

Fonctionnement hydraulique et environnemental d'un élargissement local sur le Rhône en aval de Sierre – Valais

Environmental and hydraulic functioning of a channel enlargement in the Rhône downstream of Sierre-Valais.

Christel Dischinger
ETEC Sàrl, Sion, Suisse

ABSTRACT This study presents a global evaluation of the hydraulic and environmental evolution of a local river widening in the Noës-Granges reach of the Rhône. Various width and length alternatives are explored. Two complementary approaches are used. A qualitative theoretical approach (discussion with experts, predicting tool) based on the analysis of morphologies and habitat structures obtained with 2D simulations (Topoflow) and a probabilistic hydraulic model (IRRM - Integrative River Rehabilitation Model). A second method, more integrative, provides a quantitative solution (biomass) related to computed hydromorphological conditions, within various IRRM modules (benthos, ripicol fauna and fishes modules). Finally, the system sensitivity to anthropic variables such as hydropeaking effects and bed load is investigated.

RESUME : Cette recherche propose une évaluation globale de l'évolution du fonctionnement hydraulique et environnemental d'un élargissement local pour différentes variantes (deux largeurs et deux longueurs), au travers d'une application à un cas concret (Rhône, secteur Noës-Granges, VS). Différentes approches complémentaires sont utilisées : une approche théorique qualitative (avis d'experts et outil prédictif) basée sur l'analyse de la morphologie et de la structure des habitats obtenues à l'aide de simulations 2D avec lit mobile (Topoflow) et d'un modèle hydraulique probabiliste (IRRM - Integrative River Rehabilitation Model). La seconde méthode fournit une réponse quantitative (biomasse) en fonction des paramètres hydromorphologiques obtenus, à l'aide des modules liés aux biocénoses benthiques et ripicoles du modèle intégratif IRRM. Enfin, la sensibilité du système aux variations de différents paramètres anthropiques (transport solide, marnage) est testée.

1 INTRODUCTION

1.1 Problématique

Un cours d'eau peut être compartimenté en deux zones interconnectées plus ou moins étroitement selon les conditions locales. Il s'agit d'une part de la zone dite riveraine, soumise aux crues à plus ou moins longue échéance, ainsi qu'à l'influence périodique de la nappe, et de la zone dite aquatique, soit le lit de la rivière (zone benthique). La zone riveraine est caractérisée par une végétation dite alluviale et une faune riveraine. La zone aquatique abrite quant à elle le phyto-benthos, le zoobenthos (invertébrés) et les peuplements piscicoles. La biodiversité et la densité des populations d'un cours d'eau dépendent en grande partie de sa qualité physico-chimique et des structures et disponibilités d'habitat. Ces paramètres sont directement liés aux conditions hydrologiques, hydrauliques et morphologiques de la rivière et de ses berges (Amoros & Petts, 1993). Le plan d'aménagement de la 3^{ème} correction du Rhône (PA-R3) est susceptible de proposer des élargissements ponctuels plus importants que la largeur de régime dans les secteurs présentant un nombre réduit de contraintes. Des questions restent cependant en suspens, en particulier sur le fonctionnement effectif de la dynamique fluviale et environnementale que l'on peut attendre de ces élargissements aux endroits où ils sont localisés. Cette recherche, au travers d'une application à un cas concret de projet d'aménagement, teste différentes approches, parfois complémentaires, afin d'estimer, dans un premier temps, l'évolution du fonctionnement hydraulique d'un élargissement local pour différentes variantes de taille, puis l'évolution des biocénoses liées au cours d'eau.

1.2 Méthodologie

L'évaluation du potentiel environnemental nécessite des repères. Il s'agit dans un premier temps d'établir un état des lieux de la situation actuelle et historique du secteur d'application. Puis, à la connaissance du potentiel existant, les objectifs à atteindre sont fixés (espèces cibles, etc.) et les différentes variantes définies. L'estimation de l'évolution des variantes d'élargissements est alors entreprise. Sur la base d'une large recherche bibliographique, deux approches sont retenues : une approche théorique qualitative (avis d'expert et Outil prédictif, Roulier et al. 2007) basée sur l'analyse de la morphologie et de la structure des habitats obtenues à l'aide de simulations 2D à lit mobile (Topoflow IDEALP, 2007) et d'un modèle hydraulique probabiliste (IRRM - Integrative River Rehabilitation Model, Schweizer et al. 2007). La seconde méthode, fondée sur une approche intégrative et fournissant une réponse quantitative, est l'utilisation des modules liés aux biocénoses benthiques et ripicoles du modèle IRRM qui, sous la forme d'un réseau de probabilités, permet de représenter les relations de causes à effets entre la morphologie et les réponses biotiques. La synthèse des aspects qualitatifs et quantitatifs fournis par l'interprétation des résultats permet d'effectuer une appréciation globale de l'évolution des biocénoses aquatiques et riveraines en fonction des variantes et de les confronter aux objectifs fixés.

2 SECTEUR D'APPLICATION : ETAT DES LIEUX ET OBJECTIFS

2.1 Aménagement du territoire et occupation du sol

Figurant dans la liste des secteurs d'élargissement ponctuels du Réseau Ecologique Cantonal (REC) (Delarze, 2005) et du PA-R3, cette zone, constituée à l'heure actuelle essentiellement de zones agricoles, s'étend de l'aval du Pont et de la STEP de Noës jusqu'à l'amont du Pont de Granges. Le tronçon a pour affluents principaux la Navisence à l'amont et la Rèche à l'aval. Aucun élargissement n'est prévu en rive droite où le fleuve longe l'autoroute et la voie de chemin de fer. En rive gauche, l'élargissement prévu jouxte et parfois se superpose à des aires forestières dont certaines sont des reliques d'anciennes forêts alluviales. La rive gauche comprend une zone de dépôt des matériaux occupée par la décharge de Pramont qui constitue une contrainte majeure et ne sera pas intégrée aux variantes d'élargissement évaluées dans cette recherche (sources : SAT et SPE, Etat du Valais).

2.2 Morphologie, hydraulique et hydrologie

Avant l'intervention humaine majeure de la 1ère correction du Rhône (1863-1890) qui a eu pour effet de canaliser et de rectifier le cours du Rhône en créant un profil double (lit mineur entre les têtes d'épis et lit majeur entre les digues longitudinales), la région du secteur d'application représentait une importante zone de divagation du fleuve dont la morphologie en tresse s'étendait par endroits sur plus de 300 m de largeur (Mariétan, 1968). Plusieurs autres changements intervinrent par la suite: rehaussement et enrochement d'une partie des digues (De Torrente, 1964), extractions de matériaux à l'amont et construction des barrages (Bianco et al. 1999). Le secteur d'application présente, dans son état actuel, le profil typique de l'endiguement effectué lors de la 1ère correction du fleuve : des épis courts réguliers (partiellement érodés) orientés vers l'intérieur du lit concentrent l'écoulement vers le centre, et permettent le dépôt de matériaux posés ultérieurement qui assure le maintien d'un lit mineur toujours en eau, créant un lit majeur inondé temporairement. Le débit moyen annuel est de 93 m³/s, celui correspondant aux basses eaux d'environ 30 m³/s et aux hautes eaux de 200 m³/s (Station OFEV, Sion, apports de la Borgne située à l'aval soustraits). Les écoulements simulés à l'aide d'HEC-RAS pour la période estivale et hivernale, présentent respectivement une vitesse moyenne de 2m/s et 1.2 m/s pour une hauteur de 1.7 m et 0.4 m. La largeur de régime du tronçon d'application, calculée selon la procédure Yalin (2001), est comprise entre 70 et 80 m (débit morphogène entre 406 m³/s et 503 m³/s, soit $Q_{T=2\text{ans}}$ et $Q_{T=5\text{ans}}$). Deux aménagements hydroélectriques sont présents à l'amont du secteur d'application (centrales à Chippis) dont les restitutions des eaux entraînent une variation quotidienne de hauteurs d'eau de 20 à 40 cm en période hivernale, et de 40 à 50 cm en période estivale (GR-3, 2007). L'apport total annuel en matériaux est de 40'000 m³/an

(Hunziker et al. 2006). Deux gravières sont en activité dans la région en amont du secteur d'application. Les conditions hydromorphologiques et biologiques du secteur, relevées en mars 2007 à l'aide des modules 1, 4 et 5 du Diagnostic Environnement (BD-Eaux, Etat du Valais), fournissent des indications quant aux valeurs et déficits écologiques du tronçon. Le linéaire, très homogène au point de vue morphologique et hydraulique, appartient à la catégorie « dénaturé, artificiel » en terme de déficit physique, et « très atteint » pour les modules Hydrobiologie et Milieux riverains. La diversité en termes d'habitat est très pauvre. Un manque important de structures hydrauliques (mouilles, radiers) et biotiques (bois morts), ainsi qu'un colmatage important est à déplorer. L'objectif attendu en cas d'élargissement local est l'établissement dans le secteur concerné d'un équilibre dynamique (Hunzinger, 1998), permettant l'installation d'une dynamique fluviale naturelle (BWG, 2001).

2.3 Valeurs environnementales

La localisation stratégique du tronçon d'application, entre la zone alluviale de Finges à l'amont et la réserve de Pouta Fontana à l'aval, en fait l'un des secteurs potentiels de revitalisation les plus intéressants. Concernant la zone aquatique, diverses études (BFU et al., 1999 ; Ecotec, 2002 ; GR-3, 2007) font état d'un bilan qualitatif et quantitatif particulièrement négatif pour le secteur d'étude, et pour le Rhône en général dans sa partie aval. La couverture végétale du lit, peu dense, est constituée principalement d'algues à faibles exigences écologiques (Baumann, et al. 2004, PhycoEco, 2007). Afin d'obtenir une vision actualisée de la faune macrozoobenthique du secteur, des relevés de type Indice Biologique Global Normalisé (IBGN, norme AFNOR NF T90-350, 1992, adaptation 2004) ont été prélevés en mars 2007 sur deux stations (Fig. 1). Ces dernières présentent une note IBGN de 10/20, avec comme groupe indicateur les Leuctridae (GI 7/9) et une diversité respective de 11 et 12 taxons. Cette composition est éloignée des peuplements équilibrés et stables que l'on peut trouver dans la partie amont du fleuve (Baumann, et al. 2004, Tockner et al. 2004). Alors que les données historiques font état de 18 espèces piscicoles pour le Rhône à l'amont du Léman (Fatio, 1882 et 1890), les pêches électriques effectuées sur le secteur en 1997 et 2004 (BFU et al. 1999, GR-3, 2007) montrent un peuplement piscicole de faible densité se composant exclusivement de truite fario (*Salmo trutta fario*) provenant principalement de pisciculture (Peter, 2004). Dans le cadre de la 3ème correction du Rhône, les objectifs à atteindre pour la zone aquatiques sont une faune macrozoobenthique à plécoptères densifiée atteignant un une note IBGN de 14/20, et le rétablissement de la migration des truites fario et des truites lacustres (*Salmo Trutta Lacustra*). En outre, le maintien, voire l'augmentation des populations piscicoles et de leur diversité doivent être permis (selon discussion d'experts « milieux aquatiques », 1999). La zone riveraine, malgré la présence de quelques communautés végétales intéressantes renouvelées en fonction de l'entretien, ne constitue plus une zone alluviale. Devenu rare dans la plaine du Rhône, le REC souhaite rétablir ce type de milieu dans le secteur d'application. Un outil prédictif développé par le Service Conseil zones alluviales (Roulier et al, 2007) a permis, pour les zones riveraines du Rhône, l'identification de communautés végétales (formation herbacée pionnière des alluvions, fourré de saules, argousiers, myricaires et fourré et forêt d'aulne blancs) et d'espèces animales cibles (18), et la définition de leurs exigences qualitatives et quantitatives.

2.4 Définition des variantes

Sur la base de l'état actuel et des objectifs fixés, différentes variantes sont définies (Fig. 1) : deux sites d'élargissements (525 et 1630 m) situés de part et d'autres de la décharge de Pramont et deux variantes de 150 et 350 m correspondant respectivement à 1.5x et 3.5x la largeur actuelle entre les sommets de digues.

3 MODELISATIONS

3.1 Modèle IRRM

Le modèle intégratif IRRM (Schweizer et al. 2007) est constitué de différents modules interconnectés sous la forme d'un réseau de probabilités. Le périmètre du projet y est considéré comme

un système uniforme (morphologie du fleuve, moyennes de section) et ne prend pas en considération l'aspect topographique. Une distribution spatiale des dimensions écologiques pertinentes y est toutefois intégrée, ainsi que la dynamique temporelle. Les nombreux paramètres de base, qui ne peuvent être présentés ici dans leur ensemble, sont implémentés sous la forme de valeurs fixes ou de distributions.

Le module "Morphologie et hydraulique" permet de déterminer la probabilité de morphologie attendue, selon un arbre de décisions basé sur les connaissances hydrauliques actuelles. En outre, les distributions d'habitats selon Jowett (1993) sont calculées pour les débits hivernaux et estivaux, soit la proportion de riffles (vitesse forte et petite profondeur d'eau, soit $v/h > 3.2$ et $Fr > 0.41$), de pools (vitesse faible et profondeur d'eau grande soit, $v/h < 1.24$ et $Fr < 0.18$) et de runs (autres valeurs). Le module "Benthos" estime l'évolution de la biomasse du périphyton et des macroinvertébrés sur une année. Le module "Faune piscicole" (Borsuk et al. 2006) estime l'évolution des densités de truites par classe d'âge sur 100 ans. Le module "Faune ripicole" (Paetzold et al. 2007) fournit quant à lui une estimation des densités de différents groupes d'arthropodes terrestres. Le nombre de simulations est fixé à 1000 pour le module morphologique et à 100 pour les modules biotiques.

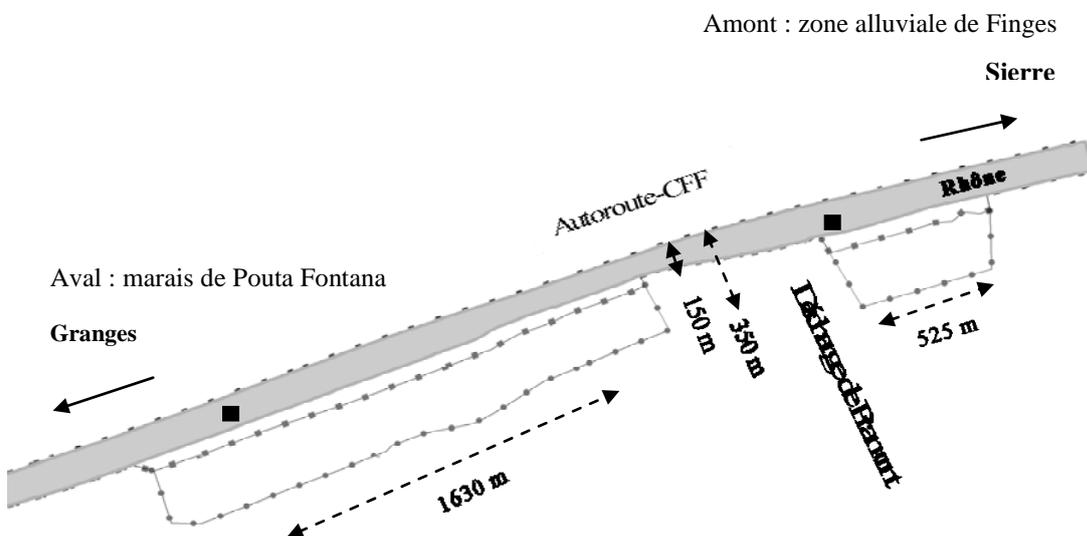


Figure 1. Secteur d'application présentant les deux sites éventuels d'élargissement et les variantes de largeurs testées. Les carrés noirs situent les stations de prélèvement IBGN.

3.2 Modèle 2D à lit mobile (TOPOFLOW)

TOPOFLOW [IDEALP, 2007] est un modèle hydraulique qui permet le calcul non stationnaire avec charriage basé sur un schéma explicite de type volumes finis avec résolution de l'équation complète de St-Venant. Son aptitude à reproduire des morphologies de bancs alternés et de tresses a été évaluée en reproduisant des modélisations physiques faites à la VAW dans le cadre de la thèse Nr 7208 de M. Martin Jäggi. La variante d'élargissement de 150 m est testée en partant d'un modèle numérique de terrain à fond plat dont l'élévation correspond au fond moyen actuel. Le calcul morphologique est réalisé à partir d'un débit constant de $500 \text{ m}^3/\text{s}$ (soit environ $Q_{5\text{ans}}$). Après obtention d'un nouveau fond, des modélisations purement hydrauliques sont réalisées pour différents débits constants (30, 50, 200, $300 \text{ m}^3/\text{s}$) afin d'acquérir des informations sur les surfaces et les distributions de vitesses et de hauteurs.

4 HYDROMORPHOLOGIE : RÉSULTATS

4.1 Module hydraulique et morphologie du modèle IRRM

La longueur minimale de l'aménagement selon Hunzinger (1998) présente une valeur médiane (pour 1000 simulations) de 423 m pour la variante d'élargissement à 150 m et de 1123 m en cas d'élargissement à 350 m. La longueur du tronçon situé à l'amont de la décharge (525 m) montre donc une grande probabilité de s'avérer insuffisante, quelque soit la variante. En conséquence, les simulations suivantes sont effectuées pour une longueur de 1630 m.

Sans considérer les contraintes latérales, la probabilité d'avoir un cours d'eau à bras multiple est d'environ 40% (selon formule de Bledsoe & Watson, 2001, cité dans Schweizer et al. 2007). Les largeurs naturelles calculées (valeurs médianes) dans le cas d'un cours d'eau à bras multiples sont toutefois nettement supérieures à la largeur des variantes étudiées. Dans le cas d'une morphologie à bras multiples, le cours de la rivière sera alors contraint. La morphologie attendue (basée ici sur le diagramme de Da Silva, 2001) indique tout de même une probabilité de 39 % d'obtenir des tresses pour la variante à 350 m et de 30 % pour l'élargissement de 150 m. La capacité de transport solide varie fortement selon la largeur accordée au cours d'eau, en cas de bras simple. Évaluée à 149'000 m³/an (simulation effectuée avec les valeurs moyennes des variables intégrées sous forme de distributions) pour la largeur actuelle du fleuve, elle passe à 31'630 m³/an pour une largeur de 150 m et 350 m. Cette diminution favorise la formation de structures de types bancs alternés ou tresses, ainsi, les probabilités de déposition passent de 3% pour la largeur actuelle à plus de 50% pour des largeurs de 150 et 350 m. Afin de tester la sensibilité du modèle aux quantités de transport solide, deux tendances inverses extrêmes sont simulées : augmentation des extractions, soit un apport suivant une distribution normale N(20'000, 2'500) m³/an ; et diminution des extractions, soit N(80'000, 5'000). Les variations du charriage impliquent un changement important dans la distribution des probabilités liées aux différentes morphologies attendues. La probabilité d'obtenir une morphologie de bancs alternés augmente d'environ 10 % en passant d'un apport faible à un apport correspondant au double de la quantité actuelle, celle d'obtenir une morphologie en tresses varie peu quant à elle, étant données les contraintes latérales (Table 1). La probabilité que la morphologie du tronçon reste rectiligne malgré l'élargissement, supérieure pour la variante 1.5x, découle principalement d'une insuffisance en matériaux.

Table 1. Densités de probabilités liées aux différentes morphologies selon la largeur du tronçon et l'apport en matériaux (Q_s). La longueur du tronçon est fixée ici à 1630 m, ce qui explique les faibles probabilités d'obtenir une longueur insuffisante.

Apport Q _s m ³ /an	Largeur entre les digues					
	150 m			350 m		
	diminué	actuel	augmenté	diminué	actuel	augmenté
Probabilités						
Tresses	0.31	0.30	0.33	0.39	0.39	0.39
Bancs alternés	0.17	0.19	0.28	0.23	0.30	0.32
Rectiligne	0.11	0.19	0.11	0.01	0.00	0.01
Matériaux insuff.	0.41	0.32	0.28	0.34	0.28	0.25
Longueur insuff.	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03

La forme de la distribution des couples hauteurs/vitesses change fortement en fonction de la morphologie attendue, où la plus forte dispersion se rencontre dans le cas des bancs alternés. La répartition des types d'habitats diffère légèrement selon le débit caractéristique utilisé. Le débit estival, en augmentant la hauteur d'eau dans la rivière, diminue le pourcentage de riffles (et parfois des pools) au profit des runs dans le cas d'une morphologie de bancs alternés ou tressée. La

morphologie rectiligne présente, quelque soit la largeur accordée au cours d'eau, une proportion de runs avoisinant les 90% pour un débit estival, et 80% pour un débit hivernal, ce qui indique une grande homogénéité de l'écoulement. De manière générale, les autres morphologies permettent une plus grande diversité d'habitats : les bancs alternés sont plus favorables à la présence de pools et les tresses montrent la proportion de riffle la plus forte. Le nombre absolu de pools, runs et riffles, fonction de largeur de l'élargissement, est supérieur en cas de morphologie en tresse, à l'exception de la variante de 150 m, dont la surface attribuée aux pools dans le cas d'une morphologie de bancs alternés est supérieure en été, malgré une largeur « naturelle » prédite plus importante pour les tresses. Ceci pourrait être expliqué par les hauteurs d'eau plus faibles des tresses.

En faisant varier les débits hivernaux d'une amplitude correspondant au marnage constaté sur le secteur, on assiste à une légère diminution des riffles et des pools au profit des runs pour les morphologies en banc alternés et en tresses (rectiligne : augmentation des pools). De même pour les variations de débits estivaux, les riffles étant principalement touchés dans ce cas (de -2 et -4 %).

4.2 *Modèle 2D à lit mobile*

La simulation hydraulique effectuée pour un élargissement correspondant à 1.5 x la largeur actuelle situé à l'aval de la décharge de Pramont tend vers une morphologie en tresse. La structure du fond du lit montre un écoulement principal situé en rive droite (le fait que l'élargissement soit effectué en rive gauche influence certainement cette caractéristique) et une zone de déposition variable en rive gauche. Deux bancs importants sont présents à l'entrée (diminution de la capacité de transport) et à la sortie de l'élargissement. Des structures se forment le long du tronçon, divisant parfois l'écoulement et créant ainsi des chenaux secondaires qui tendent à se rejoindre le long de l'autre rive. L'observation des différentes étapes de la mise en place de cette topographie laisse penser qu'une largeur légèrement plus importante permettrait le développement d'une morphologie en tresse plus typée, avec formation de chenaux secondaires complets et de bras morts temporaires. L'évolution de la variante 3.5 x n'a pas fait l'objet de simulation 2D. Une extrapolation de la morphologie attendue peut toutefois être effectuée à partir des résultats de la variante 1.5x : tresses avec répétitions sur la largeur des structures.

Le profil en long de l'élargissement montre un exhaussement moyen par rapport au fond moyen actuel de 1.3 m (jusqu'à 2 m). La pente du profil est aussi plus importante. Une partie des structures devraient encore s'exhausser par la suite (phénomène de piégeage des sédiments sur les sommets des bancs par la végétation mise en place non pris en compte dans le modèle).

Table 2. Surface projetée des zones exondées et des différents habitats aquatiques selon les débits moyens hivernaux et estivaux pour la variante 1.5x la largeur actuelle.

Débits	30 m ³ /s		200 m ³ /s	
	m ²	%	m ²	%
Surface mouillée	176,700	100	238,300	100
Pools	65,200	37	65,000	27
Runs	47,000	27	85,800	36
Riffles	64,500	37	87,500	37
Surface exondée	74,900	4	13,300	42
Total	251,600	104	251,600	142

Le lit montre une grande hétérogénéité. Par rapport au fond moyen, les structures s'élèvent jusqu'à 2.4 m et les creux peuvent atteindre 4 à 5 m de profondeur. En faisant passer le débit moyen estival sur la topographie obtenue, la hauteur d'eau moyenne est de 0.8 m (contre 1.7 m dans l'état actuel) avec des maximums locaux d'env. 4.5 m. La vitesse moyenne d'écoulement

est de 1.4 m/s (contre 2 m/s actuellement) avec des pointes allant jusqu'à 5.5 m/s. Pour le débit moyen hivernal, la hauteur d'eau moyenne est de 0.3 m (état actuel : 0.4 m) et présente un maximum de 3.5 m. La vitesse moyenne est de 0.53 m/s (contre 1.2 m/s actuellement) avec un maximum local de 3.5 m/s. A partir des vitesses et des hauteurs, la distribution des habitats selon Jowett (1993) peut être estimée (Table 2). Pour la période estivale, une proportion importante de pools (env. 27 %) est présente. Malgré la hauteur de certaines structures, le débit estival ne laisse que peu de surfaces exondées à l'intérieur de l'écoulement. Le modèle ne prend toutefois pas en considération les élévations supplémentaires dues au piégeage des sédiments. De plus, des hauteurs d'eau extrêmement faibles pour les débits estivaux sont présents pour de nombreuses cellules (environ 6% de la surface mouillée inférieure à 2 cm pour un débit de 200 m³/s), et peuvent être considérées, selon P. Bianco, concepteur du modèle comme nulle. En conséquence, la surface mouillée, en particulier celle des riffles, est ici probablement surestimée.

En faisant varier les débits selon l'amplitude du marnage constaté sur le secteur, on assiste, en période estivale, à une diminution des riffles au profit des runs. La surface projetée concernée, de 3'800 m², reste faible en regard de la surface totale de l'aménagement. La signification des hauteurs d'eau faibles étant sujettes à discussion, il est délicat d'avancer un diagnostic définitif pour les variations de débit en période hivernal.

5 RÉPONSE BIOTIQUE

5.1 Zone aquatique

Selon les résultats du modèle IRRM, les biomasses de périphyton varient peu selon la morphologie. Pour 50% des résultats, elle ne dépasse jamais les 2 g AFDM/m², sauf dans le cas d'une morphologie en tresses pour une largeur de 350 m. L'évolution sur une année de la biomasse du périphyton connaît moins de fluctuations (effondrement de population durant les hautes eaux estivales-décrochement) que dans le cas d'un cours d'eau tressé. L'évolution de la biomasse totale de la population macrozoobenthique prédite par le module Benthos varie, mais dans une faible proportion, d'une part en fonction de la morphologie, et d'autre part en fonction de la largeur accordée au cours d'eau (50% des résultats sont supérieurs à env. 6 g DM/m² pour la largeur actuelle, alors que cette limite passe à 8 g DM/m² à 150 m). Le cas d'une morphologie rectiligne présente un grand nombre de simulations où la population reste proche de zéro. Dans le cas d'une morphologie en tresses, la taille de l'élargissement modifie peu les densités et les fluctuations de la population macrozoobenthique sont fortement atténuées (courbes lisses). Les tresses présentent en effet une probabilité de mise en mouvement du lit faible lors des crues. Selon les résultats du module Faune Piscicole, les probabilités d'obtenir une population viable de truites sont très faibles dans les conditions actuelles (largeur 100 m, morphologie rectiligne). Les densités sont nettement supérieures dans le cas d'une morphologie en tresses où le passage d'une largeur de 150 m à 350 m améliore encore nettement les résultats. La largeur n'affecte que peu les densités dans le cas des bancs alternés (largeur de régime < contraintes latérales). Des variations testées pour des paramètres telles que les quantités d'ammonium, de MES et de mises à l'eau, montrent une grande sensibilité de la réponse, en particulier pour la classe d'âge 0+. Cette sensibilité varie toutefois selon les morphologies, la largeur du tronçon et le paramètre testé.

A travers la synthèse des résultats liés aux modules Benthos et Faune piscicole du modèle IRRM et des scénarios hydrauliques et morphologiques présentés dans le chapitre précédent, une évaluation est établie en collaboration avec R. Bernard, spécialiste des milieux aquatiques. Dans le cas d'une morphologie en tresses, la variante 3.5x présente une surface mouillée élevée, des hauteurs et vitesses d'eau faibles et un niveau de colmatage bas augmentant la surface colonisable et la luminosité, ce qui favorise la densification et la diversification du périphyton. Les populations macrozoobenthique, favorisées par cette offre alimentaire et des conditions d'habitat intéressantes (dont une proportion de riffles plus élevée) peuvent alors répondre aux objectifs, soit un peuplement diversifié à Plécoptères, groupe indicateur donnant une classe IBGN satisfaisante. Ceci profite à la population piscicole, pour laquelle les conditions hydromorphologiques du tronçon apportent en outre des zones de caches et d'abris. Ces constatations restent valables pour la variante 1.5x la largeur actuelle, mais dans une moindre mesure. En ef-

fet, les hauteurs et vitesses d'écoulement sont plus élevées et la surface mouillée plus faible (densité de populations moindres).

La morphologie de bancs alternés ne peut être exclue en cas d'élargissement. Bien que les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement soient plus élevées que dans celui des tresses, la distribution des habitats paraît suffisamment diversifiée pour l'apparition d'une population phyto-benthique dense. De même, les densités de macrozoobenthos devraient répondre aux objectifs fixés. En effet, la proportion de riffles, bien qu'inférieure à celle des tresses, forme tout de même une surface non négligeable de milieux bien oxygénés pouvant abriter une population de Plécoptères. La chaîne trophique se densifiant, les populations de truites augmentent. L'interface riveraine liée à la morphologie de bancs alternés leur est particulièrement favorable, avec la création de caches, entre les bancs, dans les rives colonisées par une végétation alluviale arbustive. Le colmatage, diminué, participe aussi à l'amélioration de leur habitat.

5.2 Zone riveraine

Les résultats du modèle 2D et du modèle IRRM, ont été présentés à C. Roulier, responsable du Service conseil zone alluviale, ainsi qu'à P. Marchesi, zoologue spécialiste de la faune valaisanne, et interprétés à l'aide de l'outil prédictif. Au niveau de la végétation alluviale, la morphologie tressée profite principalement aux espèces liées aux formations herbacées pionnières et aux fourrés de saules, argousiers et myricaires. Les surfaces exondées, pour la variante d'élargissement à 350 m, devraient former, malgré leur dispersion, plusieurs patchs présentant les surfaces et les largeurs nécessaires à l'établissement des successions végétales cibles. La probabilité d'obtenir des compartiments boisés est nettement supérieure à la variante moins large. Ce gain de surface et de diversité permet l'installation d'espèces cibles particulièrement exigeantes comme le chevalier guignette (*Actitis hypoleucos*). La morphologie tressée comporte donc une grande proportion de milieux favorables aux espèces rares et offre, par l'isolement des îlots, l'avantage de la tranquillité aux espèces sensibles. Les résultats du module Faune ripicole, qui montrent une densité en arthropode nettement plus importante dans le cas d'une morphologie non rectiligne, le confirment. Enfin, l'apparition de milieux plus clames (bras morts temporaires), augmenterait de façon notable la biodiversité du secteur.

Selon les variantes d'élargissement, en cas de morphologie en bancs alternés, la zone riveraine voit sa surface quadrupler en passant d'une largeur de 150 m à 350 m. Alors que cette dernière permet l'établissement de l'ensemble de la série alluviale cible, voire d'autres milieux plus stables, la variante 150 m présentent des valeurs limites, en terme de largeur. L'habitat boisé des espèces comme le Rossignol (*Luscinia megarhynchos*) n'y est donc pas représenté. Un nombre plus important d'espèces cibles peut être envisagé dans le cas de la seconde variante, où la diversité floristique autorise l'implantation de nombreuses espèces dont les plus exigeantes en terme de surface d'habitat. Il faut toutefois remarquer que la dynamique de la végétation riveraine ne peut être certifiée en l'absence de données telles que la hauteur finale de la terrasse alluviale et sa relation avec la nappe phréatique.

5.3 Marnage

Concernant les effets du marnage, abordés dans les simulations sous l'angle de la distribution des habitats et d'une estimation grossière des surfaces touchées, les résultats montrent peu de variations selon la morphologie et la taille de l'aménagement. Pour la zone riveraine, les groupements végétaux touchés sont les formations herbacées pionnières dont l'extension est réduite. Concernant la zone aquatique, en cas de morphologie en bancs alternés, les zones de riffles ne présentant pas de chenal préférentiel peuvent souffrir des variations de hauteurs (selon T. Meile, doctorant au LCH-EPFL). Toutefois, cette morphologie devrait globalement limiter l'effet du marnage artificiel en fonctionnant comme un système de « casiers successifs » qui tamponnerait les variations de hauteurs d'eau. Les zones de pools seraient donc moins soumises au marnage. Dans le cas des tresses, les surfaces touchées par le marnage, estimées pour la variante 1.5x la largeur actuelle, sont faibles en regard de celles, potentiellement colonisables, obtenues par l'amélioration de l'ensemble du lit. Dans tous les cas, pour les biocénoses concernées, le bilan global en cas d'élargissement et d'établissement d'une dynamique naturelle est nettement plus favorable que la situation actuelle.

6 CONCLUSIONS

D'un point de vue méthodologique, l'évaluation du potentiel environnemental d'un élargissement local repose d'une part sur la prédiction des conditions hydrauliques et morphologiques du secteur concerné selon les variantes envisagées, et, d'autre part, sur la description de la relation existant entre ces conditions et la réponse biotique. Le modèle IRRM utilisé dans cette recherche a permis d'obtenir une vue synthétique des composants du système fluvial étudié et de leurs relations. Bien que certains des modules nécessitent encore un développement, ce modèle se révèle un outil de décision pratique permettant de tester rapidement la sensibilité du système à de nombreux paramètres. Dans un deuxième temps, une simulation 2D à lit mobile est toutefois nécessaire, afin de confirmer la morphologie attendue (estimée auparavant sous forme de probabilité). La représentation topographique obtenue à l'aide du modèle Topoflow a permis d'obtenir une estimation des surfaces exondées et des distributions des couples hauteurs / vitesses d'écoulement, descripteurs importants de la réponse biotique. Les informations fournies par ces outils se complètent et incitent, par leur confrontation, au jugement critique des résultats qui ont servi de base de discussion avec les experts. L'ensemble de la démarche permet ainsi d'établir des scénarios de développement des biocénoses (milieux et espèces) selon diverses variantes, et de les confronter aux objectifs fixés.

De manière générale, l'élargissement local prévu entre Noës et Granges présente un potentiel de réussite important : la mise à disposition de surfaces supplémentaires apporte en elle-même des potentialités de colonisation importantes. Mais au-delà de la surface rendue au cours d'eau, les résultats montrent que la qualité du milieu restauré, en termes de dynamique, reste l'élément majeur de l'établissement de populations aquatiques et riveraines diversifiées. L'établissement de la dynamique naturelle doit donc être assuré en cas d'élargissement, en garantissant l'apport en matériaux nécessaire et en accordant un espace suffisant au cours d'eau. La largeur de 150 m de la première variante constitue une valeur limite pour la mise en place d'une dynamique naturelle. Une largeur plus importante devrait donc être définie pour le secteur d'application. Celle-ci permettra en retour la présence de communautés végétales et d'espèces riveraines exigeantes d'un point de vue surfaciques, pour lesquels la variante 150 m ne suffit pas.

Enfin, diverses caractéristiques propres au secteur Noës-Granges, renforcées par les résultats de cette recherche, font du secteur d'application un site privilégié pour un élargissement local important. Les paramètres anthropiques tels que le marnage y sont moins importants qu'à l'aval du linéaire du Rhône. En terme de connectivité, le secteur, situé entre Finges et Pouta Fontana présente une localisation particulièrement stratégique. En effet, la zone de Finges n'est pas suffisante au maintien de diverses espèces typiques des zones alluviales. La présence, à une distance raisonnable, d'une zone alluviale possédant le même type de caractéristiques améliorerait grandement le potentiel biologique de la région (Delarze, 2005). Enfin, la morphologie en tresses prédite par le modèle 2D pour le tronçon d'application a peu de chances de se reproduire dans les secteurs d'élargissements ponctuels proposés à l'aval. Avant les corrections du fleuve, la région abritait déjà une des zones de divagation du Rhône les plus importantes de la plaine, or la morphologie naturelle d'une rivière n'est pas due au hasard. En présentant un Rhône revenant à ses premiers amours les résultats tendent à rappeler l'importance des données historiques : « chassez le naturel, ... ».

7 PERSPECTIVES

Les outils utilisés dans cette recherche ont permis de définir des scénarios de développement liés à différentes variantes d'élargissement. Il n'a toutefois pas été possible de restreindre le nombre de ces scénarios, en déterminant, par exemple, avec suffisamment de certitude, la morphologie attendue du secteur d'application. Dans cette optique, la simulation hydraulique effectuée à l'aide du modèle 2D Topoflow (modèle en constant développement), qui a valeur de test, devrait dans un deuxième temps être reproduite sous certaines conditions cadres. Ceci permettrait d'intégrer la dimension temporelle et de tester d'autres variantes d'élargissement. Ainsi, une simulation de la variante d'élargissement à 350 m permettrait de définir plus en détail les bénéfices d'un élargissement important.

Ces démarches fourniraient des réponses aux questions qui n'ont pu être résolues dans le cadre de cette recherche. Certaines connaissances, comme l'exhaussement des îlots dus au phénomène de piégeage des sédiments, manquent pour effectuer une estimation précise des surfaces touchées par le marnage. De même, les effets sur les élargissements locaux des purges et vidanges (alluvionnement des bassins) doivent être approfondis. En matière de transport solide, des simulations 2D décrivant diverses variantes d'évolution du lit en fonction de l'apport en matériaux ou tenant compte du prélèvement de certaines fractions granulométriques faciliterait la question de la gestion des matériaux en fixant les besoins nécessaires à d'une dynamique naturelle et la durée de son établissement.

8 BIBLIOGRAPHIE

- Amoros, C. & Petts, G. E. 1993. *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris.
- Baumann, P. & EAWAG, W., Linnex AG. 2004. Revitalisierung und Benthos der Rhone. Schlussbericht SP I-6, Rhone-Thur Projekt.
- BFU, Chevrier SA, ETEC, IMPACT SA, & W. SA. 1998. 3ème correction du Rhône. Milieux naturels : état actuel, diagnostic et objectifs de revalorisation. Rapport de synthèse. Etat du Valais, SRCE.
- Bianco, P., Genolet, F., Jaeggi, M., & Hunziker, R. 1999. La deuxième correction du Rhône a-t-elle résolu le problème du charriage? *Wasser, Energie, Luft*, 91(3).
- Borsuk, M. E., Reichert, P., Peter, A., Schager, E., & Burkhardt-Holm, P. 2006. Assessing the decline of brown trout (*Salmo trutta*) in Swiss rivers using a Bayesian probability network. *Ecological Modelling*, 192: 224-244.
- BWG, Bundesamt für Wasser und Geologie. 2001. Hochwasserschutz an Fließgewässern, Wegleitung.
- Da Silva, F. 1991. *Alternates bars and related alluvial processes*.
- De Torrente, C. 1964. *La correction du Rhône en amont du Lac Léman*. Berne. Service fédéral des routes et des digues.
- Delarze, R. 2005. *Réseau écologique cantonal pour la plaine du Rhône (REC)*. Concept directeur. p 58: Etat du Valais: SRCE, SFP et Etat de Vaud: SFFN.
- Fatio, V. 1890. *Faune des vertébrés de la Suisse. Volume 5. Histoire naturelle des Poissons*. Genève et Bâle.
- Fatio, V. 1882. *Faune des vertébrés de la Suisse, Volume 4. Histoire Naturelle des Poissons*. Genève et Bâle.
- GR-3, Groupement Rhône 3. 2007. Mesure prioritaire de Chippis: Rapport d'impact sur l'environnement (RIE). SRCE-R3, Etat du Valais.
- Hunziker, Zarn & partners. 2006. Geschiebemodell Rhone: Prioritäre Massnahmen Chippis-Entwurf: Etat du Valais, SRCE.
- Hunzinger, L. 1998. Flussaufweitungen - Morphologie, Geschiebehaushalt und Grundsätze zur Bemessung. *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH.*, 159.
- Idealp, Ingénieurs SA. 2007. TOPOFLOW 2D bed-load hydraulic program, dev. Bianco, P., Sion-Valais.
- Jowett, I. G. 1993. A method for objectively identifying pool, run and riffle habitats from physicl mesurments. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 27: 241-248.
- Mariétan, I. 1968. Drame de la lutte contre l'eau en Valais. *Bulletin de la Murithienne*, 85: 51-71.
- Paetzold, A., Yoshimura, C., & Tockner, K. 2007. Riparian arthropod responses to flow regulation and river chanelisation. Submitted to *Journal of Applied Ecology*.
- Peter, A. 2004. Defizitanalyse Rhone. Powerpoint presentation. Sierre.
- PhycoEco. 2007. Diatomées et état de santé biologique du Rhône valaisan. Etude pilote sur la capacité autoépuratoire de deux tronçons. Version provisoire.: SPE, Etat du Valais.
- Roulier, C., Rast, S., & Hausammann, A. 2007. Outil prédictif du développement des milieux riverains. Rapport (version 2): Service conseil Zones alluviales pour le SRCE-R3, Etat du Valais.
- Schweizer, S., Borsuk, M. E., & Reichert, P. 2007. Predicting the Hydraulic and Morphological Consequences of River Rehabilitation, ETH, Zurich.
- SRCE-R3, Etat du Valais. 2006. Plan sectoriel 3ème Correction du Rhône.
- Tockner, C. K., U. Paetzold, A. Blaser, S. 2004b. Ökologischer Zustand der Rhone: Benthische Evertetraten und Uferfauna. *Wasser Energie Luft*, 11-12: 315-317.
- Yalin, S. & Da Silva, F. 2001. *Fluvial Processes*. Queen's University, Kingston, Canada.