

Analyse des effets et de la durabilité de différents modes de gestion des sédiments au travers du barrage de Verbois

Stéphane PILLET¹,
Jean-François RUBIN², Jan BORGEAUD¹, Stéphane VERDON³

Ms. reçu le 16 août 2006, accepté le 17 septembre 2006

Abstract

Analysis of the effects and durability of different modes of sediments management through Verbois dam. – *The management of sediments through dams is a spiny problem that can have serious technical, financial, social and environmental consequences. The filling of dams' pondages can totally endanger the hydroelectric exploitation of water resources on the long run. The Services Industriels de Genève (Industrial services of Geneva – SIG), long-past aware of this issue, wished to associate to the purely hydraulic reflexion of sediments management elements enabling the consideration of wider aspects. Thus, the study aimed to the development of a decision tool, constituted by an analysis grid of effects and an evaluation grid of durability. This tool allowed the analysis and the evaluation of evacuation scenarios currently considered. It can also be used to elaborate or optimize new scenarios.*

Keywords: dam, sediments management, analysis tool, impacts, durability

Résumé

La gestion des sédiments au travers des retenues est un problème épineux qui peut avoir des conséquences techniques, financières, sociales et environnementales très importantes. Le comblement des retenues des barrages peut même à long terme compromettre totalement l'exploitation hydroélectrique des ressources en eau. Les Services Industriels de Genève (SIG), conscients de la problématique depuis longtemps, ont souhaité associer à la réflexion purement hydraulique de la gestion des sédiments des éléments permettant de prendre en compte des aspects plus larges. L'étude s'est alors orientée vers l'élaboration d'un outil d'aide à la décision constitué d'une « grille » d'analyse des effets et d'une « grille » d'évaluation de la durabilité. Cet outil a permis d'analyser et d'évaluer les scénarios de chasse-vidange actuellement envisagés. Il peut également être utilisé pour optimiser ou élaborer de nouveaux scénarios.

Mots clefs: barrage, gestion des sédiments, outil d'analyse, impacts, durabilité

Introduction

Cette étude pluridisciplinaire mandatée par les Services Industriels de Genève – SIG et le Département du Territoire a été menée par un groupe d'ingénieurs et d'experts copiloté par le Bureau de Travaux et d'Etudes en Environnement – BTEE et par le bureau B+C Ingénieurs SA. Le groupe est constitué de six entités différentes¹.

L'étude a été conçue selon les demandes du mandant comme un outil d'aide à la décision ciblé sur des composantes déterminantes. Elle comprend à la fois une analyse des effets et une évaluation de la durabilité. Aucune pondération ni conclusion d'ordre général

¹ Bureau de Travaux et d'Etudes en Environnement (BTEE), B+C Ingénieurs SA, Géotechnique appliquée Dériaz SA, Ecole d'ingénieurs HES de Lullier, Interface 21 Sàrl, Forces Motrices d'Orsières (FMO)

¹ Bureau de Travaux et d'Etudes en Environnement – BTEE, Voie-des-Traz 20, Case postale 1152, CH-1211 Genève 5 – info@bureaubtee.com

² Ecole d'Ingénieurs HES de Lullier, Filière Gestion de la Nature, Route de Presinge 150, CH-1254 Jussy

³ B+C Ingénieurs SA, rue des Grand-Portes 2, CH-1213 Onex

sur les scénarios évalués n'est apportée par le groupement. Les résultats des deux analyses sont donc uniquement présentés sous la forme d'une grille d'évaluation chiffrée et commentée fournissant des graphiques de synthèse tels que courbe de fièvre ou radar.

Jusqu'à présent, les études scientifiques ou techniques menées sur le Rhône genevois et ayant un lien avec les chasses-vidanges ne répondraient qu'à une problématique précise telle que le taux de survie des poissons ou la qualité des sédiments. Bien que ces études soient sans conteste utiles à la bonne compréhension des paramètres en jeu et ont permis des améliorations dans la gestion des sédiments, il manquait une vision globale de la situation à même de traiter dans un seul document l'ensemble des effets économiques, sociétaux et environnementaux des chasses-vidanges.

Dans le cadre des simulations hydrauliques de différents scénarios de chasse-vidange (AquaVision 2005), il est vite apparu nécessaire de mettre en évidence les points forts et les points faibles de celles-ci à un niveau plus large que la pure problématique de sédimentation.

L'étude présente donc les points forts et les points faibles de différents scénarios de chasse-vidange selon le principe tricéphale du développement durable. Elle permet également une détection précoce des risques et des conflits potentiels de ces variantes afin d'engendrer des améliorations allant dans le sens du développement durable.

La complexité de la tâche a mené à la création du groupement d'experts susmentionné afin de pouvoir analyser, sous forme d'une expertise la plus objective possible, l'ensemble des informations qui nous a été fourni par les Services Industriels de Genève – SIG et le Département du Territoire.

■ Méthodologies

Le déroulement de l'étude suit les étapes suivantes:

- 1 **La présentation des variantes** qui a pour but de décrire les principales caractéristiques des modes de gestion des sédiments.
- 2 **Le choix des domaines et des composantes déterminantes** qui représentent les éléments potentiellement influencés par les différentes variantes.
- 3 **Le choix des critères de durabilité** basés sur les critères fédéraux du développement durable (Conseil Fédéral Suisse 2002) mais adaptés aux spécificités de la problématique des chasses-vidanges.

Tableau 1: Scénarios de chasse des sédiments du barrage de Verbois (données de base Services Industriels de Genève – SIG).

Dénomination dans le cadre de l'étude	Opération	Périodicité
Scénario 1 Chasse triennale	Vidange-chasse (gestion actuelle)	3 ans
Scénario 1 bis Chasse tous les 6 ans	Vidange-chasse à l'automne (scénario actuel optimisé, période, fréquence)	6 ans par exemple
Scénario 2 Passif	Passif sans mesure d'accompagnement	-
Scénario 2 bis Passif avec intervention	Passif avec entretien de l'Arve et/ou du Rhône (dragage, endiguement)	10-20 ans ?
Scénario 3 Actif crue	Abaissement de 2 mètres par débit > 620 m ³ /s (proposition préliminaire d'AquaVision)	~ 5 à 10 fois /an
Scénario 3 bis Actif planifié	Abaissement programmé de 4 mètres	1 ans

- 4 **L'analyse des effets** qui donne une image des impacts et des potentialités d'amélioration des différentes variantes.
- 5 **L'évaluation de la durabilité** qui met en relation les effets et les conflits dans la perspective tricéphale du développement durable afin de dégager les avantages, les inconvénients ainsi que les potentialités d'amélioration du projet.

■ Scénarios

L'étude complète porte sur 6 scénarios différents de gestion des sédiments (Tableau 1). Seuls trois d'entre eux appelés «scénarios principaux» ont fait l'objet d'étude et de modélisation hydraulique au moment de la réalisation de l'étude (AquaVision 2005, AquaVision 2006). Les trois autres scénarios appelés «bis» sont interprétés par les membres du groupe-ment interdisciplinaire.

■ Etat de référence, limites et hypothèses

L'état de référence pour la notation est donné par les conditions post-vidange régnant en 2003. Il est documenté pour l'essentiel par le monitoring 2003 du Rhône (SIG 2006).

Les limites spatio-temporelles de l'étude comprennent:

- Le Rhône genevois de la Jonction au barrage de Chancy-Pougny.
- L'état post-vidange 2003 (état initial) à l'horizon 2050.

Toutes les hypothèses hydrauliques et morphologiques sont tirées des documents fournis par AquaVision Engineering Sàrl et en particulier de l'étude hydraulique et morphologique (AquaVision 2005) et le rapport de synthèse (AquaVision 2006). Aucune investigation de terrain n'a été effectuée dans le cadre de ce mandat.

Domaines et composantes déterminantes

Dans le cadre de l'étude, l'ensemble des éléments potentiellement influencés par un scénario de chasse est inventorié sous forme d'une «mind map» et classé selon quatre domaines principaux:

- 1 Hydraulique, transports solides et sédiments ;
- 2 Exploitation, maintenance et sécurité ;
- 3 Industrie et navigation ;
- 4 Nature, paysage et loisirs.

Sur cette base, le groupement et le groupe de pilotage ont défini des points clés appelés «composantes déterminantes» (Tableau 2).

Ce sont ces dernières qui sont analysées, évaluées et commentées dans le cadre de l'analyse des effets des différents modes opératoires.

Le choix effectué dans le cadre de ce travail porte sur une échelle cardinale homogène avec un incrément de 1, voire 0.5 lorsque cela est nécessaire pour différencier légèrement un scénario par rapport aux autres, allant de «-2» pour les effets les plus négatifs à «+2» pour les effets les plus positifs. Cette échelle est appliquée à l'ensemble des composantes déterminantes indépendamment du caractère quantifiable ou non de celle-ci.

Pour des raisons de temps et d'efficacité, il a été choisi dans cette étude de faire appel à une analyse d'ordre général car il n'est pas envisageable de présenter de manière systématique et rigoureuse l'ensemble des éléments sous leur forme quantitative et/ou qualitative.

Tableau 2: Composantes déterminantes retenues pour l'analyse des effets.

Hydraulique, transports solides et sédiments	Exploitation, maintenance et sécurité liées à l'exploitation hydroélectrique
Dépôts, volumes utiles	Production d'énergie (y. c. pertes de production)
Erosion du fond	Equipements et maintenance
Bathymétrie (maintien gabarit écoulement)	Sécurité des équipements
Glissements et instabilités de terrain	Synchronisation administrative avec les ouvrages en aval
Nappes phréatiques	Stabilité des barrages
Débordement cours d'eau	Coûts d'exploitation
Impact sédimentaire sur Rhône français	
Nature, paysage et loisirs	Industrie et navigation
Flore rivulaire et aquatique	Exploitation des voies navigables et accès aux quais
Avifaune	Prises d'eau et rejets
Poissons	De même, leur transposition sur l'échelle cardinale implique des indicateurs, des normes et des référentiels qui sont actuellement manquants. Il a également été jugé raisonnable de ne justifier les résultats de l'expertise qu'au moyen d'éléments clés du projet et du contexte qui ont une forte influence sur le critère en question.
Castors	
Sites d'intérêts particuliers	
Qualité des eaux et MES	
Perception paysagère et écomorphologie	
Pêche	
Loisirs	
Sécurité du Rhône et des berges	

Valeur d'appréciation, méthodologie d'analyse et d'évaluation pour l'analyse des effets

L'échelle de notation adoptée est de type relatif, c'est-à-dire qu'elle tient compte de la différence d'un scénario par rapport aux autres. L'importance de la différence est reflétée par l'ampleur de variation de la note. La note 0 correspond à la situation à l'état de référence post-vidange 2003. Cet état de référence présente l'avantage d'être bien connu et documenté par le monitoring 2003 du Rhône (SIG 2006).

Critères de durabilité

L'évaluation de la durabilité a été réalisée au travers de critères de durabilité déterminés sur la base de la Stratégie 2002 du Conseil Fédéral (Conseil Fédéral Suisse 2002), des Indicateurs centraux pour le développement durable des villes et cantons (OFS, OFEFP, ARE 2003), ainsi que des champs thématiques et indicateurs de la Boussole bernoise du développement durable (BVE 2004).

Les 12 critères de durabilité utilisés (4 par dimension du développement durable) sont brièvement décrits dans le tableau 3:

Tableau 3: Critères de durabilité et lien avec les composantes déterminantes de l'analyse des effets.

Critères de durabilité	Description
Environnement	
Biodiversité	Conservation de la diversité des espèces, protection et préservation des habitats
Espaces naturels de valeur	Préservation des surfaces proches de l'état naturel
Qualité de l'eau et des sédiments	Protection des eaux, diminution des concentrations de substances polluantes dans l'eau et les sédiments, physico-chimie
Régime des eaux	Maîtrise du régime hydraulique et transport sédimentaire
Economie	
Compétitivité	Bilan des coûts de production, bénéfices et pertes. Maintien et création d'emplois
Investissements	Maintenance, transformations, développements et durée de vie des installations en lien avec les investissements réalisés
Capacité d'innovation et recherche de performance	Acquisition d'un savoir-faire, promotion de la recherche et du développement
Utilisation efficace des ressources et vérité des coûts	Efficience et transparence, application du principe du pollueur-payeur, augmentation de la collaboration et des partenariats
Société	
Qualité du paysage	Minimisation des atteintes, préservation et revalorisation des paysages naturels
Sécurité des biens et des personnes	Problématique des inondations, instabilités et glissements de terrain. Maîtrise et réduction des risques d'accidents et d'incidents.
Coopération supra-régionale	Collaboration administrative (coordination) et technique (gestion des sédiments), co-financement et partenariat Suisse-France
Communauté et loisirs	Concertation, coopération et information des associations d'intérêts et de la population. Maintien, promotion et soutien des activités des sociétés de loisirs.

Valeur d'appréciation, méthodologie d'analyse et d'évaluation de la durabilité

Pour l'évaluation de la durabilité, une échelle de notation relative de -2 (effets très négatifs dans une optique de développement durable) à +2 (effets très positifs) a été utilisée pour l'appréciation de chaque

critère, selon sa réponse aux objectifs de durabilité. La note 0 correspond à des effets neutres ou négligeables.

La définition des liens entre l'analyse des effets, l'évaluation de la durabilité et les critères de durabilité est complexe et ne relève pas d'un processus mécanique

Tableau 4: Extrait du tableau d'analyse des effets

Composantes déterminantes	scénario 1 « chasse triennale »		scénario 2 « passif »		scénario 3 « actif crue »	
	Effets	Commentaires	Effets	Commentaires	Effets	Commentaires
Exploitation des voies navigables et accès aux quais	-0.5	Rehaussement à long terme du fond du lit et diminution de la largeur du chenal (max. 20 m sur largeur actuelle de 120 m). De façon générale, pas d'atteintes majeures à la navigation (y compris accessibilités aux débarcadères). Navigation toujours possible mais moins aisée (p. ex. visibilité en cas de brouillard) de par la diminution de la largeur du chenal et les vitesses d'écoulement plus élevées. Rehaussement du niveau d'eau de max. 40 cm à la Jonction.	-1.5	La voie navigable après 48 ans sans vidanges maintient des profondeurs de l'ordre de 4 à 5 m sur des largeurs de l'ordre de 50 m minimum. Formation d'un chenal d'écoulement préférentiel. Navigation toujours possible, mais moins aisée (p. ex. visibilité en cas de brouillard) de par la diminution de la largeur du chenal (60 %) et les vitesses d'écoulement plus élevées. Accès aux débarcadères potentiellement diminués (comblement et rehaussement de la ligne d'eau localement).	-0.5	Rehaussement à long terme du fond du lit et diminution de la largeur du chenal, moins importants que pour le scénario 2. Navigation toujours possible mais moins aisée (p. ex. visibilité en cas de brouillard) de par la diminution de la largeur du chenal et les vitesses d'écoulement plus élevées. De façon générale, pas d'atteintes majeures à la navigation (y compris accessibilités aux débarcadères).

(p. ex. moyenne arithmétique), mais plutôt d'une appréciation d'experts sur la base de leurs expériences et connaissances dans le domaine et sur l'objet d'étude.

Résultats et analyse des effets des 3 scénarios

L'analyse des effets présente donc des résultats notés sous forme de tableaux synthétiques où chaque ligne résume les éléments clés de la réflexion en regard de la composante déterminante. Ces éléments sont ensuite repris dans une synthèse qualitative globale avec courbes de fièvre (Fig. 1) qui constitue l'aboutissement de l'analyse.

Dans le cadre de cette publication, il n'est pas envisageable pour des raisons d'espace disponible de présenter l'ensemble des résultats. C'est pourquoi, seul un extrait du tableau d'analyses des effets (Tableau 4) est proposé au lecteur. Il a pour vocation de démontrer la démarche et la forme de l'analyse mais en aucun cas de représenter de manière significative l'ensemble des résultats.

Synthèse

Les principaux points positifs qui caractérisent le scénario 1 «chasse triennale» concernent une gestion et une exploitation facilitée du Rhône et des ouvrages hydroélectriques avec une gestion efficace des transports solides. Sur le plan environnemental, les chasses triennales ont un impact très négatif sur la faune (oiseaux, castors et poissons).

Pour le scénario 2 «passif», du point de vue de l'environnement, l'état d'équilibre sera rapidement atteint permettant à l'horizon 2050 de trouver des rives du Rhône avec une végétation et une faune riches et intéressantes. La divagation du cours d'eau, avec des vitesses d'écoulement diversifiées permettra une diversité des milieux propices à la biodiversité. Tous ces avantages biologiques favoriseront indéniablement les aspects de loisirs (promenade, sports, pêche, etc.). Malgré les nettes améliorations pour la faune piscicole, il subsiste un problème majeur lié à l'exploitation du barrage, celui du marnage journalier.

Les principaux points négatifs du scénario 2 concernent l'exploitation, la maintenance des ouvrages et les risques d'inondation accrus (Jonction). Des investissements seront probablement obligatoires pour garantir les conditions imposées par l'ordonnance sur la sécurité des ouvrages d'accumulation du 7 décembre 1998 (RSS 721.102). De nombreuses prises d'eau et exutoires devront être adaptés pour rester opérationnels.

Le scénario 3 «actif crue» est une méthode de gestion plus favorable aux espèces piscicoles d'eau calme que le scénario 1 «chasse triennale». La gestion sédimentaire proposée par ce scénario permet de limiter le risque d'inondation à la Jonction sans toutefois l'éviter complètement. Le marnage fréquent engendrera des éboulements de bords de sédiments sur les rives pouvant dégrader les milieux naturels qui s'y développent. La fréquence plus ou moins importante des chasses aura d'importants effets négatifs sur la faune. La période printanière étant la plus susceptible de voir des crues se développer, l'impact sur la

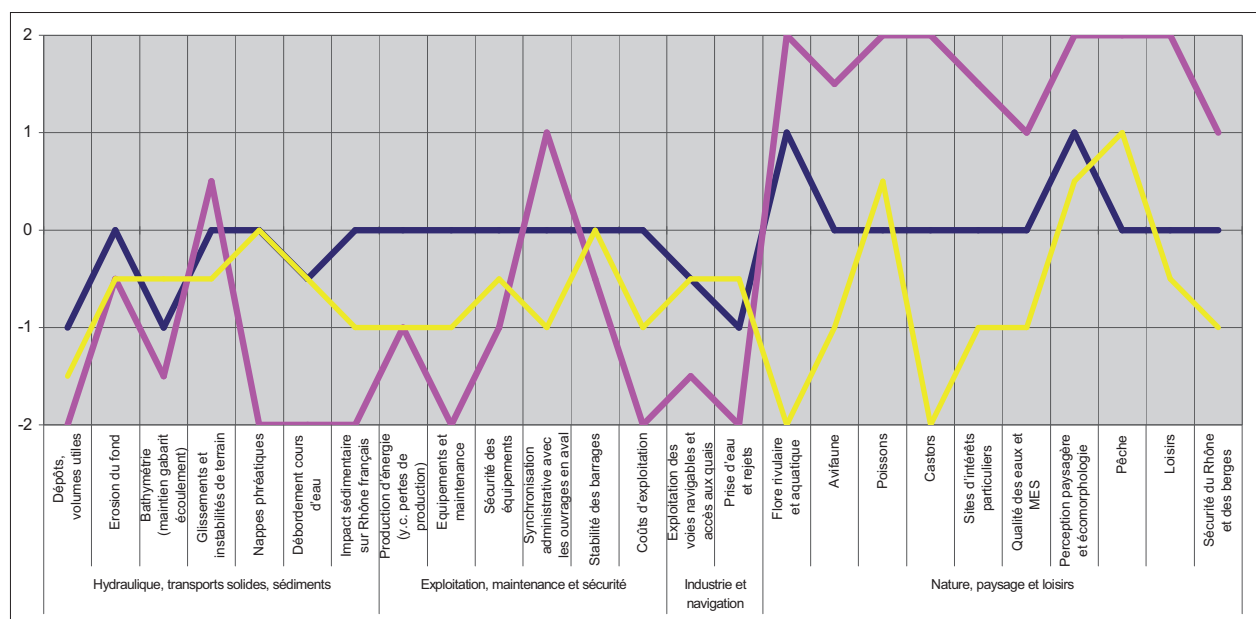


Fig. 1: Comparaison des effets des scénarios sur les composantes déterminantes.

Tableau 3: Extrait du tableau d'analyse de la durabilité

Critères de durabilité	Scénario			Commentaires
	1	2	3	
Biodiversité	-1.5	+2	-2	L'intervalle entre les chasses triennales ne permet pas au peuplement de poissons de se reconstituer. Impact fort sur les oiseaux piscivores l'année suivant la chasse-vidange. Préservation voire extension des roselières avec l'abandon des chasses, ainsi que développement des populations d'oiseaux liés à l'eau. Répétition des chasses durant l'année (scénario 3) est néfaste pour l'ensemble des oiseaux liés à l'eau et les castors (fréquence des perturbations).
Investissements	+2	-2	+1	Le mode d'exploitation choisi, avec chasse programmée, avec chasse « naturelle » et sans chasse, induit des investissements liés à la maintenance courante des équipements (scénario 1), à la modification importante des installations (scénario 2) et à un entretien limité à la partie supérieure (scénario 3).

reproduction des espèces sera catastrophique. La planification et la sécurité au moment des crues, importantes et rapides, pourraient poser des problèmes de coordination avec les différents usagers du Rhône.

portoriés pendant l'analyse. Elle nécessite toutefois l'élaboration d'études et de simulations complémentaires afin d'en contrôler plus précisément les implications.

Piste d'optimisation des scénarios

Suite à l'analyse des effets, trois pistes d'optimisation pour chacun des scénarios sont définies. Cette approche permettrait de régler certains problèmes ré-

Il s'agit d'optimiser la chasse-vidange en évitant les périodes sensibles pour la faune: calculer l'espace maximum envisageable entre les chasses-vidanges et étudier les implications de la modification du point de basculement du plan d'eau de la retenue.

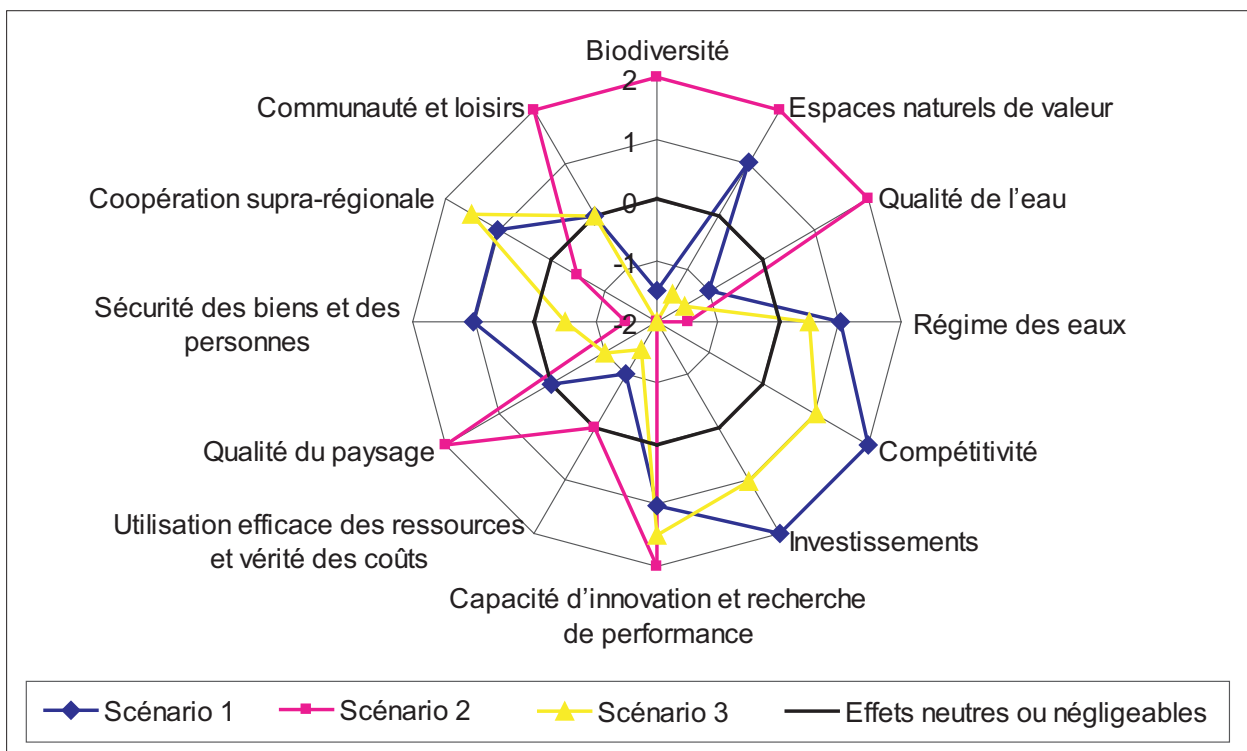


Fig. 2: Etoile de la durabilité des différents scénarios de chasse-vidange du barrage de Verbois.

■ Analyse et évaluation de la durabilité

Le développement est dit durable s'il garantit la satisfaction des besoins des générations actuelles sans compromettre les possibilités des générations futures de satisfaire les leurs (Brundtland 1987).

Le développement durable repose sur trois dimensions: la responsabilité environnementale, l'efficacité économique et la solidarité sociale.

L'évaluation de la durabilité constitue ainsi un instrument d'information et d'aide à la décision permettant de visualiser les répercussions multiples d'un projet sur l'environnement, l'économie et la société. Cette évaluation ne doit pas occulter les résultats sectoriels et plus détaillés de l'analyse des effets réalisée en amont.

Les résultats de l'évaluation de la durabilité sont présentés dans le tableau 5. Dans le cadre de cette publication, il n'est pas envisageable pour des raisons d'espace disponible de présenter l'ensemble des résultats. C'est pourquoi, seul un extrait du tableau d'évaluation de la durabilité est proposé au lecteur. Il a pour vocation de démontrer la démarche et la forme de l'analyse mais en aucun cas de représenter de manière significative l'ensemble des résultats.

■ Synthèse

Pour favoriser la lisibilité des résultats, ces derniers sont représentés graphiquement (Fig. 2 et Fig. 3). Il ressort de l'évaluation de la durabilité que:

- le scénario 1 (chasses triennales) répond aux objectifs des dimensions économiques et sociales du développement durable. Ce scénario n'a globalement aucun effet négatif marqué sur la dimension environnementale si on la considère dans son ensemble. Toutefois, il porte atteinte à la biodiversité et à la qualité des eaux.

- le scénario 2 (passif) ne répond pas ou que partiellement aux objectifs économiques: seul le critère «Capacité d'innovation et recherche de performance» est noté positivement. Il contribue par contre considérablement à la dimension environnementale, avec néanmoins une atteinte au régime des eaux (volumes déposés sur le cours d'eau et comblement des retenues assez importants). La dimension sociale est largement favorisée, si ce n'est pour le critère «sécurité des biens et des personnes» lié aux problèmes d'inondations.

- le scénario 3 (actif crue) est très négatif du point de vue de l'environnement et en particulier pour la «Biodiversité», les «Espaces naturels de valeur» et la «Qualité des eaux». La dimension économique est légèrement favorisée avec notamment le critère «Capacité d'innovation et recherche de performance», car il nécessite une adaptation des pratiques actuelles, non liées à un programme, mais à un comportement naturel du cours d'eau. Au point de vue social, ce scénario est globalement neutre avec des effets très positifs pour la «Coopération supra-régionale», des effets négatifs pour la «Qualité du paysage» et la «Sécurité des biens et des personnes». Des effets neutres sont constatés pour le critère «Communauté et loisirs».

■ Conclusion

Cette étude exploratoire constitue une première étape visant à mettre en lumière les éléments prépondérants à prendre en considération pour optimiser la gestion des sédiments du barrage de Verbois. L'étude est basée entièrement sur les données disponibles actuellement, ainsi que sur des simulations et des avis d'experts. Les trois scénarios analysés ont permis de tester l'outil, tout en mettant en évidence les pôles dans lesquels chacun des scénarios doit être amélioré pour permettre de déterminer la gestion sédimentaire du Rhône la plus adéquate et durable possible.

Les différents scénarios évalués devront cependant être affinés, en testant des scénarios alternatifs qui devraient permettre de se rapprocher de la solution

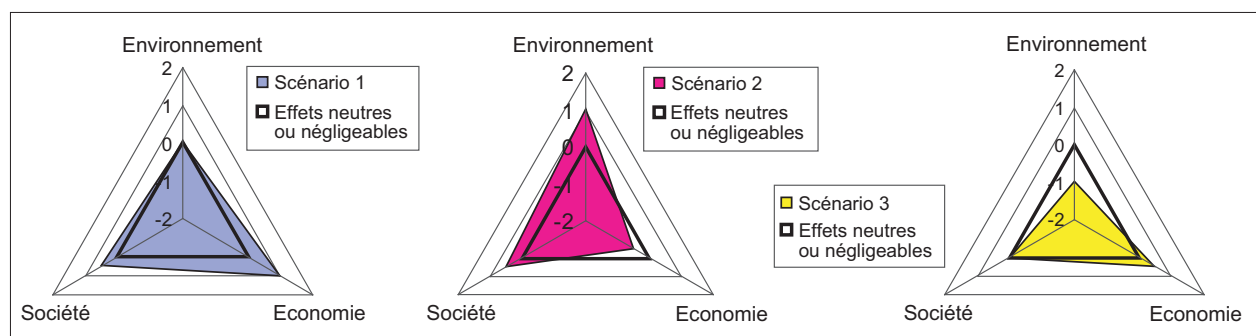


Fig. 3: Radars pour la comparaison des effets des scénarios de chasse-vidange du barrage de Verbois sur les trois dimensions du développement durable.

la plus optimale possible en termes de développement durable. L'outil méthodologique développé dans le cadre de ce mandat pourrait être réutilisé pour évaluer au besoin d'autres scénarios de gestion de sédiments.

Les résultats de l'étude réalisée constituent une aide à la décision qui permettra aux instances concernées de choisir en connaissance de cause la future gestion du Rhône et de ses sédiments, sur la base des points clés et des pistes d'optimisation mis en évidence.

Références

- **AQUAVISION.** 2005. Barrage de Verbois – Etude hydraulique et morphologique, AquaVision Engineering Sàrl, Ecublens, 139 p.
- **AQUAVISION.** 2006. Barrage de Verbois – Etude hydraulique et morphologique – Rapport de synthèse. AquaVision Engineering Sàrl, Ecublens, 53 p.
- **BVE** 2004. La boussole bernoise du développement durable – Guide, Berne, 14 p.
- **CONSEIL FÉDÉRAL SUISSE.** 2002. Stratégie 2002 pour le développement durable, Berne, 41 p.
- **OFS, OFFEP, ARE.** 2003. Le développement durable en Suisse – Indicateurs et commentaires, Neuchâtel, 92 p.
- **SIG.** 2006. Monitoring 2003 du Rhône. SIG, Genève.