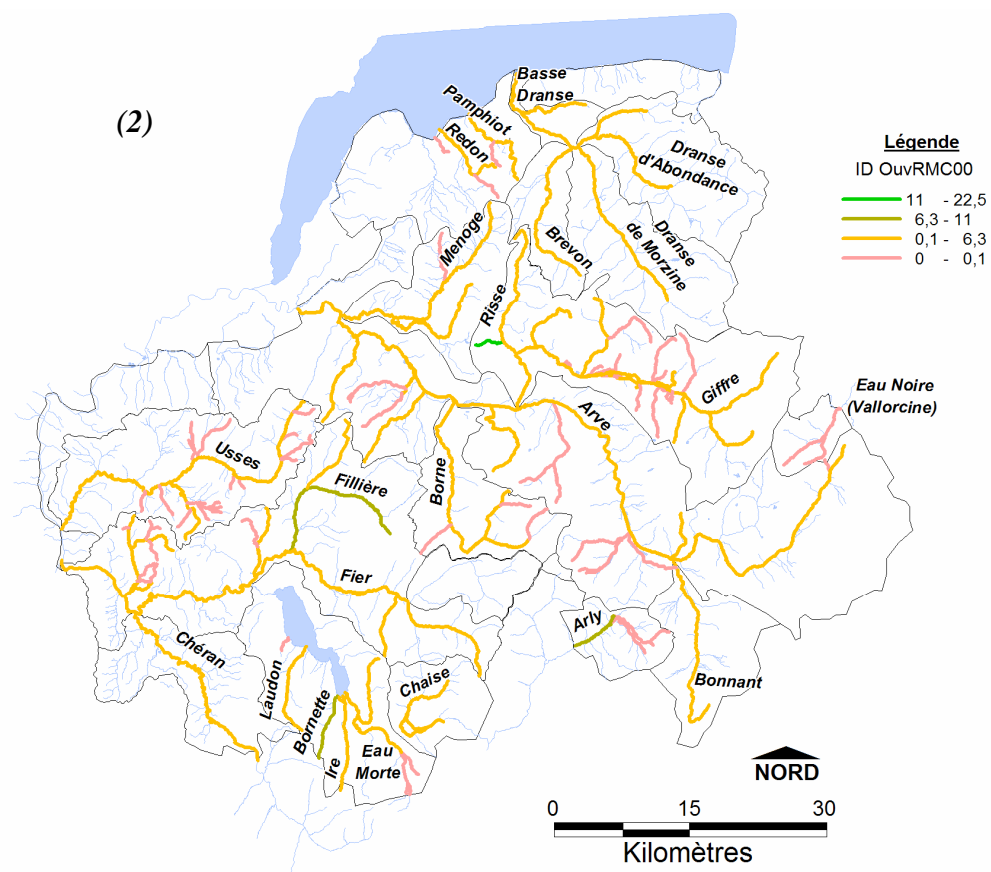
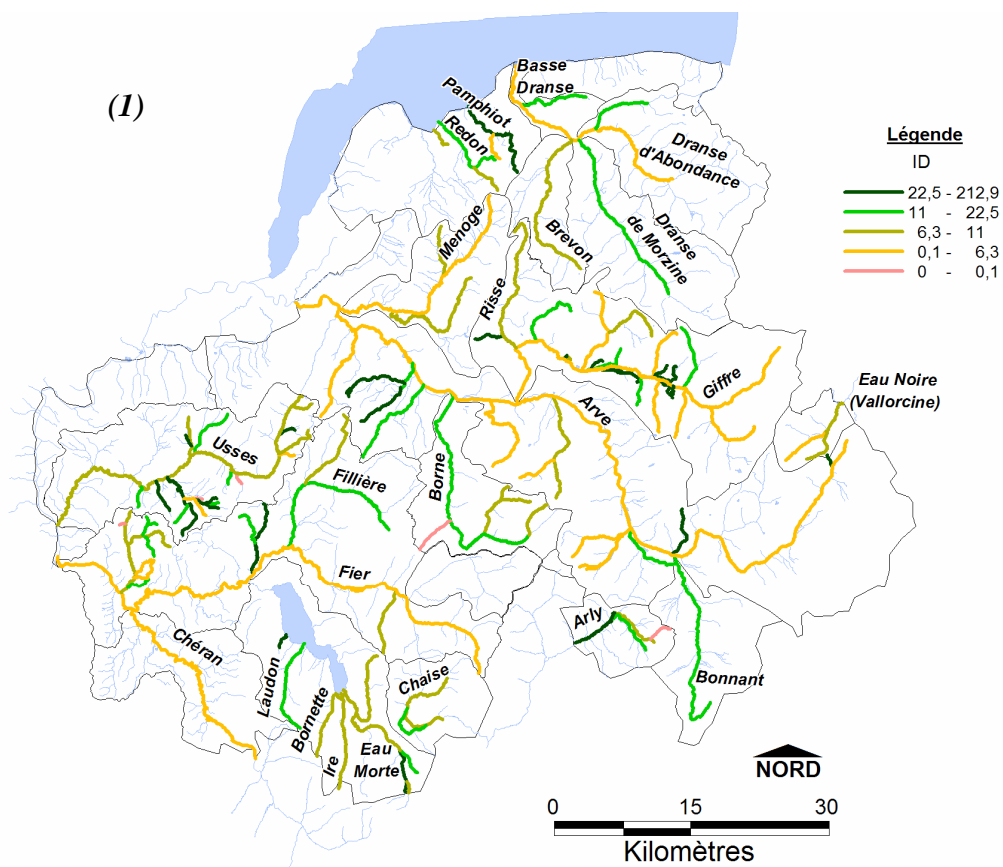
Figure a6 :
Cartographie
des bassins
hydrographiques
de Haute-Savoie

Tableau A6 : Caractéristiques des bassins hydrographiques cartographiés Figure a6

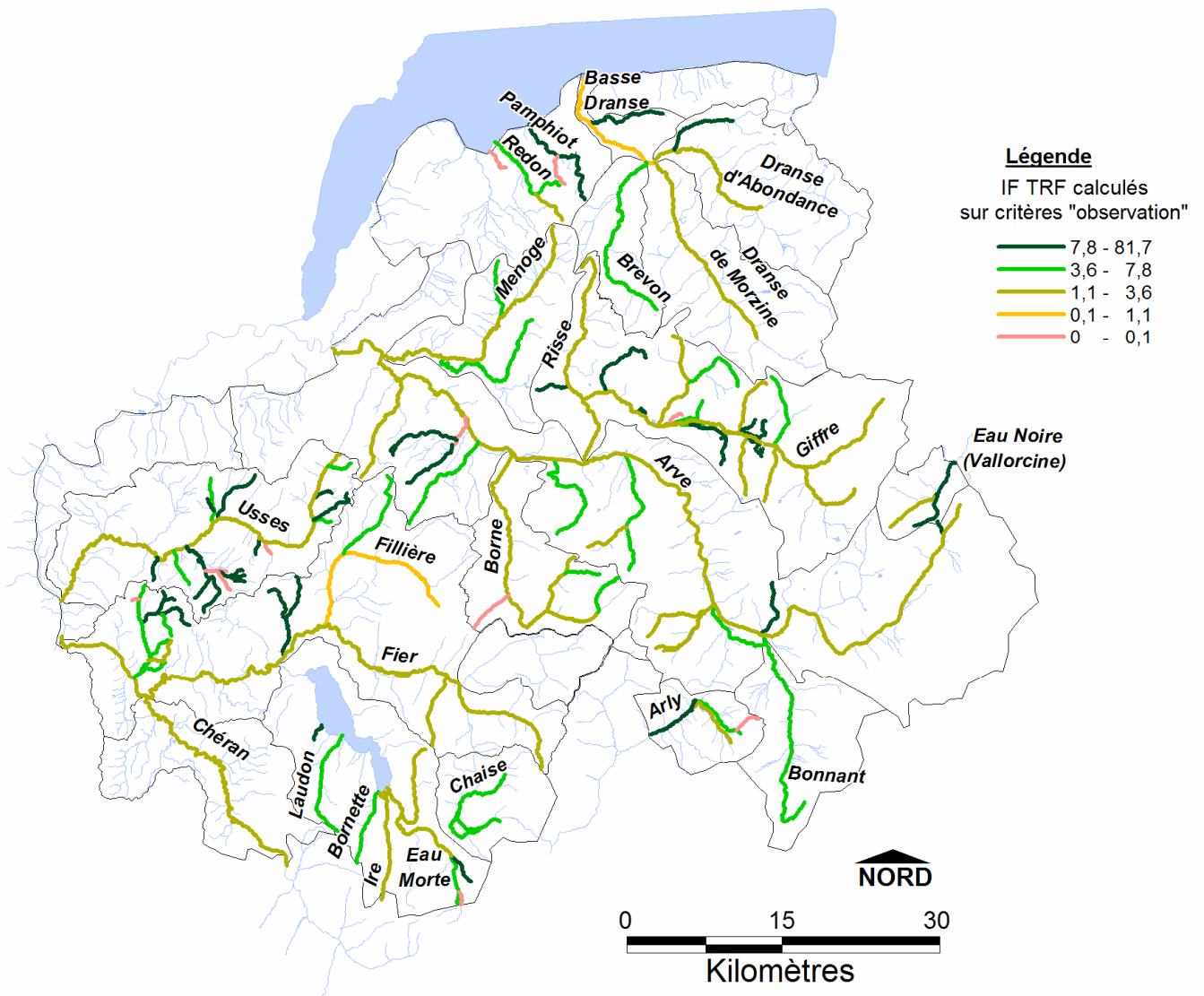
Grand bassin hydrographique	Bassin versant de	Superficie (km ²)	Linéaire du cours d'eau (km)
Les Dranses	Dranse d'Abondance	204	33
	Dranse de Morzine	211	30
	Brevon	85	21
	Basse Dranse	37	14
L'Arve	Arve	1073	105
	Giffre	451	45
	Menoge	161	30
	Borne	156	34
	Bon nant	144	24
Les Usses	Usses	311	46
Le Fier	Fier	647	72
	Chéran (*)	174	52 (dont 30 en Haute-Savoie)
	Nom	78	16
Rivières prenant leur source en Haute-Savoie	Chaise	92	24 (dont 18 en Haute-Savoie)
	Arly	70	26 (dont 8 en Haute-Savoie)
	Eau noire (Vallorcine)	46	12 (dont 8 en Haute-Savoie)
Affluents du Lac Léman ouest		235	
Affluents du Lac Léman est		85	
Lac d'Annecy et affluents		285	
Affluents du Rhône		134	

(*) Seul l'aval du Chéran coule en Haute-Savoie

ANNEXE 7 : Cartographie de l'anthropisation (I_D) des cours d'eau de Haute-Savoie suivant la base OUV_FDPPMA74_2010 (1) et la base OuvRMC00 (2)



ANNEXE 8 : Cartographie de la fragmentation (I_F) des cours d'eau de Haute-Savoie pour la truite commune *Salmo trutta*



BIBLIOGRAPHIE

- Agence de l'eau Loire-Bretagne (2007) Commission planification du 15 mai 2007, « note sur le taux d'étagement des cours d'eau », 9 pp.
- Allendorf F.W., Bayles D., Bottom D.L. *et al.* (1997) Prioritizing pacific salmon stocks for conservation. *Conservation Biology* 11, 140–152.
- Bennett D. & Don D., traduit de l'anglais par Lempérière L. (2000) Les Ponts, histoire et techniques, Ed. Eyrolles, 232 pp.
- Bernatchez L. (2001) The evolutionary history of brown trout *Salmo trutta* L. inferred from phylogeographic, nested scale and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution*, 55, 351-379.
- Bowman M., Higgs S., Maclin E., McClain S., Sicchio M., Souers A, Johnson S. & Graber B. (2002) Exploring dam removal : a decision-making guide, American Rivers and Trout Unlimited, 80 pp.
- Brugnot G. & Cassayre, Y. (2003) De la politique française de restauration des terrains de montagne à la prévention des risques naturels, Mémoire soumis au XIIème congrès forestier mondial, Québec City, Canada (www.fao.org).
- Caudron A., Champigneulle A. & Guyomard R. (2009) Evidence of two contrasting brown trout *Salmo trutta* populations spatially separated in the River Borne (France) and shift in management towards conservation of the native lineage. *Journal of Fish Biology* .74, 1070-1085.
- Caudron A. (2008) Etude pluridisciplinaire de truite commune (*Salmo trutta* L.) des torrents haut-savoyards soumises à repeuplements : diversité-intraspécifique, évaluation de pratiques de gestion et ingénierie de la conservation de populations natives. Thèse de doctorat, Université de Chambéry, 270 pp.
- Chanseau M., Croze O. & Larinier M. (1999) Impact des aménagements sur la migration anadrome du saumon atlantique (*Salmo salar* L.) sur la gawe de Pau (France), *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 353-354 : 211-237.
- Croze O. & Larinier M. (2001) Bassin Rhône Méditerranée Corse, Guide technique N°4, Libre circulation des poissons migrateurs et seuils en rivière, 51 pp.
- CSP antenne de Caen (2000) La libre circulation des poissons migrateurs sur les rivières de Basse-Normandie, 9 fiches techniques.
- Debray D., sous la direction de Bravard, A. (1991) Atlas climatique de la Haute Savoie. Conseil Général de la Haute-Savoie, l'Association Météorologique Départementale de la Haute-Savoie et Météo France, 103 pp.
- Demange H. & Roche P. (2008) Aide à l'évaluation de la franchissabilité des obstacles à la montaison. ONEMA DR Lyon coordination de bassin Rhône-Méditerranée, 10 pp.
- Doyle M.W., Harbor J.M. & Stanley E.H. (2003) Toward policies and decision-making for dam removal, *Environmental Management* Vol. 31, No. 4, 453–465.
- Frissel C. A. & Bayles D. (1996) Ecosystem management and the conservation of aquatic biodiversity and ecological integrity, *Water Resources Bulletin* Vol. 32, No. 2, 229 – 240.

- Gaillard L. (2009) Recensement des ouvrages transversaux sur le réseau hydrographique de Haute-Savoie et continuité piscicole – Campagne 2009, 43 pp.
- Gibson R.J., Haedrich R.L. & Wernerheim C.M. (2005) Loss of fish habitat as a consequence of inappropriately constructed stream crossings. *Fisheries* 30 : 10-17.
- Göggel W. & Wagner T. (2006) Ecomorphologie niveau C (Cours d'eau), Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau selon le système modulaire gradué. OFEV, Eawag : L'Institut de Recherche de l'Eau du Domaine des EPF, 72 pp.
- Graf W., Boland J.J., Dixon D., Downs T.C., Kraeuter J., Soscia M.L., Wegner D.L., Williams P.B., Wingo C.S. & Zeizel E.P. (2002) Dam removal : science and decision making, The H. John Heinz III Center for science, economics and the environment, 221 pp.
- Heggenes J. & Røed K. H. (2006) Do dams increase genetic diversity in brown trout (*Salmo trutta*)? Microgeographic differentiation in a fragmented river, *Ecology of Freshwater Fish*, Volume 15, Issue 4, 366–375.
- 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, 297-322.
- Jager H.I., Chandler J.A., Lepla K.B. & Van Winkle W. (2001) A theoretical study of river fragmentation by dams and its effects on white sturgeon populations, *Environmental Biology of Fishes* 60: 347–361
- Laikre L. (ed.) (1999) Conservation genetic management of brown trout (*Salmo trutta*) in Europe. Report by the concerted action on identification management and exploitation of genetic resources in brown trout (*Salmo trutta*). ('Troutconsert'; EU FAIR CT97-3882).
- Larinier M. (1992) Le franchissement des buses, des seuils en enrochements et des ouvrages estuariens. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 326-327 : 111-124.
- Larinier M. & Travade F. (1999) La dévalaison des migrateurs^o: problèmes et dispositifs, *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 353/354 : 181 -210.
- Neraas L.P. & Spruell P. (2001) Fragmentation of riverine systems : the genetic effects of dams on bull trout (*Salvelinus confluentus*) in the Clark Fork River system, *Molecular Ecology* 10 : 1153-1164.
- Malavoi J.-R. (2003) Stratégie d'intervention de l'agence de l'eau sur les seuils en rivière. Agence de l'eau Loire-Bretagne, 134 pp.
- Meldgaard T., Nielsen E.E. & Loeschcke V (2003) Fragmentation by weirs in a riverine system: A study of genetic variation in time and space among populations of European grayling (*Thymallus thymallus*) in a Danish river system, *Conservation Genetics* 4 : 735–747.
- MDNR (Michigan Department of Natural Resources) (2004) Dam removal guidelines for owners, 5 pp.
- Morita K. & Yamamoto S. (2002) Effects of Habitat Fragmentation by Damming on the Persistence of Stream-Dwelling Charr Populations, *Conservation Biology* Volume 16, Issue 5, 1318-1323.
- O'Hanley J.R. & Tomberlin D. (2005) Optimizing the removal of small fish passage barriers, *Environmental Modeling and Assessment* 10 : 85–98.

- Ovidio M., Baras E., Goffaux D. Birtles C. & Philippart J.C. (1998) Environmental unpredictability rules the autumn migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Belgian Ardennes, *Hydrobiologia* 371/372 : 263-274.
- Ovidio (1999) Cycle annuel d'activité de la truite commune (*Salmo Trutta* L.) adulte : étude par radiopistage dans un cours d'eau de Cardenne belge, *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 352 : 01-18.
- Ovidio M. & Philippart J.C. (2002) The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish, *Hydrobiologia* 483 : 55-69.
- Ovidio M., Capra H., Philippart J.C. (2007) 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 : 41-50.
- Ovidio M., Capra H., Neus Y., Rimbaud G., Philippart J.C. (2007) Elaboration d'une méthodologie d'évaluation de la franchissabilité par les poissons de différents types d'obstacles d'après des critères topographiques et hydrauliques simples. Rapport final au Ministère de la Région Wallonne, DGRNE-Division de l'Eau, Direction des Cours d'eau non navigables. Université de Liège, Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydro-écologie, 127 pp.
- Ovidio M., Philippart J.C., Orban P., Denoël P., Gilliquet M. & Lambot F. (2009) Bases biologiques et éco-hydrauliques pour la restauration de la continuité piscicole en rivière : premier bilan et perspectives. *Forêt wallonne n°101 – juillet/août 2009* : 18-29.
- Patronski T., Charbonneau C., Dryer P., Cochrane J., Smith D.R., Ania A., Deloria C. & Kaye C. (2009) Fish passage and stream barrier management in the bad river watershed in Northern Wisconsin. *SDM Workshop*.
- Park D., Sullivan M. Bayne E. & Scrimgeour G. (2008) Landscape-level stream fragmentation caused by hanging culverts along roads in Alberta's boreal forest, *Can. J. For. Res.* 38 : 566-575.
- Programme INTERREG III A. (2006) Identification, sauvegarde et rehabilitation des populations de truites autochtones en Vallée d'Aoste et en Haute-Savoie. Rapport final, 284 pp.
- Rieman B., Lee J., McIntyre J., Overton K. & Thurow R. (1993) Consideration of extinction risks for Salmonids, USDA Forest Service, *Fish Habitat Relationships Technical Bulletin* 14, Six Rivers National Forest, Eureka, California, 12 pp.
- Rieman B.E. & Dunham J.B. (2000) Metapopulations and salmonids: a synthesis of life history patterns and empirical observations, *Ecology of Freshwater Fish* 9: 51-64.
- Ruhlé C. (1990) Déclin et restauration de la population de truites lacustres (*Salmo trutta lacustris* L.) du lac de Constance, *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 319 : 167-172.
- Sheer M.B. & Steel E.A. (2006) Lost watersheds : barriers, aquatic habitat connectivity and salmon persistence en the willamette and lower Columbia river basins, *Transactions of the American Fisheries Society* 135 : 1654-1669.
- Slavík O. & Bartoš L. (2004) Brown trout migration and flow variability, *Ecohydrology & Hydrobiology* Vol. 4, No 2, 129-135.
- Stucky (1997) Aide à la décision concernant l'équipement d'obstacles à la migration des poissons dans les cours d'eau rhônalpins, Département de la Haute-Savoie, La Dranse d'Abondance, La Menoge. DIREN Rhône-Alpes, DDAF de la Haute-Savoie, 33 pp.

Thorncraft G. & Harris J.H. (2000) Fish passage and fishways in New South Wales : a status report, Office of Conservation NSW Fisheries, Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Technical Report 1/2000.

Van Houdt J.K.J, Pinceel J., Flamand M.C., Briquet M., Dupont E., Volckaert F.A.M. & Baret P.V. (2005) Migration barriers protect indigenous brown trout (*Salmo trutta*) populations from introgression with stocked hatchery fish, *Conservation Genetics* 6 : 175–191

Warren M.L. & Pardew M.G. (1998) Road crossings as barriers to small-stream fish movement. *Transactions of the American Fisheries Society* 127 : 637-644.

Weiskel P. K., Brandt S. L., DeSimone L. A., Ostiguy L. J., & Archfield S. A. (2010) Indicators of streamflow alteration, habitat fragmentation, impervious cover, and water quality for Massachusetts stream basins. *U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2009–5272*, 70 pp.

WDFW (Washington Department of Fish and Wildlife) (2009) Fish passage and surface water diversion screening assessment and prioritization manual. Washington department of fish and Wildlife. Olympia, Washington, 240 pp.

www.cartes-topographiques.fr

www.edf.fr

www.fib74.com

www.ville-crangevrier.com