



ETAT DE FRIBOURG  
STAAT FREIBURG

**Service des ponts et chaussées SPC**  
**Tiefbauamt TBA**

Section lacs et cours d'eau  
Sektion Gewässer

Rue des Chanoines 17, 1701 Fribourg

T +41 26 305 37 37, F +41 26 305 37 38  
[www.fr.ch/spc](http://www.fr.ch/spc)

Fribourg, le 15 décembre 2014

Planifications stratégiques cantonales

# **Planification stratégique**

## **Assainissement des éclusées**

### **Rapport final**

*Version 2 (mise à jour octobre 2015)*

### **Valeur du présent rapport**

Le présent rapport constitue le rapport final de planification stratégique cantonale de l'assainissement des éclusées conformément aux exigences de l'art. 41f OEaux.

Version 1	15 décembre 2014
Version 2 (modifications mineures)	6 octobre 2015

### **Editeur**

Service des ponts et chaussées, section Lacs et cours d'eau (SPC)

Le SPC est un service de la Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions (DAEC)

### **Auteur**

BG Ingénieurs Conseils SA, avec la participation de Pronat Conseil SA

### **Groupe d'accompagnement**

Christophe Joerin, SPC

Jean-Claude Raemy, SPC

Benoît Maillard, SPC

Regula Binggeli, SNP

Marc Dousse, SdE

Elise Folly, SEn

Jean-Daniel Wicky, SFF

Johann Ruffieux, Groupe E

Bertrand Rey, Groupe E

Judith Monney, AWA Bern

ONG, la Frayère : Pascal Vonlanthen

### **Référence bibliographique**

DAEC, 2014 : Planification stratégique de l'assainissement des éclusées. Rapport final. SPC, Fribourg.



Table des matières		Page
I.	<b>Résumé</b>	1
I.1	Contexte et bases légales	1
I.2	Démarche	1
I.3	Résultats	2
I.4	Conclusion	4
1.	<b>Introduction</b>	6
1.1	Contexte	6
1.2	Mandat	6
2.	<b>Méthodologie</b>	8
2.1	Démarche générale	8
2.2	Démarche appliquée dans le cadre du présent mandat	9
3.	<b>Analyse de l'ensemble des aménagements</b>	10
3.1	Inventaire de tous les aménagements utilisant la force hydraulique	10
3.2	Vérification des centrales pouvant provoquer des éclusées	12
3.3	Liste des centrales à étudier	15
4.	<b>Analyse des aménagements provoquant des éclusées</b>	15
4.1	Indicateurs hydrauliques de l'éclusée	15
4.2	Chaîne d'aménagements le long de la Sarine	18
5.	<b>Liste des tronçons impactés</b>	24
<b>PARTIE A : APPRECIATION SOMMAIRE (RAPPORT INTERMEDIAIRE)</b>		26
6.	<b>Détermination et analyse des tronçons impactés</b>	26
6.1	Données de base	26
6.2	Approche pour déterminer les atteintes graves	26
6.3	Rappel sur l'appréciation sommaire	27
6.4	Conditions à respecter	27
7.	<b>Résultats des atteintes par tronçons</b>	33
7.1	Démarche	33
7.2	Lessoc	33
7.3	Hauterive	35
7.4	Oelberg	37

7.5	Schiffenen	39
7.6	Broc	40
7.7	St-Anne	41
<b>PARTIE B : EVALUATION APPROFONDIE (RAPPORT FINAL)</b>		<b>44</b>
<b>8.</b>	<b>Analyse des tronçons impactés</b>	<b>44</b>
8.1	Broc	44
8.2	Sarine	44
8.3	La Tana	46
<b>9.</b>	<b>Liaison entre les aménagements et les tronçons impactés</b>	<b>52</b>
<b>10.</b>	<b>Liste définitive des centrales hydroélectriques à assainir</b>	<b>52</b>
<b>11.</b>	<b>Potentiel écologique</b>	<b>53</b>
11.1	Méthodologie de détermination	53
11.2	Résultat de l'état écologique potentiel	57
<b>12.</b>	<b>Planification des mesures d'assainissement</b>	<b>59</b>
12.1	Objectifs d'assainissement	59
12.2	Familles de mesures	61
12.3	Etudes de variantes d'assainissement	63
12.4	Résultats de l'évaluation des variantes "éclusées"	63
<b>13.</b>	<b>Coordinations</b>	<b>70</b>
13.1	Coordination inter-domaines	70
13.2	Coordination intercantonale	70
13.3	Coordination revitalisation	70
13.4	Coordination avec assainissement LEaux Art. 80	71
13.5	Coordination avec la protection contre les crues	71
<b>14.</b>	<b>Géodonnées</b>	<b>71</b>
<b>15.</b>	<b>Conclusion</b>	<b>72</b>



## Annexes

1. Liste des études et données utilisées dans le cadre de l'étude
2. Fiches d'ouvrages
3. Carte générale des aménagements (7170.04/PG004)
4. Questionnaires (uniquement sur le CD annexé au rapport)
5. Synchronisation des turbinages de long de la Sarine
6. Résultat de l'appréciation sommaire des tronçons
7. Carte des inventaires fédéraux
8. Äschenlarvendichten in der Saane Kanton Freiburg (Untersuchungsjahre 2011-2013), Wasser Fisch Natur (WFN) 2013
9. Carte des aménagements provoquant des éclusées (7170.06/PG007)
10. Liste faunistique de la Tana
11. Description des données géoréférencées
12. Annexe à la décision d'assainissement de la Jogne entre le barrage de Montsalvens et le lac de la Gruyère du 17 janvier 2011
13. Ecomorphologie de la Sarine
14. Aspect de la Sarine au droit des différents stations d'étude du SEn

Les données géoréférencées du projet se trouvent sur le CD annexé au rapport.

## I. Résumé

### I.1 Contexte et bases légales

Le 11 décembre 2009, les Chambres fédérales ont approuvé une série de modifications apportées à plusieurs lois fédérales portant sur la renaturation des eaux, dont la LEaux, la LACE, la LENE et la LDFR. Entrées en vigueur en 2011, elles définissent deux orientations principales :

- > Encourager les revitalisations et garantir un espace réservé aux eaux
- > Réduire les effets négatifs de l'utilisation de la force hydraulique

Concernant le deuxième volet, les cantons doivent établir, jusqu'à fin 2014, des planifications stratégiques de renaturation des eaux, concernant trois aspects : le rétablissement de la libre-migration piscicole, l'assainissement du régime de charriage et l'assainissement des éclusées, dont fait l'objet le présent rapport.

### I.2 Démarche

La méthode appliquée pour établir la planification de l'assainissement des éclusées est basée sur l'aide à l'exécution publiée par l'OFEV en 2012. Afin de veiller à la prise en compte des divers intérêts, un groupe de travail a été mis sur pied début 2014 pour accompagner les études du rapport final concernant la Sarine. Il comprend divers services de l'Etat mais également des représentants externes (Canton de Bern, Groupe E, ONG La Frayère).

La démarche générale s'est articulée en 4 étapes :

1. Analyse de l'ensemble des aménagements
  - Inventaire de tous les aménagements utilisant la force hydraulique (→§ 3.1)
  - Sélection des aménagements pouvant provoquer des éclusées (→§ 3.2)
2. Analyse des aménagements provoquant des éclusées
  - Calcul des paramètres hydrauliques de l'écluse (→§ 4.1)
  - Analyse de la chaîne d'aménagements le long de la Sarine (→§ 4.2)
- 3a. Détermination et analyse sommaire des tronçons
  - Détermination des tronçons impactés (→ §6)
  - Appréciation sommaire des tronçons impactés (→ §7)
- 3b. Détermination et évaluation approfondie des tronçons
  - Evaluation approfondie des tronçons impactés (→§ 8)
  - Détermination du potentiel écologique des tronçons impactés (→§ 11)
4. Planification des mesures d'assainissement (→§ 12)

## I.3 Résultats

### I.3.1 Analyse de l'ensemble des aménagements

La base de travail est un tableau géoréférencé comprenant 70 obstacles recensés dans le cadre de la planification stratégique pour l'assainissement de la migration piscicole. L'analyse de l'ensemble des installations est faite sur la base des données disponibles (orthophotos, données SIG, ...), de visites de contrôle ciblées sur site, ainsi que sur la base de questionnaires envoyés aux exploitants.

Finalement, il reste 7 aménagements qui pourraient produire des éclusées qui seront analysés dans la deuxième étape de l'étude. Ils sont tous propriété du Groupe E :

N° SAHE	Nom	Cours d'eau	Remarque
203800	Montbovon	Sarine	Centrale sans tronçon impacté directement en aval
203900	Lessoc	Sarine	
204400	Hauterive	Sarine	
204600	Oelberg	Sarine	
204700	Schiffenen	Sarine	
204200	Broc	Jogne	
203950	St-Anne	Tâna	

Tableau 1 : Liste des aménagements provoquant des éclusées

### I.3.2 Analyse des aménagements provoquant des éclusées

Cette étape a permis :

- De calculer l'indicateur HYDMOD-éclusées (qui caractérise l'amplitude et le stress hydraulique provoqué par les éclusées) sur les 7 installations provoquant des éclusées. Cet indicateur semble montrer que l'impact des éclusées est grand pour toutes les installations à part celle située sur la Tâna.
- De comprendre les dépendances entre les 5 aménagements situés sur la Sarine fribourgeoise.

### I.3.3 Détermination et appréciation sommaire des tronçons

L'appréciation sommaire, basée sur des indicateurs caractérisant essentiellement la qualité de la faune piscicole, a principalement été faite sur la base des données existantes et a permis d'obtenir les résultats suivants :



N° tronçon éclusés	Cours d'eau	Méthode de travail	Degré d'atteinte
EC1 Lessoc	Sarine	Appréciation sommaire	Grave (à confirmer par une évaluation approfondie)
EC2 Hauterive	Sarine	Appréciation sommaire	Grave (à confirmer par une évaluation approfondie)
EC3 Oelberg	Sarine	Appréciation sommaire	Grave (à confirmer par une évaluation approfondie)
EC4 Schiffenen	Sarine	Raccourci	Grave
EC5 Broc	Jogne	Appréciation sommaire	Etat prévisible après mise en œuvre du projet d'assainissement : absence d'atteinte grave
EC6 St-Anne	Tâna	Appréciation sommaire	indéterminé

Tableau 2 : Résultats de l'appréciation sommaire

Au terme de l'appréciation sommaire, il reste 4 tronçons nécessitant une évaluation approfondie pour vérifier l'existence d'une atteinte grave. Deux tronçons sont suffisamment étudiés pour pas nécessiter d'investigations complémentaires :

- Schiffenen : l'effet des éclusées provoquées par cet aménagement a déjà été largement étudié dans le passé; l'atteinte grave est admise par voie de raccourci.
- Broc : le projet d'assainissement en cours de réalisation doit permettre d'éliminer les atteintes graves sur la Jogne.

### I.3.4 Evaluation approfondie des tronçons

L'évaluation approfondie a été construite sur des observations de terrain, des relevés de la faune piscicole, des essais avec différents débits et des modélisations. Ainsi, tous les indicateurs proposés par l'aide à l'exécution de l'OFEV ont été évalués.

Ces analyses ont permis :

- De confirmer l'existence d'une atteinte grave sur les tronçons suivants de la Sarine : Oelberg, Hauterive et Lessoc.
- De conclure à l'absence d'atteinte grave sur le tronçon de Ste-Anne (La Tâna)

### I.3.5 Planification des mesures d'assainissement

Pour les 4 installations à assainir le long de la Sarine, des études de variantes d'assainissement des éclusées ont été menées durant l'année 2014. Le tableau ci-dessous résume les principales variantes d'assainissement qui devraient être approfondies dans la suite des démarches :

Nom de l'aménagement	Cours d'eau	Mesures d'assainissement	Coût estimatif
Schiffenen	Sarine	Bassin d'amortissement des éclusées 1.1 mio de m <sup>3</sup> + mesures d'exploitation	70 mio CHF
		Galerie de dérivation vers le lac de Morat	236 mio CHF
Oelberg	Sarine	Mesures d'exploitation (adaptations liées à l'assainissement de la centrale d'Hauterive) + mesures morphologiques sur le lit de la Sarine	8 mio CHF
Hauterive	Sarine	Galerie de dérivation des eaux vers le lac de Pérolles + bassin d'amortissement de 30'000 m <sup>3</sup>	50 mio CHF
		Galerie de dérivation des eaux vers le lac de Pérolles Q <sub>e</sub> / Q <sub>p</sub> = 5	~ 45 mio CHF
		Galerie de dérivation des eaux vers le lac de Pérolles Q <sub>e</sub> / Q <sub>p</sub> = 10 à 14	~ 30 mio CHF
Lessoc (+ amont)	Sarine	Mesures d'exploitation + modification des turbines (proposition de <i>package</i> par Groupe E)	25 - 35 mio CHF
		Bassin d'amortissement amont de 300'000 m <sup>3</sup>	60 mio CHF

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des principales mesures d'assainissement à étudier dans la seconde phase du projet.

A noter que les mesures d'assainissement **en rouge** n'atteignent pas les objectifs d'assainissement, toutefois leur ratio coût/bénéfice est intéressant.

Ce tableau récapitulatif comporte des mesures d'assainissement dont l'efficacité et la faisabilité est très variable. Par exemple à Schiffenen, la variante de galerie vers le lac de Morat est très onéreuse mais présente d'autres avantages (synergie avec un nouveau palier de turbinage), qui justifie de conserver cette variante dans ce tableau de synthèse.

#### 1.4 Conclusion

Le rapport final confirme l'atteinte grave provoquée par les éclusées sur la Sarine en aval des quatre principaux aménagements hydroélectriques situés sur la Sarine dans le canton de Fribourg : Lessoc, Hauterive, Oelberg et Schiffenen. Plus de 65% de la Sarine sur territoire fribourgeois est affectée par ce phénomène.

Des atteintes graves sont également constatées sur la Jogne en aval de la restitution de Broc. Pour cette installation, une décision d'assainissement a toutefois déjà été rendue en janvier 2011. Dans sa prise de position du 31 janvier 2014, l'OFEV considère que ces mesures permettront d'éliminer les atteintes graves dues aux éclusées sur la Jogne. Un monitoring devra évaluer l'efficacité de ces mesures, et proposer si nécessaire des mesures complémentaires. Il ne faut donc pas traiter plus en détails le cas de Montsalvens / Broc dans le cadre de cette planification d'assainissement des éclusées.

L'aménagement de St-Anne, sur la Tâna, produit également des éclusées en aval de sa restitution. L'évaluation détaillée menée pour le rapport final évalue comme "moyenne" l'atteinte des éclusées sur le cours d'eau. Un assainissement n'est donc pas nécessaire.





## 1. Introduction

### 1.1 Contexte

La loi sur la protection des eaux (LEaux) contraint les détenteurs de centrales hydroélectriques à prendre des mesures pour empêcher ou éliminer les atteintes graves que des variations subites et artificielles du débit d'un cours d'eau (éclusées) portent à la faune et à la flore indigènes et à leurs biotopes. Les cantons doivent planifier les mesures d'assainissement requises conformément à l'art. 83b LEaux et fixer les délais pour leur réalisation.

- Le canton de Fribourg a remis à l'OFEV en août 2013 un rapport intermédiaire (RI) indiquant notamment les centrales pour lesquelles des mesures d'assainissement s'imposent et contenant également des informations concernant les mesures à mettre en œuvre (Rapport intermédiaire Eclusées, BG/PRONAT 7170.04-RN004c, août 2013).
- Le présent rapport constitue le Rapport final (RF) Eclusées, que le canton doit remettre à l'OFEV fin 2014.
- La première partie du rapport reprend le contenu du rapport intermédiaire, corrigé pour prendre en compte les remarques de l'OFEV (selon la prise de position de l'OFEV du 21 janvier 2014).
- La seconde partie du rapport contient la synthèse des compléments entrepris pour finaliser ce rapport final. Le détail de ces investigations se trouve dans le rapport "RF Sarine - Grandes Installations", qui regroupe toutes les études réalisées sur la Sarine en 2014 concernant les différents domaines de la renaturation des eaux (éclusées, charriage et migration piscicole).

### 1.2 Mandat

Le bureau BG Ingénieurs Conseils, associé au bureau en environnement PRONAT, a été mandaté par l'Etat de Fribourg (section Lacs et Cours d'eau – LCE) pour réaliser le Rapport intermédiaire et le Rapport final "Eclusées", à destination de l'OFEV.

Dans la seconde étape du projet (élaboration du rapport final), le projet a été piloté par le Groupe de travail "Sarine – Grandes installations" constitué autour de différents services de l'Etat de Fribourg : Service des ponts et chaussées - section Lacs et Cours d'eau (LCE), Service de l'environnement (SEn), Service des forêts et de la faune (SFF), Service de la nature et du paysage (SNP), Service de l'énergie (SdE).

La figure ci-dessous montre l'ensemble des rapports réalisés dans le cadre de la planification stratégique de renaturation du canton de Fribourg :

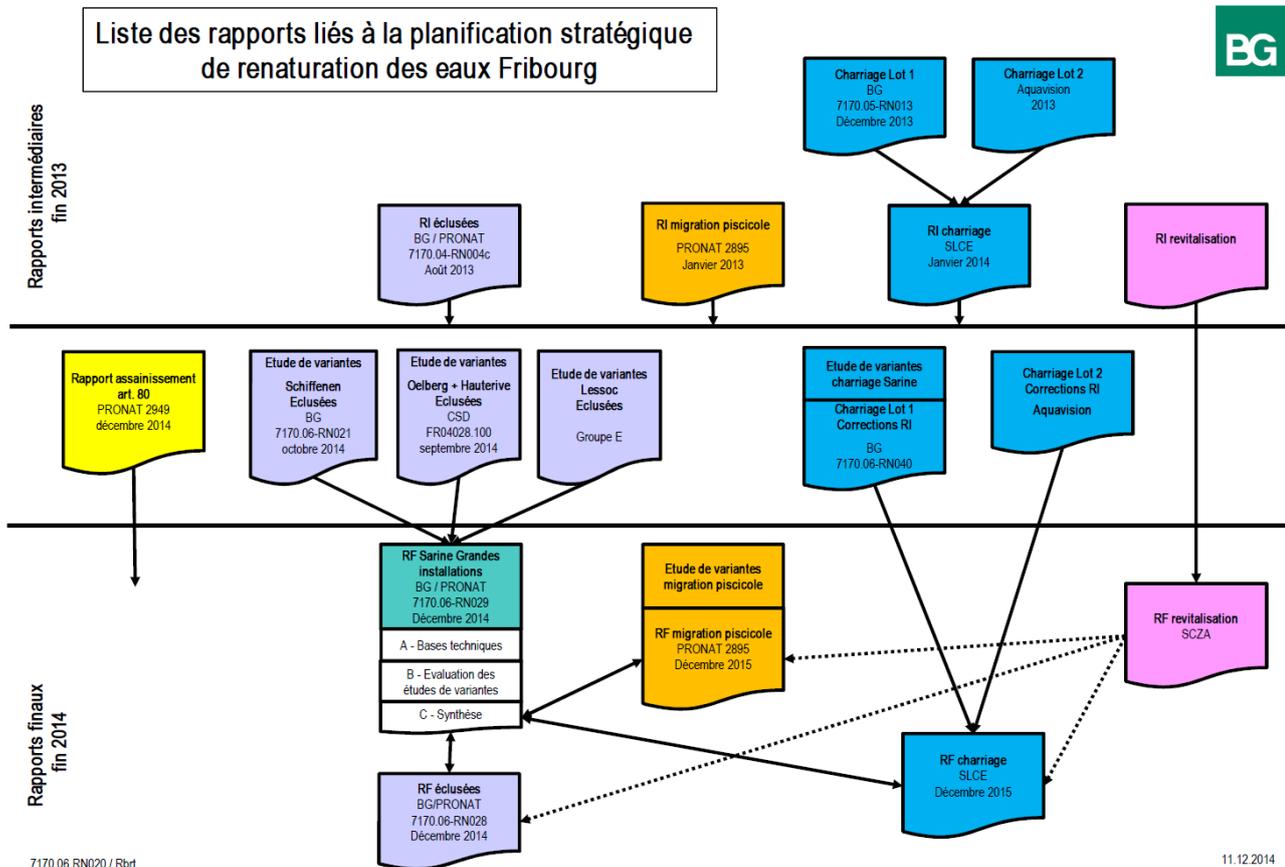


Figure 1 : Organisation des rapports liés à la planification stratégique de renaturation des eaux Fribourg

Le détail des investigations et analyses réalisées sur la Sarine se trouve dans un rapport annexe, qui traite des trois domaines de l'assainissement (charriage, éclusées et migration piscicole) de manière conjointe sur la Sarine. La référence bibliographique de ce rapport est la suivante :

- DAEC, 2014 : Planification stratégique de l'assainissement des cours d'eau. Rapport final Sarine – Grandes installations. SPC, Fribourg.

## 2. Méthodologie

### 2.1 Démarche générale

L'élaboration du présent rapport est basée sur les recommandations édictées par la Confédération dans le module de l'aide à l'exécution – renaturation des eaux consacrée aux éclusées :

- Baumann P., Kirchofer 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: 127 p.

Dans la suite du présent rapport, ce document sera appelé simplement "aide à l'exécution". Ce document est consacré à la planification stratégique de l'assainissement des éclusées. Il explique comment recenser et évaluer les atteintes existantes provoquées par des variations soudaines du débit dans un cours d'eau, et comment déterminer l'obligation d'assainir ainsi que le type des mesures à prendre au niveau des centrales hydroélectriques en cause. Le schéma ci-dessous est extrait de ce document et présente les principales étapes de l'analyse :

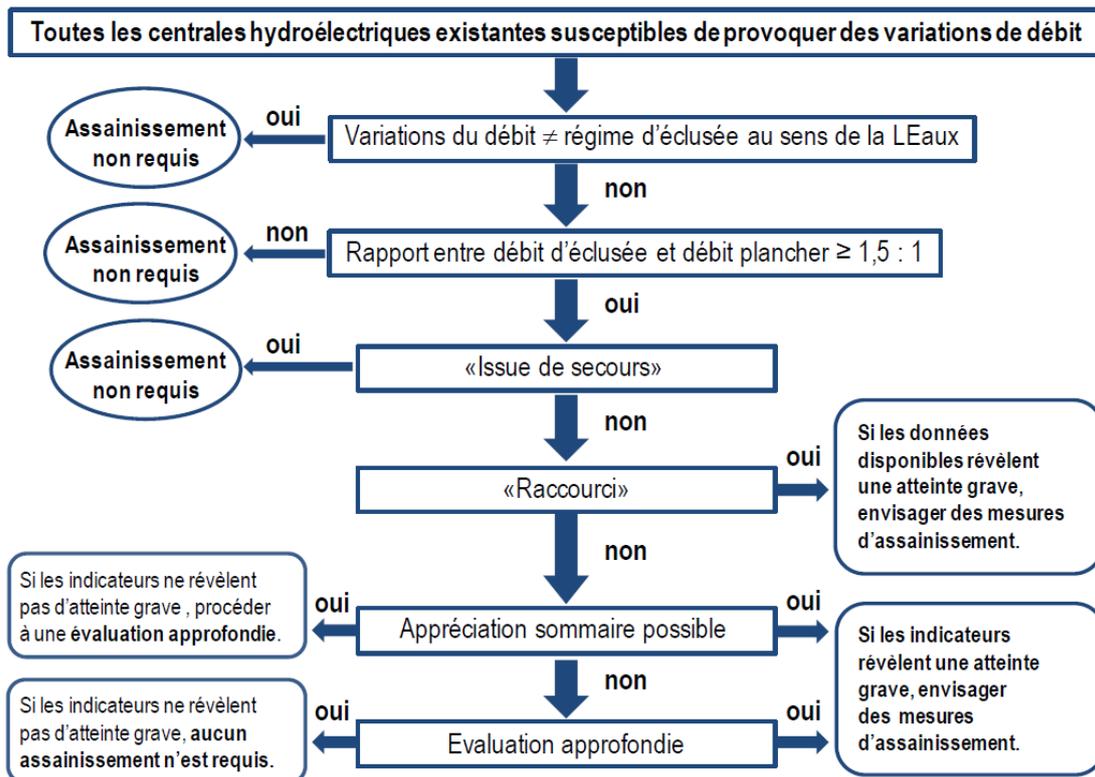


Figure 2 : Schéma de détermination des atteintes graves provoquées par les éclusées



## 2.2 Démarche appliquée dans le cadre du présent mandat

Dans le cadre du mandat de planification de l'assainissement des éclusées, la démarche s'est articulée en quatre étapes :

1. Analyse de l'ensemble des aménagements (RI, modifié pour le RF)
  - Inventaire de tous les aménagements utilisant la force hydraulique
  - Sélection des aménagements pouvant provoquer des éclusées
2. Analyse des aménagements provoquant des éclusées (RI, modifié pour le RF)
  - Calcul des paramètres hydrauliques de l'écluse
  - Analyse de la chaîne d'aménagement le long de la Sarine
- 3a. Détermination et appréciation sommaire des tronçons (RI)
  - Détermination des tronçons impactés
  - Appréciation sommaire des tronçons impactés
  - Détermination du potentiel écologique des tronçons impactés
- 3b. Détermination et évaluation approfondie des tronçons (RF)
  - Evaluation approfondie des tronçons impactés
  - Détermination du potentiel écologique des tronçons impactés
4. Planification des mesures d'assainissement (RF)

La démarche proposée dans l'aide à l'exécution a été appliquée. Pour le RI, l'appréciation sommaire n'a pas pu être complètement effectuée. Par conséquent, les atteintes induites par l'exploitation hydroélectrique par éclusées ont été jugées par une voie raccourcie lorsque cela était possible.

Dans le cadre du RF, une évaluation approfondie a été entreprise sur tous les tronçons touchés par l'effet des éclusées. Les résultats de ces analyses permettent de valider les conclusions du présent rapport et de planifier de façon optimale de futures mesures d'assainissement.

### 3. Analyse de l'ensemble des aménagements

#### 3.1 Inventaire de tous les aménagements utilisant la force hydraulique

##### 3.1.1 Démarche

La base de travail est un tableau géoréférencé comprenant 70 obstacles à la migration piscicole liés à l'utilisation de la force hydraulique recensés dans le cadre de la planification stratégique pour l'assainissement de la migration piscicole<sup>1</sup>. Dans cette liste, les installations manifestement hors service ont été retirées, réduisant la liste à 59 ouvrages.

Un premier critère pour sélectionner les aménagements susceptibles de provoquer des éclusées est l'existence d'une possibilité de stockage (retenue, lac étang,...) à proximité de la prise d'eau.

Dans ce but, une fiche d'ouvrage a été créée pour chaque objet sélectionné. Elle comporte des informations générales sur l'installation (nom, localisation,...) ainsi qu'un extrait de carte (carte 25'000, orthophoto, courbes de niveaux) permettant de mettre en évidence la présence d'un éventuel stockage.

Sur la base de cette fiche, les ouvrages ont été classés en trois catégories :

- Absence de capacité de stockage
- Présence avérée d'un volume de stockage
- Présence incertaine d'un volume de stockage

##### 3.1.2 Résultats

Les fiches d'ouvrage sont présentées en **annexe 2** du rapport.

Le tableau ci-dessous liste les prélèvements où une capacité de stockage est avérée ou incertaine sur la base de l'analyse SIT :

N° cantonal	Nom	Cours d'eau	Présence d'un stockage	Nom du stockage
FR.SAA.13	Lessoc	Sarine	Avéré	Lac de Montbovon
FR.SAA.9	Rossens	Sarine	Avéré	Lac de Gruyère
FR.SAA.2	Maigrage	Sarine	Avéré	Lac de Pérolles
FR.SAA.1	Schiffenen	Sarine	Avéré	Lac de Schiffenen
FR.JOG.4	Montsalvens	Jogne	Avéré	Lac de Monsalvens
FR.BRO.1	Barrage Dougoud	Broye	Incertain	
FR.ZSA.4	Neirivue	Neirivue	Incertain	
FR.MOU.4	Moulin de Châtillon	Ruisseau des Moulins	Incertain	
FR.GLA.1	Barrage Matelec	Glâne	Incertain	
FR.GLA.2	Moulin Neuf	Glâne	Incertain	
FR.GLA.3	Moulin de Chavannes-sous-Oronnens	Glâne	Incertain	
FR.GLA.4	Moulin Waeber	Glâne	Incertain	

Tableau 4 : Liste des prélèvements avec une capacité de stockage avérée ou incertaine

<sup>1</sup> Rétablissement de la migration piscicole sur le canton de Fribourg – rapport intermédiaire OFEV (provisoire), PRONAT, janvier 2013.



Les sept aménagements classés comme "incertains" sont de petits ouvrages, pour lesquels la possibilité de produire par éclusées a été vérifiée.

### 3.1.3 Vérifications de terrain de petits ouvrages

Les visions locales des installations effectuées durant le printemps 2013 par la LCE dans le cadre de la planification stratégique "charriage" ainsi que des entretiens avec les gardes-faune ont permis de confirmer qu'aucun petit ouvrage où la présence d'un stock était incertaine n'est concerné par une exploitation par éclusée :

- **Moulin Dougoud** sur la Broye : une vision locale et une discussion avec le garde-faune ont révélé que le turbinage se fait au fil de l'eau et non par éclusées sur ce cours d'eau.
- **Barrage de la pisciculture** sur la Neirivue : M. Stéphane Moura, exploitant de cette retenue, a été contacté par téléphone. Il existe une possibilité théorique de créer des éclusées, car la prise d'eau se trouve environ 2 m sous le niveau maximum du plan d'eau. Cependant, il n'y a plus eu de turbinage depuis 10 ans car la turbine n'est plus en fonction. Cette installation ne cause donc pas d'éclusées sur la Neirivue.
- **Moulin de Châtillon** sur le ruisseau des Moulins : la visite sur site ne met en évidence aucune surface d'accumulation sur le ruisseau. Le garde-faune de cette circonscription, a également confirmé qu'il n'existait aucune accumulation d'eau sur ce cours d'eau.
- **Barrage Matelec** : une vision locale et une discussion avec des collaborateurs de la section faune aquatique et pêche du SFF ont confirmé que l'exploitation de cet ouvrage se fait au fil de l'eau.
- **Moulin Neuf** : une vision locale et une discussion avec des collaborateurs de la section faune aquatique et pêche ont confirmé que l'exploitation de cet ouvrage se fait au fil de l'eau. Un déversoir sur le canal d'aménée d'eau garantit un débit constant qui actionne une roue en bois au Moulin Neuf.
- **Moulin de Chavannes-sous-Orsonnens** : une vision locale a révélé que la prise d'eau de ce barrage n'est actuellement plus en fonction et qu'il n'y a plus de turbinage.
- **Moulin Waeber** : le Moulin Waeber turbine au fil de l'eau et non par éclusées. Une visite locale et un entretien avec le garde-faune permettent de confirmer que cette installation ne crée pas d'éclusées sur la Glâne.

### 3.1.4 Installations situées sur le territoire des cantons voisins

Des installations situées sur le territoire des cantons de Berne ou de Vaud pourraient créer des éclusées sur des cours d'eau du canton de Fribourg. Le réseau hydrographique a été analysé aux limites cantonales. On peut en tirer les conclusions suivantes :

- Les éclusées provenant de la Sarine en amont des limites cantonales se répercutent sur l'aménagement de Rossinière / Montbovon qui fait partie des installations à assainir.
- L'Hongrin est fortement influencé par un aménagement hydroélectrique qui turbine les eaux dans le Léman. L'Hongrin n'est pas soumis à un régime d'éclusées.
- La Singine et la Broye ne présentent pas de régime d'éclusées aux limites cantonales.



- De nombreux petits cours d'eau franchissent la limite cantonale. Ils sont particulièrement nombreux dans les districts du Lac et de la Broye. Ces cours d'eau sont trop petits pour une exploitation de la force hydraulique qui provoquerait des éclusées au sens de la LEaux et qui aurait une influence transfrontalière.

Les rapports intermédiaires des cantons de Berne et de Vaud ne font pas mention d'autres installations qui provoqueraient des éclusées sur un cours d'eau du canton de Fribourg.

## 3.2 Vérification des centrales pouvant provoquer des éclusées

### 3.2.1 Démarche

- Un questionnaire a été élaboré à destination des exploitants afin de rassembler des informations sur les aménagements et leur fonctionnement.
- Le questionnaire a été pré-rempli avec les informations à notre disposition puis envoyé aux exploitants pour vérification et complément. Le questionnaire a été envoyé aux exploitants de toutes les installations possédant un numéro de la SAHE (statistique des aménagements hydroélectriques de la Suisse), même si aucune capacité de stockage n'a été détectée et qu'elles sont à priori exploitées au fil de l'eau.
- Parallèlement, des contacts ont été pris avec le Groupe E, exploitant de l'ensemble des installations pouvant clairement provoquer des éclusées afin d'intégrer ses représentants à la suite de la démarche.
- Le Groupe E a rempli les questionnaires et nous a fourni des données d'exploitation (débits turbinés, niveau des retenues, températures, débits déversés) pour les aménagements concernés par la problématique des éclusées.

### 3.2.2 Analyse préliminaire des aménagements

L'aide à l'exécution définit plusieurs critères d'exclusion de la procédure de planification de l'assainissement des éclusées :

- Faible intensité de l'éclusée ( $Q_{\text{éclusée}}/Q_{\text{plancher}} < 1.5$ )

Issue de secours :

- Restitution hors du réseau hydrographique (par exemple dans un plan d'eau)
- Autres critères indiquant de toute évidence que les atteintes sont négligeables

### 3.2.3 Résultats

Le tableau ci-dessous présente le mode de fonctionnement des centrales possédant un numéro SAHE. Ce tableau est basé sur le retour des questionnaires envoyés aux exploitants, qui se trouvent en **annexe 4** du rapport :



N° SAHE	Nom	Fonctionnement	Remarque
203800	Montbovon	Eclusées	
203900	Lessoc	Eclusées	
204300 et 204350	Rossens	Au fil de l'eau	Centrale de dotation
204400	Hauterive	Eclusées	
204500	Maigrauge	Au fil de l'eau	Centrale de dotation
204600	Oelberg	Eclusées	
204700	Schiffenen	Eclusées	
204200	Broc	Eclusées	
203950	St-Anne	Au fil de l'eau avec dérivation	La conduite alimentant la centrale sert de volume de stockage durant les périodes d'étiage. Des éclusées sont donc à priori possibles.
204100	Charmey (La Perré)	Au fil de l'eau avec dérivation	Le niveau de la retenue est constant toute l'année. Elle permet uniquement de maintenir un certain niveau d'eau pour alimenter la prise d'eau latérale.
204050	Charmey (La Tzintre)	Au fil de l'eau avec dérivation	Installation au fil de l'eau; pas de retenue d'accumulation; pas de possibilité de moduler le débit turbiné
204000	Jaun	Au fil de l'eau avec dérivation	Installation au fil de l'eau; pas de retenue d'accumulation; pas de possibilité de moduler le débit turbiné

Tableau 5 : Fonctionnement des aménagements possédant un n° SAHE

Le rapport débit d'écluse sur débit plancher ( $Q_e/Q_p$ ) a été calculé sur toutes les installations pouvant à priori créer des éclusées pour vérifier si certaines pouvaient être exclues rapidement de l'étude :

N° SAHE	Nom	Intensité de l'éclusee ( $Q_e/Q_p$ )	Remarque
203800	Montbovon	129.3	Valeur très élevée car le débit plancher est très faible. Restitution hors du réseau hydrographique (dans le Lac de Lessoc)
203900	Lessoc	14.2	
204400	Hauterive	26.1	
204600	Oelberg	21.4	
204700	Schiffenen	18.8	
204200	Broc	45.6	Calculé avec le nouveau débit de dotation de 500 l/s
203950	St-Anne	2.9	

Tableau 6 : Analyse préliminaire des aménagements fonctionnant par éclusee (méthode HYDMOD)

Toutes les installations étudiées possèdent un rapport  $Q_e/Q_p$  supérieur à 1.5, y compris St-Anne, qui ne possède pas de bassin de retenue classique. La conduite d'amenée, d'une capacité de 2'500 m<sup>3</sup> est utilisée comme volume de stockage.

Selon l'aide à l'exécution, la centrale de Montbovon pourrait être exclue de la planification par "issue de secours" car sa restitution se situe dans le lac de Montbovon. Néanmoins, l'analyse des données d'exploitation montre que le volume du lac de Montbovon n'est pas suffisant pour absorber le volume des éclusées, qui sont donc répercutées en aval. A ce stade, il est donc décidé de maintenir la centrale de Montbovon dans la suite de l'étude. L'analyse de la chaîne d'aménagements le long de la Sarine est traitée au chapitre 4.2.

### 3.3 Liste des centrales à étudier

A ce stade, il reste donc 7 aménagements à analyser pour la suite de l'étude. Ils sont tous propriété du Groupe E.

N° SAHE	Nom	Cours d'eau	Remarque
203800	Montbovon	Sarine	Centrale sans tronçon impacté directement en aval
203900	Lessoc	Sarine	
204400	Hauterive	Sarine	
204600	Oelberg	Sarine	
204700	Schiffenen	Sarine	
204200	Broc	Jogne	
203950	St-Anne	Tâna	

Tableau 7 : Liste des aménagements provoquant des éclusées

Tous les autres aménagements ont pu être exclus de la planification cantonale de l'assainissement des éclusées.

## 4. Analyse des aménagements provoquant des éclusées

### 4.1 Indicateurs hydrauliques de l'écluse

L'aide à l'exécution mentionne la possibilité d'utiliser les indicateurs donnés dans la méthode HYDMOD<sup>2</sup> pour quantifier l'importance du phénomène d'écluse. Le tableau ci-dessous résume quelques-uns de ces indicateurs, calculés sur la base des données d'exploitation fournies par le Groupe E (sauf pour l'aménagement de Broc car le débit de dotation a été modifié depuis début 2013) :

---

<sup>2</sup> Pfaundler M. et al. 2011: Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Hydrologie – régime d'écoulement niveau R (région). Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1107: 113 p.

	$Q_e$	$Q_p$	A	$Q_e/Q_p$	MQ	$Q_e/MQ$	S	Lh	$Tn_{\text{plancher}}^3$	Lp
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	-	m <sup>3</sup> /s		km <sup>2</sup>	-	cm/min	-
Montbovon	38.9	0.3	38.6	129.3	13.5	2.9	398	-	-	-
Lessoc	40	2.5	37.5	14.2	15	2.7	506	1.7	2.5	18
Hauterive	75.7	2.8	72.9	26.1	34.2	2.2	954	1.9	2.9	34
Oelberg	87.1	4	83.1	21.4	41.8	2.1	1250	2.1	5.7	32
Schiffenen <sup>2</sup>	105.5	5.4	100.1	18.8	44	2.4	1400	2.4	8.4	28
Broc <sup>1</sup>	22.8	0.5	22.3	45.6	8.8	2.7	173	1.3	nd <sup>3</sup>	30 - 68
St-Anne	0.65	0.1	0.55	2.9	0.24	2.6	6.6	1.4	0.5	2

Tableau 8 : Indicateurs hydrauliques de l'éclusee

<sup>1</sup> calculé avec le nouveau débit de dotation en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2013

<sup>2</sup> le rapport intermédiaire "assainissement des éclusées" du canton de Bern obtient des valeurs différentes pour les paramètres hydrauliques de l'éclusee à Schiffenen. Cela provient de la différence de méthode de calcul. En effet, HYDMOD propose deux solutions, basées soit sur des mesures de débit (méthode utilisée dans le présent rapport), soit sur les données d'exploitation (méthode utilisée dans le rapport du canton de Berne)

<sup>3</sup> paramètre déterminé uniquement pour le rapport final sur les installations situés sur la Sarine.

$Q_e$  = débit d'éclusee = quantile 80%  $Q_{\text{max}}$  journaliers

$Q_p$  = débit plancher = quantile 20%  $Q_{\text{min}}$  journaliers

A = amplitude de l'éclusee =  $Q_e - Q_p$

$Q_e/Q_p$  = intensité de l'éclusee = quantile 80%  $Q_{\text{max}}/Q_{\text{min}}$

MQ = débit moyen annuel (selon documentation du Groupe E)

S = surface du bassin versant (selon documentation du Groupe E)

Lh = stress hydraulique =  $k_1 * (Q_e/MQ)$

( $k_1$  : facteur dépendant de la surface du BV)

$Tn_{\text{plancher}}$  = taux de descente

Lp = intensité de l'impulsion =  $k_2 * (Q_e/Q_p)$

( $k_2$  : facteur dépendant de la vitesse de montée/descente de l'eau)

- En moyenne suisse, le rapport  $Q_e/MQ$  se situe le plus souvent entre 0.5 et 2 (Pfaundler 2011). Les 7 aménagements analysés sont en dessus de cet intervalle.
- Le rapport  $Q_e/Q_p$  critique (atteinte grave) du point de vue écologique est environ de 3:1 à 4:1. A partir de 5:1, on peut parler d'une charge significative (Pfaundler 2011). Mis à part St-Anne, les aménagements analysés possèdent un rapport  $Q_e/Q_p$  3 à 25 fois plus élevé que la limite donnée (5:1) pour une "charge significative".

La figure ci-dessous permet de classifier le phénomène d'éclusee sur la base de critères hydrauliques. L'abscisse indique le stress hydraulique et l'ordonnée donne l'intensité de l'impulsion. En l'absence de données précises sur la vitesse de montée et de descente de l'eau, l'intensité de l'impulsion (Lp) est donnée sous forme d'intervalle min-max pour Broc, calculés avec les valeurs minimum et maximum du coefficient  $k_2$ .

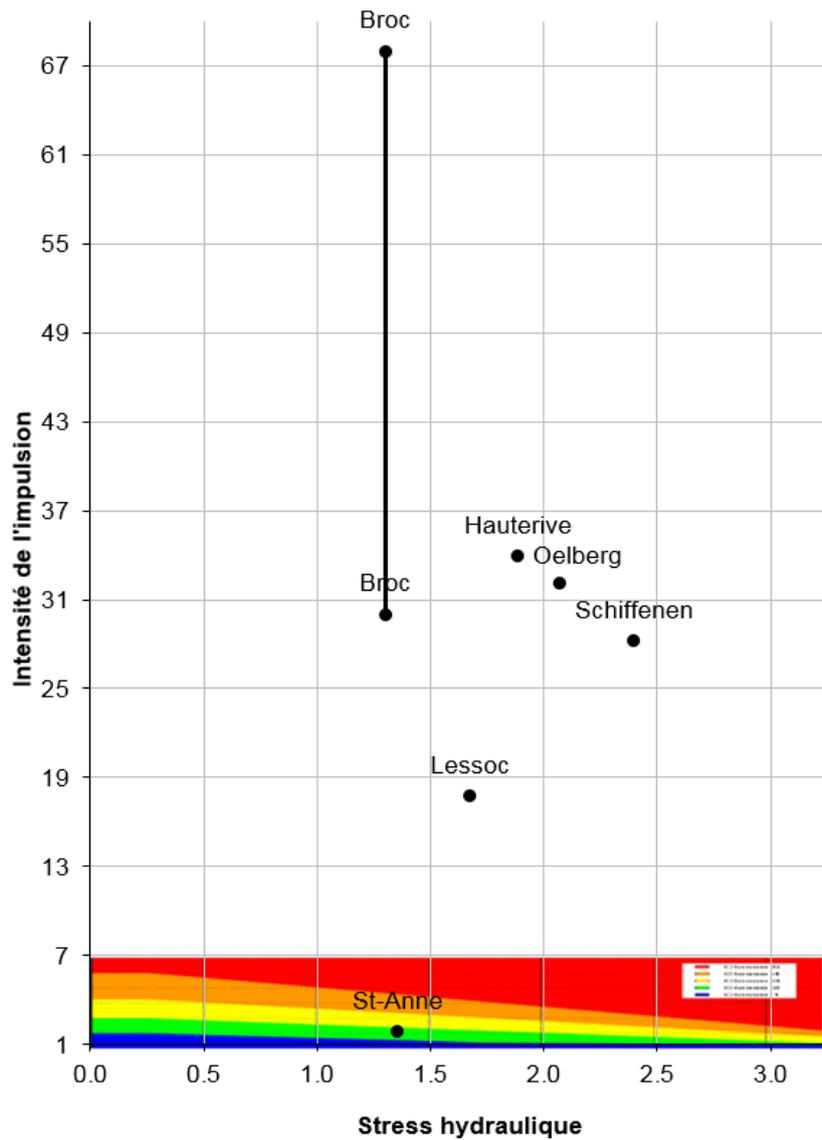


Figure 3 : Classification hydraulique de l'éclusee (méthode HYDMOD)

La signification des classes d'état de la figure ci-dessus est la suivante :

Classe	Atteinte
1	Naturel
2	Peu atteint
3	Passablement atteint
4	Fortement atteint
5	Artificiel

Le tableau ci-dessous indique la classification des aménagements selon l'indicateur HYDMOD pour les éclusées :

Aménagement	Classe	Atteinte
Montbovon	5	Artificiel
Lessoc	5	Artificiel
Hauterive	5	Artificiel
Oelberg	5	Artificiel
Schiffenen	5	Artificiel
Broc	5	Artificiel
St-Anne	2	Peu atteint

Tableau 9 : Classement des aménagements selon l'indicateur hydraulique de l'éclusee HYDMOD

Selon l'aide à l'exécution, cet indicateur hydraulique n'est en soi pas suffisant pour conclure à une atteinte grave provoquée par les éclusées. Néanmoins, les valeurs très élevées du ratio  $Q_e/Q_p$  sont des indices que l'ampleur des éclusées subies par la Sarine et la Jogne sont de nature à poser de graves problèmes écologiques.

## 4.2 Chaîne d'aménagements le long de la Sarine

### 4.2.1 Problématique

La Sarine représente la colonne vertébrale du réseau hydrographique fribourgeois et rassemble les principaux enjeux de la problématique des éclusées dans le canton. Dans ce cadre, les questions suivantes se sont posées :

- Comment fonctionne la chaîne d'aménagements le long de la Sarine ?
- Existe-t-il une synchronisation des turbinages ?
- Quels sont la fonction et le fonctionnement des retenues ?

L'objectif de ce chapitre est de comprendre le fonctionnement des aménagements en chaîne le long de la Sarine mais également de déterminer quel(s) aménagement(s) est (sont) responsable(s) de l'atteinte au cours d'eau situé en aval.

La carte ci-dessous montre la position des 5 aménagements fribourgeois le long de la Sarine, d'amont en aval : Montbovon, Lessoc, Hauterive, Oelberg et Schiffenen :

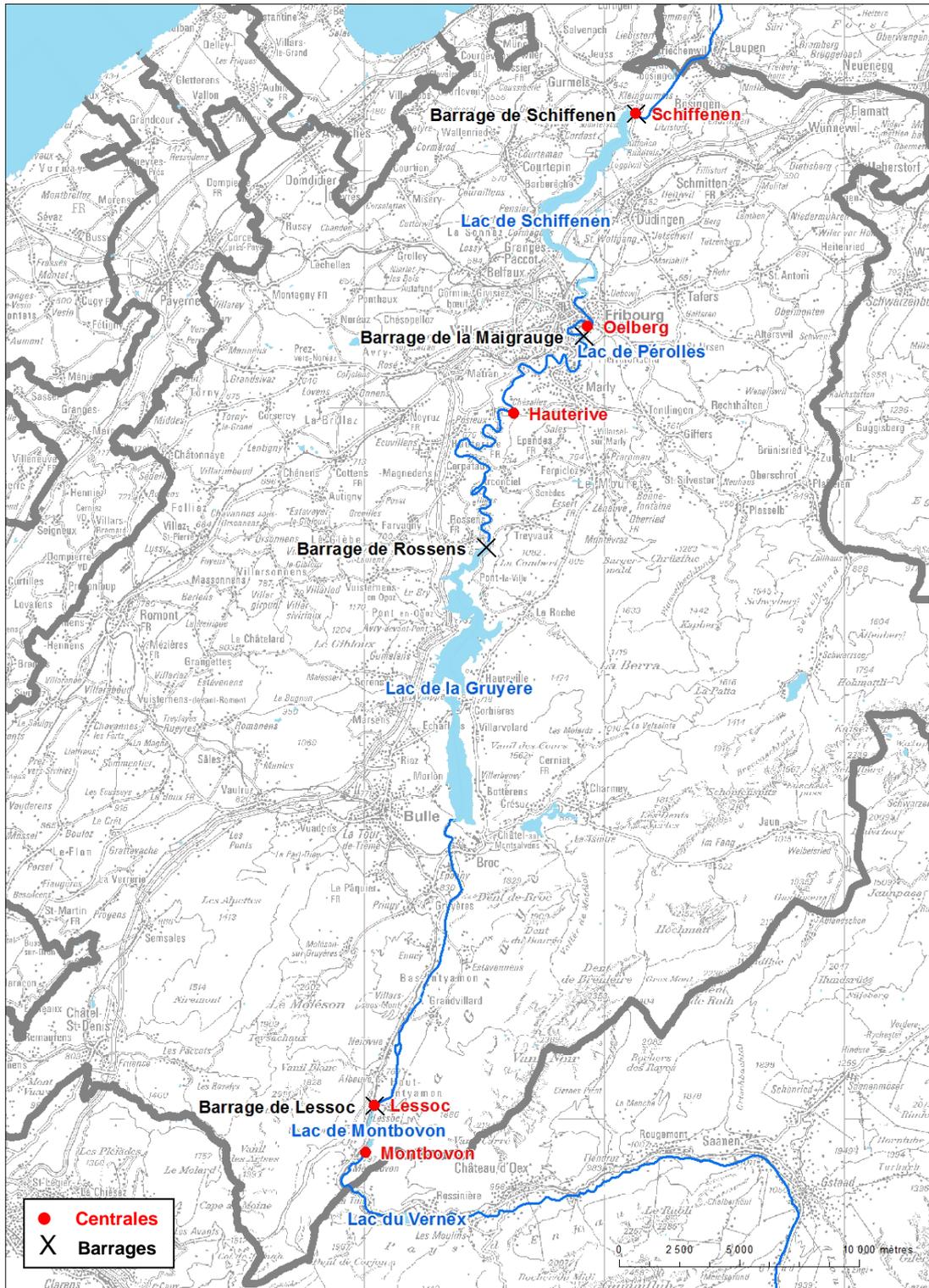


Figure 4 : Carte générale des aménagements le long de la Sarine

#### 4.2.2 Synchronisation du turbinage

L'annexe 5 présente les phases de turbinage durant deux semaines-types, choisies par échantillonnage sur les différents aménagements le long de la Sarine pour illustrer la synchronisation des turbinages entre les aménagements :



- Montbovon - Lessoc : fonctionnement très synchronisé des périodes de turbinages
- Lessoc - Hauterive : pratiquement aucune synchronisation des périodes de turbinages
- Hauterive - Oelberg : fonctionnement très synchronisé des périodes de turbinages
- Oelberg - Schiffenen : fonctionnement assez synchronisé des périodes de turbinages

La synchronisation entre les turbinages n'est en soi pas une preuve que les aménagements sont dépendants. En effet, la synchronisation peut provenir de la variation de la demande électrique et non de contrainte de dépendance entre les aménagements.

#### 4.2.3 Gestion des retenues

Le tableau ci-dessous présente des données de gestion des différentes retenues, basées sur les données d'exploitation fournies par le Groupe E.

Les hypothèses pour calculer l'effet d'une écluse sur la retenue située immédiatement en amont sont les suivantes :

- La retenue est pleine.
- Les apports en amont de la retenue sont limités au débit de dotation.
- La centrale aval produit une "écluse type" (selon questionnaire en **annexe 4**).

	Variation annuelle de la retenue			Effet d'une écluse sur le niveau du lac [m]	Mode de gestion de la retenue
	Hmin [ms.m.]	Hmax [ms.m.]	dH [m]		
Lac de Montbovon	769.6	773.8	4.1	~ 3 m	Par écluse
Lac de Gruyère	656.9	676.0	19.1	~ 0.4 m	Saisonnaire
Lac de Pérolles	552.6	553.3	0.7	~ 10 m	Par écluse
Lac de Schiffenen	528.0	532.0	4.0	~ 1 m	Par écluse

Tableau 10 : Analyse du fonctionnement des retenues le long de la Sarine

Ce tableau permet de classer les aménagements de la manière suivante :

- **Lessoc** : la centrale peut créer une écluse indépendamment du turbinage de l'amont (Montbovon) mais l'effet est très sensible sur le niveau de la retenue.  
→ **L'aménagement est très dépendant de l'amont**
- **Hauterive** : la centrale peut créer une écluse indépendamment du turbinage de l'amont (Lessoc) sans créer un effet très sensible sur le niveau du lac de Gruyère.  
→ **L'aménagement est indépendant de l'amont**
- **Oelberg** : la centrale ne peut pas créer d'écluse sans turbinage de l'amont (Hauterive).  
→ **L'aménagement est totalement dépendant de l'amont**
- **Schiffenen** : la centrale peut créer une écluse indépendamment du turbinage de l'amont (Oelberg) mais l'effet est sensible sur le niveau de la retenue.  
→ **L'aménagement est partiellement dépendant de l'amont**

On peut considérer qu'il y a 2 à 3 chaînes d'aménagements sur la Sarine, selon que l'on isole ou non Schiffenen de l'amont. En effet, les caractéristiques de l'aménagement (volume, marnage, engagement hebdomadaire) lui autorisent une certaine indépendance de fonctionnement.

- Chaîne 1 : Montbovon-Lessoc
- Chaîne 2 : Hauterive-Oelberg (-Schiffenen)
- (Chaîne 3 : Schiffenen)

#### 4.2.4 Propagation des éclusées

Les graphiques ci-dessous permettent de visualiser la propagation des éclusées le long des chaînes d'aménagement. Schiffenen est représenté sur le graphique de Hauterive-Oelberg afin de pouvoir visualiser la propagation des éclusées.

#### 4.2.5 Chaîne amont (Montbovon-Lessoc)

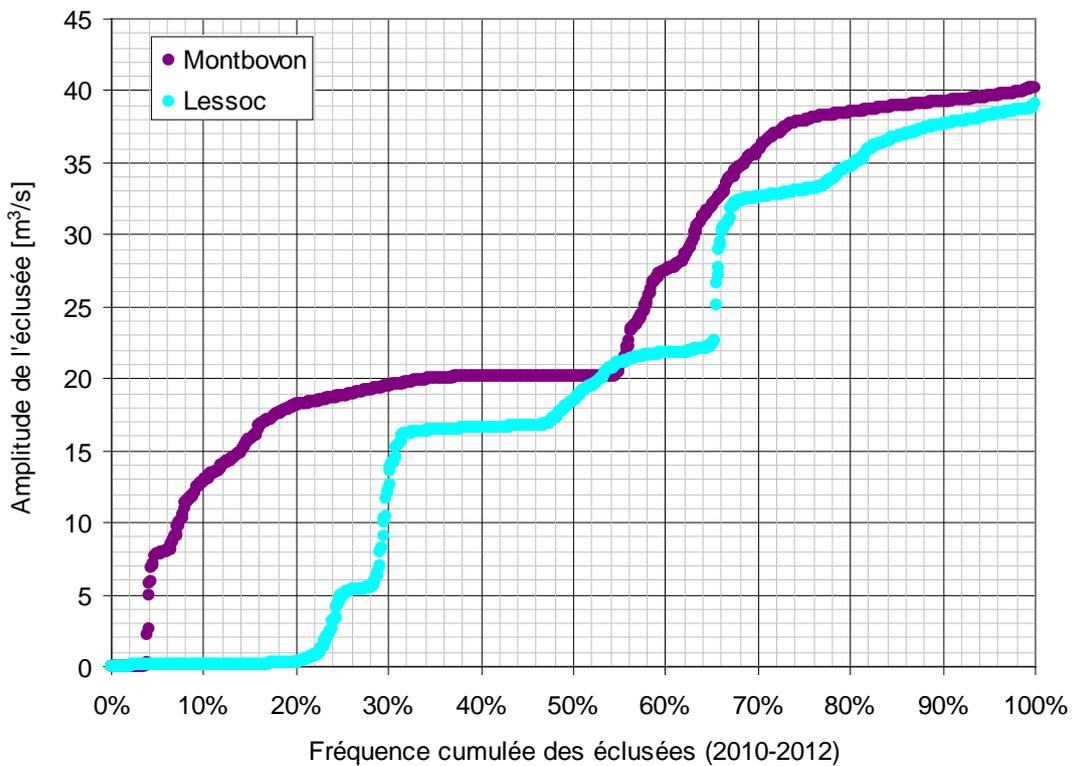


Figure 5 : Fréquence cumulée de l'amplitude des éclusées de Montbovon et de Lessoc



- Globalement, Lessoc réduit les éclusées provoquées par Montbovon.
- Les petites éclusées de Montbovon ne sont pas répercutées par Lessoc vers l'aval.
- Les grandes éclusées sont répercutées vers l'aval avec une légère réduction de l'amplitude de 2-5 m<sup>3</sup>/s.

En conclusion, on considère que les atteintes constatées sur la Sarine en aval de Lessoc sont provoquées CONJOINTEMENT par les deux installations de Montbovon et Lessoc. Les raisons sont les suivantes :

- Si on supprimait l'installation de Montbovon, Lessoc devrait adapter ses consignes de turbinage mais pourrait théoriquement continuer à provoquer des atteintes équivalentes à celles d'aujourd'hui (par exemple en faisant des éclusées de même amplitude mais plus courtes et plus fréquentes).
- Si on supprimait l'installation de Lessoc (barrage + turbinage), Montbovon pourrait continuer à turbiner comme aujourd'hui et provoquerait des atteintes équivalentes à celles d'aujourd'hui dans le tronçon situé entre Lessoc et le lac de Gruyère.

#### 4.2.6 Chaîne aval (Hauterive-Oelberg-Schiffenen)

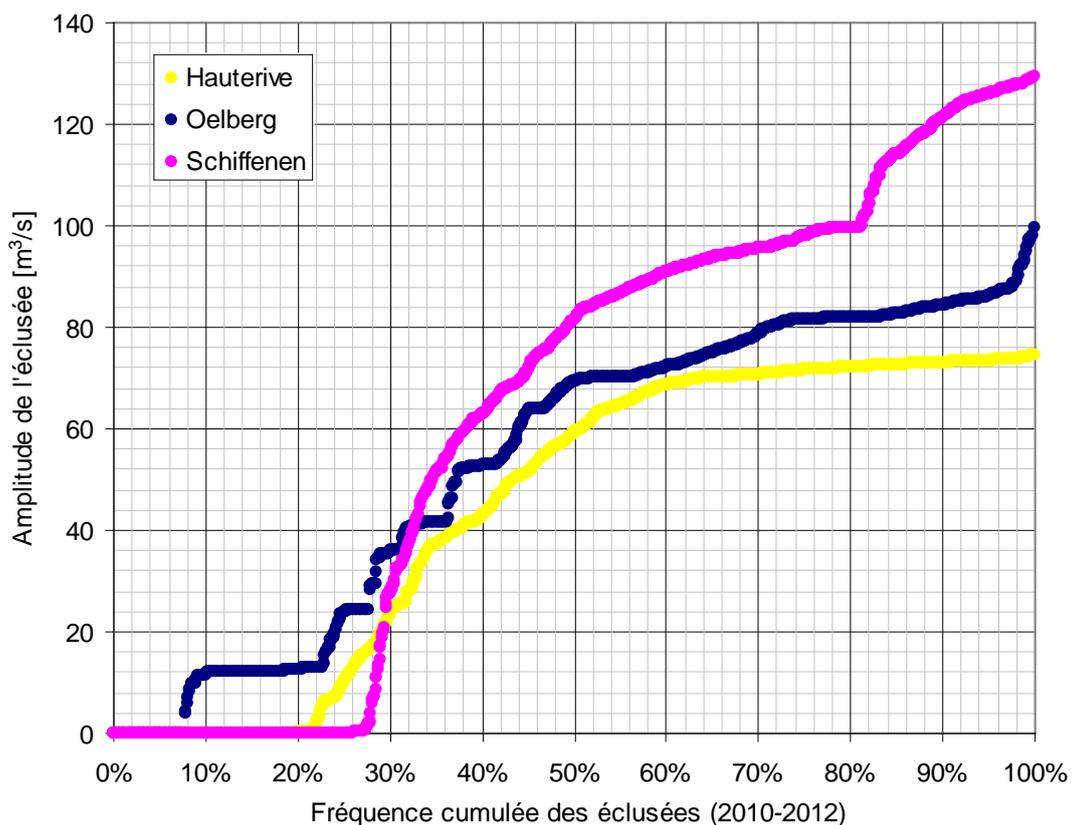


Figure 6 : Fréquence cumulée de l'amplitude des éclusées de Hauterive, Oelberg et Schiffenen



### Hauterive et Oelberg :

- Globalement Oelberg augmente l'amplitude de toutes les éclusées de Hauterive de 5-10 m<sup>3</sup>/s.

En conclusion, on considère que les atteintes constatées sur la Sarine en aval d'Oelberg sont provoquées CONJOINTEMENT par les deux installations de Hauterive et Oelberg. Les raisons en sont les suivantes :

- Si on supprimait l'installation de Hauterive, Oelberg devrait adapter ses consignes de turbinage mais pourrait hypothétiquement continuer à provoquer des atteintes équivalentes à celles d'aujourd'hui (par exemple en faisant des éclusées de même amplitude mais très courtes et très fréquentes). En pratique, la gestion serait certainement modifiée et l'amplitude des éclusées revue à la baisse mais l'ampleur de la réduction de l'atteinte est indéfinie.
- Si on supprimait l'installation d'Oelberg (barrage + turbinage), Hauterive pourrait continuer à turbiner comme aujourd'hui et provoquerait des atteintes équivalentes, quoique légèrement plus faibles qu'aujourd'hui dans le tronçon situé entre Oelberg et le lac de Schiffenen.
- Chacune des deux installations possède donc à elle seule le potentiel d'induire en aval des atteintes équivalentes, quoique légèrement plus faibles à celles d'aujourd'hui. L'importance actuelle des atteintes provient du cumul de l'effet des deux installations.

### Schiffenen :

- Un peu moins de 30% des jours, Schiffenen arrête les petites éclusées provenant de l'amont. 50% des jours, elle amplifie les éclusées moyennes de 10-30 m<sup>3</sup>/s. Environ 20% des jours restants, elle amplifie très fortement les éclusées de l'amont (+30-40 m<sup>3</sup>/s).
- Si on supprimait l'installation de Schiffenen (barrage + turbinage), Oelberg pourrait continuer à turbiner comme aujourd'hui et provoquerait des atteintes plus faibles qu'aujourd'hui dans le tronçon situé entre Schiffenen et l'Aar (réduction de l'amplitude + effet de laminage). L'indicateur HYDMOD des éclusées resterait toutefois dans le rouge.
- En conclusion, on considère que les atteintes constatées sur la Sarine en aval de Schiffenen sont provoquées principalement par l'installation de Schiffenen. Cette installation est toutefois partiellement dépendante de l'amont, ce qui doit être pris en compte dans les projets d'assainissement (coordination).

## 5. Liste des tronçons impactés

Le tableau ci-dessous présente la liste des tronçons impactés par les éclusées dans le canton. La localisation des tronçons est présentée sur la carte de l'**annexe 9**. A ce stade, la responsabilité de l'impact n'est pas encore déterminée. Par soucis de simplification, les tronçons portent toutefois le nom de la centrale située immédiatement en amont du tronçon.

N° tronçon éclusées	n° tronçon Sarine	Nom	Cours d'eau	Tronçon	Remarque
EC1	7	Lessoc	Sarine	Lac de Montbovon - Lac de Gruyère	
EC2	5	Hauterive	Sarine	Restitution Hauterive - Lac de Pérolles	
EC3	3	Oelberg	Sarine	Restitution Oelberg - Lac de Schiffenen	
EC4	1-2	Schiffenen	Sarine	Barrage de Schiffenen - Aar*	Tronçon partiellement sur territoire BE
EC5		Broc	Jogne	Restitution de Broc - Lac de Gruyère	
EC6		St-Anne	Tâna	Grandvillard - Sarine	

Tableau 11 : Liste des tronçons impactés (uniquement les objets avec un rapport supérieur à 1.5 :1)

\* Le rapport intermédiaire "éclusées" du canton de Berne précise que l'influence des éclusées de Schiffenen se fait sentir jusqu'à l'embouchure de l'Aar dans le lac de Bienne.





## PARTIE A : APPRECIATION SOMMAIRE (RAPPORT INTERMEDIAIRE)

L'appréciation sommaire a été réalisée dans le cadre du rapport intermédiaire et est reprise dans ce rapport à titre informatif. N'ayant pas abouti à des résultats suffisamment robustes, elle a été complétée par une évaluation approfondie, décrite dans le chapitre 8.

### 6. Détermination et analyse des tronçons impactés

#### 6.1 Données de base

Une large consultation a été menée auprès des différents intervenants du projet (services de l'Etat de Fribourg, exploitants et bureaux mandataires) afin de lister toutes les études et données existantes sur les tronçons à analyser. La bibliographie du projet se trouve en **annexe 1** et précise quelles sont les données de base qui ont été utilisées pour l'élaboration du rapport intermédiaire.

L'étude des tronçons a pour objectif de déterminer si les éclusées constatées provoquent ou non une atteinte grave sur le milieu naturel. L'assainissement n'est requis que lorsque l'atteinte grave a été prouvée ET que cette atteinte peut être imputée aux éclusées.

#### 6.2 Approche pour déterminer les atteintes graves

Nous avons analysé l'ensemble des données et des études existantes en recherchant des indicateurs pertinents permettant d'évaluer l'impact des éclusées sur les milieux naturels le long des tronçons impactés. Les indicateurs recherchés sont ceux de l'appréciation sommaire, mais également les indicateurs de l'évaluation approfondie ou d'autres indicateurs spécifiques au phénomène des éclusées.

#### Sarine et Jogne

Concernant les installations sur la Sarine (Schiffenen, Oelberg, Hauterive, Lessoc et Montbovon) ainsi que l'installation sur la Jogne (Broc), les indicateurs hydrauliques de l'écluse (voir chapitre 4.1), les différents avis d'expert<sup>3</sup> et notre connaissance du terrain (services de l'Etat et bureaux mandataires) font penser qu'il existe à l'évidence une atteinte grave due aux éclusées sur ces cours d'eau. Dès lors, l'emploi d'un raccourci pour attester de la présence d'une atteinte grave pourrait être adopté.

Dans le cas de l'utilisation d'un raccourci, l'atteinte grave doit cependant être justifiée par des données ou des études existantes. C'est pourquoi, l'ensemble des documents disponibles sur les différents tronçons a été analysé en détail afin de déterminer la gravité des atteintes :

- Les différents spécialistes en environnement (bureaux mandataire et autres bureaux privés ainsi que les services cantonaux) ont été consultés.
- L'appréciation sommaire a été appliquée de façon partielle, en utilisant certains de ses indicateurs (poissons et benthos).

<sup>3</sup> voir notamment les rapports du SEN sur l'état sanitaire des cours d'eaux du canton de Fribourg (« Basse-Sarine 2008 » et « Haute-Sarine 2009 »), les rapports et études sur la Jogne (GREN, 2004, 2005, 2007, 2011 et 2012) ainsi que l'expertise Schiffenen (PRONAT, 2007).



Nous rappelons ici qu'une analyse approfondie a été réalisée dans le cadre de l'élaboration du rapport final (partie B), principalement dans le but de mieux définir l'impact des éclusées pour proposer les mesures les plus pertinentes.

### La Tâna

L'existence d'une atteinte grave engendrée par les éclusées sur ce cours d'eau est plus incertaine. L'emploi du raccourci n'est pas justifié. Ce cours d'eau doit donc être analysé par le biais de l'appréciation sommaire ou éventuellement de l'évaluation approfondie, si l'appréciation sommaire ne permet pas de conclure à l'existence d'une atteinte grave.

### 6.3 Rappel sur l'appréciation sommaire

« L'appréciation sommaire sert à identifier de manière aussi simple que possible les cas où un assainissement s'impose à coup sûr » (aide à l'exécution). La détermination de la gravité de l'atteinte se base, pour une telle évaluation, sur une série d'indicateurs biologiques (poissons et benthos) et abiotiques (colmatage et débit minimal) détaillés dans l'aide à l'exécution.

Les atteintes dues aux éclusées doivent être considérées comme graves dans les cas de figure suivants :

- 1 indicateur révèle un mauvais état
- 2 indicateurs révèlent un état médiocre
- 3 indicateurs révèlent un état moyen
- 1 indicateur révèle un état médiocre et 2 indicateurs un état moyen

Etat	Atteinte
Excellent	Aucune
Bon	Faible
Moyen	Notable
Médiocre	Prononcée
Mauvais	Très prononcée

Tableau 12 : Classes d'état et couleurs utilisées dans le système modulaire gradué.

### 6.4 Conditions à respecter

Les indicateurs de l'appréciation sommaire sont plutôt des indicateurs globaux qui peuvent en théorie non seulement conduire à diagnostiquer une atteinte causée par les éclusées mais aussi mettre en évidence d'autres déficits du cours d'eau engendrés par des facteurs abiotiques. Afin d'éviter une mauvaise interprétation des résultats, l'utilisation des indicateurs de l'évaluation sommaire doit respecter les exigences suivantes :

- Respect du critère "qualité de l'eau" **ET**
- Respect du critère "morphologie"  
**OU / ET**
- Etude d'un tronçon de référence présentant des caractéristiques similaires (qualité de l'eau et morphologie)

#### 6.4.1 Qualité de l'eau

Selon l'aide à l'exécution : "La qualité de l'eau dans le tronçon étudié doit répondre aux exigences de l'OEaux régissant la concentration de nutriments et de polluants". Les paragraphes suivants traitent de la qualité des eaux des différents tronçons étudiés.

## Sarine

Le tableau ci-dessous résume les analyses d'eau existantes sur la Sarine :

Tronçon	Référence	Stations <sup>4</sup>	Qualité de l'eau (OEaux)*	Remarques
Lessoc	SEn 2009	208, 213, 216	Bonne à très bonne	qualité moindre à la station 216, influencée par le rejet de la STEP
Hauterive	SEn 2008	607, 608	Bonne à très bonne	
Oelberg	SEn 2008	611	Bonne à très bonne	
Schiffenen	PRONAT 2009	8 et 9	Bonne	

**Tableau 13 : Liste des analyses d'eau sur la Sarine**

\*Seules les substances décrites dans le module « analyses physico-chimiques et nutriments » du système modulaire gradué (OFEV, 2010) ont été étudiées de manière ponctuelle. Il s'agit principalement des paramètres physico-chimiques (température, conductivité, pH, O<sub>2</sub> dissous) et d'analyses chimiques (nutriments, métaux lourds et pesticides).

La concentration de PCB analysée en aval de Hauterive (aval de l'ancienne décharge de la Pila) n'est pas de nature à influencer le résultat des indicateurs de l'évaluation sommaire. Les PCB s'accumulent dans les organismes aquatiques (benthos, poissons, etc.). Cependant les valeurs seuils engendrant une mortalité directe sont - selon les données à disposition dans la littérature - largement supérieures aux teneurs rencontrées. La problématique PCB doit donc être prise séparément.

## Jogne

Les stations de mesures du SEn (238 et 239) se trouvent sur le tronçon à débit résiduel. Les analyses physico-chimiques réalisées (SEn 2009) concluent à une qualité de l'eau bonne à très bonne pour les paramètres de l'OEaux (nutriments, métaux et pesticides).

## La Tâna

La Tâna n'a pas été étudiée dans le cadre du suivi de la qualité des eaux « Etude de l'état sanitaire des cours d'eaux du canton de fribourg » (SEn, 2009). Nous pouvons cependant supposer que, en raison de l'absence de rejet d'une station d'épuration dans ce cours d'eau ou d'un grand nombre d'industries, la qualité de l'eau de la Tâna est dans l'ensemble bonne. Ce cours d'eau traverse à l'exception du village de Grandvillard, principalement des forêts, des surfaces agricoles, des prairies et des pâturages.

*En se basant sur ces éléments, il est jugé que le critère "qualité de l'eau" est rempli pour la Sarine, la Jogne et la Tâna.*

### 6.4.2 Morphologie

Selon l'aide à l'exécution : "Le tronçon à éclusées doit comporter encore des portions possédant une morphologie naturelle ou proche de l'état naturel". Cette exigence est posée pour éviter que des atteintes provoquées par "la canalisation du lit et l'endiguement des berges" soient imputées aux éclusées. Les paragraphes suivants traitent de la morphologie des différents tronçons étudiés.

<sup>4</sup> La numérotation des stations correspond à celle des études du :

- SEn sur la Basse-Sarine (2008) et sur la Haute-Sarine (2009) ;
- De PRONAT, « Pollution de la Sarine par les PCB - ES2 Etape 2.

## Sarine

L'écomorphologie niveau R selon la méthodologie de l'OFEV n'est pas adaptée aux grands cours d'eau comme la Sarine, c'est pourquoi des relevés selon une méthodologie différente ont été réalisés pour chacune des rives et sont présentés en **annexe 13**. La Sarine entre la restitution de Lessoc et la confluence avec la Singine (en aval de Schiffenen) ne correspond dans l'ensemble plus à un cours d'eau de type écomorphologique « naturel », même si quelques courts tronçons se rapprochent encore d'un état naturel.

Afin de mettre en évidence les différences écomorphologiques de la Sarine, les figures ci-dessous présentent à titre d'exemple des tronçons de la Sarine dans les années 1900 (carte Siegfried élaborées entre 1870 et 1926) et les cartes actuelles :

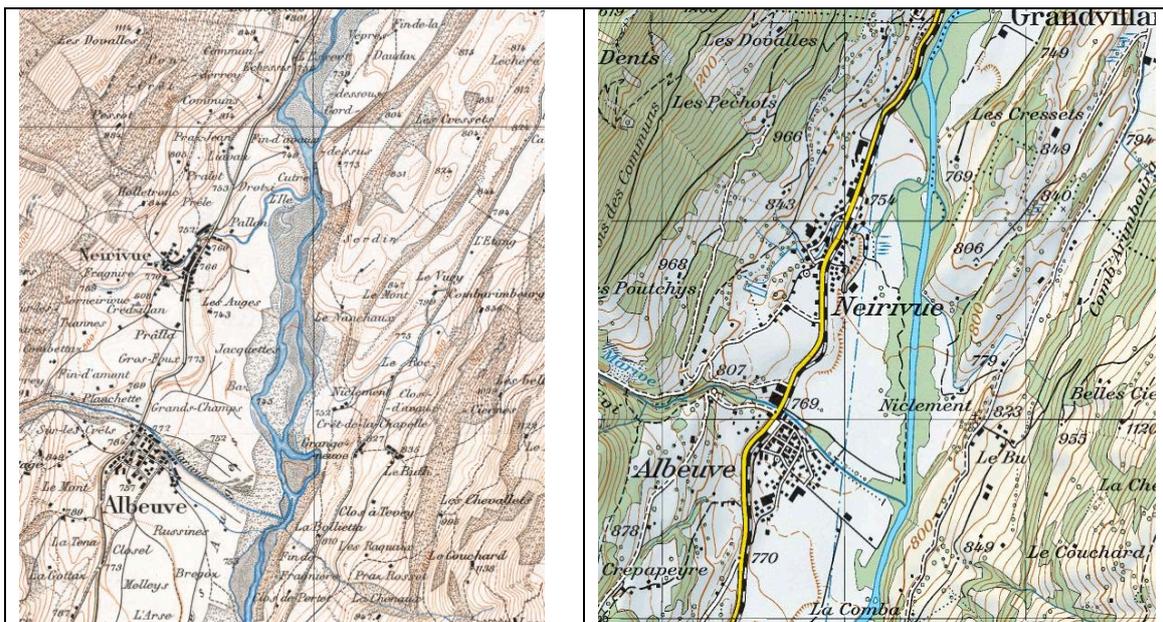


Figure 7 : Tronçon en aval de Lessoc, à gauche extrait de la carte Siegfried, à droite carte topographique actuelle (source : <http://map.geo.admin.ch/>)

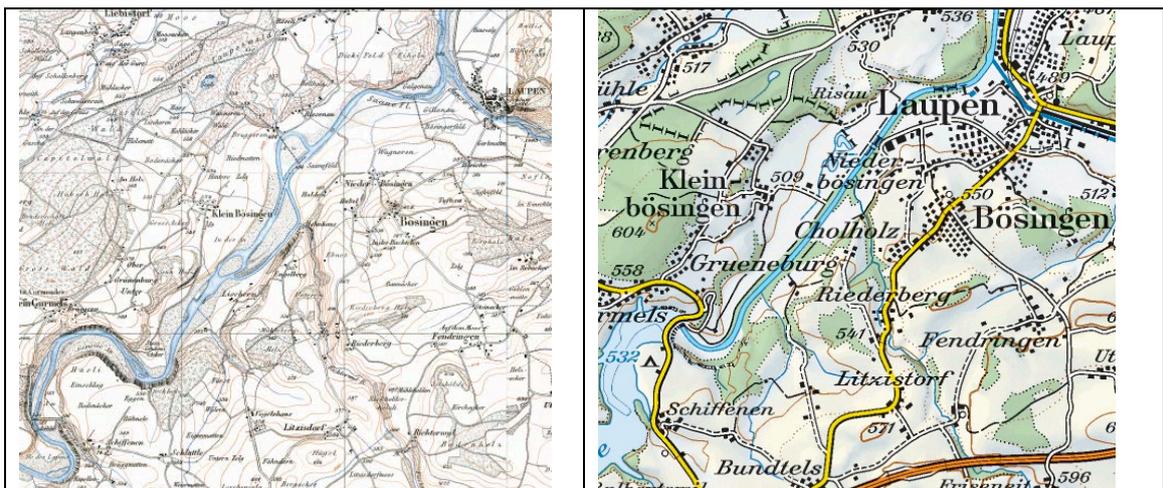


Figure 8 : Tronçon en aval de Schiffenen, à gauche extrait de la carte Siegfried, à droite carte topographique actuelle (source : <http://map.geo.admin.ch/>)

Des appréciations écomorphologiques vis à vis des indicateurs biologiques (benthos) réalisées par le SEn sur les stations étudiées de la Sarine mettent en évidence les points suivants :

- "En ce qui concerne la Haute Sarine, l'ensemble du lit est en grande partie proche d'un état naturel. Les berges sont toutefois renforcées sur la plupart du linéaire par d'anciens enrochements qui ne sont plus toujours visibles" (Haute-Sarine 2009).
- "Le cours de la Basse Sarine est très naturel, et ne présente des stabilisations ou des berges aménagées uniquement dans la traversée de Fribourg" (Basse-Sarine 2008).

En résumé, la Sarine entre Lessoc et la confluence avec la Singine a été fortement aménagée avec principalement des enrochements :

- Il existe cependant des tronçons qui ne sont pas canalisés ni soumis à un endiguement systématique des berges sur les 2 rives ;
- La divagation du cours d'eau est fortement réduite par la présence de ces enrochements ;
- Sur tous les tronçons de la Sarine étudiés, il existe encore des portions où le développement des rives présente, du point de vue de la biologie aquatique, des caractères relativement proches du naturel (enrochements non étanches, présence de bois mort, etc.) à l'exception du canal en aval de Schiffenen;
- Le cordon boisé est plus ou moins naturel et par conséquent l'ombrage est encore important sur l'ensemble du linéaire ;
- Des bancs de graviers sont encore présents sur certains secteurs mais fortement diminués en hautes eaux ;
- Il existe un déficit de charriage sur l'ensemble du linéaire mais aucune indication sur la qualité granulométrique n'est disponible (important notamment pour la reproduction piscicole).

Le tableau de l'annexe 14 montre l'aspect de la Sarine au droit des différentes stations d'étude du SEn. Deux exemples sont présentés ci-dessous pour illustrer la Sarine aménagée avec des anciens enrochements et dans sa forme naturelle :

Tronçon	Station	Aménagement	Photographies en basses eaux (source SEn 2008 & 2009)
Lessoc	206	Anciens enrochements	
Hauterive	608	Rivière naturelle	

Tableau 14 : Lit de la Sarine au droit des stations d'étude du SEn



## La Jogne

Selon les différents rapports disponibles depuis 2004 (rapport d'assainissement), l'écomorphologie du tronçon de la Jogne en amont et en aval de la restitution est classée dans la catégorie "très atteint" selon l'écomorphologie niveau R<sup>5</sup>. "L'embouchure dans le lac montre un marnage de plusieurs mètres en relation avec les variations de débits turbinés à l'usine de Broc et les fluctuations du niveau du lac de la Gruyère. Les rives sont soit consolidées en pente raide par des troncs et des blocs, soit elles subissent une érosion marquée. Ces facteurs limitent fortement le développement de la végétation rivulaire" (GREN 2004).

Jogne	Rives naturelles soumises à l'érosion	
-------	---------------------------------------	--

Tableau 15 : La Jogne au niveau de l'embouchure dans le lac de la Gruyère.

*Pour la Jogne, le critère "morphologie" n'est que partiellement rempli car le tronçon est très court et les portions de berges non aménagées sont très atteintes par l'érosion. Il est donc obligatoire de recourir à un tronçon de référence ou d'utiliser des indicateurs qui soient spécifiques aux éclusées.*

## Tâna

L'écomorphologie de la Tâna selon la méthode niveau R de OFEV n'a pas encore été réalisée. Sur le tronçon étudié, il existe encore des portions où le développement des rives présente, du point de vue de la biologie aquatique, des caractères relativement proches du naturel (enrochements non étanches, présence de bois mort, etc.)

	
Tana station 277 (SEn, 2009), secteur soumis aux éclusées	Tana station 220 (SEn, 2009), secteur à débit résiduel

Tableau 16 : Morphologie du lit de la Tâna

<sup>5</sup> Cette appréciation ne tient pas compte de l'état projeté, une fois les mesures d'assainissement réalisées.

<sup>6</sup> A l'état du rapport intermédiaire.



*Sur cette base, il est jugé que le critère "morphologie" est rempli pour la Sarine et la Tâna, à la condition que l'analyse des indicateurs prenne en compte l'effet d'un éventuel déficit morphologique local.*

### 6.4.3 Tronçon de référence

Selon l'aide à l'exécution : "Parallèlement au tronçon à éclusées, il convient, dans la mesure du possible, d'étudier et d'apprécier un tronçon de référence ne subissant aucune influence hydrologique et présentant des caractéristiques similaires (qualité de l'eau et morphologie). Le plus souvent, de tels tronçons de référence n'existent toutefois pas."

#### Sarine

Les seuls tronçons de référence disponibles sont des tronçons à débit résiduel. La Sarine en amont du lac du Vernex ne présente pas les mêmes caractéristiques (secteur de cours d'eau défini comme zone à truite, différente de la zone à ombre plus en aval). Dans le cas de la Sarine, les tronçons à débit résiduel sont intéressants car ils présentent de nombreuses caractéristiques communes avec les tronçons à débit d'éclusées (morphologie, qualité de l'eau et déficit de charriage). Dans le cadre de la présente étude, l'utilisation des tronçons de référence pour la Sarine n'ont été utilisés qu'à titre informatif puisqu'une évaluation approfondie a été réalisée sur tous les tronçons (à l'exception de Schiffenen).

#### Jogne

Les seuls tronçons de référence disponibles sont des tronçons à débit résiduel. La Jogne en amont du lac de Montsalvens et des autres prélèvements (la Tzintre, etc.) ne présente pas les mêmes caractéristiques (apports latéraux et secteur de cours d'eau défini comme zone à truite, différente de la zone à ombre en aval). Dans le cas de la Jogne, le tronçon à débit résiduel situé en amont de la restitution est intéressant car il présente de nombreuses caractéristiques communes avec le tronçon à débit d'éclusées (morphologie, qualité de l'eau, déficit de charriage et écomorphologie "très atteinte").

#### Tâna

Les seuls tronçons de référence disponibles sont des tronçons à débit résiduel. La comparaison de certains indicateurs en amont et en aval de la restitution peut être intéressante pour évaluer l'effet des éclusées.

*Nous sommes d'avis que l'utilisation d'un tronçon de référence à débit résiduel est intéressante pour étudier l'effet des éclusées sur la Sarine, la Jogne et la Tâna en fonction des indicateurs choisis.*

*L'étude d'un tronçon de référence à débit résiduel est particulièrement intéressante lorsqu'il existe en amont une retenue qui provoque un déficit de charriage dans le cours d'eau (Jogne et Sarine). En effet, on s'affranchit ainsi de l'effet du déficit de charriage puisque celui-ci existe de manière pratiquement identique sur les tronçons à débit résiduel et les tronçons à éclusées.*

*Les tronçons de référence mentionnés ici ne seront utilisés qu'à titre informatif dans la suite de l'analyse puisque les déficits écologiques ne sont toutefois pas totalement imputables aux éclusées. C'est pourquoi, l'effet réel des éclusées a été étudié à l'aide de l'analyse approfondie (pour chacun des tronçons à l'exception de Schiffenen).*

## 7. Résultats des atteintes par tronçons

### 7.1 Démarche

Le présent chapitre évalue les atteintes dues aux éclusées pour chacun des tronçons définis précédemment sur la base des données disponibles (entre 2004 et 2013). De plus, quand cela est possible, il compare l'état actuel avec les éclusées à des tronçons de référence (sans éclusées). Les indicateurs utilisés ci-dessous, afin de déterminer les atteintes, sont principalement les indicateurs de l'évaluation sommaire. En revanche, ils ont été utilisés de manière simplifiée par rapport à l'aide à l'exécution. En effet, ils se basent sur les données disponibles, souvent non exhaustives par rapport à l'aide à l'exécution de l'OFEV. Ils sont par conséquent utilisés pour montrer des tendances uniquement ou ont été complétés par un avis qualitatif d'expert.

Dans les cas où plusieurs stations d'études sont disponibles pour un tronçon donné, la classe d'état la plus représentée a été utilisée.

### 7.2 Lessoc

#### Situation et inventaires :

Long tronçon d'environ 14 km sur le linéaire de la Sarine, allant de la restitution de Lessoc jusqu'au lac de Gruyère. La Sarine coule dans une plaine alluviale préalpine occupée par des champs, prairies et villages.

Ce tronçon se caractérise par la présence de 3 zones alluviales d'importance nationale :

- Les Auges de Neirivue N° 66 ;
- Les Auges d'Estavannens N° 65 ;
- Broc N°64 (delta de la Sarine et de la Jogne dans le lac de Gruyère).

Sur le linéaire de ce tronçon figure aussi la réserve naturelle cantonale de Haute-Gruyère.

#### Indicateurs biologiques examinés :

Indicateurs	Evaluation	Source (ou données de base)
P1 – Module poissons (SMG)	Etat mauvais	WFN, 2013
P4 – Reproduction de l'ichtyofaune	Etat mauvais	WFN, 2013
P5 – Productivité piscicole	Bon	SEn et ETEC, 2009
B1 – Biomasse benthos	Très bon	SEn et ETEC, 2009
B2 – Module Macrozoobenthos (SMG)	Bon	SEn et ETEC, 2009
B4 – Famille EPT	Bon	SEn et ETEC, 2009

Tableau 17 : Evaluation des indicateurs – tronçon Lessoc

## Remarques sur les indicateurs / Robustesse :

### 1. « Poissons » P1 et P4:

Des études sur la reproduction de l'ombre (plus de 2 ans de suivi), espèce indicatrice pour la Sarine (zone à ombre), ont montré que la reproduction est fortement atteinte sur le tronçon à éclusées :

- Aucune frayère identifiée ;
- Peu d'observation de larves d'ombre ;
- Absence de remontée et de reproduction de la Truite lacustre.

Sur la Sarine « non-atteinte » par les éclusées (en amont de Montbovon) d'importantes frayères d'ombres ainsi que de nombreuses larves ont été observées. Ce tronçon à débit résiduel allant du Lac du Vernex à Montbovon peut vis-à-vis de ces indicateurs piscicoles être employé comme tronçon de référence. En effet, mis à part le débit résiduel, il possède des caractéristiques similaires au tronçon en aval de Lessoc (zone à ombres). En **annexe 8** figurent des cartes détaillées des sites d'études ainsi qu'une expertise du bureau WFN sur la validité de ces données.

### 2. « Poissons » P5 et « Benthos » B1:

La production piscicole (P5) a été calculée sur la base de la biomasse benthique (B1). L'indicateur B1 a été calculé en utilisant :

- Les nombres d'individus recensés dans les prélèvements IBGN effectués par le SEn en 2009 sur les stations Haute-Sarine N° 202 à 216.
- Le poids moyen par taxon de faune benthique<sup>7</sup>.
- Le calcul se base sur la formule donnée dans le manuel d'aide à l'exécution "assainissement des éclusées" et ne tient pas compte de l'influence régionale.

Dès lors, ces calculs du rendement piscicole (RHA) ainsi que ceux de la biomasse benthique ne peuvent fournir qu'une tendance générale. Ces 2 indicateurs sont classés comme bon et très bon pour le tronçon en aval de Lessoc.

### 3. « Benthos » B2 et B4:

La qualité biologique des secteurs « atteints par les éclusées » varie de moyenne à bonne selon les sites étudiés par le SEn en 2009 (station N° 202 à 216 selon module MZB de OFEV). Les résultats présentent pour l'ensemble du linéaire une grande hétérogénéité, mais sont de manière générale classés comme « bons ». Il en va de même pour les taxons bioindicateurs EPT qui montrent des tendances de bonne qualité de l'eau.

## Conclusion de l'appréciation sommaire :

*Les différents résultats présentés ci-dessus montrent que les indicateurs P5, B1, B2 ainsi que B4 présentent une qualité satisfaisante. En revanche, les indicateurs piscicoles P1 et P4 témoignent d'un état mauvais. Même si les éclusées ne sont pas seules responsables de ces atteintes sur la faune piscicole (déficits de charriage, autres facteurs abiotiques), nous sommes d'avis, après consultation de différents experts<sup>8</sup>, que les atteintes sur les populations d'ombres engendrées par les débits d'éclusées doivent être considérées comme graves et que les éclusées sont un facteur limitant pour la population piscicole.*

<sup>7</sup> Le poids moyen a été déterminé par pesage de macrofaune benthique (utilisé par le canton du Valais) et selon les données du rapport Untersuchung im Hochrein 2006/2007. Maakroinvertebraten. Mürle & al. 2008.

<sup>8</sup> Zurwerra Andreas (PRONAT) ; Mulattieri Pascal (PRONAT) ; Arthur Kirchofer (WFN) ; Martina Breitenstein (WFN). Voir aussi annexe 8.

### 7.3 Hauterive

#### Situation et inventaires :

Tronçon de 8 km allant de la restitution de Hauterive jusqu'au lac de Pérolles. Ce tronçon marque la fin de la Petite-Sarine, tronçon à débit résiduel, et s'étend jusqu'à l'entrée de Fribourg (barrage de la Maigrauge). Ce tronçon fait partie de la zone alluviale d'importance nationale « La Sarine : Rossens-Fribourg », N°62. La dernière partie de ce tronçon traverse le périmètre de l'Inventaire fédéral des réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs « Lac de Pérolles », N° 124 ainsi que la réserve naturelle cantonale du même nom.

#### Indicateurs biologiques examinés :

Indicateurs	Evaluation	Source (ou données de base)
P1 – Module poissons (SMG)	Etat mauvais	WFN, 2013
P4 – Reproduction de l'ichtyofaune	Etat mauvais	WFN, 2013
P5 – Productivité piscicole	Bon	SEn et ETEC, 2008
B1 – Biomasse benthos	Très bon	SEn et ETEC, 2008
B2 – Module Macrozoobenthos (SMG)	Etat moyen	SEn et ETEC, 2008
B4 – Famille EPT	Bon	SEn et ETEC, 2008

Tableau 18 : Evaluation des indicateurs – tronçon Hauterive

#### Remarques sur les indicateurs / Robustesse :

##### 1. « Poissons » P1 et P4 :

Des études sur la reproduction de l'ombre (plus de 2 ans de suivi), espèce indicatrice pour la Sarine (zone à ombre), ont montré que la reproduction est fortement atteinte sur le tronçon à éclusées :

- Aucune frayère identifiée ;
- Peu d'observation de larves d'ombre ;

Sur la Sarine « non-atteinte » par les éclusées (Petite-Sarine) d'importantes frayères d'ombre ainsi que de nombreuses larves ont été observées. Ce tronçon à débit résiduel commençant au lac de Gruyère peut vis-à-vis de ces indicateurs piscicoles être employé comme tronçon de référence. En effet, mis à part le débit résiduel, il possède des caractéristiques similaires au tronçon en aval de Hauterive (zone à ombres). En **annexe 8** figurent des cartes détaillées des sites d'études ainsi qu'une expertise du bureau WFN sur la validité de ces données.

##### 2. « Poissons » P5 et « Benthos » B1:

La production piscicole (P5) a été calculée sur la base de la biomasse benthique (B1). L'indicateur B1 a été calculé en utilisant :

- Les nombres d'individus recensés dans les prélèvements IBGN effectués par le SEn en 2008 sur les stations Basse-Sarine N° 607 à 609.
- Le poids moyen par taxon de faune benthique<sup>9</sup>.
- Le calcul se base sur la formule donnée dans le manuel d'aide à l'exécution assainissement des éclusées et ne tient pas compte de l'influence régionale.

Dès lors, ces calculs du rendement piscicole (RHA) ainsi que ceux de la biomasse benthique ne peuvent fournir qu'une tendance générale. Ces 2 indicateurs sont classés comme bon et très bon pour le tronçon en aval de Hauterive.

<sup>9</sup> Le poids moyen a été déterminé par pesage de macrofaune benthique (utilisé par le canton du Valais) et selon les données du rapport Untersuchung im Hochrhein 2006/2007. Maakroinvertebraten.Mürle & al. 2008.



3. « Benthos» B2 :

La qualité biologique des secteurs « atteints par les éclusées» varie de moyenne à bonne selon les sites étudiés par le SEn en 2008 (station N° 607 à 609 selon module MZB de OFEV). Les résultats présentent pour l'ensemble du linéaire une grande hétérogénéité, mais sont de manière générale classés comme « médiocre ». En raison des déficits hydriques sur la Petite-Sarine, tronçon à débit résiduel utilisé comme référence, la qualité biologique est déjà moyenne par endroit.

Suite à ces évaluations, il semble que l'indicateur benthos B2 dépend pour ce tronçon de l'influence de nombreux facteurs abiotiques. Il est dès lors, impossible d'attribuer les atteintes uniquement aux éclusées.

4. « Benthos» B4 :

L'indicateur sur les taxons bioindicateurs EPT montre de manière générale une bonne qualité de l'eau. Il semble que la présence de ces familles soit liée à la diversité des substrats présents sur ce linéaire (bois mort, bryophytes, sédiments de grande taille)

**Conclusion de l'appréciation sommaire :**

*Les différents résultats présentés ci-dessus montrent que les indicateurs P5, B1 ainsi que B4 présentent une qualité satisfaisante. En revanche, les indicateurs piscicoles P1 et P4 témoignent d'un état mauvais. Même si les éclusées ne sont pas seules responsables de ces atteintes sur la faune piscicole (déficits de charriage, autres facteurs abiotiques), nous sommes d'avis, après consultation de différents experts<sup>10</sup>, que les atteintes sur les populations d'ombres engendrées par les débits d'éclusées doivent être considérées comme graves et que les éclusées sont un facteur limitant pour la population piscicole.*

---

<sup>10</sup> Zurwerra Andreas (PRONAT) ; Mulattieri Pascal (PRONAT) ; Arthur Kirchofer (WFN) ; Martina Breitenstein (WFN). Voir aussi annexe 8.

## 7.4 Oelberg

### Situation et inventaires :

Tronçon de 2.5 km allant de la restitution de Ölberg jusqu'au lac de Schiffenen. Ce tronçon traverse la ville de Fribourg. Aucun inventaire fédéral, ni réserve naturelle cantonale n'est présent dans le linéaire de ce tronçon.

### Indicateurs biologiques examinés :

Indicateurs	Evaluation	Source (ou données de base)
P1 – Module poissons (SMG)	Etat mauvais	WFN, 2013
P4 – Reproduction de l'ichtyofaune	Etat mauvais	WFN, 2013
P5 – Productivité piscicole	Etat mauvais	SEn et ETEC, 2008
B1 – Biomasse benthos	Etat moyen	SEn et ETEC, 2008
B2 – Module Macrozoobenthos (SMG)	Etat médiocre	SEn et ETEC, 2008
B4 – Famille d'insecte EPT	Etat médiocre	SEn et ETEC, 2008

Tableau 19 : Evaluation des indicateurs – tronçon Oelberg

### Remarques sur les indicateurs / Robustesse :

#### 1. « Poissons » P1 et P4 :

Des études sur la reproduction de l'ombre (plus de 2 ans de suivi), espèce indicatrice pour la Sarine (zone à ombre), ont montré que la reproduction est fortement atteinte sur le tronçon à éclusées :

- Aucune frayère identifiée
- Peu d'observation de larves d'ombre

Sur la Sarine « non-atteinte » par les éclusées (Maignage) d'importantes frayères d'ombre ainsi que de nombreuses larves ont été observées. Ce tronçon à débit résiduel commençant au lac de Pérolles peut vis-à-vis de ces indicateurs piscicoles être employé comme tronçon de référence. En effet, mis à part le débit résiduel, il possède des caractéristiques similaires au tronçon en aval de Oelberg (zone à ombre). En **annexe 8** figurent des cartes détaillées des sites d'études ainsi qu'une expertise du bureau WFN sur la validité de ces données.

#### 2. « Poissons » P5 et « Benthos » B1 :

La production piscicole (P5) a été calculée sur la base de la biomasse benthique (B1). L'indicateur B1 a été calculé en utilisant :

- Les nombres d'individus recensés dans les prélèvements IBGN effectués par le SEn en 2008 sur les stations Basse-Sarine N° 611.
- Le poids moyen par taxon de faune benthique<sup>11</sup>.
- Le calcul se base sur la formule donnée dans le manuel d'aide à l'exécution assainissement des éclusées et ne tient pas compte de l'influence régionale.

Dès lors, ces calculs du rendement piscicole (RHA) ainsi que ceux de la biomasse benthique ne peuvent fournir qu'une tendance générale. Ces 2 indicateurs sont classés comme mauvais et moyen pour le tronçon en aval d'Oelberg.

<sup>11</sup> Le poids moyen a été déterminé par pesage de macrofaune benthique (utilisé par le canton du Valais) et selon les données du rapport Untersuchung im Hochrein 2006/2007. Maakroinvertebraten.Mürle & al. 2008.



3. « Benthos» B2 et B4 :

La qualité biologique du secteur « atteint » présente une qualité médiocre sur la station du SEN N° 611 en 2008 (et 1991, 1993). De plus, le nombre de famille Ephémères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) est médiocre (4 familles).

En revanche, le secteur « non-atteint » entre le lac de Pérolles et la restitution (station du SEN N° 610) montre une bonne qualité en 2008 et un grand nombre de famille d'EPT (9 familles). En raison des atteintes morphologiques sur le cours d'eau dans le secteur « atteint », les atteintes sur la faune benthique ne peuvent pas être uniquement attribuées aux régimes d'éclusées.

**Conclusion de l'appréciation sommaire :**

*Les différents résultats présentés ci-dessus montrent que les indicateurs P5, B1, B2 ainsi que B4 présentent une qualité insatisfaisante. De plus, les indicateurs piscicoles P1 et P4 témoignent d'un état mauvais. Même si les éclusées ne sont pas seules responsables de ces atteintes sur la faune piscicole (déficits de charriage, autres facteurs abiotiques), nous sommes d'avis, après consultation de différents experts<sup>12</sup>, que les atteintes sur les populations d'ombres engendrées par les débits d'éclusées doivent être considérées comme graves et que les éclusées sont un facteur limitant pour la population piscicole.*

---

<sup>12</sup> Zurwerra Andreas (PRONAT) ; Mulattieri Pascal (PRONAT) ; Arthur Kirchofer (WFN) ; Martina Breitenstein (WFN). Voir aussi annexe 8.

## 7.5 Schiffenen

### Situation et inventaires :

Tronçon d'environ 15 km allant de la restitution de Schiffenen jusqu'à l'Aar. Le tronçon de l'Aar influencé par les éclusées de Schiffenen n'est pas étudié ici. La première partie du tronçon se caractérise par un chenal fortement aménagé (berges en enrochement) sur environ 4 km jusqu'à la confluence avec la Singine.

Le cours d'eau traverse ensuite la zone alluviale d'importance nationale « Laupenau » N° 59, pour se jeter dans l'Aar. Il borde notamment les sites de reproduction des batraciens d'importance nationale « Saaneboden », situé à l'aval immédiat du barrage de Schiffenen et Auried, en amont de Laupen.

### Indicateurs biologiques examinés :

Indicateurs	Evaluation	Source (ou données de base)
P1 – Module poissons (SMG)	Etat mauvais	PRONAT, 2007
P2 – Echouage de poisson	Etat mauvais	PRONAT, 2007
P3 – Frayères	Etat mauvais	PRONAT, 2007
P4 – Reproduction de l'ichtyofaune	Etat mauvais	PRONAT, 2007
P5 – Productivité piscicole	Etat mauvais	PRONAT, 2007
B1 – Biomasse du macrozoobenthos	Etat mauvais	PRONAT, 2007
B2 – Module Macrozoobenthos (SMG)	Etat mauvais	PRONAT, 2007
B4 – Famille d'insecte EPT	Etat mauvais	PRONAT, 2007

Tableau 20 : Evaluation des indicateurs – tronçon Schiffenen

### Remarques sur les indicateurs / Robustesse:

Dans le cadre de l'Expertise Schiffenen de 2007 (et de l'article ci-référant de Zurwerra & Bur, 2009<sup>13</sup>), différents indicateurs spécifiques aux éclusées ont été évalués à l'aide :

- d'observations de terrain sur les dégâts à la faune piscicole et benthique ;
- de simulation informatique (modélisation) ;
- d'essai de dotation.

Les conclusions peuvent être synthétisées comme suit :

- Indicateurs P1, P2, P4 & P5 :
  - Perte d'environ 70 % du rendement piscicole depuis l'exploitation du barrage;
  - Perte des juvéniles par échouage;
  - Pertes importantes de juvéniles et de larves par dérive ;
  - Diminution importante des habitats pour les juvéniles.
- Indicateur P3 : Pertes importantes de frayères piscicoles (nase, ombre, truite) ;
- Indicateurs B1, B2 & B4 :
  - Pertes importantes sur la biomasse benthique (mort par assèchement, dérive, etc.) ;
  - Diminution de la diversité par perte des habitats en zone de marnage.

### Conclusion de l'appréciation sommaire :

*Les différents résultats de l'expertise Schiffenen (PRONAT, 2007 et Zurwerra & Bur, 2009) et brièvement résumés ci-dessus, les différents indicateurs de l'évaluation sommaire ; P1, P4 et P5*

<sup>13</sup> Zurwerra A, Bur M. 2009. Abschätzung der Schäden an Fischen und Nährtieren in einer Schwall-Sunk-Strecke der Saane (Freiburg, Schweiz). Wasser Energie Luft 4.



pour les poissons et B1, B2 et B4 pour le benthos mettent en évidence un état mauvais. De plus, les indicateurs spécifiques aux éclusées P2 et P3 (évaluation approfondie) confirment ces résultats. Dès lors, il est clair que les éclusées produisent une atteinte grave sur la faune piscicole et benthique en aval de Schiffenen et jusqu'à l'Aar malgré d'autres déficits abiotiques (canal de restitution avec une morphologie très atteint, déficit de charriage, etc.).

## 7.6 Broc

### Situation et inventaires :

Tronçon d'une longueur variant de 500 à 1'100 m (en fonction du niveau du lac), allant de la restitution de Broc jusqu'au lac de Gruyère. Il traverse la zone alluviale d'importance nationale de Broc, objet N° 64 et le périmètre de l'Inventaire fédéral des réserves d'oiseaux d'eau et de migrants « Lac de la Gruyère à Broc », N° 125. Ce tronçon est influencé par le marnage du lac de Gruyère.

Selon la décision d'assainissement (Art. 80 LEaux), un débit de dotation de 500 l/s est en fonction sur ce tronçon depuis le 1.1.2013. D'autres mesures complémentaires sont prévues pour améliorer la situation des éclusées. Les différentes données utilisées pour déterminer les atteintes se basent sur l'état actuel, soit avec un débit de dotation de 500 l/s mais sans les mesures complémentaires (ruisseau de contournement, etc.).

### Indicateurs biologiques examinés :

Indicateurs	Evaluation	Source (ou données de base)
P1 – Module poissons (SMG)	Etat mauvais	LCE et GREN, 2004, 2005, 2007 et 2012
P3 – Frayères	Etat mauvais	LCE et GREN, 2004, 2005, 2007 et 2012
P4 – Reproduction de l'ichtyofaune	Etat mauvais	LCE et GREN, 2004, 2005, 2007 et 2012
P5 – Productivité piscicole	Pas d'information	-
B1 – Biomasse benthos	Pas d'information	-
B2 – Module Macrozoobenthos (SMG)	Pas d'information	-
B4 – Famille EPT	Pas d'information	-

Tableau 21 : Evaluation des indicateurs – tronçon Broc

### Remarques sur les indicateurs / Robustesse:

#### 1. « Poissons » P1, P3 & P4:

La Jogne en aval de la centrale de Broc a été étudiée dans le cadre de l'assainissement de la Jogne et de projets de revitalisation (rapports de GREN depuis 2004). Ce secteur présente des déficits piscicoles importants. En effet, lors des différentes pêches réalisées depuis 2003, aucun ombre ni truite n'ont été capturées. De plus, aucune frayère n'a été observée. La remontée et la reproduction de la truite lacustre n'ont pas été observées. En comparaison, les pêches électriques de 2003 réalisées par GREN pour le tronçon juste à l'amont de la restitution (tronçon de référence ayant une écomorphologie similaire) ont montré une présence importante de population de truites (3 truites capturées par mètre de cours d'eau).

Dès lors, ces données nous permettent de classer le tronçon en aval de Broc dans un état mauvais pour les indicateurs piscicoles P1, P3 et P4.

## Conclusion de l'appréciation sommaire :

*Les différents résultats présentés pour les indicateurs piscicoles P1, P3 et P4 témoignent d'une influence importante des éclusées. Même si les éclusées ne sont pas seules responsables de ces atteintes sur la faune piscicole (déficits de charriage, autres facteurs abiotiques), nous sommes d'avis, après consultation de différents experts, que les atteintes sur les populations d'ombres engendrées par les débits d'éclusées doivent être considérées comme graves et que les éclusées sont un facteur limitant pour la population piscicole.*

## 7.7 St-Anne

### Situation et inventaires :

Tronçon de 1.5 km sur le linéaire de la Tâna, allant de la centrale de Sainte-Anne jusqu'à la Sarine. La Tâna traverse le village de Grandvillard.

Aucun inventaire fédéral ou réserve naturelle cantonale n'est situé sur le tronçon à débit d'éclusées.

### Indicateurs biologiques examinés :

Indicateurs	Evaluation	Source (ou données de base)
P1 – Module poissons (SMG)	Etat médiocre	SFF, PE <sup>14</sup> 2007 à 2013
P4 – Reproduction de l'ichtyofaune	Pas d'information	-
P5 – Productivité piscicole	Etat médiocre	SEn et ETEC, 2009
B1 – Biomasse benthos	Très bon	SEn et ETEC, 2009
B2 – Module Macrozoobenthos (SMG)	Bon	SEn et ETEC, 2009
B4 – Famille EPT	Bon	SEn et ETEC, 2009

Tableau 22 : Evaluation des indicateurs – tronçon St-Anne

### Remarques sur les indicateurs / Robustesse:

#### 1. « Poissons » P1:

Le cours d'eau de la Tâna se caractérise par une zone à truite. Les différentes pêches électriques effectuées entre 2007 et 2013 par le Service des forêts et de la faune (SFF) sur ce cours d'eau ont révélé la présence unique de truite de rivière, en quantité moyenne à très abondante (selon les années et les secteurs). Bien que la reproduction naturelle semble possible sur ce cours d'eau, les truites adultes et les juvéniles pêchées sont toutes issues du rempoissonnement selon l'avis des gardes-faunes.

Dès lors, la faible diversité piscicole (seule la truite a été observée) mettrait l'indicateur P1 dans la classe d'état médiocre selon l'aide à l'exécution de l'OFEV. En raison du manque de données et de la méthodologie employée lors des pêches électriques (la méthode « Poisson du SMG n'ayant pas été appliquée), cet état considéré comme « médiocre » ne peut en aucun cas être uniquement attribuées aux éclusées.

#### 2. « Poissons » P5 et « Benthos » B1:

La production piscicole (P5) a été calculée sur la base de la biomasse benthique (B1). Ce dernier a été réalisé en utilisant :

- Les nombres d'individus recensés dans le prélèvement IBGN effectué par le SEn en 2009 sur la station Haute-Sarine N° 277.
- Le poids moyen par taxon de faune benthique<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Pêche électrique tiré de l'atlas piscicole.



- Le calcul se base sur la formule donnée dans le manuel d'aide à l'exécution assainissement des éclusées et ne tient pas compte de l'influence régionale.

Dès lors, ces calculs du rendement piscicole (RHA) ainsi que ceux de la biomasse benthique ne peuvent fournir qu'une tendance générale. Le premier classé dans la catégorie médiocre et le 2<sup>ème</sup> considéré comme bon ne peuvent pas, dans ce cas démontré, une atteinte engendrée par des éclusées.

Enfin, aucun tronçon de référence n'est disponible, en effet, le tronçon amont à débit résiduel ne présente pas des conditions similaires.

3. « Benthos » B2 et B4:

La qualité biologique du secteur « atteint par les éclusées » est bonne pour le site étudié par le SEn en 2009 (station N° 277 selon module MZB de OFEV). Il en va de même pour les taxons bioindicateurs EPT qui montrent une tendance de bonne qualité de l'eau.

### Conclusion de l'appréciation sommaire :

*Les différents résultats présentés ci-dessus montrent que les indicateurs « Benthos » B1, B2 ainsi que B4 présente une qualité satisfaisante. En revanche, les indicateurs piscicoles P1 et P5 mettent en évidence une tendance d'un état plutôt médiocre.*

*L'absence de relevés exhaustifs selon l'aide à l'exécution de l'OFEV sur ce cours d'eau et le manque de données biologiques de manière générale, ne nous permettent pas en l'état de conclure à une éventuelle atteinte par les éclusées de Sainte-Anne. Dès lors, nous sommes d'avis qu'une évaluation sommaire complète doit être réalisée dans la deuxième phase (rapport final) et si besoin elle devra être complétée par une analyse approfondie.*

---

<sup>15</sup> Le poids moyen a été déterminé par pesage de macrofaune benthique (utilisé par le canton du Valais) et selon les données du rapport Mürle, 2008.





## PARTIE B : EVALUATION APPROFONDIE (RAPPORT FINAL)

### 8. Analyse des tronçons impactés

#### 8.1 Broc

En janvier 2011, la Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions a pris une décision d'assainissement de la Jogne entre le barrage de Montsalvens et le lac de la Gruyère (aménagement hydroélectrique de Montsalvens/Broc).

Parmi les sept mesures de cette décision, quatre ont un impact sur les éclusées provoquées par l'aménagement :

- Augmentation du débit de dotation à 500 l/s. Ce débit sera réparti de la manière suivante : 100 à 150 l/s alimenteront le tronçon usine – lac et le restant (environ 350 l/s) sont prévus pour le ruisseau de contournement.
- Mesure MC2 : Aménagement de l'embouchure dans le lac de la Gruyère.
- Mesure MC7 : Limitation du taux d'accroissement et de diminution du débit rejeté dans la Jogne à l'usine de Broc
- Mesure MCA : Ruisseau de contournement dans la zone alluviale (prise d'eau en amont de la restitution de l'usine hydroélectrique sur la rive gauche).

L'**annexe 12** contient l'annexe à la décision d'assainissement du barrage de Montsalvens, qui donne une description plus précise des diverses mesures d'assainissement.

Dans sa prise de position du 31 janvier 2014, l'OFEV considère que ces mesures permettront d'éliminer les atteintes graves dues aux éclusées sur la Jogne. Un monitoring devra évaluer l'efficacité de ces mesures, et proposer si nécessaire des mesures complémentaires. Dans ce rapport de planification, l'aménagement de Montsalvens-Broc est inclus dans la liste définitive des centrales hydroélectriques à assainir (Tableau 32 à la page 52).

Il n'est pas nécessaire de traiter plus en détails le cas de Montsalvens / Broc dans le cadre de cette planification d'assainissement des éclusées.

#### 8.2 Sarine

Afin de confirmer et préciser les résultats obtenus dans le rapport intermédiaire, de nouvelles investigations ont été entreprises en 2014. Ces investigations ont principalement pour but :

- de préciser l'évaluation de certains indicateurs déjà évalués dans l'appréciation sommaire, en suivant la méthodologie proposée dans l'aide à l'exécution.
- d'évaluer certains indicateurs de l'évaluation approfondie (P2, P3 et B3). Ces indicateurs présentent l'avantage d'être spécifiques aux éclusées.

Le tableau ci-dessous résume les investigations menées durant l'année 2014 :

Investigations	Objectif
Relevés géométriques de détails du lit	Modélisation 2D
Pêches électriques	Détermination de l'indicateur P1
Observations d'échouages	Détermination de l'indicateur P2
Pose de boîtes Vibert	Détermination de l'indicateur P3
Pêches électriques de juvéniles	Détermination de l'indicateur P4
Prélèvement du macrozoobenthos	Détermination de l'indicateur B2
Essais à débits fixes	Détermination des niveaux d'eau et des vitesses de variation du plan d'eau (calage des modèles hydrauliques), topographie, habitats
Modélisations 1D (totalité du linéaire de la Sarine fribourgeoise et bernoise)	Propagation des éclusées, détermination des indicateurs P2 et P3
Modélisations 2D (1 secteur ponctuel par tronçon à éclusées)	Détermination des indicateurs P2 et P3

Tableau 23 : Liste des investigations réalisées

Les investigations et modélisations réalisées pour l'évaluation approfondie sont détaillées dans l'ensemble de la partie A du rapport "RF Sarine - Grandes installations".

Le tableau ci-dessous résume le résultat des indicateurs évalués en 2014 dans le cadre de l'évaluation approfondie sur les différents tronçons de la Sarine :

Indicateurs	Tronçon 7 (EC1) Aval Lessoc	Tronçon 5 (EC2) Aval Hauterive	Tronçon 3 (EC3) Aval Ölberg	Tronçon 2 (EC4) Aval Schiffenen
	RF 2014	RF 2014	RF 2014	RI 2013
P1 - Poisson SMG	Bon	Médiocre	Moyen	Mauvais
P2 - Echouage	Mauvais	Mauvais	Bon	Mauvais
P3 - Frayères	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais
P4 – Reproduction Ombre (2012/13)	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais
P4 – Reproduction truite	Bon	Bon	Médiocre	Mauvais
P5 - Productivité	Excellent	Excellent	Excellent	Mauvais
B1 - Biomasse	Excellent	Excellent	Excellent	Mauvais
B2 – Macrozoobenthos	Bon	Bon	Bon	Mauvais
B3 - Zone Longitudinale	Bon	Moyen	Mauvais	-
B4 - EPT	Excellent	Bon	Bon	Mauvais

Gravité de l'atteinte	Grave	Grave	Grave	Grave
-----------------------	-------	-------	-------	-------

Tableau 24 : Synthèse des résultats de l'évaluation approfondie.

La nécessité d'assainissement des éclusées est confirmée après évaluation des critères de l'évaluation approfondie. Plus d'un indicateur présente un état « mauvais » pour chaque tronçon.

## 8.3 La Tana

### 8.3.1 P1 – Poisson (SMG)

L'évaluation de l'indicateur P1 – Poisson a été fait conformément au module Poissons du SMG (Schager et Peter, 2004), à l'aide de quatre paramètres permettant d'évaluer la communauté piscicole:

- Composition de l'ichtyofaune et dominance des espèces,
- Structure de la population des espèces indicatrices,
- Densité des populations d'espèces indicatrices,
- Déformations et anomalies.

Dès lors, afin de pouvoir déterminer l'influence de l'installation de Sainte-Anne sur les aspects piscicoles, une pêche électrique a été réalisée en 2014 par PRONAT en collaboration avec le Service des forêts et de la faune (SFF). Cette pêche a été réalisée sur un linéaire de 100 mètres à l'aide d'un appareil mobile aux environs de la gravière (572'445 / 154'986).

Les poissons capturés ont été déterminés, mesurés et examinés directement sur place. La présence d'éventuelles anomalies ou déformations a été répertoriée. Les résultats ont ensuite été analysés selon la méthode du SMG à l'aide de l'outil « Fishassess » de l'OFEV.

### 8.3.1.1 Paramètre 1 – Composition de l'ichtyofaune

Les résultats de la composition de l'ichtyofaune pour la Tana sont présentés dans la figure ci-dessous.



Figure 9 : Illustrations de la composition de l'ichtyofaune sur la Tana.

La station de la Tana est dominée par une seule espèce, la truite de rivière (*Salmo trutta fario*), classée comme **espèce indicatrice**.

Bien que la composition de l'ichtyofaune soit dominée par une espèce indicatrice, elle est classée comme **atypique** en raison de l'absence d'autre espèce.

### 8.3.1.2 Paramètre 2 – Structure de la population

Les résultats de la structure de la population de la truite fario à la station de la Tana sont présentés dans la figure ci-dessous.

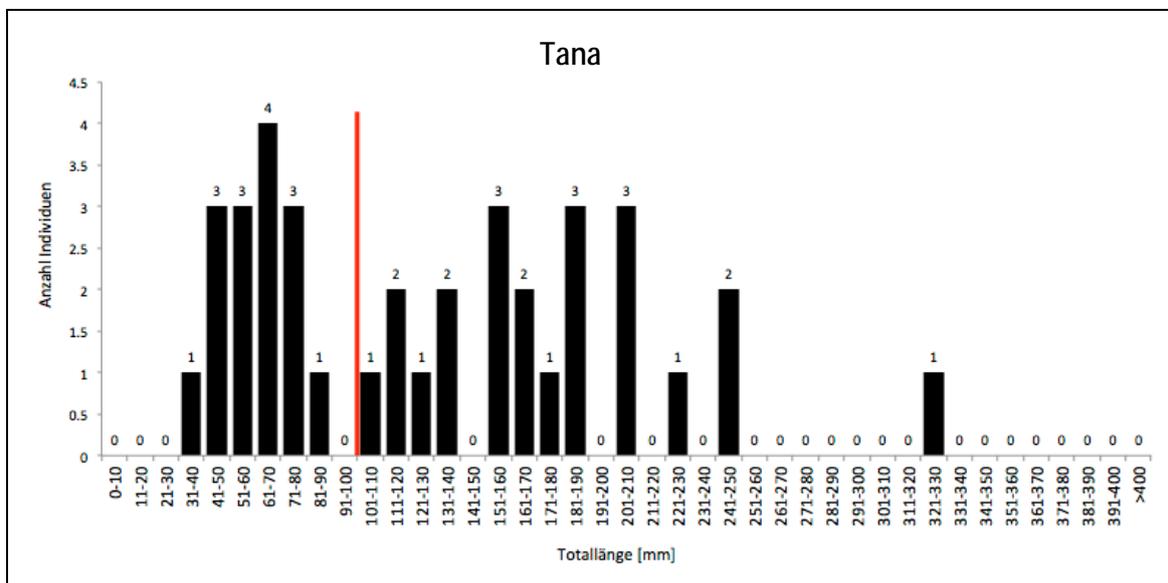


Figure 10 : Structure de la population de truite fario pour la Tana classée selon la taille en mm et le nombre d'individu. La **ligne rouge** représente la limite des 0+.

Pour la structure de la population piscicole de la Tana:

- Le rapport entre 0+ et >0+ est jugé comme faible pour la truite fario.
- La densité des 0+ est jugée comme faible pour la truite fario
- Aucune autre espèce retrouvée.

### 8.3.1.3 Paramètre 3 – Densité des populations d'espèces indicatrices

Le résultat obtenu pour la densité des populations d'espèce indicatrice avec 925 ind./ha classe le paramètre 3 comme moyen.

### 8.3.1.4 Paramètre 4 – Déformation et anomalies

Pour la Tana, ce paramètre est jugé comme **excellent** puisqu'aucune déformation n'a été répertoriée (< 1% des poissons).

### 8.3.1.5 Synthèse de l'indicateur P1

L'évaluation est faite sur la base de la somme des notes de chacun des critères du module Poisson (OFEFP, 2004) et est présentée sous forme de classe d'état écologique (5 classes). Le tableau suivant synthétise l'ensemble des résultats et évaluation de l'indicateur P1.

	Note	Etat écologique
1. Composition ichtyofaune	2	Médiocre
2. Structure population	3	Faible
3. Densité des populations	2	Moyenne
4. Déformation / anomalies	0	Excellent
Evaluation	7	Moyen

Tableau 25 : Synthèse des résultats pour l'indicateur P1 à la Tana.

### 8.3.2 P5 – Productivité

Le tableau suivant présente les résultats obtenus sur la base des relevés IBCH de 2014 pour les stations sur la Tana. Les poids des invertébrés utilisés dans les calculs de B1 ont été estimés selon des poids moyens<sup>16</sup>.

Station	B <sub>mod</sub>	K1	K2	K3	P5 – Productivité RAH
Tana gravière	4.5	1	0.5	1	22.5
Tana restitution	4.5	1	0.5	1	22.5

Tableau 26 : Synthèse des résultats de l'indicateur P5.

Le rendement annuel à l'hectare calculé par la biomasse benthique est **moyen pour la Tana**.

Afin d'interpréter correctement ce résultat, il faut tenir compte de la qualité de l'eau physico-chimique de l'eau de la Tana et de la présence d'habitats favorables à la macrofaune benthique. La qualité de l'eau étant de manière générale bonne pour la plupart des paramètres, le manque de diversité d'habitats (fortement endigué) est probablement à l'origine de ce résultat moyen.

### 8.3.3 B1 – Biomasse

Le tableau suivant présente l'ensemble des résultats obtenus pour la biomasse sur la base des relevés IBCH de 2014 sur la Tana.

<sup>16</sup> Le poids moyen a été déterminé par pesage de macrofaune benthique (utilisé par le canton du Valais) et selon les données du rapport Untersuchung im Hochrein 2006/2007. Maakroinvertebraten.Mürle & al. 2008.



Station	Biomasse cible [g/m <sup>2</sup> ]	Biomasse calculée [g/m <sup>2</sup> ]	% de la biomasse cible
Tana gravière	6.45	23.9	> 80 % de la biomasse cible
Tana restitution	5.85	23.55	> 80 % de la biomasse cible

Tableau 27 : Synthèse des résultats de l'indicateur B1.

Les résultats présentés ci-dessus montrent une évaluation excellente de l'indicateur B1 malgré les endiguements et la présence de la gravière. Ce résultat témoigne aussi de la bonne qualité biologique de l'eau de la Tana (voir aussi chapitre suivant).

### 8.3.4 B2 – Macrozoobenthos

Le module du macrozoobenthos niveau R du SMG fournit toutes les informations concernant les classes d'état de l'évaluation de cet indicateur.

Les évaluations sont présentées ci-dessous par stations d'études. Les listes faunistiques détaillées sont fournies à l'annexe 10.

Station	GI <sup>17</sup>		Diversité	Note IBCH	Evaluation
Tana gravière	9	Perlodidae Perlidae Chloroperlidae	25	16	Bon
Tana restitution	9	Perlodidae Perlidae Chloroperlidae	26	16	Bon

Tableau 28 : Synthèse des résultats de l'indicateur B2 selon la méthode IBCH pour la Tana.

Les familles des Perlodidae, Perlidae et Chloroperlidae (plécoptère), sont retenues en tant que taxons indicateurs (GI 9) pour les deux stations de la Tana. Les représentants du groupe indicateur 9 sont caractéristiques d'un cours d'eau bien oxygéné et peu pollué. Les autres groupes indicateurs présents témoignent de la constante bonne qualité de l'eau.

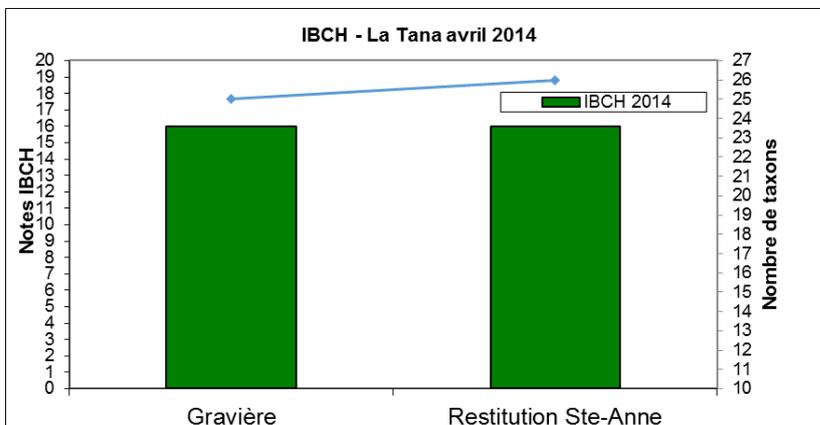


Figure 11 : Synthèse des notes IBCH et du nombre de taxon par station sur la Tana.

<sup>17</sup> GI correspond au groupe taxonomique indicateur.

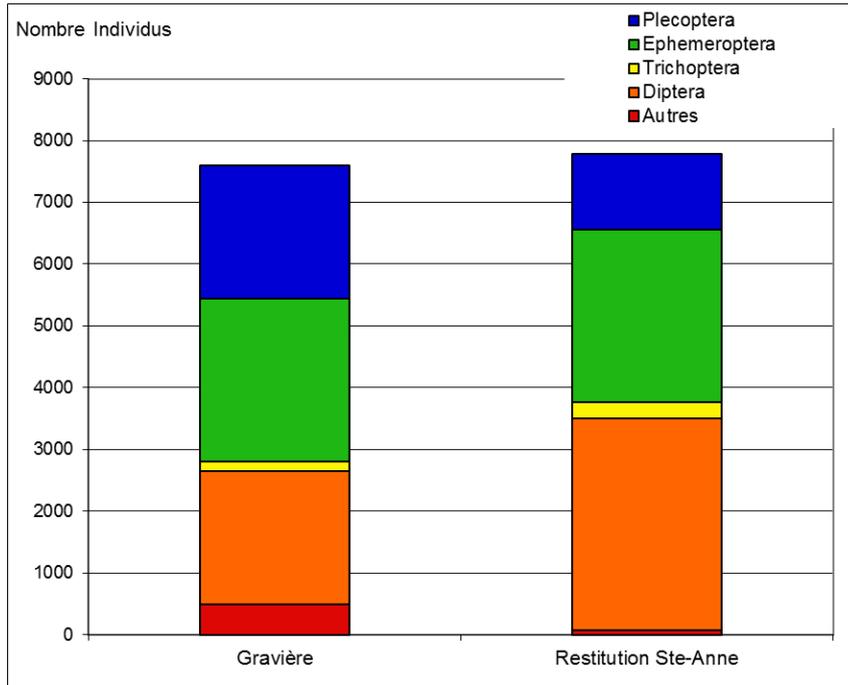


Figure 12 : Répartition des groupes taxonomiques en fonction de la densité d'individus au m² pour la Tana.

Les résultats présentés dans le Tableau 28, la Figure 11 et la Figure 12 mettent en évidence :

- Une bonne qualité biologique de l'eau de la Tana;
- La diversité est grande (> 20 taxons) ;
- La densité d'invertébrés est très bonne (>7'000 l/m²).

Ces bons résultats s'expliquent d'une part, par la saison d'échantillonnage, propice aux invertébrés benthiques et par la bonne qualité de l'eau de la Tana (peu d'influence anthropique). En raison des faibles éclusées, la présence constante d'eau de bonne qualité (lit mineur actif) permet de garantir les fonctions écologiques requises pour les macroinvertébrés benthiques et notamment les espèces bioindicatrices.

### 8.3.5 B4 – EPT

Le nombre des familles EPT a été déterminé dans les échantillons semi-quantitatifs de l'indicateur B2 pour les stations de la Tana:

Station	Ephéméroptère	Plécoptère	Trichoptères	Nombre de famille EPT
Tana gravière	3	5	3	11
Tana restitution	2	5	6	13

Tableau 29 : Synthèse des résultats de l'indicateur B4 pour la Tana.

Le nombre de famille EPT sur la base des prélèvements IBCH de 2014 est **excellent** pour la station en amont de la restitution de l'eau de Saint-Anne et **bon** pour la station à la hauteur de la gravière. Ce 2<sup>ème</sup> résultat peut s'expliquer en partie par la présence de la gravière, qui rejette des eaux chargées en particules fines et par la présence d'enrochement sur la plupart du linéaire de la Tana depuis la restitution jusqu'à la confluence avec la Sarine.

Ces bons résultats confirment toutefois la bonne qualité des eaux de la Tana.

### 8.3.6 Conclusion

Le tableau suivant résume l'évaluation des indicateurs sur la Tana :

Indicateurs des éclusées	La Tana 2014
P1 – Poisson SMG	Moyen
P2 – Echouage	Bon
P3 – Frayères	-
P4 – Repr. Truite	-
P5 – Productivité	Moyen
B1 – Biomasse	Excellent
B2 – Macrozoobenthos	Bon
B3 – Zon. Longitudinale	-
B4 – EPT	Bon
<b>Gravité de l'atteinte</b>	<b>Moyen</b>

Tableau 30 : Evaluation détaillée des indicateurs pour la Tana

En raison des bons résultats des différents indicateurs poissons et macrozoobenthos, les indicateurs P3, P4 ainsi que B3 (P3 et B3 sont des indicateurs de l'évaluation approfondie) n'ont pas été étudiés en détails. En effet, ils sont considérés comme non influencés par les éclusées dans ce court tronçon possédant une largeur de lit mouillé ne variant que faiblement.

La gravité de l'atteinte provoquée par les éclusées sur la Tana est évaluée comme étant "moyenne". Un assainissement est requis lorsque :

- un indicateur révèle un état mauvais ;
- deux indicateurs révèlent un état médiocre ;
- trois indicateurs révèlent un état moyen ;
- un indicateur révèle un état moyen et deux un état médiocre.

Aucun assainissement n'est donc requis sur ce cours d'eau car seuls deux indicateurs présentent un état moyen.

## 9. Liaison entre les aménagements et les tronçons impactés

La table ci-dessous synthétise les résultats obtenus dans les chapitres précédents :

N° tronçon éclusés	N° tronçon Sarine	Cours d'eau	Degré d'atteinte	Aménagement(s) responsable de l'atteinte
EC1 Lessoc	7	Sarine	grave	Montbovon + Lessoc
EC2 Hauterive	5	Sarine	grave	Hauterive
EC3 Oelberg	3	Sarine	grave	Oelberg + Hauterive
EC4 Schiffenen	1-2	Sarine	grave	Schiffenen (+ Oelberg et Hauterive)
EC5 Broc	-	Jogne	Etat actuel : grave Etat prévisible* : absence d'atteinte grave	Broc
EC6 St-Anne	-	Tâna	moyen	Sainte-Anne

Tableau 31: Liaison entre les aménagements et les tronçons impactés

\*Avec prise en compte du projet d'assainissement en cours.

## 10. Liste définitive des centrales hydroélectriques à assainir

Le tableau ci-dessous donne la liste définitive des centrales hydroélectriques à assainir :

Installation	Partie d'installation	Cours d'eau	Décision d'assainissement
Rossinière- Montbovon	Restitution de Montbovon	Sarine	A assainir (en liaison avec Lessoc)
Lessoc	Restitution de Lessoc	Sarine	A assainir (en liaison avec Montbovon)
Rossens- Hauterive	Restitution d'Hauterive	Sarine	A assainir
Maigrage- Oelberg	Restitution d'Oelberg	Sarine	A assainir (en liaison avec Hauterive)
Schiffenen	Restitution de Schiffenen	Sarine	A assainir
Montsalvens- Broc	Restitution de Broc	Jogne	A assainir (selon décision du 17 janvier 2011)

Tableau 32 : Aménagements à assainir

Au terme du rapport final, l'installation suivante a été retirée de la liste des installations à assainir :

Aménagement	Cours d'eau	Décision d'assainissement
Sainte-Anne	Tana	Assainissement non requis

Tableau 33 : Aménagement sans nécessité d'assainissement

## 11. Potentiel écologique

### 11.1 Méthodologie de détermination

Le potentiel écologique, parfois dénommé « état écologique potentiel », a été déterminé dans le cadre de la planification des revitalisations, également réalisée par la Section lacs et cours d'eau.

La méthodologie générale, décrite dans la Figure 13, est reprise de cette planification, à laquelle nous renvoyons pour d'éventuels compléments.

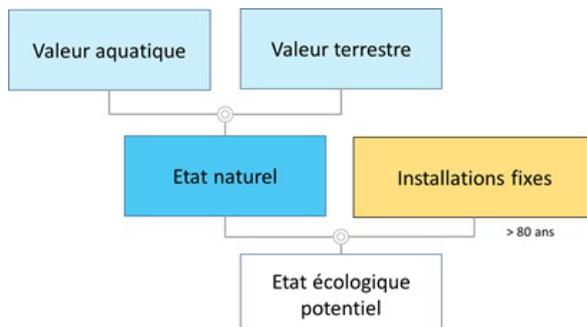


Figure 13 Détermination de l'Etat écologique potentiel

#### 11.1.1 Valeur de l'état naturel – milieu aquatique

Cette donnée a été traitée par le bureau Pronat. Afin de déterminer la valeur naturelle du milieu aquatique, une liste de quatre critères a été élaborée en collaboration avec la LCE et le Service des forêts et de la faune (secteur biodiversité, faune, chasse et pêche). Cette liste contient un système de notation avec une échelle de 0 à 5.

Les critères suivants ont servi à l'évaluation :

- POI 1 – Potentiel piscicole ;
- POI 2 – Habitats piscicoles ;
- POI 3 – Frayères potentielles et recensées ;
- POI 4 – Connectivité.

Chaque tronçon a été évalué sur la base des informations disponibles par deux hydrobiologistes de PRONAT (Andreas Zurwerra et Pascal Mulattieri).

- L'évaluation se fonde sur les données existantes au niveau national, cantonal ou autres lorsqu'elles sont à disposition ;



- Un avis d'expert fondé sur les données cantonales partielles et/ou les connaissances personnelles des deux hydrobiologistes. Lorsqu'aucune donnée de base (fédérale, cantonale ou autre) n'est à disposition, les notes sont tout de même attribuées, selon les critères décrits ci-dessus<sup>18</sup>.

Afin de différencier les notes attribuées par un avis d'expert des autres, dans le fichier SIG figure une colonne « Avis d'expert » avec la mention « oui » pour tous ces cas particuliers.

#### POI 1 – Potentiel piscicole

La note a été attribuée en fonction des espèces piscicoles présentes ou potentiellement présentes (historiquement ou milieu colonisable avec franchissement des seuils artificiels). Obtiennent la note minimum de 3 les tronçons remplissant au moins un des critères suivants :

- Présence actuelle, potentielle ou historique d'espèces migratrices (truite lacustre, barbeau, nase et ombre);
- Présence actuelle ou historique d'écrevisse à patte blanche.
- Présence actuelle ou historique d'espèces menacées de poissons et cyclostomes (petite lamproie).

Les autres notes sont réparties en fonction du nombre d'espèces et des espèces présentes (qualitatif).

#### POI 2 – Habitats piscicoles

La note a été attribuée en fonction de l'habitabilité du cours d'eau pour les adultes et juvéniles. Obtiennent la note minimum de 3 les tronçons remplissant au moins un des critères suivants :

- Présence actuelle, potentielle ou historique d'espèces migratrices (truite lacustre, barbeau, nase et ombre);
- Présence historique d'écrevisse à patte blanche ;
- Tronçons écomorphologiques peu atteints (vert) ou proche du naturel (bleu) avec la présence confirmée de poissons et/ou d'écrevisses ;

Les autres notes sont réparties en fonction du nombre d'espèces et des espèces présentes (qualitatif), de la classe écomorphologique ainsi que de la structure morphologique du cours d'eau (faible pente, cours d'eau encaissé, milieu forestier, milieu agricole, etc.).

#### POI 3 – Frayères potentielles et recensées.

Obtiennent la note minimum de 3, les tronçons :

- Avec des frayères recensées.

Les autres notes sont réparties en fonction de la présence d'espèces piscicoles cibles ainsi que de la structure morphologique du cours d'eau (faible pente, encaissé, forestier, falaise, molasse, etc.).

---

<sup>18</sup> à l'exception des tronçons évalués en 2013 pour qui seule l'évaluation finale avait été donnée par l'avis d'expert. La note de 0 avait alors été attribuée à chaque critère.

## POI 4 – Connectivité

Obtiennent la note minimum de 3 les tronçons remplissant au moins un des critères suivants :

- Sans seuils naturels ;
- Avec des seuils naturels inférieurs à 30 cm ;
- Directement connecté avec les cours d'eau piscicoles importants (position dans le réseau hydrographique).

Les autres notes sont réparties en fonction de la hauteur des seuils naturels (30 cm à 50 cm ; 50 cm à 1m ; >1m) ainsi que du nombre de seuils présents.

Evaluation de la valeur naturelle du milieu aquatique

Le Tableau 34 présente les critères d'évaluation qui sont appliqués et le Tableau 35 montre le barème de répartition entre les classes faible/moyen/important.

POI 1	Valeurs	Très faible	Faible	Moyen	Important	Très important	Inconnu
	Points	1	2	3	4	5	0
POI 2	Valeurs	Très faible	Faible	Moyen	Important	Très important	Inconnu
	Points	1	2	3	4	5	0
POI 3	Valeurs	Très faible	Faible	Moyen	Important	Très important	Inconnu
	Points	1	2	3	4	5	0
POI 4	Valeurs	Très faible	Faible	Moyen	Important	Très important	Inconnu
	Points	1	2	3	4	5	0

Tableau 34 Grille d'évaluation des indicateurs de la valeur naturelle du milieu aquatique.

Total des points	4 à 6	7 à 14	15 à 20
Evaluation	Faible	Moyen	Important

Tableau 35 Barème d'évaluation de la valeur aquatique.

### 11.1.2 Valeur terrestre

Le milieu terrestre constitue l'interface entre le cours d'eau et les terres environnantes ; il est généralement influencé par le cours d'eau, soit par les inondations, soit par la nappe d'eau souterraine. Par rapport à la valeur naturelle du milieu aquatique, fondé sur les espèces et leurs exigences, on a privilégié une approche intégratrice de la valeur naturelle fondée sur les milieux et les conditions propices à leur développement. Cette donnée, développée par le SCZA (tout comme la suite de l'analyse SIG), repose sur l'évaluation de quatre indicateurs.

- La pente moyenne du tronçon

Elle est calculée d'après le modèle numérique de terrain. La règle est que plus la pente du tronçon est faible, plus les milieux terrestres liés au cours d'eau sont développés. On va donc prioriser les cours d'eau peu pentus par rapport aux cours d'eau très pentus. Pour des pentes trop fortes (torrents), le cours d'eau n'a pas la possibilité de divaguer ou de migrer latéralement. La zone terrestre influencée par le cours d'eau, soit par débordement, soit par rajeunissement, est en général très faible pour ce type de cours d'eau. On observe que plus la pente diminue, plus l'emprise spatiale du cours d'eau devient importante. Ce phénomène est aussi lié au style fluvial qui change (formations de tresses, puis de méandres de plus en plus sinueux).



- La largeur naturelle du tronçon

La dimension du cours d'eau est un critère important du potentiel écologique. En ce qui concerne la partie terrestre, plus le cours d'eau est de grande dimension, plus la zone terrestre influencée par le cours d'eau sera grande. Et cela ne contribue pas seulement à la quantité d'individus présents mais également à la diversité des espèces, car la série alluviale terrestre (bancs de sédiments nus – communautés herbacées pionnières – fourrés et forêts d'essences à bois tendre – forêts d'essences à bois durs) a besoin de beaucoup d'espace pour se développer intégralement.

- Inventaire des zones alluviales

L'appartenance d'un tronçon à l'inventaire fédéral, régional ou local des zones alluviales reflète bien le potentiel écologique. En effet, comme le critère principal pour figurer dans un inventaire est la végétation alluviale, il existe des zones alluviales dont le cours d'eau principal est corrigé en totalité ou en partie. La végétation a persisté après les endiguements ou du moins change lentement, surtout si des échanges hydriques sont maintenus par la nappe phréatique. La présence ou la proximité d'une zone alluviale justifie une revitalisation et indique un réel potentiel écologique. Les données utilisées pour documenter cet indicateur sont l'inventaire fédéral des zones alluviales et l'inventaire cantonal des zones alluviales du canton de Fribourg.

- Inventaire fédéral des paysages (IFP) et réseau écologique national (REN)

L'appartenance d'un tronçon à un périmètre IFP est un critère de priorisation, car, comme le recommande l'aide à l'exécution de l'OFEV, on considère qu'il est préférable de revitaliser des espaces dont la valeur paysagère est déjà reconnue, plutôt que de revitaliser des cours d'eau sans valeur paysagère particulière. De même, les cours d'eau appartenant au réseau écologique national (REN) ont été considérés avec un potentiel plus élevé que les autres, mais seulement pour ce qui concerne le réseau des milieux humides (cf. **Tableau 36**). On notera que les éléments du REN sont rares dans le canton de Fribourg, excepté sur le cours de la Sarine.

- Evaluation de la valeur naturelle du milieu terrestre

Des notes sont ensuite calculées pour chaque indicateur, puis additionnées pour obtenir une évaluation, comme montré dans le **Tableau 36**. Il est estimé que lorsqu'un tronçon obtient plus que la moitié des points son potentiel terrestre est important.

*Largeur naturelle* : un point par mètre, jusqu'à 15 m. Et 15 points pour tous les tronçons dont la largeur naturelle est supérieure à 15 m.

*Pente* : 10 points – la pente en %. Cela signifie que les tronçons dont la pente est supérieure à 10% ne reçoivent aucuns points. (Il n'y a pas de points négatifs).

*Inventaire des zones alluviales* : un tronçon situé à l'intérieur ou partiellement à l'intérieur d'une zone alluviale reçoit 10 points pour une zone d'importance nationale, 5 points pour une zone d'importance cantonale et 2 points pour une zone d'importance locale.

*IFP-REN* : un tronçon situé à l'intérieur ou partiellement à l'intérieur d'un objet IFP ou du REN (seulement cours d'eau et milieux humides) reçoit 5 points.

Largeur naturelle	Valeurs	0-15m	>15m		
	Points	1point/metre	15		
Pente	Valeurs	>10%	0-10%		
	Points	0	10 - 1point/%		
Inventaire des zones alluviales*	Valeurs	non	local	cantonal	fédéral
	Points	0	2	5	10
Autre inventaire* : IFP ou REN	Valeurs	non	oui		
	Points	0	5		
Total des points	[0 à 10[	[10 à 20[	[20 à 40]		
Evaluation	faible	moyen	important		

\*le tronçon est situé dans ou touche un des périmètres en question

Tableau 36 : Système d'évaluation de la valeur naturelle du milieu terrestre.

## 11.2 Résultat de l'état écologique potentiel

La Figure 14 présente l'état écologique potentiel déterminé pour l'ensemble du réseau hydrographique fribourgeois.

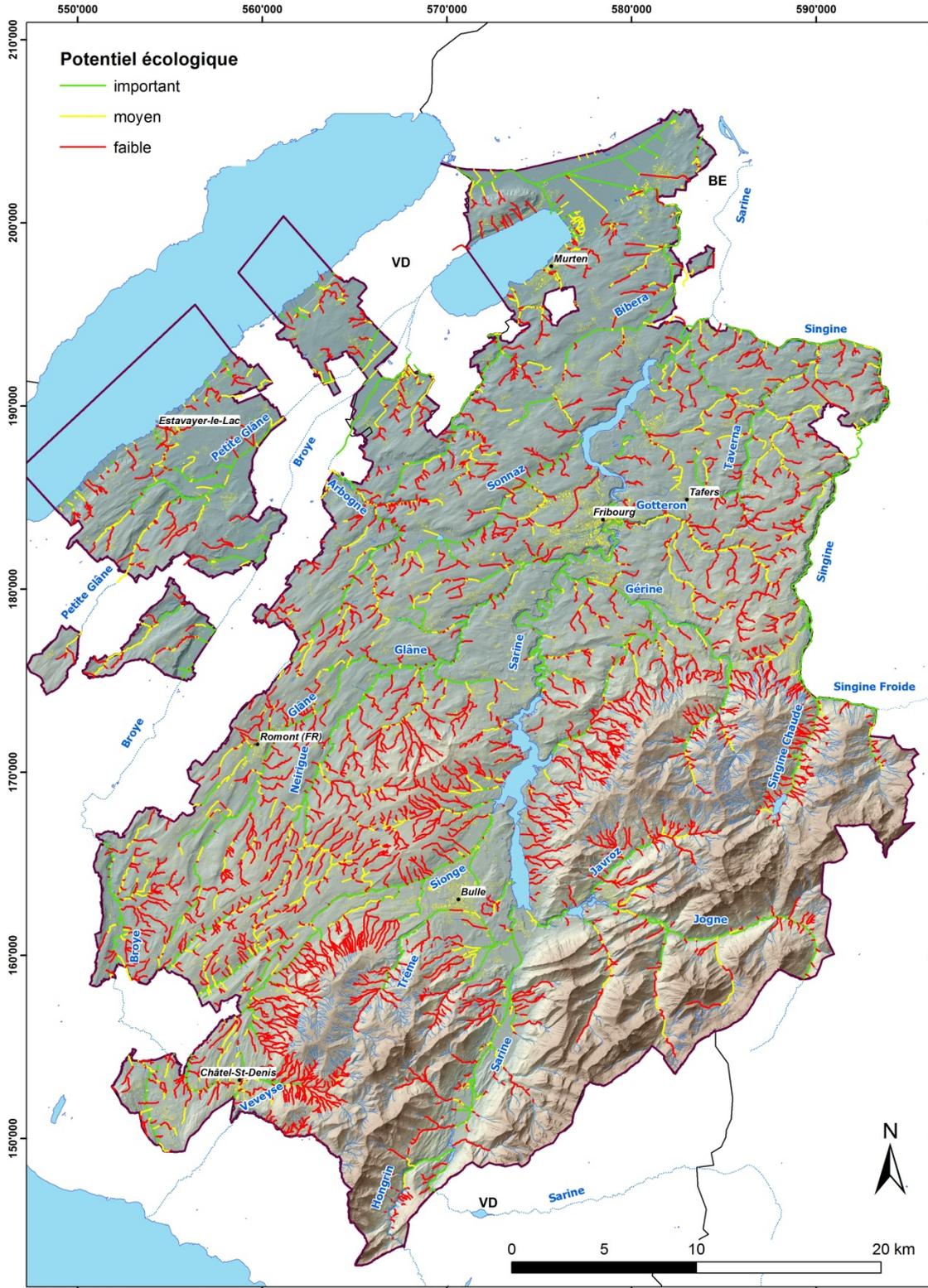


Figure 14 : Etat écologique potentiel des cours d'eau fribourgeois



Le tableau suivant résume le potentiel écologique agrégé de chaque tronçon de la Sarine touché par les éclusées :

Tronçon	Cours d'eau	Potentiel écologique
EC1 - Lessoc	Sarine	Important
EC2 - Hauterive	Sarine	Important
EC3 - Oelberg	Sarine	Important
EC4 - Schiffenen	Sarine	Important

Tableau 37 : Potentiel écologique agrégé des tronçons de la Sarine soumis aux éclusées

Ce tableau est le résultat de l'analyse de l'ensemble des cours d'eau fribourgeois, qui fait ressortir le potentiel écologique important de la Sarine par rapport à d'autres cours d'eau de moindre importance.

## 12. Planification des mesures d'assainissement

### 12.1 Objectifs d'assainissement

#### 12.1.1 Objectifs généraux d'assainissement

La Loi sur la protection des eaux (LEaux) contraint les détenteurs de centrales hydroélectriques à prendre des mesures constructives pour empêcher ou éliminer les *atteintes graves* que des variations subites et artificielles du débit d'un cours d'eau (éclusées) portent à la faune et à la flore indigènes et à leurs biotopes.

Selon l'aide à l'exécution, cela signifie qu'il faut que les indicateurs de l'appréciation sommaire (ou de l'évaluation approfondie) donnent les résultats suivants :

- aucun indicateur ne révèle un mauvais état (rouge)
- 1 indicateur au maximum révèle un état médiocre (orange)
- 2 indicateurs au maximum révèlent un état moyen (jaune)

### 12.1.2 Thèmes principaux et priorité

Les études en vue de l'élaboration des rapports finaux de planification d'assainissement de la Sarine (charriage, éclusées et migration piscicole) ont débuté par la délimitation de tronçons le long de la Sarine; la définition des déficits principaux et du degré de priorité de chaque tronçon. Le tableau ci-dessous détaille les principaux résultats concernant les tronçons à éclusées :

N° tronçon Sarine	N° tronçon éclusée	Nom	Thèmes prioritaires	Priorité
1	/ (tronçon bernois)	(Laupen)	Eclusées Zones alluviales d'importance nationale	1
2	EC4	Schiffenen	Eclusées Migration piscicole	2
3	EC3	Oelberg	Eclusées Charriage Morphologie	2
5	EC2	Hauterive	Eclusées Dynamique Décharge de la Pilla Zones alluviales d'importance nationale Assainissement selon Art. 80 al. 2	1
7	EC1	Lessoc	Eclusées Charriage Migration piscicole Zones alluviales d'importance nationale Assainissement selon Art. 80 al. 2 Revitalisation	1

Tableau 38 : Thèmes prioritaires par tronçons et priorités

Le détail des résultats se trouve dans le rapport "*RF Sarine – Grandes installations*", *partie C § 14*.

### 12.1.3 Objectifs d'assainissement des éclusées

L'objectif d'assainissement général reste celui défini par l'art. 39a de la LEaux, à savoir "*éliminer les atteintes graves que des variations subites et artificielles du débit d'un cours d'eau (éclusées) portent à la faune et à la flore indigènes et à leurs biotopes*".

L'évaluation approfondie a montré que les atteintes subies par la Sarine s'accroissent progressivement d'amont en aval. La bonne qualité de l'eau permet aux indicateurs B1-B5 de rester des plus satisfaisants en amont; mais ces indicateurs se dégradent en allant vers l'aval pour atteindre des niveaux très mauvais en aval de Schiffenen. Deux problèmes se retrouvent par contre de manière presque générale sur l'entier de la Sarine fribourgeoise : l'échouage et le manque de surfaces favorables aux frayères.

C'est donc sur ces deux problématiques qu'il faudra concentrer les efforts dans la phase 2, tout en sachant qu'elles ne dépendent pas uniquement de l'assainissement des éclusées, mais sont également très liées à deux autres domaines de l'assainissement : la morphologie (revitalisation) et le charriage.

Dans le but de préciser les valeurs permettant d'atteindre ces objectifs d'assainissement, les modèles hydrauliques de la Sarine (qui ont permis de définir le degré d'atteinte dans les tronçons)



ont été réutilisés. La démarche consiste à tester différents scénarios de réduction des éclusées et de calculer les valeurs prévisibles que prendront les indicateurs suivants :

- P2 : échouage - qui se décompose en 2 sous-indicateurs qui sont les surfaces mises à sec et la vitesse de descente du niveau de l'eau.
- P3 : frayère - surfaces potentiellement favorables aux frayères (sous réserve de disponibilité du substrat), ayant une profondeur d'eau adéquate et sans risque de lessivage des substrats nécessaires aux frayères)
- L'indicateur HYDMOD-éclusées.

Sur la base de nos investigations, on prévoit qu'un ratio  $Q_e/Q_p$  de 5 en amont des tronçons à éclusées devrait permettre d'atteindre :

- Un bon état (vert) pour l'indicateur P2 – échouage en moyenne dans le tronçon.
- Un bon état (vert) de l'indicateur P3 – frayères en moyenne dans le tronçon (sous réserve de la disponibilité du substrat).
- Un état moyen (jaune) pour l'indicateur HYDMOD-éclusées en gros dans le tronçon

L'objectif-cible d'assainissement pour la vitesse de descente dépend de la longueur et de la morphologie du tronçon. Il est fixé en amont du tronçon de manière à obtenir une vitesse de diminution inférieure à 0.5 cm/min (critère bon) en gros sur le tronçon.

Dans l'état actuel des études et investigations menées pour cette planification, ces objectifs pourraient être atteints avec les paramètres de dimensionnement (en amont du tronçon) suivants (voir rapport RF Sarine – Grandes installations, §§ 7 et 8) :

Installation	Objectifs-cible de dimensionnement (définis en amont du tronçon)	
	Ratio $Q_e/Q_p$	Vitesse de descente du niveau d'eau [cm/min]
Lessoc	5	1
Hauterive	5	0.9
Oelberg	5	0.6
Schiffenen	5	0.9

Tableau 39 : Objectifs d'assainissement des éclusées

Les valeurs contenues dans le tableau ci-dessus sont des objectifs-cibles préliminaires destinés à dimensionner et étudier la faisabilité des différentes mesures d'assainissement. Le respect de ces valeurs n'assure toutefois pas qu'une mesure d'assainissement choisie respectera totalement l'objectif d'assainissement défini par la loi : une analyse détaillée du projet sera nécessaire pour valider la conception et les détails de la mesure.

## 12.2 Familles de mesures

Les mesures d'assainissement ont été classées dans quatre principales familles de mesures, qui peuvent (et doivent parfois) être combinées pour atteindre un objectif d'assainissement :



**Le déplacement de la restitution**, qui permet d'éliminer totalement les éclusées dans un tronçon de cours d'eau donné.

- Avantages : Assainissement total les éclusées  
Eventuelle possibilité de turbinage supplémentaire
- Inconvénients : Risque de déplacement du problème en aval  
Soustraction de l'eau au système\*  
Coût

\* En dérivant l'eau turbinée dans des galeries, une quantité importante d'eau est soustraite à l'environnement ainsi qu'au paysage. Cela provoque les impacts suivants :

- Diminution de l'échange entre les eaux superficielles et les nappes phréatiques. Cela peut avoir des conséquences sur les réserves en eau potable.
- Réduction du milieu de vie de la faune aquatique. La surface du lit mouillé est diminuée de manière durable.
- Ecoulement plus faible en surface ce qui a pour conséquence un réchauffement plus important de l'eau, une vitesse d'écoulement plus lente, des profondeurs d'eau plus faibles. Tout cela a des impacts négatifs sur la faune aquatique.
- Diminution de la valeur paysagère.
- Une déviation en galerie équivaut a priori à une mise sous tuyau partielle du cours d'eau, ce qui est problématique non seulement du point de vue écologique et paysager mais également du point de vue légal.

**Le stockage**, qui a pour but de lisser les éclusées par stockage temporaire des volumes turbinés. Cette mesure permet la réduction de l'amplitude totale de l'éclusée et/ou du gradient.

- Avantages : Efficacité  
Assainissement du problème en amont (à la source)
- Inconvénients : Coût  
Impacts (paysage, aménagement du territoire, surface d'assolement)  
Problématique de l'implantation de bassins en ZA d'importance nationale  
Peut accentuer le déficit de charriage

**L'atténuation de l'atteinte**. Il s'agit de toutes les mesures réalisées dans le cours d'eau dans le but de rendre le milieu plus résistant au phénomène d'éclusée. Il s'agit principalement de travailler sur la morphologie du lit pour réduire les zones d'échouage, créer des refuges, ...

- Avantages : Spécifique à une problématique locale  
Interaction avec l'assainissement "revitalisation" et "charriage"
- Inconvénients : Demande de l'entretien  
Durabilité pas garantie  
Effet principalement local  
Efficacité variable

**Les mesures d'exploitation**, qui consistent à modifier le régime de turbinage pour qu'il porte moins atteinte au milieu naturel. Il peut s'agir par exemple de limiter la puissance, de modifier les consignes d'enclenchement/déclenchement des turbines ou de réaliser des paliers de turbinage afin d'améliorer les gradients en fonction des possibilités des machines.

- Avantages : Efficacité  
Rapidité de mise en œuvre  
Assainissement du problème en amont (à la source)
- Inconvénients : Contraignant pour l'exploitant  
Coût (pertes de production)



### 12.3 Etudes de variantes d'assainissement

La planification des mesures d'assainissement "éclusées" sur la Sarine s'est faite dans le cadre de l'étude globales multi-domaines (RF Sarine - Grandes installations, partie B, §§ 9 à 13).

Les études de variantes suivantes ont été entreprises pour les éclusées :

- Schiffenen : Etude de variantes d'assainissement des éclusées de Schiffenen, BG-Pronat, 7170.06-RN21, octobre 2014.
- Oelberg-Hauterive : Assainissement des éclusées des ouvrages Hauterive et Oelberg selon art. 39 LEaux, pré-étude de variantes, CSD FR04028.100, septembre 2014
- Lessoc : variantes d'assainissement proposées par le Groupe E, propriétaire de l'aménagement, décrites dans le rapport RF Sarine - Grandes installations, partie B, §§ 9 à 13.

Le document "RF Sarine - Grandes installations – partie B évaluation des études de variantes" comprend, pour le domaine "éclusées":

- La synthèse et l'évaluation des variantes d'assainissement ;
- Une analyse de priorisation pour le domaine "éclusées" ;
- Une analyse de priorisation par installation.

### 12.4 Résultats de l'évaluation des variantes "éclusées"

Le détail de l'évaluation des variantes d'assainissement, plus détaillée, se trouve dans le rapport "*RF Sarine – Grandes installation, partie B*".

Les tableaux ci-dessous représentent pour chaque installation les différentes variantes d'assainissement uniquement en fonction de leur coût et de leur efficacité. Pour rappel, l'efficacité est une note entre 1 et 10 donnée en fonction du ratio d'éclusée et des vitesses de descente moyennée sur l'ensemble du tronçon impacté (RF Sarine - Grandes installations, partie B, § 10.1). L'analyse de variante, proposée dans le RF Sarine - Grandes installations, partie B et ses annexes), est construit sur un grand nombre d'indicateurs (RF Sarine - Grandes installations, § 11.1), qui permet d'évaluer dans le détail les bénéfices et les inconvénients des mesures d'assainissement.

### 12.4.1 Lessoc

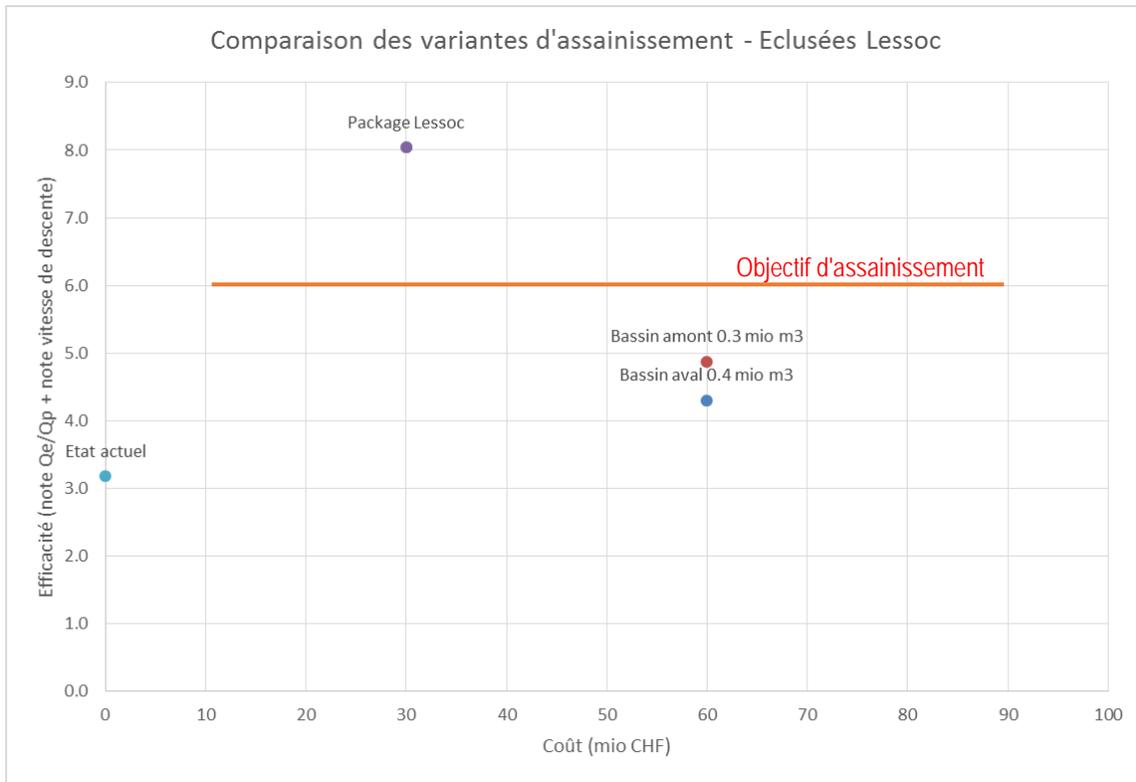


Figure 15 : Comparaison des variantes d'assainissement des éclusées à Lessoc

- La variante "package Lessoc", comprend principalement des mesures d'exploitation et implique des modifications sur les équipements de la centrale de turbinage. Le but de cette variante est d'utiliser la retenue existante de Lessoc pour démoduler les éclusées de Montbovon. Cette variante possède une très bonne efficacité à un moindre coût et est mise en avant par le Groupe E, propriétaire de l'aménagement, qui lie toutefois sa réalisation à la mise en œuvre d'autres projets (assainissement du charriage à Rossinière, décision d'assainissement selon art. 80 LEaux à Rossinière, construction d'un nouveau palier RPC en aval de Lessoc). L'analyse multicritères de cette variante est très bonne (faisabilité, impacts, ...). L'ensemble de mesures qui constituent le package devra être discuté dans la phase 2 et l'issue des discussions est incertaine.
- Les variantes de bassin sont plus chères et moins performantes. Elles nécessiteraient des mesures d'exploitation complémentaires pour atteindre l'objectif d'assainissement. Plusieurs critères de l'évaluation sont "critiques" (faisabilité, impact, proportionnalité des coûts).



## 12.4.2 Hauterive

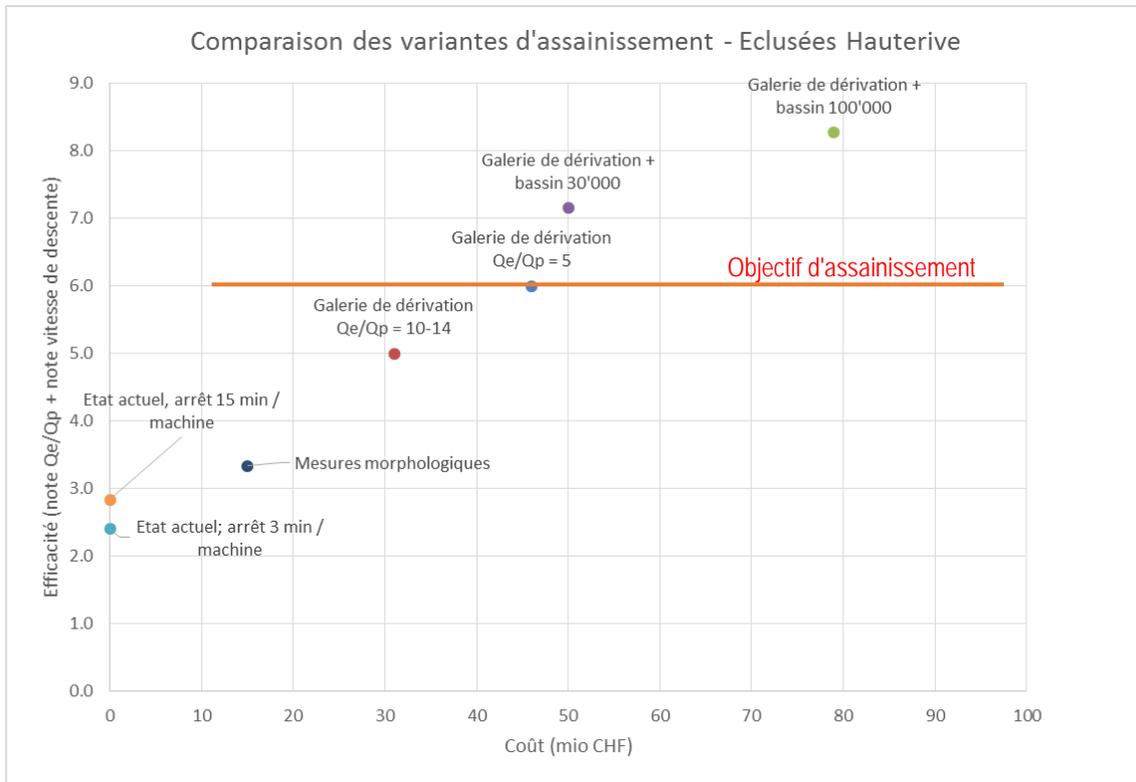


Figure 16 : Comparaison des variantes d'assainissement des éclusées à Hauterive

- L'efficacité des mesures étudiées est globalement proportionnelle à leur coût. Les variantes comportant une galerie nécessiteront une adaptation de la concession ou un avenant à la concession. Les variantes comportant un bassin sont évaluées comme "critiques" au niveau des impacts.
- La variante "galerie de dérivation  $Q_e/Q_p = 10-14$ " possède une efficacité a priori un peu en deçà de l'objectif d'assainissement mais reste intéressante en terme de coût, de faisabilité et d'impact.
- L'assainissement des éclusées à Hauterive présenterait l'avantage de réduire également les impacts des éclusées en aval d'Oelberg. En effet, si les vitesses de montée/descente des éclusées sont réduites à Hauterive, elles le seront également à Oelberg car le lac de Pérolles ne permet pratiquement aucun stockage entre les deux installations. L'ampleur de cet effet d'assainissement indirect en aval dépend toutefois du choix de la variante d'assainissement. Elle présente également un coût, sous forme de mesures d'exploitation à Oelberg, qui est présentée sous la forme d'une variante d'assainissement à Oelberg : "mesures d'exploitation : conséquence de l'assainissement des éclusées à Hauterive" (voir ci-dessous).

### 12.4.3 Oelberg

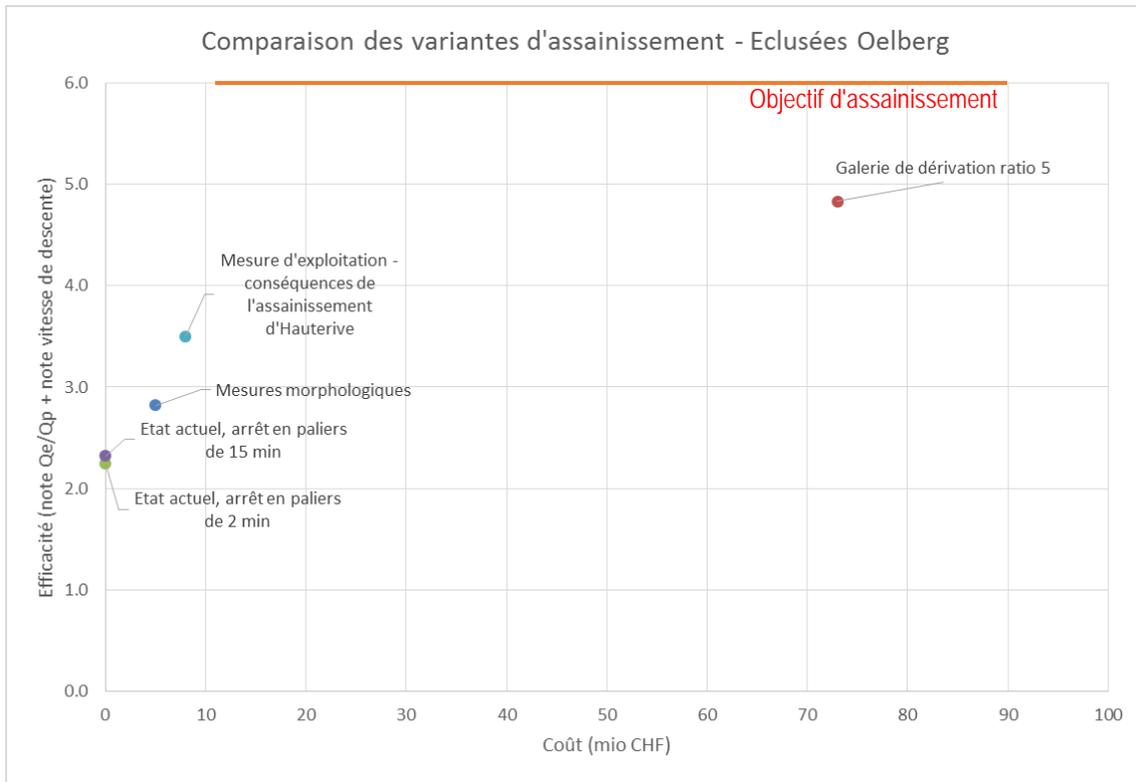


Figure 17 : Comparaison des variantes d'assainissement des éclusées à Oelberg

- Les solutions d'assainissement propre à Oelberg sont peu nombreuses et leur efficacité est limitée. L'évaluation de la galerie de dérivation est "critique", en termes de rapport coût/utilité et de faisabilité administrative.
- Les mesures d'exploitation consécutives à un assainissement des éclusées en amont (Hauterive) pourraient présenter une solution plus intéressante.
- Il sera difficile d'atteindre l'objectif d'assainissement sur ce tronçon.

## 12.4.4 Schiffenen

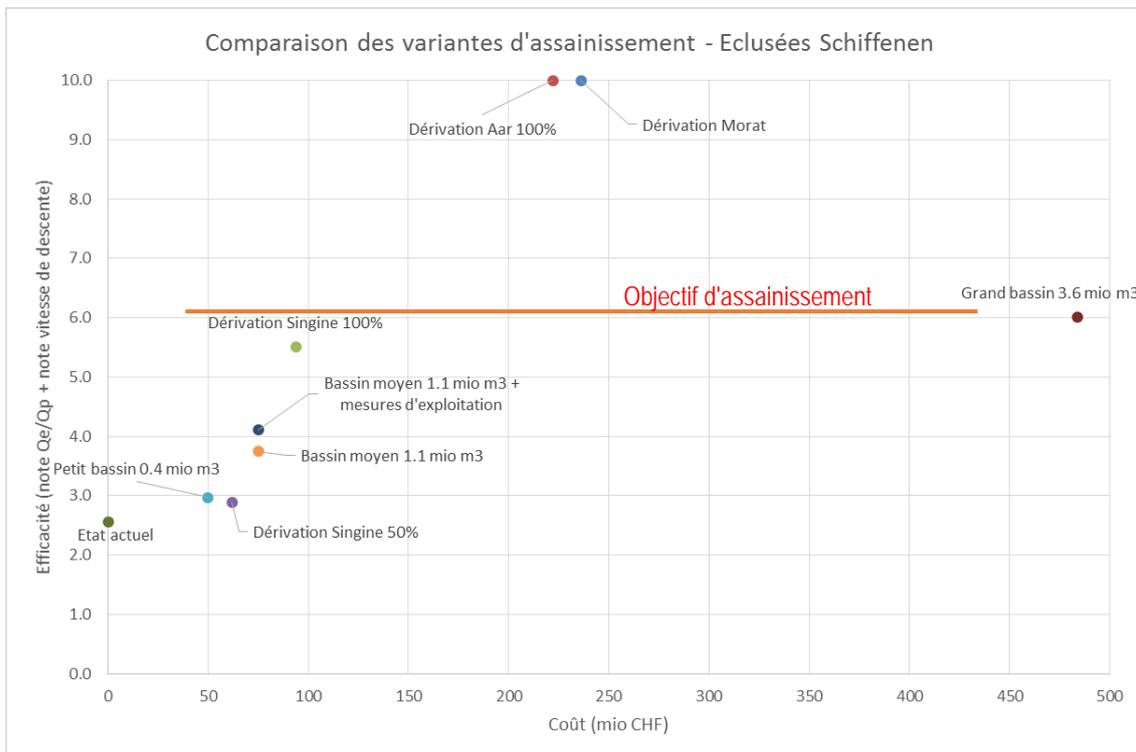


Figure 18 : Comparaison des variantes d'assainissement des éclusées à Schiffenen

- Les variantes de dérivation sont extrêmement performantes (du point de vue de l'assainissement des éclusées) mais restent très onéreuses (> 200 mio CHF). Ces variantes sont évaluées comme étant "critiques" au niveau du potentiel écologique car elles ont un fort impact négatif sur le débit moyen du cours d'eau (évalué selon la méthode HYDMOD). Les variantes comportant une galerie nécessiteront une adaptation de la concession ou un avenant à la concession. Le coût de la dérivation vers Morat est composé de 160 mio de CHF pour la galerie auquel s'ajoute une perte pour les avaliers évaluée à 76 mio de CHF (perte cumulée sur 20 ans).
- La variante "grand bassin" est moins bonne pour un prix deux fois plus élevé.
- Il existe plusieurs solutions moins chères (50-100 mio CHF), mais qui sont aussi moins performantes en termes d'atténuation des éclusées. Elles nécessiteraient vraisemblablement la mise en œuvre de mesures complémentaires pour atteindre l'objectif d'assainissement.

### 12.4.5 Synthèse des variantes "éclusées"

Le tableau ci-dessous résume les principales variantes d'assainissement à étudier en priorité dans la seconde phase du projet :

Nom de l'aménagement	Cours d'eau	Mesures d'assainissement	Coût estimatif
Schiffenen	Sarine	Bassin d'amortissement des éclusées 1.1 mio de m <sup>3</sup> + mesures d'exploitation	70 mio CHF
		Galerie de dérivation vers le lac de Morat	236 mio CHF <sup>19</sup>
Oelberg	Sarine	Mesures d'exploitation (adaptations liées à l'assainissement de la centrale d'Hauterive) + mesures morphologique sur le lit de la Sarine	8 mio CHF
Hauterive	Sarine	Galerie de dérivation des eaux vers le lac de Péroilles + bassin d'amortissement de 30'000 m <sup>3</sup>	50 mio CHF
		Galerie de dérivation des eaux vers le lac de Péroilles $Q_e / Q_p = 5$	~ 45 mio CHF
		Galerie de dérivation des eaux vers le lac de Péroilles $Q_e / Q_p = 10$ à 14	~ 30 mio CHF
Lessoc (+ amont)	Sarine	Mesures d'exploitation + modification des turbines (proposition de <i>package</i> par Groupe E)	25 - 35 mio CHF
		Bassin d'amortissement amont de 300'000 m <sup>3</sup>	60 mio CHF

Tableau 40 : Tableau récapitulatif des principales mesures d'assainissement à étudier dans la seconde phase du projet.

Les mesures d'assainissement **en rouge** n'atteignent pas les objectifs d'assainissement mais leur ratio coût/bénéfice est intéressant.

Ce tableau récapitulatif comporte des mesures d'assainissement dont l'efficacité et la faisabilité est très variable. Par exemple à Schiffenen, la variante de galerie vers le lac de Morat est très onéreuse mais présente d'autres avantages (synergie avec un nouveau palier de turbinage), qui justifie de conserver cette variante dans ce tableau de synthèse. Lors de la phase 2, d'autres mesures pourront être étudiées et comparées dans l'analyse de variante. Le but de ce tableau est d'offrir une vision très synthétique des mesures potentiels et de leurs coûts.

<sup>19</sup> Le coût de la dérivation vers Morat est composé de 160 mio de CHF pour la galerie auquel s'ajoute une perte pour les avaliers évaluée à 76 mio de CHF (perte cumulée sur 20 ans)

### 12.4.6 Délais

Le groupe de travail "Sarine – grandes installations" a défini les délais ci-dessous pour la mise en œuvre de l'assainissement des installations hydroélectriques le long de la Sarine. Le délai de planification correspond à la fin de la conception des mesures par le détenteur. La priorisation va dans le sens de l'aide à l'exécution, qui souhaite que l'urgence des mesures soit déterminée.

Partie d'installation	Domaine	Complexité	Priorité	Délai de planification	Délai de réalisation	Coordination principale	Remarque
Lessoc	Migration piscicole	1	1	2017-2018	2020	Eclusées	
	Eclusée	1	1	2017-2018	2020	Migration	
	Charriage	1	1	2017-2018	2020	-	
Rossens	Migration piscicole	2	2	2025	2030	Eclusées	
	Charriage	1	2	2017-2018	2020	-	En lien avec la nécessité de crue artificielle Petite Sarine ; délai plus court que les autres thèmes semble réaliste.
Hauterive	Migration piscicole	2	2	2020	2025	Eclusées	
	Eclusées	2	2	2020	2025	Migration	
Maigrauge	Migration piscicole	2	3	2017-2018	2020		Décision déjà prise, délai plus court que les autres thèmes.
	Charriage	1	3	2025	2030		Synergie avec le projet de revitalisation de la Sarine en ville de Fribourg
Oelberg	Eclusées	2	3	2025	2030		Synergie avec le projet de revitalisation de la Sarine en ville de Fribourg
Schiffenen	Migration piscicole	2	1	2017-2018	2020	Eclusées	Réalisable à ce délai sous réserve de connaître déjà suffisamment la mesure éclusées
	Eclusées	2	1	2020	2025	Migration	L'assainissement des éclusées à Schiffenen est une priorité mais sa réalisation risque d'être retardée par la complexité du projet.
	Charriage	2	2	2020	2025	Eclusées	L'assainissement du charriage dépendra du choix de la variante d'assainissement des éclusées.

Tableau 41 : Délais d'assainissement des installations

Complexité : 1 = complexité faible-moyenne, 2 = complexité élevée

## 13. Coordinations

### 13.1 Coordination inter-domaines

La coordination inter-domaines sur la Sarine a été assurée par le groupe de travail "Sarine – Grandes installations" qui a piloté les études liées aux éclusées, au charriage et à la migration piscicole sur la Sarine en vue de l'élaboration des rapports finaux.

La Figure 1 montre l'ensemble des rapports réalisés dans le cadre de la planification stratégique de renaturation du canton de Fribourg.

### 13.2 Coordination intercantonale

#### Canton de Berne :

L'installation de Schiffenen sise sur le canton de Fribourg a un impact sur la Sarine et l'Aar à l'aval. En effet, le rapport "Strategische Planung Schwall/Sunk im Kanton Bern" (Limnex AG, août 2014, version pour consultation) constate que les éclusées produites par la centrale de Schiffenen se propagent jusqu'au lac de Biemme. La centrale hydroélectrique de Niederried-Radelfingen à l'aval de la confluence de la Sarine dans l'Aar produit au fil de l'eau. Elle n'a pas le droit d'exploiter son volume de stockage car le lac fait partie de l'inventaire fédéral des réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs.

Le rapport "Strategische Planung Schwall/Sunk im Kanton Bern" (Limnex AG, août 2014, version pour consultation) ne traite ni la Sarine comme cours d'eau cible (aucune information sur l'altération ou le potentiel écologique), ni la centrale Schiffenen par des raisons des circonstances particulières.

Les mesures prévues pour l'installation de Schiffenen prennent en compte les atteintes dues à l'installation sur les deux cantons. Le canton de Berne a participé au groupe de travail "grande installations de la Sarine". La coordination est donc parfaitement assurée.

#### Canton de Vaud :

Le barrage de Rossinière se situe sur le canton du Vaud. L'installation crée une altération sur le canton de Fribourg pour le charriage et les éclusées.

Pour l'analyse du charriage, les analyses des deux cantons sont coordonnées entre elles. BG étant mandataire pour les deux cantons. Pour ce qui est des éclusées, les eaux de Rossinière sont turbinées directement dans le lac de Montbonvon à l'usine du même nom. Les installations de Montbonvon (lac de Rossinière) et de Lessoc sont traitées comme une chaîne d'installations et les propositions de mesures sont conjointes.

### 13.3 Coordination revitalisation

Dans le cadre de la planification stratégique des revitalisations (SCZA, 2014), les tronçons de cours d'eau prioritaires à revitaliser sur les 80 prochaines années ont été identifiés. Parmi ces tronçons figurent une partie de la Sarine (voir carte en annexe du rapport final sur les revitalisations) :

- Linéaire de la Sarine en aval de Lessoc jusqu'au lac de Gruyère (Sarine Intyamou) ;
- En ville de Fribourg entre le barrage de la Maigrauge et le lac de Schiffenen ;
- En aval du barrage de Schiffenen jusqu'à la confluence avec la Singine.



De plus, certains de ces tronçons de la Sarine ont été définis avec une priorité importante soit une priorité à **20 ans** :

- En aval de Lessoc ;
- A la confluence de la Tana et sur environ 800 m vers l'aval ;
- A la confluence de la Trême ;
- En ville de Fribourg entre le barrage de la Maigrauge et le lac de Schiffenen.

**Les tronçons de la Sarine à revitaliser (priorité < 80 ans) doivent donc être assainis pour tous les domaines (éclusées, charriage et migration piscicole). L'ensemble de ces projets nécessitent donc une coordination multisectorielle.**

#### 13.4 Coordination avec assainissement LEaux Art. 80

Selon le rapport provisoire d'assainissement selon LEaux Art. 80 al. 2 concernant le secteur en aval de Lessoc et en aval de la restitution de Hauterive (BG & PRONAT, 2014), une augmentation du débit résiduel (débit plancher de l'éclusée) n'est pas nécessaire pour ces installations (Hauterive et Lessoc). Cependant, d'autres mesures sont nécessaires notamment concernant le charriage et les revitalisations. Ces mesures devront être coordonnées avec les planifications stratégiques cantonales (charriage, éclusées et revitalisations). Une décision d'assainissement du débit résiduel à l'aval de ces deux installations devrait être prise courant 2015.

#### 13.5 Coordination avec la protection contre les crues

Les impacts positifs ou négatifs des mesures d'assainissement sur la protection contre les crues ont été traités dans l'analyse multicritères de variantes d'assainissement, présentée dans la partie B du rapport.

### 14. Géodonnées

L'**annexe 11** présente la structure des géodonnées établies pour le projet.



## 15. Conclusion

Le rapport final confirme l'atteinte grave provoquée par les éclusées sur la Sarine en aval des quatre principaux aménagements hydroélectriques situés sur la Sarine dans le canton de Fribourg : Lessoc, Hauterive, Oelberg et Schiffenen. Plus de 65% de la Sarine sur territoire fribourgeois est affectée par ce phénomène.

Des atteintes graves sont également constatées sur la Jogne en aval de la restitution de Broc. Pour cette installation, une décision d'assainissement a toutefois déjà été rendue en janvier 2011. Dans sa prise de position du 31 janvier 2014, l'OFEV considère que ces mesures permettront d'éliminer les atteintes graves dues aux éclusées sur la Jogne. Un monitoring devra évaluer l'efficacité de ces mesures, et proposer si nécessaire des mesures complémentaires. Il ne faut donc pas traiter plus en détails le cas de Montsalvens / Broc dans le cadre de cette planification d'assainissement des éclusées.

L'aménagement de St-Anne, sur la Tâna, produit également des éclusées en aval de sa restitution. L'évaluation détaillée menée pour le rapport final évalue comme "moyenne" l'atteinte des éclusées sur le cours d'eau. Un assainissement n'est donc pas nécessaire.