

Etat de Neuchâtel

Planification stratégique de l'assainissement
du régime du charriage

Rapport final





Etat de Neuchâtel

Planification stratégique de l'assainissement du régime du charriage

Rapport final

Version	-	a	b
Document	7772.02 RN001	7772.02 RN001a	
Date	10 novembre 2014	25 novembre 2014	
Elaboration	Myriam Robert Jérôme Plomb	Myriam Robert Jérôme Plomb	
Visa	Antoine Magnollay	Antoine Magnollay	
Collaboration	BG - Aquarius	BG - Aquarius	
Distribution			

© BG

Neuchâtel : Assainissement du régime du charriage (rapport final)

Table des matières		Page
1.	Cadre du projet	1
2.	Rappels théoriques et méthodologie générale	2
2.1	Qu'est-ce que le charriage ?	2
2.2	Fonction d'équilibre – régime de charriage	2
2.3	Régime de charriage et revitalisation	3
2.4	Typologie des installations pouvant influencer le charriage	4
2.5	Définition des atteintes du régime de charriage	5
2.6	Typologie des atteintes au régime de charriage	6
2.6.1	Altération des apports solides	6
2.6.2	Altération de la capacité de transport solide	6
2.6.3	Altération de la morphologie	7
2.7	Etapes du projet	8
3.	Détermination des cours d'eau cibles	9
3.1	Définition d'un cours d'eau cible	9
3.2	Sélection sur la base de critères SIG	9
3.3	Sélection sur la base de critères environnementaux	10
3.4	Sélection complémentaire des services cantonaux	12
3.5	Liste des cours d'eau cibles retenus	13
4.	Appréciation sommaire des installations	14
4.1	Démarche	14
4.1.1	Liste de base des installations	14
4.1.2	Atteinte au régime des eaux souterraines ou à la protection contre les crues	14
4.2	Appréciation des prélèvements	14
4.3	Appréciation sommaire des dépotoirs	15
4.3.1	Bilan des dépotoirs	16
4.4	Extraction de gravier	17
4.5	Aménagements de cours d'eau	17
5.	Résultats de l'appréciation sommaire par cours d'eau	17
5.1.1	L'Areuse	17
5.1.2	Le Buttes	17
5.1.3	Le Sucre	18
5.1.4	Le Fleurier	18

Neuchâtel : Assainissement du régime du charriage (rapport final)

5.1.5	Le Grand Bied (Ponts-de-Martel)	19
5.1.6	Le Bied de Môtiers	19
5.1.7	Le Vivier	19
5.1.8	Le Merdasson (Boudry)	20
5.1.9	Le Ruau de St-Blaise	21
5.1.10	La Thielle	21
5.1.11	Pré Novel	21
5.1.12	La Rançonnière	22
5.1.13	Le Seyon	23
5.1.14	Installations	24
5.1.15	Aménagements	24
6.	Evaluation approfondie de l'Areuse	26
6.1	Description générale du cours d'eau	26
6.2	Quantification de la charge solide	28
6.2.1	Apports solides naturels	28
6.2.2	Impact des installations sur les apports solides	29
6.3	Quantification du transport solide	31
6.3.1	Morphologie	31
6.3.2	Calcul de la capacité de transport solide	31
6.3.3	Granulométrie	31
6.3.4	Impact des installations sur la capacité de transport solide	32
6.4	Estimation du débit solide nécessaire	34
6.5	Profil en long du débit solide charrié	35
6.5.1	Val-de-Travers	36
6.5.2	Gorges de l'Areuse	37
6.5.3	Delta de l'Areuse	38
7.	Installations nécessitant des mesures d'assainissement du régime du charriage	39
7.1	Récapitulation des atteintes	39
7.2	Installations provoquant une atteinte grave	40
7.3	Evaluation du potentiel écologique	41
8.	Préparation des mesures	43
8.1	Aménagements situés dans les gorges de l'Areuse	43
8.1.1	Mesure 1 : Démantèlement partiel de la protection de berge du glissement de la Baleine	44

Neuchâtel : Assainissement du régime du charriage (rapport final)

8.1.2	Mesure 2 : Démantèlement du seuil de la prise d'eau des Moyats et des seuils situés en amont du Saut-de-Brot	47
8.1.3	Mesure 3 : Démantèlement des seuils en aval de Champ-du-Moulin	49
8.1.4	Mesure 4 : Démantèlement des protections de berge à l'embouchure	51
8.2	Assainissement des dépotoirs	54
8.3	Synthèse de l'évaluation des mesures	54
8.4	Planification de l'assainissement du charriage	55
9.	Géodonnées	56
10.	Conclusion	56
11.	Bibliographie	57

Annexes

1. Carte des cours d'eau cibles (carte 7772.02-PG002)
2. Liste des ouvrages analysés
3. Carte des installations (carte 7772.02-PG003)
4. Régime hydrologique de l'Areuse (carte 7772.01-PG004)
5. Fiches descriptives des installations hydroélectriques de l'Areuse
6. Carte des tronçons gravement atteints et des installations responsables de ces atteintes (carte 7772.02 PG005)
7. Carte du potentiel écologique de l'Areuse et de ses affluents (carte 7772.02 PG006)
8. Grille d'évaluation des mesures d'assainissement
9. Description des géodonnées

Un CD est annexé au projet. Il contient le rapport et ses annexes ainsi que les géodonnées du projet.

1. Cadre du projet



Dans le cadre de la nouvelle loi sur l'eau (LEaux) et son ordonnance (OEaux), l'assainissement des cours d'eau subissant une ou plusieurs atteintes est défini comme une priorité.

Selon la nouvelle loi sur l'eau entrée en vigueur en début 2011, les cours d'eau subissant des atteintes graves doivent être assainis. Pour cela, la Confédération a mandaté les cantons pour établir leur stratégie cantonale d'ici à fin 2014.

L'objectif de la stratégie cantonale est de prioriser les mesures d'assainissement, de manière à revaloriser les milieux à fort potentiel écologique, en réduisant les atteintes fortes au cours d'eau, tout en gardant à l'esprit la proportionnalité des mesures proposées par rapport aux gains obtenus.

Deux types de projets sont distingués :

- les projets d'assainissement à la dégradation de la morphologie propre des cours d'eau, regroupés sous l'appellation « revitalisation ».
- les projets d'assainissement des installations.

Les projets de revitalisation ayant été considérés comme prioritaires selon la planification cantonale seront en grande partie subventionnés par le fonds de la Confédération, qui alloue une enveloppe de 40 MCHF par an à cette problématique pour toute la Suisse. Selon un premier diagnostic, l'objectif serait de revitaliser 4'000 km sur les 15'000 km de cours d'eau considérés comme en mauvais état sur l'ensemble de la Suisse, dans les 80 ans à venir.

Les projets d'assainissement des installations hydroélectriques sont subventionnés par Swissgrid, et indirectement par les consommateurs d'électricité hydraulique, par le biais d'une taxe sur le kWh. L'enveloppe financière serait de l'ordre de quelques 50 MCHF par an pour l'ensemble de la Suisse.

Ainsi ces planifications cantonales sont bien délimitées dans le temps et dans leur cadre de financement – quoique les limites exactes et le choix des projets entre eux ne soient pas encore clairement établis.

Dans le domaine de l'assainissement des installations, trois problématiques sont prises en considération : la migration piscicole, le régime de charriage et les éclusées.

Le présent rapport constitue le rapport final de la planification stratégique concernant le régime de charriage dans le canton de Neuchâtel. Le présent rapport ne traite pas du Doubs, qui est étudié de manière séparée dans un mandat inter-cantonal.

2. Rappels théoriques et méthodologie générale

2.1 Qu'est-ce que le charriage ?

Le transport de sédiments dans un cours d'eau peut se faire de différentes manières : transport par suspension, par saltation, glissement ou roulement. Dans notre cas, on s'intéresse uniquement au charriage, soit au transport qui vient modifier la morphologie du cours d'eau (diamètre ≥ 2 mm), ce qui exclut le transport par suspension.

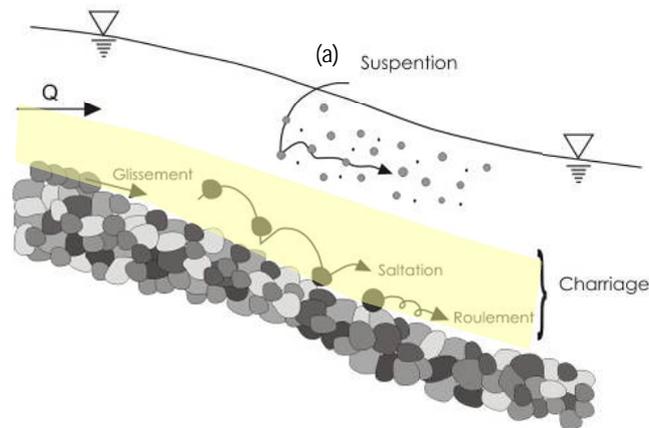


Figure 1: Schéma des différents types de transport solide

La mise en mouvement des matériaux peut être modélisée par différentes approches. Si on regarde l'équilibre des forces qui s'exercent sur une particule, on voit qu'il faut que l'écoulement génère une force d'entraînement assez grande pour la mettre en mouvement. Cette mise en mouvement par l'écoulement peut être interprétée comme une force de frottement : c'est l'approche de Shields-Yalin. Les équations de transport solide de Meyer-Peter Müller et de Smart&Jäggi, recommandées par la Confédération dans le cadre de ce mandat [4] s'appuient sur cette approche.

2.2 Fonction d'équilibre – régime de charriage

En observant la nature, on constate que différentes morphologies de lit de cours d'eau existent. Sous certaines conditions, le lit sera en tresse alors qu'à d'autres endroits, il se développera plutôt en méandres. Notons que de telles morphologies apparaissent lorsque la place est suffisante et que le cours d'eau n'est pas trop jeune du point de vue géomorphologique.

A partir de ce constat, différents théoriciens ont voulu décrire le cours d'eau dans l'idée de pouvoir prédire ces fonctions d'équilibre. Cet état d'équilibre est dépendant de plusieurs paramètres : le régime hydrologique (crue morphogène), le débit solide, la granulométrie, la pente, la largeur du cours d'eau.

En thermodynamique, un état d'équilibre est atteint lorsque qu'un minimum d'énergie est utilisé. Le cours d'eau aura donc tendance à créer une morphologie permettant de minimiser le nombre de Froude et la vitesse d'écoulement.

Le diagramme de Yalin et Da Silva permet de déterminer les différents états d'équilibre, en fonction de deux paramètres adimensionnels : B/h (largeur du cours d'eau / hauteur d'eau) et h/D (hauteur d'eau / diamètre moyen).

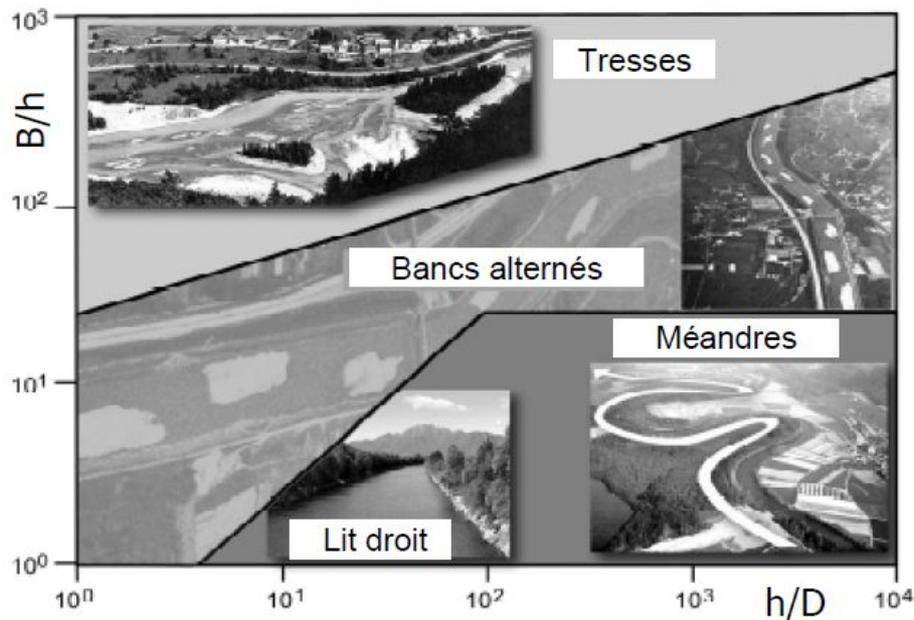


Figure 2: Diagramme de Yalin&Da Silva décrivant les morphologies types et leurs conditions de formation¹

Cette approche de fonction d'équilibre est intéressante pour définir un état naturel ou idéal des cours d'eau étudiés. C'est une référence utile pour illustrer et mesurer l'écart entre cette référence et l'état actuel.

2.3 Régime de charriage et revitalisation

Le régime de charriage est une composante importante d'un cours d'eau. C'est le moteur principal d'une morphologie fluviale dynamique. Dans un contexte idéal, sans limite spatiale et temporelle, le dynamisme morphologique permet au cours d'eau d'atteindre un état d'équilibre (dynamique) et de développer sa morphologie propre. Dans notre contexte helvétique, où la plupart des cours d'eau a été corrigée, ce genre de morphologie naturelle a majoritairement disparu. Le retour à un état naturel est difficilement réalisable étant donné la place disponible, et les enjeux sécuritaires qui en découlent, mais le retour à un état morphologique plus naturel est par contre réaliste et souhaitable.

Un transport solide altéré crée des atteintes à la morphologie du cours d'eau, et empêche le bon fonctionnement des écosystèmes riverains (milieux pionniers) et aquatiques (faunes benthique et piscicole).

Les zones riveraines des cours d'eau sont souvent riches en biodiversité. La succession végétale typique d'une zone alluviale par exemple est fortement dépendante de cette dynamique, notamment par une forte influence du régime des eaux (inondations récurrentes et influence de la nappe phréatique favorables au développement de forêts à bois tendre), et par les phénomènes de rajeunissements réguliers des milieux pionniers issus des phénomènes de mobilisations du substrat.

¹ Morphologie fluviale J.L. Boillat, 2012, Cours CAS revitalisation module 1.2.4

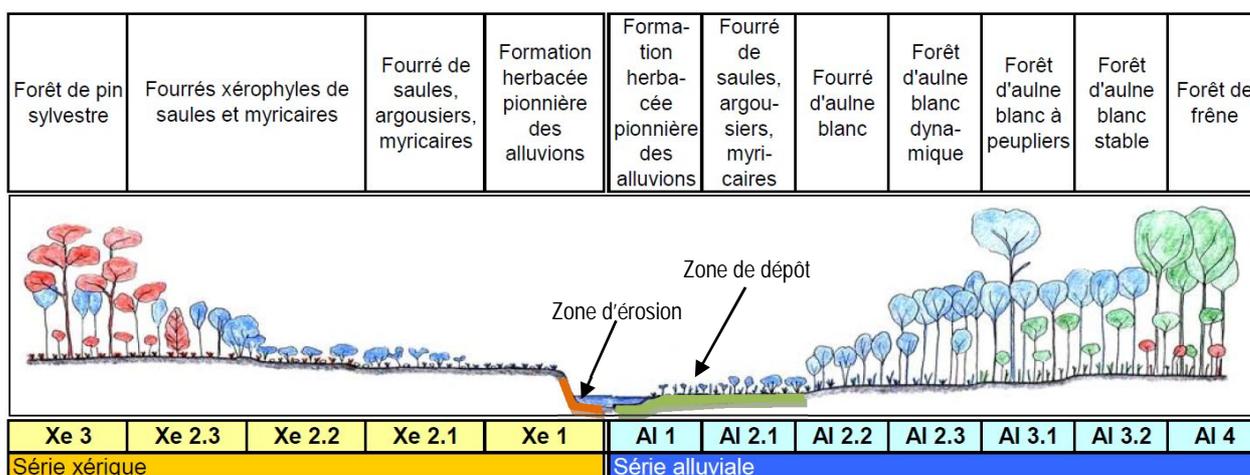


Figure 3: Profil type de succession de végétation et dynamique alluviale (2)

De nombreuses communautés végétales et animales sont étroitement inféodées et spécialisées sur les cours d'eau ayant une dynamique de charriage active. Ces espèces ont notamment développé des stratégies pour survivre et se reproduire sur des substrats minéraux qui se renouvellent périodiquement. Les faunes benthique et piscicole en sont des bénéficiaires caractéristiques. Les poissons rhéophiles tels que les salmonidés en particulier ont besoin d'un substrat de granulométrie précise non colmaté pour leur reproduction.

La morphologie d'un cours d'eau est principalement influencée par les crues de temps de retour 2-5 ans, appelées crues morphogènes. Au-delà, leur occurrence devient souvent trop rare pour réellement impacter le cours d'eau (sauf pour les torrents).

Les sédiments (parfois nommés également alluvions) qui jouent un rôle déterminant pour les milieux naturels sont ceux qui sont transportés par charriage. Les sédiments trop grossiers sont rarement déplacés, mais génèrent une diversité hydraulique importante. En dessous d'un certain diamètre (sable très fin – limon), les sédiments peuvent être préjudiciables, notamment en provoquant des phénomènes de colmatage du lit.

2.4 Typologie des installations pouvant influencer le charriage

Par installation, la Confédération entend les différents types d'ouvrages installés dans le lit du cours d'eau pouvant influencer le charriage, soit :

- Les installations hydroélectriques
 - Les dépotoirs à alluvions
 - Les gravières et extraction de gravier
 - Les corrections de cours d'eau (seuil, endiguement, ...) : installations de seconde priorité
- } installations de première priorité

² Suivi environnemental des cours d'eau, C. Rouvez, Service conseil zone alluviale, 2013, Cours CAS revitalisation module 2.4.4

2.5 Définition des atteintes du régime de charriage

L'objectif de la renaturation est l'élimination des atteintes graves. Elles sont définies de la manière suivante dans l'art. 42a de la Oeaux : "Une modification du régime de charriage porte gravement atteinte à la faune et à la flore indigènes et à leurs biotopes lorsque des installations telles que des centrales hydroélectriques, des sites d'extraction de gravier, des dépotoirs à alluvions ou des aménagements modifient durablement les structures morphologiques ou la dynamique morphologique des eaux".

Selon l'aide à l'exécution, l'étude du régime de charriage porte principalement sur l'étude du débit annuel solide du cours d'eau.

Le degré de gravité des atteintes correspond à la différence entre le « débit solide annuel - état actuel » et le « débit solide annuel - état proche de l'état naturel ». Le degré de gravité des atteintes du régime de charriage peut être décliné sur une échelle de 5 degrés selon la fraction de débit solide altérée :

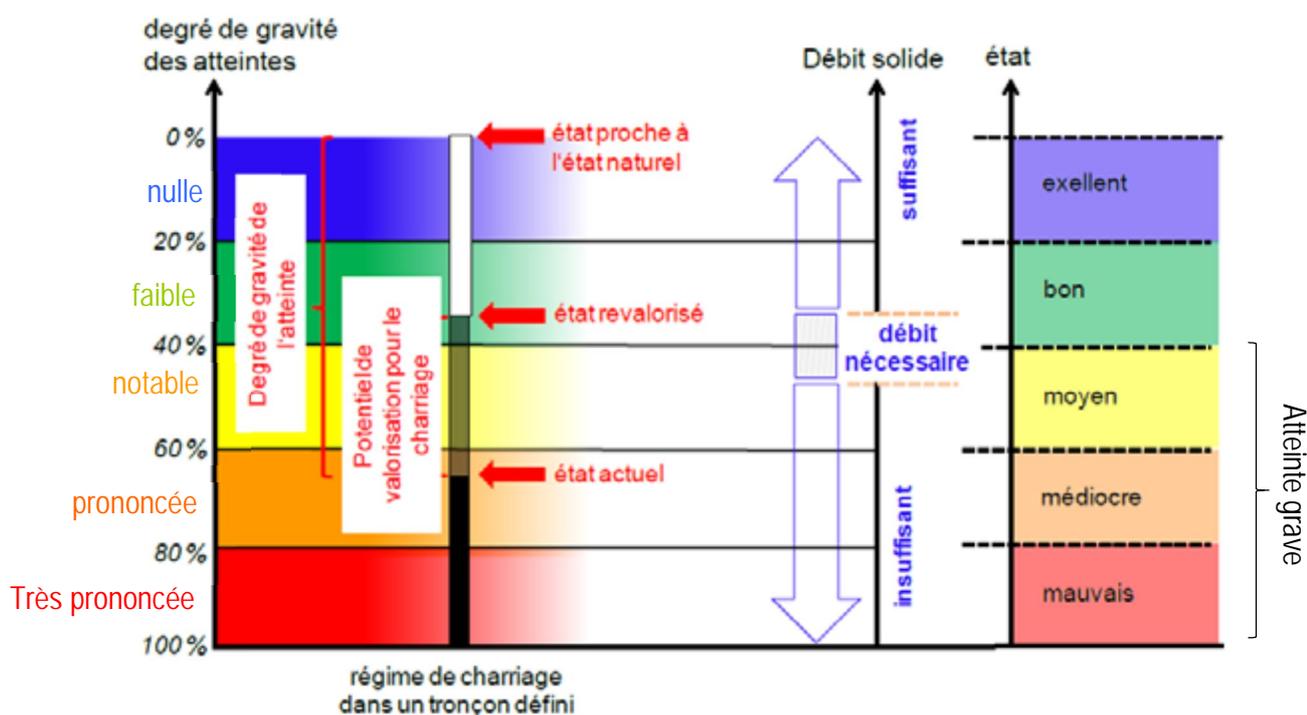


Figure 4 : Gravité des atteintes du régime de charriage

Sur les cours d'eau où un bilan du débit solide a été réalisé, l'atteinte grave correspond à une réduction du débit solide supérieure à 40%, qui correspond à une atteinte de gravité "notable", "prononcée" ou "très prononcée".

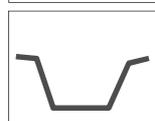
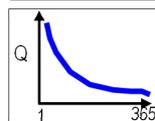
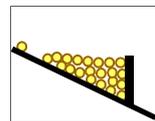
Dans l'appréciation sommaire, certains cours d'eau n'ont pas fait l'objet d'un bilan de débit solide. Dans ce cas, l'appréciation de la gravité de l'atteinte est basée directement sur les critères qualitatifs de l'art. 42a Oeaux soit :

- L'atteinte à la faune et à la flore et à leurs biotopes
- La structure et la dynamique morphologique

2.6 Typologie des atteintes au régime de charriage

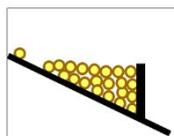
La modification du charriage peut avoir plusieurs causes, caractérisées par les trois paramètres ci-dessous:

- modification de l'apport de matières solides
- modification de l'hydrologie (capacité de transport)
- modification de la morphologie du cours d'eau



Ces trois aspects ont été traités de la manière suivante :

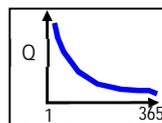
2.6.1 Altération des apports solides



L'extraction ou le stockage de sédiments entraîne une réduction du volume transité de l'amont vers l'aval. Ce phénomène peut entraîner un déficit de matériaux en aval et générer de l'érosion. Une altération des apports solides amont est significative si :

- La fraction soustraite est supérieure à 40%. Cette fraction peut être extraite au cours physiquement (extractions, curages, ...) ou alors stockée dans un ouvrage situé le long du cours d'eau (barrage ou dépotoir). L'importance de l'altération des apports solides est généralement évalué sur la base d'informations obtenues auprès des exploitants (volumes extraits, bathymétries dans les retenues). En cas de doute, une vérification visuelle du lit permet d'estimer l'importance de l'altération.

2.6.2 Altération de la capacité de transport solide



Le prélèvement de débit génère une réduction de la capacité de transport sur le tronçon à débit résiduel.

Une altération de l'hydrologie est significative si :

- La capacité de transport solide est le facteur limitant pour le phénomène du charriage dans un cours d'eau.
- Le débit dérivé est suffisamment important pour influencer la capacité de transport solide du cours d'eau. Sur la base de notre expérience sur de nombreux calculs de capacité de transport solide, on évalue qu'un prélèvement peut influencer de manière significative la capacité de transport du cours d'eau (réduction de la capacité de transport solide supérieure à 40%) que s'il est supérieur à 30% du $Q_{9\text{jours}}$.

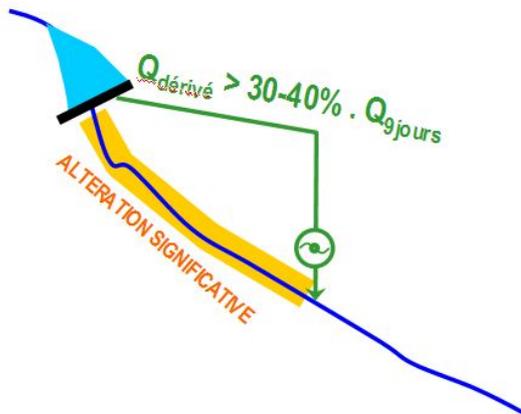


Figure 5: Estimation de l'altération de l'hydrologie

2.6.3 Altération de la morphologie



Au cours de l'histoire, la modification de la géométrie a souvent été faite de manière à réduire la largeur des cours d'eau. Ce type de modification entraîne une augmentation générale de la capacité de transport. En règle générale, la modification de la capacité de transport n'est pas une modification du régime de charriage, mais un problème de morphologie de cours d'eau. L'assainissement de ce type de dégradation est à régler dans le cadre des revitalisations.

Type d'aménagement pouvant avoir un **impact significatif** sur le régime de charriage :

- Protection de berge / seuil stabilisant une source importante de matériaux potentiels (épaisse terrasse de graviers, glissement, érosion régressive du profil en long).
- Ensemble de seuils suffisamment massifs pour réduire de manière significative la pente du cours d'eau en amont et changer la dynamique de charriage.

Type d'aménagement **sans impact significatif** sur le régime de charriage :

- aménagement de correction de cours d'eau qui réduit la largeur naturelle d'un cours d'eau et augmente sa capacité de transport solide.
- seuil ponctuel comblé par les matériaux (absence de stockage, peu d'impact sur la charge solide).
- Seuils et protections de berge en traversée d'une localité (impact local).

2.7 Etapes du projet

Le projet s'est déroulé selon les quatre étapes suivantes :

1. Détermination des cours d'eau cibles et validation par le canton.
2. Appréciation sommaire des installations et des cours d'eau cibles.
3. Evaluation approfondie de l'Areuse.
4. Préparation des mesures.

3. Détermination des cours d'eau cibles

3.1 Définition d'un cours d'eau cible

Selon l'aide à l'exécution [1], un cours d'eau cible est un cours d'eau qui :

- subit l'influence d'installations agissant sur le phénomène du charriage et
- revêt une grande importance écologique à l'état naturel.

La liste des cours d'eau cibles a été dressée en combinant trois démarches, présentées dans les chapitres ci-dessous.

3.2 Sélection sur la base de critères SIG

La base de sélection est le réseau hydrologique cantonal. Les cours d'eau ont été découpés en tronçons lorsque cela était nécessaire, c'est-à-dire lorsque la valeur d'un critère n'était pas homogène le long d'un cours d'eau. Il n'y a pas eu de découpage de tronçon en dessous d'une longueur de 1 km.

Un cours d'eau (ou un tronçon) est exclu de la liste des cours d'eau cibles s'il remplit au moins un des cinq critères ci-dessous :

Nom du critère	Condition d'exclusion	Méthode	Justification
Ordre du cours d'eau	Ordre du cours d'eau = 1	Définition de l'ordre selon Strahler	Cours d'eau non récepteur au niveau du charriage
Pente du cours d'eau	Pente > 4%	Interpolation des tronçons de cours d'eau sur le MNT 2m (2010)	Importance écologique du cours d'eau secondaire
Régime du cours d'eau	Cours d'eau non permanent	Visualisation sur la carte au 25'000 + littérature	Cours d'eau non récepteur (critères d'exclusion selon [14])
Influence d'une installation	Absence d'installation de première priorité en amont ET écomorphologie "naturelle" ou "peu atteinte"	Installation de première priorité = ensemble des dépotoirs, dessableurs et prélèvements d'eau	Cours d'eau non influencé par une installation
Importance écologique	Hors zones de protection	Zones de protection pris en compte = inventaires fédéraux et périmètres de protection cantonaux (Données SITN AT05, AT06, AT11, AT20).	Importance écologique du cours d'eau secondaire

Tableau 1: Critères d'exclusion de la liste des cours d'eau cibles

L'évaluation des critères est faite sur la base des données SIG existantes mais de manière principalement visuelle.

Au terme de cette démarche, il reste 6 cours d'eau qui n'ont pas été exclus par un ou plusieurs critères définis ci-dessus :

- L'Areuse
- La Thielle
- Le Vivier
- La Rançonnière
- Le Pré Novel
- Le Grand Bied (Ponts-de-Martel)

3.3 Sélection sur la base de critères environnementaux

La sélection sur la base des critères SIG est une méthode automatique qui a l'avantage d'être globale, transparente et reproductible mais dont la validité dépend en grande partie de la qualité et l'exhaustivité des données de base utilisées. Pour cette raison, le canton de Neuchâtel a désiré ajouter "manuellement" à la liste des cours d'eau cibles quelques cours d'eau importants sur la base de critères environnementaux (état potentiel).

Les cours d'eau suivants sont sélectionnés si un ou plusieurs critères sont :

- Cours d'eau dont le lit est composé d'alluvions en quantités importantes et dont la granulométrie est favorable à la reproduction des salmonidés.
- Cours d'eau présentant des populations notables de salmonidés.
- Cours d'eau sur lesquels la reproduction naturelle de la truite de rivière est attestée et considérée comme importante.
- Cours d'eau présentant des espèces piscicoles menacées.
- Cours d'eau figurant dans un inventaire fédéral ou cantonal.

La liste de cours d'eau sélectionnés sur la base des critères environnementaux est la suivante :

- L'Areuse
- Le Vivier
- Le Bied du Locle et la Rançonnière
- Le Buttes
- Le Sucre
- Le Fleurier
- Le Bied de Môtiers
- Le Merdasson
- Le Seyon
- Le Ruau de St-Blaise

Certains cours d'eau présentant un intérêt environnemental, de par leur connexion avec le lac de Neuchâtel par exemple, n'ont pas été mis dans la liste des cours d'eau cibles. Le tableau ci-après détaille les raisons de leur exclusion :

Cours d'eau	Description	Critères justifiant l'exclusion de la liste des cours d'eau cibles
La Vaux (Vaumarcus)	<p>Initialement, la truite de lac remontait la partie aval du ruisseau de La Vaux jusqu'au niveau de la route cantonale où se dressait un obstacle artificiel infranchissable. Lors de la construction de l'autoroute A5, cet obstacle a été assaini. Malheureusement, le creusement de l'autoroute a également court-circuité une partie des écoulements du ruisseau. Ces écoulements n'ont pas pu être restitués directement au cours d'eau dont le débit est ainsi devenu temporaire. Ainsi, la partie potentiellement la plus intéressante de ce cours d'eau pour la reproduction de la truite de rivière et la truite de lac se retrouve aujourd'hui régulièrement à sec et est de ce fait significativement moins intéressante pour les espèces susmentionnées. Plus à l'amont, la pente du cours d'eau est progressivement plus élevée et moins favorable au maintien de la faune piscicole.</p> <p>Ce cours d'eau possède un potentiel d'apport solide important [11]. Les seules installations qui pourraient influencer le régime de charriage sont des aménagements de cours d'eau. Dans le bassin-versant, ils se limitent à quelques protections de berges ponctuelles et 1 petit seuil en mauvais état; ils ne sont donc pas susceptibles d'avoir une influence significative sur le charriage. En aval, en traversée du village de Vaumarcus, le cours d'eau est aménagé de manière continue mais ces aménagements n'influencent que la capacité de transport du cours d'eau et non son débit de charriage.</p>	Absence d'installations significative pour le charriage au sens de l'art. 43a LEaux.
L'Argentine (Chez-le-Bart)	<p>La présence de truites adultes est attestée sur ce cours d'eau, des truites de lac sont régulièrement observées sur la partie aval.</p> <p>Ce cours d'eau possède un potentiel d'apport solide relativement faible [11]. Les seules installations qui pourraient influencer le régime de charriage sont des aménagements de cours d'eau. Dans le bassin-versant, ces aménagements sont très ponctuels. En aval, en traversée de Chez-le-Bart ils sont plus continus mais ces aménagements n'influencent que la capacité de transport du cours d'eau et non son débit de charriage.</p>	Absence d'installations significative pour le charriage au sens de l'art. 43a LEaux.
Le Ruisseau des Marais (Le Biaud à Bevaix)	<p>Ce ruisseau est favorablement connecté au lac et potentiellement très attractif pour la truite de lac. Des pêches électriques en 2009 et 2011 n'ont toutefois pas permis de mettre en évidence la présence de ce poisson et la population de truites de rivière est actuellement très faible. Les observations du lit du ruisseau des Marais ne mettent pas en évidence des secteurs très intéressants pour la reproduction des salmonidés.</p> <p>Ce cours d'eau est très court (environ 250 mètres) et ne possède pas de source d'apports naturels de charriage.</p>	Absence naturelle de charriage et absence d'installations significative pour le charriage au sens de l'art. 43a LEaux.
La Serrière (Neuchâtel)	<p>Ce cours d'eau avait historiquement un potentiel piscicole important mais le développement industriel du vallon et plus récemment des voies de communication grèvent aujourd'hui presque complètement ce potentiel.</p> <p>La Serrière est un cours d'eau d'environ 600 m de longueur dont la source est une résurgence et ne possède pas de source d'apports naturels de charriage. Il est équipé d'une centrale hydroélectrique exploitée au fil de l'eau (n° SAHE 206400 et 206500)</p>	Absence naturelle de charriage

Ruisseau de Vaux (Landeron)	<p>Ce cours d'eau présente un intérêt pour les salmonidés.</p> <p>Ce cours d'eau possède un potentiel d'apport solide assez limité. Les seules installations qui pourraient influencer le régime de charriage sont des aménagements de cours d'eau. Dans le bassin-versant, les aménagements sont ponctuels et de faibles ampleur.</p>	Absence d'installations significative pour le charriage au sens de l'art. 43a LEaux.
Le Mortruz	<p>Ce cours d'eau ne présente pas des caractéristiques favorables à la reproduction des salmonidés.</p> <p>Au niveau du transport solide, la productivité est considérée comme "faible" sur la majorité du cours d'eau [15]. Les seules installations qui pourraient influencer le régime de charriage sont des aménagements de cours d'eau. Dans le bassin-versant, les aménagements sont ponctuels et de faibles ampleur.</p>	Absence d'installations significative pour le charriage au sens de l'art. 43a LEaux.
Le Bois de Croix à Couvet	<p>Ce cours d'eau au régime non permanent ne possède pas de caractéristiques actuelles ou potentielles favorables à la faune piscicole.</p> <p>Il possède des installations susceptibles d'influencer significativement le charriage (2 dépotoirs) dont il s'agira de vérifier s'ils ont une influence sur le régime de charriage de l'Areuse.</p>	Cours d'eau non permanent (critères d'exclusion selon [14])

Tableau 2 : Cours d'eau exclus de la liste des cours d'eau cibles

3.4 Sélection complémentaire des services cantonaux

Avant validation, les services cantonaux ont souhaité ajouter à la liste des cours d'eau cibles deux cours d'eau supplémentaires, tributaires du Vivier, en raison de leur importance au niveau piscicole : La Tertillère et la Roussette.

3.5 Liste des cours d'eau cibles retenus

Au final, la liste définitive des cours d'eau cible validée par le canton est la suivante :

Cours d'eau	Démarche de sélection		
	SIG	Environnementaux	Canton
L'Areuse	X	X	
Le Buttes		X	
Le Sucre		X	
Le Fleurier		X	
Le Bied de Môtiers		X	
Le Vivier, y compris:	X	X	
<i>la Tertillière</i>			X
<i>la Roussette</i>			X
Le Merdasson de Boudry		X	
La Rançonnière	X	X	
Le Seyon		X	
Le Ruau de St-Blaise		X	
La Thielle	X		
Le Pré Novel	X		
Le Grand Bied (Ponts-de-Martel)	X		

Tableau 3: Liste des cours d'eau cibles

La carte de l'annexe 1 indique la position des différents cours d'eau cibles dans le canton de Neuchâtel.

4. Appréciation sommaire des installations

4.1 Démarche

4.1.1 Liste de base des installations

L'analyse sommaire des installations a pour but d'identifier succinctement celles qui ne modifient pas de manière significative le régime de charriage. Les ouvrages analysés sont issus des sources suivantes :

Liste des prélèvements	Liste des prélèvements dans les cours d'eau, dressée lors de l'étude d'assainissement des débits résiduels [1].
DN002_cadastre_ouvrages	Liste des ouvrages de protection fournie par le SITN. Cette liste contient des dépotoirs et certains aménagements de cours d'eau, mais de manière peu homogène à l'échelle du canton.
Dessableurs	Liste Excel (avec coordonnées) des dessableurs du canton, fournie par le Bureau des Ouvrages d'Art et de l'Economie des Eaux (BOAE).

L'annexe 2 présente la liste des installations analysés, c'est-à-dire celles qui sont situées sur des cours d'eau cibles ou dans le bassin-versant d'un cours d'eau cible. La carte de l'annexe 3 montre la position de ces installations.

4.1.2 Atteinte au régime des eaux souterraines ou à la protection contre les crues

L'existence d'une atteinte au régime des eaux souterraines ou à la protection contre les crues est évaluée pour chaque installation.

Ci-dessous quelques exemples d'atteintes possibles :

- Un dépotoir stocke des matériaux qui exhaussement la ligne d'eau en amont, augmentant ainsi le risque d'inondation.
- La configuration d'un seuil ou d'une prise d'eau peut constituer un point faible par rapport à la protection contre les crues.
- Un barrage peut induire une forte incision du lit en aval qui provoque un abaissement de la nappe souterraine.

L'appréciation sommaire des installations n'a mis en évidence aucune atteinte au régime des eaux souterraines ou à la protection contre les crues. Un prélèvement (Rossetti) est considéré comme un point faible par rapport à la protection contre les crues mais cette atteinte n'est pas liée au charriage.

4.2 Appréciation des prélèvements

Un prélèvement peut influencer le régime de charriage de plusieurs manières :

- Altération des apports solides : le point de prélèvement peut être un lieu de stockage et/ou d'extraction de matériaux solides s'il possède un volume de stockage à disposition.
- Altération de l'hydrologie : un prélèvement peut provoquer une altération de la capacité de transport solide du tronçon à débit résiduel. Les faibles prélèvements n'ont aucune influence sur le régime de crue d'un cours d'eau et donc sur son régime de charriage. On considère qu'un prélèvement n'est éventuellement significatif que s'il dépasse le 30% du Q_{9jours} .

Les prélèvements ont été analysés sur la base des informations à dispositions dans la base de données cantonale ainsi que sur la base de fiches d'installations remplies sur la base d'informations fournies par les exploitants, en annexe 5.

L'appréciation sommaire des prélèvements montre que 5 ouvrages doivent être analysés de manière plus détaillée (voir annexe 2) :

- 3 prélèvements peuvent potentiellement influencer significativement la capacité de transport
- 2 prélèvements peuvent potentiellement influencer significativement les apports solides

Ces ouvrages seront analysés dans la suite de l'étude sur l'Areuse et la Ranconnière.

4.3 Appréciation sommaire des dépotoirs

Un dépotoir (ou dessableur) peut influencer les apports de charriage au cours d'eau de deux manières :

- **Extraction** : le curage des dépotoirs retire de manière plus ou moins régulière des matériaux solides du cours d'eau.
- **Stockage** : un dépotoir peut stocker régulièrement des matériaux et influencer significativement le bilan de charriage si le volume du dépotoir est suffisamment important pour que son curage ne soit pas nécessaire.

L'analyse succincte des dépotoirs permet d'éliminer les ouvrages clairement non significatifs. Elle a été réalisée de la manière suivante :

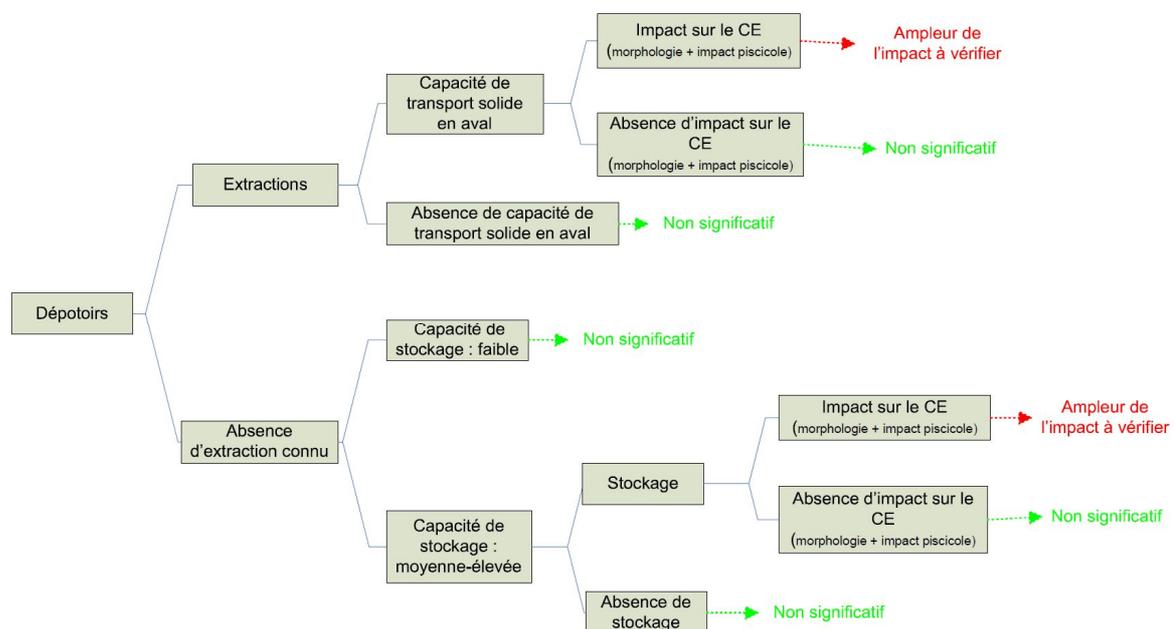


Figure 6 : Méthodologie d'appréciation sommaire des dépotoirs

- **Extraction** : informations disponibles sur le curage des ouvrages (canton, études de cartes de dangers, connaissance des sites)
- **Capacité de transport solide en aval** : exclusion des ouvrages situés en pied de pente, en amont d'un cours d'eau récepteur où la capacité de transport solide est nulle.
- **Capacité de stockage** : données disponibles auprès du canton + cartes et orthophotos.

- **Stockage** : vision sur site / photos pour vérifier si un dépotoir non curé depuis de nombreuses années stocke des matériaux.
- **Impact sur le cours d'eau** : L'évaluation de l'impact sur le cours d'eau se fonde sur une comparaison visuelle de la structure et de la dynamique morphologie du cours d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage. L'appréciation de l'impact sur le cours d'eau se fonde également sur des informations disponibles sur l'état du milieu (faune, flore et biotope) en aval de l'ouvrage. Ces informations concernent principalement la reproduction piscicole, à défaut d'autres données à disposition.

L'appréciation sommaire des dépotoirs (voir annexe 2) montre qu'il existe 5 dépotoirs à analyser de manière détaillée, soit parce qu'ils sont susceptibles d'influencer le régime de charriage du cours d'eau sur lequel ils sont implantés; soit parce qu'ils pourraient influencer le bilan de charriage de l'Areuse.

L'analyse détaillée est réalisée en comparant les volumes extraits dans les dépotoirs au débit solide charrié naturellement par le cours d'eau.

4.3.1 Bilan des dépotoirs

La démarche adoptée est la suivante :

- Calcul du débit solide annuel naturel sur la base des recommandations de la Confédération [5]. La méthode appliquée est celle prévue pour les torrents raides "Steile Bäche", en utilisant comme valeur de base les potentiels d'apports solides des bassins-versants déterminés pour l'établissement des cartes de dangers [8].
- Calcul du volume annuel extrait par le dépotoir.
- Calcul du degré de gravité de l'atteinte portée au cours d'eau

Le tableau ci-dessous montre les résultats obtenus :

Installation	Débit solide [m³/an]	Longueur réseau hydrographique amont	Débit solide spécifique [m³/an/km]	Volume dépotoir(s) [m³]	Fréquence curage [ans]	Curage [m³/an]	Gravité de l'atteinte
1 dépotoir sur l'Areuse	76	4.5 km	16.8	2500	50	50	66%
2 dépotoirs sur le Buttes	30	18.4 km	1.6	330	30	11	36%
1 dépotoir sur le Sucre	106	12.4 km	8.6	100	6	17	16%
1 dépotoir sur le Bied de Môtiers	46	6.9 km	6.5	800	50	16	35%
2 dépotoirs sur le Bois de Croix	50	1.5 km	34.0	200	5	40	80%

Tableau 4 : Bilan de charriage des dépotoirs

- Il est difficile de calculer précisément la gravité de l'atteinte pour les dépotoirs qui n'ont plus été curés depuis plusieurs dizaines d'années. En effet, le choix de la fréquence de curage a un impact important sur la gravité de l'atteinte. Ce problème se pose pour les dépotoirs de

l'Areuse, de Buttes et du Bied de Môtiers. Au vu de l'importance des volumes de stockage par rapport au débit solide naturel, un curage complet de ces ouvrages engendrerait certainement une atteinte grave à la dynamique morphologique du cours d'eau pendant plusieurs années, jusqu'à ce qu'un nouvel état d'équilibre se mette en place. Pour cette raison, nous estimons que des ouvrages produisent une atteinte grave au cours d'eau, malgré le fait que la gravité de l'atteinte soit légèrement inférieure à 40% sur le Buttes et le Bied de Môtiers.

- Les dépotoirs situés sur le Bois de Croix provoquent une atteinte "prononcée" sur le débit solide annuel du cours d'eau mais celui-ci n'est pas un cours d'eau cible.
- L'impact de l'ensemble de ces ouvrages sur le bilan sédimentaire de l'Areuse sera vérifié dans le chapitre 6.

4.4 Extraction de gravier

Le canton de Neuchâtel ne comporte aucune installation d'extraction de gravier dans les cours d'eau.

4.5 Aménagements de cours d'eau

L'appréciation sommaire a permis de vérifier la présence d'aménagement de cours d'eau pouvant influencer de manière significative le débit solide du cours d'eau (voir ch. 2.6.3). Un seul cours d'eau est traité en détail, il s'agit de l'Areuse qui est traitée au chapitre 6.

5. Résultats de l'appréciation sommaire par cours d'eau

5.1.1 L'Areuse

L'Areuse possède de nombreux ouvrages pouvant influencer son régime de charriage : un dépotoir d'une capacité de 2'500 m³ qui n'a pas été vidé depuis 1983, sept prélèvements hydroélectriques qui alimentent des centrales à dérivation et des aménagements de cours d'eau suffisamment massifs pour potentiellement influencer le régime de charriage, à la fois dans le Val-de-Travers, dans les gorges et sur le cône de déjection (seuils et protections de berge). Par ailleurs, plusieurs affluents de l'Areuse sont équipés de dépotoirs à alluvions.

Malgré cela, la reproduction piscicole est jugée comme très bonne mais il n'existe pas d'étude détaillée récente sur la reproduction des salmonidés.

L'Areuse doit être étudiée de manière approfondie (voir chapitre 6)

5.1.2 Le Buttes

Le Buttes prend sa source dans le canton de Vaud et se jette dans l'Areuse à Fleurier. En amont, dans le bassin versant, il n'y a aucune source importante de matériau répertoriée (glissements). A l'intérieur des localités, le cours d'eau est canalisé (murs) alors qu'à proximité de la route cantonale, les rives du Buttes sont ponctuellement renforcées avec des enrochements. L'amont de son cours est conservé dans un état naturel. Il possède deux dépotoirs : le premier en amont du village de Buttes (La Doux) et le second sur un petit affluent latéral (Les Raies). Ces deux ouvrages n'ont plus été curés depuis au moins 30 ans mais on observe de beaux dépôts de graviers stockés en amont du dépotoir de La Doux. La morphologie sédimentaire en aval du dépotoir est assez semblable à celle de l'amont. La reproduction piscicole est jugée comme très bonne mais il n'existe pas d'étude détaillée récente sur la reproduction des salmonidés. La situation actuelle semble en équilibre, avec un dépotoir qui s'est progressivement rempli au cours des années et laisse actuellement

transiter suffisamment de charriage pour que le cours d'eau conserve un bon équilibre sédimentaire en aval.

Le résultat des calculs effectués au chapitre 4.3.1 montrent toutefois que le curage du volume du dépotoir tous les 30 ans provoque globalement une atteinte "faible" à "notable" au régime annuel de charriage. On estime que la situation du charriage en aval pourrait se dégrader fortement en cas de curage de l'ouvrage : le cours d'eau mettrait plusieurs années avant de retrouver une situation satisfaisante.



Photo 1 : Le Buttes en amont du dépotoir



Photo 2 : Le Buttes en aval du dépotoir

Actuellement pas d'atteinte grave du régime du charriage sur le Buttes.
Le curage du dépotoir induit une atteinte grave au cours d'eau

5.1.3 Le Sucre

L'étude de carte de dangers ([7]) mentionne une dynamique de charriage assez active en amont du bassin versant. Le potentiel mobilisable est évalué entre 3'000 et 7'000 m³. Par contre, la morphologie naturelle, avec une succession de seuils et de chutes, limite le transport vers l'aval. La reproduction de la faune piscicole sur ce cours d'eau n'est pas connue : les importantes corrections écomorphologiques du secteur aval connecté à l'Areuse limitent très fortement les déplacements et les possibilités de reproduction de la faune piscicole. Un petit dessableur est présent en amont du viaduc ferroviaire; cet ouvrage a été curé sept fois ces quarante dernières années. Le résultat des calculs effectués au chapitre 4.3.1 montrent que l'impact de l'ouvrage sur le régime du charriage est faible. Des traces de dépôts sont d'ailleurs visibles à l'embouchure.

Pas d'atteinte grave du régime de charriage sur le Sucre

5.1.4 Le Fleurier

Après vérification, aucune installation susceptible d'influencer le régime de charriage n'a été relevé sur ce cours d'eau.

La reproduction piscicole est jugée comme très bonne mais il n'existe pas d'étude détaillée récente. Selon le garde-faune, la reproduction est fluctuante selon les années et les crues.

Pas d'atteinte grave du régime de charriage sur le Fleurier

5.1.5 Le Grand Bied (Ponds-de-Martel)

Le lit de ce cours d'eau à faible pente est essentiellement composé de sédiments fins. Les deux dessableurs sont situés sur de petits affluents, en pied de pente. Le Grand Bied ne présente naturellement pas d'intérêt significatif pour la reproduction des salmonidés

Pas d'atteinte grave du régime de charriage sur le Grande Bied des Ponds-de-Martel

5.1.6 Le Bied de Môtiers

Selon l'étude de carte de danger ([7]) il existe une activité de charriage assez active en amont du bassin-versant. Le potentiel mobilisable est évalué entre 1'500 et 3'000 m³. La morphologie naturelle (succession de seuils et chutes) limite toutefois le transport vers l'aval. Le Bied de Môtiers possède un dépotoir assez important (800 m³) en amont du village de Môtiers, pour lequel aucune date de curage n'est connue. La morphologie sédimentaire en aval du dépotoir est assez semblable à celle de l'amont.

Selon le garde-faune, la reproduction piscicole est bonne sur la partie aval, même si peu de trace de dépôts sont visibles à l'embouchure. Actuellement, la situation semble en équilibre, avec un dépotoir qui laisse transiter suffisamment de matériaux pour que le cours d'eau conserve un bon équilibre sédimentaire en aval.

Selon les calculs effectués au chapitre 4.3.1, le curage de cet ouvrage tous les 50 ans aurait un impact "faible" à "notable" sur le bilan de charriage annuel. En cas de curage, la situation du charriage en aval pourrait toutefois se dégrader et nécessiter plusieurs années avant de retrouver une situation satisfaisante.



Photo 3 : Confluence Breuil-Sourde en amont du dépotoir



Photo 4 : Le Bied de Môtiers en aval du dépotoir

Actuellement pas d'atteinte grave du régime de charriage sur le Bied de Môtiers.
Le curage du dépotoir induit une atteinte grave au cours d'eau

5.1.7 Le Vivier

Le Vivier est un canal artificiel alimenté par l'Areuse qui possède un intérêt avéré au niveau piscicole. Le dépotoir situé en amont de la route cantonale a été vidé pour la dernière fois en 2012 mais semble ne pas être curé de manière régulière. La configuration de la prise d'eau du Vivier ne favorise pas la dérivation des matériaux charriés par l'Areuse vers le Vivier. Il est possible que les

curages de ces dernières années soit consécutifs aux travaux qui ont été menés dans ce secteur dans le cadre de la construction de l'autoroute et de l'aménagement de la zone de compensation du Pervou.

Un charriage régulier dans le Vivier poserait localement d'importants problèmes sécuritaires en raison des nombreux voûtages et prises d'eau qui parsèment le chevelu de ce canal et de ses tributaires jusqu'au lac. L'utilisation historique de ces dérivations est aujourd'hui majoritairement abandonnée et destinée à l'agrément. Bien que la morphologie générale du Vivier et de ses tributaires soit artificielle, l'important linéaire totalisé par ce complexe ainsi que la stabilité des débits confèrent à cet hydrosystème une valeur environnementale remarquable pour les biocénoses aquatiques. Il s'agit d'un lieu de grossissement privilégié pour les jeunes truites et on recense plusieurs sites de reproduction de truite de lac, en particulier à proximité de l'embouchure avec le lac. Le canal étant artificiel, on ne peut pas parler de correction ou d'ouvrage susceptible de modifier la morphologie du cours de manière déterminante pour le charriage.

En conclusion, le potentiel d'amélioration du Vivier réside avant tout dans les actions visant à revitaliser les secteurs les plus artificiels. Des essais d'augmentation du débit de dérivation aux Esserts peuvent éventuellement être envisagés pour confirmer ou infirmer leur intérêt vis-à-vis d'un potentiel effet de « nettoyage » ou de « décolmatage » du substrat. Le débit maximal critique dans le Vivier a été estimé environ 1.5 m³/s au droit du pont de Chanelaz [12].



Photo 5 : Dépotoir sur le Vivier à Cortaillod

Pas d'atteinte grave du régime de charriage sur le Vivier et ses tributaires

5.1.8 Le Merdasson (Boudry)

Ce cours d'eau possède un régime typiquement karstique, avec une partie supérieure généralement à sec mais pouvant provoquer de manière exceptionnelle des crues accompagnées de fort charriage. De juillet 1987 à septembre 1988, le Merdasson est sorti quatre fois de son lit, provoquant à chaque reprise des dégâts importants. Suite à ces événements, sept dépotoirs ont été aménagés dans la partie supérieure de son tracé. A proximité de l'embouchure, la reproduction piscicole est jugée comme très bonne mais il n'existe pas d'étude détaillée récente.

Depuis leur construction, les dépotoirs n'ont jamais été curés [10]. Malgré cela, ils sont pratiquement vides et ne contiennent que de faibles traces de matériaux charriés et des feuilles mortes.

L'absence de curage et de stockage de matériaux permet de conclure que ces ouvrages ne provoquent pas d'atteinte grave au régime du charriage.

Pas d'atteinte grave du régime de charriage dans le Merdasson

5.1.9 Le Ruau de St-Blaise

Le dessableur est situé à l'embouchure du Ruau, là où le ruisseau forme un étang avant de se jeter dans le port de St-Blaise. Le tronçon situé en aval de l'ouvrage est extrêmement court et ne présente à priori aucun intérêt particulier au niveau du charriage. Aucune autre installation susceptible de modifier le charriage sur la partie amont n'est présente.

La reproduction piscicole est jugée comme bonne mais il n'existe pas d'étude détaillée sur la reproduction des salmonidés.

Pas d'atteinte grave du régime de charriage dans le Ruau

5.1.10 La Thielle

La Thielle est actuellement un canal artificiel reliant 2 bassins naturels de décantation (Lacs de Bienne et de Neuchâtel). Le substrat est constitué majoritairement de sédiments fins peu propices à la reproduction des salmonidés et autres poissons lithophiles. Il est possible qu'historiquement le fonctionnement de la Thielle ait présenté une dynamique de charriage plus active, avec des apports en provenance des affluents latéraux. Les aménagements des corrections des eaux du Jura sont considérés comme des aménagements historiques et ne sont pas considérés comme des ouvrages significatifs.

Pas d'atteinte grave du régime de charriage dans la Thielle

5.1.11 Pré Novel

Ce cours d'eau et ses affluents de morphologie proche du naturel abritent une belle population de truites de rivière. L'assainissement de seuils sur la partie aval permettrait par ailleurs à la truite de lac de remonter. Toutefois, le lit de ces ruisseaux est essentiellement constitué de sédiments fins ou d'affleurement de molasse. Aucun charriage n'est constaté. Le dessableur de la Tuilerie est un petit ouvrage situé à 150 m de l'embouchure du Pré Novel dans le Lac.



Photo 6 : Vue de l'embouchure du Pré Novel dans le lac de Neuchâtel

Pas d'atteinte grave du régime de charriage dans le Pré Novel

5.1.12 La Rançonnière

Secteur amont : les dessableurs en amont du Bied du Locle

Le Bied des Enfers possède deux dessableurs permettant de retenir le charriage en amont du Locle. Un autre ouvrage assure la même fonction sur le ruisseau de la Combe Girard. Ces ouvrages sont destinés à piéger les sédiments avant leur arrivée dans le Bied du Locle, cours d'eau qui traverse en souterrain toute la ville. Les dessableurs ne perturbent pas de manière significative le régime du charriage en aval car ils sont situés en pied de pente, en amont d'un cours d'eau où la capacité de transport solide est nulle. En effet, on peut considérer que le régime de charriage naturel du Bied dans la Combe du Locle est pratiquement nul en raison de la zone plate et marécageuse qui s'y trouve (Le Marais).



Photo 7 : Dépotoir sur le Bied des Enfers

Secteur aval : l'installation hydroélectrique de la Rançonnière

En aval du Locle, l'eau de La Rançonnière est dérivée dans une galerie de stockage pour être turbinée dans la centrale hydroélectrique de la Rançonnière. Actuellement dépourvu de débit résiduel, ce cours d'eau est historiquement qualifié de « non piscicole ». Dans sa partie aval, La Rançonnière traverse un inventaire fédéral des bas-marais d'importance nationale : Les Goudebas, objet n° 233 qui figure également à l'inventaire fédéral des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale (objet n°NE106)

Actuellement les atteintes subies par la Rançonnière sont avant tout hydrologiques (absence de débit résiduel) et qualitatives (forte influence des rejets de la STEP). Au vu des faibles apports solides amont, la problématique du charriage est secondaire.

Le régime de charriage de la Ranconnière en amont de la centrale est pratiquement nul car la charge solide apportée par le Bied ne peut pas transiter à travers le Marais. La galerie d'accumulation de la centrale stocke principalement des matériaux fins et organiques (rejets de la STEP). Dans le tronçon court-circuité (débit résiduel), le débit prélevé est suffisamment important pour provoquer une atteinte grave du régime de charriage en raison de la réduction de la capacité de transport. En l'absence de matériaux, la capacité de transport n'est toutefois pas le facteur limitant le débit solide charrié par le cours d'eau.

En aval de la restitution, on observe le long des gorges une érosion assez active et des glissements qui alimentent en charriage le secteur aval (Bas-marais des Goudebas). Le régime hydrologique actuel (éclusées) renforce la dynamique érosive en provoquant quotidiennement des crues artificielles de 2 m³/s, débit qui naturellement ne devrait être atteint que quelques jours par année.

La Ranconnière subit actuellement des atteintes importantes qui portent principalement sur son régime hydrologique et la qualité de son eau. La problématique du charriage est secondaire. L'installation hydroélectrique renforce plutôt le régime du charriage en aval, où les éclusées favorisent l'érosion et l'activation de glissements. Cet effet est difficile à quantifier. En cas de mise en œuvre de mesures d'assainissement de la Ranconnière la problématique du charriage devra tout de même être prise en compte dans le projet.

5.1.13 Le Seyon

L'état écologique global du Seyon est peu satisfaisant. Selon les conclusions du diagnostic général du PREE Val-de-Ruz [3] : "les indicateurs biologiques intégrateurs (macrofaune benthique et la faune piscicole) montrent d'importants déficits dans tout le bassin versant. Il n'y a pas de cause explicative unique. C'est la superposition des déficits en matière de :

- Qualité de l'eau (STEP, agriculture, assainissement urbain)
- Espace et structure du cours d'eau
- Régime hydrologique

qui limite les fonctions écologiques du Seyon et de ses affluents."

Il convient d'analyser plus précisément le régime de charriage de ce cours d'eau en traitant 2 aspects :

5.1.13.1 Apports solides

Dans le Val-de-Ruz, les différents affluents du Seyon proviennent uniquement du fond de la vallée et non de ses versants (mis à part le Ruz Chasseran, qui possède un régime non permanent). Cela s'explique par la géologie du Val-de-Ruz, reprise de [4] : "La géologie du Val-de-Ruz est caractérisée par une succession de couches de perméabilité très différentes. Des marnes imperméables se trouvent sous le Val-de-Ruz ; elles définissent le fond de l'aquifère du Seyon. Leur extension latérale délimite la limite du bassin versant du Seyon. Topographiquement, le pied des flancs nord et sud de la vallée correspond en de nombreux points à la limite de ces marnes. Les flancs proprement dits sont composés de calcaire perméable qui fait partie de l'aquifère de la Serrières. Il en découle que les précipitations tombées dans le fond du Val-de-Ruz ruissellent et s'écoulent dans le Seyon. Tandis que les précipitations tombées sur les flancs de la vallée s'infiltrent dans les couches profondes, puis forment la source de la Serrières qui jaillit environ 500 m à l'amont du lac, à l'ouest de la ville de Neuchâtel. "

Ce contexte géologique fait que les apports de matériaux dans le Seyon sont très faibles. Les apports solides proviennent presque exclusivement de l'érosion du lit, qui reste faible dans le Val-de-Ruz (au vu de la pente du cours d'eau) ainsi que dans les gorges (où le cours d'eau coule principalement sur le rocher). Globalement, le Seyon ne possède donc aucune source importante de charriage. L'analyse géomorphologique du cours d'eau confirme l'hypothèse d'un cours d'eau peu actif au niveau du transport solide : le Seyon n'a formé qu'un cône de déjection de petite taille, localisé dans la zone de l'actuelle Place Pury.

5.1.13.2 Transport solide

Le graphique ci-dessous montre le profil en long du Seyon depuis sa source jusqu'à son embouchure dans le lac de Neuchâtel :

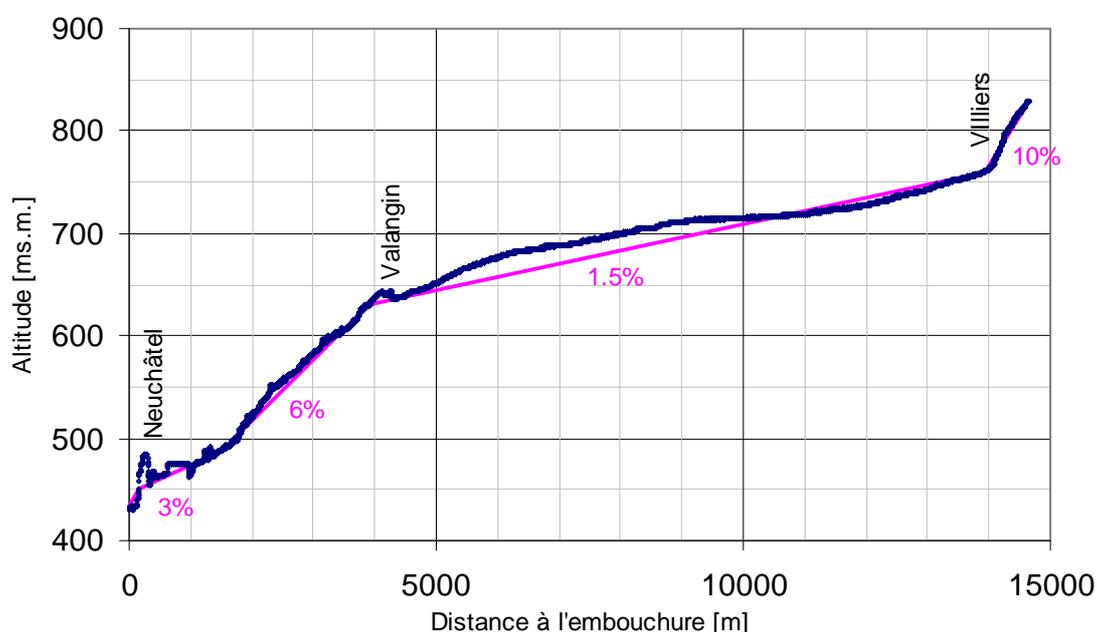


Figure 7 : Profil en long du Seyon

5.1.14 Installations

Les quelques installations présentes dans le Val-de-Ruz (un prélèvement piscicole et 5 dessableurs sur des affluents) ne sont pas susceptibles de modifier le régime de charriage de manière significative. Les captages influencent quant à eux plutôt le régime d'étiage du cours d'eau. La forte densité de drainage (le bassin est très majoritairement agricole) et les surfaces urbanisées ont plutôt tendance à augmenter les crues et leur vitesse de montée donc à favoriser le charriage et l'érosion.

5.1.15 Aménagements

Le tracé du Seyon a été passablement corrigé et son lit aménagé en traversée du Val-de-Ruz. Les ouvrages de consolidation réduisent les possibilités d'érosion du lit et des berges, seule source possible de renouvellement (même local) des matériaux dans le cours d'eau. Ce déficit, qui peut avoir des incidences locales est toutefois avant tout un déficit morphologique, à traiter prioritairement dans le cadre de la revitalisation.

5.1.15.1 Bilan global

Le tableau ci-dessous présente un bilan global qualitatif du charriage sur le Seyon :

Secteur	Apports solides naturels	Capacité de transport	Situation du charriage
Val-de-Ruz	Faibles	Faible	Dynamique de charriage naturellement faible. L'érosion du lit a tendance à être réduite par les aménagements de cours d'eau mais augmentée par les drainages et l'imperméabilisation des sols, qui augmentent les pointes de crue.
Gorges du Seyon	Faibles	Elevé	Théoriquement ce secteur devrait être à tendance érosive mais le cours d'eau est globalement stable car le lit est rocheux.
Neuchâtel	Faibles	Moyen	A la sortie des gorges, la pente du cours d'eau diminue mais la capacité de transport semble encore suffisante pour éviter des problèmes d'alluvionnement (il n'existe dans cette zone aucun dépotoir à alluvions). L'analyse morphologique montre que cette situation est vraisemblablement naturelle car le Seyon n'a créé historiquement aucun cône de déjection.
Embouchure	Faibles	Nul	Les faibles volumes de matériaux transportés par le Seyon sont acheminés jusqu'au lac par une galerie artificielle construite en 1843 pour protéger la ville de Neuchâtel des inondations. Au droit de l'embouchure actuelle du cours d'eau se déposent des alluvions sur lesquels des activités de frai de truites de lac sont régulièrement observées. Ces dépôts sont peu importants et ne nécessitent aucun curage régulier de l'embouchure.

Tableau 5 : Evaluation qualitatif du Seyon

La reproduction piscicole est considérée comme potentiellement bonne mais il n'existe pas d'étude détaillée et les repeuplements sont importants.

Le Seyon possède naturellement un régime de charriage peu dynamique. L'appréciation sommaire nous amène à la conclusion que les aménagements possèdent certainement un effet local sur le régime de charriage du cours d'eau mais l'atteinte n'est pas significative au niveau du régime de charriage global du cours d'eau.

6. Evaluation approfondie de l'Areuse

6.1 Description générale du cours d'eau

Le graphique ci-dessous montre le profil en long de l'Areuse avec ses principaux affluents :

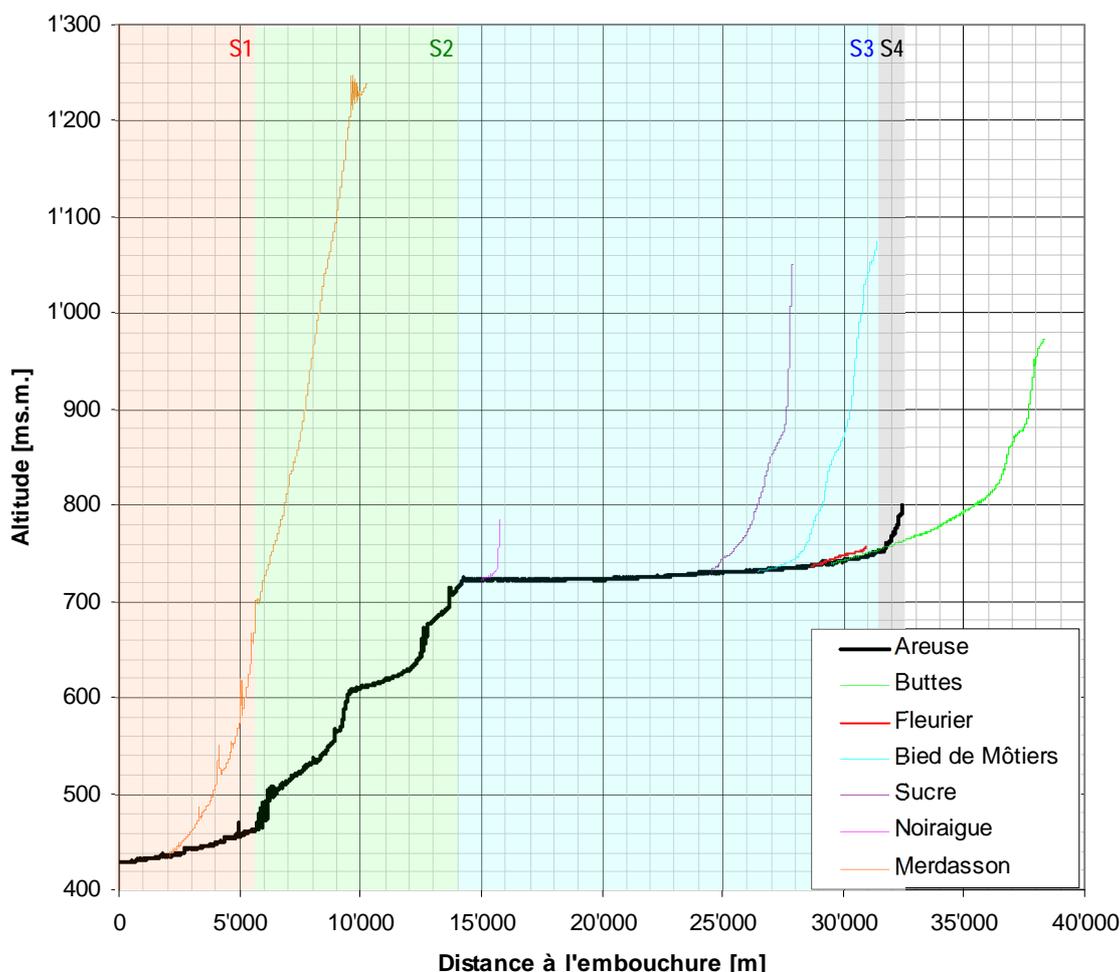


Figure 8 : Profil en long de l'Areuse et de ses principaux affluents (base : MNT 2m)

Le cours d'eau peut schématiquement être divisé en 4 tronçons :

- Secteur 1 (S1) : le delta de l'Areuse, qui comprend 3 tronçons avec des pentes allant de 0.3% à 0.5%, séparés par deux seuils importants : le seuil des Esserts et le seuil des Fabriques.
- Secteur 2 (S2) : le secteur des gorges, avec trois tronçons très raides (5-10%), entrecoupés par des zones plus plates à Combe Garot et à Champs-du-Moulin où la pente est de 1 à 2%.
- Secteur 3 (S3) : le secteur du Val-de-Travers, où la pente augmente progressivement de 0.1% à Noiraigue jusqu'à 0.7% dans la région de Fleurier.
- Secteur 4 (S4) : le secteur amont, de St-Sulpice jusqu'aux sources de l'Areuse où la pente est plus importante (environ 5.5%).

Les principaux affluents de l'Areuse sont :

- Le Merdasson, dont l'embouchure se situe dans le secteur du delta.

- La Noiraigue, le Sucre, le Bied de Môtiers, le Fleurier et le Buttes, qui se jettent dans l'Areuse au Val-de-Travers.

Contrairement au Seyon, L'Areuse a créé historiquement un delta assez étendu, qui est la preuve de l'existence d'un transport solide actif. Les études antérieures ([5], [6], [7]) et les observations de terrain montrent toutefois que cette activité est aujourd'hui réduite :

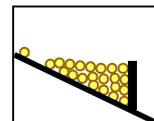
- Secteurs S4 et S3 : En amont de Travers, on observe une dynamique de charriage faible : le lit est propre et présente ponctuellement un pavage assez marqué. Les affluents fournissent des matériaux solides en faible quantité. Entre Travers et Noiraigue, la dynamique de transport est carrément nulle. La fraction granulométrique est dominée par des sédiments fins.
- Secteur S2 : Dans les gorges, le phénomène de charriage reste faible mais on trouve des traces d'alluvionnement local, principalement dans le secteur de Champs-du-Moulin. Les sédiments sont plus grossiers qu'en amont.
- Secteur S1 : En amont du seuil des Fabriques et – dans une moindre mesure – en traversée de Boudry, on observe encore des traces de charriage. Malgré une dynamique de charriage assez réduite, se trouve - juste à l'aval des Esserts - une des plus grande zone de frayère du canton pour la truite de lac ! De belles zones avec du gravier faiblement colmaté sont également présentes à Cortaillod, jusqu'au seuil du Pré des Esserts. Plus à l'aval, les zones de gravier « propre » sont plus localisées mais sont présentes jusqu'au seuil du « Saut de la Truite, particulièrement dans la fosse de dissipation du seuil.

L'évaluation approfondie de l'Areuse est faite selon les étapes suivantes :

- Quantification de sources naturelles d'apports solides au cours d'eau et de l'influence des installations sur ces apports.
- Quantification de la capacité de transport solide naturelle du cours d'eau et de l'influence des installations sur la capacité de transport.
- Estimation du débit solide nécessaire

Sur cette base, le profil en long du débit solide charrié de l'Areuse a été réalisé pour état non altéré (naturel), l'état altéré (actuel), avec une appréciation ponctuelle du débit de charriage nécessaire.

6.2 Quantification de la charge solide



6.2.1 Apports solides naturels

Les principales sources d'apports de l'Areuse sont :

- Les affluents de l'Areuse, principalement le Buttes, le Bied de Môtiers, le Sucre, le Bois-de-Croix et le Merdasson. Les volumes apportés jusqu'à l'Areuse (état naturel) ont été évalué au chapitre 4.3.1. Le Rio et l'Ubena sont également des sources d'apport dans la partie supérieure de l'Areuse, en amont de Fleurier.
- Il existe plusieurs zones de glissements actifs dans les Gorges de l'Areuse, dont on trouve une description dans la carte des dangers du Val-de-Travers [7]:
 - Le glissement et effondrement de la Clusette situé en rive gauche en aval du Furcil. Il s'agit plutôt d'un effondrement du versant, qui n'est pas en lien direct avec le cours d'eau. On fait l'hypothèse que cet effondrement ne constitue pas un apport de matériaux significatif pour le bilan de charriage.
 - Le glissement de la Baleine situé en rive droite également dans la partie supérieure des gorges. Il s'agit d'un glissement lent et profond, dont le volume estimé atteint 5 millions de m³. Hypothèse : apport naturel de 2'500 m³/an.
 - Le glissement de Prépunel, en rive droite en aval de Champs-du-Moulin. Il s'agit également d'un glissement lent et profond avec volume estimé de 1 million de m³. Hypothèse : apport naturel de 800 m³/an.
 - A Boudry, on trouve encore un important glissement en rive droite en amont des Es-serts (Chanélaz).
- L'érosion des berges - dans les secteurs où le lit n'est pas rocheux - est également une source d'apports solides naturels. Hypothèse: érosion moyenne de 0.1 m³/m' sur l'ensemble du secteur des gorges.



Photo 8 : Glissement de la Baleine en rive droite de l'Areuse

6.2.2 Impact des installations sur les apports solides

- Il existe un unique dépotoir (volume de 2'500 m³) sur l'Areuse à environ 2 km des sources de l'Areuse en amont de Fleurier. Le dernier curage de l'ouvrage date de 1983. Vu les faibles apports amont, on peut calculer que cet ouvrage influence significativement le débit solide annuel charrié (atteinte prononcée) même s'il n'est vidé que tous les 50 ans (voir ch. 4.3.1). Pourtant, la dynamique sédimentaire n'est visuellement pas perturbée par cet ouvrage, car la morphologie sédimentaire est assez comparable en amont et en aval de l'ouvrage.



Photo 9 : Amont du dépotoir



Photo 10 : Aval du dépotoir

- Les volumes extraits du cours d'eau aux points de prélèvement hydroélectriques sont faibles (voir annexe 5).
- Les dépotoirs existants sur certains affluents de l'Areuse influencent également le bilan de charriage de l'Areuse. Les volumes soustraits par ces ouvrages ont été évalués au chapitre 4.3.1.

L'Areuse est un cours d'eau très fortement aménagé sur pratiquement l'entier de son tracé. Dans le Val-de-Travers, l'Areuse est canalisée et ses rives sont en général maçonnées (mur, moellons) et ponctuellement renforcées par des enrochements. De nombreux seuils modifient également le profil en long du cours d'eau. Même le secteur des gorges, à priori plus naturel, comporte de nombreux aménagements, parfois anciens : il s'agit en partie d'aménagements historiques qui reflètent le passé industriel d'exploitation de l'Areuse. En traversée de Boudry et sur son delta, l'Areuse est également fortement aménagée.

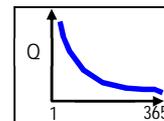
- Effet des seuils : les ouvrages sont pour la plupart anciens et en état d'équilibre au niveau du charriage, c'est-à-dire qu'ils n'ont aucune fonction de stockage de sédiments. Dans les Gorges de l'Areuse, ces ouvrages contribuent à stabiliser les glissements. Ils stabilisent également le profil en long et évitent ainsi l'érosion régressive du lit. Cette fonction est particulièrement visible en amont des deux secteurs où la pente des gorges est très élevée (Saut-de-Brot et Aval de Champ-du-Moulin).



Photo 11 : Seuils situés en aval de Champ-de-Moulin

- Effet des protections de berge : Ils ont principalement un effet morphologique en figeant le tracé du cours d'eau et en réduisant les possibilités d'érosion du cours d'eau. Il est difficile d'avoir une idée précise de la morphologie de l'Areuse à l'état naturel car les aménagements sont anciens et même les cartes historiques ne permettent pas d'avoir une appréciation du cours d'eau à l'état naturel.

6.3 Quantification du transport solide



6.3.1 Morphologie

Pour la modélisation, le cours d'eau a été découpé en 12 tronçons ayant des caractéristiques homogènes (pente, morphologie, hydrologie, ...).

6.3.2 Calcul de la capacité de transport solide

La capacité de transport solide a été calculée à l'aide de plusieurs formules afin de comparer les résultats. Au vu des pentes importantes dans les gorges, la formule de Smart&Jaeggi a été privilégiée car elle est la plus appropriée dès que la pente du cours d'eau dépasse 1-2%.

6.3.2.1 Hydrologie

La capacité de transport est exprimée en volume solide transportable annuellement par le cours d'eau. Pour calculer cette capacité de transport, il est tout d'abord nécessaire de construire la courbe des débits classés du cours d'eau. Le bilan annuel de charriage est également influencé par les apports des crues interannuelles. La courbe des débits classés est donc complétée avec les événements de crue de temps de retour de 2, 5, 10 et 30 ans.

La construction des courbes de débits classés a été réalisée de la manière suivante :

- Pour l'amont et l'aval, les courbes de débits classés ont été construites sur la base des données issues des stations OFEV de St-Sulpice et de Boudry.
- Sur les tronçons intermédiaires, les courbes de débits classés sont interpolées sur les courbes OFEV en fonction de la surface du bassin-versant contributif.

6.3.3 Granulométrie

La dynamique du charriage est très fortement influencée par la granulométrie des sédiments. Quelques relevés de la granulométrie de l'Areuse ont été réalisés dans les études antérieures (voir tableau ci-dessous) et un relevé complémentaire a été réalisé à Champs-du-Moulin dans le cadre de la présente étude (méthode Basegrain). Vu la faible dynamique sédimentaire, il est difficile de trouver un banc de graviers représentatif des matériaux charriés par l'Areuse.

N°	Source	Lieu	Diamètres caractéristiques			
			d30 [cm]	d50 [cm]	d90 [cm]	dm [cm]
1	VAW 2004 [5]	Seuil des Fabriques	2.7	7.1	20.8	9.1
2	VAW 2004 [5]	Pont RC Cortailod	2.7	4.8	9.5	4.8
3	LCH 2010 [9]	Aval seuil Es-serts	0.8	2.1	4.8	2.7
4	BG 2013	Champs-du-Moulin	1.8	4.7	8.0	4.1

Tableau 6: Granulométrie de l'Areuse

- Les relevés 1 et 2 avaient pour objectif de caractériser la granulométrie du lit de l'Areuse. Il s'agit de matériau relativement grossier qui correspond au lit pavé du delta de l'Areuse.

- Le relevé 3 a été réalisé sur un banc de gravier "frais" qui est certainement représentatif des matériaux charriés par le cours d'eau. Ces dépôts sont rares car ce type de sédiments doit généralement être transporté rapidement jusqu'au lac.
- Le relevé 4 possède une granulométrie moyenne, assez représentative des dépôts que l'on peut observer dans certains tronçons des gorges.
- En amont, dans le Val-de-Travers, on ne relève aucun banc de gravier. On observe visuellement que la granulométrie du lit est fine.

Pour la modélisation du transport solide, la granulométrie retenue est la granulométrie n° 3.

La capacité de transport à l'état non altéré a été calculée sur chacun des 12 tronçons définis pour le profil en long.

On fait l'hypothèse qu'il existe naturellement deux tronçons où la capacité de transport est limitante à l'état naturel :

- Tronçon situé en aval du Val-de-Travers, où la pente et la capacité de transport sont très faibles.
- Dans le secteur de l'embouchure.

6.3.4 Impact des installations sur la capacité de transport solide

La capacité de transport solide est calculée en prenant en compte l'altération hydrologique provoquée par les 8 prélèvements sur l'Areuse.

Le tableau résume le fonctionnement hydrologique actuel de l'Areuse d'amont en aval (voir carte de l'annexe 4) :

Km amont	Km aval	Régime hydrologique	Prélèvement max	Débit résiduel
31.7	31.6	Naturel	-	-
31.6	30.8	Débit résiduel (St-Sulpice)	14 m ³ /s	260 l/s
30.8	13.9	Naturel	-	-
13.9	13.7	Débit résiduel (Furcil)	10 m ³ /s	700 l/s
13.7	12.8	Débit résiduel (Plan-de-l'Eau)	4.8 m ³ /s	700 l/s
12.8	11.5	Débit résiduel (Moyat)	4.5 m ³ /s	250 l/s
11.5	7.6	Débit résiduel (Combe-Garrot)	6 m ³ /s	250 l/s
7.6	4.6	Débit résiduel (Le Chanet)	7.3 m ³ /s	250 l/s
4.6	4.3	Naturel	-	-
4.3	3.8	Débit réduit (Rossetti)	1 m ³ /s	-
3.8	2.6	Naturel	-	-
2.6	0	Débit réduit (Le Vivier)	env. 1.5 m ³ /s	-

Tableau 7: Régime hydrologique de l'Areuse

La réduction de la capacité de transport à l'état altéré a été calculée sur chacun des tronçons touchés :

Km amont	Km aval	Prélèvement	Réduction de la capacité de transport solide
31.7	31.6	-	-
31.6	30.8	St-Sulpice	86%
30.8	13.9	-	-
13.9	13.7	Furcil	32%
13.7	12.8	Plan-de-l'Eau	22%
12.8	11.5	Moyat	19%
11.5	7.6	Combe-Garot	25%
7.6	4.6	Le Chanet	23%
4.6	4.3		-
4.3	3.8	Rossetti	5%
3.8	2.6		-
2.6	0	Le Vivier	5%

Tableau 8: Réduction de la capacité de transport solide

- Le seul tronçon où la capacité de transport solide est réduite de manière significative (>40%) est le tronçon influencé par le prélèvement de St-Sulpice. A priori, la capacité de transport n'est pas limitante dans ce tronçon car ce prélèvement est situé en tête de bassin-versant, où les apports solides amont sont faibles. L'impact de la réduction de la capacité de transport dans ce tronçon devra toutefois être vérifié dans le bilan.

On considère qu'il existe actuellement un seul tronçon où la capacité de transport est limitante à l'état actuel :

- Tronçon situé en aval du Val-de-Travers, où la pente et la capacité de transport sont très faibles.
- Par contre, le secteur de l'embouchure n'est actuellement plus un tronçon limitant. En effet, c'est un secteur qui possède plutôt une tendance à l'érosion, confirmée par l'absence de dépôt et de curage à l'embouchure.

6.4 Estimation du débit solide nécessaire

Le débit solide nécessaire peut être défini comme équivalent à 60% du débit de charriage naturel car ce seuil correspond à la limite de l'"atteinte grave", selon l'aide à l'exécution [1].

Selon l'aide à l'exécution le débit solide nécessaire peut également être défini par les critères suivants :

1. Un tronçon de cours d'eau (non corseté) doit pouvoir développer une morphologie analogue à celle de l'état naturel. Son lit doit ainsi pouvoir prendre une forme semblable à celle qu'il aurait naturellement, avec des bancs qui se constituent également de façon similaire à ce qu'ils feraient naturellement.
2. La couche superficielle des bancs de graviers doit se renouveler régulièrement lors des crues (dynamique morphologique), empêchant ainsi les bancs de se colmater et garantissant la présence d'un substrat meuble.

On peut admettre que les exigences (1) et (2) sont remplies si la couche supérieure des bancs de graviers se renouvelle annuellement sur une épaisseur d'environ 30 cm. Dans ces conditions, une couche de gravier meuble et suffisamment profonde est en permanence à disposition des biocénoses aquatiques. Cette couche de 30 cm est suffisante pour le creusement des frayères et dépasse normalement la profondeur du colmatage interne. Il faut toutefois noter que ces conditions n'existent pas forcément à l'état naturel dans tous les cours d'eau.

Pour calculer cette valeur, la formule utilisée se base sur la méthode proposée par beffa tognacca gmbh (2012), dans le cadre de l'étude de la Muota.

Pour les cours d'eau à bancs alternés, la surface des bancs est approchée par la formule suivante :

$$A_{Bank} = l / 2 \cdot B_{Bank} = (2 \div 4) B^2$$

Où $\lambda = (6 \div 12) \cdot B$, λ étant la longueur d'onde qui dépend de la largeur naturelle du cours d'eau. La largeur des bancs est estimée à $B_{Bank} = 2/3 \cdot B$. La largeur naturelle du cours d'eau est estimée sur la base de la largeur de régime proposée par Parker (1979) :

$$B = 4.4 \cdot \left(\frac{Q}{((s-1) \cdot g \cdot d_{50})^{0.5}} \right)^{0.5}$$

Le volume calculé est finalement multiplié par des coefficients supplémentaires pour prendre en considération la configuration du lit; ces coefficients sont basés sur l'aide à l'exécution:

Tableau 9: Détermination du débit nécessaire charrié, en fonction de la configuration du lit

Configuration du lit	Coefficient	Formule pour A_{Bank}
Tronçon avec méandres / lit droit	1 à 1.5	$A_{Bank} = (2 \div 6) \cdot B^2$
Tronçon en bancs alternés	1.5 à 2.0	$A_{Bank} = (3 \div 8) \cdot B^2$
Tronçon ramifié	2 à 3	$A_{Bank} = (4 \div 12) \cdot B^2$

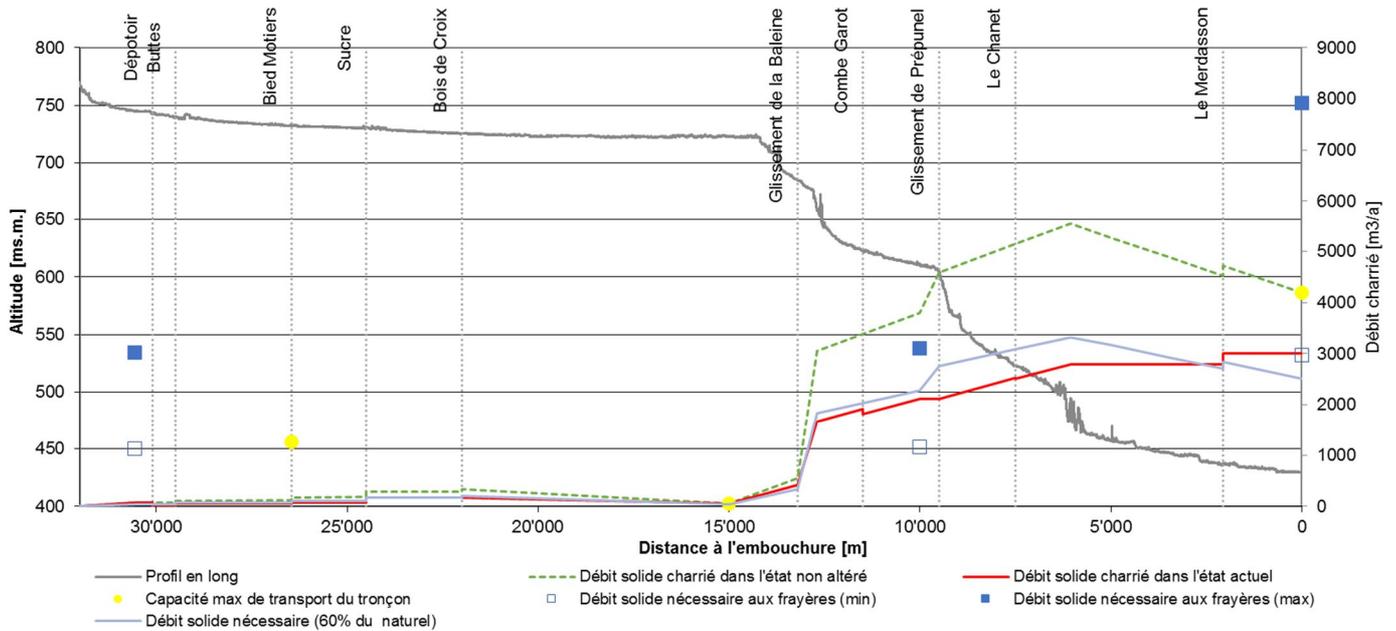
Sur l'Areuse, le débit solide nécessaire est estimé selon cette méthode aux trois endroits suivants :

Distance (km)	Emplacement	Morphologie (Critères de Yalin et da Silva, 1991)	B (m)	Débit solide nécessaire aux frayères	
				limite inférieure	limite supérieure
0	Embouchure	Bancs alternés	57 m	3000 m ³ /a	8000 m ³ /a
9	Gorges	Bancs alternés	36 m	1200 m ³ /a	3100 m ³ /a
30	Fleurier	Bancs alternés	35 m	1100 m ³ /a	3000 m ³ /a

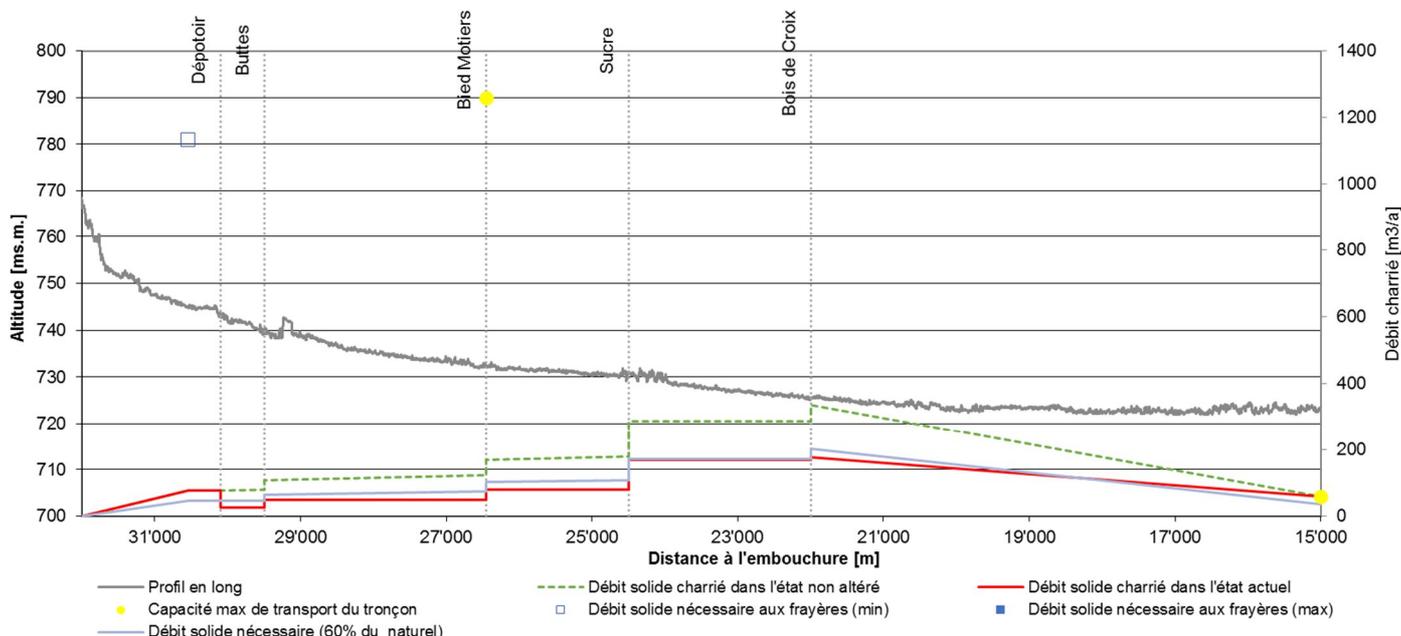
Tableau 10 : Débit solide nécessaire de l'Areuse

6.5 Profil en long du débit solide charrié

Sur la base des données calculées, le profil en long du débit solide charrié a été créé :



6.5.1 Val-de-Travers



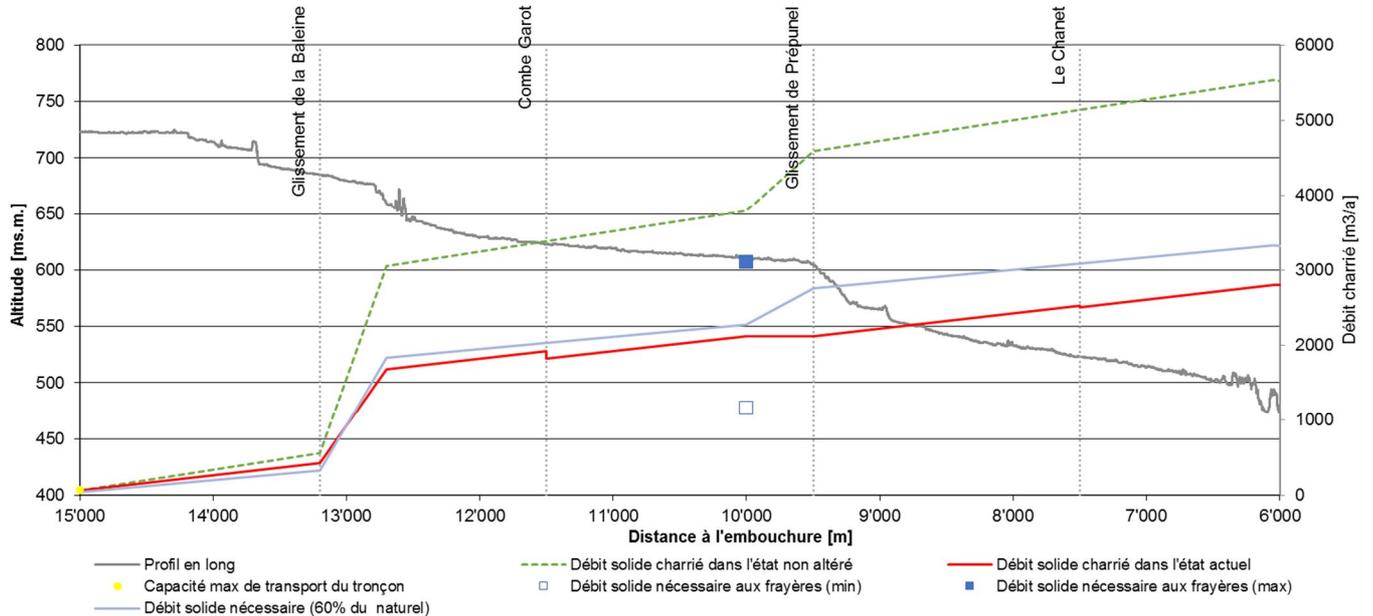
Etat non altéré :

- Dans le Val-de-Travers, le débit charrié naturel est très inférieur à la capacité de transport du cours d'eau ainsi qu'au débit solide nécessaire à la création de conditions favorables aux frayères. Le seul tronçon limité par la capacité de transport est le tronçon aval.
- Dans la partie supérieure du Val-de-Travers, l'Areuse possédait vraisemblablement une tendance à éroder son lit. Plus en aval, la capacité de transport diminuant, la tendance était plutôt à l'alluvionnement. L'ampleur de ces phénomènes est difficile à évaluer.

Etat altéré :

- Le bilan de charriage confirme que la diminution de la capacité de transport dans le secteur de St-Sulpice n'est pas significative car ce tronçon est limité par la faiblesse des apports.
- Le dépotoir produit théoriquement une atteinte prononcée au régime de charriage mais l'importance de cette atteinte dépend de la fréquence de curage de l'ouvrage.
- Les autres dépotoirs sur les affluents possèdent un faible impact sur le régime de charriage de l'Areuse
- On fait l'hypothèse que les aménagements actuels du cours d'eau éliminent la tendance à l'érosion dans la partie amont.
- Globalement, le débit solide charrié actuel est proche des 60% du débit charrié naturel. On conclut à l'absence d'atteinte grave.

6.5.2 Gorges de l'Areuse



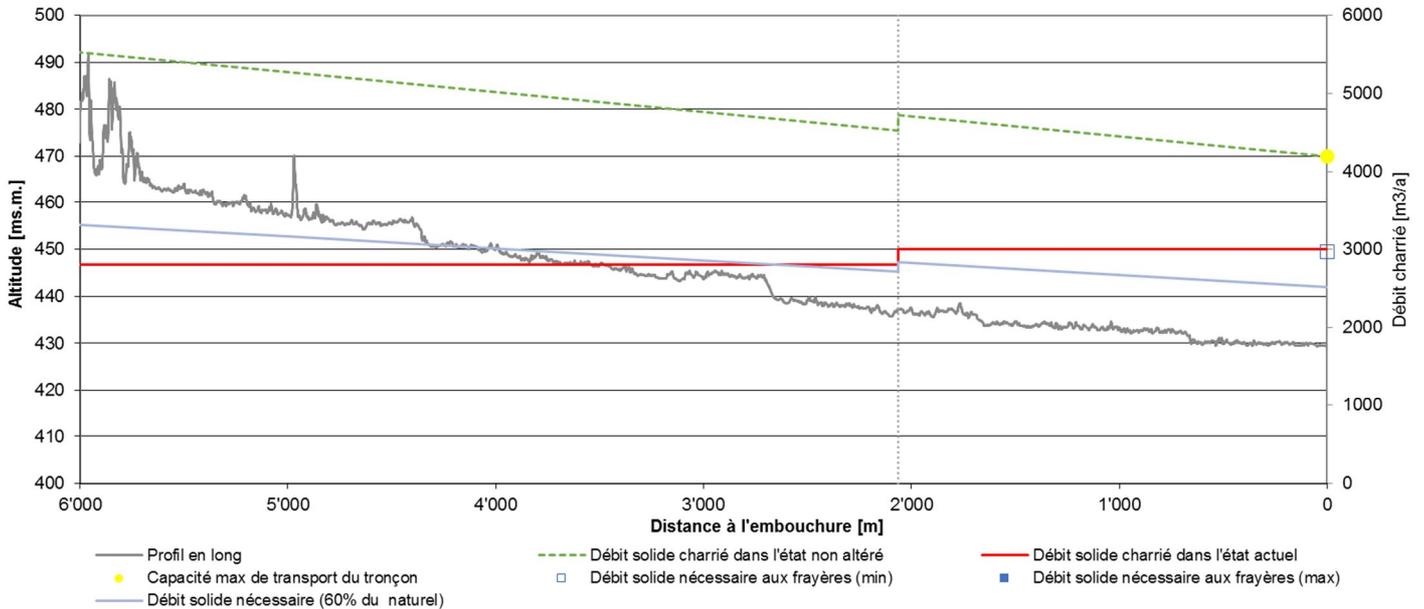
Etat non altéré :

- Dans les gorges, les apports principaux proviennent des glissements et de l'érosion régressive du lit. Les volumes apportés naturellement par les glissements sont inconnus et vraisemblablement irréguliers.
- Le secteur des gorges est naturellement soumis à une érosion dans les secteurs où le lit n'est pas rocheux.

Etat altéré :

- Les apports sont réduits par les aménagements (seuils et protections de berges). L'ampleur de cette réduction est inconnue.
- Les extractions de matériaux aux installations hydroélectriques (Combe Garot + Chanet) n'impact pas le régime de charriage de manière significative.
- On conclut à l'existence d'une atteinte grave dans le secteur des gorges car le débit solide charrié est inférieur à 60% du débit naturel.

6.5.3 Delta de l'Areuse



Etat non altéré :

- On fait l'hypothèse que le secteur du delta possédait naturellement une tendance à l'alluvionnement. Des forages ont été réalisés dans le Secteur du Landion (rive droite à proximité de l'embouchure). Les résultats sont assez éloquentes, comme le montrent la photo ci-dessous (grande proportion d'alluvions fluviales).



- Les apports naturels du Merdasson sont faibles, limités par la capacité de transport du cours d'eau dans le secteur de son embouchure.

Etat altéré :

- Le lit du cours d'eau est actuellement dans un état stable en raison du pavage du cours d'eau et des aménagements (seuils et protection de berge). Sans ces aménagements, ce secteur aurait une tendance à l'érosion.
- Le modèle a été calé en admettant que le débit charrié à l'embouchure est proche du débit solide nécessaire minimum pour les frayères, car la reproduction piscicole semble satisfaisante dans ce secteur.
- On conclut à l'existence d'une atteinte grave dans la partie amont du delta, environ jusqu'à l'embouchure du Merdasson.

7. Installations nécessitant des mesures d'assainissement du régime du charriage

7.1 Récapitulation des atteintes

Au terme de cette étude, on considère qu'il existe une atteinte du régime de charriage dans les cours d'eau cibles suivants :

L'Areuse

- Il existe une atteinte du régime du charriage sur l'ensemble du cours d'eau.
- On évalue que le cours d'eau subit une atteinte grave dans les gorges de l'Areuse et dans la partie amont du delta de l'Areuse, jusqu'à l'embouchure du Merdasson.

La Rançonnière :

- La Rançonnière subit des atteintes en termes d'hydrologie et de qualité de l'eau, mais ne subit aucune atteinte grave du régime du charriage au sens de l'art. 43a LEaux.
- Le régime de charriage est plutôt renforcé par le prélèvement hydroélectrique de la Rançonnière qui produit des éclusées favorisant l'érosion en aval de la restitution.

Le Seyon :

- Les aménagements de cours d'eau constituent une atteinte du régime du charriage du Seyon dans le Val-de-Ruz.
- Cette atteinte n'est pas considérée comme étant une atteinte grave car les volumes naturellement érodables par le cours d'eau sont faibles.

Le Buttes :

- A l'état actuel, il n'existe pas d'atteinte grave du régime du charriage sur ce cours d'eau.
- Le curage du dépotoir produit une atteinte grave du cours d'eau en aval durant plusieurs années.

Le Bied de Môtiers :

- A l'état actuel, il n'existe pas d'atteinte grave du régime du charriage sur ce cours d'eau.
- Le curage du dépotoir produit une atteinte grave du cours d'eau en aval durant plusieurs années.

Le tableau ci-dessous liste tous les tronçons subissant une atteinte grave du régime de charriage, qui sont également visibles sur la carte de l'annexe 6 :

Cours d'eau	Tronçon		Atteinte grave	Degré de gravité
	Limite amont	Limite aval		
Areuse	Noiraigue	Embouchure du Merdasson	Oui	Notable
Areuse	Dépotoir	Embouchure de la Buttes	Oui*	Prononcée*
Buttes	Dépotoir	Embouchure	Oui*	Prononcée*
Bied de Môtiers	Dépotoir	Embouchure	Oui*	Prononcée*

Tableau 11 : Liste des tronçons subissant une atteinte grave

* en cas de curage de l'ouvrage

7.2 Installations provoquant une atteinte grave

Prélèvements hydroélectriques :

- Aucun prélèvement hydroélectrique situé dans le canton de Neuchâtel ne cause d'atteinte grave au régime du charriage.
- Les ouvrages de prises d'eau ne réduisent que faiblement les apports solides au cours d'eau, par extraction ou stockage.

Dépotoirs :

- En l'état d'entretien actuel, aucun dépotoir situé dans le canton de Neuchâtel ne cause d'atteinte grave au régime du charriage.
- Les dépotoirs situés sur le Buttes (La Doux), le Bied-de-Môtiers et l'Areuse sont tous des dépotoirs de grande capacité qui n'ont plus été curés depuis de longues années. En cas de curage ils provoqueront une atteinte grave durant de nombreuses années.

Aménagements de cours d'eau :

- L'ensemble des aménagements de cours d'eau (seuils et protection de berge) situés dans les gorges de l'Areuse produisent ensemble une atteinte grave au régime du charriage du cours d'eau.
- On estime qu'aucun aménagement individuel n'est suffisamment significatif pour provoquer une atteinte grave.

Les installations provoquant des atteintes graves sont visibles sur la carte de l'annexe 6.

Le tableau ci-dessous liste les installations provoquant des atteintes graves et la détermination de la nécessité d'assainissement :

Cours d'eau	Installation	Propriétaire	Gravité de l'atteinte	Assainissement	Remarque
Areuse	Dépotoir	Service cantonal des ponts et chaussées	Prononcée*	Oui	
Buttes	Dépotoir de la Doux	Service cantonal des ponts et chaussées	Prononcée*	Oui	
Bied de Môtiers	Dépotoir	Service cantonal des ponts et chaussées	Prononcée*	Oui	
Areuse	Seuils + protection de berges dans les gorges	Service cantonal des ponts et chaussées + concessionnaires	Notable	Oui	Divers ouvrages (voir chapitre 8.1)

Tableau 12 : Installations à assainir

* en cas de curage de l'ouvrage

7.3 Evaluation du potentiel écologique

L'art 33a OEaux mentionne que le potentiel écologique des eaux est déterminé notamment en fonction de l'importance écologique que les eaux pourraient revêtir après réparation des atteintes nuisibles causées par l'homme, dans une mesure impliquant des coûts proportionnés. La classification sommaire de ce potentiel écologique en trois catégories (important, moyen, restreint) a été réalisée pour le canton de Neuchâtel par le Bureau Natura dans le cadre de la planification stratégique concernant la revitalisation des cours d'eau [16].

Dans ce contexte, le calcul du bénéfice pour la nature et le paysage a été effectué sur la base d'une division en secteurs supposés homogènes et sur l'attribution à chacun de ces secteurs d'un potentiel écologique au travers d'une grille d'évaluation comprenant plusieurs critères présenté dans le tableau suivant :

	Inventaires d'importance nationale	Inventaires d'importance cantonale	Présence d'écrevisses à pattes blanches	Présence de poissons rares	Cours d'eau naturel ou ayant le potentiel	Objet de grande valeur pour le paysage	Importance général comme élément de réseau	Charriage proche du naturel	Débit non influencé	Embouchures et confluences	Potentiel d'évolution hydromorphologique	Potentiel de colonisation faune menacée (écrevisses, poissons)
<i>Poids</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tableau 13 Grille d'évaluation des critères par secteur (d'après NATURA, 2014).

Les critères de cette grille ont ensuite été combinés afin de déterminer le potentiel écologique de chaque secteur. A l'intérieur d'un secteur, il est ensuite possible de corriger individuellement les tronçons qui s'écarteraient trop de cette moyenne.

Le potentiel écologique de chaque secteur a été évalué de façon manuelle sur la base des différents critères dont l'impact a été donné selon trois classes, "aucun", "restreint" et "conséquent". L'évaluation a été réalisée de façon qualitative en tenant compte de la proximité du réseau hydrographique. Par exemple, un impact plus conséquent a été donné lorsque le réseau hydrographique d'un secteur traverse une zone inscrite à un inventaire fédéral, par rapport à un cas similaire où l'inventaire fédéral est situé à distance du cours d'eau.

Le potentiel écologique est donné par le nombre total de "C" (conséquent) obtenu par le secteur :

- De 0 à 2, potentiel écologique faible,
- de 3 à 4, potentiel écologique moyen,
- 5 et plus, potentiel écologique important.

Le tableau ci-après présente pour les cours d'eau et tronçons où l'existence d'une atteinte au régime de charriage a été démontrée :

- Le potentiel écologique évalué par le bureau Natura et issu de l'analyse multicritère présenté ci-avant ;
- Le potentiel hydrobiologique qui concerne spécifiquement les biocénoses aquatiques.

Concernant ce dernier point, le potentiel a été jugé sur la base : du degré de menace des espèces présentes actuellement ou potentiellement ; sur l'importance des populations au niveau cantonal ; sur les opportunités de reproduction des espèces caractéristiques.

Cours d'eau	Secteur	Potentiel écologique	Potentiel hydrobiologique
Areuse	Aval dépotoir	Faible	Important
Areuse	Gorges	Important	Important
Areuse	Boudry	Faible	Important
Areuse	Delta	Moyen	Important
Buttes	Aval dépotoir	Faible	Important
Bied de Môtiers	Aval dépotoir	Moyen- important	Important
Seyon	Val-de-Ruz	Important	Important
Seyon	Gorges	Faible	Moyen
Seyon	Neuchâtel	Faible	Faible
Seyon	Embouchure	Faible	Faible
Rançonnière		Faible	Non déterminable actuellement

Tableau 14 : Potentiel écologique

Le secteur des Gorges de l'Areuse est un secteur prioritaire au niveau de son potentiel écologique. Cette situation justifie une réflexion plus détaillée sur des opportunités de mesures d'assainissement du charriage dans ce secteur.

Du point de vue piscicole, la partie inférieure de l'Areuse possède une importance élevée au niveau cantonal et régional en particulier pour la truite de lac. Compte tenu de sa proximité et connexion avec le lac, ce secteur a également un potentiel significatif pour l'ombre de rivière ainsi que plusieurs cyprinidés rhéophiles tels que le barbeau ou la vandoise par exemple.

8. Préparation des mesures

8.1 Aménagements situés dans les gorges de l'Areuse

L'objectif des mesures d'assainissement est de redynamiser le charriage de l'Areuse dans le secteur des gorges et du delta de l'Areuse, seul secteur soumis à une atteinte grave du régime de charriage.

Toutes les mesures proposées visent à démanteler des aménagements de cours d'eau. Pour choisir les ouvrages qu'il serait opportun d'assainir, plusieurs critères ont été pris en compte :

- Taille de l'ouvrage (hauteur de seuil, longueur de protection de berge) : l'ouvrage doit avoir une taille suffisamment importante pour créer un impact significatif sur le bilan de charriage.
- Position de l'ouvrage : Pour redynamiser le charriage, il est intéressant d'assainir un aménagement situé en aval d'un glissement. L'assainissement d'un seuil situé à proximité d'un seuil naturel présente généralement peu d'intérêt car le secteur restera stabilisé par le seuil naturel.
- Coordination / opportunité : prise en compte des autres domaines de la renaturation des cours d'eau (principalement la migration piscicole et la revitalisation) ou de synergies possibles d'autres projets.

Sur la base de ces critères 4 ouvrages ont été sélectionnés :

- Protection de berge au pied du glissement de la Baleine
- Seuil de la prise d'eau des Moyats et seuils situés au Saut-de-Brot
- Seuils et protections de berge en aval de Champ-du-Moulin
- Protections de berge dans le secteur de l'embouchure de l'Areuse.

Le chapitre ci-dessous présente une évaluation de la faisabilité et de l'intérêt de ces mesures d'assainissement. L'appréciation tient compte des paramètres énumérés à l'art. 43a, al. 2 LEaux : gravité des atteintes, potentiel écologique, proportionnalité des coûts, protection contre les crues et objectifs de politique énergétique.

L'annexe 8 présente la grille d'évaluation utilisée pour évaluer les mesures d'assainissement.

8.1.1 Mesure 1 : Démantèlement partiel de la protection de berge du glissement de la Baleine

Le glissement morainique de la Baleine se situe en rive droite en aval du Furcil. Il s'agit d'un glissement lent et profond dont le volume est estimé à 5 mio m³ [8]. Le pied du glissement est stabilisé sur environ 120 mètres au moyen d'enrochements à l'origine appareillés. Des plantations et développement ligneux spontanés essentiellement composés de saules complètent la stabilisation sur la rive.



Photo 12 : Protections de berges au pied du glissement de la Baleine

Ces stabilisations visent notamment à contenir le glissement et à protéger une ligne électrique des crues de l'Areuse. Un constat effectué en octobre 2014 (AQUARIUS, octobre 2014 : Areuse contour de la Baleine. Inspection mur en bloc d'enrochement sur rive droite. Mandat du BOAE) montre que les effets conjoints de la poussée du glissement et des crues ont provoqué localement une dislocation de ces enrochements.

La mesure consiste à enlever la partie Est des enrochements sur une centaine de mètre et à les déplacer sur l'autre rive de manière à favoriser l'activation du glissement. Les enrochements situés dans la partie Ouest du glissement devront toutefois être conservés afin de protéger un pylône électrique existant. Cette mesure pourrait être réalisée en plusieurs étapes afin de maîtriser l'avancée de l'érosion et les volumes apportés en aval.

Critères	Appréciation	Remarques
Degré de gravité des atteintes charriage au cours d'eau	Favorable	Degré de gravité des atteintes : notable
Potentiel écologique	Favorable	Potentiel écologique dans les gorges : important
Efficacité de la mesure*	Favorable	Bons matériaux à disposition; glissement a priori activable tout en maîtrisant les effets en aval.
Coût de la mesure	Favorable	< 50'000 CHF
Proportionnalité de coût	Favorable	-
Intérêt de la protection contre les crues	Pas favorable	L'augmentation du débit charrié pourrait potentiellement augmenter le risque d'inondation en aval (Boudry) si elle n'est pas correctement maîtrisée. Une augmentation du débit charrié pourrait par contre contribuer à réduire les problèmes d'érosion sur le delta
Politique énergétique – énergie renouvelables	Pas favorable	L'augmentation du débit charrié pourrait potentiellement provoquer des problèmes dans les prises d'eau en aval
Faisabilité technique*	Favorable	A priori pas d'infrastructure mises en danger si on conserve les enrochements dans la partie amont du glissement (pylône)
Paysage	Potentiellement favorable	Favoriser un rythme de charriage plus naturel peut potentiellement contribuer à la formation de dépôts et des habitats riverains caractéristiques d'une dynamique fluviale active qui seraient perçus positivement du point de vue paysager (IFP).
Protection des eaux	Pas favorable	Zone S3 des captages des Gorges de l'Areuse
Coordination / opportunité	Neutre	-

Tableau 15 : Evaluation de la mesure 1

*L'efficacité et la faisabilité technique de cette mesure nécessite une étude géologique afin de vérifier :

- L'impact local d'un démantèlement (risque sur les infrastructures situées sur les versants)
- L'impact global d'un démantèlement sur le charriage (volume d'apport prévisible, risques pour l'aval)

Géoportail du système d'Information du Territoire Neuchâtelois

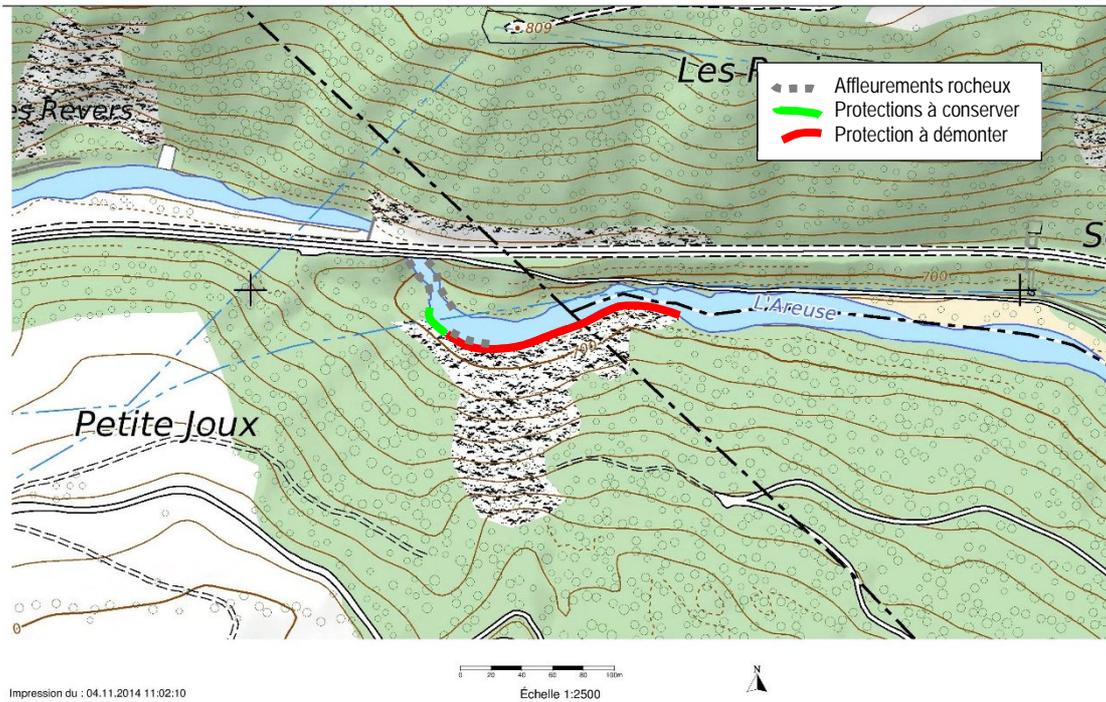



Figure 9 : Situation de la mesure 1 : Démantèlement de la protection de berge du glissement de la Baleine



Photo 13 : Protection de berge au pied du glissement de la Baleine

8.1.2 Mesure 2 : Démantèlement du seuil de la prise d'eau des Moyats et des seuils situés en amont du Saut-de-Brot

300 mètres en aval du glissement de la Baleine se trouve le seuil de la prise d'eau de l'usine des Moyats. Actuellement, l'usine des Moyats utilise principalement les eaux restituées par l'usine du Plan de l'Eau et n'utilise cette prise d'eau qu'en cas d'arrêt de l'installation amont. Le projet de réhabilitation en cours d'étude des usines du Furcil et du Plan de l'Eau pourrait présenter l'opportunité de mettre hors service cette prise d'eau et ainsi conduire au démantèlement du seuil correspondant.

En aval de la prise d'eau des Moyats se trouvent encore 2 seuils situés juste en amont du Saut-de-Brot. Ces seuils servent à stabiliser le profil en long de l'Areuse.

Le démantèlement de ces 3 seuils permettrait :

- De favoriser l'érosion régressive en amont du Saut-de-Brot
- De favoriser le transport du charriage en provenance du glissement de la Baleine.

Critères	Appréciation	Remarques
Degré de gravité des atteintes charriage au cours d'eau	Favorable	Degré de gravité des atteintes : notable
Potentiel écologique	Favorable	Potentiel écologique dans les gorges : important
Efficacité de la mesure*	Favorable	Activation vraisemblablement importante (peut-être trop) du charriage
Coût de la mesure	Pas favorable	200'000 – 1 mio CHF
Proportionnalité de coût	neutre	
Intérêt de la protection contre les crues	Pas favorable	L'augmentation du débit charrié pourrait potentiellement augmenter le risque d'inondation en aval (Boudry) si elle n'est pas correctement maîtrisée. Une augmentation du débit charrié pourrait par contre contribuer à réduire les problèmes d'érosion sur le delta
Politique énergétique – énergie renouvelables	Pas favorable	L'augmentation du débit charrié pourrait potentiellement provoquer des problèmes dans les prises d'eau en aval
Faisabilité technique*	Pas favorable	Risque local; difficultés techniques
Paysage	Favorable	
Protection des eaux	Pas favorable	Seuil amont : Ao bordure S3, deux seuils aval S2 des captages des Gorges de l'Areuse
Coordination / opportunité	Favorable	Projet de réhabilitation en cours Revitalisation Migration piscicole

Tableau 16 : Evaluation de la mesure 2

* L'efficacité et la faisabilité technique de cette mesure nécessite une étude géologique afin de vérifier :

- L'impact global d'un démantèlement sur le charriage (volume d'apport prévisible)
- L'impact local d'un démantèlement (risque sur les infrastructures situées sur les versants)

Géoportail du Système d'Information du Territoire Neuchâtelois

ine.ch
 REPUBLIQUE ET CANTON DE NEUCHÂTEL

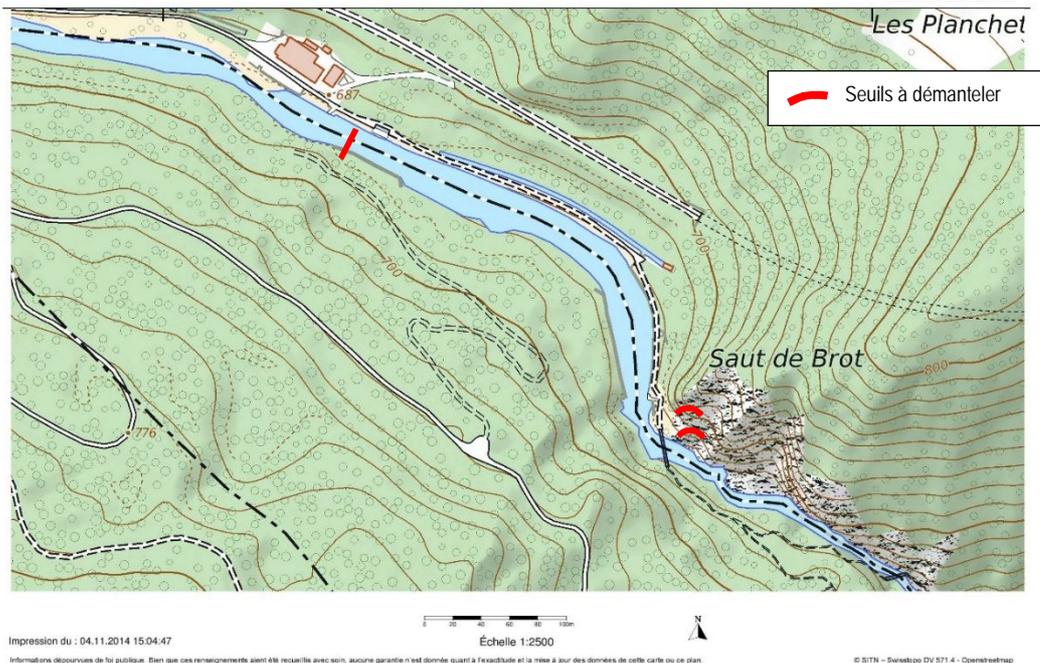


Figure 10 : Situation mesure 2 : Démantèlement de 3 seuils en aval du Plan-de-l'Eau



Photo 14 : Seuil de prise d'eau des Moyats

8.1.3 Mesure 3 : Démantèlement des seuils en aval de Champ-du-Moulin

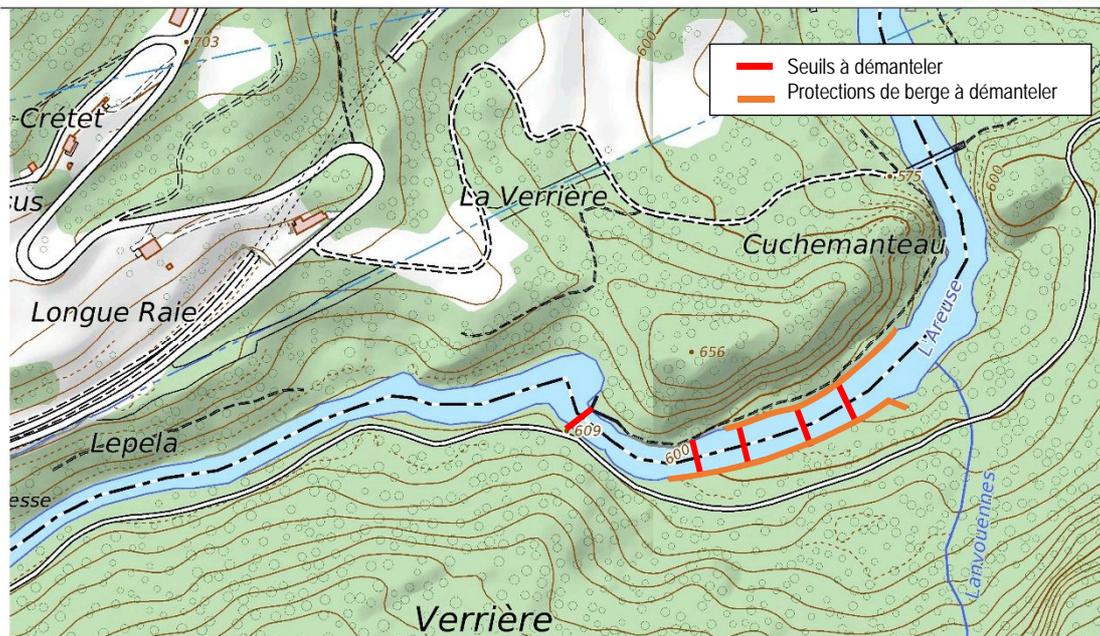
En aval de Champ-du-Moulin se trouve un ensemble massif de 5 seuils situés en amont d'un secteur où les gorges sont très en pente. La fonction de ces ouvrages est vraisemblablement de stabiliser le profil en long et d'éviter l'érosion régressive du lit. La suppression de ces ouvrages présenterait plusieurs avantages : activation de l'érosion, assainissement de la migration piscicole, revitalisation des berges, ... Il pose cependant des questions de faisabilité et de sécurité.

Critères	Appréciation	Remarques
Degré de gravité des atteintes charriage au cours d'eau	Favorable	Degré de gravité des atteintes : notable
Potentiel écologique	Favorable	Potentiel écologique dans les gorges : important
Efficacité de la mesure*	Favorable	Activation vraisemblablement importante (peut-être trop) du charriage
Coût de la mesure	Pas favorable	200'000 – 1 mio CHF
Proportionnalité de coût	Neutre	
Intérêt de la protection contre les crues	Pas favorable	L'augmentation du débit charrié pourrait potentiellement augmenter le risque d'inondation en aval (Boudry) si elle n'est pas correctement maîtrisée. Une augmentation du débit charrié pourrait par contre contribuer à réduire les problèmes d'érosion sur le delta
Politique énergétique – énergie renouvelables	Pas favorable	L'augmentation du débit charrié pourrait potentiellement provoquer des problèmes dans la prise d'eau en aval (Le Chanet)
Faisabilité technique*	Pas favorable	Risque local (route des gorges) Difficultés techniques
Paysage	Favorable	Démantèlement de vieux aménagements peu esthétiques
Protection des eaux	Neutre	Secteur Ao
Coordination / opportunité	Favorable	Revitalisation (migration piscicole : pente élevée et secteur potentiellement difficilement franchissable naturellement)

Tableau 17 : Evaluation de la mesure 3

*L'efficacité et la faisabilité technique de cette mesure nécessite une étude géologique afin de vérifier :

- L'impact local d'un démantèlement (risque sur les infrastructures situées sur les versants)
- L'impact global d'un démantèlement sur le charriage (volume d'apport prévisible)



Impression du : 04.11.2014 11:40:58

Échelle 1:2500



Informations dépourvues de foi publique. Bien que ces renseignements aient été recueillis avec soin, aucune garantie n'est donnée quant à l'exactitude et la mise à jour des données de cette carte ou ce plan.

© SITN - SwissTopo DV 571.4 - OpenStreetMap

Figure 11 : Situation de la mesure 3 : Démantèlement des seuils en aval de Champ-du-Moulin



Photo 15 : Seuils en aval de Champs-du-Moulin

8.1.4 Mesure 4 : Démantèlement des protections de berge à l'embouchure

A l'état naturel, les embouchures sont les points névralgiques des cours d'eau (Leite Ribeiro, M., Blanckaert, K., Boillat, J.-L., Schleiss, A., 2012: Elargissement local des embouchures. In: Fiches sur l'aménagement et l'écologie des cours d'eau, OFEV, Berne. Fiche 5).

Du point de vue écologique il est important que soient garanties pour le cours d'eau la connectivité latérale et la connectivité longitudinale, ainsi que le charriage de matériaux et d'alluvions. Dans une zone de confluence naturelle se développent généralement, sur un espace restreint, des écosystèmes très variés que l'on ne retrouve nulle part ailleurs. Ces spécificités sont dues aux interactions entre les débits, les régimes de charriage, l'apport d'alluvions et la morphologie. Du point de vue paysager les embouchures constituent des repères importants dans les paysages alluviaux. Lorsque leur état naturel est conservé ou restauré, elles constituent souvent des zones de détente appréciées. L'élargissement local des embouchures accroît la diversité des habitats et la connectivité longitudinale des cours d'eau.

La revitalisation et l'élargissement de l'embouchure de l'Areuse permettrait de favoriser l'alluvionnement et la création de bancs de graviers dans ce secteur (gravier provenant de l'Areuse et également du transit littoral). Ce secteur est très fortement exposé à la bise et subit actuellement des processus d'érosion qui pose des problèmes pour la stabilité des berges.

La mesure présentée ci-dessous comprend uniquement le démantèlement des protections de berges sur une longueur d'environ 100 m, car cette mesure peut entrer dans le champ de l'assainissement du charriage en considérant que la protection de berge est un "ouvrage influençant de manière grave le régime de charriage et devant être assaini".

L'élargissement de l'embouchure pourrait être réalisé sur les deux rives mais la rive gauche est plus favorable au niveau foncier (terrain en domaine public cantonal). L'élargissement devra également prendre en compte plusieurs autres contraintes (sentier pédestre, amarrage de bateaux, ...)

Critères	Appréciation	Remarques
Degré de gravité des atteintes charriage au cours d'eau	Pas favorable	Degré de gravité des atteintes : faible
Potentiel écologique	Plutôt favorable	Potentiel écologique sur le delta : moyen (mais potentiel hydrobiologique important)
Efficacité de la mesure	Favorable	Effet local mais sur le secteur potentiellement très intéressant de l'embouchure
Coût de la mesure	Favorable	50'000 – 200'000 (uniquement la partie du démantèlement des protections de berge)
Proportionnalité de coût	Favorable	
Intérêt de la protection contre les crues	Neutre	
Politique énergétique – énergie renouvelables	Neutre	

Critères	Appréciation	Remarques
Faisabilité technique	Favorable	Secteur peu construit; absence de difficulté technique particulière
Paysage	Favorable	Possibilité de recréer un delta alluvial intéressant
Protection des eaux	Neutre	Secteur Ao
Coordination / opportunité	Favorable	Projet de renaturation de l'embouchure Revitalisation

Tableau 18 : Evaluation de la mesure 4

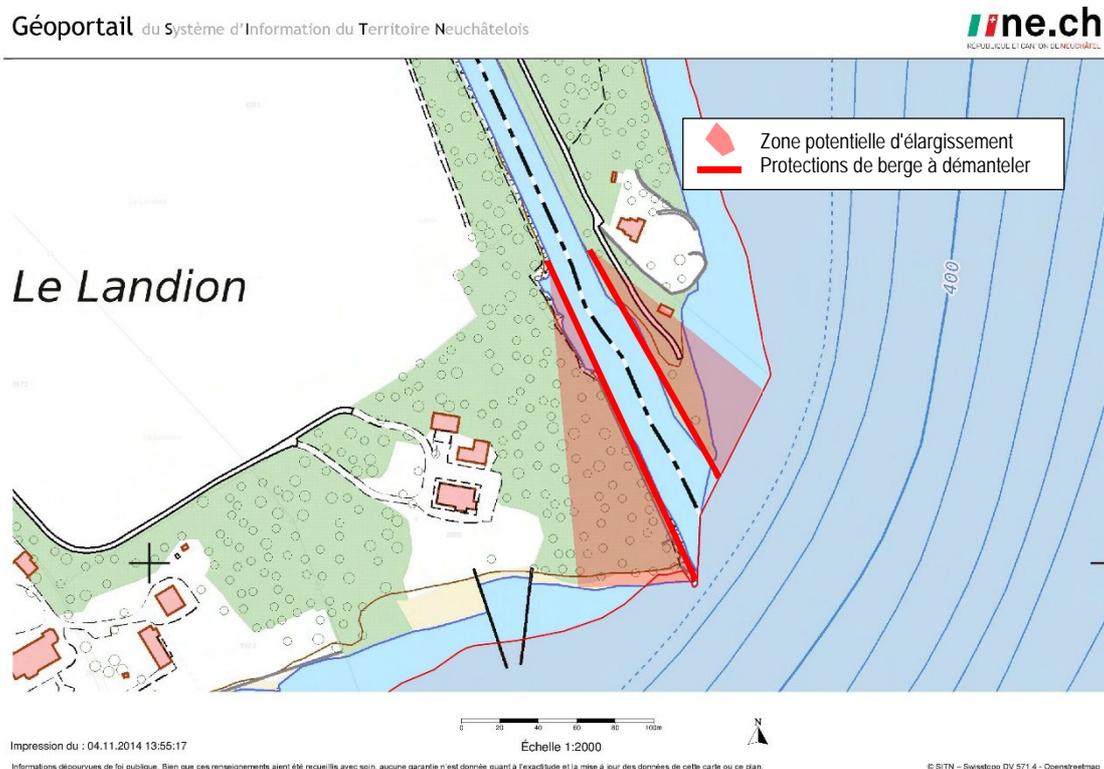


Figure 12 : Situation de la mesure 4 : Démantèlement des protections de berge à l'embouchure (l'élargissement en rive gauche est plus intéressant du point de vue foncier)



Photo 16 : Pointe de l'embouchure de l'Areuse

8.2 Assainissement des dépotoirs

Les trois ouvrages nécessitant un assainissement présentent la particularité de ne pas causer de d'atteinte grave en l'état actuel en raison de l'absence de curage depuis de nombreuses années. Le tableau suivant liste quelques mesures d'assainissement envisageables :

Catégorie	Mesure	Dépotoir de l'Areuse	Dépotoir du Buttes (Doux)	Dépotoir du Bied de Môtiers
Constructive	Transformer le dépotoir pour qu'une partie des matériaux charriés puisse transiter vers l'aval	non (vanne de purge existante)	oui	oui
	Démanteler le dépotoir	(oui)	(oui)	(oui)
Exploitation	Réduire ou supprimer l'exploitation	oui	oui	oui
	Extraire du gravier du dépotoir et le restituer en aval	non	non	non

Tableau 19 : mesures d'assainissement envisageables pour les dépotoirs

- Les trois dépotoirs sont fermés à l'aval par un seuil. Le dépotoir de l'Areuse comporte déjà une vanne de purge, qui pourrait être ouverte pour laisser des matériaux transiter vers l'aval durant certaines crues.
- Le démantèlement des dépotoirs est envisageable, sous réserve de conflit avec la protection contre les crues. Sur l'Areuse, la réelle fonction du dépotoir comme ouvrage de protection contre les crues n'a pas été mis en évidence dans l'étude de carte de danger [7]. La fonction des dépotoirs du Buttes et du Bied de Môtiers comme ouvrage de protection contre les crues semble plus clairement établie.
- La suppression du curage est déjà un état de fait depuis plusieurs dizaines d'années. Lors des études de carte de danger, l'absence d'entretien des ouvrages n'a pas été mise en évidence comme un déficit de sécurité pour la protection contre les crues.
- Le déficit de charriage en aval des dépotoirs est actuellement jugé comme faible; il n'est donc pas nécessaire de prévoir une restitution de gravier en aval des ouvrages actuellement.

8.3 Synthèse de l'évaluation des mesures

Les mesures d'assainissement situées dans les gorges de l'Areuse devront être étudiées de manière plus détaillées principalement au niveau de la géologie des sites afin de s'assurer de l'impact réel de la mesure et d'éviter en particulier :

- les risques liés à des apports trop importants de matériaux solides en aval.
- la déstabilisation d'ouvrages existants tels que les sentiers et voies de communication.

Le démantèlement des ouvrages situés immédiatement en amont des 2 secteurs de gorges (Saut-de-Brot et aval de Champ-du-Moulin) est dans ce contexte susceptible d'apporter beaucoup de charriage par érosion régressive du lit. Il sera difficile de maîtriser l'ampleur de ce phénomène et les risques induits (protection contre les crues, déstabilisation d'infrastructures est important).

Le projet d'élargissement de l'embouchure de l'Areuse dépasse le cadre de l'assainissement du charriage. Le régime de charriage serait finalement un bénéficiaire secondaire de la mesure. Il s'agit par contre d'un projet de revitalisation particulièrement intéressant qui pourrait apporter un bénéfice important tant au niveau de la nature, du paysage qu'au niveau touristique.

Pour les dépotoirs, la solution d'assainissement la plus simple consiste à renoncer entièrement au curage de ces ouvrages. Si des curages devenaient indispensables pour la protection contre les crues, il serait important de n'extraire qu'une partie des matériaux stockés.

8.4 Planification de l'assainissement du charriage

Les délais suivants ont été définis pour l'assainissement des installations :

Cours d'eau	Installation	Délai d'assainissement	Remarque
Areuse	Dépotoir des Isles	2030-2036	
Buttes	Dépotoir de la Doux	2016-2022	
Bied de Môtiers	Dépotoir	2023-2029	
Areuse	Seuils + protection de berges dans les gorges	2023-2029	A coordonner avec les autres domaines de l'assainissement

Tableau 20 : Délai d'assainissement des installations

9. Géodonnées

L'annexe 9 décrit les géodonnées créées dans le cadre de ce mandat :

- Une shape "COURS_EAU_CIBLES" comprenant les cours d'eau cibles et renseignant la présence ou l'absence d'atteinte grave au régime du charriage sur ces cours d'eau.
- Une shape "INST_CHARRIAGE" contenant l'ensemble des installations évaluées dans le cadre de cette étude
- Une shape "P_INST_CHARRIAGE" contenant les parties d'installations déterminantes pour le régime du charriage et renseignant si elles occasionnent des atteintes graves au régime du charriage et si elles doivent être assainies.

10. Conclusion

Le rapport final de la planification cantonale de l'assainissement du régime du charriage dans le canton de Neuchâtel montre qu'aucune centrale hydroélectrique ne nécessite un assainissement du régime du charriage.

Trois dépotoirs sont par contre considérés comme provoquant une "atteinte grave". Ce sont de grands ouvrages qui n'ont plus été curés depuis de nombreuses années. On estime que le curage des matériaux actuellement déposés en amont déstabiliserait la dynamique du charriage en aval pendant plusieurs années avant que le cours d'eau ne retrouve un état d'équilibre satisfaisant pour les écosystèmes. La solution d'assainissement la plus simple consiste à renoncer au curage de ces ouvrages ou à effectuer des extractions limitées de matériaux en cas de nécessité.

Sur l'Areuse, une atteinte grave du régime du charriage est mise en évidence dans le secteur de ses gorges et de son delta. Cette atteinte grave est provoquée par l'ensemble des aménagements de cours d'eau situés dans les gorges (seuils et protections de berges).

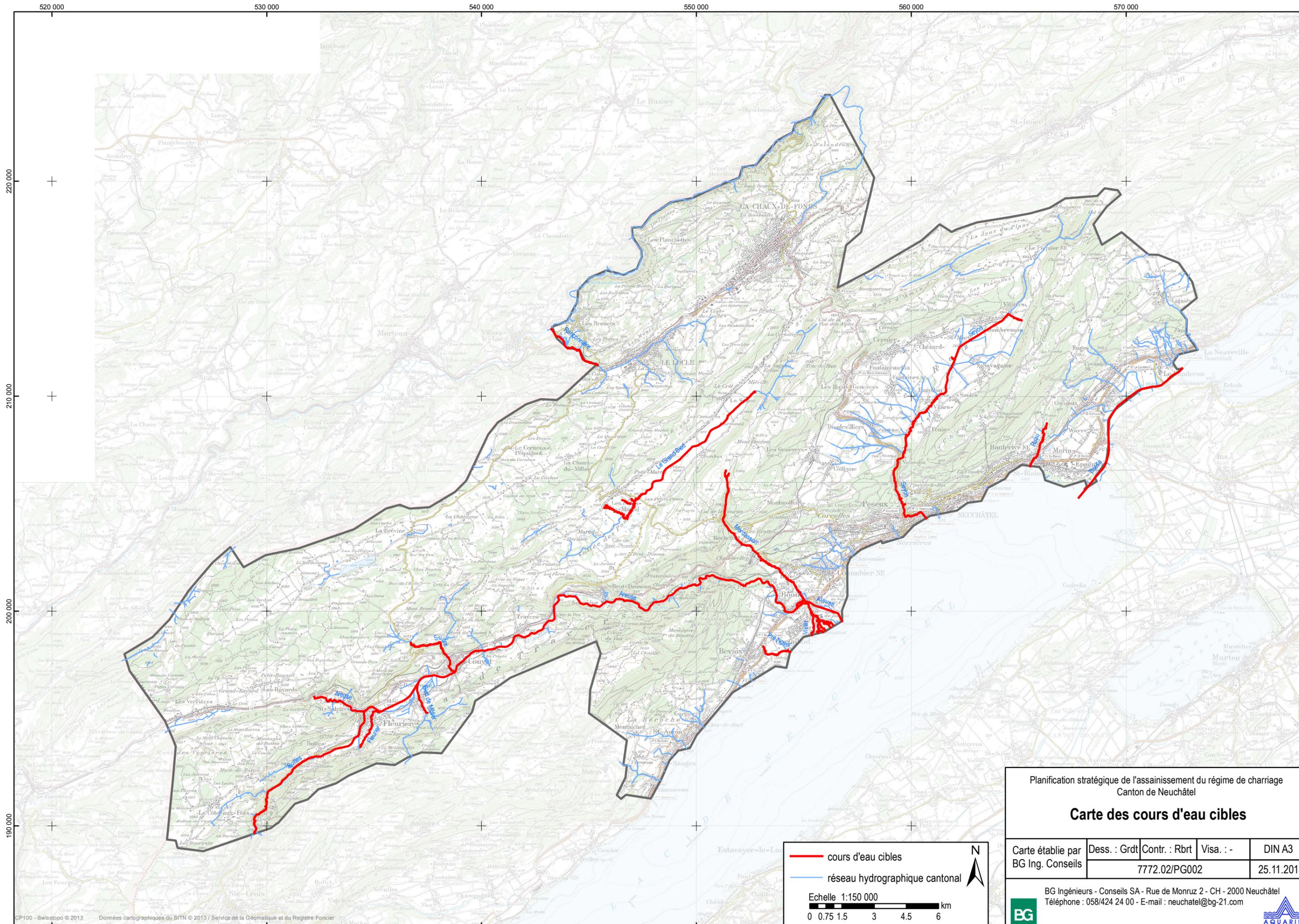
L'assainissement de ces aménagements est délicat car ils possèdent une fonction de protection importante, tant au niveau local (stabilisation des infrastructures) que global (protection contre les crues en aval, à Boudry). Une étude géologique est nécessaire pour vérifier la faisabilité du démantèlement d'un ou plusieurs de ces aménagements. Un projet de démantèlement pourrait être mené dans le cadre conjoint de l'assainissement de la migration piscicole et de la revitalisation du cours d'eau. Une telle mesure devrait permettre de redynamiser de manière limitée et contrôlée le charriage dans la partie aval de l'Areuse et contribuer à réduire ainsi les problèmes d'érosion dans ce secteur.

11. Bibliographie

- [1] Schälchli U., Kirchhofer A. 2012: Assainissement du régime de charriage – Planification stratégique. Un module de l'aide à l'exécution Renaturation des eaux. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1226: 71 p.
- [2] Canton de Neuchâtel : Assainissement des débits résiduels au sens de l'article 80 et ss, LEaux, Rapport intermédiaire, phase 1, Aquarius, avril 2013.
- [3] Plan régional d'évacuation des eaux (PREE) du Val-de-Ruz, synthèse de la phase 1 - diagnostique, BG Ingénieurs conseils, octobre 2007.
- [4] PREE Val-de-Ruz, Module hydrologie, Stucky-Mages, juin 2007.
- [5] Abschätzung der mittleren jährlichen Geschiebeeinträge in Vorfluter, Praxishilfe (Entwurf), BAFU, Januar 2013.
- [6] Basse-Areuse, Flussbauliche Beurteilung von Varianten zur Sanierung der Sohlstufen "Près des Esserts" und "La Pêcherie", VAW, April 2004
- [7] Carte des dangers liés aux mouvements de terrain et à l'eau de la partie supérieure du Val-de-Travers, MFR Géologie-Géotechnique et al., novembre 2004.
- [8] Carte des dangers de la partie inférieure du Val-de-Travers, SDI – BEG, Janvier 2007.
- [9] Evaluation du potentiel hydroélectrique du Canton de Neuchâtel – 1^{ère} partie, Rapport technique, BG, décembre 2009.
- [10] Petite centrale hydroélectrique de Boudry, Essais sur modèle physique – rapport intermédiaire n°2, LCH N°07/2010, Laboratoire de Constructions Hydrauliques de l'EPFL, mars 2010.
- [11] Etude des dangers naturels liés à l'eau du canton de Neuchâtel – Secteur de la Basse-Areuse et du Sud du Canton, Phases 1 et 2, Stucky, septembre 2009.
- [12] Planification stratégique de la revitalisation des cours d'eau – données de base : calcul du potentiel écologique et du bénéfice pour la nature et le paysage, Natura Sàrl, septembre 2013.
- [13] Canal du Vivier : Etude hydraulique du canal et de la vanne du Vivier, Stucky SA, septembre 2010.
- [14] Strategische Planung Sanierung Geschiebehaushalt – Ergänzende Präzisierungen zum Modul
- [15] Etude des dangers naturels liés à l'eau – secteur "Val-de-Ruz" et "Entre-deux-lacs", Phase I et II, Groupement d'étude des dangers naturels liés à l'eau, p.a. ECOgestion Sàrl, Juillet 2009
- [16] Planification stratégique de la revitalisation des cours d'eau du canton de Neuchâtel – extraits du rapport final, Natura, 2014



Annexe 1. Carte des cours d'eau cibles (carte 7772.02-PG002)



Planification stratégique de l'assainissement du régime de charriage
Canton de Neuchâtel

Carte des cours d'eau cibles

Carte établie par BG Ing. Conseils	Dess. : Grdt	Contr. : Rbrt	Visa. : -	DIN A3
7772.02/PG002				25.11.2014
BG Ingénieurs - Conseils SA - Rue de Monruz 2 - CH - 2000 Neuchâtel Téléphone : 058/424 24 00 - E-mail : neuchatel@bg-21.com				

— cours d'eau cibles
— réseau hydrographique cantonal

Echelle 1:150 000

0 0.75 1.5 3 4.5 6 km

Annexe 2. Liste des ouvrages analysés

Analyse des dépotoirs sur (ou en amont) des cours d'eau cibles							Appréciation qualitative						Bilan quantitatif des dépotoirs						Atteinte au régime des eaux souterraines ou à la protection contre les crues	Atteinte grave	Justification	Nécessité d'assainir	
							Extraction	Faible capacité de stockage (≤ 20 m3)	Capacité de transport solide en aval	Stockage	Impact sur le cours d'eau		Ouvrage significatif	Débit solide annuel [m3/an]	Longueur réseau hydro amont [m]	Débit solide spécifique [m3/an/km]	Volume du dépotoir [m3]	Fréquence de vidange [ans]					Extraction annuelle [m3/an]
Source	Cours d'eau	Nom	X	Y	Volume [m3]	Information sur les curages			Sédiments frais visibles dans le dépotoir	Modification visuelle de l'état du lit (amont-aval)	Reproduction piscicole en aval												
Dessableurs	Areuse	Dessableur de la Fin des Iles	533'965	195'424	2500	Dernier curage connue : 1983	exceptionnel	non	faible	non		A vérifier	76	4533	17	2500	50	50	66%	non	oui en cas de curage	- Absence d'impact visible sur le cours d'eau - Atteinte sur le débit solide > 40% - Atteinte prononcée en cas de curage	oui
Dessableurs	Les Raies (Buttes)	Dessableur de l'île	531'888	193'082	130	Pas de curage connu		non	faible	faible	Très bonne	A vérifier (pour le bilan de l'Areuse)	30	18434	17	330	30	11	37%	non	non	- Absence d'impact sur le cours d'eau - Atteinte sur le bilan de charriage de l'Areuse ~ 40% - Atteinte prononcée en cas de curage	non
Dessableurs	Buttes	Dessableur de la Doux	531'239	192'653	200	Dernier curage connue : 1983	exceptionnel	non	importants	faible	Très bonne	A vérifier (pour le bilan de l'Areuse)								non	oui en cas de curage	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
Dessableurs	Le Rio	Dessableur de St. Sulpice	533067	195579	< 20	Pas de curage connu		oui				non								non	non	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
Dessableurs	Le Rio	Champs devant l'Oura	533076	195433	< 20	Pas de curage connu		oui				non								non	non	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
Dessableurs	Sucre	Dessableur de Bourgeau	538'450	197'855	~ 100	Curages : 64, 76, 80, 86, 88, 91, 92	oui	non				A vérifier	106	12406	9	100	6	17	16%	non	non	- Atteinte sur le bilan de charriage du Sucre et de l'Areuse < 40%	non
DN002_cadastre_ouvrages	Bied de Môtiers		537'473	195'296	800	Pas de curage connu		non	oui	faible	Bonne	A vérifier (pour le bilan de l'Areuse)	46	6952	7	800	50	16	35%	non	oui en cas de curage	- Absence d'impact sur le cours d'eau - Atteinte sur le bilan de charriage de l'Areuse ~ 40% - Atteinte prononcée en cas de curage	oui
Dessableurs	Vivier	Dessableur de Champs-dessous	555'370	199'948	20	Dernier curage : 2012 curage exceptionnel dus au travaux de construction de l'autoroute en amont	exceptionnel	non	non	non	Bonne	non								non	non	- Absence d'impact sur le cours d'eau	non
DN002_cadastre_ouvrages	Merdasson		551'453	205'842	200	Pas de curage connu		non	non			non								non	non	- Absence d'impact sur le cours d'eau	non
DN002_cadastre_ouvrages	Merdasson		551'374	204'961	50	Pas de curage connu		non	non			non								non	non	- Absence d'impact sur le cours d'eau	non
DN002_cadastre_ouvrages Dessableurs	Merdasson	Dessableur de Mauvaise Combe	551'314	204'518	800	Pas de curage connu		non	non			non								non	non	- Absence d'impact sur le cours d'eau	non
DN002_cadastre_ouvrages Dessableurs	Merdasson	Dessableur des Châbles 2	551'476	203'860	120	Pas de curage connu		non	non		Très bonne	non								non	non	- Absence d'impact sur le cours d'eau	non
DN002_cadastre_ouvrages Dessableurs	Merdasson	Dessableur des Châbles 1	551'613	203'676	200	Pas de curage connu		non	non			non								non	non	- Absence d'impact sur le cours d'eau	non
DN002_cadastre_ouvrages Dessableurs	Merdasson	Dessableur de la Combe	551'900	203'329	900	Pas de curage connu		non	non			non								non	non	- Absence d'impact sur le cours d'eau	non
DN002_cadastre_ouvrages	Merdasson		552'846	202'677		Pas de curage connu		non	faible quantité et ancien			non								non	non	- Absence d'impact sur le cours d'eau	non
Dessableurs	Seyon (affluents)	Dessableur de Villiers (Ruz Chasseran)	564'677	213'985	~ 20	Pas de curage connu		oui				non								non	non	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
Dessableurs	Seyon (affluents)	Dessableur de Bernery	558'017	208'184		Pas de curage connu		oui				non								non	non	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
Dessableurs	Seyon (affluents)	Dessableur de Boudevilliers	558'008	208'650	~ 20	Pas de curage connu		oui				non								non	non	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
Dessableurs	Seyon (affluents)	Dessableur de Breuil	558'350	208'122		Pas de curage connu		oui				non								non	non	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
Dessableurs	Seyon (affluents)	Dessableur de Vaubelley	558'110	207'750		Pas de curage connu		oui				non								non	non	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
Dessableurs	Ruau de St-Blaise	Dessableur des Nouvelles Rives	565'570	206'830		Pas de curage connu		oui				non								non	non	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
DN002_cadastre_ouvrages Dessableurs	Bois de Croix	Dessableur du Bois de Croix 1	539'960	198'461	150	Curage : 2011	oui	non				A vérifier (pour le bilan de l'Areuse)	50	1471	17	200	5	40	80%	non	non	- Atteinte sur le bilan de charriage de l'Areuse > 40% mais pas un cours d'eau cible	non
Dessableurs	Bois de Croix	Dessableur du Bois de Croix 2	540'029	198'313	90	Curages : 75, 77, 77, 78, 82, 92, 00, 13	oui	non				A vérifier (pour le bilan de l'Areuse)								non	non		non
Dessableurs	Pré Novel	Dessableur de la Tuilerie	554'225	198'144		Pas de curage connu		oui				non								non	non	- Absence de curage + faible capacité de stockage	non
Dessableurs	Grand Bied	Dessableur des Gouttes	552374	209876		curage tous les 5-8 ans	oui					non								non	non	- Absence de capacité de charriage en aval	non
Dessableurs	Bied des Enfers	Dessableur de la Combe des Enfers	549'846	213'456		Pas de curage connu		non	nulle			non								non	non	- Absence de capacité de charriage en aval	non
Dessableurs	Bied des Enfers	Dessableur du Verger	549'059	213'175	142	Pas de curage connu		oui	nulle			non								non	non	- Absence de capacité de charriage en aval	non
	Combe Girard					Pas de curage connu			nulle			non								non	non	- Absence de capacité de charriage en aval	non

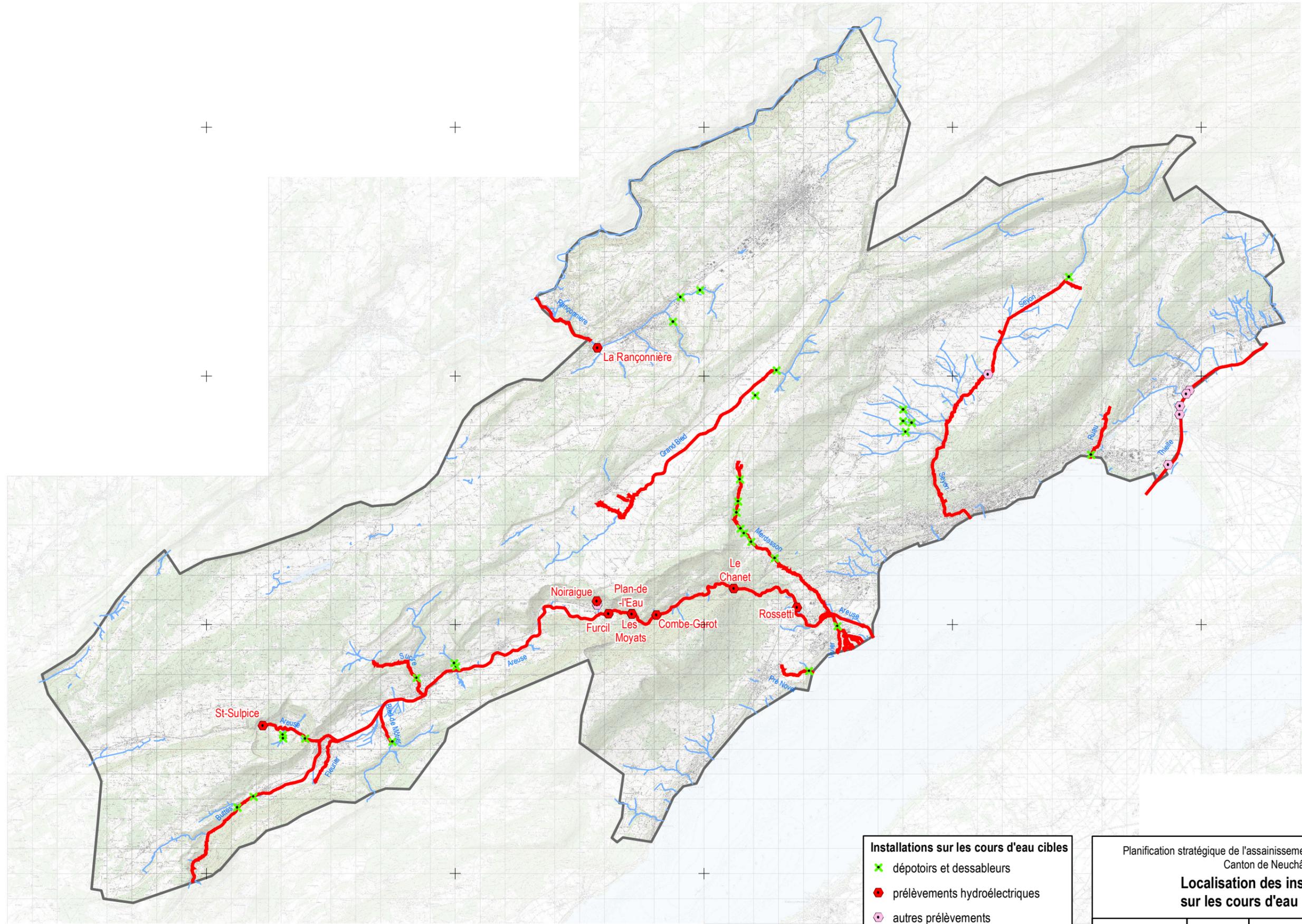
Liste des prélèvements sur des cours d'eau cibles				Altération de l'hydrologie			Altération des apports solides				Atteinte du régime de charriage	Réduction du débit solide	Atteinte au régime des eaux souterraines ou à la protection contre les crues	Atteinte grave	Nécessité d'assainir
Source	Cours d'eau	Type	Nom	Débit prélevé [m3/s]	30% Q ₉ [m3/s]	Altération possible de la capacité de transport solide sur le tronçon à débit résiduel)	Volume de stockage [m3]	Extraction	Stockage	Altération possible des apports solides					
Liste des prélèvements	Areuse	Centrale hydroélectrique	Usine électrique de St-Sulpice	14	6.81	oui	3000	Insignifiant Particules fines	Insignifiant Particules fines	non	A vérifier par un bilan	0% (capacité de transport pas limitante)	non	non	non
Liste des prélèvements	Areuse	Centrale hydroélectrique	Furcil	10	15.3	éventuellement	> 20'000	Quelques coups de grappins devant la grille	Inconnu Gestion en équilibre grâce aux purges	non	A vérifier par un bilan	0% (capacité de transport pas limitante)	non	non	non
Liste des prélèvements	Areuse	Centrale hydroélectrique	Usine du Plan-de-L'Eau	4.8	15.3	non	< 500	Nul	Indéterminé	non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Areuse	Centrale hydroélectrique	Les Moyats	4.5	15.3	non	-	Nul	- seuil comblé	non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Areuse	Centrale hydroélectrique	Combe-Garot	6	15.3	non	600	100 m ³ /an	Indéterminé	éventuellement	A vérifier par un bilan	6%	non	non	non
Liste des prélèvements	Areuse	Centrale hydroélectrique	Le Chanet	7.3	15.3	non	325	20 m ³ /an	Indéterminé	éventuellement	A vérifier par un bilan	1%	non	non	non
Liste des prélèvements	Areuse	Centrale hydroélectrique	Rossetti	1	15.3	non	non			non	non		La prise d'eau est un point faible par rapport à la protection contre les crues (indépendant du charriage)	non	non
Liste des prélèvements	Noiraigue	Centrale hydroélectrique	Noiraigue Hydroforce	L'altération hydrologique concerne la Noiraigue, qui n'est pas un cours d'eau cible			Seuil de prélèvement situé à la source de la Noiraigue (absence de charriage)				non		non	non	non
Liste des prélèvements	Bied du Locle	Centrale hydroélectrique	La Ranconnière	2	0.5	oui	oui	non	Purges (sédiments fins et déchets organiques)	non	A vérifier	0% (capacité de transport pas limitante)	non	non	non
Liste des prélèvements	Areuse	Prélèvement piscicole	Pont des Iles	0.002	6.81	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Seyon	Prélèvement piscicole	Bied de Bayerel	0.02	1.35	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Thielle	Prélèvement industriel	Bühler	0.04	57.3	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Thielle	Prélèvement industriel	Derrière le Château	0.03	57.3	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Thielle	Prélèvement industriel	Les Sauges	2.17	57.3	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Thielle	Prélèvement industriel	La Sauge-aux-Prêtre	0.04	57.3	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Thielle	Prélèvement industriel	Raffinerie	0.10	57.3	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Areuse	Hydrothermie	Pré Jorat	0.017	15.3	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Areuse	Prélèvement agricole	Noiraigue et Travers	0.011	15.3	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Thielle	Prélèvement agricole	Derrière le Château	0.033	57.3	non	non			non	non		non	non	non
Liste des prélèvements	Ruau de St-Blaise	Prélèvement eau de consommation	Source Areuse	0.027	6.81	non	non			non	non		non	non	non

Liste des aménagements

Cours d'eau	Type	Lieu	Nom	Effet de l'aménagement	Appréciation de l'impact sur le régime de charriage	Appréciation de l'impact conjoint sur le régime de charriage	Atteinte au régime des eaux souterraines ou à la protection contre les crues	Atteinte grave	Nécessité d'assainir
Seyon	Protections de berges, seuils, ...	Ensemble du Val-de-Ruz		Les aménagements figent le tracé du cours d'eau et réduisent l'érosion	Faible	Faible	non	non	non
Areuse	Protections de berges, seuils, ...	Ensemble du Val-de-Travers		Les aménagements figent le tracé du cours d'eau et réduisent l'érosion	Faible	Faible	non	non	non
Areuse	Stabilisation de berge	Noiraigue	La Clusette	Le phénomène concerne principalement le versant (effondrement). Le phénomène est déconnecté du cours d'eau.	Faible	Notable	non	Oui	Oui
Areuse	Stabilisation de berge	Aval du Furcil	Glissement de la Baleine	Effet local, réduit les apports	Faible		non		
Areuse	Seuils + protection de berge	Aval Champs-du-Moulin		Stabilise le profil en long et contribue à éviter l'activation du glissement de Prépunel	Faible - notable ?		non		
Areuse	Seuils et protections de berge	Gorges de l'Areuse	Divers lieux des gorges de l'Areuse	Stabilise le profil en long et réduit l'érosion	Individuellement faible		non		
Areuse	Seuils + protection de berge	Boudry	Seuil des Fabriques, des Esserts, ...	Actuellement les aménagements permettent de réduire l'érosion; à l'état naturel ce tronçon possède une tendance à l'alluvionnement	Faible	Faible	non	Non	Non



Annexe 3. Carte des installations (carte 7772.02-PG003)



Installations sur les cours d'eau cibles

- ✕ dépotoirs et dessableurs
- prélèvements hydroélectriques
- ⊙ autres prélèvements
- cours d'eau cibles
- réseau hydrographique cantonal

Echelle 1:150 000

0 0.75 1.5 3 4.5 6 km

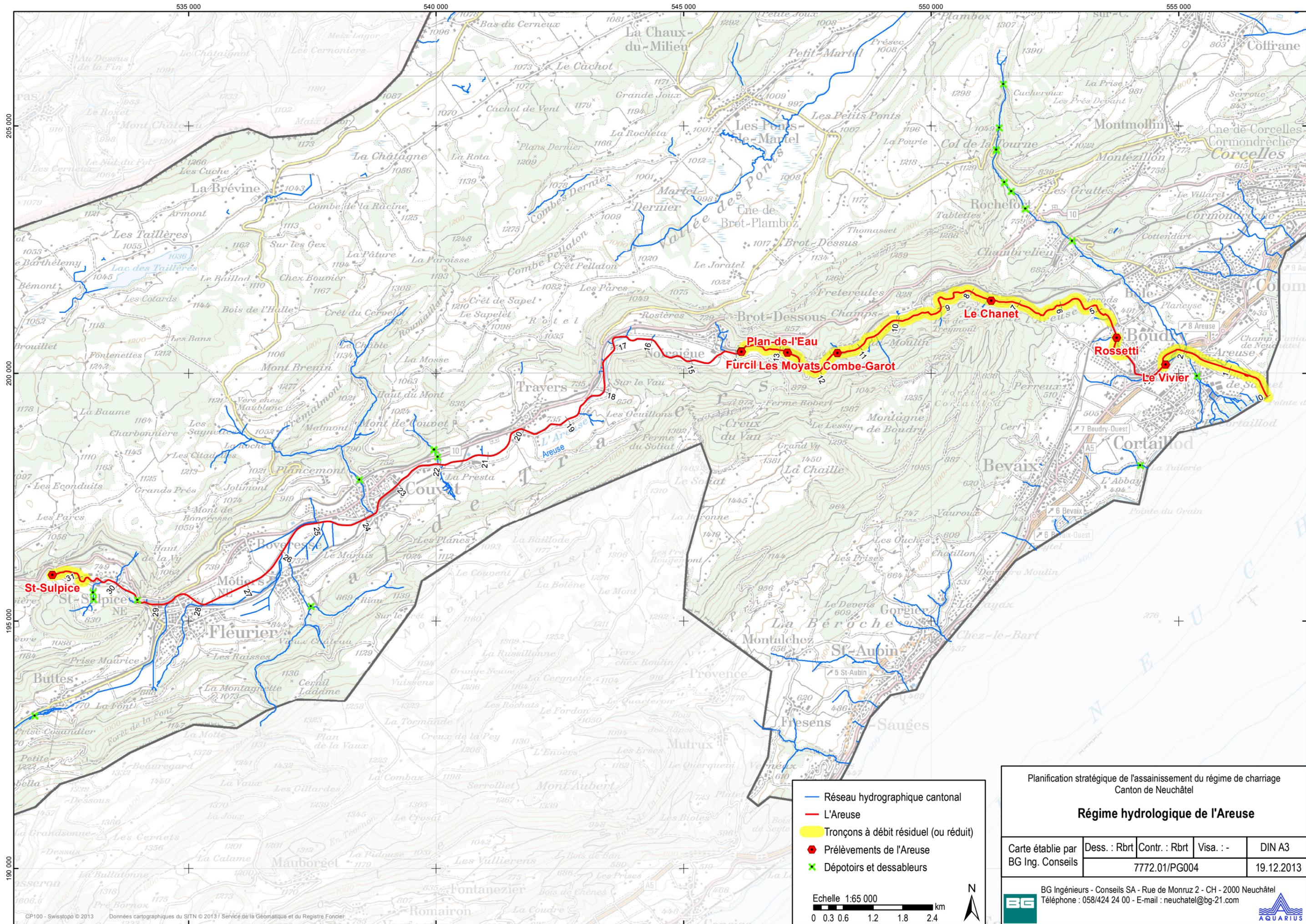
Planification stratégique de l'assainissement du régime de charriage
Canton de Neuchâtel

**Localisation des installations
sur les cours d'eau cibles**

Carte établie par BG Ing. Conseils	Dess. : Grdt	Contr. : Rbrt	Visa. : -	DIN A3
7772.02/PG003			25.11.2014	

BG Ingénieurs - Conseils SA - Rue de Monruz 2 - CH - 2000 Neuchâtel
Téléphone : 058/424 24 00 - E-mail : neuchatel@bg-21.com

Annexe 4. Régime hydrologique de l'Areuse (carte 7772.01-PG004)



Annexe 5. Fiches descriptives des installations hydroélectriques de l'Areuse



Neuchâtel - Planification des assainissements du régime de charriage - ouvrages clés

Nom: St.Sulpice

N° concession: 205850

Exploitant:Groupe E.....

Nom : L'Areuse	Commune : St.Sulpice	
Cours d'eau cible: oui	Si non, nom du cours d'eau cible en aval:	
Prélèvement	X : 532'245	Y : 195'936
Usine	X : 532'880	Y : 195'870
Restitution	X : 532'913	Y : 195'865

Description de l'ouvrage

Caractéristiques	Type	R Prélèvement d'eau (installation hydroélectrique)
	Débit équipé	14 m ³ /s
	Débit de dotation	260 l/s
	Ouvrage de prise d'eau	Seuil avec dérivation
	Volume de retenue (m ³)	Environ 3000 m ³
	Hauteur de l'obstacle à l'écoulement (m)	5.2
Gestion des matériaux	Taux de remplissage de la retenue par des matériaux (%)	Très faible, Ponctuellement déposition de particules fines, de type marneuses selon l'exploitant.
	Type d'entretien	Si nécessaire curages effectué avec une pelle rétro
	Fréquence d'entretien	Selon le responsable de l'entretien, une opération de curage a été réalisée en 2006 lors de travaux d'entretien sur la prise d'eau
	Volume de matériaux stocké [m ³ /an]	Indéterminé, insignifiant
	Volume de matériaux extrait / évacué [m ³ /an]	Indéterminé, insignifiant
	Particularités	Très légère accumulation de sédiment fin en rive gauche avec la prise d'eau sur 2-3 mètres de largeur. Pas d'intervention depuis 2006
Comportement / gestion en cas de crue	Pas de comportement particulier.	

Nom: Le Furcil

N° concession: 205900

Exploitant: ...SEVT.....

Nom : L'Areuse	Commune : Noiraigue	
Cours d'eau cible: oui	Si non, nom du cours d'eau cible en aval:	
Prélèvement	X : 546'161	Y : 200'446
Usine	X : 546'284	Y : 200'568
Restitution	X : 546'315	Y : 200'561

Description de l'ouvrage

Caractéristiques	Type	R Prélèvement d'eau (installation hydroélectrique)
	Débit équipé	10 m ³ /s
	Débit de dotation	700 l/s
	Ouvrage de prise d'eau	Vanne de fond Barrage avec dérivation
	Volume de retenue (m ³)	Inconnu de l'exploitant : surface d'influence du barrage : environ 10'000 m ² (SITN, 2014). Profondeur moyenne sur cette surface > 2 mètres donc un volume d'au moins 20'000 m ³ .
	Hauteur de l'obstacle à l'écoulement (m)	3
Gestion des matériaux	Taux de remplissage de la retenue par des matériaux (%)	Inconnu, la gestion actuelle semble être en équilibre selon l'exploitant.
	Type d'entretien	Purges Curages
	Fréquence d'entretien	La vanne de purge est levée lors de hautes eaux par l'exploitant afin de réduire la pression devant les grilles et dégagée l'orifice par lequel est octroyé le débit résiduel. Ce dernier constate du transit de sédiments fins et de sables mais pas de transit ou dépôt de grande quantité plus grosses granulométries. Le responsable actuel de l'entretien n'a connaissance que d'un curage effectué il y a un peu plus de 25 ans. Pendant les crues les vannes principales sont levées.
	Volume de matériaux stocké [m ³ /an]	Inconnu
	Volume de matériaux extrait / évacué [m ³ /an]	Inconnu
	Particularités	Quelques coups de grappins ont été donnés à plusieurs intervalles devant la grille de prise d'eau et ont montrés une accumulation visiblement stable de sédiments fins et sables.
Comportement / gestion en cas de crue	Le canton demande à l'exploitant d'ouvrir les vannes principales lorsque le débit atteint 80 m ³ /s, soit environ la crue annuelle.	



Nom: Plan-de-l'Eau

N° concession: 206000

Exploitant:SEVT.....

Nom : L'Areuse	Commune : Brot-Dessous	
Cours d'eau cible: oui	Si non, nom du cours d'eau cible en aval:	
Prélèvement	X : 546'169	Y : 200'436
Usine	X : 547'105	Y : 200'457
Restitution	X : 547'085	Y : 200'429

Description de l'ouvrage

Caractéristiques	Type	R Prélèvement d'eau (installation hydroélectrique)
	Débit équipé	4.8 m ³ /s
	Débit de dotation	700 l/s
	Ouvrage de prise d'eau	Seuil, sans prise d'eau (eau provenant directement du Furcil)
	Volume de retenue (m ³)	Indéterminé, probablement moins de 500 m ³ .
	Hauteur de l'obstacle à l'écoulement (m)	3
Gestion des matériaux	Taux de remplissage de la retenue par des matériaux (%)	Indéterminé
	Type d'entretien	Aucun
	Fréquence d'entretien	Aucun
	Volume de matériaux stocké [m ³ /an]	Indéterminé
	Volume de matériaux extrait / évacué [m ³ /an]	Nul
	Particularités	Projet de démantèlement en cours
Comportement / gestion en cas de crue	Aucun	



Neuchâtel - Planification des assainissements du régime de charriage - ouvrages clés

Nom: Les Moyats

N° concession: 206100

Exploitant:

Nom : L'Areuse	Commune : Brot-Dessous	
Cours d'eau cible: oui	Si non, nom du cours d'eau cible en aval:	
Prélèvement	X : 547'099	Y : 200'421
Usine	X : 548'052	Y : 200'427
Restitution	X : 548'091	Y : 200'415

Description de l'ouvrage

Caractéristiques	Type	R Prélèvement d'eau (installation hydroélectrique)
	Débit équipé	4.5 m ³ /s
	Débit de dotation	250 l/s
	Ouvrage de prise d'eau	Seuil avec dérivation, l'eau provient directement de l'usine du Plan de l'Eau
	Volume de retenue (m ³)	nul
	Hauteur de l'obstacle à l'écoulement (m)	3.5
Gestion des matériaux	Taux de remplissage de la retenue par des matériaux (%)	Pas de retenue – seuil totalement comblé avec des matériaux.
	Type d'entretien	Ouverture de vannes de de purge situées dans le canal de dérivation en hautes eaux
	Fréquence d'entretien	Selon les besoins
	Volume de matériaux stocké [m ³ /an]	Dans la retenue - nul
	Volume de matériaux extrait / évacué [m ³ /an]	Nul
	Particularités	Apports significatifs de matériel depuis le glissement de moraines en aval du dos de la baleine. Stabilisation et moins de matériaux depuis l'aménagement de gros blocs au pied du glissement.
	Comportement / gestion en cas de crue	Le charriage transit par le seuil lors des crues.



Neuchâtel - Planification des assainissements du régime de charriage - ouvrages clés

Nom: Combe-Garot

N° concession: 206200

Exploitant:VITEOS.....

Nom : L'Areuse	Commune : Boudry	
Cours d'eau cible: oui	Si non, nom du cours d'eau cible en aval:	
Prélèvement	X : 548'106	Y : 200'417
Usine	X : 551'171	Y : 201'475
Restitution	X : 551'198	Y : 201'486

Description de l'ouvrage

Caractéristiques	Type	R Prélèvement d'eau (installation hydroélectrique)
	Débit équipé	6 m³/s
	Débit de dotation	250 l/s
	Ouvrage de prise d'eau	Seuil avec dérivation
	Volume de retenue (m³)	Inconnu, surface d'environ 1'000 m²
	Hauteur de l'obstacle à l'écoulement (m)	1.2
Gestion des matériaux	Taux de remplissage de la retenue par des matériaux (%)	Inconnu
	Type d'entretien	Curages mécaniques
	Fréquence d'entretien	En moyenne une fois par an
	Volume de matériaux stocké [m³/an]	Indéterminé
	Volume de matériaux extrait / évacué [m³/an]	Environ 100 m³
	Particularités	Apport de matériel depuis les falaises érodées en aval du Saut de Brot. Installation recevant le plus d'apport de matériaux entre les 3 appartenant à Viteos sur l'Areuse. Curage ayant toujours lieu après la fermeture de la pêche et avant le frai des salmonidés, en coordination avec G. Sommer Garde-faune.
Comportement / gestion en cas de crue	Aucun	



Neuchâtel - Planification des assainissements du régime de charriage - ouvrages clés

Nom: Usine du Chanet

N° concession: 206300

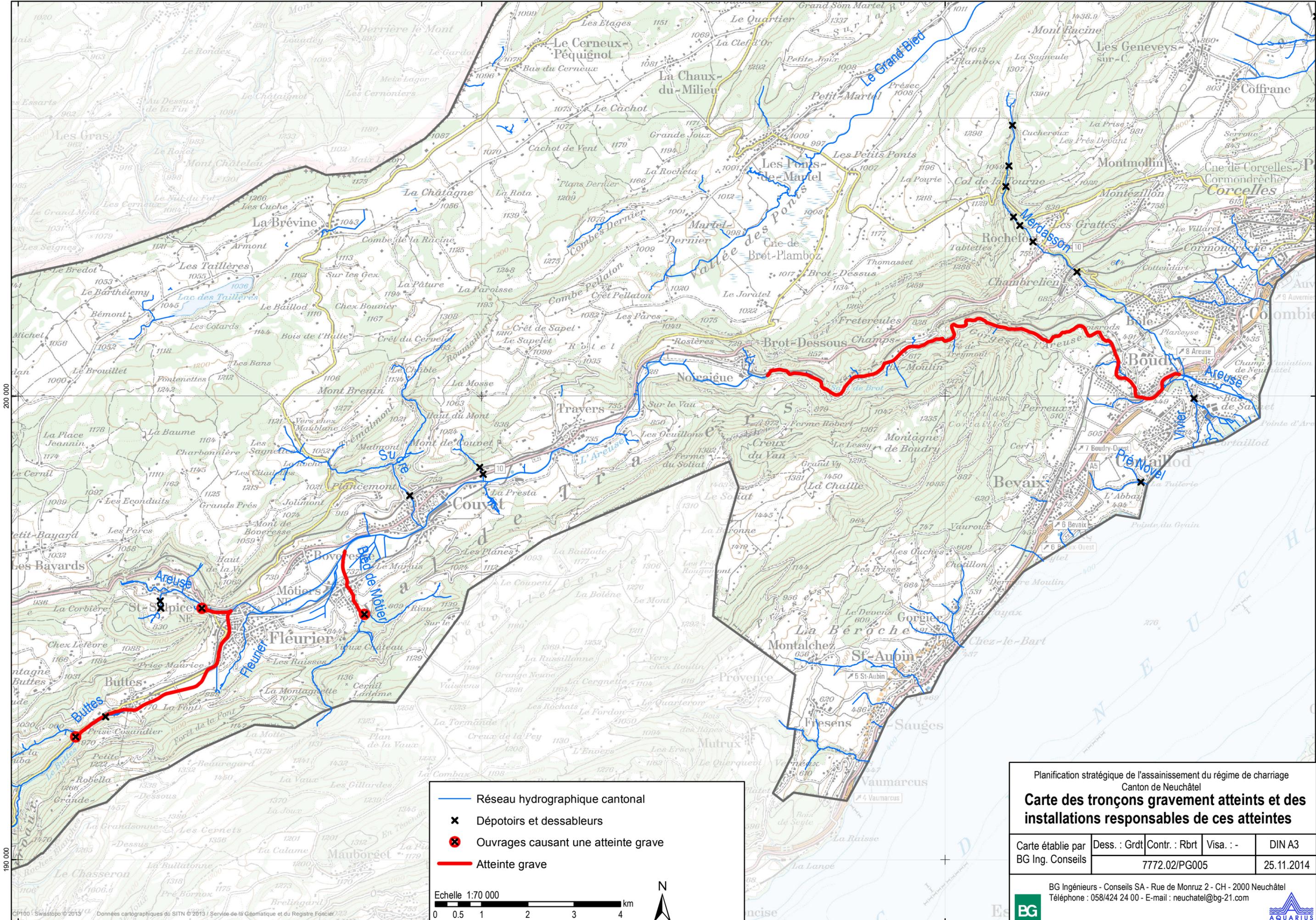
Exploitant:VITEOS.....

Nom : L'Areuse	Commune : Boudry	
Cours d'eau cible: oui	Si non, nom du cours d'eau cible en aval:	
Prélèvement	X : 551'212	Y : 201'473
Usine	X : 553'576	Y : 201'095
Restitution	X : 553'627	Y : 201'054

Description de l'ouvrage

Caractéristiques	Type	R Prélèvement d'eau (installation hydroélectrique)
	Débit équipé	7.3 m ³ /s
	Débit de dotation	250 l/s
	Ouvrage de prise d'eau	Seuil, avec dérivation
	Volume de retenue (m ³)	Inconnu, surface environ 500 m ²
	Hauteur de l'obstacle à l'écoulement (m)	1.3
Gestion des matériaux	Taux de remplissage de la retenue par des matériaux (%)	Inconnu
	Type d'entretien	Curages
	Fréquence d'entretien	Environ une fois tous les 5 ans
	Volume de matériaux stocké [m ³ /an]	Environ 20 m ³
	Volume de matériaux extrait / évacué [m ³ /an]	Environ 100 m ³ / 5 ans
	Particularités	Dans certains cas, après plusieurs périodes de crues successives apportant beaucoup d'alluvions, un curage peut être entrepris
Comportement / gestion en cas de crue	Aucun	

Annexe 6. Carte des tronçons gravement atteints et des installations responsables de ces atteintes (carte 7772.02 PG005)



— Réseau hydrographique cantonal
x Dépotoirs et dessableurs
x Ouvrages causant une atteinte grave
— Atteinte grave

Echelle 1:70 000

0 0.5 1 2 3 4 km

N

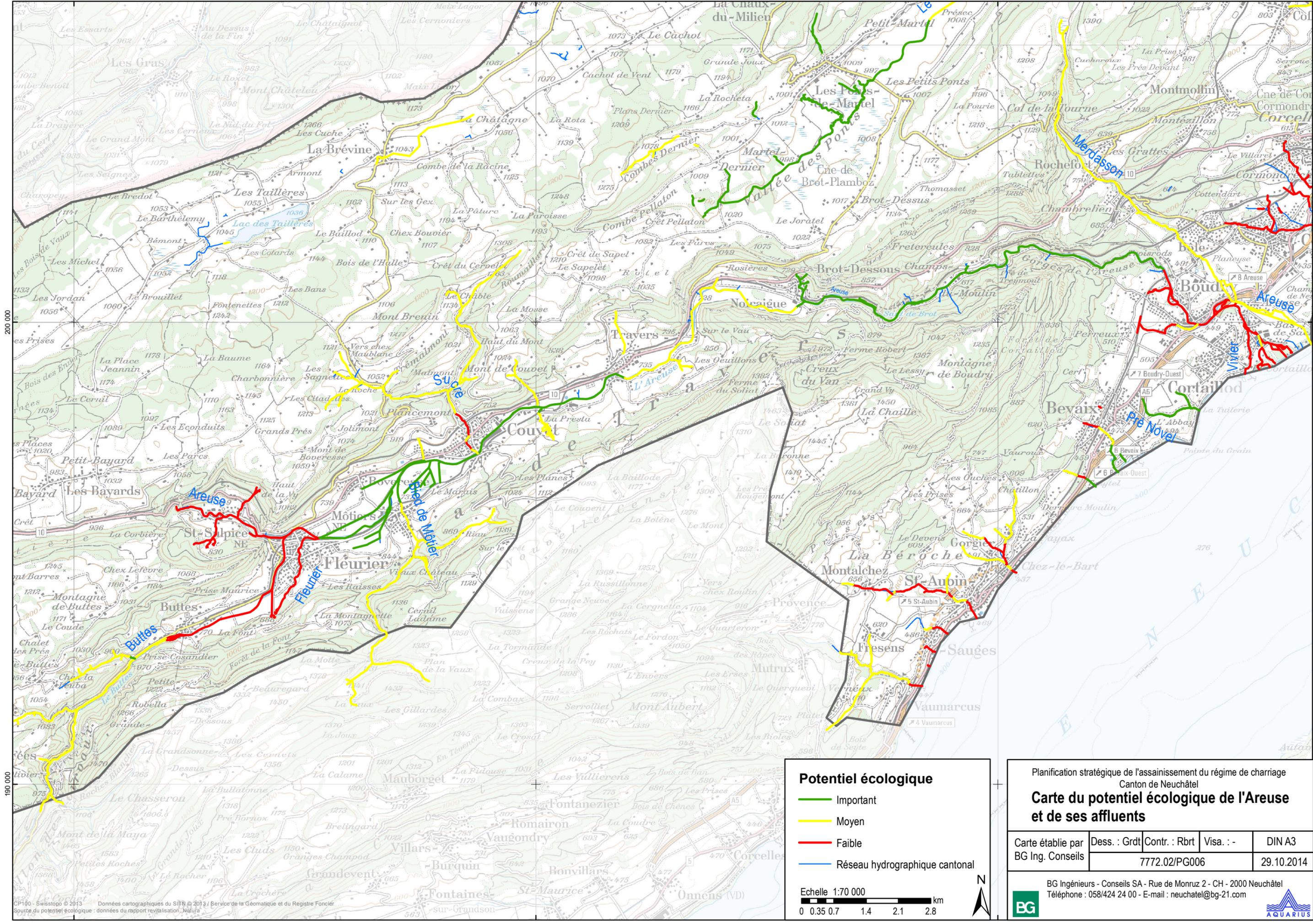
Planification stratégique de l'assainissement du régime de charriage
Canton de Neuchâtel

Carte des tronçons gravement atteints et des installations responsables de ces atteintes

Carte établie par BG Ing. Conseils	Dess. : Grdt	Contr. : Rbrt	Visa. : -	DIN A3
	7772.02/PG005			25.11.2014

BG Ingénieurs - Conseils SA - Rue de Monruz 2 - CH - 2000 Neuchâtel
Téléphone : 058/424 24 00 - E-mail : neuchatel@bg-21.com

Annexe 7. Carte du potentiel écologique de l'Areuse et de ses affluents (carte 7772.02 PG006)



Potentiel écologique

- Important
- Moyen
- Faible
- Réseau hydrographique cantonal

Echelle 1:70 000

0 0.35 0.7 1.4 2.1 2.8 km

Planification stratégique de l'assainissement du régime de charriage
Canton de Neuchâtel

**Carte du potentiel écologique de l'Aare
et de ses affluents**

Carte établie par BG Ing. Conseils	Dess. : Grdt	Contr. : Rbrt	Visa. : -	DIN A3
	7772.02/PG006			29.10.2014

BG Ingénieurs - Conseils SA - Rue de Monruz 2 - CH - 2000 Neuchâtel
Téléphone : 058/424 24 00 - E-mail : neuchatel@bg-21.com

Annexe 8. Grille d'évaluation des mesures d'assainissement

Grille d'évaluation des mesures d'assainissement

		Appréciation															
		Pas favorable	Neutre	Favorable													
Critères	Degré de gravité des atteintes	nulle, faible		notable, prononcée, très prononcée													
	Potentiel écologique	faible	moyen	important													
	Efficacité de la mesure	Activation des apports vraisemblablement limité		Bonne possibilité d'activation du charriage													
	Coût de la mesure	200'000 - 1 mio CHF 1 - 2.5 mio CHF > 2.5 mio CHF		< 50'000 CHF 50'000 - 200'000 CHF													
	Proportionalité des coûts	La proportionalité des coûts est évaluée en fonction de l'efficacité et du coût de la mesure :															
			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="2">Efficacité</th> </tr> <tr> <th>Favorable</th> <th>Pas favorable</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th rowspan="2">Coût</th> <th>Favorable</th> <td>Favorable</td> <td>neutre</td> </tr> <tr> <th>Pas favorable</th> <td>neutre</td> <td>Pas favorable</td> </tr> </tbody> </table>				Efficacité		Favorable	Pas favorable	Coût	Favorable	Favorable	neutre	Pas favorable	neutre	Pas favorable
			Efficacité														
			Favorable	Pas favorable													
	Coût	Favorable	Favorable	neutre													
		Pas favorable	neutre	Pas favorable													
Intérêt pour la protection contre les crues	Impact potentiellement négatif sur la protection contre les crues	Pas d'impact significatif	Impact potentiellement positif sur la protection contre les crues														
Politique énergétique - énergies renouvelables	Impact potentiellement négatif sur la production d'énergies renouvelables	Pas d'impact significatif	Impact potentiellement positif sur la production d'énergies renouvelables														
Faisabilité technique	Problème de faisabilité : risque local pour la stabilité des infrastructures; difficultés techniques		A priori aucun problème de faisabilité particulière														
Paysage	Impact négatif sur le paysage	Pas d'impact significatif	Impact positif sur le paysage														
Protection des eaux *	Zones de protection des captages (S1, S2, S3)	Ao															
Coordination / opportunité		Pas de synergie mise en évidence	Synergie possible avec d'autres domaines de la renaturation ou d'autres projets en cours														

* évaluation réalisée par le SENE, section Eaux et Sol

Annexe 9. Description des géodonnées

Description des géodonnées du projet

SHAPE COURS_EAU_CIBLES

Type : shape polyligne

NOM	Card	Type	Description
NOMCE	1	Texte	Nom du cours d'eau
NOMCE_COMP	1	Texte	Nom complet du cours d'eau
CODECE	1	Numérique	Numéro cantonal du cours d'eau
Etat	1	Etat actuel Etat cible	Etat analysé
Att_grave	1	Oui Non	Atteinte grave au régime de charriage
Pot_eco	0..1	Faible Moyen Important	Potentiel écologique (seulement en cas d'atteinte)
Auteur	1	Texte	Auteur
Date	1	Date	Date de création

SHAPE INST_CHARRIAGE

Type : shape point

NOM	Card	Type	Description
Nom	0..1	Texte	Nom de l'installation
SAHE	0..1	Numérique	N° SAHE de l'installation (si existant)
Xcoord	1	Numérique	Coordonnées
YCoord	1	Numérique	Coordonnées
Type_inst	1	Dépotoir Ouvrage à dérivation	Type d'ouvrage
Commentaire	0..1	Texte	Commentaire
Auteur	1	Texte	Auteur
Date	1	Date	Date de création

SHAPE P_INST_CHARRIAGE

Type : shape point

NOM	Card	Type	Description
Nom	0..1	Texte	Nom de l'aménagement
SAHE	0..1	Numérique	N° SAHE de l'installation (si existant)
Xcoord	1	Numérique	Coordonnées
YCoord	1	Numérique	Coordonnées
Type	1	Prélèvement d'eau Dépotoir	Type de partie d'installation déterminante pour le charriage
Att_grave	1	Oui Non	Atteinte grave au régime de charriage
Assain.	1	Oui Non	Nécessité d'assainissement du régime du charriage
Commentaire	0..1	Texte	Commentaire
Auteur	1	Texte	Auteur
Date	1	Date	Date de création