

Outil d'aide

Domaine de gestion

Charriage

Octobre 2015

Contrôle des modifications

Version	Date	Poste chargé de l'exécution	Remarques/type de modification
1.0	04.04.2009	Ambio, MH	Elaboration
1.1	09.04.2015	Ambio, MH	Elaboration
2.0	12.06.2015	Ambio, MH	Révision
3.0	03.07.2015	Ambio, MH	Remaniement après atelier des auditeurs spécialisés
4.0	03.09.2015	Ambio, MH	Remaniement après séance de la Commission spécialisée pour l'énergie hydraulique

Vérification

Version	Date de la vérification	Poste/s chargé/s de la vérification	Remarques
1.1	29.05.2015	Experts spécialisés AquaPlus	Vérification critique, commentaires
2.0	02.07.2015	Atelier des auditeurs spécialisés	Vérification critique, commentaires
3.0	01.09.2015	Commission spécialisée pour l'énergie hydraulique	Vérification critique, commentaires

Validation

Version	Date de validation	Poste/s chargé/s de la validation	Remarques
2.0	12.06.2015	Ambio, MH/VUE GL	Projet pour l'atelier des auditeurs spécialisés
3.0	04.07.2015	Ambio, MH/VUE GL	Projet pour la Commission spécialisée
4.0	03.09.2015	Ambio, MH/VUE GL	Projet pour le comité du VUE

Objectif du document

Ce document sert de liste de contrôle aux auditeurs spécialisés dans le domaine de l'énergie hydraulique; il leur sert aussi d'outil d'interprétation pour évaluer si les exigences de base pour le domaine de gestion «Charriage» sont respectées. Il doit aussi aider à harmoniser les évaluations des différents auditeurs spécialisés et soutenir les exploitants dans l'élaboration des concepts de gestion grâce des exigences de base plus précises.

1 Synthèse

1.1 Bases juridiques applicables

LEaux	Art. 1; Art. 43a;
OEaux	Art. 42; 42a; 42b; 42c; Annexe 1, chiffre 1, alinéa 2; 4a chiffres 1 et 3
LFSP	Art. 1 alinéas 1a et b; Art 7; Art. 9, alinéa 1a, c; Art 10
OLFSP	Art. 5, alinéa 1; Art. 9b, alinéa 3; Art. 9c; Annexe 1; Annexe 4
LPN	Art. 18, alinéa 1 _{bis}
OPN	Art. 14, alinéa 3; alinéa 6; Annexe 1; Annexe 2; Annexe 3; Annexe 4;
Ordonnance sur les zones alluviales	Art. 1; Art. 4; alinéas 1a-c; Annexe 1
Loi fédérale sur l'aménagement des cours d'eau	Art. 4, alinéa 2

1.2 Autres sources d'informations à prendre en compte

Aménagement du territoire	Plans directeurs cantonaux Plans d'affectation cantonaux
Cours d'eau	Assainissement du régime de charriage - Planification stratégique Assainissement des éclusées - Planification stratégique Revitalisation des cours d'eau - Planification stratégique Plan général d'évacuation des eaux (PGEE) Plan régional d'évacuation des eaux (PREE)
Biodiversité	Stratégie Biodiversité Suisse (y.c. plan d'action) Réseau Écologique National (REN) Objets de protection de la nature d'importance communale Liste des espèces nationales prioritaires, banque de données du Centre Suisse de Cartographie de la Faune (CSCF) Base de données Info Flora (plantes)

1.3 Littérature

- [1] Hunziker, A., et al (2014), «Abschätzung der mittleren jährlichen Geschiebelieferung in Vorfluter» (Évaluation de l'apport moyen annuel de charriage dans les milieux récepteurs). Guide pratique, sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Juillet 2014, 75 pages.
<http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/04854/index.html?lang=fr>

- [2] Schälchli U., Kirchhofer A. 2012: Assainissement du régime de charriage. Planification stratégique. Un module de l'aide à l'exécution Renaturation des eaux. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique N° 1226: 74 pages.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01694/index.html?lang=fr>

- [3] Hunziker et al. (2007): «Reaktivierung des Geschiebehaushalts in Schweizer Fliessgewässern, Massnahmen und Kosten» (Réactivation du charriage dans les cours d'eau de Suisse, mesures et coûts), avril 2007, Schälchli, Abegg + Hunzinger, Hunziker, Zarn & Partner.
<http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/04854/index.html?lang=fr>

- [4] Schälchli et al. (2005): «Geschiebe- und Schwebstoffproblematik in Schweizer Fliessgewässern» (Problème du charriage et des matières en suspension dans les cours d'eau de Suisse). Schälchli, Abegg + Hunzinger, Hunziker, Zarn & Partner. Novembre 2005, 24 pages.
<http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/04854/index.html?lang=fr>

- [5] Baumann P., Kirchhofer A., Schälchli U. (2012): Assainissement des éclusées - Planification stratégique. Un module de l'aide à l'exécution Renaturation des eaux. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique N° 1203: 126 pages.

- [6] Hütte M., Niederhauser P. (1998): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Ecomorphologie niveau R (région). Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. Informations concernant la protection des eaux N° 27, 49 pages.

- [7] Binderheim E., Göggel W. 2007: Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Aspect général L'environnement pratique N° 0701. Office fédéral de l'environnement, Berne. 43 pages.

- [8] Stucki P. 2010: Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Macroinvertébrés - niveau R (région). Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique N° 1026: 61 pages.

- [9] Schager E., Peter A. (2004): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Poissons, niveau R (région). Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. Informations concernant la protection des eaux N° 44, 65 pages.

- [10] Schmutz S. 2003: Einfluss erhöhter Schwebstoffkonzentration und Trübe auf Fische, Literaturstudie; sur mandat de l'association des pêcheurs de Basse-Autriche (Niederösterreichischer Landesfischerverband). 80 pages.

2 Respect des exigences de base

2.1 Principes généraux

Les exigences de base à respecter sont documentées et faciles à comprendre

Les exigences de base à respecter doivent être documentées de manière appropriée (calculs, statistiques, graphiques, photos, plans, rapports etc) et justifiées de manière plausible. L'auditeur spécialisé doit pouvoir s'appuyer sur des indices. Même si cela est évident, il faut toujours le garder à l'esprit lors de l'évaluation des concepts de gestion.

Charriage artificiel

Le charriage artificiel est admis aux conditions suivantes:

- Le transport par charriage a fait l'objet d'une étude du régime de charriage (concept de gestion).
- L'objectif est d'atteindre un équilibre du flux des matériaux charriés.
- La composition des matériaux, la granulométrie et la quantité des matériaux charriés correspondent à ceux d'un charriage naturel.
- On peut avoir recours au charriage artificiel uniquement lorsque le charriage naturel n'est pas possible.
- Dépôts d'anciens matériaux de charriage contaminés au fond de la retenue. Prélèvement de nouveaux matériaux de charriage non pollués dans la queue de retenue pour les déposer dans le bief aval.

Quand faut-il faire une étude du régime de charriage ?

En principe, toutes les centrales doivent prouver que le flux de charriage se fait en temps quasi réel. Le charriage dans les grands fleuves suisses et de nombreux petits cours d'eau a déjà fait l'objet d'études menées ces derniers temps dans le cadre de l'assainissement du charriage et de projets de protection contre les crues. Pour les petits tronçons influencés par des centrales, il suffit de faire des estimations mathématiques simples et une visite sur place (documentée par des photos). Il faut envisager une étude détaillée du régime de charriage dans les circonstances suivantes :

- Pour les longues retenues fluviales dans les grands fleuves.
- Les objectifs d'assainissement du charriage ne sont pas encore atteints dans la zone d'influence de la centrale. L'étude sert à déterminer le potentiel de valorisation et des scénarios de mesures.
- Les données de base du chapitre 2.2.1 donnent à penser que le régime de charriage est perturbé.
- Centrales au fil de l'eau et centrales avec dérivation sur les grands fleuves. Centrales avec longues retenues, longs tronçons à débit résiduel (> 1 km) et chaînes de centrales dans les cours d'eau plus petits.
- Centrales à accumulation (réservoirs journaliers, hebdomadaires et annuels) avec grands bassins versants directs ou indirects.
- Écosystèmes situés en aval de la centrale et dans lesquels pourrait apparaître un appauvrissement écologique en raison du manque de charriage (par ex. forêts alluviales). Il est souvent possible de trouver d'autres intéressés pour réaliser une étude du régime de charriage sur les grands cours d'eau, permettant ainsi à l'exploitant de la centrale d'en partager les frais.

A quelle fréquence faut-il répéter les études du régime de charriage ?

Une étude du régime de charriage reste valable tant qu'il n'y a pas de modification importante des conditions hydrologiques et morphologiques du bassin versant. Dans les petits bassins versants, un

tel changement peut par exemple intervenir après une forte crue. Il faudrait néanmoins dans tous les cas vérifier les effets de la gestion du charriage après 5-10 ans.

Règles de base pour l'utilisation des modèles de calcul et de simulation

Les puissants ordinateurs dont on dispose actuellement permettent d'utiliser des modèles de calcul et de simulation pour créer des scénarios ou vérifier des hypothèses à l'échelle spatio-temporelle de manière plus précise. Il existe tellement de modèles pour les eaux souterraines, le débit, le charriage et les habitats qu'il est impossible pour un auditeur spécialisé de tous les connaître. Il faut donc respecter quelques règles de base pour éviter de perdre des heures à étudier des descriptions de modèles ou de choisir au hasard:

- A part la désignation du modèle, il faut indiquer spécifiquement le type de modèle (modèle empirique élaboré à partir d'analyses de corrélation et de régression, modèle purement physique, modèle bi ou tridimensionnel avec des éléments finis, etc). Il faut ensuite préciser si l'on désire simuler des conditions stationnaires (steady-state) ou non stationnaires. Ces indications facilitent énormément la compréhension fondamentale et l'appréciation des résultats.
- Lister les variables d'entrée (données de l'input), indiquer comment elles ont été récoltées ou d'où elles ont été tirées, et lister les valeurs de sortie (output).
- Créer la transparence, c'est-à-dire valider le modèle par rapport au système concret à modéliser (comparaison des résultats observés avec les résultats de la simulation, erreurs maximales tolérées, etc).

Nécessité de contrôler les résultats et des programmes de suivi

Les résultats des mesures imposées ou décidées dans le cadre de la première certification, d'une recertification ou d'un projet financé par un fonds écologique doivent être contrôlés. Pour cela, une enquête unique ou un programme de suivi limité dans le temps (jusqu'à ce que des résultats positifs soient observés) peuvent suffire.

Précision: La caractérisation des communautés présentes (poissons, invertébrés aquatiques, couverture végétale) fait partie intégrante de la première certification. Les données plus anciennes que 5 ans ne peuvent pas être utilisées à cet effet.

Des investigations supplémentaires peuvent être exigées entre les recertifications dans certains cas justifiés. Ces raisons sont:

- Modifications constructives et opérationnelles de la centrale, dont on ne peut pas clairement prévoir les conséquences temporelles et spatiales quant au respect des exigences de base et au maintien de la qualité des projets réalisés financés par les fonds écologiques. Par exemple après des interventions dues à la centrale comme les curages, une modification du débit résiduel, une modification du régime d'éclusées ou des modifications du régime d'exploitation suite à des perturbations imprévues; mais aussi après des interventions de tiers, comme les ouvrages hydrauliques, des mesures de revitalisation et la modification du système d'évacuation des eaux d'agglomération, qui peuvent nécessiter des adaptations du mode d'exploitation de la centrale pour remplir les exigences de base.
- Modifications des conditions-cadres générales dans le réseau hydrographique (par exemple après des crues extrêmes, une modification du régime de charriage, des modifications générales du bilan des matières, des conditions physiques, de l'hydrologie, de la biodiversité, etc), nécessitant d'adapter continuellement le concept de gestion.

2.2 Contrôle général du système

De manière générale, il faut prouver et documenter que le charriage se fait régulièrement lors des crues dans la zone d'influence de la centrale, et que l'input des matériaux apportés par charriage dans le périmètre du système correspond à la quantité de matériaux charriés hors de ce même périmètre dans un court intervalle de temps (1-2-ans). La zone d'influence de la centrale ne concorde pas toujours avec le tronçon sous concession. Ont une influence au-delà de leur tronçon de concession les centrales dont la retenue fait l'objet d'une extraction de gravier à des fins commerciales par des tiers, ou les centrales avec des volumes d'accumulation importants dans lesquels les matériaux de charriage sont retenus longtemps. Dans ces cas-là, le déficit en matériaux de charriage peut s'étendre bien au-delà du tronçon sous concession.

Données de base

Les indicateurs hydrauliques et morphologiques suivants permettent d'évaluer l'existence d'un éventuel problème de charriage dû à la centrale:

Courbes des débits classés, statistique des crues

Courbes des débits classés du débit naturel et du débit influencé par la centrale (tronçon à débit résiduel, tronçon à éclusées). Débits de crue non récurrents annuellement (HQ2, HQ10, HQ50, HQ100) calculés ou repris des statistiques des crues.

Profil en long du fond du lit:

Profil en long du lit du cours d'eau dans le périmètre d'influence de la centrale. Les tronçons présentant un fort gradient de pente doivent être distingués du reste. Les profils du lit doivent être documentés par des séries chronologiques si disponibles.

Granulométrie:

Granulométrie (relevée sur la base d'échantillons prélevés en ligne) des matériaux de fond dans le cours amont, le tronçon sous concession et le bief aval. Pour les longues concessions, la granulométrie doit être relevée en plusieurs endroits de ces tronçons.

Colmatage:

Taux de colmatage du fond du lit aux endroits représentatifs du périmètre du système. A relever au moins dans le cours amont, la retenue, le tronçon à débit résiduel (si pertinent), le bief aval.

Morphologie du cours d'eau:

Profils transversaux typiques des différents tronçons (voir pente), macrorugosité, ramifications, part végétalisée du profil du cours d'eau, proportion de la surface avec bancs de gravier. S'il existe des modèles de terrain du cours d'eau, ils peuvent être utilisés. Au sens strict du terme, les paramètres écomorphologiques du SMG niveau R ne sont des indicateurs probants que pour la classe d'état

«naturel».

Fonctionnement technique d'une retenue

La documentation concernant les retenues existantes doit contenir une description du fonctionnement de leur régime de charriage.

Documentation photographique:

Le lit du cours d'eau tel qu'il se présente dans le périmètre d'influence de la centrale (délimitation par rapport au facteur «charriage») doit être documenté de manière représentative par des orthophotos (grands cours d'eau) et/ou par des photos prises in situ.

Une grande partie des informations existe en principe déjà; il faut donc seulement actualiser les données concernant la granulométrie, le taux de colmatage et la documentation photographique. Dans de nombreux cas, on peut aussi recourir aux informations contenues dans la planification stratégique des cantons sur le régime de charriage.

Influence de tiers, comparaison avec un tronçon et un scénario de référence

Les atteintes dues à des acteurs externes à la centrale (exploitation commerciale de gravier, dépotoirs à alluvions, extractions de gravier à titre de protection contre les crues, aménagement de cours d'eau) et limitant la capacité à remplir les exigences de base pour la gestion du charriage dans le périmètre du système, doivent être justifiées.

Souvent, le régime de charriage est altéré et nécessite un assainissement déjà loin en amont du périmètre d'influence d'une centrale. Les mesures d'assainissement du régime de charriage doivent être entreprises d'ici à 2030 au plus tard. Il pourra s'écouler encore plusieurs années à décennies d'ici à ce que les objectifs d'assainissement soient atteints.

Ce sont donc le statu quo à l'amont du périmètre influencé par la centrale (tronçon de référence) de même qu'un scénario de référence décrivant les conditions de charriage dans le tronçon une fois que les objectifs d'assainissement auront été atteints qui sont déterminants pour la certification. L'exploitant doit donc prouver que a) son installation est à même d'assurer le transport par charriage des matériaux présents au moment de la certification et que b) après avoir atteint les objectifs d'assainissement, son installation pourra assurer un charriage en temps quasi réel des matériaux arrivant en amont.

2.3 Critères de vérification des exigences de base

G1

Charriage pendant les crues

Centrales au fil de l'eau, centrales à accumulation

Dans les cours d'eau avec charriage, le débit en aval des retenues et prises d'eau doit être de nature à permettre une mobilisation de la charge de fond et un réarrangement du lit lors des crues récurrentes (formation de bancs, érosion des berges) (voir A4). Dans la mesure où un transport solide par charriage est assuré dans les retenues, cette exigence est également valable pour les centrales à

accumulation. Il convient dans certains cas particuliers de s'assurer que cette exigence n'est pas en contradiction avec les impératifs de protection contre les crues (voir Annexe A2: Principe directeur pour une protection moderne contre les crues).

naturemade star
Critères de
vérification
recommandés

Critère de vérification		rempli si
Réduction du débit annuel de charriage par rapport au débit de charriage dans un état non altéré [2, p. 48]:	a)	Classes 1, 2
Bilan de charriage dans le périmètre étudié (input-output) et après réalisation des objectifs concernant l'alluvionnement:	b)	équilibré
SMG module Écomorphologie, niveau R, paramètres: Pied de la berge, fond du lit [2],[6]:	c)	Classe 1*
Colmatage, SMG module Aspect général [7]:	d)	Classe 1*
Érosion des rives, formation de bancs de gravier, déplacements de matériaux charriés dans le lit:		documenté

* S'applique au scénario de référence pour le charriage dans le périmètre du système. Si le scénario de référence (objectif) n'est pas encore atteint en amont du périmètre du système, l'état actuel dans le périmètre du système ne doit pas être pire qu'en amont.

- a) S'applique aux cours d'eau situés à l'aval de centrales à accumulation, où le transit solide à travers la retenue n'est pas possible.
- b) Valable pour toutes les autres centrales. On peut fixer des objectifs pour l'alluvionnement pour les tronçons dont le lit était autrefois sujet à l'érosion et qui présentent un déficit en matériaux de charriage.
- c) Se rapporte au degré d'aménagement du pied de la berge (érosion des rives) et du lit (dynamique du lit).
- d) A l'exception des processus naturels de colmatage (par ex. concrétions, cours d'eau avec des concentrations de matières en suspension naturellement élevées).

G2

Prévention de l'érosion du fond par des apports de charriage suffisants

Centrales à
accumulation et au
fil de l'eau

Les apports de charriage dans le bief aval des retenues, prises d'eau et barrages, y compris les apports en provenance des affluents, doivent être suffisamment importants pour prévenir une érosion du fond susceptible d'assécher les plaines d'inondation ou de couper les affluents du cours principal. L'érosion naturelle des berges doit être autorisée là où la protection contre les crues le permet.

naturemade star
Critères de
vérification
recommandés

Critère de vérification		rempli si
Rapport minimum entre l'apport en matériaux de charriage provenant de l'érosion des rives et des affluents tributaires et l'apport dans un état non altéré [2, S. 48] :		Classes 1, 2*
Niveau du lit à long terme (documenté par des séries chronologiques, modélisations de scénarios), sauf si objectifs d'atterrissement visant à rétablir l'inondation et la continuité du fond avec les tributaires:		stable/en augmentation
Charriage non altéré, prises photographiques (courts tronçons appartenant au système, petites installations):		documenté

* S'applique au scénario de référence pour le charriage dans le périmètre du

système. Si le scénario de référence (objectif) n'est pas encore atteint en amont du périmètre du système, l'état actuel dans le périmètre du système ne doit pas être pire qu'en amont.

G3**Bilan de matériaux solides pour les centrales au fil de l'eau**

Centrales au fil de l'eau

Le bilan de matériaux solides doit être quantitativement et qualitativement de nature à permettre le développement d'une morphologie fluviale typique dans le tronçon à débit résiduel (centrales avec dérivation) ou dans le bief aval (centrales sans dérivation). Le transit de la charge de fond doit être assuré dans la retenue, ce qui signifie qu'après une phase initiale d'alluvionnement (qui peut durer de 1 à 2 ans dans les petites retenues et jusqu'à 10 ans dans les grands barrages), un transit sédimentaire en temps quasi-réel doit s'installer. On entend par là un bilan sédimentaire équilibré sur 1 à 2 ans.

naturemade star
Critères de
vérification
recommandés

Critère de vérification		rempli si
Bilan de charriage dans la retenue (input - output):		équilibré
Niveau du lit à long terme dans le tronçon à débit résiduel (documenté par des séries chronologiques, modélisations de scénarios), avec objectifs d'atterrissement pour rétablir l'inondation et la continuité du fond avec les tributaires:		stable/en augmentation*
Granulométries (documentée sur la base d'un échantillonnage en ligne) dans le tronçon de référence, le tronçon à débit résiduel et le tronçon aval :		pas de différence significative
Colmatage, SMG module Aspect général [7]:	a)	Classe 1*
SMG module Écomorphologie, niveau R, paramètres: Pied de la berge, fond du lit [2],[6]:		Classe 1
SMG module Macroinvertébrés, niveau R [8]	b)	≤ Classe 2*
SMG module Poissons, niveau R [9]	b)	≤ Classe 2*

* S'applique au scénario de référence pour le charriage dans le périmètre du système. Si le scénario de référence (objectif) n'est pas encore atteint en amont du périmètre du système, l'état actuel dans le périmètre du système ne doit pas être pire qu'en amont.

- a) A l'exception des processus naturels de colmatage (par ex. concrétions, cours d'eau avec des concentrations de matières en suspension naturellement élevées).
- b) Indicateurs indirects quantitatifs et qualitatifs d'une morphologie typique des cours d'eau, pour autant que la qualité de l'eau corresponde aux exigences de l'OEaux.

G4**Bilan de matériaux solides dans les tronçons à débit résiduel des centrales à accumulation**

Centrales à accumulation

Le bilan des matériaux solides dans le tronçon à débit résiduel doit permettre le développement d'une morphologie typique des cours d'eau. L'éventuel déficit de charriage dans le lit principal peut être compensé par une érosion ciblée des rives ou par un apport de charriage provenant des affluents tributaires.

naturemade star
Critères de
vérification
recommandés

Critère de vérification		rempli si
Rapport minimum entre l'apport en matériaux de charriage provenant de la retenue, de l'érosion des rives et des affluents tributaires et l'apport dans un état non altéré [2, S. 48] :		Classes 1, 2 (suffisant)
Niveau du lit à long terme dans le tronçon à débit résiduel (documenté par des séries chronologiques, modélisations de scénarios) à l'aval des centrales à accumulation, sauf si objectifs d'atterrissement pour rétablir les inondations et la continuité du fond avec les tributaires:		stable, en augmentation
Granulométries (documentées par un échantillonnage linéaire) dans le tronçon de référence et le tronçon à débit résiduel :		pas de différence significative
Colmatage, SMG module Aspect général [7]	a)	Classe 1
SMG module Écomorphologie, niveau R, paramètres: Pied de la berge, fond du lit [2],[6]:		≤ Classe 1
SMG module Écomorphologie, niveau R [2],[6]		≤ Classe 2
SMG module Macroinvertébrés, niveau R [8]	b)	≤ Classe 2
SMG module Poissons, niveau R [9]	b)	≤ Classe 2

- a) A l'exception des processus naturels de colmatage (par ex. concrétions, cours d'eau avec des concentrations de matières en suspension naturellement élevées).
- b) Indicateurs indirects quantitatifs et qualitatifs d'une morphologie typique des cours d'eau, pour autant que la qualité de l'eau corresponde aux exigences de l'OEaux.

G5

Morphologie naturelle des embouchures des affluents

Centrales à
accumulation et
au fil de l'eau

Le charriage doit être tel que les affluents puissent développer une morphologie quasi-naturelle au niveau des embouchures.

naturemade star
Critères de
vérification
recommandés

Critère de vérification		rempli si
Continuité entre le fond des tributaires et le fond du cours d'eau principal (niveau du lit, espaces interstitiels):	a)	documenté
SMG module Écomorphologie, niveau R à l'embouchure [2],[6]		≤ Classe 2
Exigences concernant la libre migration des poissons vers l'amont et l'aval:	a)	remplies
Photos des embouchures :		disponibles

- a) A l'exception des différences de niveau naturelles telles que ressauts rocheux, chutes d'eau, interruptions temporaires naturelles du charriage (après des crues extrêmes).

G6

Une pente suffisante dans le bief aval pour permettre le transport solide par charriage

Centrales au fil de
l'eau

La pente doit être suffisamment forte dans le bief aval pour assurer le transport solide. Les opérations de dragage doivent être limitées aux seules zones dans lesquelles les impératifs de protection contre les crues l'exigent. Dans ce cadre, les directives de l'Office fédéral des eaux et de la géologie sur la protection contre les crues des cours d'eau doivent être appliquées. Celles-ci spécifient le caractère préventif des mesures de protection et soulignent que la protection de la population et des objets de grande valeur doit être assurée par un minimum d'interventions dans les cours d'eau. (Formulation voir Annexes, partie V).

naturemade star
Critères de
vérification
recommandés

Critère de vérification	rempli si
Profil en long du lit du bief aval:	documenté
Niveau du lit à long terme dans le bief aval (documenté par des séries chronologiques, modélisations de scénarios), sauf si objectifs d'atterrissement visant à rétablir les inondations et la continuité du fond avec les tributaires:	stable, en augmentation
Bilan de charriage dans le bief aval (input - output):	équilibré

- a) Du point de vue de l'aménagement du territoire, cela renforcerait les mesures préventives de protection contre les crues car cela empêcherait la présence continue de personnes et valeurs utiles dans les zones de danger.

G7

Formation d'habitats rivulaires typiques

Centrales à
accumulation et
au fil de l'eau

La gestion du charriage des matériaux solides doit être de nature à assurer la possibilité de formation d'habitats rivulaires typiques.

naturemade star
Critères de
vérification
recommandés

Critère de vérification		rempli si
Granulométries (documentées par un échantillonnage linéaire) dans le tronçon de référence et le tronçon influencé par la centrale:		pas de différence significative
Colmatage, SMG module Aspect général [7]:	a)	Classe 1*
SMG module Écomorphologie, niveau R, paramètres: Pied de la berge, fond du lit [2],[6]:		≤ Classe 1
SMG module Écomorphologie, niveau R [2],[6]:		≤ Classe 2*
SMG module Macroinvertébrés, niveau R [8]	b)	≤ Classe 2*
SMG module Poissons, niveau R [9]	b)	≤ Classe 2*
Diversité des habitats dans le tronçon influencé par rapport à la diversité dans le tronçon de référence:	c)	équivalente ou meilleure

* S'applique au scénario de référence pour le charriage dans le périmètre du système. Si le scénario de référence (objectif) n'est pas encore atteint en amont du périmètre du système, l'état actuel dans le périmètre du système ne doit pas être pire qu'en amont.

- a) A l'exception des processus naturels de colmatage (par ex. concrétions, cours d'eau avec des concentrations de matières en suspension naturellement élevées).
- b) Indicateurs indirects quantitatifs et qualitatifs d'une morphologie typique des cours d'eau, pour autant que la qualité de l'eau corresponde aux exigences de l'OEaux.
- c) La diversité des habitats peut être documentée par des méthodes de terrain (par ex. cartographie des habitats, cartes phytosociologiques, cartes des milieux naturels selon Delarze et Gonseth) ou sur la base d'une modélisation des habitats (modèles à vérifier au cas par cas). Les méthodes mentionnées ici sont aussi particulièrement bien adaptées pour le recensement des habitats dans l'écotone eau-terre.

Dégâts occasionnés à la composition des espèces

Les vidanges et extractions ou apports en matériaux de charriage ne doivent pas porter d'atteintes durables à la faune piscicole et benthique, qu'elles soient d'ordre qualitatif ou quantitatif.

naturemade star

Critère de vérification		rempli si
SMG module Macroinvertébrés, niveau R [8]:		≤ Classe 2*
SMG module Poissons, niveau R [9]:		≤ Classe 2*
Densité d'alevins des espèces principales au stade d'émergence [5]:		≤ Classe 2*
Populations d'espèces de la liste rouge (classification UICN)	a)	stables
Règlement sur les purges et vidanges, règlement sur le transfert de matériaux		disponibles
Processus de curage par débit de crue $\geq Q_2$		documenté
Concentration de matières en suspension lors du curage (< 250 μm)	d)	relation temps d'exposition versus concentration : Effets létaux
Saturation en oxygène pendant le processus de curage:		$\geq 80\%$
Variations thermiques pendant le processus de curage:	c)	$\leq 2.5^\circ\text{C/h}$
Respect de toutes les exigences relatives à la qualité de l'eau selon OEaux Annexe 2 durant le processus de curage ou de transfert:	b)	vérifié

* S'applique au scénario de référence pour le charriage dans le périmètre du système. Si le scénario de référence (objectif) n'est pas encore atteint en amont du périmètre du système, l'état actuel dans le périmètre du système ne doit pas être pire qu'en amont.

- a) A vérifier seulement pour les centrales avec grandes retenues et/ou dans le cas de sédiments contaminés.
- b) Concerne les espèces de la liste rouge déjà relevées dans le périmètre de la centrale (services cantonaux, CSCF, Info Flora, monitoring de la biodiversité). Il n'est pas demandé de faire un screening de toutes les espèces de la liste rouge présentes dans la région.
- c) Pour autant que l'amplitude thermique lors des éclusées (ATEclusées) \neq amplitude thermique de référence spécifique au cours d'eau (ATRef) et que le nombre moyen de pics de température quotidiens (PM) \neq 3 et au 95e percentile du nombre de pics de température quotidiens.
- d) Pas de curage durant la période de ponte et de reproduction. Le reste du temps [8]:
 - <15 g/l pendant 1 heure
 - < 5 g/l pendant 3 heures
 - < 2 g/l pendant 24 heures
 - < 1 g/l pendant 48 heures

3 Tableau synoptique des critères de vérification

Critères à respecter pour la gestion du charriage

Critère de vérification	rempli si	EB
Courbe des débits classés, crues (naturelles, influencées)	déterminé	
Profil en long du lit	déterminé	
Granulométries (tronçons significatifs)	déterminé	
Taux de colmatage du lit	déterminé	
Morphologie du lit (profils transversaux, modèle de terrain, etc)	documenté	
Photos du lit dans le tronçon significatif	documenté	
Débit de charriage en l'état naturel	Classes 1, 2	G1
Bilan de charriage dans le tronçon significatif	équilibré	G1
SMG module Écomorphologie, pied de la berge, niveau R [2],[6]	Classe 1*	G1
Colmatage, SMG module Aspect général	Classe 1*	G1
Dynamique du lit	documenté	G1
Apports de charriage (tributaires, érosion des rives)	Classes 1, 2*	G2
Évolution du niveau du lit à long terme (séries chronologiques, modèles)	Stable/en augmentation	G2
Dynamique du lit	documenté	G2
Colmatage, SMG module Aspect général	Classe 1*	G3
Évolution du niveau du lit à long terme (séries chronologiques, modèles)	conforme au but visé	G3
Granulométries (tronçon de référence/à débit résiduel, bief aval)	pas de différence significative	G3
Bilan de charriage dans la retenue (input - output)	équilibré	G3
SMG module Écomorphologie, pied de la berge, niveau R [2],[6]	Classe 1*	G3
SMG module Macroinvertébrés, niveau R [8]	⊕ Classe 2*	G3
SMG module Poissons, niveau R [9]	⊕ Classe 2*	G3
Apports de charriage (tributaires, érosion des rives)	Classes 1, 2	G4
Évolution du niveau du lit à long terme (séries chronologiques, modèles)	conforme au but visé	G4
Granulométries (tronçon de référence/à débit résiduel, retenue, bief aval)	pas de différence significative	G4
Colmatage, SMG module Aspect général	Classe 1	G4
SMG module Écomorphologie, pied de la berge, lit [2],[6]	Classe 1*	G1
SMG module Macroinvertébrés, niveau R [8]	⊕ Classe 2	G4
SMG module Poissons, niveau R [9]	⊕ Classe 2	G4
Continuité avec les fonds des tributaires	documenté	G5
SMG module Écomorphologie, pied de la berge, lit [2],[6]	Classe 1*	G1
Exigences concernant la libre migration des poissons vers l'amont et l'aval	remplies	G5
Photos des embouchures	disponibles	G5
Profil en long du lit du bief aval	documenté	G6
Évolution du niveau du lit à long terme (séries chronologiques, modèles)	Stable/en augmentation	G6
Bilan de charriage dans le bief aval	équilibré	G6
Aménagement du territoire: zones dangereuses à l'extérieur des zones constructibles	documenté	G6
Granulométries (tronçon de référence/à débit résiduel, retenue, bief aval)	pas de différence significative	G7
Colmatage, SMG module Aspect général	Classe 1*	G7
Diversité de l'habitat par rapport au tronçon de référence	équivalente/meilleure	G7
SMG module Macroinvertébrés, niveau R	≤ Classe 2*	G7
Faune piscicole conforme au SMG, module Poissons, niveau R	⊕ Classe 2*	G7
Densité d'alevins des espèces principales au stade d'émergence [5]	⊕ Classe 2*	G7
Populations d'espèces de la liste rouge (classification UICN)	stables	G7
Règlement sur les purges et vidanges, règlement sur le	disponibles	G7

transfert de matériaux Processus de curage par débit de crue $\geq Q_2$	documenté relation temps d'exposition versus concentration : Effets létaux	G7 G7
Concentration de matières en suspension lors du curage, transfert		
Saturation en oxygène pendant le processus de curage	$\geq 80\%$	G7
Variations thermiques pendant le processus de curage	$\pm 2.5^\circ\text{C/h}$	G7
Exigences relatives à la qualité de l'eau selon OEaux Annexe 2	vérifiées	G7

* S'applique au scénario de référence pour le charriage dans le périmètre du système. Si le scénario de référence (objectif) n'est pas encore atteint en amont du périmètre du système, l'état actuel dans le périmètre du système ne doit pas être pire qu'en amont.