



72494.01.05-RN008/corn

7 mai 2020

Office des ponts et chaussées
du canton de Berne



PLAN DIRECTEUR DES EAUX (PDE) DE LA BIRSE

ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN VERSANT SUPÉRIEUR DE LA BIRSE



BG Ingénieurs Conseils SA

Avenue de Cour 61 - Case postale 241 - CH-1001 Lausanne (Suisse)




T +41 58 424 11 11 – lausanne@bg-21.com – www.bg-21.com

CHE-116.329.587 TVA

■ INGENIOUS SOLUTIONS

PLAN DIRECTEUR DES EAUX (PDE) DE LA BIRSE

ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN VERSANT SUPÉRIEUR DE LA BIRSE

VERSION	-	a	b
DOCUMENT	72494.01.05- RN008/corm		
DATE	7 mai 2020		
ELABORATION	 Théo Cormon  Khalid Essyad		
VISA	 Vincent Dehail		
COLLABORATION	<u>Groupe d'accompagnement:</u> Daniel Bernet Inspection de la pêche du canton de Berne Jörg Bucher OPC - AIC III, chef de section aménagement des eaux Olivier Chaix INTEGRALIA SA, Assistance au maître d'ouvrage Pierre Mosimann OPC - AIC III, chef de projet du PDE de la Birse Gérard Zürcher Chef de l'arrondissement de surveillance de la pêche 7		
DISTRIBUTION	OPC III Groupement PDE Birse		



ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN SUPÉRIEUR DE LA BIRSE

TABLE DES MATIÈRES		Page
	Résumé	
1.	Introduction	1
1.1	Contexte et objectifs	1
1.2	Données et bases	1
1.2.1	Données relatives à la planification stratégique	1
1.2.2	Données antérieures relatives à la Birse	1
1.2.3	Aides à l'exécution, méthodologies et règlements	2
1.2.4	Résultats à ce jour du PDE de la Birse	2
2.	Etat actuel et état de référence du cours d'eau	3
2.1	Caractérisation de la morphologie	3
2.2	Installations influençant le débit de charriage	4
2.3	Diagnostic du régime de charriage	6
2.4	Déficit du régime de charriage actuel	8
3.	Objectifs	9
3.1	Objectifs pour le cours d'eau et débit de charriage nécessaire	9
3.1.1	Morphologie visée à l'état cible	9
3.1.2	Débit de charriage nécessaire pour atteindre les objectifs	9
3.2	Objectifs d'assainissement pour les installations	9
4.	Méthodologie pour déterminer le débit de charriage nécessaire	10
4.1	Vue d'ensemble selon aide à l'exécution	10
4.1.1	Méthode 1 - Style fluvial de référence	11
4.1.2	Méthode 3 - substrat	12
4.2	Résultats de l'application de la méthodologie	16
4.3	Débit de charriage nécessaire pour ne pas porter atteinte à la protection contre les crues et au régime d'eau souterraines	17



ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN SUPÉRIEUR DE LA BIRSE

5.	Mesures	18
5.1	Catalogue de mesures	18
5.1.1	Type de mesures	18
5.1.2	Mesures proposées	19
5.2	Coordination des mesures de protection des eaux	19
5.3	Recommandations pour les opérations futures	22
5.4	Définition de la stratégie d'évaluation de l'efficacité	23

ANNEXES

1. Annexes "Cours d'eau"

- 1.1. Morphologie de la Birse et de la Trame à l'état naturel
- 1.2. Profils en long de la Birse et de la Trame

2. Annexes "Installations"

- 2.1. Installations intégrées dans la planification stratégique (2014) et dans l'étude Natura (1997)
- 2.2. Installations considérées pour l'assainissement du régime de charriage
- 2.3. Fiches d'installations

3. Annexes "Analyse de l'état"

- 3.1. Carte générale de l'état des tronçons (tendance à l'incision / équilibre / dépôt)
- 3.2. Sites d'évaluation substrat et colmatage selon méthode 3 de l'aide à l'exécution
- 3.3. Carte générale de l'état des tronçons selon méthode 3
- 3.4. Fiches de sites

4. Annexes "Mesures"

- 4.1. Fiches de mesures
- 4.2. Carte des secteurs d'injection



ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN SUPÉRIEUR DE LA BIRSE

Liste des abréviations:

BG	BG Ingénieurs Conseils SA
BV	Bassin versant
GEKOB	Gewässerentwicklungskonzept Kanton Bern
$G_{F_{\text{erf}}}$	Erforderliche Geschiebefracht (Débit de charriage nécessaire)
$G_{F_{\text{RZ}}}$	Geschiebefracht im Referenzzustand (Débit de charriage de référence)
h	Hauteur
kCHF	Mille Francs Suisse
L	Longueur
l	Largeur
LCH	Laboratoire de constructions hydrauliques de l'EPFL
LEaux	Loi fédérale sur la protection des eaux
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OPC	Office cantonal des ponts et chaussées du canton de Berne
PDE	Plan directeur des eaux (de la Birse)
PK	Point kilométrique
Q	Débit (de charriage)
SIG	Service d'information géographique



ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN SUPÉRIEUR DE LA BIRSE

Résumé

La morphologie naturelle des cours d'eau dans le bassin supérieur de la Birse a été caractérisée (Annexe 1), et les installations ayant une influence sur le régime de charriage ont été identifiées. Au total, **17 installations** ayant une influence sur le régime de charriage dans le bassin versant supérieur de la Birse ont été incluses dans la présente étude. Chaque installation est décrite de manière détaillée dans une fiche d'installation (Annexe 2.3).

Un diagnostic du régime de charriage a été effectué, sur la base de données d'extraction des dépotoirs récoltées auprès des communes, ainsi que sur des hypothèses de production tirées d'études antérieures sur des cours d'eau aux caractéristiques similaires.

Pour déterminer le débit de charriage nécessaire, l'approche simplifiée de la méthode 1 de l'aide à l'exécution [9] a été appliquée. En plus de cela, l'état du régime de charriage a été évalué selon la méthode 3 de l'aide à l'exécution sur **14 sites**. Chaque site est décrit de manière détaillée dans des fiches de sites (Annexe 3.4).

Un catalogue de **9 mesures** est proposé pour l'assainissement du régime de charriage. Les mesures proposées sont détaillées dans des fiches de mesures (Annexe 4.1).

Les recommandations pour les opérations futures sont décrites au Chapitre 5.3.



1. Introduction

1.1 Contexte et objectifs

Dans le cadre de la révision de la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux), le canton a élaboré une planification stratégique pour l'assainissement du régime de charriage [1][2]¹. La planification stratégique du canton de Berne a été achevée en 2014.

Le PDE de la Birse est actuellement en cours d'élaboration. Les principes généraux ont été posés [15] et de premières esquisses de mesures sont en cours d'élaboration [16]. Actuellement, la phase 3 "Mesures" est en cours de démarrage. L'assainissement du régime de charriage est une thématique cruciale, qui doit être intégrée dans les mesures du PDE.

Le premier objectif de la présente étude consiste à établir la planification détaillée de l'assainissement du charriage selon la phase 2 de l'aide à l'exécution de l'OFEV [5]. En particulier, il s'agit de détailler le type et l'ampleur des mesures d'assainissement du régime de charriage, en appliquant de manière pragmatique les méthodes préconisées dans l'aide à l'exécution "Régime de charriage – Mesures" de l'OFEV [9] en cours de consultation.

Le deuxième objectif de l'étude est de fournir un catalogue de mesures qui soit coordonné avec les autres mesures du PDE de la Birse afin qu'elles puissent ensuite y être intégrées.

1.2 Données et bases

1.2.1 Données relatives à la planification stratégique

- [1] Gewässerentwicklungskonzept Bern – GEKOB.2014. Strategische Planungen nach GSchG/GSchV, Sanierung des Geschiebehaushalts im Kanton, Schlussbericht - Allgemeiner Teil
- [2] Gewässerentwicklungskonzept Bern – GEKOB.2014. Strategische Planungen nach GSchG/GSchV, Sanierung des Geschiebehaushalts im Kanton, Schlussbericht - GewässerSystem Birs, inkl. Anhang mit Regionalübersicht

1.2.2 Données antérieures relatives à la Birse

- [3] Brossard Ch., Leuzinger Y. 1997: Bilan alluvionnaires des affluents de la Birse. Rapport 125.03. Bureau Natura, Les Reussilles. 18 p. + 86 p. d'annexes
- [4] Brossard Ch. 1998: Colmatation du lit de la Birse et de certains affluents. Rapport 152.02. Bureau Natura, Les Reussilles. 15 p. + 15 p. d'annexes

¹ Bibliographie au Chapitre 1.2

1.2.3 Aides à l'exécution, méthodologies et règlements

- [5] 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 : 71 p.
- [6] Guthruf J., 2014: Arbeitshilfe zur Messung bzw. Bestimmung der inneren und der äusseren Kolmation von Fliessge-wässersohlen unter Wasser. Im Auftrag des Fischereiinspektorats des Kantons Bern
- [7] Schälchli U. 2014: Aare Bielersee - Rhein: Sanierungsplanung Geschiebehaushalt. Schlussbericht. Interkantonale Aareplanung.
- [8] Règlement sur le déversement d'alluvions dans la Birse issus de pièges à graviers des communes de Bévillard, Loveresse, Malleray, Pontenet, Reconvilier, Saicourt, Saules, Tavannes. Inspection de la pêche – Ille arrondissement d'in-génieur en chef – Office des eaux et des déchets du canton de Berne. 20.04.2012. 2 pages + Organigramme + Carte montrant les pièges à gravier et le site de déversement de Loveresse.
- [9] Hunzinger L, Schälchli U. et al. 2018: Régime de charriage – Mesures. Un module de l'aide à l'exécution Renaturation des eaux. Publié par l'Office fédéral de l'environnement. V15 – 08.11.18. Version pour la consultation. 112 p.
- [10] Schwindt S., Franca M. J., De Cesare G. & Schleiss A. (2016). Gestaltung effizienter Geschiebesammler anhand physikalischer Modellversuche mit Fallbeispiel. 18. *Wasserbausymposium*, Wallgau, Germany, 275-284.
- [11] Roth A., Jafarnejad M., Schwindt S & Schleiss A. (2018), Design optimization of permeable sediment traps for fluvial bed load transport. E3S Web of Conferences 40, 03009 (2018)
- [12] Foeckler F. & Schmidt H. (2014), Anleitung zur Erhebung der Kolmation im Rahmen der Gewässerstrukturkartierung (GSK), OEKON GmbH / GeoTeam GmbH, Endbericht, 30 p.
- [13] Battisacco, E., Franca, M. J. & Schleiss, A. J. Sediment replenishment: Influence of the geometrical configuration on the morphological evolution of channel-bed. *Water Resour. Res.* 52, 8879–8894 (2016).

1.2.4 Résultats à ce jour du PDE de la Birse

- [14] Plan directeur des eaux (PDE) de la Birse, Image directrice et potentiel d'amélioration. Rapport 7055.11-B007e du 15.03.2019. 28 p. + 9 p. d'annexes.
- [15] Plan directeur des eaux (PDE) de la Birse, Principes généraux et esquisses des mesures. Rapport 7055.11-B015d du 30.09.2019. 12 p. + 52 p. d'annexes.
- [16] Plan directeur des eaux (PDE) de la Birse, Fiches de mesures détaillées. En cours d'élaboration.

2. Etat actuel et état de référence du cours d'eau

2.1 Caractérisation de la morphologie

Pour caractériser la morphologie à l'état naturel, nous nous sommes basés sur les cartes historiques disponibles sur le portail SIG de la confédération (map.geo.admin.ch). Les cartes Siegfried de 1873 permettent d'avoir une image fidèle de la morphologie de la Trame et de la Birse à l'état naturel.

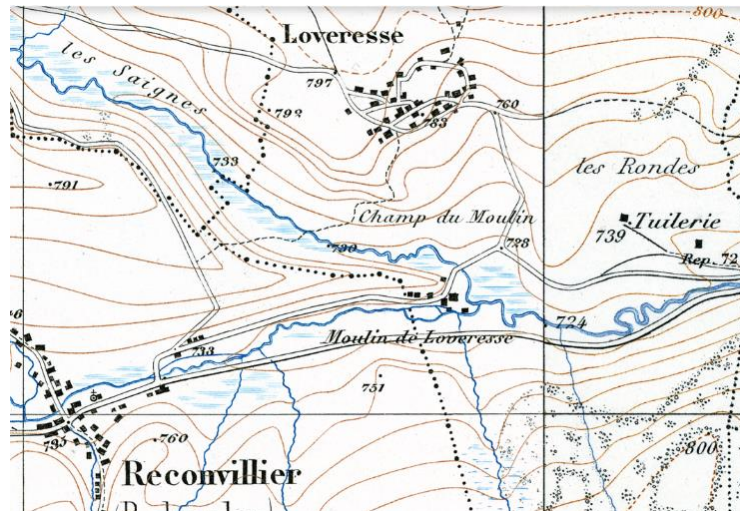


Figure 1: Trame et Birse dans la zone de confluence de Loveresse (Carte Siegfried 1873)

Selon la classification proposée dans l'aide à l'exécution [9], le style fluvial des deux cours d'eau principaux est:

- Pour la Trame: Lit sinueux avec bancs.
- Pour la Birse: Lit en méandres sans charriage.

L'Annexe 1.1 montre les cartes Siegfried de la Trame et de la Birse pour le secteur étudié.

Les profils en long des deux cours d'eau sont joints dans l'Annexe 1.2.



ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN SUPÉRIEUR DE LA BIRSE 4

2.2 Installations influençant le débit de charriage

Au démarrage de l'étude, il était convenu d'inclure dans l'analyse l'intégralité des installations évaluées dans la planification stratégique de 2014 [1], ainsi que les éventuels ouvrages supplémentaires qui pourraient s'avérer significatifs pour le régime de charriage.

Une étude sur les dépotoirs avait été réalisée en 1997 par le bureau Natura [3]. Cette dernière avait identifié 20 dépotoirs sur les affluents. Sur ces 20 dépotoirs, 7 étaient inclus dans la planification stratégique. Sur les 13 dépotoirs restants, il a été décidé, d'entente avec l'OPC, de ne conserver que les ouvrages pour lesquels le volume annuel retenu est significatif (supérieur à 2.5 m³ retenu par an).

Un courriel a été envoyé aux responsables techniques des communes concernées afin de savoir si des ouvrages significatifs avaient pu passer "sous le radar" des deux études précédentes. Le retour d'information des communes n'a pas fait état d'ouvrages significatifs supplémentaires.

Concernant les ouvrages de l'A16, M. Gérard Zürcher, garde-pêche, a fait part des informations suivantes :

"Tous les passages inférieurs (souvent de grande taille) construits au passage de la N16 sont dotés de piège à gravier avec accès pour l'entretien de ceux-ci. Les premiers ont été construits il y a plus de quinze ans et les derniers il y a 2-3 ans. Ces ouvrages de retenue, souvent accompagnés de peignes à corps flottants, sont plutôt prévus pour éviter une catastrophe et ne font que très rarement l'objet d'un curage (la plupart n'ont d'ailleurs jamais été curés). Dans pratiquement tous les cas, je suis informé du curage et invité à me prononcer sur la nécessité de remettre les matériaux à l'aval. Selon la qualité ils sont (oui/non) remis à l'eau."

M. Philippe Fallot, responsable des compensations écologiques pour les routes nationales à l'OPC, a confirmé les informations transmises par G. Zürcher. Les ouvrages liés à l'A16 ne représentent pas des installations significatives en termes de réduction du débit de charriage sur les affluents.

Au cours des visites de terrain, 2 installations significatives ont été identifiées:

- Le dépotoir du ruisseau de Malvaux à Tavannes, qui se trouve sous la bretelle d'autoroute. Ce dépotoir fonctionne en plage de dépôt, juste avant un voûtage. En raison de la faible quantité de dépôts observés, son fonctionnement semble efficace. C'est le ruisseau de Malvaux qui est vraisemblablement responsable de l'apport de substrat sur le tronçon de la Birse à Tavannes avant la mise sous terre.
- L'affluent du ruisseau de la Motte, qui se jette dans le canal de dérivation de la Boillat, qui agit comme un dépotoir. Le canal de la Boillat doit être curé tous les 2 ans environ.

Les installations prises en compte dans le cadre de la présente étude sont donc les suivantes:

- L'intégralité des installations évaluées dans la planification stratégique de 2014 [1]. **11 dépotoirs et 2 seuils de dérivation, soit 13 installations au total**
- Les installations évaluées dans l'étude Natura de 1997 [3], pour lesquelles le volume annuel retenu est significatif (supérieur à 2.5 m³ retenu par an), **soit 2 installations supplémentaires.**
- Les installations supplémentaires considérées comme significatives après récolte d'information auprès des acteurs concernés et visites de terrain, **soit 2 installations supplémentaires.**



ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN SUPÉRIEUR DE LA BIRSE 5

Le Tableau 1 résume les principales informations sur les installations incluses dans l'étude :

N° Installation	Type d'installation	Code GEKOBÉ	Commune	Source
1	Dépotoir	Bir43G07	Saicourt	Planif stratégique, 2014 [1]
2	Seuil	Bir43W01	Saicourt	Planif stratégique, 2014 [1]
3	Dépotoir	-	Tavannes	Visite de terrain
4	Dépotoir	-	Tavannes	Etude Natura, 1997 [3]
5	Arrivée d'affluent (Ruisseau de la Motte)	-	Reconvilier	Visite de terrain
6	Seuil	Bir43G06	Reconvilier	Planif stratégique, 2014 [1]
7	Dépotoir	-	Reconvilier	Etude Natura, 1997 [3]
8a	Dépotoir	Bir43G08a	Reconvilier	Planif stratégique, 2014 [1]
8b	Dépotoir	Bir43G08b	Reconvilier	Planif stratégique, 2014 [1]
9	Dépotoir	Bir43G09	Loveresse	Planif stratégique, 2014 [1]
10	Dépotoir	Bir43G10	Loveresse	Planif stratégique, 2014 [1]
11	Dépotoir	Bir43G11	Valbirse	Planif stratégique, 2014 [1]
12	Dépotoir	Bir43G12	Valbirse	Planif stratégique, 2014 [1]
13	Dépotoir	Bir43G14	Valbirse	Planif stratégique, 2014 [1]
14	Dépotoir	Bir43G15	Valbirse	Planif stratégique, 2014 [1]
15a	Dépotoir	Bir43G16a	Court	Planif stratégique, 2014 [1]
15b	Dépotoir	Bir43G16b	Court	Planif stratégique, 2014 [1]

Tableau 1: Installations incluses dans l'étude

ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN SUPÉRIEUR DE LA BIRSE 6

La carte présentée dans l'Annexe 2.1 montre l'ensemble des installations intégrées dans la planification stratégique, ainsi que dans l'étude Natura.

La carte de l'Annexe 2.2 montre l'emplacement des installations considérées dans le cadre de la présente étude.

Chaque installation est décrite de manière détaillée dans une fiche d'installation, avec description et documentation photographique. Les fiches d'installations sont présentées dans l'Annexe 2.3.

Selon la planification stratégique, la seule installation avec l'obligation d'assainissement au sens de la LEaux (art. 43a) est le dépotoir du Fuet à Saicourt (Installation n°1, code GEKOBÉ Bir43G07).

2.3 Diagnostic du régime de charriage

La Figure 2 montre une représentation schématique du régime de charriage actuel dans le bassin supérieur de la Birse.

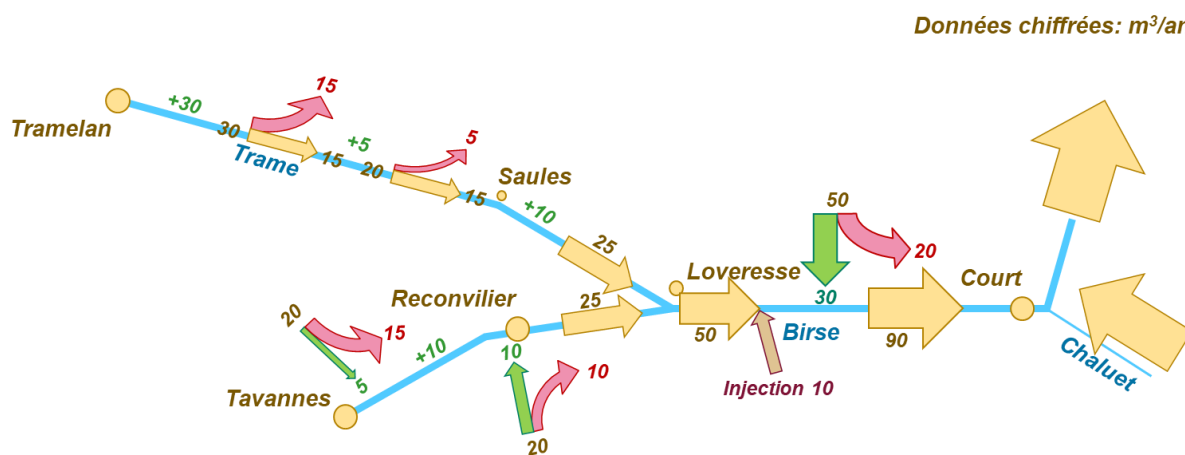


Figure 2: Représentation schématique du régime de charriage à l'état actuel (Légende: voir page suivante)

ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN SUPÉRIEUR DE LA BIRSE 7

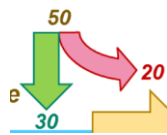
La Figure se lit de la manière suivante:



Apports latéraux par les berges non-protégées du cours d'eau (entre 5 et 15 m³/an/km pour la Trame et la Birse amont). L'estimation des apports a été faite en prenant des valeurs typiques pour ce type de cours d'eau. Ces valeurs avaient été calculées par BG pour des cours d'eau similaires dans le cadre de la planification stratégique charriage du canton de Neuchâtel.

Apports latéraux par les petits affluents.

En brun: apports totaux des affluents (estimation des apports: ~1.5 m³/an/km² de BV)



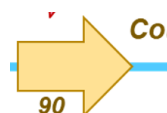
En rouge: fraction des apports totaux extraite via les dépotoirs (estimation sur la base des données d'extraction transmises par les communes)

En vert: fraction des apports transitant jusqu'au cours d'eau principal

NB: Les apports latéraux entre Loveresse et court représentent l'intégralité des apports des affluents (rive gauche et rive droite confondues)



Volume annuel remis au cours d'eau via le point d'injection de Loveresse, sur la base des données transmises par le garde-pêche.



Volume de charriage transitant dans le cours d'eau à l'état actuel.

Concernant le site de réinjection des matériaux à Loveresse, nous avons observé durant notre visite (mars 2020) qu'une fraction significative des matériaux déposés en 2018 n'avait pas encore été reprise par le cours d'eau.

Il est à noter que ces valeurs sont des estimations, basées sur des données récoltées auprès des communes, ainsi que des hypothèses de production détaillées ci-dessus. Ces valeurs n'ont pas pour vocation de donner des chiffres précis au mètre cube près, mais plutôt des ordres de grandeur du transit des matériaux dans les différents tronçons du système étudié.

2.4 Déficit du régime de charriage actuel

La Figure 3 représente le débit de charriage à l'état de référence, sans les extractions liées aux dépotoirs:

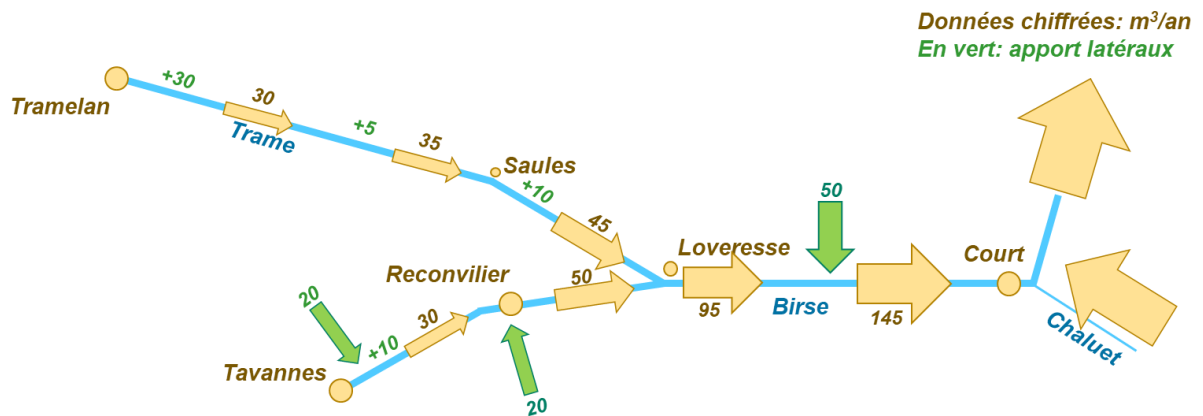


Figure 3: Représentation schématique du régime de charriage à l'état de référence

La Figure 4 représente le rapport entre le débit de charriage actuel et le débit de charriage à l'état de référence:

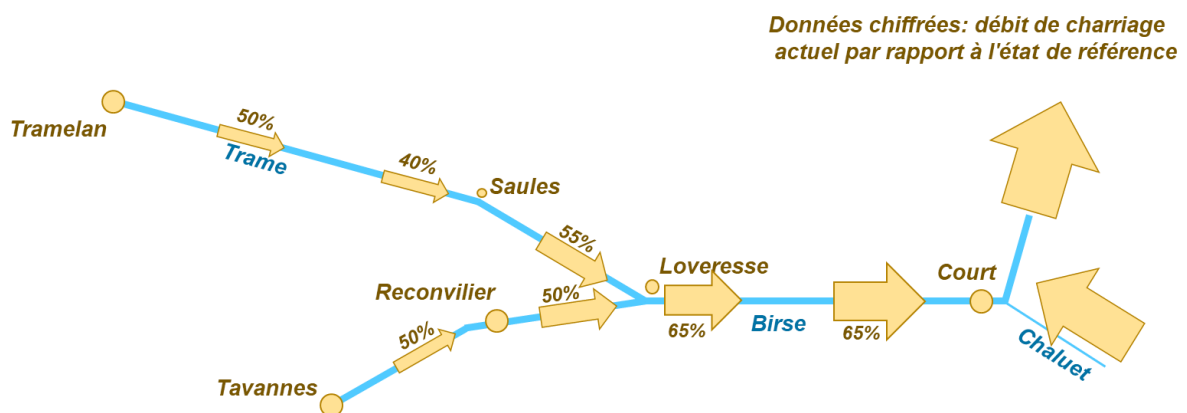


Figure 4: Rapport débit de charriage actuel / débit de charriage à l'état de référence

On peut observer que le tronçon le plus impacté en termes de réduction du débit de charriage est le tronçon de la Trame à l'amont de Saules, en raison de la présence de 2 installations significatives: le dépotoir du Fuet (Installation n°1) et le seuil de dérivation de la scierie de Saicourt (Installation n°2): voir Chapitre 3.2.

Le tronçon à l'aval de la confluence entre Loveresse et Court est paradoxalement le tronçon le moins impacté, avec un débit de charriage actuel représentant environ 65% du débit de charriage de référence.



3. Objectifs

3.1 Objectifs pour le cours d'eau et débit de charriage nécessaire

3.1.1 Morphologie visée à l'état cible

À l'état cible, la morphologie visée est la morphologie des cours d'eau à l'état naturel, soit:

- Pour la Trame: Lit sinueux avec bancs
- Pour la Birse: Lit en méandres sans charriage

3.1.2 Débit de charriage nécessaire pour atteindre les objectifs

L'évaluation du débit de charriage nécessaire pour atteindre les objectifs suit la méthodologie décrite au Chapitre 4.

3.2 Objectifs d'assainissement pour les installations

Selon la planification stratégique, l'unique installation avec l'obligation d'assainissement au sens de la LEaux (art. 43a) est le dépotoir du Fuet à Saicourt (Installation n°1, code GEKOBÉ Bir43G07).

Pour le seuil de dérivation de la scierie de Saicourt (Installation n°2, code GEKOBÉ Bir43W01), la nécessité d'assainir n'a pas été évaluée car l'ouvrage était considéré comme n'ayant aucune influence sur le régime de charriage. Il avait été considéré à l'époque que la situation du barrage permettait aux débits de crue de passer au-dessus du seuil sans provoquer de remous importants et que le charriage transitait donc intégralement à travers le barrage. Avec la visite sur site, ainsi que la récolte des chroniques d'exploitation auprès des communes, il apparaît que cet ouvrage a bel et bien une influence sur le débit de charriage (40 m³ extraits de la retenue en 2013 et 30 m³ extraits en 2018 selon les informations transmises par la commune de Saicourt). Des mesures d'assainissement sont donc également proposées pour cet ouvrage.

Pour ces 2 installations, les objectifs d'assainissement sont les suivants:

- **Dépotoir du Fuet:** augmentation de la transparence afin de rétablir le débit de charriage à au moins 20 m³/an, soit environ 65% du débit de charriage par rapport à l'état de référence.
- **Seuil de la scierie de Saicourt:** transparence totale du seuil lorsque la dérivation vers la scierie n'est pas en fonction.

Le seuil de dérivation de l'usine Boillat à Reconvilier (Installation n°6, code GEKOBÉ Bir43G06) n'a pas d'influence notable sur le régime de charriage. En période de crue, la vanne du seuil peut être ouverte manuellement permettant au débit de charriage de transiter intégralement. En plus de 40 ans, la retenue du seuil de dérivation n'a jamais été curée.

Le reste des installations considérées dans la présente étude ne nécessitent pas d'assainissement au sens de la LEaux. Toutefois, 2 installations présentant un potentiel d'amélioration de la transparence et une situation favorable (ouvrages proches de la Birse, pente suffisante) ont été identifiées. Ces

ouvrages (Installations n°9 et n°10) font l'objet de mesures d'assainissement qui seront intégrées au PDE, sans pour autant faire l'objet d'une obligation d'assainissement au sens de la LEaux.

4. Méthodologie pour déterminer le débit de charriage nécessaire

4.1 Vue d'ensemble selon aide à l'exécution

Pour déterminer le débit de charriage nécessaire, l'aide à l'exécution provisoire [9] propose d'appliquer la "Méthode 1" pour les cours d'eau dont la pente est inférieure à 3%, ce qui est le cas pour la Trame et la Birse à l'amont de Court.

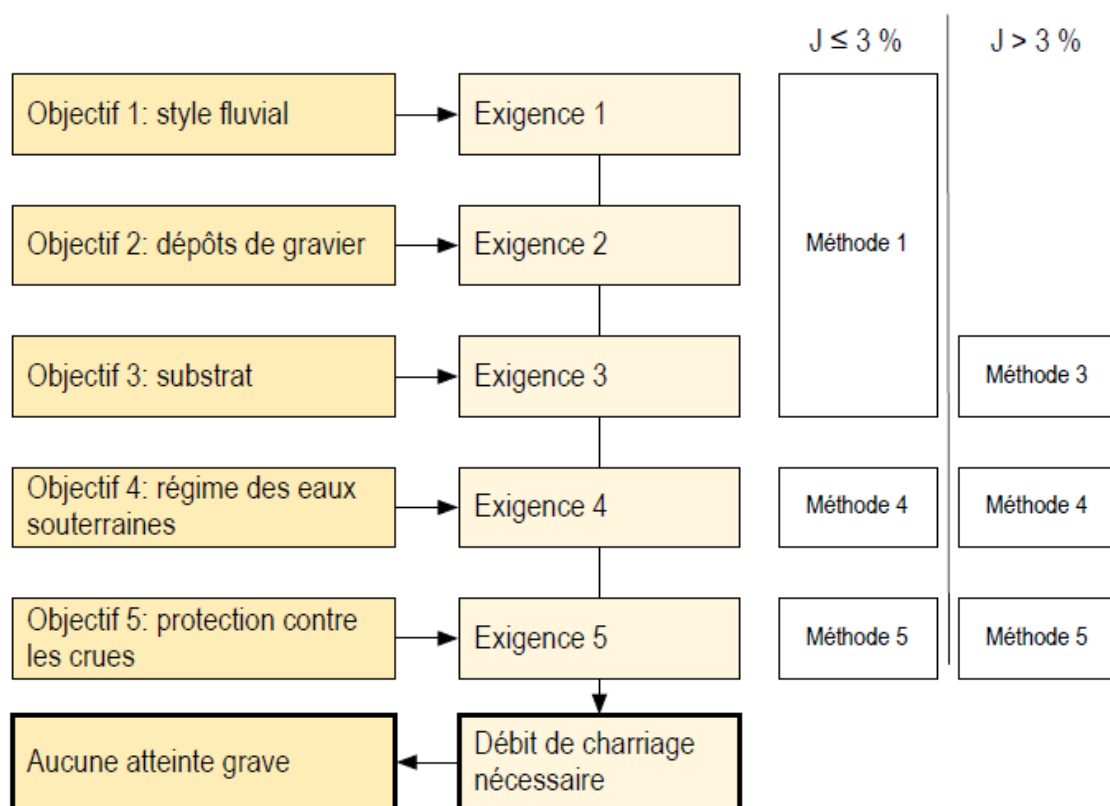


Fig. 14 > Exigences pour le débit de charriage et méthodes pour déterminer le débit de charriage nécessaire. À chaque objectif correspond une exigence de débit de charriage. Si toutes les exigences sont remplies, on obtient le débit de charriage nécessaire et les atteintes graves dues au régime de charriage modifié sont éliminées. À droite, il est indiqué avec quelle méthode le débit de charriage nécessaire peut être obtenu en fonction de la pente longitudinale J .

Figure 5: Exigences pour le débit de charriage et méthodes pour déterminer le débit de charriage nécessaire [9]

4.1.1 Méthode 1 - Style fluvial de référence

La Méthode 1 peut être appliquée via une approche globale, ou une approche simplifiée.

L'approche globale ne paraît pas adaptée au contexte jurassien: les largeurs observées sur le terrain ne sont pas cohérentes avec les largeurs calculées selon l'aide à l'exécution. Par exemple, pour un tronçon avec régime de charriage très peu influencé (Trame à l'amont du dépotoir du Fuet), la largeur naturelle calculée selon la formule de l'aide à l'exécution (formule de Parker) est de 19 m, alors que les largeurs observées sur le terrain sont plutôt de l'ordre de 6 à 8 m.

Dans l'approche simplifiée, le débit de charriage nécessaire est fixé en fonction du style fluvial en l'état de référence.

Style fluvial en l'état de référence	$G_{F_{ref}} / G_{FRZ}$
Lit ramifié avec plus de 2 chenaux	0,80
Lit ramifié avec 2 chenaux	0,77
Lit sinueux avec îlots et bancs	0,72
Lit sinueux avec bancs	0,65

Figure 6: Approche simplifiée. Rapport entre le débit de charriage nécessaire et le débit de charriage en l'état de référence lorsque celui-ci doit être déterminé sans calcul hydraulique. [9]

Les débits de charriage Q nécessaires pour la Trame et la Birse selon l'approche simplifiée sont les suivants:

$$Q_{\text{Trame, nécessaire}} = 0.65 \times Q_{\text{Trame, référence}}$$

$$Q_{\text{Birse, nécessaire}} \leq 0.65 \times Q_{\text{Birse, référence}}$$

En se référant à la Figure 4, on observe que c'est la Trame qui présente le déficit le plus net. Avec un rapport débit de charriage actuel / débit de charriage à l'état de référence allant de 40% à 55%, la Trame présente un déficit de charriage avéré, avec une nécessité d'intervention prioritaire.

Avec des valeurs allant de 50% à 65%, le déficit de charriage sur la Birse est un peu moins marqué. Sur tronçon à l'aval de la confluence avec la Trame, la Birse atteint tout juste le débit de charriage nécessaire selon la méthode 1.

4.1.2 Méthode 3 - substrat

En complément de la méthode 1, la méthode 3 de l'aide à l'exécution a été appliquée pour évaluer l'état du régime de charriage sur 14 sites différents : 4 sites sur la Trame, 3 sites sur la Birse à l'amont de la confluence avec la Trame et 7 sites sur la Birse à l'aval de la confluence.

L'évaluation des types de substrat et du degré de colmatage a été effectuée grâce à des observations et des relevés effectués sur le terrain selon la démarche décrite dans l'aide à l'exécution "Mesure" [9]; la Figure 7 synthétise la démarche.

L'évaluation des types de substrat a été effectuée de manière visuelle, d'abord sur le terrain, puis en analysant les photographies par drone effectuées sur les différents sites.

L'évaluation du degré de colmatage a été faite à l'aide de 2 méthodes différentes, la méthode de la botte [12] et la Méthode de Guthruf [6].

La méthode de la botte permet d'évaluer le degré de colmatage grâce à des indices visuels:

Degré de colmatage	Indicateurs et description
1: Aucun	Sédiments libres, faible résistance à l'enfoncement, panache de dérive faible, pas de matière fine à la dérive (argile, limon).
2: Faible	Sédiments légèrement solidifiés, faible résistance à l'enfoncement, panache de dérive notable, principalement du sable.
3: Moyen	Sédiments solidifiés, résistance à l'enfoncement notable, panache de dérive clairement visible, signes de matière fine.
4: Fort	Sédiments solidifiés, résistance à l'enfoncement forte, panache de dérive clairement visible et persistant, matériaux fins bien visibles.
5: Total	Sédiments fortement solidifiés, enfoncement pratiquement pas possible, panache de dérive très visible et longuement persistant, matériaux fins bien visibles.

Tableau 2: relation entre le degré de colmatage selon [9] et les indicateurs du test de la botte [12]

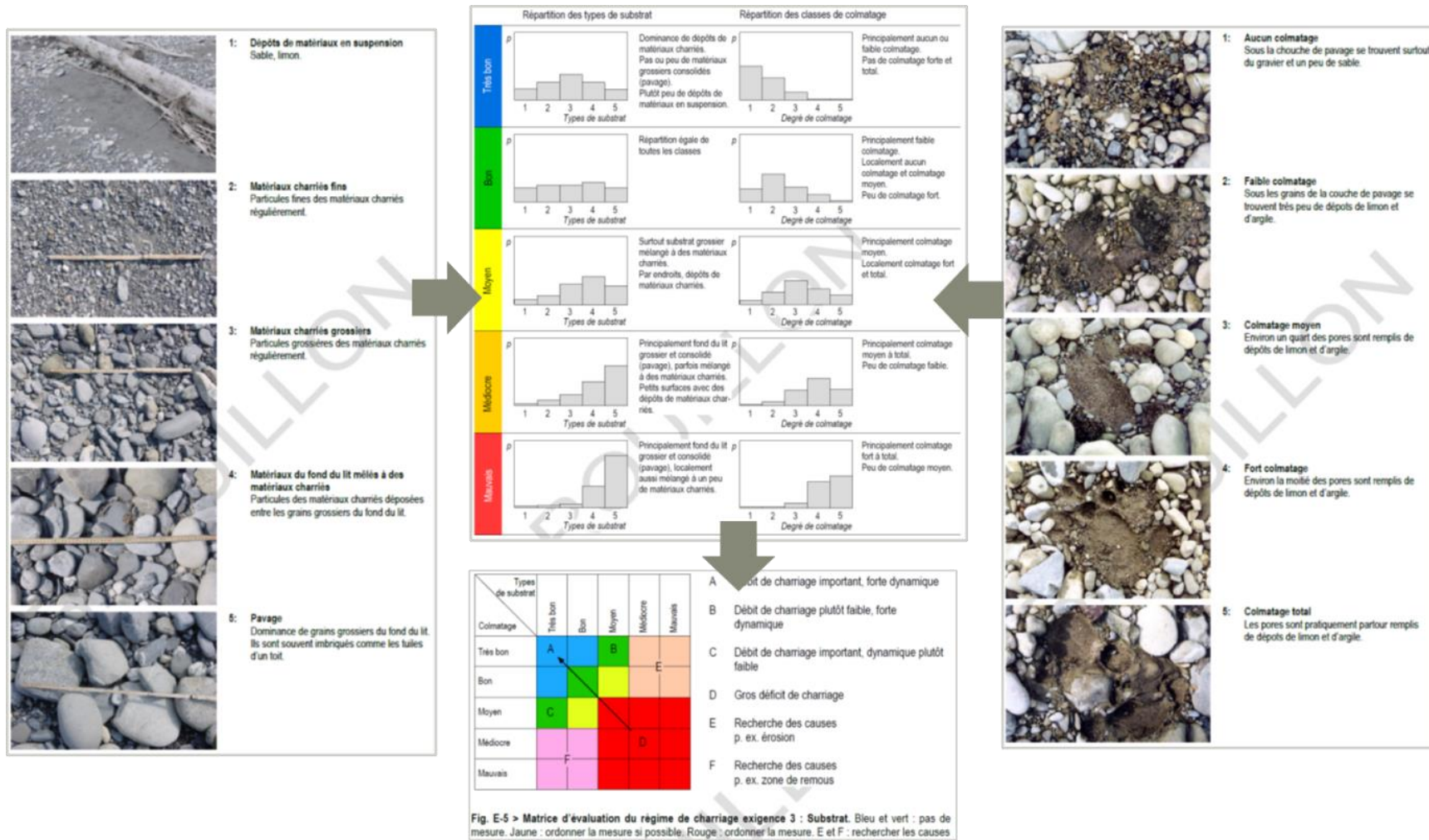


Figure 7: synthèse de la démarche de la méthode 3 de l'aide à l'exécution

La méthode de Guthruf donne une relation entre la force nécessaire pour déloger une tige enfoncée dans le lit et le degré de colmatage.

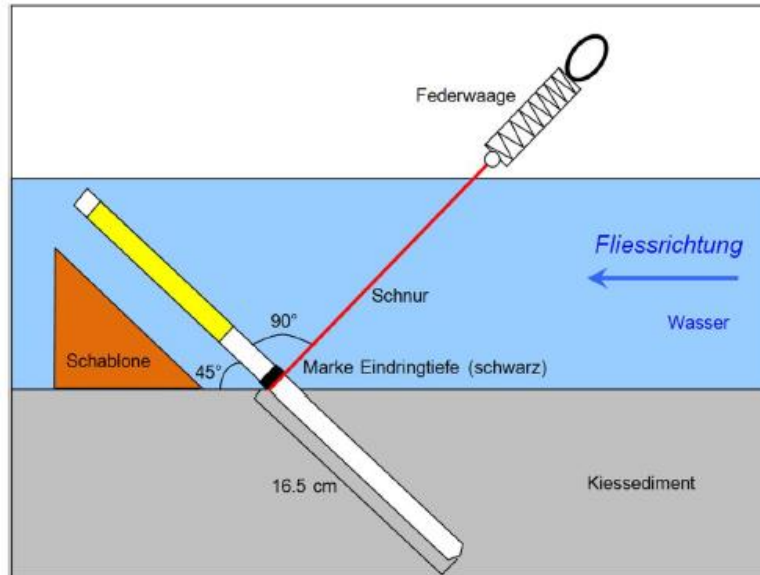
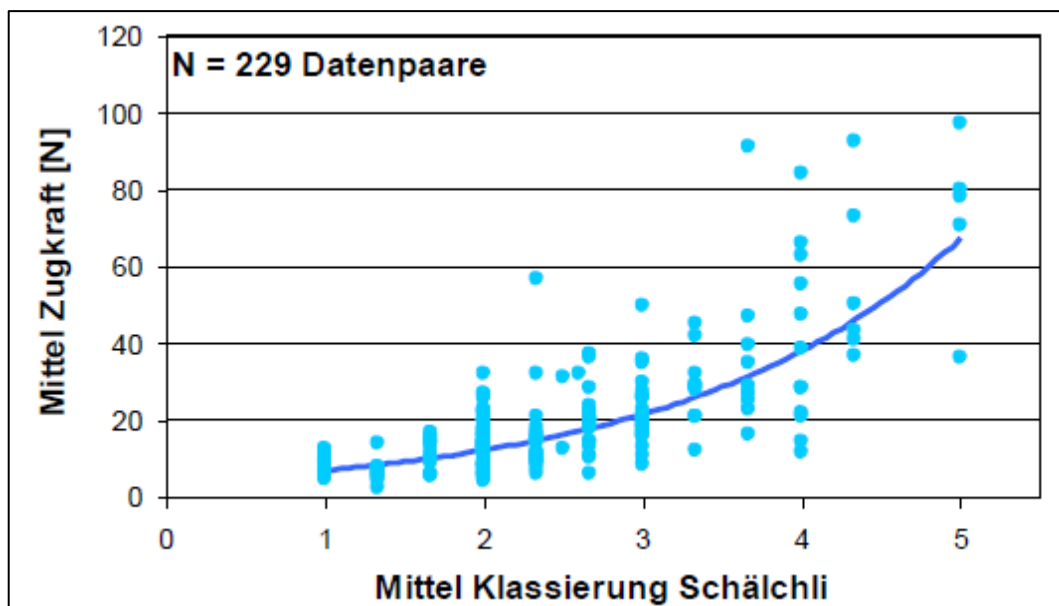


Figure 8: schéma de principe de la méthode de Guthruf



Schälchliklasse 1, wenn Kraft-Median ≤ 5.65 N
 Schälchliklasse 2, wenn Kraft-Median zwischen 5.65 und 20.85 N
 Schälchliklasse 3, wenn Kraft-Median zwischen 20.85 und 34.57 N
 Schälchliklasse 4, wenn Kraft-Median zwischen 34.57 und 88.62 N
 Schälchliklasse 5, wenn Kraft-Median > 88.62 N

Figure 9: Relation entre force médiane nécessaire et classes de colmatage selon Guthruf

L'expérience sur le terrain a montré que la méthode de Guthruf peut s'avérer difficile à appliquer dans les conditions prévalant sur la Birse supérieure et la Trame. La hauteur d'eau ne doit pas être trop importante, et lorsque le lit est pavé, il est difficile d'enfoncer la tige jusqu'à la moitié de sa longueur.

Par ailleurs, les résultats semblent très sensibles aux conditions de mise en place. La tige reste parfois bloquée entre les cailloux, tandis que parfois elle se déloge étonnamment facilement. Les valeurs de force de traction obtenues peuvent donc s'avérer très dispersées, même sur une zone homogène en termes de colmatage.

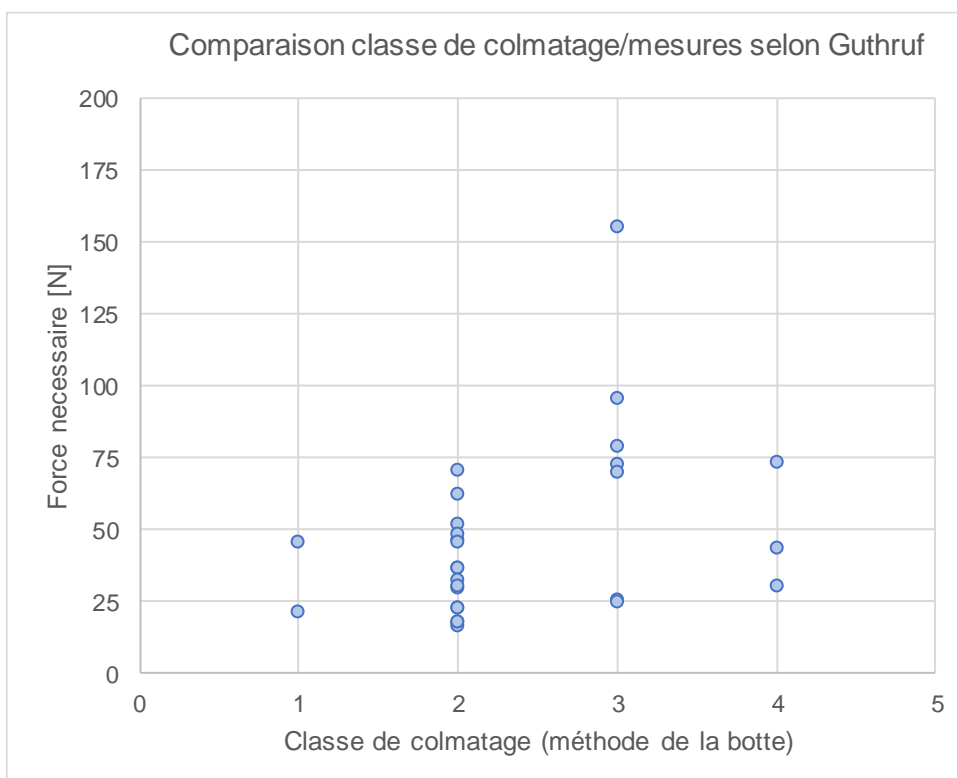


Figure 10: Mesures sur la Birse de la force médiane nécessaire selon Guthruf et classes de colmatage estimées (méthode de la botte)

Les résultats semblent également montrer que la méthode a tendance à surévaluer le degré de colmatage. En règle générale, le degré de colmatage obtenu selon la méthode de Guthruf était 1 à 2 classes supérieures au degré de colmatage estimé par la méthode de la botte.

L'Annexe 3 contient les éléments suivants:

- 3.1 Une carte de la tendance des tronçons à l'incision/équilibre/dépôt
- 3.2 Une carte avec les emplacements et l'évaluation des sites selon la méthode 3
- 3.3 Une carte généralisée de l'évaluation de l'état des tronçons selon la méthode 3
- 3.4 14 fiches de sites, avec description détaillées, le résultat de l'évaluation selon la méthode 3 et une documentation photographique.

La traversée de Valbirse n'a pas fait l'objet d'un site d'évaluation spécifique. La quasi-totalité du linéaire sur ce tronçon présente une morphologie corrigée et rectiligne, à l'exception du secteur renaturé à l'emplacement de l'ancienne usine Schäublin. D'après les observations faites sur le terrain, la traversée de Valbirse présente un lit extrêmement pavé sur les tronçons rectilignes, avec un colmatage vraisemblablement fort. À l'exception du secteur renaturé, la traversée de Valbirse est similaire au secteur rectiligne à l'aval de l'usine Boillat (Site n° 7).

4.2 Résultats de l'application de la méthodologie

Les sites situés en tête de bassin versant, à l'amont des installations de rétention des matériaux ou de dérivation, ne présentent pas ou peu de déficit de charriage.

Les sites situés plus à l'aval souffrent d'un plus gros déficit de charriage, mais de manière générale, on note que la morphologie est la variable clé de la qualité du substrat. Des tronçons avec une morphologie variée (méandres, élargissement) et une diversité des conditions d'écoulement montrent une amélioration drastique de la qualité du substrat, même avec un débit de charriage relativement faible.

En clair, pour que le cours d'eau ait un substrat suffisamment diversifié et non colmaté, il faut que :

- Le charriage soit suffisant (la méthode 1 permet de le quantifier)

ET que

- La morphologie le permette (suffisamment large, diversifiée)

Si l'on admet que les mesures de revitalisation du PDE comme réalisées, alors le déficit en débit de charriage nécessaire, en s'appuyant sur les résultats de la méthode 1, est:

- De l'ordre de 10 m³/an sur la Trame en aval du dépotoir du Fuet
- De l'ordre de 5 m³/an sur la Birse en amont de la confluence avec la Trame

A l'aval de la confluence, on peut considérer que, si les déficits amont sont comblés, alors débit de charriage nécessaire sera atteint.

Il convient de relever que les apports solides sont très faibles sur ce bassin versant, et qu'il reste donc souhaitable d'aller au-delà de ces exigences minimales dès que possible.

4.3 Débit de charriage nécessaire pour ne pas porter atteinte à la protection contre les crues et au régime d'eau souterraines

Le diagnostic du régime de charriage montre un déficit d'apports de matériaux, en particulier sur la Trame. Cependant, les volumes en jeu restent faibles en valeur absolue.

On peut donc légitimement considérer que le rétablissement du débit de charriage nécessaire n'aura pas d'influence notable sur le niveau du fond du lit et la perméabilité, et donc sur le régime des eaux souterraines dans les environs immédiats de la Trame et de la Birse.

En ce qui concerne la protection contre les crues, les tronçons pour lesquels les mesures de protection contre les crues doivent être coordonnées avec les mesures d'assainissement du charriage ont été identifiés et sont spécifiés dans les fiches de mesures (Annexe 4.1), sous la rubrique "impact sur la protection contre les crues".

Les tronçons critiques, pour lesquels la sécurité crues pourrait être dégradée par un apport supplémentaire de charriage sont:

- Les tronçons sous voûtage (Tavannes et Reconvilier)
- Le tronçon chenalisé de la Trame, et tout particulièrement le replat de Saicourt.

5. Mesures

5.1 Catalogue de mesures

5.1.1 Type de mesures

Les trois types de mesures proposées pour le bassin supérieur de la Birse sont les suivantes:

- **Mesures de démantèlement d'ouvrages**
 - Démantèlement d'installation: envisageable pour certains ouvrages, si leur nécessité n'est pas ou plus avérée.
 - Démantèlement des protections de berges: envisageable sur certains tronçons, notamment en anticipation des mesures de revitalisation. Sur le court terme, cela permet la remobilisation de matériaux par auto-érosion et, sur le long terme, de maintenir la contribution lente du versant vers le cours d'eau.

- **Mesures constructives**
 - Augmentation de la transparence de certaines installations par la mise en place de principes constructifs, tels que la réalisation d'un **canal guide** dans la zone de dépôt, permettant d'assurer un transit des matériaux pour les crues fréquentes, et garantissant la retenue des matériaux pour les crues rares. Pour éviter les problématiques de dépôt, le canal guide doit être similaire au tronçons critiques situés plus en aval au sens du transport solide. L'ouvrage est équipé d'une grille à barreaux verticaux faisant office de peigne à flottants. Les barreaux de la grille ne vont pas jusqu'au fond, laissant ainsi libre la section du canal guide.



Figure 11: Mesures constructives pour assurer l'augmentation de la transparence, selon [10][11]

▪ **Mesures de gestion des matériaux**

- Réinjection des matériaux prélevés dans les dépotoirs sur des tronçons sélectionnés en fonction des élargissements prévus dans le cadre du PDE.

5.1.2 Mesures proposées

Le Tableau 3 résume le catalogue des mesures préconisées pour l'assainissement du régime de charriage dans le bassin supérieur de la Birse.

En plus des 2 mesures d'assainissement obligatoires au sens de la LEaux, des mesures supplémentaires sont proposées, qui seront intégrées au PDE. Sur les 5 mesures supplémentaires proposées, 3 concernent des assainissements d'ouvrages. Les 4 dernières mesures sont des mesures d'ordre général, qui ne sont pas liées à une installation en particulier. Les mesures proposées sont détaillées dans des fiches de mesures, qui peuvent être consultée à l'Annexe 4.1.

L'Annexe 4.2 contient une carte précisant les secteurs prévus pour la réinjection des matériaux, ainsi que les secteurs avec des mesures importantes de revitalisation et de protection contre les crues prévues dans le cadre du PDE.

La Figure 12 montre les volumes de charriage attendus dans le système Trame-Birse amont après réalisation des mesures proposées.

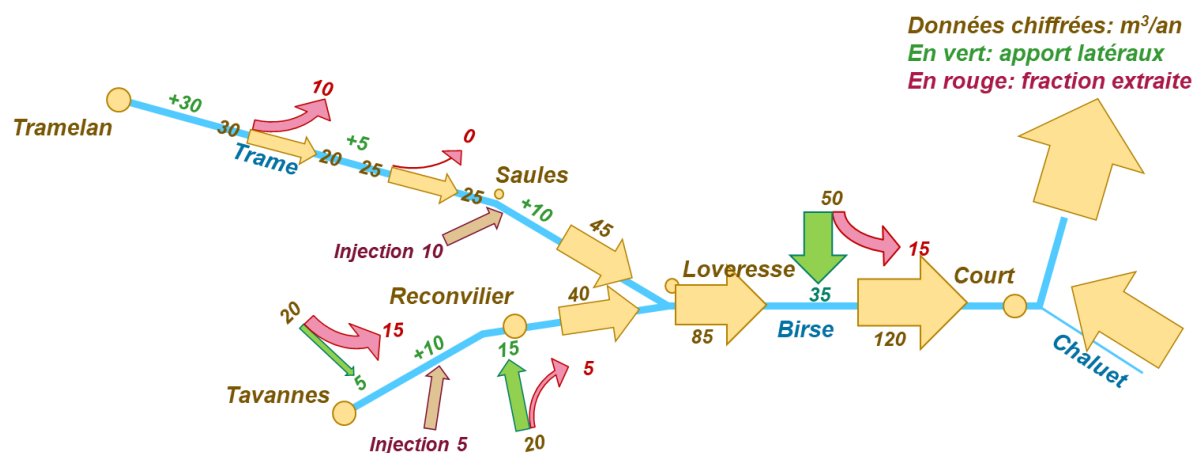


Figure 12: Représentation schématique du régime de charriage attendu après réalisation des mesures

5.2 Coordination des mesures de protection des eaux

Les mesures prévues dans le cadre du PDE et devant faire l'objet d'une coordination avec les mesures d'assainissement du charriage sont détaillées dans les fiches de mesures de l'Annexe 4.1, dans la section "besoins de coordination".

N° de Mesure	N° Installation	Nom mesure	Mesure d'assainissement LEaux	Mesures d'assainissement envisageables	Priorité	Estimation des coûts
1	1 (Bir43G07)	Assainissement du dépotoir du Fuet	OUI	Augmentation de la transparence	1	100-200 kCHF
				Déversement de gravier en aval	1	< 100 kCHF
				Démantèlement de l'installation	3	< 100 kCHF
2	2 (Bir43W01)	Assainissement du seuil de la scierie de Saicourt	OUI	Augmentation de la transparence	1	100-500 kCHF
				Déversement de gravier en aval	1	< 100 kCHF
3	5 (-)	Assainissement de l'affluent de la Motte	NON	Démantèlement de l'installation	2	100-500 kCHF
				Déversement de gravier en aval	1	< 100 kCHF
4	9 (Bir43G09)	Assainissement du dépotoir du ruisseau de l'Envers	NON	Augmentation de la transparence	2	< 100 kCHF
				Déversement de gravier en aval	2	< 100 kCHF
5	10 (Bir43G10)	Assainissement du dépotoir du ruisseau de Champ-Quiller	NON	Augmentation de la transparence	2	< 100 kCHF
				Déversement de gravier en aval	2	< 100 kCHF

6	Bassin versant	Réinjection des matériaux dans le bassin versant	NON	Réinjection des matériaux extraits des dépotoirs	1	< 100 kCHF
7	Bassin versant	Démantèlement des protections des berges	NON	Démantèlement des protections des berges	1	100-500 kCHF
8	Bassin versant	Registre des extraction/réinjections	NON	Création d'un registre des extractions/réinjections et des mesures influant sur le régime de charriage	1	< 100 kCHF
9	Bassin versant	Suivi de l'efficacité des mesures	NON	Suivi de l'efficacité des mesures par évaluation de la qualité du substrat et observation qualitative de frayères et productivité piscicole.	2	< 100 kCHF

Tableau 3: Catalogue des mesures d'assainissement du régime de charriage

5.3 Recommandations pour les opérations futures

De manière générale, et au regard de la morphologie non influencée de la Trame et de la Birse, BG propose les principes suivants pour les opérations futures:

- Dans l'esprit de la gestion par bassin versant et au regard de la rareté des ressources alluvionnaires, les sédiments extraits sur le bassin versant doivent être réinjectés en priorité dans le bassin versant.
- Des élargissements même réduits permettent immédiatement d'améliorer drastiquement la qualité du substrat, et par là du cours d'eau. La renaturation est donc une condition sine qua non de l'assainissement du charriage.
- Lors de l'établissement des projets de revitalisation, il faudra veiller à assurer une capacité de transport suffisante selon les flux de matériaux charriés attendus après réalisation des mesures (voir Figure 12), en intégrant également les apports transitoires de matériaux induits par la revitalisation.
- La diversité des conditions d'écoulement est aussi extrêmement favorable. Il est cependant recommandé d'utiliser des structures végétales (souches, caissons...) plutôt que minérales (qui ne sont pas à leur place dans le fond de ce type de vallée). À terme, la ripisylve, par dégradation et renouvellement devrait assurer cette fonction de diversification.
- La cohérence dans le temps et dans l'espace de ces principes doit être assurée par un cadre organisationnel adapté, tel qu'un syndicat des eaux.

5.4 Définition de la stratégie d'évaluation de l'efficacité

L'altération principale identifiée est liée à la qualité du substrat. C'est donc l'objectif de l'assainissement, et c'est donc la variable d'état principale qu'il faut suivre pour en évaluer l'efficacité. Pour ce faire, l'approche utilisée ici paraît tout à fait appropriée. Nous proposons donc :

- D'effectuer un relevé des qualités de substrat en appliquant la méthode suivie dans la présente étude (en se passant du test de Guthruf, qui paraît ici peu discriminant).
 - Le relevé devra être fait sur les sites déjà évalués (voir Annexe 3.2) afin d'avoir une chronique de l'évolution de l'état du substrat au cours du temps.
 - Des sites supplémentaires pourront être relevés sur les tronçons suite à leur revitalisation (ce suivi pourrait alors légitimement incomber à la mesure de revitalisation).
- De le compléter avec les observations qualitatives de frayères et productivité piscicole (en juvéniles, sur les stations régulièrement pêchées par le garde-pêche).

Nous estimons qu'une périodicité d'environ 5 ans est adéquate pour suivre l'état du cours d'eau et l'impact des mesures. En première approche, nous estimons le coût de ce suivi (y compris cartographie et note de synthèse) à 15'000 CHF par campagne.

Ce suivi fait l'objet de la mesure n°9 (voir Annexe 4.1)

Dans l'intervalle, il importe de mettre en place un registre des extractions / réinjections, ainsi que des mesures influant sur le régime de charriage (revitalisations, démantèlement de protection de berges, abaissement de seuil ...).

La tenue de ce registre fait l'objet de la mesure n°8 (voir Annexe 4.1)



ASSAINISSEMENT DU RÉGIME DE CHARRIAGE DANS LE BASSIN SUPÉRIEUR DE LA BIRSE

ANNEXES

1. Annexes "Cours d'eau"

- 1.1. Morphologie de la Birse et de la Trame à l'état naturel
- 1.2. Profils en long de la Birse et de la Trame

2. Annexes "Installations"

- 2.1. Installations intégrées dans la planification stratégique (2014) et dans l'étude Natura (1997)
- 2.2. Installations considérées pour l'assainissement du régime de charriage
- 2.3. Fiches d'installations

3. Annexes "Analyse de l'état"

- 3.1. Carte générale de l'état des tronçons (tendance à l'incision / équilibre / dépôt)
- 3.2. Sites d'évaluation substrat et colmatage selon méthode 3 de l'aide à l'exécution
- 3.3. Carte générale de l'état des tronçons selon méthode 3
- 3.4. Fiches de sites

4. Annexes "Mesures"

- 4.1. Fiches de mesures
- 4.2. Carte des secteurs d'injection

Les 160 pages d'annexe ne sont pas imprimées par défaut.
Elles sont disponibles pour téléchargement.
Sur demande, elles peuvent également être transmises sous forme papier.