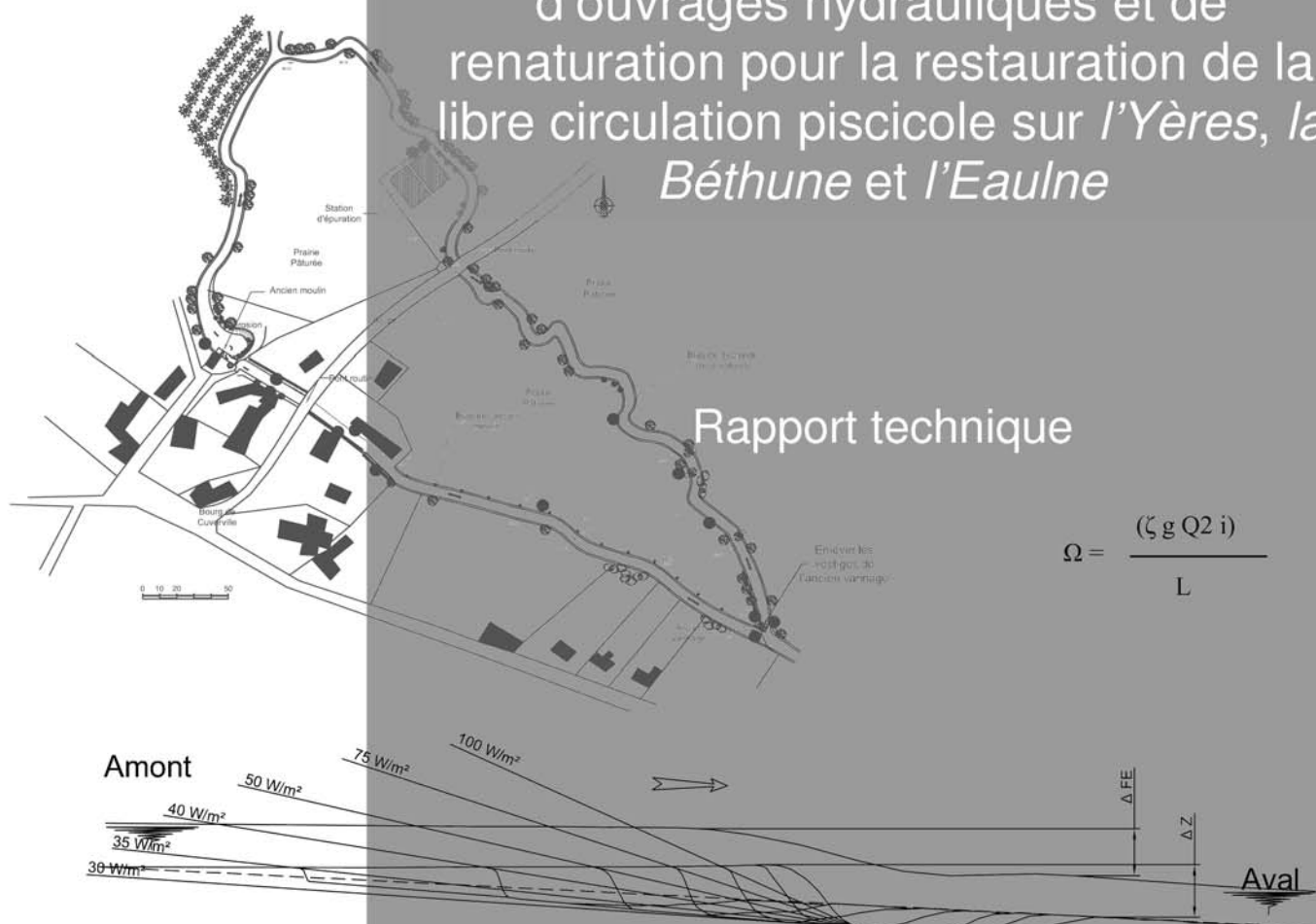


Rapport de stage pour l'obtention du Master 2 « Ingénierie des Milieux Aquatiques et des Corridors Fluviaux »

Proposition de solutions de dérasement
 d'ouvrages hydrauliques et de
 renaturation pour la restauration de la
 libre circulation piscicole sur *l'Yères, la
 Béthune et l'Eaulne*

Rapport technique

$$\Omega = \frac{(\zeta g Q^2 i)}{L}$$



STUCKY

180, rue Guy Arnaud
 30900 Nîmes
 Tél. : 04 66 04 05 70
 Fax : 04 66 04 05 69
 E-mail : stucky@stucky.fr

Guillaume BOUNAUD

Promotion 2005-2008

Août 2008

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord Annick Vaxelaire pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage ainsi que pour m'avoir conseillé, suivi et soutenu pendant mon séjour à STUCKY Ingénieurs Conseils.

Je tiens également à remercier les membres des comités de pilotage qui sont les acteurs techniques et financiers des études RLC de l'Yères, de la Béthune et de l'Eaulne et tout ceux qui ont participé de près ou de loin à leur réalisation. Je pense particulièrement à :

- M. Linot de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie,
- M. Richard et M. Fagard de l'Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques
- M. Bastard de la Direction Départementale de l'Agriculture et des Forêts de Seine Maritime,
- M. Mirkovic du Conseil Général de Seine Maritime,
- M. Thinus de la Direction Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie,
- M. Vincent du Syndicat intercommunal du bassin versant de l'Eaulne et des bassins versants adjacents
- M. Mansouri et M. Thulliez du Syndicat Intercommunal du bassin versant de la Béthune,
- M. Alix et M. Chocart de l'Association Syndicale des Propriétaires Riverains de l'Yères,
- les propriétaires de chaque ouvrage.

Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel du bureau d'études pour ses précieux conseils, son soutien ainsi que pour sa collaboration dans l'élaboration des études. Merci donc aux dessinateurs, aux sigistes, aux ingénieurs(es) d'études et aux secrétaires.

Mon séjour a été l'occasion de chercher des retours d'expériences qui a donné lieu à des échanges ou à des visites. Je remercie pour cette collaboration Fabien Védie de la DDAF du Pas-de-Calais, Hervé Régniez du Syndicat mixte pour le SAGE de la Canche (62), Jonathan Leproult de la communauté de commune des Montrésor (37), Fabien Languille du Syndicat de la Brenne (37), Laëtitia Le Gurun en stage à Migrateur Rhône Méditerranée, Thierry Lefèvre de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, la CATER Basse-Normandie et bien d'autres...

Un grand merci à tout ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce rapport.

Sommaire

Sommaire	1
Résumé	2
Abstract	3
Abbreviations	4
1. Introduction	5
2. Les études de « Restauration de la Libre Circulation »	6
2.1. Contexte réglementaire et objectifs	6
2.2. L'intégration dans l'équipe de travail	9
2.3. Contenu technique du stage.....	12
3. Matériels et méthodes	15
3.1. Acquisition de données	15
3.2. Caractérisation de l'hydromorphologie des bassins versants et de leur cours d'eau	17
3.3. Caractérisation de l'érosion régressive.....	17
3.4. Les incidences de l'érosion régressive	22
3.5. Justification d'un dérasement de seuil :.....	24
3.6. Justification d'une renaturation	24
3.7. Mesures d'accompagnement	24
4. Résultats et propositions d'aménagements	27
4.1. Présentation générale	27
4.2. Morphologie et hydrologie des bassins	28
4.3. Caractéristiques des sites étudiés	29
4.4. L'hydromorphologie des cours d'eau.....	33
4.5. Le contexte piscicole	35
4.6. La réglementation des ouvrages	40
4.7. L'étude des solutions rustiques	41
4.8. Présentation de quelques solutions proposées	45
4.9. Synthèse des propositions	53
4.10. Attribution d'aide au financement	54
4.11. Les solutions adoptées par les propriétaires	55
Conclusion	56
Bibliographie	57
Table des matières	59
Liste des tableaux	61
Liste des figures	62
Table des Annexes	63

Résumé

Dans le cadre des études du rétablissement de la libre circulation piscicole de 3 cours d'eau de Haute-Normandie, le bureau d'études STUCKY étudie et propose des solutions permettant le franchissement des obstacles réputés infranchissables. Ces solutions sont de différents types :

- Dispositifs de franchissement ou passes à poissons : prébarrages, passe à bassins, passes à raletisseurs...
- Aménagements rustiques : dérasement de seuil et renaturation.

Favorisant la dynamique naturelle des cours d'eau, les dérasements et renaturations permettent une franchissabilité définitive et améliorent le transit sédimentaire. Mon intervention au sein de ce bureau d'études a permis d'analyser, sur les 37 sites étudiés, les incidences des opérations de dérasement et de renaturation (érosion régressive, adaptation de la végétation, pérennité des usages, vulnérabilité du bâti) et de déterminer les mesures d'accompagnement à prévoir. Pour chaque cours d'eau, une présentation de l'état des lieux et des esquisses d'aménagement envisageable ont été réalisées dans le cadre de réunions regroupant le maître d'ouvrage et le comité de pilotage.

Mots clés : Franchissement piscicole, dérasement, renaturation, hydromorphologie, incidence, érosion régressive.

Abstract

Within the framework of the restoration of the circulation of migrating fishes studies in 3 rivers of Hautes-Normandie, the engineering company, STUCKY studies and proposes solutions allowing the crossing of insuperable hydraulic works. These solutions could be of various types:

- Devices of crossing or fish passes: successive basins, flow reducer...,
- Rustic solutions: erasing of weirs and renaturation.

So as to favour a natural river dynamics, the erasing and renaturation allow a final franchissability and improves the sediment transport. My intervention within this company are to identify, on the 36 studied sites, the incidences of the erasing (the headwater erosion, the plant reactivity, the use perennially, the built structures vulnerability) and to analyze the renaturation possibilities. For each river, this study gave a presentation of the hydraulics works diagnosis and the proposal for solutions with their justified measurements.

Key words: Fish crossing, erasing hydraulic works, renaturation, hydromorphology, incidence, upstream erosion.

Abbreviations

RLC	Restauration (ou Rétablissement) de la Libre Circulation piscicole
CSP	Conseil Supérieur de la Pêche
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (anciennement CSP)
CRE	Contrat Restauration Entretien
PDPG	Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles
SDVP	Schéma Départemental à Vocation Piscicole
SIBB	Syndicat Intercommunal du Bassin versant de la Béthune
SIBEL	Syndicat Intercommunal du Bassin versant de l'Eaulne et des bassins versants adjacents
ASPRY	Association Syndicale des Propriétaires Riverains de l'Yères
LEMA	Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
DCE	Directive Cadre de l'Eau
CE	Code de l'Environnement
DIREN	Direction Régionale de l'ENVironnement
DDAF	Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
EPTB	Etablissement Public et Territorial de Bassin
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
CATER	Cellule d'Assistance Techniques à l'Entretien de Rivière
COGEPOMI	Comité de Gestion des Poissons Migrateurs

1. Introduction

La loi sur l'eau de janvier 1992, puis la Directive Cadre sur l'Eau d'octobre 2000, conduisent à une gestion des cours d'eau plus respectueuse des espèces piscicoles et à une restauration de la dynamique naturelle des rivières.

Conscients de la présence d'espèces migratrices protégées dans les rivières de Haute-Normandie, les acteurs locaux se mobilisent et mettent en place des études de Restauration de la Libre Circulation (RLC) des poissons migrateurs. Sur les rivières de l'Yères, de la Béthune et de l'Eaulne, les comités de pilotage ont choisi le bureau d'études STUCKY Ingénieurs Conseils pour réaliser ces études.

Ces études ont pour objectifs communs d'établir un état des lieux des sites infranchissables, de proposer des solutions permettant le franchissement des obstacles par les poissons et d'étudier en détail la solution retenue par le propriétaire du site.

Différentes solutions sont envisageables : des dispositifs de type passe à poissons ou des opérations restaurant la dynamique naturelle des cours d'eau. Ces dernières peuvent se faire soit par dérasement de l'ouvrage soit par rétablissement du lit du cours d'eau dans son ancien lit. Elles ont l'avantage de restaurer aussi le transit sédimentaire.

La suppression d'un ouvrage stabilisant le profil en long entraîne généralement une érosion régressive (vers l'amont) qui abaisse le lit de la rivière et le niveau de l'eau. Selon les sites, la ripisylve, les bâtiments, les usages ou le paysage peuvent subir des transformations notables voire préjudiciables. Mon intervention, au sein de STUCKY a permis de définir les incidences de ces solutions rustiques sur le lit du cours d'eau et de proposer des mesures permettant de rendre ces opérations réalisables.

Etabli dans le cadre de l'obtention du Master 2 IMACOF, ce rapport de stage présente ma réflexion sur la proposition de solutions de dérasement de seuil et de renaturation.

Après avoir recadré ce document dans le contexte des études RLC, une partie méthodologique présente les données et la façon dont elles ont été utilisées. Par la suite, le développement des résultats aboutit sur une discussion basée sur la proposition de certaines solutions.

2. Les études de « Restauration de la Libre Circulation »

2.1. Contexte réglementaire et objectifs

2.1.1. Contexte réglementaire

L'Yères, la Béthune et l'Eaulne sont des rivières classées au titre de l'article L432-6 du Code de l'Environnement issu de la loi pêche de 1984. Cette article L432-6 stipule : « *Dans les cours d'eau ou parties de cours d'eau et canaux dont la liste est fixée par décret, après avis des conseils généraux rendus dans un délai de 6 mois, tout ouvrage doit comporter des dispositifs assurant la circulation des poissons migrateurs. L'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien de ces dispositifs. Les ouvrages existants doivent être mis en conformité, sans indemnité, avec les dispositions du présent article dans un délai de 5 ans à compter de la publication d'une liste d'espèces migratrices par bassin ou sous-bassin fixée par le ministre chargé de la pêche en eau douce et, le cas échéant, par le ministre chargé de la mer* ». En partie réglementaire, les articles R432-3 et 4 spécifient par les annexes, les cours d'eau, parties de cours d'eau et canaux classés par décrets.

Depuis 1904 et jusqu'en 2002, les cours d'eau et canaux français ont, en totalité ou en partie, fait l'objet d'un classement par décret, des listes d'espèces migratrices piscicoles. Ce classement permet de définir les espèces migratrices qui font l'objet de protections par la réglementation. Les listes des espèces migratrices de l'Yères, la Béthune et l'Eaulne sont définies par l'arrêté ministériel du 18 avril 1997. Les espèces concernées sont pour chacune de ces rivières les suivantes :

- Saumons Atlantiques
- Truites de mer
- Truites fario
- Anguilles
- Lamproies marines
- Lamproies fluviatiles

Aussi, dans l'ambition première d'atteindre les objectifs de la Directive Cadre européenne sur l'Eau d'octobre 2000 (DCE), en particulier le bon état écologique, la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques du 30 décembre 2006 (LEMA) promeut une continuité écologique assurer tant par la migration des espèces piscicoles, que par le transit sédimentaire.

2.1.2. SDAGE

En terme de disposition réglementaire, le SDAGE du Bassin Seine Normandie, en cours de validation, porte une réelle attention à la problématique de la libre circulation des poissons.

Parmi les 41 orientations fondamentales du SDAGE visant à répondre aux enjeux du bassin, la 16^{ème} Orientation s'intitule « Assurer la continuité écologique pour atteindre les objectifs environnementaux des masses d'eau ». Cette orientation se décline en 8 dispositions dont les 3 premières concernent directement la présente étude :

- Disposition 60 : Décloisonner les cours d'eau pour améliorer la continuité écologique
- Disposition 61 : Dimensionner les dispositifs de franchissement des ouvrages en évaluant les conditions de libre circulation et leurs effets
- Disposition 62 : Supprimer ou aménager les buses estuariennes des cours d'eau côtiers pour améliorer la continuité écologique

Ainsi, les dispositions 60, 61 et 62 stipulent que l'effet résiduel cumulé des obstacles, même équipés de dispositifs de franchissement, conduit à privilégier des solutions d'effacement ou d'arasement par rapport aux solutions d'équipement. Par ailleurs, la disposition 62 rappelle l'importance de réaménager les embouchures busées.

2.1.3. Les objectifs locaux

Localement, sur les cours d'eau classés, l'application de la réglementation, visant à restaurer la libre circulation est tardive et repose sur l'implication des gestionnaires locaux. Du fait de la DCE et du mécontentement du monde de la pêche, les moyens financiers et humains sont plus importants. Ces derniers permettent d'informer les riverains sur leurs obligations et de porter les projets intéressant l'ensemble des bassins versants.

Les syndicats de rivière, l'association syndicale des propriétaires riverains de l'Yères (ASPRY), le syndicat intercommunal du bassin versant de la Béthune et le Syndicat intercommunal du bassin versant de l'Eaulne et des bassins versants adjacents (SIBEL), se sont portés maître d'ouvrage des études permettant de répondre à l'objectif fixé par l'article L.432-6 du code de l'environnement : assurer la libre circulation des poissons migrateurs. Sur chacune de ces rivières, « l'étude du rétablissement de la libre circulation des poissons migrateurs » (RLC) permet, sur les ouvrages identifiés comme « infranchissables », d'évaluer les solutions techniques permettant de restaurer la libre circulation des poissons migrateurs lors de la montaison, de la dévalaison et toute l'année. Cette initiative vise à restaurer la continuité biologique des cours d'eau et incite les propriétaires d'ouvrages à se mettre en conformité. Cette démarche est accompagnée par des partenaires financiers publiques ainsi que par des partenaires techniques regroupés au sein d'un comité de pilotage.

Sur le département de Seine-Maritime, une liste de barrages « infranchissables » a été établie pour chaque cours d'eau par les services en charge de la Police de l'Eau et de la Pêche. Ces listes figurent dans le Plan de gestion des poissons migrateurs du Bassin Seine Normandie 2006/2010.

Compte tenu de l'évolution des sites, des ouvrages ont été ajoutés d'autres ont été supprimés. Au total, sur l'Yères, la Béthune et l'Eaulne, respectivement 12, 15 et 9 sites sont jugés infranchissables.

2.1.4. Objectifs des études

A la suite d'appels d'offre, le bureau d'études STUCKY Ingénieurs Conseils a été sélectionné sur l'Yères, la Béthune et l'Eaulne, pour réaliser ces études selon les objectifs définis dans les cahiers des charges.

Pour les études RLC de l'Yères et de la Béthune, 4 phases sont retenues :

- Phase 1 : description de l'état des lieux
- Phase 2 : présentation d'esquisses d'aménagements envisageables :
 - Passe à poissons (passes à bassins, prébarrages, ralentisseurs...)
 - Le dérasement ou arasement
 - La renaturation
 - Solutions mixtes
- Phase 3 : établissement du projet détaillé retenu pour chaque site
- Phase 4 : notice d'incidences (réglementation relative aux travaux en milieu aquatiques)

A l'issue de la phase 2, les esquisses sont présentées au comité de pilotage. Les partenaires techniques (Office Nationale de Eaux et des Milieux Aquatiques et Direction Régionale de l'Environnement) apportent à cette occasion leur avis sur la faisabilité des projets.

Une fois validées sur le plan technique, les solutions sont analysées par les financeurs (Agence de l'Eau Seine-Normandie et Conseil Général de Seine-Maritime). Dans l'objectif d'atteindre le bon état écologiques des eaux et de permettre le transit sédimentaire, les financeurs subventionnent davantage les projets de renaturation et d'arasement.

A partir de résultats, les propriétaires peuvent choisir la solution qui leur paraît la plus pertinente et la plus avantageuse. Ensuite, le bureau d'études établit le projet détaillé de la solution retenue (phase 3) et présente la notice d'incidence (phase 4).

Le SIBEL a souhaitée se limiter aux phases de collecte de données (phase 1) et de présentation de plusieurs avant-projets (phase 2).

Pour ces 3 études RLC, l'objectif des phases 1 et 2 est de présenter de façon claire et synthétique les données relatives aux cours d'eau et à chacun des ouvrages ou sites. Les thèmes suivants sont détaillés :

- L'hydrologie générale du cours d'eau
- Le contexte piscicole
- Les conditions hydrologiques de chaque site
- La réglementation de chaque ouvrage
- La description de l'ouvrage (topographie)
- La ou les hauteurs de chutes
- La présentation technique de chacune des solutions envisageables (plans)
- L'estimation du coût des solutions

Globalement, ces études ont pour finalité la définition des aménagements à réaliser sur ces 37 sites.

2.2. L'intégration dans l'équipe de travail

2.2.1. Le bureau d'études : STUCKY Ingénieurs Conseils

La société STUCKY a été créée en septembre 1993 par plusieurs experts français et suisses associés à deux sociétés spécialisées dans le domaine des barrages et de la géotechnique :

Les axes privilégiés d'intervention de STUCKY sont les suivants :

- études, expertises et direction de travaux d'infrastructures hydrauliques : barrages, prises d'eau, galeries, canaux, adducteurs, stations de pompage, centrales hydro-électriques...,
- études et direction de travaux d'aménagements portuaires,
- études d'aménagements hydrauliques et de leur impact sur l'environnement,
- assistance technique à la mise en service et à l'exploitation d'aménagements hydrauliques (auscultation d'ouvrages en particulier),
- études hydrologiques et hydrauliques, conception et réalisation de systèmes de régulation et de télégestion de complexes hydrauliques,
- études d'environnement, études d'impact, analyses et expertises hydrobiologiques, animation des procédures de concertation autour de grands projets hydrauliques.

2.2.2. L'équipe de projet

Les études RLC sont coordonnées par le service environnement de STUCKY dirigé par Annick Vaxelaire (cf Annexe 1 : organigramme de STUCKY Ingénieurs Conseils). Compte tenu de leur état d'avancement, mon intervention s'est orientée sur l'analyse de terrain, la proposition

des solutions rustiques sur l'Yères et la Béthune. Sur l'Eaulne, ma participation s'est avérée plus importante dans la collecte des données.

Pour la Béthune et l'Yères, la présentation de l'état des lieux et des esquisses (phase 1 et 2) s'est répartie selon l'organisation exposé dans la figure 1.

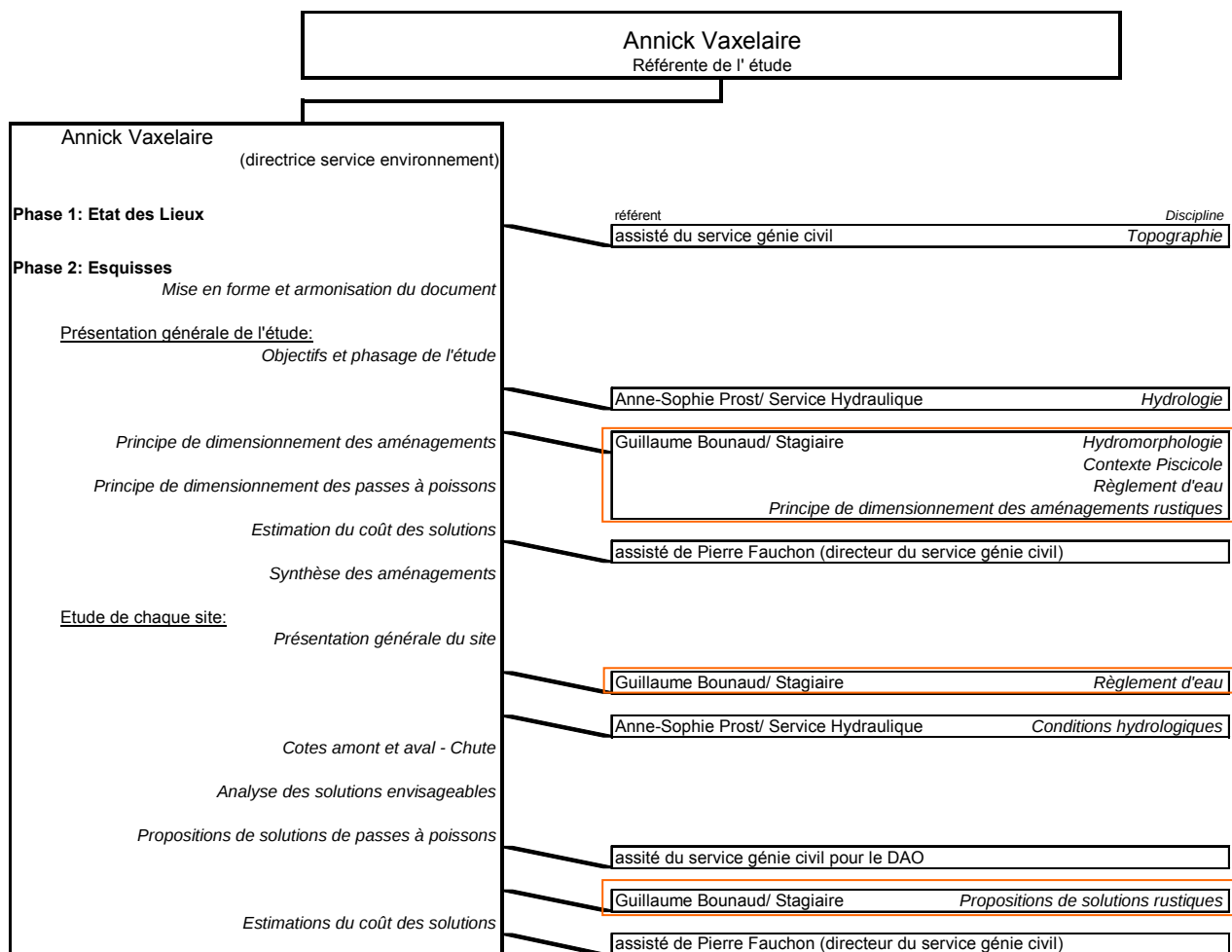


Figure 1 : Organisation des études RLC de l'Yères et de la Béthune

Pour l'Eaulne, la présentation de la collecte de données (phase 1) s'est réparti selon l'organisation exposée dans la figure 2.

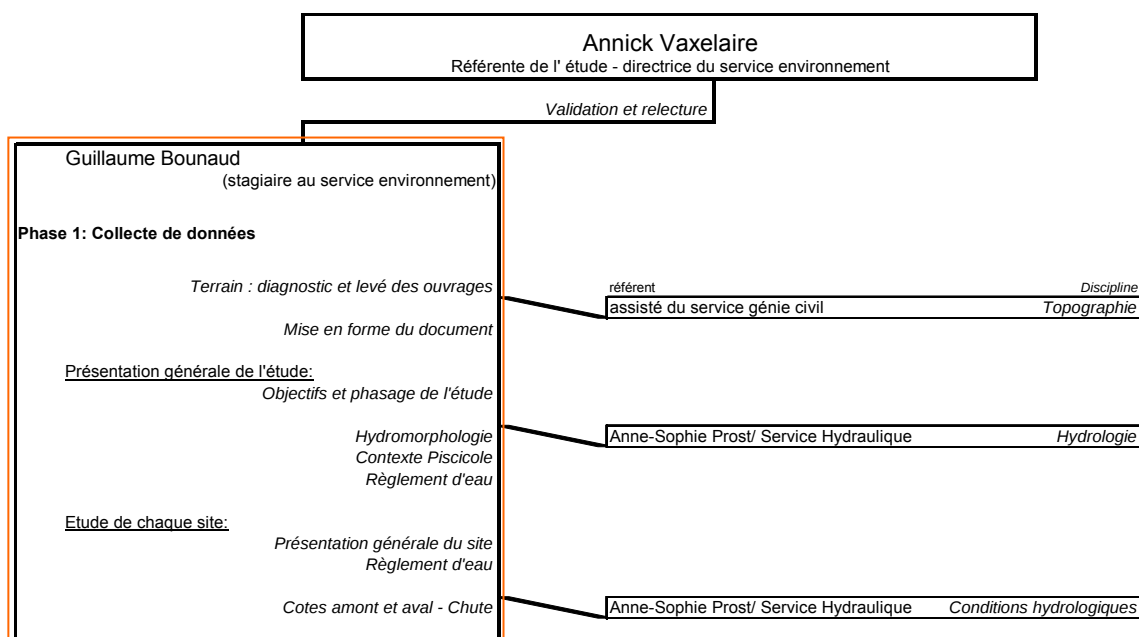


Figure 2 : Organisation de l'étude RLC de l'Eaulne

2.2.3. Contenu de mon intervention

Antérieurement à mon arrivée à STUCKY, des visites de terrain en présence du comité de pilotage ont permis de cadrer les principes d'aménagements possibles sur chaque site. Puis, des levés topographiques sur l'Yères et la Béthune, suivis d'un travail de croquis des ouvrages ont été faits.

Mon intervention dans cette équipe de travail s'est organisée de la façon suivante :

- Dans un premier temps, elle a permis d'acquérir davantage de connaissances sur les sujets traités, le stage étant l'occasion de s'enrichir d'expériences diverses menées en France.
- Dans un deuxième temps, elle a consisté à compléter l'état des lieux de mon appréciation de l'environnement des sites. Cet inventaire m'a permis d'étudier, de manière systématique, la mise en place des aménagements rustiques que sont l'arasement, le dérasement, le détournement (ou contournement) et la renaturation. Lorsque les incidences de ces opérations sont rendues acceptables par la mise en place de mesures d'accompagnement, des propositions de solutions sont établies.
- Dans un troisième temps, j'ai participé à l'élaboration du dossier relatif à chaque site en traitant le contexte piscicole, les règlements d'eau et l'hydromorphologie des cours d'eau. En organisant la mise en forme des albums photographiques et des reproductions de règlements d'eau, cela a permis d'agrémenter la lecture et la compréhension de ces études.

Le contenu du présent rapport se limite donc à présenter ma propre contribution.

2.3. Contenu technique du stage

2.3.1. Généralité

L'adoption de solutions de passe à poissons n'est pas un choix sans contrainte. En effet, à l'inverse des solutions de renaturation et de dérasement, l'établissement de passe à poissons impose pour son bon fonctionnement un maintien du plan d'eau amont, une gestion du vannage et un entretien permanent du dispositif. Hormis le fait que ce type de solution se révèle généralement plus onéreux et moins financé, celui-ci impose une présence permanente du propriétaire ou le passage régulier d'un agent d'entretien.

Les aménagements dits « rustiques » en raison de leur simplicité et de l'absence d'entretien, ont généralement un impact significatif sur le profil en long du cours d'eau. Identifiés comme dérasement, arasement, démantèlement, détournement et renaturation, ces opérations doivent donc prendre en compte les risques d'érosion et leurs incidences sur l'environnement proche des sites.

L'expérience acquise dans ce domaine est encore faible. J'ai malgré tout pu bénéficier d'expériences relatées au cours de ma formation par des professionnels (M. Bacchi – bureau d'études Rives, H. Andriamahefa – Agence de l'eau Seine-Normandie, F. Peguin – bureau d'études Biotec,...) et d'études telles que le « Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau » de J.R. Malavoi et le « Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales » de B. Lachat.

2.3.2. L'arasement et le dérasement

L'arasement est défini comme étant la diminution de la hauteur d'un ouvrage, tandis que le dérasement correspond à la suppression totale de l'ouvrage (figure 3).



Figure 3 : Photographies de la mise en place d'une rampe d'accès pour le dérasement d'un barrage à Hesdin (62) sur la Canche (source : DDAF 62)

Les conséquences de ces opérations sont les suivantes :

- Lorsqu'il y a simple arasement et que les fondations du seuil restent en place, le niveau du plan d'eau s'abaisse permettant de rendre l'ouvrage franchissable ou de réduire la chute à équiper d'une passe à poissons.
- Lorsqu'il y a dérasement total du seuil, le niveau du plan d'eau s'abaisse et le profil en long de la rivière se rétablit par érosion régressive.

2.3.3. La Renaturation



Les renaturations consistent à retracer le lit du cours d'eau en contournant l'ouvrage. Si possible, le nouveau tracé doit se positionner dans le lit originel de la rivière (figure 4). Comme pour les arasements et les dérasements, les solutions « renaturations » se posent en termes d'incidences sur les propriétés riveraines.

Lorsque le lit ancien de la rivière n'est pas identifiable ou que l'occupation du sol ne permet pas d'envisager sa restauration, on peut analyser la possibilité de réaliser un nouveau lit. Le tracé dépendra alors des contraintes existantes sur les parcelles environnant le site étudié.

Figure 4 : Photographie de la renaturation d'une rivière hollandaise (source : Cours de reméandrement de M. Andriamahefa)

2.3.4. Le détournement

Parfois identifié sous le nom de contournement ou de bras de contournement, le terme détournement définit dans ce contexte, le contournement d'un ouvrage par la rivière sur une courte distance. Cette opération est intermédiaire entre un dérasement et une renaturation. Présentant les mêmes effets que le dérasement, elle permet de ne pas mettre en péril le génie civil de l'ouvrage et du moulin auquel le propriétaire est souvent attaché (valeur sentimentale, patrimoniale, énergétique...).

2.3.5. Le démantèlement

Le démantèlement correspond à l'enlèvement de vannes, de portiques et de toutes structures entravant le transit de l'eau. Cette opération présente les mêmes effets que l'arasement et ne permet la libre circulation des poissons que lorsque le seuil de l'ouvrage est noyé c'est-à-dire sous les niveaux d'eau amont et aval.

2.3.6. Critères à prendre en compte

Pour toutes ces possibilités d'aménagement, les conséquences communes et notables se définissent en 2 points :

- Abaissement du lit amont de la rivière,
- Abaissement du niveau d'eau amont.

Ces évolutions expliquent de nombreuses incidences. Pour cela, il est essentiel d'identifier et d'évaluer en amont, les éléments suivants :

- Les usages et leur pérennité
- La vulnérabilité des éléments bâtis
- L'adaptation de la végétation rivulaire

3. Matériels et méthodes

3.1. Acquisition de données

3.1.1. Données mis à disposition

Les documents suivants ont été mis à disposition :

- Les syndicats : des données cartographiques (SIG), le Plan Départementale pour la Protection des milieux aquatiques et de la Gestion des ressources piscicoles, des diagnostics de bassin,
- La Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de Seine-Maritime : la classification des règlements d'eau aux archives départementales,
- L'Office Nationale des Eaux et des Milieux Aquatiques : les schémas cotés des passe à poissons existantes,

L'hydrologie des bassins étudiés a également été caractérisée par le service hydraulique de STUCKY. Ce service a utilisé les données hydrométriques disponibles et recueillies sur les stations gérées par la DIREN Haute-Normandie.

Station	Rivière	Surface du BV (km ²)	Altitude	Période de mesure
TOUFFREVILLE	Yères	267	14 m	1965-2008
SAINT-AUBIN	Bethune	307	14 m	1966-2008
MARTIN EGLISE	Eaulne	318	12 m	1964-2008

Tableau 1 : Liste des stations hydrométriques

Les paramètres hydrologiques de ces stations sont tirés de la banque HYDRO pour toute leur période d'observation (tableau 1). Les débits au droit de tous les sites étudiés et m'ont été transmis. La méthodologie appliquée pour la détermination est présentée en Annexe 2.

3.1.2. Les phases de terrain

Diagnostic et dimensionnement des ouvrages

En janvier 2008, les sites de l'Yères et de la Béthune ont fait l'objet d'un levé topographique (niveau) afin d'établir un schéma coté. La même opération a été menée sur les sites de l'Eaulne en juillet 2008. Cependant, il ne s'agit pas de levés précis que peut produire un géomètre.

L'objectif de ces levés sommaires est :

- d'obtenir un schéma de la vue en plan des sites,
- d'obtenir des indications de cotes.

Ces indications sont suffisantes pour établir des esquisses d'ouvrages de franchissement. Cependant, l'étude des solutions rustiques ne peut pas être effectuée avec beaucoup de précision

sans levé topographique précis du profil en long du secteur de cours d'eau concerné. Ultérieurement, dans le cadre de projets détaillés, des levés topographiques ciblés pourront être demandés à un géomètre.

Cette phase de terrain a été l'occasion de discuter avec les propriétaires :

- Des manœuvres sur leur ouvrage (périodicité, fréquence, proportion...),
- De l'intérêt qu'ils portent (affinité),
- De leur vécu sur le site (témoignages, présence ancienne de poissons migrateurs),
- De leur projet,
- De l'objet de l'étude RLC.

Diagnostic de l'environnement des sites

Ce diagnostic a été réalisé en avril et en mai 2008 pour les sites de l'Yères et de la Béthune. En revanche, sur l'Eaulne, il a été établi en même temps que le diagnostic des ouvrages (juillet 2008).

Sur un périmètre standard, délimité entre 50 m en amont de la limite du remous (l'influence hydraulique de l'ouvrage) et 50 m en aval de l'ouvrage, les composantes suivantes ont été répertoriées :

- Les usages,
- L'occupation des berges,
- Les caractéristiques des berges :
 - La ripisylve,
 - L'érodabilité des berges,
 - La pente,
- Les caractéristiques du lit :
 - Ses dimensions (largeur/profondeur),
 - Le substrat dominant et sa forme,
 - La végétation aquatique,
 - La répartition des faciès d'écoulement.

Compte tenu du temps imparti et des objectifs de l'étude, les données recueillies ont été immédiatement cartographiées sans renseigner de grilles de terrain.

3.1.3. Restitution des données

Dans un premier temps, les ouvrages ont fait l'objet de croquis par les dessinateurs, sur le logiciel AutoCad 2004. Sur ces plans sont représentés les dimensions des ouvrages ainsi que les cotes du génie civil, du terrain naturel, du lit de la rivière et des niveaux d'eau. Quelques annotations permettent d'identifier des éléments bâtis tels que passerelles, déversoirs, ponts, maisons, terrasses....

Puis l'environnement des sites a fait l'objet d'une cartographie (sur ce même logiciel) permettant à la fois de reprendre le croquis des ouvrages et de noter les informations relatives à la végétation, à l'occupation du sols, aux usages particuliers (abreuvoirs, rejets...), aux éléments bâtis (ou protection de berges), aux des infrastructures routières, ferrovières...

3.2. Caractérisation de l'hydromorphologie des bassins versants et de leur cours d'eau

Cette évaluation se fait à deux échelles :

- De manière générale, une évaluation est établie à partir de la trame permettant de caractériser « La typologie physique de cours d'eau » définie par Philippe Russo de l'Agence de l'Eau Rhin Meuse (Annexe 2). Les renseignements apportés sont de l'ordre de la géologie de l'occupation du sols, de la relation nappe/cours d'eau ce qui permet d'expliquer certains comportements des cours d'eau comme l'hydrologie ou encore le transit sédimentaire.
- Puis l'évaluation de la morphologie du lit des rivières sur le terrain permet de confirmer ces premières analyses. Les critères principalement retenus pour cette analyse sont les dimensions de portions « naturelles » (sans influence hydraulique) : la hauteur des berges, les caractéristiques de la ripisylve, les signes d'érosion et de sédimentation et surtout les caractéristiques du substrat dominant.

L'interprétation de ces critères tente de caractériser la vitesse d'évolution de l'hydromorphologie de chaque cours d'eau. Globalement, on peut dégager 2 schémas :

- Plus le débit est régulier et plus les matériaux sont cohésifs, plus le lit du cours d'eau sera stable (évolution hydromorphologique lente).
- A l'inverse, plus le débit est variable et plus les matériaux sont peu cohésifs plus le lit du cours d'eau sera instable (évolution hydromorphologique rapide)

Cette évaluation permet surtout de caractériser et de justifier les précautions à prendre en compte, et de définir l'adaptation du milieu aux opérations d'aménagement prévues (sa réactivité).

3.3. Caractérisation de l'érosion régressive

L'érosion régressive est une incidence majeure qui explique l'enfoncement du lit et l'abaissement de la ligne d'eau. Son évaluation, même grossière, est indispensable.

3.3.1. Identification du phénomène

On rencontre le phénomène d'érosion régressive dans 2 types de situations (figure 5) :

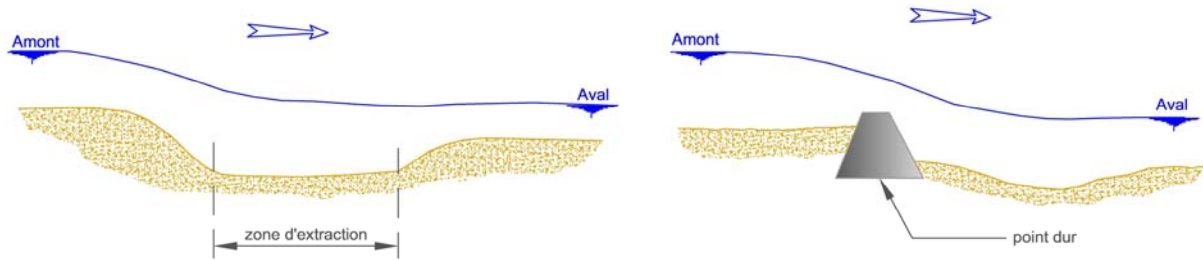


Figure 5 : Situations provoquant une érosion régressive

- Lors de l'abaissement localisé du lit d'une rivière, généralement effectué dans le cadre d'extraction de matériaux alluvionnaires dans le lit vif d'un cours d'eau,
- Lors de l'enlèvement d'un point dur cloisonnant les lits à des cotes différentes (dans le cadre d'un programme de restauration de la libre circulation, de lutte contre les inondations, de réaménagement d'ouvrages d'art...).

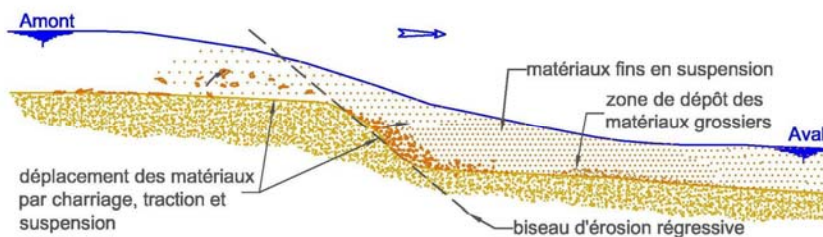


Figure 6 : Processus d'érosion régressive

Ce phénomène conduit à un rééquilibrage du profil en long du lit du cours d'eau et consiste à répartir sur l'aval les matériaux situés en amont (figure 6). Selon le poids et la forme des matériaux, ce déplacement de matériaux s'effectue par charriage et saltation au droit de la rupture de pente ou en suspension dans la proximité amont.

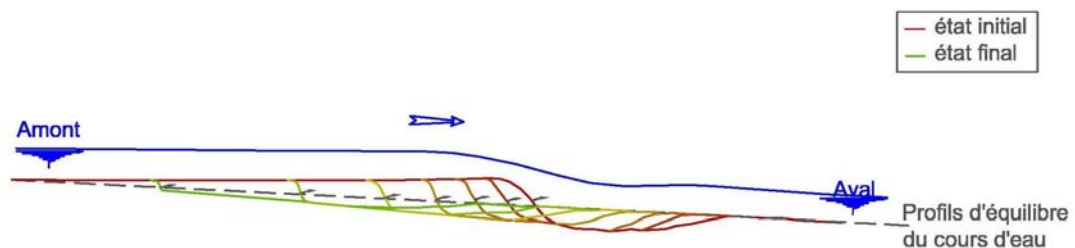


Figure 7 : Evolution du profil en long par l'érosion régressive

Le déplacement vers l'aval des matériaux provoque alors un déplacement du biseau d'érosion vers l'amont jusqu'à ce que l'énergie spécifique au droit de cette érosion soit égale à l'énergie d'équilibre du cours d'eau (figure 7).

Il faut préciser que le phénomène intervient en deux temps. Tout d'abord, l'érosion régressive intervient immédiatement après l'opération d'aménagement et correspond alors à un ajustement

du profil en long au débit transitant (plus ou moins proche du module). Puis le phénomène intervient une seconde fois lors d'évènements hydrologiques. Ce dernier ajustement se produit lors d'un écoulement de force maximale, soit lors d'un débit de crue biennale (soit un débit maximal de plein bord).

Jusqu'à présent aucune méthode normalisée ne permet de caractériser cette érosion régressive. Cependant, ce phénomène peut être expliqué par l'évaluation de la puissance spécifique ou de la force tractrice.

En effet, dans la littérature, les travaux de Brookes en 1988, repris par Wasson en 1998 ont permis de mettre en relation l'ajustement d'un cours d'eau et sa puissance spécifique (figure 8).

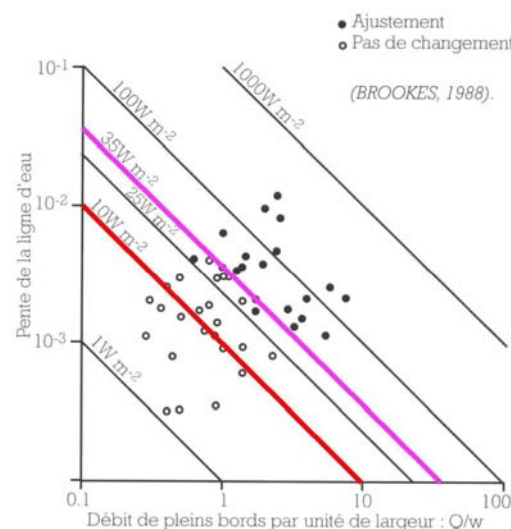


Figure 8 : Répartition de la puissance spécifique de cours d'eau par rapport au débit de plein bord et à la pente (source : Brookes 1988)

Ils ont identifié une valeur seuil qui permet de caractériser les tendances suivantes :

- au-dessus de 25 à 35 W/m^2 , la puissance spécifique du cours d'eau lui permet de s'ajuster. En quelques sortes, la rivière a une capacité de mobilité liée à une forte activité d'érosion et de sédimentation.
- en dessous de 25 à 35 W/m^2 , la puissance spécifique du cours d'eau ne lui permet aucun changement. En quelques sortes, la rivière est figée en raison d'une trop faible capacité à éroder et à sédimenter.

Jean René Malavoi souligne que cette valeur peut être « affinée ou relativisée en fonction des caractéristiques sédimentologiques des berges et notamment de leur érodabilité ». Ainsi allant contre de cette loi théorique, Jean René Malavoi admet que :

- les cours d'eau à faible puissance (10 à 15 W/m^2) peuvent montrer une érosion importante si les matériaux sont peu ou pas cohésifs et s'il existe des apports notables sur le bassin.

- à l'inverse, les cours d'eau puissants (40 à 50 W/m²) peuvent se montrer moins actifs si les apports sont peu importants et si les matériaux sont peu cohésifs.

D'un autre point de vue, l'évaluation de la force tractrice par le diagramme de Shields pourrait permettre de caractériser (en différentes étapes) l'énergie qu'implique l'écoulement à des instants différents. Cependant, à ce stade, cette application s'avère plus complexe et implique une prise en compte de l'évolution hydraulique des sites. A ce stade d'étude, l'utilisation de la force tractrice ne semble pas appropriée. Pour cela, l'évaluation se limite à utiliser la puissance spécifique.

3.3.2. Définition d'une méthodologie pour l'évaluation de ses dimensions

Dans la présente étude 2 dimensions sont à définir :

- la longueur de cours d'eau soumis à l'érosion régressive,
- la hauteur d'abaissement du lit,
- la hauteur de l'abaissement du niveau d'eau.

La formule de la puissance spécifique est l'outil de base qui permet de faire cette évaluation. Elle est définie comme suit :

$$\Omega = \frac{(\zeta g Q2 i)}{L}$$

Avec :

Ω : la puissance spécifique en W/m²

ζ : la masse volumique de l'eau = 1 000 kg/m³

g : l'accélération de l'apesanteur = 9,81 m/s²

$Q2$: le débit de crue biennal en m³/s

i : la pente en m/m

L : la largeur de plein bord en m

Afin d'apprécier les deux temps de développement du phénomène, cette méthodologie s'applique pour les débits caractéristiques que sont : le débit moyen annuel et le débit de crue biennale (remplacement de $Q2$ par Q pour obtenir la puissance spécifique pour un débit moyen). Cependant, le résultat retenu (situation d'équilibre) sera celui obtenu à partir de $Q2$.

Aussi, l'utilisation de différentes largeurs (L_{max} , L_{min} et L_{moy}) de cours d'eau observables sur le remous des ouvrages permet d'obtenir une gamme de résultats

Les renseignements suivants doivent donc être apportés :

La largeur de plein bord moyenne (L_{moy})

La largeur de plein bord maximale (L_{max})

La largeur de plein bord minimale (L_{min})

Le débit moyen annuel (module, Q)

Le débit de crue biennale ($Q2$)

La hauteur de chute (ΔFE)

La hauteur de de sédiments stockés (ΔZ)

La pente du lit (i)

Pour atteindre nos objectifs il convient de procéder en différentes étapes :

Etape 1 : Estimation de la puissance spécifique au niveau des sites

A partir de la précédente formule, les calculs avec les différents débits et une largeur moyenne, permettent d'obtenir pour chaque situation différente (Q et Q2) une puissance spécifique. Cette évaluation ne prend pas en compte le remous des ouvrages et permet donc de caractériser l'énergie de la rivière (« naturelle ») sur chaque site.

Les valeurs obtenues sont ensuite utilisées pour réaliser de l'étape 3 et 4.

Etape 2 : Estimation de la pente et des longueurs de cours d'eau associées à différentes puissances spécifiques

Cette étape n'aboutit pas à un résultat exploitable. Cependant, elle permet de mieux comprendre la formation du phénomène. En effet, elle permet de suivre l'érosion régressive au cours de sa formation et permet donc d'expliquer son évolution et ses dimensions (figure 8).

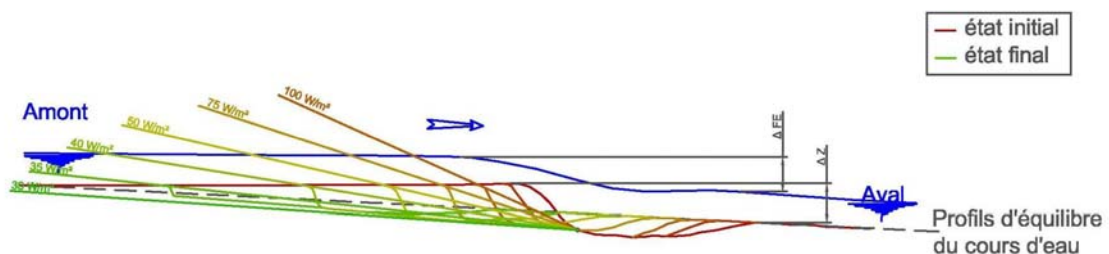


Figure 9 : Puissance spécifique par laquelle passe l'érosion régressive

Le dimensionnement du profil en long (i, l) pour différentes puissances spécifiques définies (100, 75, 50, 40....) revient à évaluer différentes situations par lesquelles passe ce phénomène. L'érosion est une dissipation d'énergie ; ainsi, elle passe de 100 à 75, puis à 50 W/m², jusqu'à atteindre la puissance spécifique du cours d'eau (Etape 1).

Pour déterminer la pente (i) et la longueur de cours d'eau concerné (l) à une puissance spécifique voulue (exemple avec 50 W/m²), on passe par les étapes suivantes :

$$i_{50} = \frac{50 L}{(\zeta g Q^2)} \quad \xrightarrow{\text{Exemple : pour } 50 \text{ W/m}^2} \quad l_{50} = \frac{\Delta Z}{i_{50}}$$

Etape 3 : Estimation de la plage limite d'extension de l'érosion régressive

A partir de la puissance spécifique évaluée pour chaque situation (Etape 1), on peut déterminer, par la méthode définie précédemment (Etape 2), la pente et la longueur de la portion de cours d'eau soumise à cette érosion. L'estimation successive de ces valeurs à partir des différentes largeurs de plein bord observées (Lmin, Lmax), permet d'obtenir une plage sur laquelle est attendue cette limite d'extension de l'érosion régressive (de lmax à lmin)(figure 9).

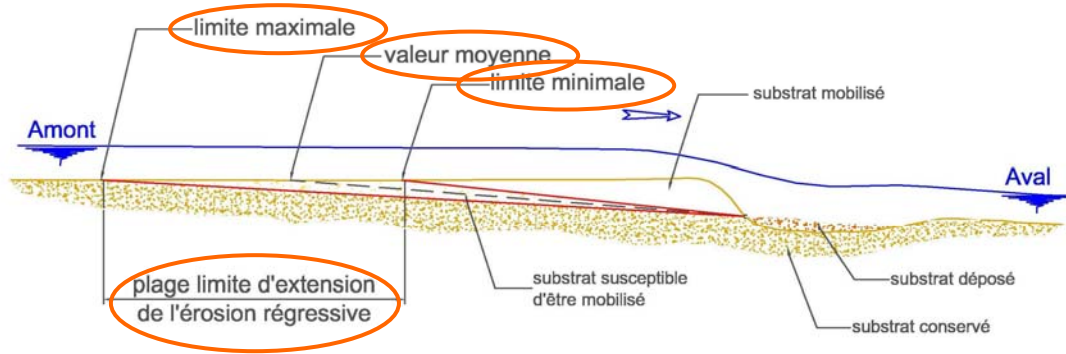


Figure 10 : Dimensions recherchées

Etape 4 : Estimation de l'abaissement du lit selon la plage d'extension de l'érosion

Selon la précédente estimation et l'épaisseur de sédiment mobilisable (ΔZ), on peut déterminer l'abaissement du lit pour une érosion minimale (à i_{min}), moyenne (i_{moy}) et maximale (i_{max}). Pour des raisons de facilité à ce niveau d'études (esquisse), cette estimation considère que le niveau amont du lit est plan.

L'abaissement du lit est donc égal à : $\Delta Z - (i * l)$ pour l , la distance définit

Ainsi, à 50 m de l'ouvrage l'abaissement maximale correspond à $\Delta Z - (i_{max} * 50)$.

3.3.3. Evaluation de l'abaissement de la ligne d'eau

Pour ces phases d'esquisses, nous pouvons estimer que le niveau d'eau en amont de l'ouvrage après aménagement correspondra à la hauteur moyenne d'eau en aval. Ainsi, le niveau d'eau en amont après aménagement, sera égale à : l'abaissement du lit précédemment calculé (Etape 4) – la hauteur d'eau en aval. Ainsi, sur un site où le niveau d'eau moyen (aval) est de 50 cm, si l'abaissement du lit suite à un dérasement est au maximum de 1,10 m, à 50 m de l'ancien ouvrage, l'abaissement de la ligne d'eau sera de 60 cm.

3.4. Les incidences de l'érosion régressive

Les incidences d'une opération de dérasement sont récapitulés dans le « Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau » et peuvent être positives ou négatives.

Ce type d'opération a l'avantage de :

- Restaurer définitivement et de manière optimale la franchissabilité,
- Restaurer un écoulement naturel permettant le développement naturel de faciès d'écoulement, d'habitats aquatiques,
- Rouvrir ou de restaurer des frayères,
- Réduire les effets de l'eutrophisation liés à la présence de plan d'eau profond et à de faible vitesse,

- Réduire l'envasement,
- Améliorer le transit des sédiments et des alluvions grossières,
- Réduire les dangers et l'entretien des ouvrages.

Ce type d'opération a aussi l'inconvénient de :

- Se traduire par une érosion régressive du substrat déposé en amont qui s'étend sur le remous solide. Des éléments bâtis (maisons, ouvrages d'art) peuvent alors être endommagés.
- Se traduire par une érosion latérale liée à la reprise de l'activité morpho-dynamique du cours d'eau ce qui peut significativement modifier le profil des berges,
- Perturber l'équilibre écologique mis en place depuis des décennies, entre autre de zones humides ou des zones inondables pouvant présenter un intérêt écologique (frayères),
- Provoquer par l'abaissement de la ligne d'eau, la mortalité d'une partie de la ripisylve dont les racines seront exondées, puis le basculement des arbres,
- Remplacer un paysage de plan d'eau par un paysage de cours d'eau changeant l'habitude des riverains,
- Dénoyer certaines zones connexes (bras mort, zone humide, abreuvoir, mare)
- Rendre difficile aux migrateurs l'accès des affluents (formation d'une chute au niveau d'un point dur, par exemple dans un busage sous une route)
- Mettre en péril la vie piscicole lors d'étiage sévère,
- Ne pas améliorer la qualité des habitats aquatiques lorsque le milieu est fortement recalibré et rectifié.
- Mettre en péril certains usages et leurs installations comme les abreuvoirs, les canaux d'irrigation, les stations de pompage, les rejets...

L'impact de l'abaissement du niveau d'eau sur la végétation arborée (aulne, frêne, sureau, aubépine, saule...) peut être considéré comme suit :

Variation de hauteur	Ordre d'importance	Réaction des peupliers	Réaction de la végétation arborée
30 cm	bénin	risque faible de dépérissement	aucun risque
	notable	risque de dépérissement	risque faible de dépérissement
60 cm	important	dépérissement	risque de dépérissement
	très important	dépérissement	risque fort de dépérissement

Tableau 2 : Vulnérabilité de la végétation arborée vis à vis de l'abaissement du niveau d'eau

Les retours expériences sur la Canche (62) (DDAF et le syndicat local – com. pers.) ont montré une bonne adaptation de la végétation à l'exception des peupliers qui sont très sensibles en raison de leurs racines traçantes. Le phénomène d'érosion régressive aurait effectivement tendance à intervenir en 2 temps :

- immédiatement selon un débit proche du module,
- 2 à 5 ans plus tard selon les crues.

En revanche, les incidences d'une opération de renaturation sont moins bien identifiées et ce, compte tenu de l'important champ d'action, de la diversité des aménagements possibles et donc de la diversité des incidences.

Les principaux avantages majeurs de la renaturation sont assez semblables à ceux du dérasement. A l'inverse, les effets peuvent être catastrophiques si certains critères et certaines dimensions d'aménagements ne sont pas respectés :

- risque d'érosion régressive en fonction du tracé envisagé (quand la pente du nouveau tracé est significativement supérieure à la pente naturelle),
- risque de dégradation de la qualité écologique
- réduction ou suppression du débit sur l'ancien bras usinier,
- risque de débordements (par exemple à cause de ponts suffisamment calibrés).

3.5. Justification d'un dérasement de seuil :

Les dérasements de seuils sont systématiquement étudiés sauf

- lorsqu'il existe une activité économique (pisciculture, hydroélectricité),
- lorsqu'il existe des risques importants pour le bâti (moulin, zone urbaine).

3.6. Justification d'une renaturation

Une opération de renaturation n'est préconisée que lorsqu'une caractéristique de l'environnement permet un rétablissement rapide et de qualité de l'hydrosystème par un autre tracé.

Ainsi, la présence en fond de vallée d'un second bras contournant l'ouvrage, d'un affluent longeant la rivière ou des prairies humides (caractéristiques recherchées) permet, lorsque les contraintes sont surmontables, d'évaluer les possibilités de renaturation.

3.7. Mesures d'accompagnement

Compte tenu des incidences potentielles précédemment énumérées, diverses mesures d'accompagnements peuvent être envisagées et employées, cependant aucune ne s'adapte de

manière systématique. L'étude des mesures d'accompagnement ne peut être faite qu'au cas par cas.

On peut cependant noter qu'il est recommandé, dans le cas d'abaissement significatif de la ligne d'eau, d'effectuer :

- Une protection des rives (en génie végétal, enrochements, palplanches) en particulier pour les berges directement soumises à l'érosion lorsque l'emprise foncière de la rivière est limitée,
- L'abattage et le recépage de la végétation ligneuse pour éviter son dépérissement et son basculement, suite à l'abaissement du niveau d'eau.
- La mise en place d'aménagements adaptés tels que risbermes, épis, profilage, reconstitution de matériaux dans le lit du cours d'eau, déflecteurs, élargissement du lit pour dissiper son énergie....

La vulnérabilité des éléments bâtis et des usages doit être au cas par cas et systématiquement étudiée.

Ces mesures peuvent s'appliquer en fonction de l'importance de l'abaissement du lit et du niveau d'eau. On peut succinctement définir leur application comme tel :

Variation de hauteur	Berge	Ripisylve	Bâtis/Usages
30 cm	aucune	aucune	mesures adaptées
60 cm	aucune	abattage des arbres susceptibles de basculer	mesures adaptées
90 cm	protection des rives concaves	confortement de la végétation à conserver et abattage/recépage de la végétation susceptible de dépérir ou de basculer	mesures adaptées
	protection des deux berges et mise en place d'aménagements adaptés (élargissement, reprofilage)	abattage/recépage de la végétation susceptible de dépérir ou de basculer et mise en place d'une ripisylve	mesures adaptées

Tableau 3 : Répartition schématique des mesures à appliquer selon l'abaissement de la ligne d'eau

En plus de ces recommandations, la conception d'une opération de renaturation doit respecter certaines contraintes comme :

- pente du lit semblable à celle du cours supérieur et inférieur,
- tracé adapté au comportement morphodynamique de la rivière (reméandrement calqué sur celui d'une portion non influencée comme l'aval de chaque site,
- section d'écoulement (gabarit : largeur, hauteur) inférieure à celle située en aval pour favoriser un ajustement naturel du cours d'eau mais calquée sur de mêmes proportions,

D'autres aspects doivent être analysés :

- la reconstitution d'un matelas alluvial par l'apport de matériaux alluvionnaires hétérogènes,
- l'ajustement de la végétation autour de ce nouveau corridor (abattage, plantation),
- la protection des berges sur les secteurs les plus sensibles à l'érosion,
- l'accessibilité aux parcelles,
- la pérennité des usages,
- le devenir de l'ancien bras (conservation d'un certain débit, remblaiement...).

L'expérience est dans ce domaine un atout majeur qui permet, allant contre de modélisations ou de justifications théoriques, d'exiger l'application de mesures ou encore l'utilisation de matériaux...

4. Résultats et propositions d'aménagements

4.1. Présentation générale

Situés au nord du département de la Seine-Maritime (figure 11), l'Yères et l'Arques sont deux fleuves côtiers voisins qui accueillent des populations de poissons migrateurs. Les 3 affluents de l'Arques : l'Eaulne, la Béthune et la Varenne sont au même titre que l'Yères, classés par liste d'espèces piscicoles.

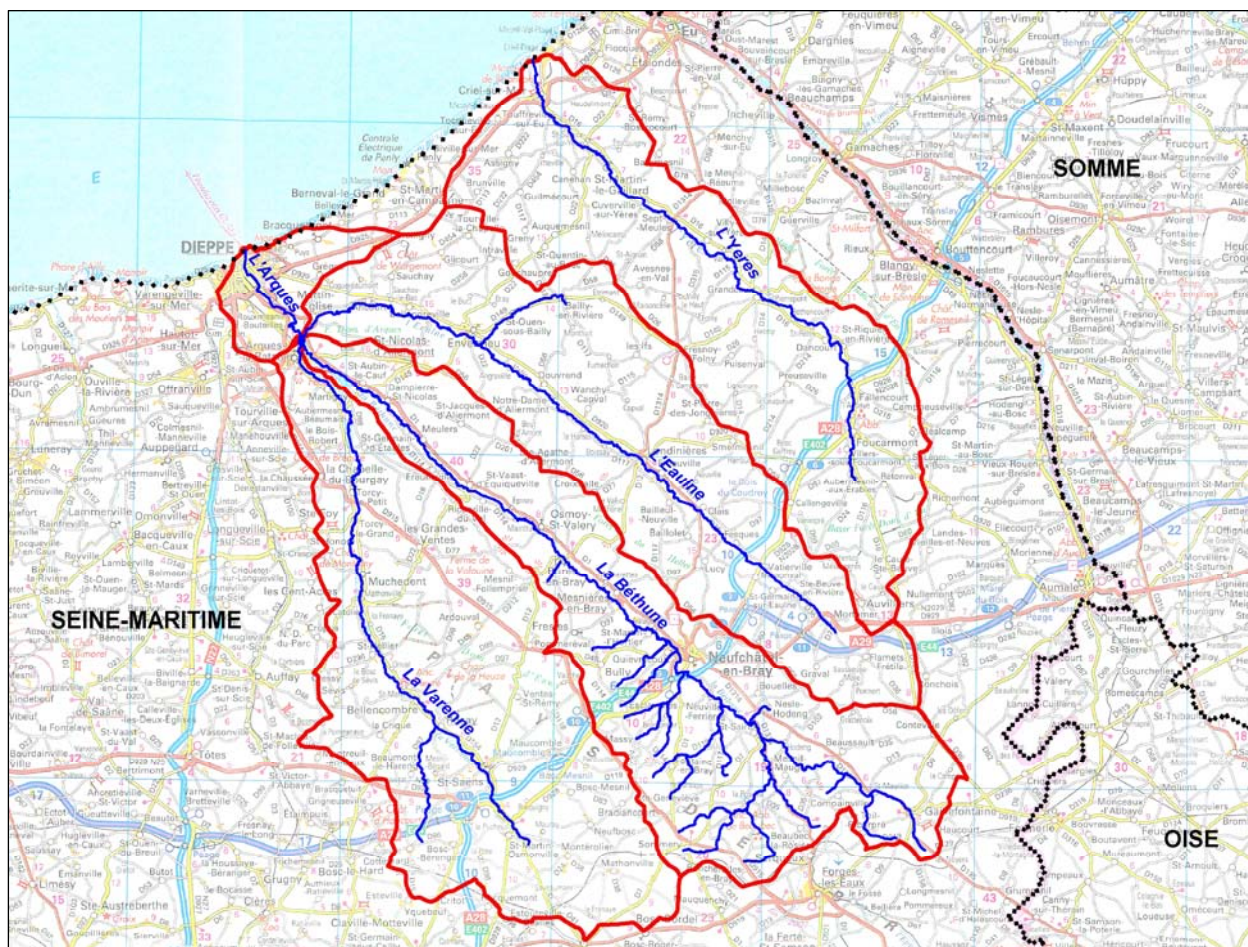


Figure 11 : Localisation des rivières étudiées

Afin de reconquérir la qualité écologique de ces cours d'eau et de permettre un accès aisé aux frayères, les acteurs locaux, poussés par la réglementation, ont choisi d'étudier « la Restauration de la Libre Circulation des poissons migrateurs ».

Animées par des comités de pilotage, les études RLC de l'Yères, de la Béthune et de l'Eaulne portent, sur la proposition de solutions permettant de rendre franchissable certains ouvrages faisant obstacles à la migration piscicole. Des solutions de dispositifs de franchissement (passe à poissons) comme des solutions rustiques (simple et sans entretien) sont proposées.

Sur ces trois cours d'eau, les ouvrages à l'étude sont :

Bassin de l'Yères		Bassin de la Béthune		Bassin de l'Eaulne	
Y12	- Moulin Caron	B01	- Moulin du Roy	EA1	- Moulin de l'Epinay
Y11	- Moulin Estot	B02	- Moulin de Vergis	EA2	- Moulin de Ste Beuve
Y10	- moulin Barrois	B03	- Moulin de Trépied	EA3	- Moulin de St Germain
Y10	- Moulin Calonne	B04	- Moulin du Pré St Pierre	EA4	- Pisciculture de Vatierville
Y09	- Moulin Leblond	B06	- Moulin à Huile	EA5	- Pisciculture de Clais
Y08	- Moulin Houlé	B08	- Moulin de St Saire	EA6	- Moulin d'Agrenville
Y07	- Moulin Goléo	B09	- Pont de la D119	EA7	- Moulin de la Mouche
Y06	- Moulin Flavigny	B10	- Scierie de Neuville	EA8	- PaP de Bellengreville
Y05	- Pisciculture Lefèvre	B11	- Moulin Bleu	EA9	- Seuil de Sauchay
Y04	- Moulin Choquart	B12	- Moulin d'Autrecourt		
Y03	- Seuil Tailleux	B13	- Moulin de Bures		
Y02	- Moulin Guérineau	B15	- Moulin de Freulleville		
Y01	- Moulin Mauger	B16	- Moulin de St Aubin		
		B17	- Vannage d'Archelles		
		B18	- Moulin d'Archelles		

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des ouvrages faisant l'objet d'étude RLC

4.2. Morphologie et hydrologie des bassins

Les bassins de l'Eaulne et de l'Yères présentent des configurations similaires (figure 11 et tableau 5) : bassin allongé avec faible ramification en arrête de poisson. Le bassin de la Bethune présente une configuration sensiblement différente avec un tiers amont largement ramifié et pentu et une partie aval très filaire et plate. Les trois bassins culminent aux environs de 240 m et débouchent à une altitude proche du niveau de la mer. Leur pente moyenne est de l'ordre de 0,3%.

Bassin	Surface (km ²)	Longueur (km)	Altitude maximale (m NGF)	Pente moyenne
Yeres	308	49	238	0,3 %
Bethune	318	59	226	0,2 %
Eaulne	318	51	243	0,3 %

Tableau 5 : Caractéristiques morphologiques des bassins versants étudiés

Les comportements hydrologiques du bassin de l'Yères et de l'Eaulne sont assez semblables (figures 12 et 13). Avec des débits moyens annuels respectifs de 2,71 m³/s et de 3,28 m³/s, ces cours d'eau ont pour caractéristique :

- une faible amplitude des débits moyens mensuels,
- un étiage d'août à octobre,
- une période de hautes eaux de février à avril,
- des crues de moyenne amplitude.

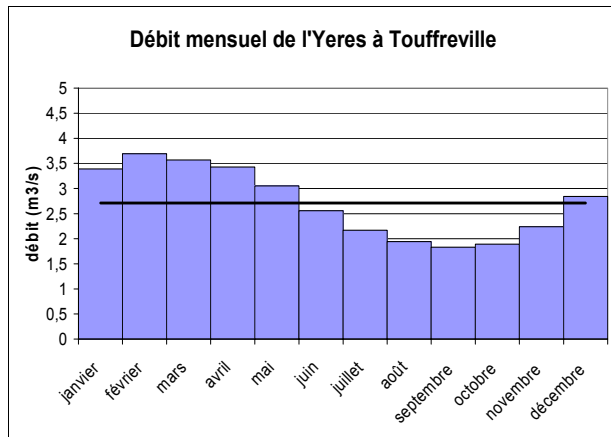


Figure 12 : Hydrogramme de l'Yères

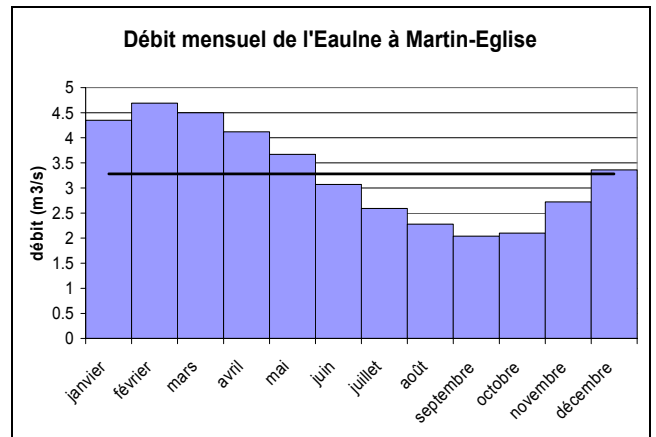


Figure 13 : Hydrogramme de l'Eaulne

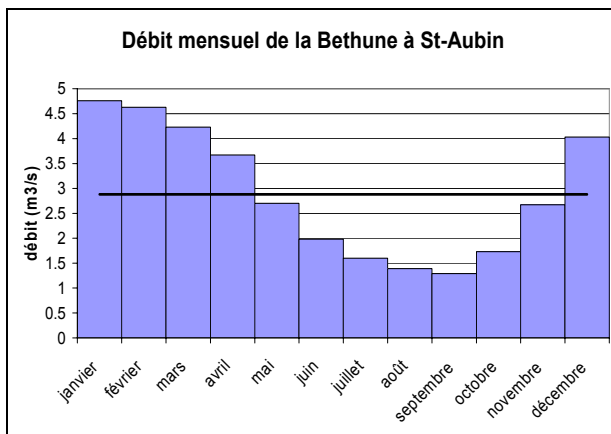


Figure 14 : Hydrogramme de la Béthune

Le comportement hydraulique du bassin de la Béthune présente les caractéristiques suivantes (figure 14) :

- une amplitude notable des débits moyens mensuels,
- un étiage de juillet à septembre,
- une période de hautes de janvier à mars,
- des crues assez fortes.

Ce cours d'eau a un débit moyen annuel de $2,88 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.3. Caractéristiques des sites étudiés

L'objectif de ce chapitre est de présenter les principales caractéristiques des sites étudiés pour chaque cours d'eau. Les différents sites peuvent présenter plusieurs ouvrages hydrauliques, plus ou moins éloignés. Ainsi la hauteur de chute sur l'ensemble du site fait la différence entre le niveau d'eau amont et niveau d'eau aval, ce qui peut cumuler les hauteurs de chute de différents ouvrages ou organes de régulation.

4.3.1. Sur l'Yères

A son exutoire, l'Yères possède une buse estuarienne (figure 15), dont l'impact important sur la franchissabilité pour les populations de poissons migrateurs est signalé dans la disposition 62 du SDAGE

Figure 15 : Photographie de la buse estuarienne sur l'Yères



Il paraît donc urgent, parallèlement à la mise en place du programme RLC de l'Yères, de mettre face à ses responsabilités le ou les organismes en charge de l'exploitation de l'ouvrage à la mer, afin qu'il(s) puisse(nt), de la même façon que l'ensemble des propriétaires de moulin, mettre en œuvre les aménagements qui s'imposent à lui au titre de l'article L432-6 du CE. A l'évidence, la crédibilité de la démarche sur l'ensemble du bassin en dépend.

Sur les 12 sites étudiés, 7 présentent une chute supérieure à 1 m. Les conditions hydrologiques et les caractéristiques des sites de l'Yères sont récapitulées en Annexe 4.

Ces sites sont répartis sur l'Yères de la façon suivante :

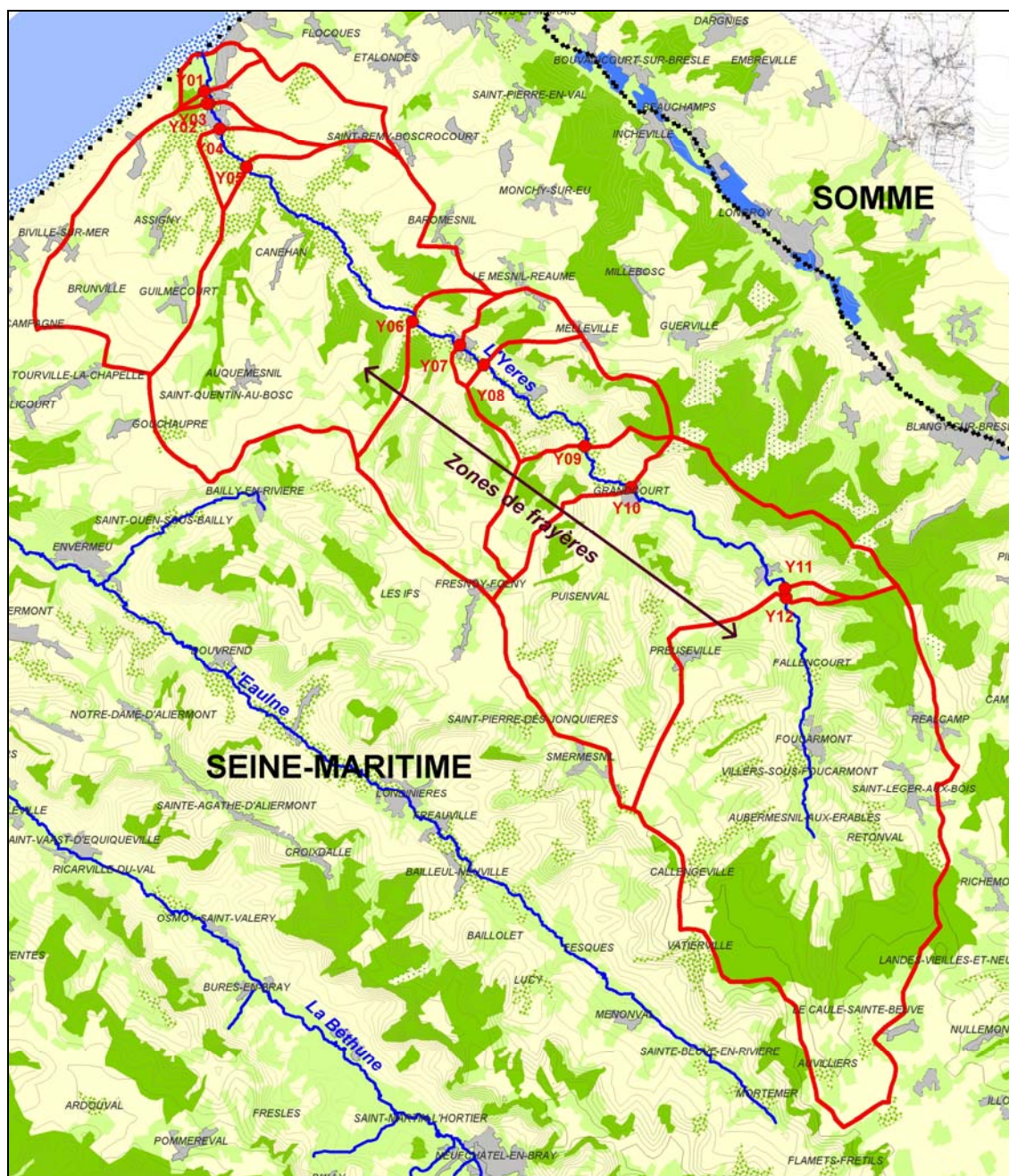


Figure 16 : Répartition des ouvrages et de leur bassin sur l'Yères

4.3.2. Sur la Béthune

Les sites de la Béthune présentent une hauteur chute plus importante. En effet sur les 15 sites, 10 ont montré une hauteur de chute comprise entre 1 et 2 m et 2 sites ont une hauteur de chute supérieure à 2 m. Les conditions hydrologiques et les caractéristiques des sites de la Béthune sont récapitulées en Annexe 5.

Selon les documents consultés, aucun obstacle ne semble limiter la circulation des poissons migrateurs dans l'Arques. Le bassin de la Béthune paraît donc facilement accessible.

Ces sites sont répartis sur la Béthune de la façon suivante :

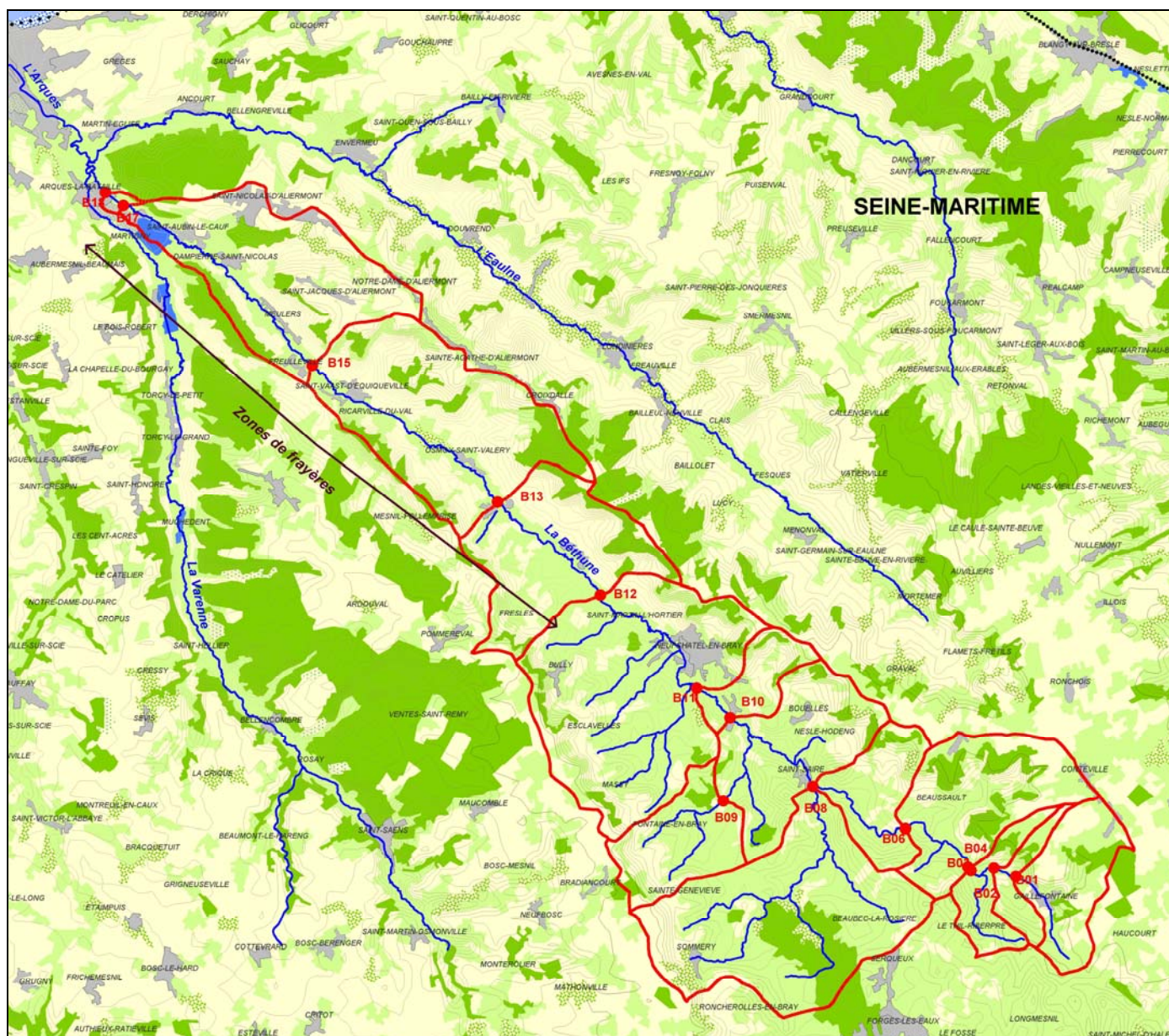


Figure 17 : Répartition des ouvrages et de leur bassin sur la Béthune

4.3.3. Sur l'Eaulne

Comme pour la Béthune, aucun obstacle ne semble limiter l'accès au bassin de l'Eaulne.

Les sites de l'Eaulne présentent une hauteur de chute importante. Sur les 9 sites, 5 d'entre eux montrent une hauteur de chute comprise entre 1 et 2 m, et 3 autres montrent une hauteur de chute supérieure à 2 m.

Les conditions hydrologiques et les caractéristiques des sites de l'Eaulne sont jointes en Annexe 6.

Ces sites sont répartis sur l'Eaulne de la façon suivante :

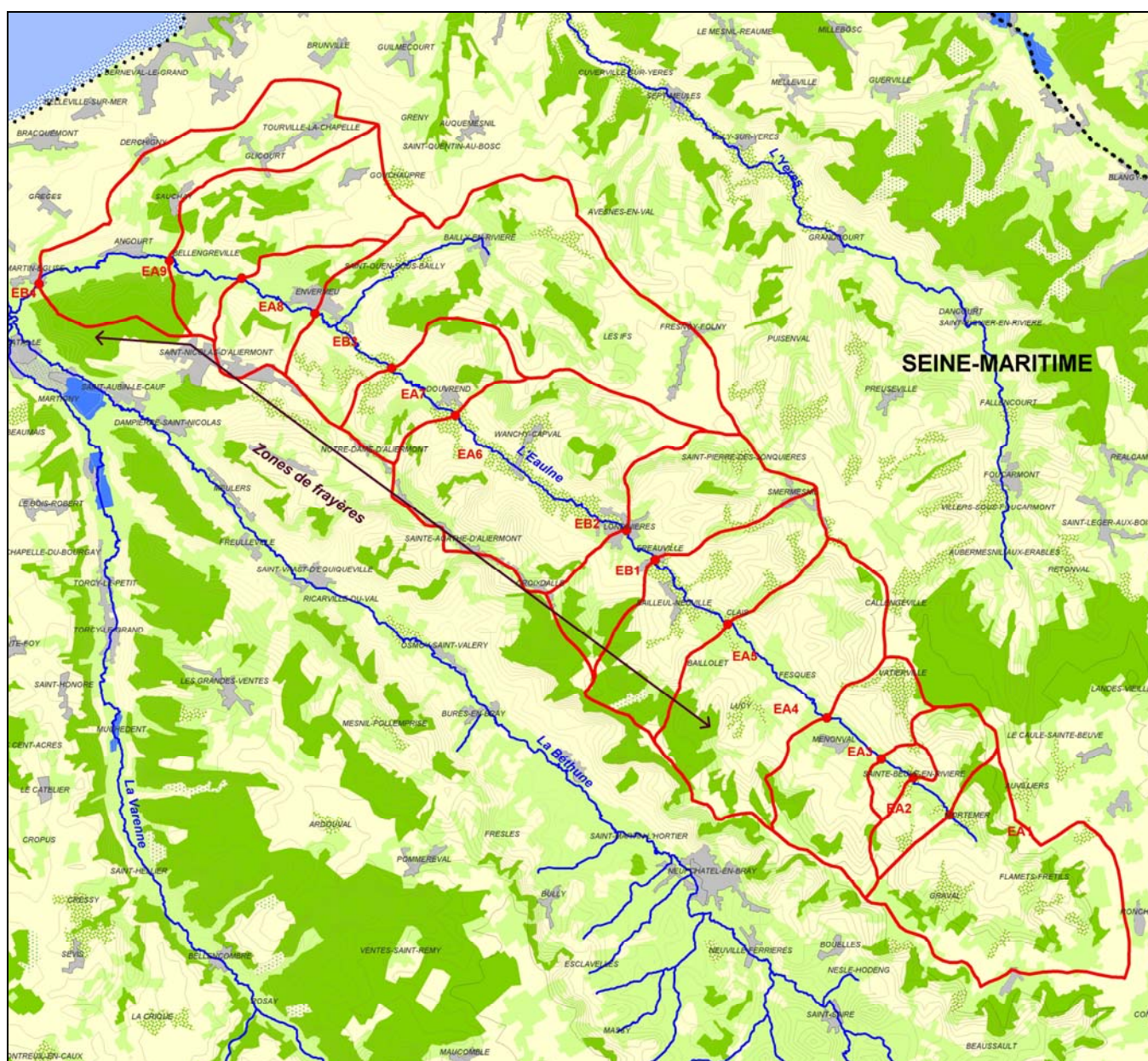


Figure 18 : Répartition des ouvrages et de leur bassin sur l'Eaulne

4.4. L'hydromorphologie des cours d'eau

L'hydromorphologie des cours d'eau est caractérisée de la manière suivante :

4.4.1. Sur l'Yères et l'Eaulne

Comme pour l'hydrologie, la hydromorphologie des bassins versant de l'Yères et de l'Eaulne est assez semblable et se caractérise par les points suivants :

Bassin Versant	Géologie	Craie du Crétacé Supérieur
	Surface des Bassin versant	308 km ² pour l'Yères et 318 km ² pour L'Eaulne
	Pente	3,3‰ pour l'Yères et 2,8‰ pour L'Eaulne
	Vallée	Encaissée en "V" puis rapisement en "U" (gorge)
Lit Majeur	Largeur du lit majeur	Etroit
	Annexes hydrauliques	Présence de quelques bras de flottage
	Relations avec la nappe	Fortes
	Hydrologie	Débits assez réguliers
	Occupation des sols	Prairies en fond de vallée, forêts et cultures annuelles sur les versants
Lit Mineur	Largeur/profondeur du lit mineur	Moyenne
	Style fluvial	Sinueux
	Faciès d'écoulement dominants	Plat courant
	Activité morphodynamique	Faible (transport de fines essentiellement)
	Substrat	Cailloux, graviers, sables
	Substrat, granulométrie	Grossière sur l'Yères et plus fine sur l'Eaulne
	Forme du substrat	Anguleux pour l'Yères à variable pour l'Eaulne
	Berges	Assez basses, à priori assez stables

Tableau 6 : Caractéristiques hydromorphologiques de l'Yères et de l'Eaulne

L'activité morphodynamique de l'Yères et de l'Eaulne, qui se définit par la capacité à éroder, à transporter et à sédimenter, est suffisamment importante pour transporter des matériaux fins en quantité conséquente (matériaux fins < 2 mm : sables fins, limons et sédiments organiques).

Les observations effectuées montrent que la structure des lits est relativement stable, du fait principalement d'une relative cohésion des matériaux (sables et graviers anguleux) et de la stabilité des débits. L'absence de pans de berges effondrés témoigne d'une érodabilité faible des berges. Cette particularité conduit à penser que l'ajustement du lit de ces rivières à la suite d'un remaniement du profil en long est assez long.

La présence d'ouvrages hydrauliques influençant le fonctionnement morphodynamique du cours d'eau favorise, particulièrement pour ces rivières, les dépôts et conduit au colmatage et à l'envasement du lit au détriment des espèces sensibles.

4.4.2. Sur la Béthune

Le tableau ci-après présente les caractéristiques hydromorphologiques du bassin de la Béthune.

		Amont	Aval
Bassin Versant	Géologie	Diverses natures: argiles brunes marno calcaire, sables ocres, grès et alluvions sableux	Craie Marneuse grise à silex
	Surface du Bassin versant	153 km ² (49 %)	162 km ² (51 %)
	Réseau hydrographique	70 % de l'ensemble du linéaire	30 % de l'ensemble du linéaire
	Pente	3,3 ‰ = moyenne	1,2 ‰ = faible
	Vallée	"V" ouvert à "U" assez étroit	"U"
Lit Majeur	Largeur du lit majeur	Assez étroit	Large
	Annexes hydrauliques	Peu nombreuses	Peu nombreuses
	Relations avec la nappe	Faible	Forte
	Hydrologie	Variable à assez régulière	Variable à assez régulière
Lit Mineur	Largeur/profondeur du lit mineur	Moyenne	Moyenne
	Style fluvial	Sinueux à méandrique	Sinueux
	Faciès d'écoulement dominants	Plat courant	Plat courant à plat lent
	Activité morphodynamique	Moyenne	Moyenne
	Substrat, granulométrie	Sables, graviers	Sables, graviers
	Berges	Basses assez instables	Hautes assez instables
	Occupation des sols	Prairies/bocage alluvial	Prairies / cultures

Tableau 7 : Caractéristiques hydromorphologiques de la Béthune

La discontinuité spatiale de la géologie sur le bassin versant implique différents comportements du réseau hydrographique. Les caractéristiques des deux unités (amont et aval) montrent que la partie amont a une prédisposition à l'érosion. Ainsi, la partie amont constitue une zone d'apports importants, répartis en débit liquide et en débit solide (accentué par le lessivage des sols agricoles). L'activité morphodynamique de la Béthune est également suffisamment importante pour transporter des matériaux fins en quantité conséquente.

Les observations effectuées montrent que la structure du lit est moyennement stable, du fait principalement de la faible cohésion des matériaux (sables et graviers) et de la variabilité des débits, permettant un apport régulier en matériaux. La constatation ponctuelle de pans de berges effondrés témoigne d'une érodabilité moyenne des berges. Cette particularité conduit à penser que l'ajustement du lit de la rivière à la suite d'un remaniement du profil en long sera moyennement long.

Comme pour l'Yères et l'Eaulne, sur la Béthune, la présence d'ouvrages, favorise les dépôts et conduit au colmatage et à l'envasement du lit. La clarté de l'eau permet effectivement de différencier nettement les habitats colmatés de ceux qui ne le sont pas.

4.5. Le contexte piscicole

4.5.1. Peuplements piscicoles

Selon le Plan Départemental pour la Protection du milieu aquatique et la Gestion des ressources piscicoles (PDPG) de la Seine Maritime, l'Yères, la Béthune et l'Eaulne sont des cours d'eau du domaine salmonicole.

Au sommet de la chaîne alimentaire et espèce piscicole exigeante, la truite fario est considérée comme l'espèce repère. La quantification de son peuplement permet de vérifier le bon fonctionnement biologique de la rivière. L'écart entre le peuplement théorique et le peuplement observé en 2007, a amené la Fédération Départementale de la Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques à considérer ces milieux comme perturbés.

Les principales espèces observées sont :

Sur la Béthune :	Sur l'Yères	Sur l'Eaulne
la truite fario,	l'anguille,	l'anguille,
l'anguille,	la truite fario,	le chevesne,
le gardon,	le chabot,	le saumon atlantique,
le flet	la truite arc-en-ciel,	le gardon,
l'épinoche,	le gardon,	le brochet,
la lamproie de Planer,	la brème,	le chabot,
le chevesne	le rotengle,	la truite de mer.
le vairon	la lamproie de Planer,	
le chabot,	l'épinoche.	
la truite arc-en-ciel,		
l'épinochette		
la loche franche.		

Tableau 8 : Espèces composant les peuplements piscicoles des 3 rivières

Par ailleurs, ces rivières accueillent une population de grands migrateurs qui entrent dans la liste des espèces de l'arrêté préfectoral du 18 avril 1997 (L432-6 du CE) :

- le saumon atlantique,
- la truite de mer,
- la truite fario,
- l'anguille,
- la lamproie marine,
- la lamproie fluviatile.

Parmi ces espèces observées et potentiellement présentes, certaines sont protégées par la directive Natura 2000, au titre de l'Annexe II et de l'Annexe V de la directive habitats-faune-flore (tableau 9). L'Annexe II spécifie les espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite des zones spéciales de conservation (ZSC). En accueillant les espèces concernées, l'autorité française se doit de produire une liste des habitats concernés et de proposer des mesures de conservation. L'établissement et l'application de mesures réglementaires sont les garantes du succès de son engagement.

L'Annexe V renforce l'Annexe II en précisant les espèces devant faire l'objet de mesures de gestion et dont l'objectif est d'assurer leur conservation. Par ailleurs, on note que tous les grands

migrateurs sont classées comme vulnérables et le saumon est classé comme menacé (Keith et al. ; 2001).

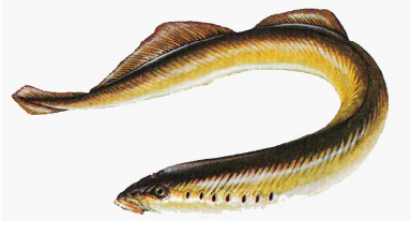
Saumon (<i>Salmo salar</i>) 	Catégorie Grand migrateur : poisson amphihalin potamotoque Taille Longueur moyenne adulte : 45 cm à 1 m Longueur lors de la dévalaison : 12-18 cm Période de migration sur la Béthune Remontée des adultes : par vagues toute l'année (pic juin-juillet et novembre) Dévalaison : mars à juin Statut et protection Espèce inscrite aux Annexes II et V de la Directive Habitats-faune-flore Espèce inscrite à l'Annexe III de la Convention de Berne <u>Espèce menacée</u>
Truite de mer (<i>Salmo trutta</i>) 	Catégorie Grand migrateur : poisson amphihalin potamotoque Taille Longueur moyenne adulte : plus de 60 cm Longueur lors de la dévalaison : 20 cm Période de migration sur la Béthune Remontée des adultes : plusieurs vagues de mai à décembre (pic en juin-juillet et novembre) Dévalaison : de fin février à mi-mai Statut et protection Aucun <u>Espèce vulnérable</u>
Anguille (<i>Anguilla anguilla</i>) 	Catégorie Grand migrateur : poisson amphihalin thalassotoque Taille Longueur des adultes en dévalaison : 20 cm à 1 m Longueur à la montaison : civelles d'environ 10 cm Période de migration sur la Béthune Remontée des civelles : de décembre à avril Migration des adultes : de mai à septembre Dévalaison des adultes : toute l'année mais surtout en automne Statut et protection Aucun <u>Espèce vulnérable</u>
Lamproie de rivière (<i>Lampetra fluviatilis</i>) 	Catégorie Grand migrateur : poisson amphihalin potamotoque Taille Longueur comprise entre 20 et 50 cm Période de migration sur la Béthune Remontée des adultes : novembre à février (pic en novembre-décembre) Dévalaison : surtout de mars à juin Statut et protection Espèce inscrite aux Annexes II et V de la Directive Habitats-faune-flore Espèce inscrite à l'Annexe III de la Convention de Berne <u>Espèce vulnérable</u>
Lamproie marine (<i>Petromyzon marinus</i>) 	Catégorie Grand migrateur : poisson amphihalin potamotoque Taille Longueur moyenne adulte : 80 cm Longueur lors de la dévalaison : 13 à 15 cm Période de migration sur la Béthune Remontée des adultes : juin-juillet Dévalaison : automne et hiver Statut et protection Espèce inscrite à l'Annexe II de la Directive Habitats-faune-flore Espèce inscrite à l'Annexe III de la Convention de Berne <u>Espèce vulnérable</u>

Tableau 9 : Caractéristiques des principales espèces migratrices

4.5.2. Migrations

Toutes les espèces piscicoles se déplacent dans le réseau hydrographique. Cette activité migratoire est plus ou moins importante pour le bon déroulement du cycle biologique. Selon l'éloignement entre les zones de reproduction et les zones de grossissement, l'incidence des obstacles à la migration se fait plus ou moins ressentir.

Parmi les migrants, on distingue d'une part les migrants holobiotiques, dont le cycle de vie se déroule entièrement en eau douce (la plupart des espèces observées sur la Béthune, l'Yères et l'Eaulne font partie de ce groupe), et d'autre part les migrants amphihalins, dont le cycle de vie implique le passage en eau douce et en eau salée. Ces « grands migrants » sont :

- l'anguille, présente sur l'ensemble du réseau hydrographique en phase de grossissement,
- le saumon atlantique, la truite de mer, la lamproie marine et la lamproie fluviatile, espèces trouvant dans ces trois cours d'eau, des zones de frayères.

Les migrations ne s'effectuent pas aux mêmes périodes pour toutes les espèces, cependant des migrations peuvent être observées quasiment toute l'année (figure 19). La régression des populations de migrants amphihalins dans la Béthune, l'Yères et l'Eaulne n'est pas due à une seule cause (surpêche, pollution, perte d'habitats, réchauffement des eaux,...) mais les obstacles à la libre circulation sont considérés comme le premier facteur perturbant le cycle biologique de ces espèces.

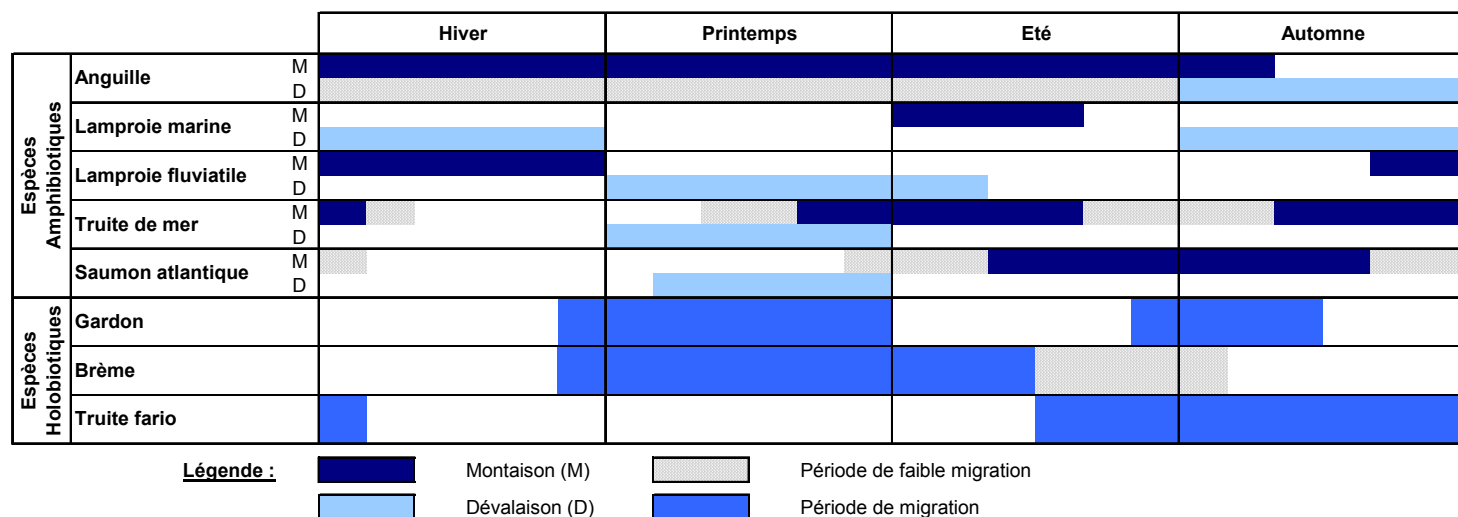


Figure 19 : Répartition des périodes de migration selon les espèces

Concernant l'aspect de migration, le PDPG a identifié :

- sur l'Yères et ses affluents, 30 ouvrages dont 12 infranchissables,
- sur la Béthune et ses affluents 24 ouvrages dont 14 infranchissables,
- sur l'Eaulne et ses affluents, 27 ouvrages dont 9 infranchissables.

Concernant cette problématique, il préconise alors, en terme de « Modules d'Actions Cohérentes », la restauration de surfaces de reproduction et d'habitat, la restauration des

écoulements et la restauration de la continuité écologique. Il est également précisé que l'ouverture (restuarisation, reconstruction) de la buse estuarienne de Criel-sur-mer permettrait à des espèces amphibiotiques de remonter dans l'Yères. Les actions proposées dans ce document pour rétablir la libre circulation sont l'arasement et l'aménagement d'ouvrages.

4.5.3. Les habitats productifs

Sur les trois cours d'eau étudiés, les frayères existent sur toute leur longueur, cependant les plus intéressantes se trouvent globalement sur les deux tiers aval de leur cours.

L'Yères et la Béthune n'ont pas fait l'objet d'inventaire de frayères potentielles des salmonidés. Cependant, l'ONEMA les localisent :

- sur l'Yères, principalement entre Sept-Meules et St Riquier-en-rivière soit, sur près de 20 km (figure 16),
- sur la Béthune, principalement entre Arques-la-bataille et Mesnières-en-Bray soit sur près de 30 km (figure 17),
- sur l'Eaulne, entre Martin-Eglise et Fesques soit sur près de 40 km (figure 18),

Cette sectorisation permet de concentrer les efforts de restauration de la libre circulation sur ces tronçons et leur partie aval.

En revanche, l'Eaulne a fait l'objet d'inventaire des faciès d'écoulement « radier » et « plat courant » ce qui permet d'évaluer l'étendue des surfaces de production potentielle (SPP), c'est-à-dire des frayères potentielles, pour les salmonidés.

La Fédération départementale de la pêche de Seine-Maritime a menée cette investigation de terrain sur l'Eaulne, qui a permis d'établir le tableau 10 et la figure 20.

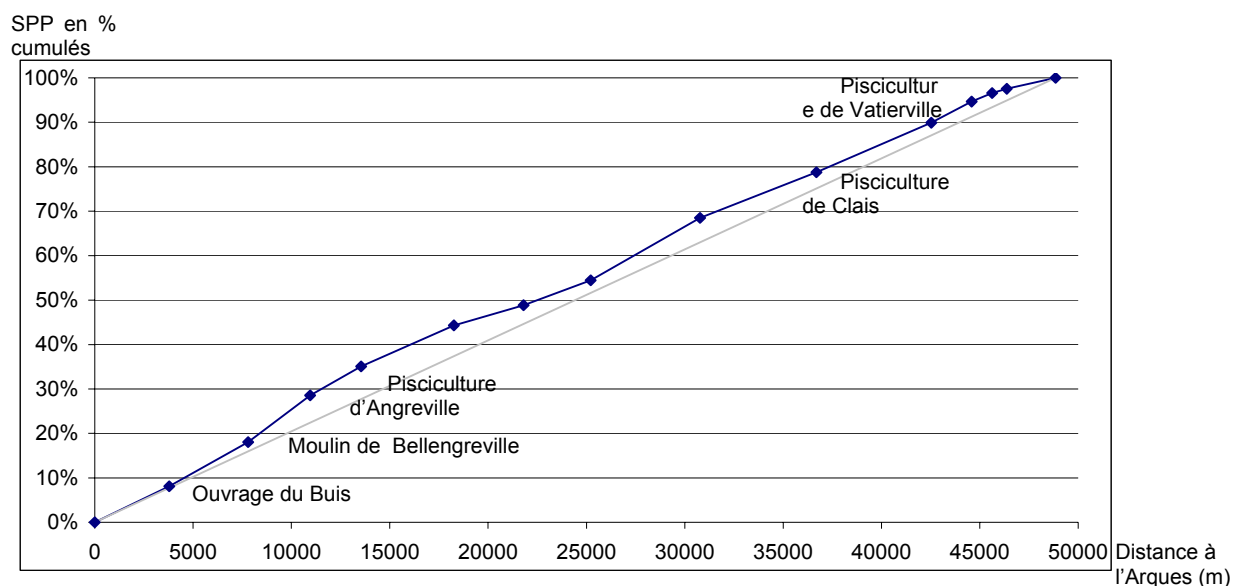


Figure 20 : Répartition cumulée des frayères potentielles de l'Eaulne

Il apparaît que les surfaces de production potentielle sont régulièrement réparties sur le cours de l'Eaulne. On peut noter que 90% des frayères se trouvent à l'aval de la pisciculture de Vatierville.

La restauration de la libre circulation des poissons à partir de l'aval permettra d'exploiter progressivement les milieux favorables de l'Eaulne. On ne tient pas compte dans cette approche les habitats noyés par le remous amont des ouvrages ; il convient donc de souligner que le rétablissement de la franchissabilité des ouvrages par le maintien "vannes ouvertes", l'arasement ou le dérasement permettra par ailleurs d'augmenter la surface de production potentielle.

Source : Fédération départementale de la pêche de Seine-Maritime

Tronçon	Radiers (R) (m ²)	Plats Courants (PC) (m ²)	Surfaces de production (SP=R+PC) (m ²)	SP en % (%)	SP en % cumulés (%)	Longueur du tronçon (m)	Distance à l'Arques (m)
Confluence Arques → Château Pontrancart	4 553	11 766	16 319	8%	8%	3 792	3 792
Château Pontrancart → Ouvrage du Buis Sauchay	4 478	15 498	36 295	10%	18%	4 003	7 795
Ouvrage du Buis Sauchay → Passe à poissons Bellengreville	352	20 866	57 513	11%	29%	3 153	10 948
Passe à poissons Bellengreville → Déflue amont Envermeu bourg	1 456	11 558	70 527	6%	35%	2 588	13 536
Déflue amont Envermeu bourg → Pisciculture Angreville	3 573	15 071	89 171	9%	44%	4 722	18 258
Pisciculture Angreville → Moulin Agranville	238	8 904	98 313	5%	49%	3 552	21 810
Moulin Agranville → Pisciculture Louchel	930	10 341	109 584	6%	54%	3 398	25 208
Pisciculture Louchel → Déflue amont Londinieres bourg	5 156	23 069	137 809	14%	68%	5 572	30 780
Déflue amont Londinieres bourg → Pisciculture de Clais	6 510	14 178	158 497	10%	79%	5 915	36 695
Pisciculture de Clais → Pisciculture de Vatierville	5 508	16 936	180 941	11%	90%	5 836	42 531
Pisciculture de Vatierville → Moulin St Germain sur Eaulne	907	8 631	190 479	5%	95%	2 059	4 590
Moulin St Germain sur Eaulne → Moulin Sainte Beuve	491	3 366	194 336	2%	97%	1 030	45 620
Moulin Sainte Beuve → Moulin de l'Epinay	355	1 544	196 235	1%	98%	748	46 368
Moulin de l'Epinay → Sources	1 517	3 445	201 197	2%	100%	2 479	48 847

Tableau 10 : Répartition des frayères potentielles sur le cours de l'Eaulne

Il convient de noter que pour chaque site de l'Eaulne un paragraphe intitulé « Influence sur les frayères et la reproduction » permet de positionner le site par rapport à l'accessibilité des frayères (situées en amont). Celui-ci précise également la longueur du remous et la proportion de frayères potentielles qui peut être dénoyée.

4.6. La réglementation des ouvrages

Les ouvrages hydrauliques étudiés dans ce document sont généralement autorisés et régis par des règlements d'eau qui leurs sont propres. Ces textes donnent donc aux usagers des droits mais aussi des devoirs.

Historiquement, les moulins étaient soumis à l'inspection des ingénieurs des Ponts et chaussées. En effet, après leur construction, ces ingénieurs étaient chargés de les régulariser. En dressant des rapports d'enquête, des projets de règlements et des procès verbaux de récolement pour l'autorité de l'époque, le roi, le ministre ou le préfet étaient à même d'autoriser et de contrôler, par un règlement, l'utilisation de la force motrice de l'eau. Au cours de leur exploitation, ces installations devaient conserver un niveau légal (cote du plan d'eau amont) qui ne devait pas être dépassé. Le refus d'appliquer le règlement comme la négligence de la part du meunier ou du propriétaire les rendaient passibles de remontrances des riverains qui donnaient alors lieu à des contrôles de conformité. Les contrevenants étaient mis en demeure de mettre l'ouvrage en chômage ou de rétablir, à leur frais, le cours d'eau dans son aspect d'origine. Tout changement du site devait donc faire l'objet d'un rapport, suivi d'un arrêté d'homologation.

Les investigations menées auprès des Archives Départementales de la Seine Maritime ont permis de recueillir :

- Sur l'Yères, 10 arrêtés réglementaires ou ordonnances royales réglementaires, sur les 12 ouvrages concernés,
- Sur la Béthune, 11 arrêtés réglementaires ou ordonnances royales réglementaires, sur les 14 ouvrages concernés
- Sur l'Eaulne, 9 arrêtés réglementaires ou ordonnances royales réglementaires, sur les 13 ouvrages concernés.

Datant de 1807 à 1997, ces documents conservent une forme commune et les contenus sont assez semblables. De façon synthétique on peut retenir les points suivants :

- Ils définissent en premier lieu un niveau légal qui est fixé par un repère provisoire (seuil de porte, tablette de fenêtre...) et impose la mise en place d'un repère définitif fonctionnel.
- Lorsqu'ils sont présents, des plans et des profils permettent de localiser ces repères et de positionner les différents organes de l'ouvrage. Après avoir énumérer les dimensions des vannes de décharge et les dimensions des déversoirs, une vanne est désignée pour la mise en chômage.
- Au delà des aspects techniques, ces règlements d'eau régissent également les responsabilités du fermier et du propriétaire concernant le maintien de la ligne d'eau et l'entretien des fonds du bief influencé (curage).

- Un article informe du risque encouru faute de se conformer au présent règlement ainsi qu'à la réglementation en vigueur.
- Ils mentionnent également le droit des tiers « qui sont et demeurent expressément réservés ».
- Enfin, ils caractérisent ces « droits d'eau » comme des droits révocables par l'administration (sans indemnité) si l'utilité publique prévaut sur l'usage privé.

Les tableaux joints en Annexe 7 précise la position des articles et récapitulent leurs contenus dans chacun des documents administratifs.

4.7. L'étude des solutions rustiques

Dans la présente phase d'étude (esquisse), les aménagements rustiques sont définis de façon assez globale. Il s'agit surtout de déterminer les sites sur lesquels ce type d'aménagement est envisageable et réaliste (hors problème foncier).

4.7.1. Sélection des sites et des solutions

Il convient dans un premier temps d'identifier les sites pouvant faire l'objet de propositions de solutions rustiques (dérasement des ouvrages, du détournement du lit ou de la renaturation du cours d'eau).

La première sélection sur le critère économique exclue les sites de Moulin Choquart (Y04) et de la pisciculture Lefèvre (Y05) sur l'Yères.

- En effet, Y04 utilise la force hydraulique pour la production d'électricité personnelle au moyen d'une turbine et son propriétaire a montré qu'il était fortement attaché à ce bien.
- Y05 utilise la hauteur de chute pour l'alimentation des bassins de la pisciculture. L'équipement de dispositifs de pompage pour palier à une suppression de la chute n'est pas économiquement viable et paraît inapproprié pour des raisons de sécurité de l'exploitation.

L'écartement discutable de Y04 sur ce premier critère est appuyé par la deuxième sélection. Celle-ci est basée sur le critère technique et exclue les ouvrages Moulin Goléo (Y07), Moulin Trépied (B03) et Y04. Ses choix se justifient :

- Situé en milieu urbain, Y07 présente de nombreux éléments bâtis qui seraient touchés par l'érosion régressive. Son contournement est impossible en raison de l'importante emprise du bourg de Sept-Meules en fond de vallée imposant le passage de l'Yères par son tracé actuel.
- Malgré sa position en milieu rural, B03 présente au droit de l'ouvrage un fond de vallée très étroit (-100 m). Le dérasement du seuil présente des risques importants de déstabilisation du bâtiment du fait de la destruction du seuil puis de l'érosion régressive qui en découle. Les observations de terrain ont permis de remarquer la présence d'un fossé en rive droite de la Béthune, en amont immédiat du moulin. Compte tenu de l'hydromorphie du terrain sur ces proximités, le tracé de ce fossé fut probablement

l'ancien lit de la rivière (linéaire proche de 250 m). Par ailleurs, ce tracé coïncide avec la limite communale dont la définition s'appuie généralement le tracé des cours d'eau. L'édification du moulin, des bâtiments Annexes et de la cours condamne l'accès du fossé à la partie aval de la rivière. Les possibilités de renaturation par ce tracé sont donc impossibles.

- Egalement situé en milieu urbain, le détournement ou le renaturation de l'Yères sur le site d'Y04 est impossible en raison de l'importante emprise du bourg de Criel-sur-mer.

Selon les objectifs de l'étude les possibilités de renaturation et de dérasement des ouvrages doivent être systématiquement étudiés. Les critères définis dans la méthodologie (chapitre 3.5 et 3.6), excluent l'étude de l'une ou de l'autre solution. Le tableau 11 justifie pour chaque site cette sélection.

Site	Solution(s) à étudier	Justifications
Y01 - Moulin Mauger	Démantèlement couplé à un Arasement	Site situé en milieu urbain, cours d'eau en fond de vallée, peu d'éléments bâtis vulnérable: renaturation à la fois impossible et inutile. Ce site présente deux bras et deux ouvrages. La solution intervient sur ces 2 ouvrages.
Y02 - Moulin Guérineau	Dérasement	Les ouvrages forment 1 seul site (ancien vannage de décharge Y03 et seuil du moulin Y02) mais présentent 2 propriétaires. Le site présente les même condition que Y01.
Y03 - Seuil Tailleux		
Y06 - Moulin Flavigny	Renaturation	Site présentant un bras droit, nombreuses contraintes bâties à proximité du moulin: renaturation par le bras droit.
Y08 - Moulin Houlé	Détournement	Site en milieu rural présentant un bras de flottage perchée, rivière située en fond de vallée et relativement peu influencée, moulin dans le prolongement de l'ouvrage : renaturation inutile.
Y09 - Moulin Leblond	Détournement	Site situé en milieu rural mais présentant une route juste en aval du moulin, rivière située en fond de vallée, moulin situé dans le prolongement de l'ouvrage.
Y10 - Moulin Calonne	Renaturation	Deux sites situés à 60 m d'intervalles en milieu urbain, présence d'un petit bras droit en fond de vallée et d'un bras de décharge en amont du bourg. Renaturation commune par les deux bras, l'aval de la rivière existante sera alimentée un affluent principal.
Y10 - Moulin Barrois		
Y11 - Moulin Estot	Dérasement	Site situé en milieu rural présentant en amont une route et d'ancienne gravière, moulin situé dans le prolongement de l'ouvrage.
Y12 - Moulin Caron	Dérasement et Renaturation	Site situé en milieu rural, présentant un petit affluent qui longe le cours d'eau, moulin dans le prolongement de l'ouvrage : deux solutions étudiées.
B01 - Moulin du Roy	Dérasement	Site situé en milieu rural et composé de nombreuses chutes, présence d'un étang en rive gauche qui rend impossible la renaturation, solution centrée sur la chute principale.
B02 - Moulin de Vergis	Dérasement	Site situé en milieu rural présentant en rive gauche un petit affluent d'intérêt écologique. Renaturation par le petit affluent aurait un effet néfaste sur son écologie .
B04 - Moulin du Pré St Pierre	Détournement	Site situé en milieu rural à 500 m en aval d'une route, moulin dans le prolongement de l'ouvrage, la partie amont comme la partie aval présente des habitats aquatiques de qualité.
B06 - Moulin à Huile	Détournement couplé à un Dérasement et un Renaturation	Site situé en milieu rural, présentant deux ouvrages successifs et un affluent qui longe le cours d'eau en rive gauche: deux solutions étudiées.
B08 - Moulin de St Saire	Dérasement	Site situé en amont de bourg, présentant un important vannage de décharge et une vanne dans le prolongement du moulin. Relief assez encaissé. Dérasement = Renaturation.
B09 - Pont de la D119	Dérasement	Site situé en milieu rural sur la canche (affluent principal), seuil au pied du pont. Le relief et la route rend impossible le détournement.
B10 - Scierie de Neuville	Arasement	Site situé en amont de bourg, présentant un important vannage de décharge. Nombreuses habitations en aval. Cours d'eau encaissé dans de hauts bajoyers au droit du site.
B11 - Moulin Bleu	Détournement	Site en amont d'un bourg, à proximité de hangards et dans un milieu encaissé. Usine dans le prolongement de l'ouvrage et autoroute à 600 m en amont. Détournement seule solution
B12 - Moulin d'Autrecourt	Arasement couplé à un Détournement	Site très étendu situé en amont d'un bourg, présentant deux bras dont un perché. Plusieurs voies de circulation rendent impossible la renaturation. Une solution étudiée arasement et reconnexion aval.
B13 - Moulin de Bures	Détournement	Site situé en amont d'un bourg sur le bras gauche. Moulin dans le prolongement du vannage. Route et habitations situées en aval. 1 seule solution pour la conservation du bras.
B15 - Moulin de Freulleville	Détournement	Site situé en milieu rural sur le bras de gauche. Présence d'une route à l'aval. Détournement plus aisé que le dérasement.
B16 - Moulin de St Aubin	Dérasement	Site situé en amont du bourg présentant un ouvrage faisant la défluence sur une bras gauche "naturel". Dérasement = Renaturation.
B17 - Vannage d'Archelles	Démantèlement de B17 couplé à un	Site situé en amont d'un bourg présentant deux bras et une route en aval. Le vannage B17 fait la défluence du bras gauche et le moulin B18 est sur le bras droit. En essayant de conserver les écoulements, une solution démantèlement amont et reconnexion aval.
B18 - Moulin d'Archelles	Détournement à proximité de B18	

Tableau 11 : Justification de l'étude d'une ou d'une autre solution rustique pour chacun des sites

4.7.2. Définition des contraintes et des aménagements

Les sites où ce type d'aménagement est envisageable devront faire l'objet d'investigations complémentaires (topographie et analyse foncière notamment) afin de pouvoir définir ultérieurement des projets plus précis.

Pour établir une esquisse, le secteur de cours d'eau susceptible d'être touché par une érosion locale ou régressive est défini à partir de la pente du lit du cours d'eau au droit des sites.

Pour l'étude du dérasement d'ouvrage, on peut schématiser les cas de figures rencontrés, en 2 situations distinctes :

- Dans le cas de ces trois rivières, les sites se positionnent dans des vallées assez encaissées. Dans la partie aval des cours d'eau, les vallées en forme de « U » présentent des fonds relativement plats et largement remaniés pour le flottage des prés. Comme les moulins sont souvent équipés d'un vannage de décharge en amont, ils permettent la formation plus ou moins longue d'un bras de décharge. Selon leur environnement, les sites étudiés sont donc, pour la moitié d'entre eux, très étendus. Une intervention sur quelconque ouvrage d'un site impose alors une prise en compte de la répartition des écoulements.

Ces bras de décharge ont l'avantage de conserver une morphologie plus naturelle. Afin de favoriser un rétablissement rapide et de qualité de l'écoulement et de la morphologie de la rivière, le dérasement du vannage est la solution la plus aisée. Cette solution limite les risques de déstabilisations et de dommages du génie civil du moulin (puisque situé en amont), cependant la transparence hydraulique sur les ouvrages d'art environnant doit être vérifiée. Elle conduit également à réduire ou à supprimer les écoulements dans le canal d'amenée et son canal de fuite (bras sur lequel se trouve le moulin) ce qui peut nuire aux écosystèmes présents et aux divers usagers et riverains.

Compte tenu de l'étendue de certains sites et de cette problématique de répartition des débits, plusieurs opérations peuvent être proposées sur le même site.

Dans les règles de l'art, une opération de renaturation doit permettre le retour de la rivière dans son ancien lit. Cependant, les diverses recherches et interprétations de cartes anciennes (Cassini, cadastre Napoléonien, 19^{ème} siècle) ne permettent pas toujours de trouver d'anciens tracés. Le remaniement des fonds de vallées pour l'édification des moulins et de bras de flottage et, plus récemment, la construction d'infrastructures (route, voie ferrée) expliquent cette difficulté.

- En partie amont de ces rivières, les vallées forment un « V » ce qui donne du relief au fond de vallée. De ce fait, les sites présentent des ouvrages plus concentrés pour un cours d'eau unique. Composés généralement d'un déversoir, d'un seuil équipé des vannes de décharge, et d'une vanne motrice, ces ouvrages se positionnent

à proximité ou dans le prolongement du moulin. Dans ce cas, le dérasement s'avère périlleux en raison de la proximité des fondations du moulin. Compte tenu de ce risque et de l'espace disponible, le détournement est la solution qui permet, sans toucher au génie civil, de court-circuiter l'ouvrage. Les incidences qu'entraîne cette opération sont celles liées à l'érosion régressive.

Dans ces deux cas lorsque le dérasement ou le détournement entraîne une érosion régressive impactant significativement l'environnement ou les éléments bâtis voisins, l'arasement peut alors être préconisé. Cette opération permet de conserver le point dur stabilisant le profil en long de la rivière et donc de limiter le processus d'érosion régressive à la hauteur de l'abaissement. La préconisation d'un simple arasement doit permettre l'abaissement de la chute à une hauteur franchissable (20 cm) sans pour autant provoquer de dommages insurmontables.

4.8. Présentation de quelques solutions proposées

La présentation dans ce rapport des 23 propositions de solutions rustiques sur l'Yères et la Béthune paraît inappropriée. Afin d'illustrer la conception des solutions rustiques et l'élaboration d'esquisses, les propositions faites sur les 3 sites suivants sont présentées :

- Le dérasement du seuil de moulin Vergis (B02),
- Le détournement de l'Yères à Moulin Houlé (Y08),
- La renaturation de l'Yères à Moulin Flavigny (Y06).

4.8.1. Mise en garde

Les mesures d'accompagnement qui composent chaque solution, n'interviennent que pour palier à des risques ou à des modifications préjudiciables. Afin de favoriser un ajustement naturel du cours d'eau et de limiter les surcoûts d'aménagements facultatifs, la proposition de ces préconisations se justifie comme étant minimalistes.

Aussi, les propositions s'adaptent à ce stade d'esquisse. Les mesures se montrent ni trop exhaustives, ni trop insuffisantes. Pour illustrer ce propos, pour palier à une importante et préjudiciable érosion de berge, la mise en place d'une protection en technique végétale peut être préconisée. Cependant, à cette phase d'esquisse, elle ne s'attachera pas à développer ces caractéristiques (matériaux, dispositions, couvertures...).

En ce qui concerne l'établissement du coût des solutions envisageables, il est estimé de façon sommaire à partir des esquisses proposées. Les ordres de grandeur sont estimés dans l'hypothèse où les travaux sont réalisés par une entreprise.

Il convient de noter que les prix relatifs aux installations de chantier, à l'aménagement des accès et à la réalisation de batardeaux de protection représentent toujours une part significative du coût des aménagements (20 à 40%), alors que ces conditions d'accès des sites et de réalisation des travaux restent difficiles à cerner précisément en phase d'esquisse.

En ce qui concerne les projets d'aménagements rustiques, il faut considérer que la maîtrise des incidences (stabilisation de berge, entretien, contrôle de la ripisylve...) peut représenter un budget important. L'estimation du coût de ce type de projet reste indicative.

4.8.2. Le dérasement du seuil de Moulin Vergis

Caractéristiques générales du site



Le moulin de Vergis se trouve sur la commune de Gaillefontaine. Il est situé sur la Béthune à près de 64 km de la Manche (7 km de sa source). À ce niveau, la Béthune présente une largeur d'environ 2 m. Elle borde des prairies sur le coteau en rive droite et des prairies humides en rive gauche.

Figure 21 : Photographie de la chute de Moulin Vergis

Les équipements du moulin ont disparu. La Béthune coule librement par l'ancien vannage de décharge qui passe en tunnel sous un chemin d'accès (figure 21). L'ancienne restitution du moulin a été remplacée par un étang creusé il y a plusieurs années par les anciens propriétaires du moulin (Plan B02-1).

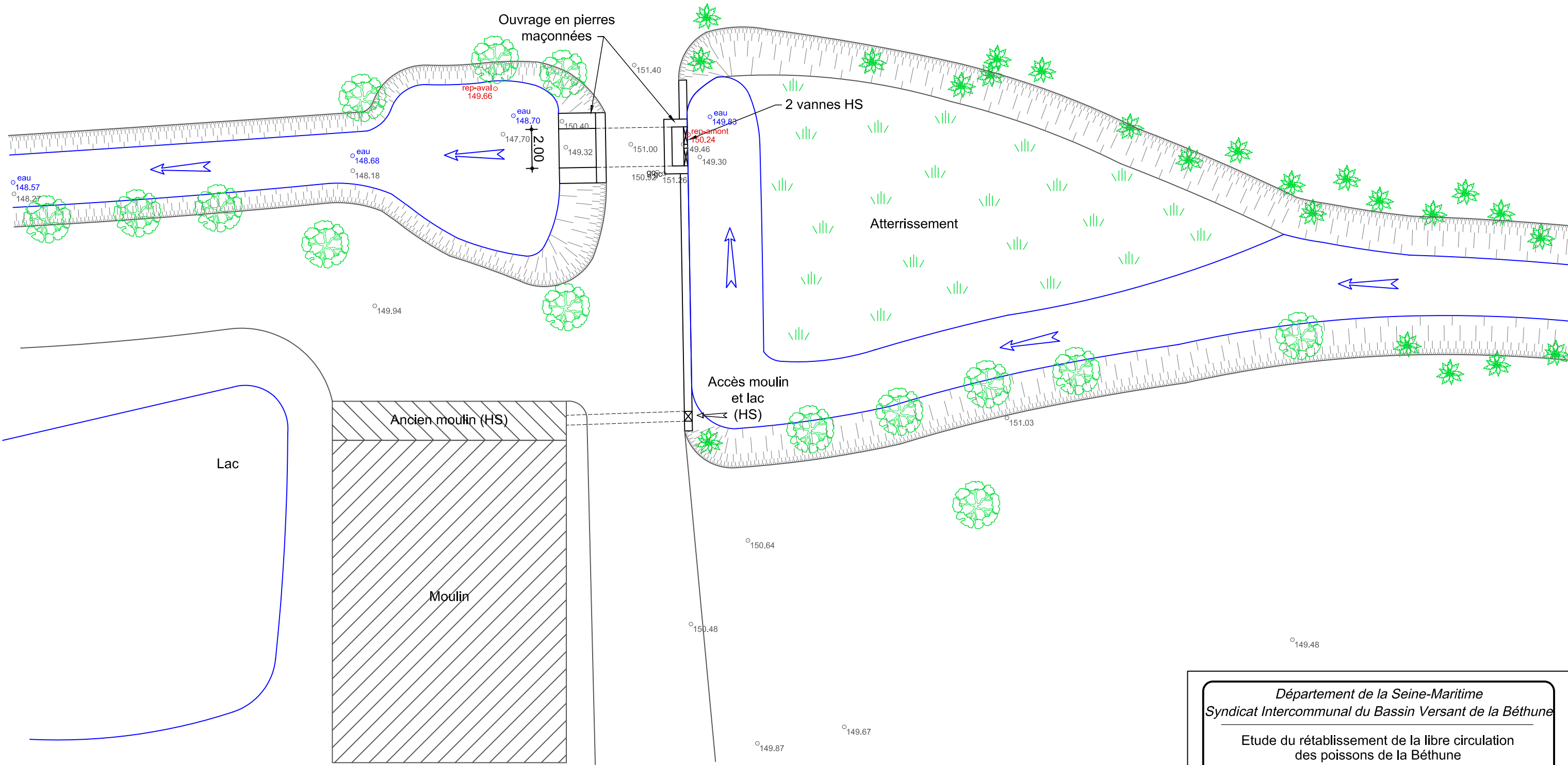
Analyse des solutions envisageables

Les solutions envisageables sont :

- prébarrages,
- dérasement du seuil.

Il n'est pas envisageable d'implanter une passe à poissons type rampe à ralentisseurs du fait du passage en tunnel de la Béthune.

Une solution de renaturation a été envisagée en raccordant la Béthune au petit affluent rive gauche qui rejoint le cours principal en aval du moulin. Mais la qualité de cet affluent (environ 500 m), liée à la diversité de ses habitats, serait remise en cause par l'augmentation de son gabarit nécessaire au transit du débit total de la Béthune. Par ailleurs, la suppression



LEGENDE

Le nivellement n'est pas rattaché au NGF
Levé effectué le 09-01-08
(Débit Estimé = 0.32 m³/s)

eau	29	Altitude du niveau de l'eau
148.00	28	Altitude du TN
145.23	32	Altitude de repère amont ou aval
rep-amont	150.00	(Marque de peinture blanche)

0 1 5

Département de la Seine-Maritime
Syndicat Intercommunal du Bassin Versant de la Béthune

Etude du rétablissement de la libre circulation
des poissons de la Béthune

Diagnostic

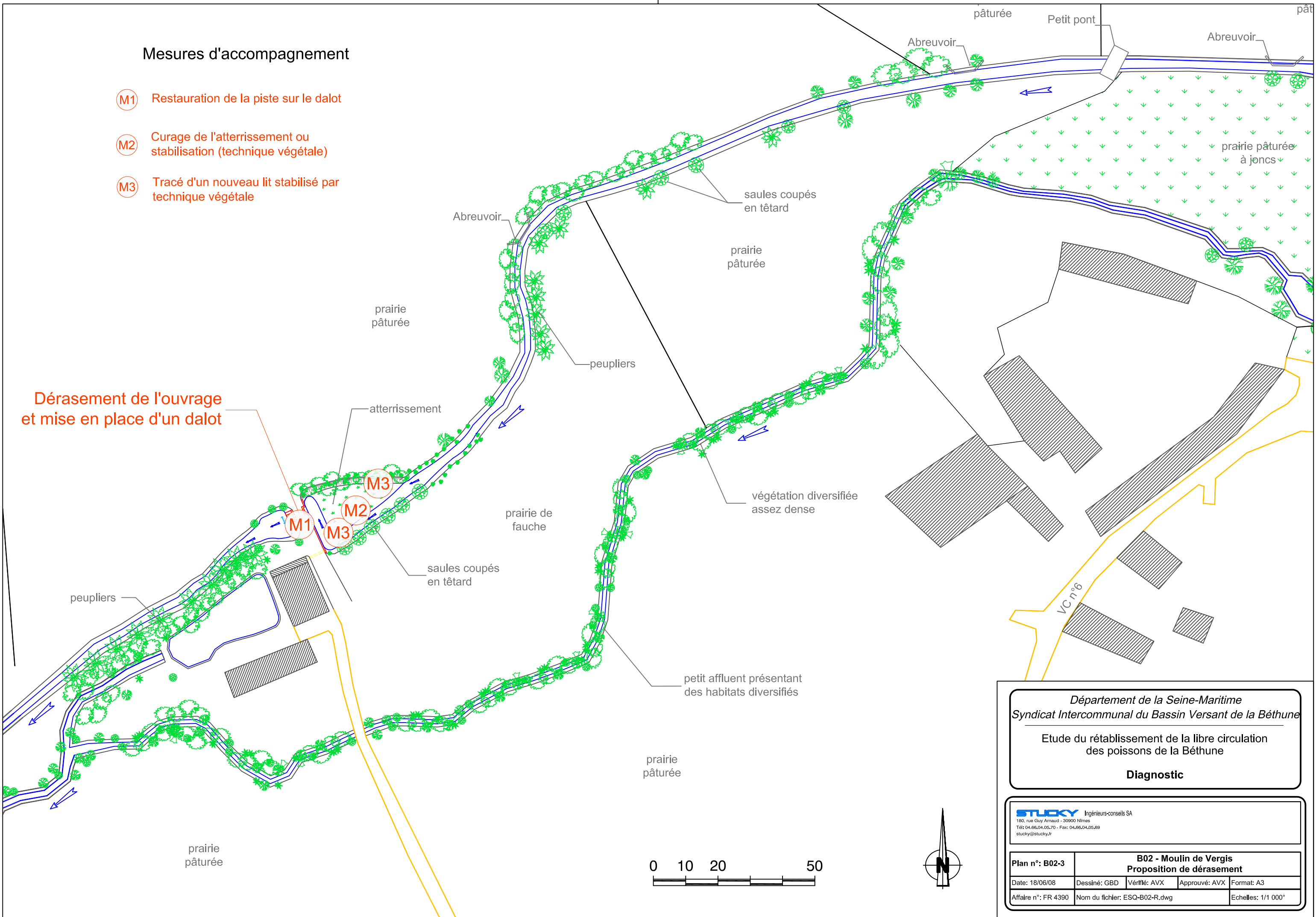
STUCKY Ingénieurs-conseils SA
180, rue Guy Arnaud - 30900 Nîmes
Tél: 04.66.04.05.70 - Fax: 04.66.04.05.69
stucky@stucky.fr

Plan n°: B02 - 1	B02 - Moulin de Vergis Situation actuelle - Schéma coté			
Date: 28/01/2008	Dessiné: OMR	Vérifié: AVX	Approuvé: PFC	Format: A3
Affaire n°: FR 4390	Nom du fichier: ESQ-B02-a.dwg			Echelles: 1/200°

Mesures d'accompagnement

- M1 Restauration de la piste sur le dalot
- M2 Curage de l'atterrissement ou stabilisation (technique végétale)
- M3 Tracé d'un nouveau lit stabilisé par technique végétale

Dérasement de l'ouvrage et mise en place d'un dalot



Département de la Seine-Maritime
Syndicat Intercommunal du Bassin Versant de la Béthune

Etude du rétablissement de la libre circulation
des poissons de la Béthune

Diagnostic

STUCKY Ingénieurs-conseils SA 180, rue Guy Arnaud - 30000 Nîmes Tél: 04.66.04.05.70 - Fax: 04.66.04.05.69 stucky@stucky.fr				
Plan n°: B02-3	B02 - Moulin de Vergis Proposition de dérasement			
Date: 18/06/08	Dessiné: GBD	Vérifié: AVX	Approuvé: AVX	Format: A3
Affaire n°: FR 4390	Nom du fichier: ESQ-B02-R.dwg			Echelles: 1/1 000°

d'une partie du cours de la Béthune se solderait également par une perte d'habitats aquatiques. L'absence de gain écologique conduit donc à écarter cette solution.

Dérasement du seuil

Principes

Il s'agit de déraser le seuil afin d'annuler la chute à la sortie du pont du chemin d'accès à la pâture de la rive droite (Plan B02-3). La hauteur du dérasement devrait être de l'ordre du mètre. Compte tenu des caractéristiques actuelles du seuil, il ne paraît pas possible de déraser le seuil en maintenant le pont en l'état. Il est donc proposé :

- de démolir l'ensemble pont et radier,
- de mettre en place un dalot de même largeur que le passage actuel (2 m),
- de vérifier le calage du dalot afin d'éviter une chute résiduelle,
- de garnir le fond du dalot de blocs cimentés permettant d'augmenter la rugosité,
- de restaurer le chemin sur le dalot.

Sur les 250 m situés en amont, correspondant à la longueur théorique du remous du seuil, la Béthune retrouvera un cours naturel. Le secteur le plus soumis à l'érosion régressive ne devrait pas dépasser une cinquantaine de mètres (Annexe 8).

Incidences de l'arasement et mesures à prévoir

Compte tenu de la structure des berges et de l'occupation de l'espace, peu de désordres sont à craindre. Le bâtiment du moulin est suffisamment éloigné pour ne pas risquer d'être déstabilisé.

D'un point de vue morpho-dynamique, les sédiments situés en amont dans le lit du cours d'eau seront mobilisés (érosion régressive) provoquant un abaissement du lit. Les matériaux les plus grossiers seront susceptibles de se déposer dans la fosse située en aval de la chute du vannage. L'atterrissement important situé en amont immédiat du « chemin-digue » risque également d'être mobilisé : il conviendra soit de le curer préalablement, soit de le stabiliser par des techniques végétales, puis de retracer le lit de la Béthune et de le stabiliser (techniques végétales).

Estimation du coût des solutions

L'ordre de grandeur du coût des solutions envisagées est le suivant (niveau de définition « esquisses » et dans l'hypothèse où les travaux sont réalisés par une entreprise) :

- | | | |
|----------------------|---|-----------------|
| • Prébarrages | : | 15 600 euros HT |
| • Arasement du seuil | : | 29 400 euros HT |

4.8.3. Le détournement de l'Yères à Moulin Houlé

Caractéristiques générales du moulin



Le moulin Houlé se situe dans la commune des Sept-Meules. Le site est positionné sur la rive droite de l'Yères (figure 22) et est constitué, de la rive gauche à la rive droite, d'une passe à poisson, d'une vanne de décharge, d'un déversoir, de 3 autres vannes de décharge et du passage de roue (Plan Y08-1).

Figure 22 : photographie de la chute de Moulin Houlé

Situé à près de 700 m en amont, en rive gauche, la rivière s'ouvre sur un bras de flottage rectiligne et légèrement perché. Celui-ci vient se jeter dans l'Yères juste à l'aval de l'ouvrage du moulin. Un vannage transversal à la rivière et une vanne d'alimentation du bras de flottage permettaient de contrôler le fonctionnement du système. Les vannes barrant la rivière ont été récemment démantelées.

Analyse des solutions envisageables

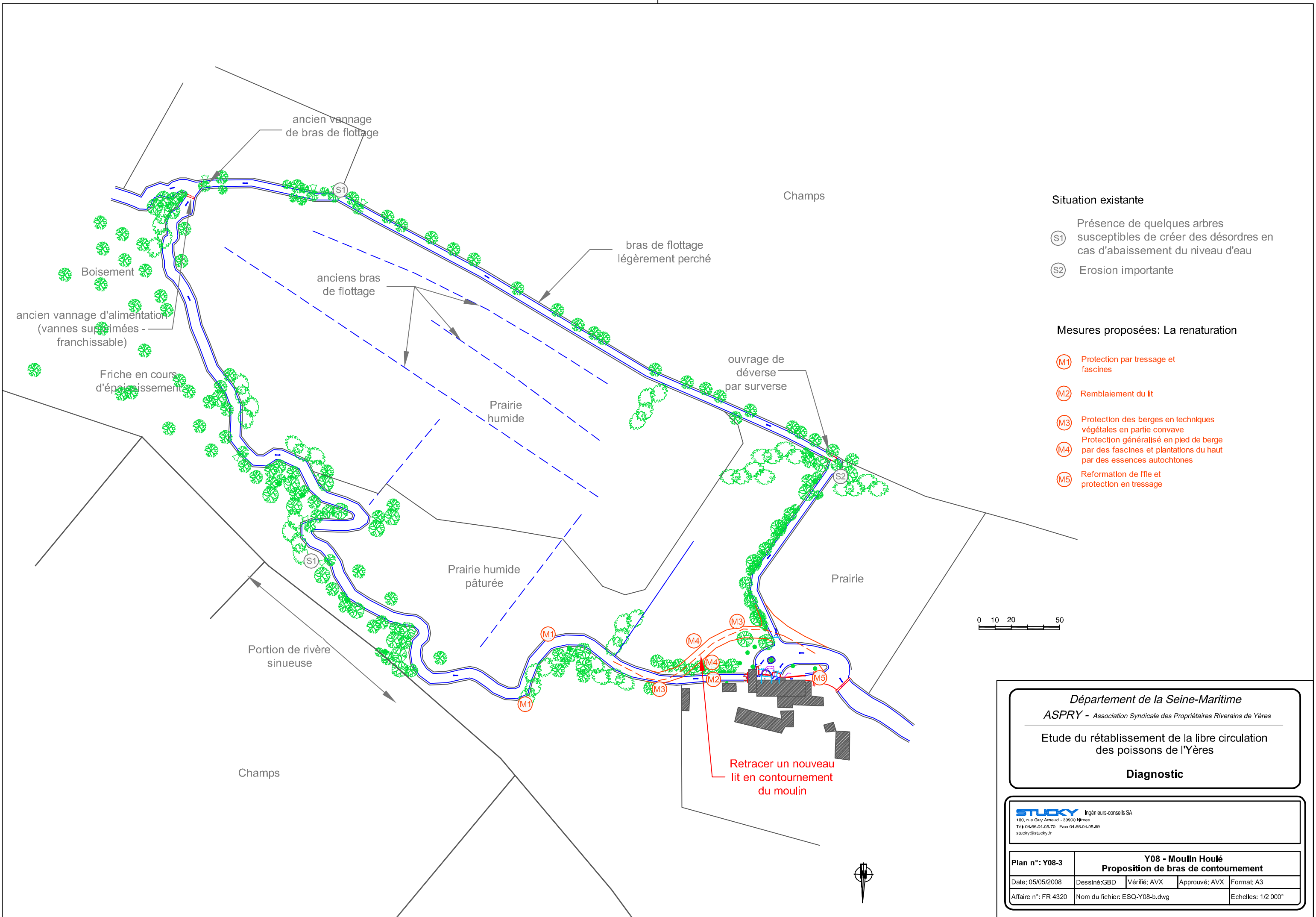
Les solutions envisageables sont :

- passe à poissons,
- détournement de l'Yères.

La largeur du lit à l'aval du barrage ainsi que la hauteur de chute ne permettent pas d'envisager, pour un coût acceptable, la mise en place de prébarrages.

Compte tenu de la hauteur de chute et de la proximité du bâti qui longe l'ouvrage et enjambe le canal d'amenée, la solution d'arasement est exclue car elle mettrait en péril les fondations des bâtiments.

Le propriétaire devra déterminer la cote du plan d'eau amont qui sera maintenue en permanence et pour laquelle les ouvrages de franchissement seront définis. Dans le présent dossier la cote retenue est celle mesurée lors de la mission de terrain, c'est-à-dire toutes vannes ouvertes. Si les vannes devaient être maintenues fermées, le projet de passe à poissons serait différent (cote de calage et longueur de l'ouvrage différents).

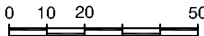


Situation existante

- (S1) Présence de quelques arbres susceptibles de créer des désordres en cas d'abaissement du niveau d'eau
- (S2) Erosion importante

Mesures proposées: La renaturation

- (M1) Protection par tressage et fascines
- (M2) Remblaiement du lit
- (M3) Protection des berges en techniques végétales en partie convexe
- (M4) Protection généralisé en pied de berge par des fascines et plantations du haut par des essences autochtones
- (M5) Reformation de l'île et protection en tressage



Département de la Seine-Maritime

ASPRY - Association Syndicale des Propriétaires Riverains de Yères

Etude du rétablissement de la libre circulation des poissons de l'Yères

Diagnostic

STUCKY Ingénieurs-conseils SA
180, rue Guy Arnaud - 30900 Nîmes
Tél: 04.66.04.05.70 - Fax: 04.66.04.05.69
stucky@stucky.fr

Plan n°: Y08-3		Y08 - Moulin Houlé		
		Proposition de bras de contournement		
Date: 05/05/2008	Dessiné:GBD	Vérifié:AVX	Approuvé: AVX	Format: A3
Affaire n°: FR 4320	Nom du fichier: ESQ-Y08-b.dwg			Echelles: 1/2 000°

Détournement de l'Yères

Principe

Une solution de renaturation n'est pas évidente car le bras naturel ancien n'est pas visible (le moulin a peut-être été implanté directement sur le cours de l'Yères). Le bras droit correspond à un bras de flottage (il n'est pas implanté en fond de vallée et a un tracé rectiligne).

Le principe de renaturation sur le site du moulin Houlé s'oriente donc vers une proposition de détournement (Plan Y08-3) :

- créer un détournement dont les berges sont plus ou moins stabilisées par des techniques végétales,
- laisser l'érosion régressive tracer le lit de l'Yères tout en veillant à la tenue de la ripisylve.

La mise en place d'un contournement sur une courte distance (de l'ordre de 60 m) ne permet pas de rattraper la pente du cours d'eau. Pour cela, une érosion régressive est à prévoir et s'étendrait sur une centaine de mètres de cours d'eau amont (Annexe 9), les parties concaves des méandres étant les plus sensibles. L'abaissement du niveau d'eau s'étendra sur l'ensemble de la zone influencée (environ 400 m).

Cette portion de cours d'eau influencée par l'ouvrage montre une ripisylve assez dense en rive droite et plus éparse en rive gauche. La végétation ligneuse en pied de berge est relativement droite. Dans l'ensemble, elle devrait bien résister à l'opération. Néanmoins, il subsiste toujours un risque de dépérissement de la végétation.

Sur ce secteur, l'occupation des sols est essentiellement composée de prairies, de champs ou de friches, ce qui permet au cours d'eau de conserver un espace de liberté peu contraignant. L'opération aura donc une incidence limitée sur les usages. Cependant elle contraindra le propriétaire du moulin à ne plus user de la force motrice pour la scierie et la meunerie.

Aucun ouvrage d'art ni infrastructure bâtie ne sont présents sur le site, hormis les bâtiments du moulin.

Le tronçon du cours d'eau arrivant au moulin sera déconnecté.

Mesures d'accompagnement

Des essences végétales seront plantées en rives de manière à reconstituer une ripisylve fonctionnelle. Les berges les plus soumises à l'érosion (méandres) seront renforcées par des aménagements issus de la technologie végétale. La mise en place de fascines, de lits de plants et plançons, et de géotextile permettront de maintenir les zones les plus exposées à l'érosion.

La généralisation de l'utilisation des fascines en pieds de berges permettrait, en plus de protéger les berges, de freiner légèrement le courant et de maintenir les sédiments.

En partie amont, une protection des parties concaves des 2 précédents méandres est recommandée (par la mise en place d'un tressage par exemple).

Sur la portion existante, les arbres susceptibles de basculer ou de créer des désordres (sapement de berge) devront faire l'objet d'un abattage/ recépage. Aucun aménagement n'est à prévoir en amont pour prévenir d'éventuels dépérissements liés à l'abaissement du niveau d'eau compte tenu de la densité de la ripisylve. Néanmoins, si des cas de mortalités sont observés, ces arbres devront faire l'objet d'un abattage sélectif.

L'ancien canal d'amenée du moulin n'ayant plus d'usage, il sera vraisemblablement préférable de le remblayer.

Estimation du coût des solutions

L'ordre de grandeur du coût des solutions envisagées est le suivant (niveau de définition « esquisses » et dans l'hypothèse où les travaux sont réalisés par une entreprise) :

- Passe à ralentisseurs couplée à une rampe à anguilles : 25 000 euros HT
- Détournement : 15 000 euros HT

4.8.4. La renaturation de l'Yères à Moulin Flavigny

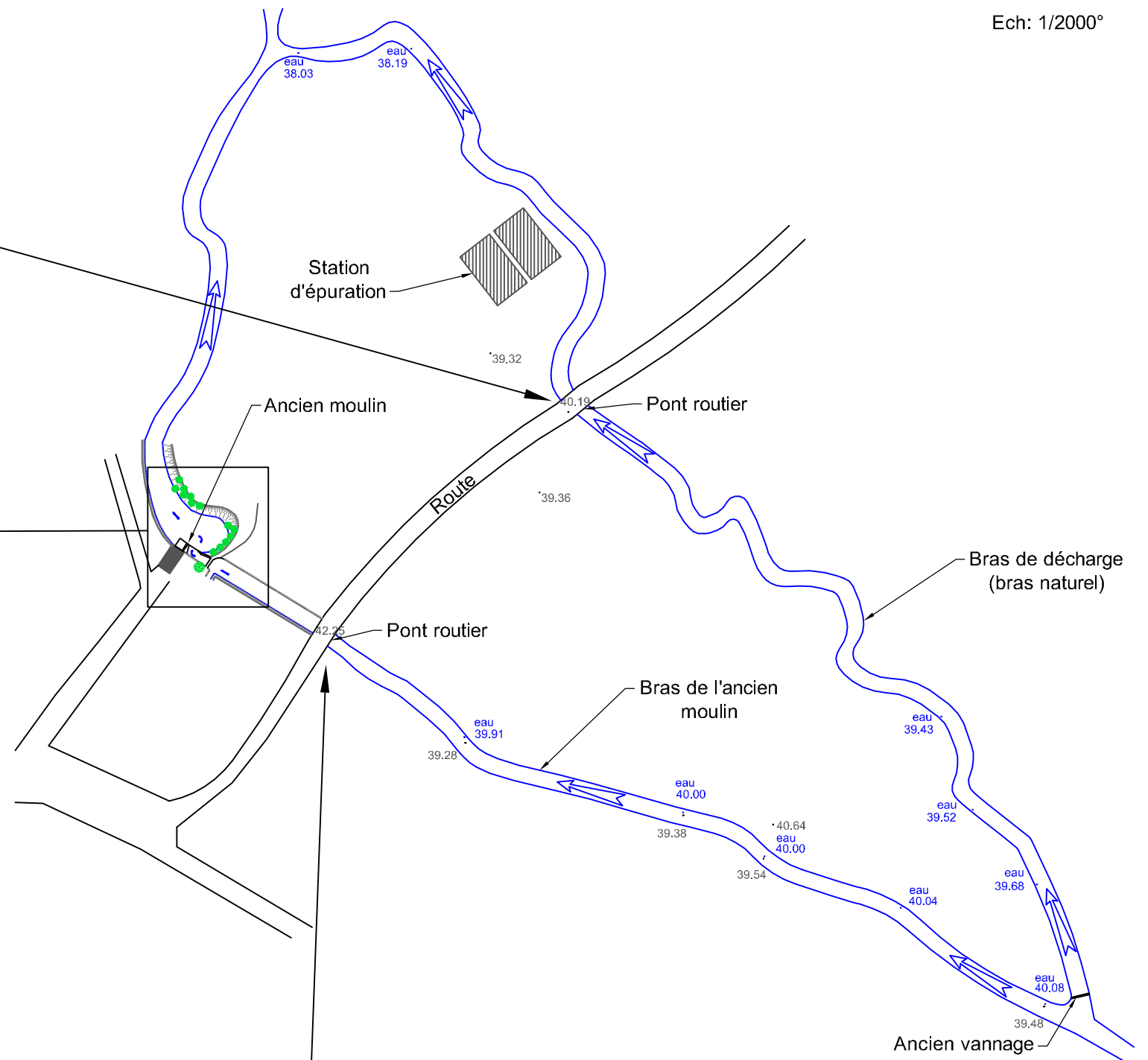
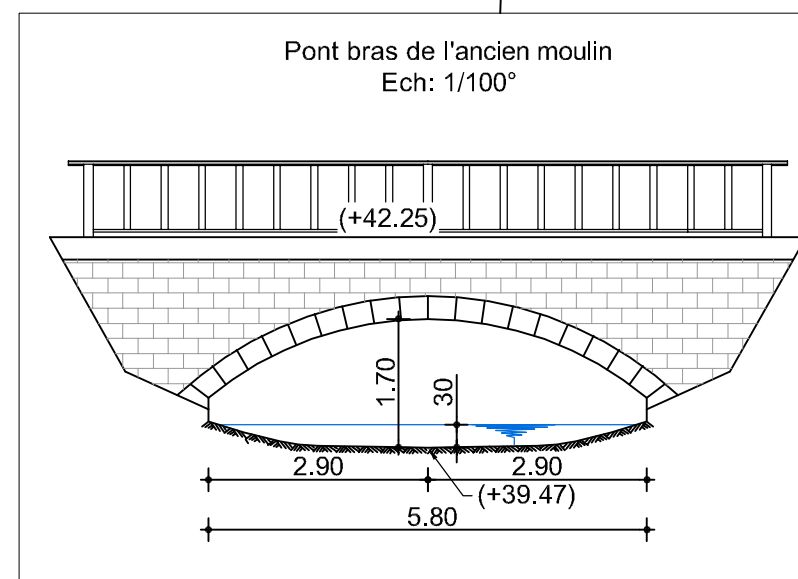
Caractéristiques générales du moulin

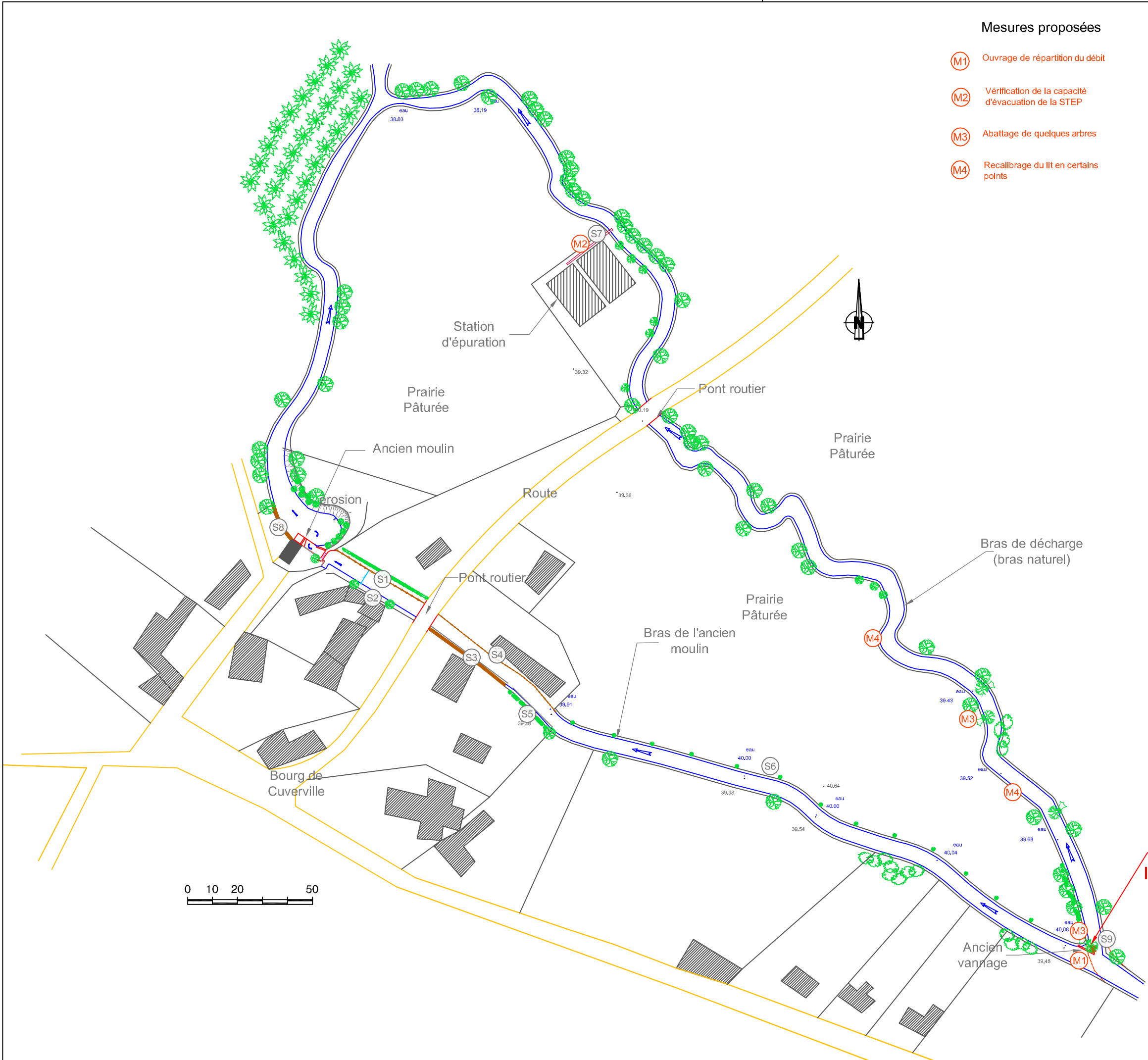


Le moulin de Flavigny se situe à proximité immédiate du bourg de Cuverville. Le moulin se trouve en rive gauche de l'Yères (figure 23) ; il possède un déversoir en rive droite et un seuil vanné où ne subsiste plus que le portique des 3 anciennes vannes (Plan Y06-1) ; l'ancien passage de roue a été comblé et bétonné. À l'amont du moulin, on trouve des habitations sur les bords de l'Yères.

Figure 23 : Photographie de la chute de Moulin Flavigny

A près de 350 m en amont se trouve le seuil de répartition amont. Il permet de maintenir un débit dans le bras du moulin dont le tracé rectiligne diffère du tracé sinueux du bras naturel qui traverse les prairies. La confluence des 2 bras se trouve à environ 500 m en aval. Juste à l'amont de cette confluence se trouve la station d'épuration du bourg.





Mesures proposées

- (M1) Ouvrage de répartition du débit
- (M2) Vérification de la capacité d'évacuation de la STEP
- (M3) Abattage de quelques arbres
- (M4) Recalibrage du lit en certains points

Département de la Seine-Maritime
ASPRY - Association Syndicale des Propriétaires Riverains de Yères

Etude du rétablissement de la libre circulation
des poissons de l'Yères

Diagnostic

STUCKY Ingénieurs-conseils SA
180, rue Guy Arnaud - 30900 Nîmes
Tél: 04.66.04.05.70 - Fax: 04.66.04.05.69
stucky@stucky.fr

Plan n°: Y06-3		Y06 - Moulin FLAVIGNY Proposition de renaturation		
Date: 05/05/2008	Dessiné: GBD	Vérifié: AVX	Approuvé: AVX	Format: A3
Affaire n°: FR 4320	Nom du fichier: ESQ-Y06-b.dwg			Echelle: 1/1500°

Situation existante

- (S1) Protection en planches de béton de 70 cm de hauteur sur 43 m
- (S2) Berge de près de 2 à 1.3 m de hauteur sans protection ni végétation particulière
- (S3) Muret en brique de près 1 m de haut sur 40 m
- (S4) Protection en tresse végétalisée sur près de 60 m
- (S5) Jeunes aulnes en pied de berge sur près de 20 m de long
- (S6) Plantation de jeunes aulnes sur près de 250 m
- (S7) Rejet de station d'épuration à hauteur du niveau de plein bord
- (S8) Protection en gablon sur près de 25 m
- (S9) Réparation de fortune de l'ancien vannage de décharge (poteaux téléphoniques sacs de matériaux) Affouillement de la réparation provoquant la chute d'un arbre

Enlever les
vestiges de
l'ancien vannage

Le seuil de partage a été détruit à plusieurs reprises. Il fait l'objet aujourd'hui l'objet d'une réparation de fortune (poteaux téléphoniques adossés sur des big-bags de matériaux), mais il a été à nouveau contourné lors des hautes eaux.

La route qui mène au bourg à partir de la route D16 franchit les bras de l'Yères sur 2 ponts : le pont du bras droit (naturel) présente un gabarit très inférieur au pont du bras gauche (usinier).

Analyse des solutions envisageables

Les solutions envisageables sont :

- passe à poissons,
- renaturation de l'Yères.

La largeur du lit à l'aval du barrage et la hauteur de chute ne permettent pas d'envisager, pour un coût acceptable, la mise en place de prébarrages.

Le dérasement de seuil est également une solution écartée, du fait d'une part de la proximité du moulin attenant au barrage, et d'autre part de la présence en amont de maisons proches du bras usinier dont les berges sont tenues par des murs de briques susceptibles d'être déstabilisés par l'érosion régressive.

Les solutions de franchissement ont été analysées en tenant compte de la contrainte du maintien d'un débit dans le bras usinier ; en effet, le linéaire concerné est important (environ 350 m), on y trouve plusieurs maisons d'habitation ainsi qu'un site classé, et les riverains sont attachés à la proximité du cours d'eau.

Renaturation de l'Yères

Principe

Le site se prête assez bien à un projet de renaturation (Plan Y06-3) :

- le bras naturel ancien est bien identifié sur le site et traverse des prairies (absence de contraintes foncières fortes),
- le seuil amont est très endommagé (il n'existe plus que les vestiges d'une réparation ancienne qui a été détournée par les crues),
- le moulin n'a plus d'usage (son alimentation en étiage est très faible).

La renaturation consiste à :

- favoriser l'écoulement de l'Yères dans le bras naturel (bras droit) en déblayant les vestiges de l'ancien ouvrage de partition amont,
- réaliser un ouvrage de partition amont capable de maintenir un débit dans l'ancien bras usinier.

Une contrainte forte réside dans la présence du pont de la route qui mène au bourg à partir de la route D16 : son gabarit paraît faible, mais le calcul montre qu'il est capable de laisser passer $13 \text{ m}^3/\text{s}$ (la crue vingtennale atteint seulement $9 \text{ m}^3/\text{s}$). Cette contrainte est donc levée.

Comme signalé précédemment, le respect des habitudes locales et des milieux aquatiques présents sur un linéaire de près de 500 m, conduisent à prévoir un ouvrage de partition amont capable de maintenir un débit dans l'ancien bras usinier. Ce débit devra être suffisant pour permettre de maintenir les caractéristiques générales du site (notamment paysagères) sans toutefois être attractif pour les poissons au niveau de la confluence. L'ouvrage sera constitué en enrochements maçonnés et présentera une vanne centrale.

Certaines portions du lit naturel paraissent étroites et seraient sensibles à l'érosion latérale. En revanche, les risques d'érosions régressives sont restreints car le bras a déjà la pente de la rivière.

On observe une ripisylve plus dense en rive droite qu'en rive gauche, avec quelques arbres penchés ou tombés. Dans l'ensemble, la ripisylve apporte une alternance de zones d'ombre et de lumière qui laissent apparaître des héliophytes. Ces caractéristiques donnent au cours d'eau une certaine liberté de divagation de son lit permettant d'atteindre un profil d'équilibre.

Mesures d'accompagnement

En complément de l'ouvrage amont de partition Les mesures d'accompagnement du projet à prévoir sont limitées :

- Le bras naturel traverse des prairies pâturées et longe la station d'épuration de Cuverville sur près de 80 m (en aval du pont). Le rejet de celle-ci affleure le niveau de plein bord de l'Yères : il conviendra de vérifier que l'évacuation des rejets n'est pas gênée par l'augmentation du débit.
- Le bras usinier pourra être curé lors des travaux. Ensuite un autocurage sera possible grâce à l'ouvrage amont.
- Certaines portions étroites du bras naturel pourront être élargies tout en respectant la forme sinueuse du tracé.
- Les arbres présentant une certaine instabilité seront abattus.

Il n'est pas utile de prévoir des stabilisations de berge.

Estimation du coût des solutions

L'ordre de grandeur du coût des solutions envisagées est le suivant (niveau de définition « esquisses » et dans l'hypothèse où les travaux sont réalisés par une entreprise) :

- Passe à ralentisseurs couplée à une rampe à anguilles : 37 000 euros HT (+ 4 000 euros pour seuil amont*)
- Renaturation de l'Yères : 10 000 euros HT
- La mise en place d'une passe à poissons sur le seuil du moulin doit prévoir la restauration du seuil de partage amont dont le coût est estimé à 4 000 euros HT

4.9. Synthèse des propositions

Les propositions établies sur l'Yères ont été adressées à chaque membre du comité de pilotage à la fin du mois d'avril, dans un dossier reprenant l'état des lieux et les esquisses. Les solutions présentées en réunion du comité de pilotage le 11 juin sont synthétisées dans le tableau 12.

Hormis le rejet de 3 solutions de passe à poissons, la discussion établie au cours de cette réunion a permis de valider les propositions. Quelques précisions devront néanmoins être apportées à certaines d'entre elles. Le comité de pilotage s'est de plus prononcé sur l'aménagement jugé le plus judicieux sur chaque site. Ces solutions sont entourées en orange dans le tableau 12.

Site	Propriétaire	Hauteur de chute	Usage force motrice	Autres Usages	Vannes ouvertes (O) ou Vannes fermées (F)	Vérification des projets du propriétaire pour le maintien des vannes fermées ou ouvertes	Type d'aménagement envisageable et prix			
							Passe à ralentisseurs	Prébarrages	Dérasement	Renaturation ou Bras de contourn.
Y01	Maugier	0.54		Paysager	O		23 000	21 000	10 000	-
Y02	Guérineau	0.71		Paysager	O		21 000	-	15 000	-
Y03	Tailleux	0.89			O		27 000	-		-
Y04	Choquart	1.53	X	Turbine	F		45 000 38 000	-	-	-
Y05	Lefèvre	1.24	X	Pisciculture	F		25 000	19 000	-	-
Y06	Flavigny	1.15			O		41 000		-	10 000
Y07	Goléo	0.77		Paysager	O	X	35 000	15 000	-	
Y08	Houlé	1.09	X Scierie (rare)	Paysager	O (le plus sv)	X	25 000	-	-	15 000
Y09	Leblond	0.94			O		25 000	-	-	10 000
Y10A	Barrois	2.00			O		53 000	-	-	20 000
Y10B	Calonne	0.85		Paysager	O	X	20 000	-	-	
Y11	Estot	1.05			O		22 000	31 000	10 000	-
Y12	Caron	1.40			F	X	31 000	-	10 000	50 000
					O	X	21 000			

Tableau 12 : Synthèse des propositions pour les sites de l'Yères

Dans le même esprit que pour l'Yères, les propositions établies sur la Béthune ont été présentées en réunion du comité de pilotage le 02 juillet et sont synthétisées dans le tableau 13.

Site	Hauteur de chute (m)	Usage force motrice	Autres Usages	Vannes ouvertes (O) ou Vannes fermées (F)	Type d'aménagement envisageable et prix HT			
					Passe à ralentisseurs	Prébarrages	Arasement ou Dérasement	Renaturation ou Bras de contour.
B01 Moulin du Roy	3.97 (en 2 chutes)		agrément	F	Amont VF : 47 400 VO : 33 000	Aval 19 200	18 000	
B02 Moulin de Vergis	1.13			-		15 600	29 400	
B03 Moulin de Trépied	1.59	X	agrément	O F pour roue	VF : 73 800 VO : 38 400	Passe à bassins VF 57 600		
B04 Moulin Pré St-Pierre	1.31	projet	agrément	-	36 000			24 000
B06 Moulin à huile	2.76		agrément	-	Aval 38 400	Amont 27 600		Contourn. 30 000 Renat. 42 000
B08 Moulin de Saint-Saire	1.36 (Van. amont)		agrément	F	VF : 32 200 VO : 24 000		18 000	
B09 Pond de la D119	0.94			-			42 600	
B10 Scierie de Neuville	1.66	projet		O		Passe à bassins VO 34 100	36 000	
B11 Moulin Bleu	1.97			F	VF : 56 400 VO-enroch. : 20 400			24 000
B12 Moulin d'Autrecourt	1.44			O ou F	VO : 38 400			24 000
B13 Moulin de Bures	0.85	X	agrément	O ou F	VO : 25 200			18 000
B15 Moulin de Freulleville	1.2		agrément	O	35 500			18 000
B16 Moulin de Saint-Aubin	1.55 (seuil moulin)		agrément	-		28 800		12 000
B17 Vannage d'Archelles	0.5			-	15 000			24 000
B18 Moulin d'Archelles	1.02			-	37 200			

Tableau 13 : Synthèse des propositions pour les sites de la Béthune

Cette réunion s'est limitée à présenter les propositions. Les discussions établies dans un second temps n'ont exclu aucune des propositions. Cependant, certaines solutions doivent faire l'objet de quelques précisions ou modifications. A l'inverse de la réunion pour l'Yères, aucune de ces solutions n'ont été particulièrement retenue.

4.10. Attribution d'aide au financement

A la suite des comptes rendus de réunions établis par le bureau d'études, les financeurs (Conseil Général et Agence de l'eau) doivent se prononcer sur les taux de subvention des aménagements. A ce jour, ces taux ne sont pas encore connus. Toute fois, il on peut retenir que :

- Le Conseil Général peut financer les projets à hauteur de 30 % et ce, quelle que soit la solution.

- L'Agence de l'Eau, en revanche, n'attribue des financements que si les solutions permettent une amélioration de la qualité écologique des cours d'eau. Selon l'incidence de ces projets, le taux d'aide peut atteindre 80 %.
- Le taux de financement de biens privés par des fonds publics ne doit cependant pas dépasser 80 %. Ce financement imposera par la suite la mise en place d'une Déclaration d'Intérêt Général (DIG).

4.11. Les solutions adoptées par les propriétaires

La présentation des propositions permettant de restaurer la libre circulation des poissons accompagnée de leur taux de subvention permettra aux propriétaires d'ouvrages souhaitant se mettre en conformité, de choisir la solution qui leurs paraît la plus intéressante.

Cette présentation sera faite par les membres du comité de pilotage. Elle est programmée au début du mois de septembre sur l'Yères.

Conclusion

L'établissement des deux premières phases des études de « Restauration de la Libre Circulation des poissons migrateurs » de l'Yères, de la Béthune, et de l'Eaulne, doit, après un état des lieux, apporter des solutions techniques autorisant le franchissement des obstacles. Celles-ci permettront aux propriétaires d'ouvrages infranchissables de se mettre en conformité avec l'article L432-6 du Code de l'Environnement et ainsi de rétablir la continuité biologique des cours d'eau.

Mon intervention au sein du bureau d'études STUCKY en charge de ces études, s'est portée sur la proposition d'aménagements rustiques : arasement, dérasement, détournement et renaturation. Ce travail a nécessité dans un premier temps, une sélection des sites adaptés à ce type d'opération et une évaluation, au cas par cas, des incidences sur l'environnement, les usages et le bâti. Cette prise en compte a pu se faire en estimant les proportions des érosions régressives (incidences majeures) provoquant l'abaissement du lit de la rivière et de la ligne d'eau.

Les investigations menées sur les 3 études ont été permanentes. Elles ont abouti à des esquisses validées par le comité de pilotage. Les résultats ont répondu aux exigences fixées et se sont montrés à la hauteur des attentes des maîtres d'ouvrage.

Cependant des améliorations peuvent être apportées pour améliorer la justification des esquisses de chaque site. L'étendue des érosions régressive mérite, notamment, d'être présentée de façon à marquer le lecteur, au même titre que le dimensionnement de passe à poissons, d'une conception réfléchie des solutions rustiques et de leurs mesures.

Il faut néanmoins nuancer, les efforts fournis ne porteront leurs fruits que lorsqu'un projet, adopté par le propriétaire et défini à l'état de projet détaillé, est approuvé pour sa réalisation. Les partenaires techniques et financiers doivent ainsi poursuivre leurs attentions et accompagner les programmes de Restauration de la Libre Circulation des poissons migrateurs ; leurs réussites en dépendent.

Bibliographie

ANONYME. *Guide pour le diagnostic, la restauration et l'entretien des seuils en rivière*. 84p.

BOYER M. Concept Cours d'Eau. Septembre 1998. Guide technique N°1 – *La gestion des boisements des rivières* – Fascicule1 : Dynamique et fonctions de la ripisylve, 43p. Fascicule 2 : Définition des objectifs et conception d'un plan d'entretien, 50p.

BRUSLE J, QUIGNARD JP. 2001. *Biologie des poissons d'eau douce européens*. Collection aquaculture et pisciculture – Editions Tec&Doc. 625p.

CE3E, septembre 2005. Plaquette du dérasement du moulin de la mouche – usine Nestlé purina. Journées d'échanges CATER et techniciens « Rivières et Zones humides » du 20 octobre 2005 à St Philbert sur Risle. 2p.

COSNIER S. DDAF 62. 2000. *Dossier d'exécution des travaux de démolition du barrage et du garage du centre-ville d'Hesdin* – Document de travail. 10p.

DEGOUTTE G. ENGREF. 1998. *Application des notions d'hydraulique et dynamique fluviale* – Diagnostic, aménagement et gestion des rivières. 90p

EPIDOR. Novembre 1999. Guide technique – *la restauration et l'entretien des seuils, bassin de la Cère*. 14p.

FDAAPPMA 62, Septembre 2007. *La continuité écologique des cours d'eau, un enjeu majeur du bassin Artois-Picardie* - Plaquette d'information. 6p.

GABEREL P, 2005. *Evaluation de l'état de fonctionnalité des passes à poisson de Basse Normandie* – Actualisation de la base de données « ouvrages » de la CATER. 46p.

GAU G. Association des amis des moulins d'Ile-de-France. Février 2005. *Les moulins à eau, Droits, devoirs, défense*. 63p.

GHAAPPE. Février 2001. *Libre Circulation des Poissons Migrateurs et Seuils en rivière* – Guide technique N°4. Bassin Rhône Méditerranée Corse. 51p.

IDF. 1991. Cours d'eau, Aménagements, Pêche. FL forêt_loisirs et équipements de plein air n°37.

IIBSN. 2006. *Ouvrages hydrauliques du bassin de la Sèvre Nantaise*. Document d'information. 38p.

LACHAT B. 1994. *Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales*. Réédition 1999. 143p.

LARINIER M, PORCHER JP, TRAVADE F, GOSSET C. 1994. *Passes à poissons – Expertise, conception des ouvrages de franchissement*. Collection Mise au point. Conseil Supérieur de la Pêche, Paris. 335p.

LARINIER M, COURRET D, GOMES P, Décembre 2006. *Guide techniques pour la conception des « passes naturelles »*. 67p.

MALAVOI J. R., 2003. *Stratégie d'intervention de l'Agence de l'Eau sur les seuils en rivière*. Agence de l'Eau Loire-Bretagne. 135 p.

MALAVOI J. R., décembre 2007. *Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau*. Agence de l'eau Seine-Normandie. 62p et 101p.

PRIMUS M., 2007. « Seuils transversaux en rivière : aspects réglementaires ». In : *Ouvrages hydrauliques – Synthèse de la journée technique d'information et d'échanges*. Association Rivière Rhône Alpes. pp. 13-15.

SCHMITT F., MONNIER D., 2005. *Impacts écologiques de l'effacement des barrages dans le grand Est*. Conseil Supérieur de la Pêche, Direction Régional de Metz. 20p.

SIRAS. *Evaluation des habitats de production salmonicole, Estimation des pertes et gains possibles – Annexe 2- CCTP- Etude du Rétablissement de la Libre Circulation des Poissons Migrateurs*. pp 15 – 20.

SOFIANOS A, FDPPMA 76, décembre 2007. *Plan Départemental pour la Protection du Milieu Aquatique et la Gestion des Ressources Piscicoles de Seine-Maritime (PDPG)*. 95p.

Syndicat Mixte pour le SAGE de la Canche, FDAAPPMA 62. mai 2006. *Ouvertures et démantèlements d'ouvrages hydrauliques du bassin versant de la Canche - Eléments de réflexions et retours d'expériences*. Document de travail. 24p.

VEDIE F. DDAF 62. *Etude de solutions techniques pour le franchissement piscicole sur 25 barrages ou seuils des affluents classés de la Canche – Version finale*. X p.

Communication personnelle :

Jonathan Leproult – Technicien de rivière sur l'Indrois (37)

Fabien Languille – Technicien de rivière sur la Brenne (37)

Hervé Régniez – Technicien au SAGE de la Canche (62)

Fabien Védie – Responsable du pôle Environnement et Hydraulique - DDAF (62)

Table des matières

1. Introduction	5
2. Les études de « Restauration de la Libre Circulation »	6
2.1. Contexte réglementaire et objectifs	6
2.1.1. Contexte réglementaire	6
2.1.2. SDAGE	6
2.1.3. Les objectifs locaux	7
2.1.4. Objectifs des études	8
2.2. L'intégration dans l'équipe de travail	9
2.2.1. Le bureau d'études : STUCKY Ingénieurs Conseils	9
2.2.2. L'équipe de projet	9
2.2.3. Contenu de mon intervention	11
2.3. Contenu technique du stage	12
2.3.1. Généralité	12
2.3.2. L'arasement et le dérasement	12
2.3.3. La Renaturation	13
2.3.4. Le détournement	13
2.3.5. Le démantèlement	13
2.3.6. Critères à prendre en compte	14
3. Matériels et méthodes	15
3.1. Acquisition de données	15
3.1.1. Données mis à disposition	15
3.1.2. Les phases de terrain	15
Diagnostic et dimensionnement des ouvrages	15
Diagnostic de l'environnement des sites	16
3.1.3. Restitution des données	16
3.2. Caractérisation de l'hydromorphologie des bassins versants et de leur cours d'eau	17
3.3. Caractérisation de l'érosion régressive	17
3.3.1. Identification du phénomène	17
3.3.2. Définition d'une méthodologie pour l'évaluation de ses dimensions	20
3.3.3. Evaluation de l'abaissement de la ligne d'eau	22
3.4. Les incidences de l'érosion régressive	22
3.5. Justification d'un dérasement de seuil :	24
3.6. Justification d'une renaturation	24
3.7. Mesures d'accompagnement	24
4. Résultats et propositions d'aménagements	27
4.1. Présentation générale	27
4.2. Morphologie et hydrologie des bassins	28
4.3. Caractéristiques des sites étudiés	29
4.3.1. Sur l'Yères	29

4.3.2. Sur la Béthune.....	31
4.3.3. Sur l'Eaulne	32
4.4. L'hydromorphologie des cours d'eau	33
4.4.1. Sur l'Yères et l'Eaulne.....	33
4.4.2. Sur la Béthune.....	34
4.5. Le contexte piscicole	35
4.5.1. Peuplements piscicoles	35
4.5.2. Migrations	37
4.5.3. Les habitats productifs	38
4.6. La réglementation des ouvrages.....	40
4.7. L'étude des solutions rustiques.....	41
4.7.1. Sélection des sites et des solutions.....	41
4.7.2. Définition des contraintes et des aménagements	44
4.8. Présentation de quelques solutions proposées	45
4.8.1. Mise en garde.....	45
4.8.2. Le dérasement du seuil de Moulin Vergis	46
Caractéristiques générales du site	46
Analyse des solutions envisageables.....	46
Dérasement du seuil	47
Estimation du coût des solutions.....	47
4.8.3. Le détournement de l'Yères à Moulin Houlé	48
Caractéristiques générales du moulin.....	48
Analyse des solutions envisageables.....	48
Détournement de l'Yères	49
Estimation du coût des solutions.....	50
4.8.4. La renaturation de l'Yères à Moulin Flavigny.....	50
Caractéristiques générales du moulin.....	50
Analyse des solutions envisageables.....	51
Renaturation de l'Yères.....	51
Estimation du coût des solutions.....	52
4.9. Synthèse des propositions.....	53
4.10. Attribution d'aide au financement.....	54
4.11. Les solutions adoptées par les propriétaires.....	55

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des stations hydrométriques	15
Tableau 2 : Vulnérabilité de la végétation arborée vis à vis de l'abaissement du niveau d'eau	23
Tableau 3 : Répartition schématique des mesures à appliquer selon l'abaissement de la ligne d'eau	25
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des ouvrages faisant l'objet d'étude RLC	28
Tableau 5 : Caractéristiques morphologiques des bassins versants étudiés	28
Tableau 6 : Caractéristiques hydromorphologiques de l'Yères et de l'Eaulne	33
Tableau 7 : Caractéristiques hydromorphologiques de la Béthune	34
Tableau 8 : Espèces composant les peuplements piscicoles des 3 rivières	35
Tableau 9 : Caractéristiques des principales espèces migratrices	36
Tableau 10 : Répartition des frayères potentielles sur le cours de l'Eaulne	39
Tableau 11 : Justification de l'étude d'une ou d'une autre solution rustique pour chacun des sites	43
Tableau 12 : Synthèse des propositions pour les sites de l'Yères	53
Tableau 13 : Synthèse des propositions pour les sites de la Béthune	54

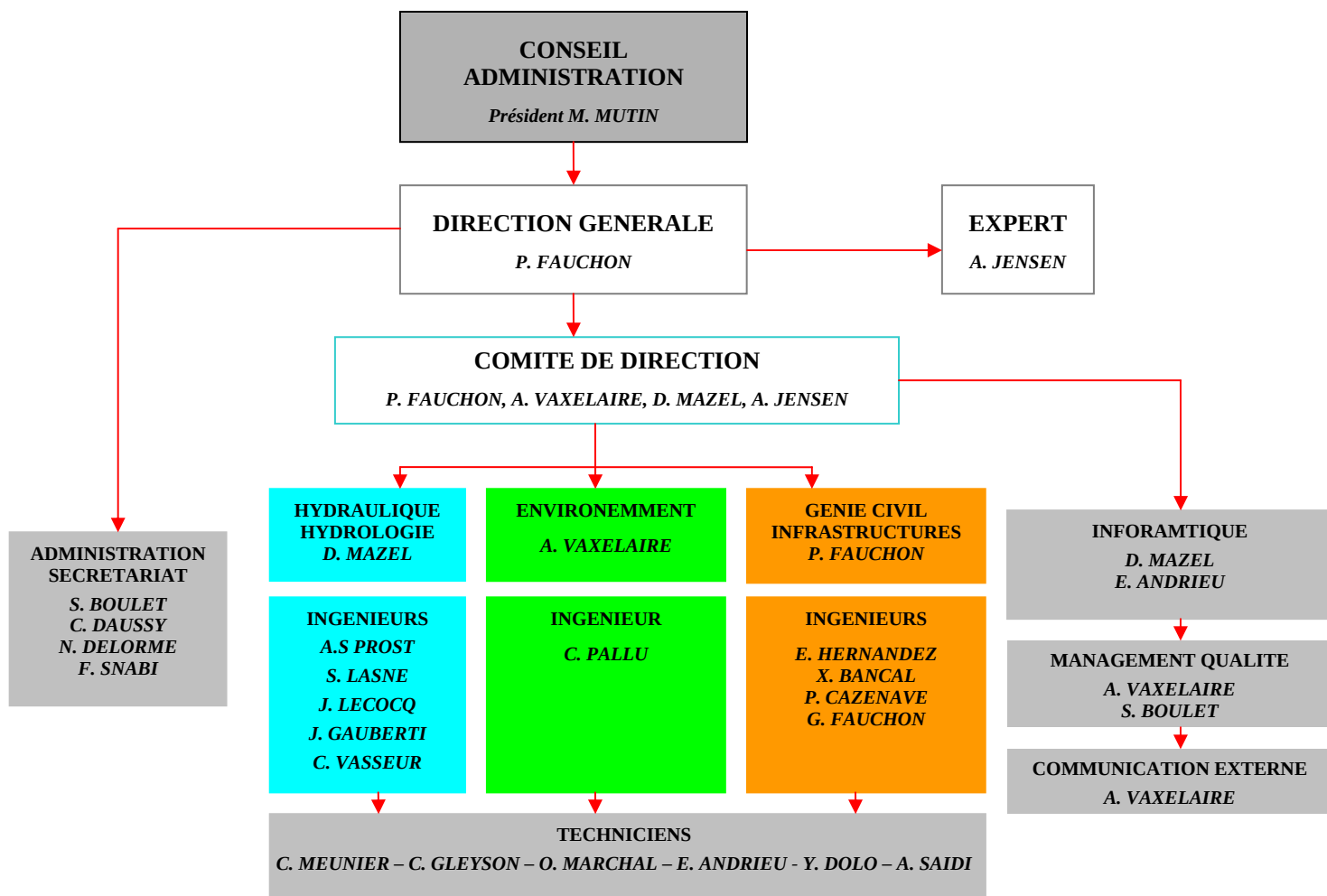
Liste des figures

Figure 1 : Organisation des études RLC de l'Yères et de la Béthune.....	10
Figure 2 : Organisation de l'étude RLC de l'Eaulne	11
Figure 3 : Photographies de la mise en place d'une rampe d'accès pour le dérasement d'un barrage à Hesdin (62) sur la Canche (source : DDAF 62)	12
Figure 4 : Photographie de la renaturation d'une rivière hollandaise (source : Cours de reméandrement de M. Andriamahefa)	13
Figure 5 : Situations provoquant une érosion régressive	18
Figure 6 : Processus d'érosion régressive	18
Figure 7 : Evolution du profil en long par l'érosion régressive.....	18
Figure 8 : Répartition de la puissance spécifique de cours d'eau par rapport au débit de plein bord et à la pente (source : Brookes 1988).....	19
Figure 9 : Puissance spécifique par laquelle passe l'érosion régressive.....	21
Figure 10 : Dimensions recherchées	22
Figure 11 : Localisation des rivières étudiées	27
Figure 12 : Hydrogramme de l'Yères Figure 13 : Hydrogramme de l'Eaulne	29
Figure 14 : Hydrogramme de la Béthune	29
Figure 15 : Photographie de la buse estuarienne sur l'Yères.....	29
Figure 16 : Répartition des ouvrages et de leur bassin sur l'Yères.....	30
Figure 17 : Répartition des ouvrages et de leur bassin sur la Béthune.....	31
Figure 18 : Répartition des ouvrages et de leur bassin sur l'Eaulne	32
Figure 19 : Répartition des périodes de migration selon les espèces	37
Figure 20 : Répartition cumulée des frayères potentielles de l'Eaulne	38
Figure 21 : Photographie de la chute de Moulin Vergis	46
Figure 22 : photographie de la chute de Moulin Houlé.....	48
Figure 23 : Photographie de la chute de Moulin Flavigny	50

Table des Annexes

Annexe 1 : Organigramme de <i>STUCKY</i> Ingénieurs, Conseils	I
Annexe 2 : Méthodologie appliquée par le service hydraulique pour la détermination des débit au droit des sites.....	II
Annexe 3 : Critères déterminant la typologie physique des cours d'eau du Bassin Rhin-Meuse.....	III
Annexe 4 : Conditions hydrologiques et caractéristiques des sites de l'Yères	IV
Annexe 5 : Conditions hydrologiques et caractéristiques des sites de la Béthune.....	V
Annexe 6 : Conditions hydrologiques et caractéristiques des sites de l'Eaulne	VI
Annexe 7 : Répartition du contenu des articles des règlements d'eau des sites étudiés	VII
Annexe 8 : Résultats de l'évaluation de l'érosion régressive au niveau du site B02 faisant l'objet d'un dérasement.....	VIII
Annexe 9 : Résultats de l'évaluation de l'érosion régressive au niveau du site Y08 faisant l'objet d'un détournement.....	IX

Annexe 1 : Organigramme de *STUCKY* Ingénieurs, Conseils



Annexe 2 : Méthodologie appliquée par le service hydraulique pour la détermination des débit au droit des sites

Méthodologie de détermination des débits au droit des sites à étudier

Les paramètres hydrologiques caractéristiques au niveau des stations nécessitent d'être corrigés pour tenir compte de la différence de superficie de bassin versant au niveau des différents sites étudiés. La formulation de passage s'appuie sur la relation de Meyer qui s'écrit :

$$Q_{bv1} = Q_{bv2} (S_{bv1}/S_{bv2})^{\alpha}$$

Q_{bv1} : superficie du bassin versant 1

Q_{bv2} : superficie du bassin versant 2

S_{bv1} : surface du bassin versant 1

S_{bv2} : surface du bassin versant 2

Les éléments recueillis aux quatre stations retenues permettent d'ajuster les valeurs de α pour tous les mois de l'année :

- D'une part pour la Bethune, à partir des données des stations St Aubin
- D'autre part pour l'Eaulne et l'Yeres, à partir des données des stations de Martin-Eglise et Touffreville.

Le tableau suivant présente l'ajustement de formulation de type Meyer aux débits moyens mensuels et au module annuel des différentes stations hydrométriques.

Tableau 1 : Paramètre α de la relation de Meyer déterminé pour chaque mois

	janv	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	année
paramètre α Bethune	1.22	1.24	1.15	1.07	0.88	0.74	0.64	0.63	0.6	0.76	0.98	1.14	0.97
Paramètre α Eaulne/Yeres	1.13	1.21	1.15	1.11	1.12	0.96	0.88	0.88	0.85	0.86	0.96	1.02	1.02

Pour les sous-bassins dont la surface est inférieure à 50 km², on prendra $\alpha = 1$.

Annexe 3 : Critères déterminant la typologie physique des cours d'eau du Bassin Rhin-Meuse

La typologie physique des cours d'eau : la caractérisation de fonctionnements différents

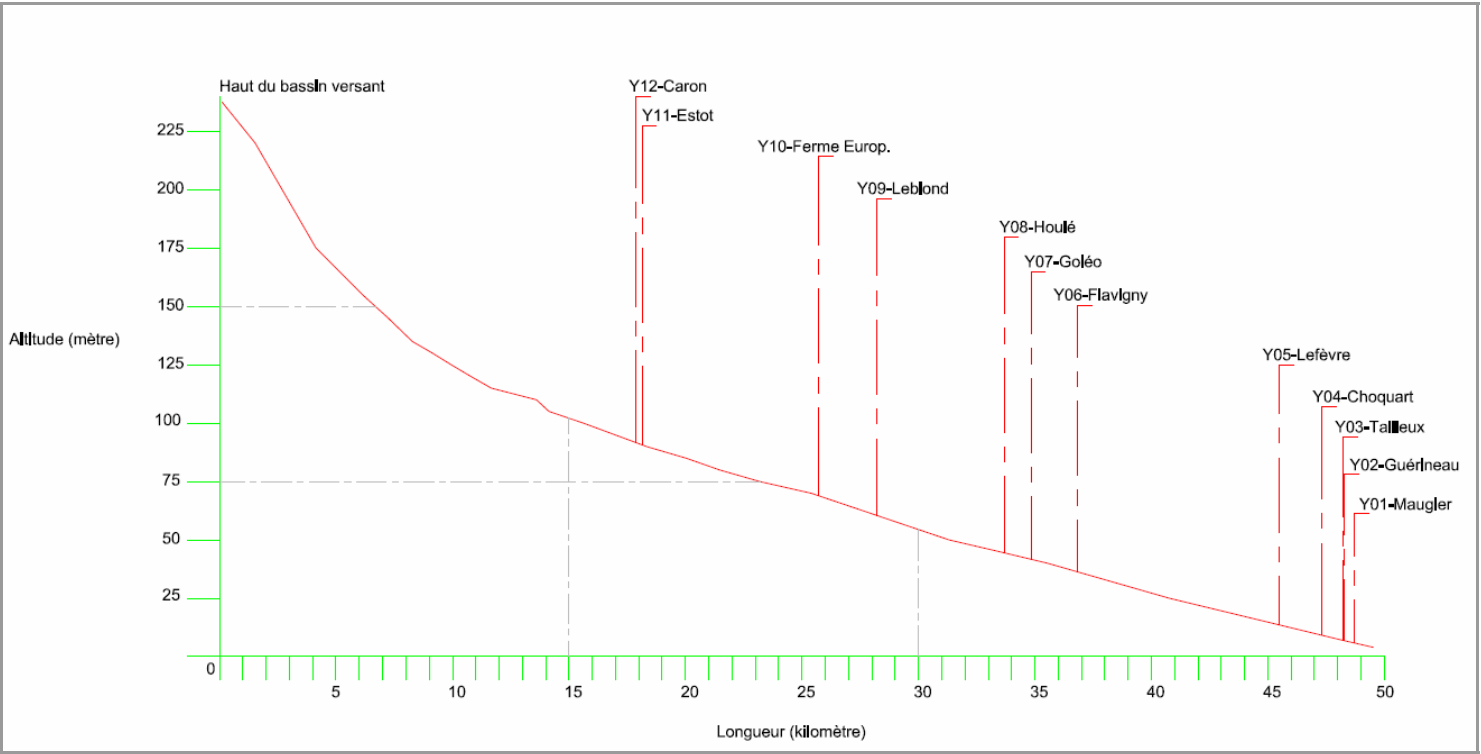
SYNTHESE DES PROFILS TYPES

TYPES OBSERVES n° et nom du type	T1 cours d'eau et torrents de montagne	T2 moyennes vallées des Vosges cristallines	T2 bis hautes et moyennes vallées des Vosges gréseuses	T3 cours d'eau sur Piémont	T4 cours d'eau de côtes calcaires et marno- calcaires	T4 bis cours d'eau sur schistes ardennais	T5 basses vallées de plateaux calcaires	T6 cours d'eau de plaines argilo- limoneuses	T6 ter cours d'eau sur cailloutis ou alluvions sablo- graveleuses	T7 cours d'eau phréatiques
GEOLOGIE	cristallin métamorphique	cristallin métamorphique	grès	variée non morphogène	calcaire marno- calcaire	schistes	basses vallées de plateau calcaire	argiles et limons remaniés	cailloutis du Sundgau ou glacis sablo- graveleux de Haguenau	alluvions ello- rhénanes héritées
PENTE (forte, moyenne, faible) valeur	forte à très forte	moyenne à forte	faible excepté en amont	moyenne « rupture de pente en amont »	moyenne à faible	moyenne à faible	faible	très faible	moyenne	faible
Vallée (V - U - gorges - plaine)	« V »	« U »	encaissée souvent en gorge	cône alluvial	très encaissée « V » puis « U » en gorge	très encaissée gorges	« U » large	plaine d'accumulation	" V " ouvert à " U " étroit	glacis (cône) alluvial du Rhin
LIT MAJEUR										
Largeur	quasi-inexistant	modeste	étroit	élargissement	très étroit	très étroit	étroit à large	très large	étroit	-
Annexes hydrauliques (présence, abondance, type)	absentes	absentes	absentes	nombreuses	absentes	absentes	peu nombreuses	nombreuses	rare	absentes
Relations nappe : infiltration ou alimentation dominante (faible, moyen, fort)	très faible	très faible	très faible	forte	forte	faible	forte	faible	variable (cailloutis)	très forte relation avec l'aquifère principale
Hydrologie (Q régulier, Q variable)	variable	variable	régulier	variable	assez régulier	assez régulier	régulier	régulier	assez régulier	très régulier
LIT MINEUR										
largeur / profondeur	faible	moyenne	faible	moyenne à importante	moyenne	moyenne à importante	moyenne à importante	forte à importante	moyenne à très faible	faible à très faible
Style fluvial, (rectiligne, sinueux, tresses, anastomoses, méandres confinés, méandres tortueux)	rectiligne	sinuosité légère	méandres confinés	tresses anastomoses méandres actifs	sinueux à méandres confinés	méandres encaissés	méandres légèrement confinés	méandres tortueux	rectiligne à extrêmement méandreux	rectiligne sinueux
Faciès d'écoulement dominants (type, répartition)	cascades/ fosses	plat courant	plat courant	plat courant mouille/radier	plat courant mouille/radier	plat courant	plat lent quelques plats courants	plat lent profond	plat lent plat courant	plat lent plat courant
Activité morphodynamique (faible, moyenne, importante, lit mobile)	moyenne incision	modérée transition	moyenne à faible	assez forte lit mobile divagation	faible	faible	faible méandrage	moyenne à faible recoupement	moyenne	très faible
Bancs alluviaux	très rares très grossiers	rare grossiers	blancs de sable	nombreux	bancs diagonaux cailloux plats	bancs diagonaux cailloux plats	rare bancs de connectivité	rare bancs de connectivité	absents	absents
discontinuité des écoulements, hauteur de chute	importante h > 0,1 - 0,2 m	moyenne à faible	faible	forte	assez forte	faible	faible	nulle	faible	nulle
Substrat, granulométrie : dalles, blocs, galets - cailloux, sables, limons, argiles - vases %	très grossière >10 cm blocs/cailloux	grossière, variée 2 à 20 cm quelques blocs	sables graviers	variée souvent grossière (galets)	grossière autochtone cailloux, graviers (plaquettes)	cailloux, graviers (plaquettes)	cailloux, graviers plus ou moins colmatés	graviers colmatés	variable, souvent assez grossière (cailloutis)	graviers colmatés
Forme : roulés, anguleux, aplatis	anguleux autochtones	plus ou moins roulés	anguleux	roulés allochtones	anguleux autochtones	anguleux autochtones	plus ou moins anguleux	variable	"autochtones" hérités	variable
Berges, nature, dynamique (stables, attaquées) pente	très basses stables	basses stables	assez basses	instables basses	assez basses stables	assez basses stables	moyennes à hautes	hautes argilo- limoneuses	hautes argilo- limoneuses	variable souvent hautes
Occupation des sols	forêt	prairies	prairies résineux	prairies/bocage alluvial	prairies forêt	prairies forêts (versants)	prairies/cultures	cultures	prairies forêts (sur sables)	prairies/cultures

Annexe 4 : Conditions hydrologiques et caractéristiques des sites de l'Yères

Caractéristiques des 12 sites étudiés sur l'Yères					
Site	Surface du BV (km²)	Altitude (m)	Q Module (m³/s)	Q2 crue bisannuelle (m³/s)	Hauteur de chute (m)
Y12 - Caron	97	92	0.96	2.67	1.40
Y11 - Estot	98	90	0.97	2.69	1.05
Y10 - Ferme européenne	156	68	1.57	3.90	0.85
Y10 - Ferme européenne	156	68	1.57	3.90	2.00
Y09 - Leblond	165	60	1.66	4.08	0.94
Y08 - Houle	180	45	1.81	4.38	1.09
Y07 - Goléo	185	42	1.86	4.47	0.77
Y06 - Flavigny	206	36	2.08	4.88	1.15
Y05 - Lefèvre	265	14	2.69	5.96	1.24
Y04 - Choquart	269	10	2.73	6.04	1.53
Y03 - Tailleux	296	7	3.01	6.52	0.89
Y02 - Guérineau	296	7	3.01	6.52	0.71
Y01 - Mauger	304	6	3.09	6.66	0.54

Profils en long de l'Yères



Débits mensuels et annuels au niveau des 12 sites de l'Yères (en m³/s)													
	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Y12 - Caron	1.21	1.18	1.11	1.11	0.98	0.97	0.89	0.80	0.77	0.79	0.85	1.01	0.96
Y11 - Estot	1.22	1.19	1.13	1.13	0.99	0.98	0.90	0.80	0.78	0.80	0.86	1.02	0.97
Y10 - Ferme europ.	1.96	2.01	1.92	1.89	1.67	1.53	1.35	1.21	1.16	1.19	1.34	1.64	1.57
Y09 - Leblond	2.07	2.14	2.05	2.01	1.78	1.61	1.42	1.27	1.22	1.25	1.41	1.74	1.66
Y08 - Houle	2.27	2.36	2.27	2.21	1.96	1.75	1.53	1.37	1.31	1.35	1.53	1.90	1.81
Y07 - Goléo	2.33	2.44	2.34	2.28	2.02	1.80	1.57	1.40	1.34	1.38	1.58	1.95	1.86
Y06 - Flavigny	2.60	2.75	2.65	2.57	2.28	2.00	1.73	1.54	1.47	1.51	1.75	2.18	2.08
Y05 - Lefèvre	3.36	3.66	3.54	3.40	3.02	2.54	2.16	1.93	1.82	1.88	2.22	2.82	2.69
Y04 - Choquart	3.42	3.72	3.60	3.46	3.08	2.58	2.18	1.95	1.84	1.90	2.26	2.86	2.73
Y03 - Tailleux	3.77	4.15	4.02	3.85	3.42	2.83	2.38	2.12	2.00	2.07	2.47	3.15	3.01
Y02 - Guérineau	3.77	4.15	4.02	3.85	3.42	2.83	2.38	2.12	2.00	2.07	2.47	3.15	3.01
Y01 - Mauger	3.87	4.27	4.14	3.96	3.53	2.90	2.43	2.17	2.04	2.11	2.54	3.24	3.09

Débits classés au niveau des 12 sites de l'Yères (en m³/s)																
fréquence de non dépassement	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.75	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	max
jours de non dépassement	4	18	37	73	110	146	183	219	256	274	292	329	347	358	361	365
Y12 - Caron	0.39	0.40	0.46	0.51	0.59	0.66	0.76	0.86	0.99	1.16	1.34	1.67	2.09	2.56	3.08	3.81
Y11 - Estot	0.39	0.41	0.47	0.52	0.59	0.67	0.77	0.87	1.00	1.17	1.35	1.69	2.11	2.59	3.11	3.85
Y10 - Ferme europ.	0.62	0.65	0.74	0.82	0.95	1.07	1.22	1.38	1.60	1.86	2.16	2.69	3.37	4.12	4.95	6.13
Y09 - Leblond	0.66	0.69	0.78	0.87	1.00	1.13	1.29	1.46	1.69	1.97	2.28	2.85	3.56	4.36	5.23	6.49
Y08 - Houle	0.71	0.75	0.86	0.95	1.09	1.23	1.41	1.59	1.84	2.14	2.49	3.11	3.88	4.76	5.71	7.08
Y07 - Goléo	0.73	0.77	0.88	0.98	1.12	1.27	1.45	1.64	1.89	2.20	2.56	3.19	3.99	4.89	5.87	7.28
Y06 - Flavigny	0.82	0.86	0.98	1.09	1.25	1.41	1.61	1.82	2.11	2.45	2.85	3.56	4.44	5.45	6.53	8.10
Y05 - Lefèvre	1.05	1.10	1.26	1.40	1.61	1.82	2.07	2.34	2.71	3.16	3.66	4.58	5.72	7.01	8.41	10.42
Y04 - Choquart	1.07	1.12	1.28	1.42	1.63	1.84	2.11	2.38	2.75	3.20	3.72	4.64	5.80	7.11	8.53	10.58
Y03 - Tailleux	1.18	1.23	1.41	1.56	1.80	2.03	2.32	2.62	3.03	3.53	4.09	5.11	6.39	7.83	9.39	11.64
Y02 - Guérineau	1.18	1.23	1.41	1.56	1.80	2.03	2.32	2.62	3.03	3.53	4.09	5.11	6.39	7.83	9.39	11.64
Y01 - Mauger	1.21	1.26	1.45	1.61	1.84	2.08	2.38	2.69	3.11	3.62	4.20	5.25	6.56	8.04	9.64	11.96

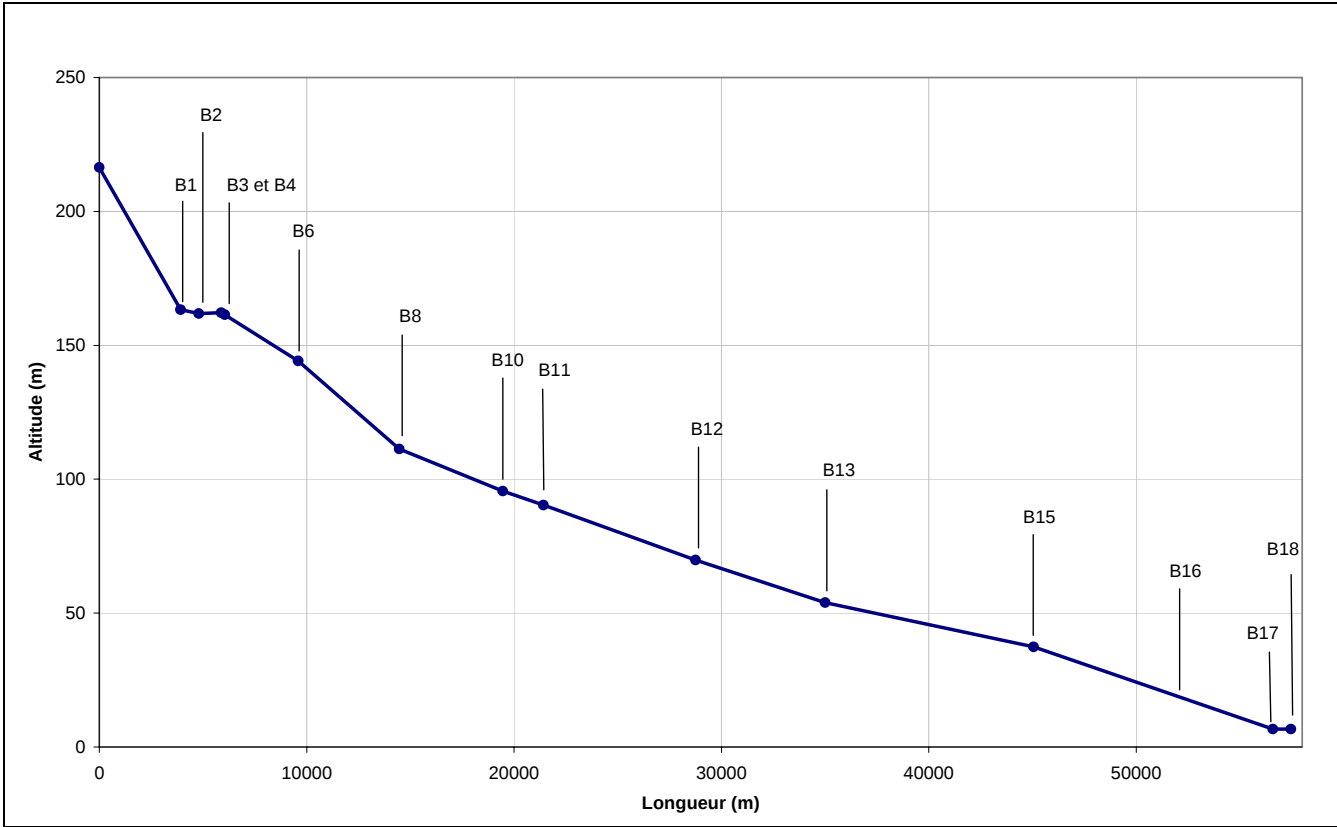
Débits de crue au niveau des 12 sites de l'Yères				
	Q2 crue bisannuelle	Q5 crue quinquennale	Q10 crue décennale	Q20 crue vingtennale
Y12 - Caron	2.67	3.69	4.36	4.89
Y11 - Estot	2.69	3.72	4.40	4.93
Y10 - Ferme europ.	3.90	5.40	6.38	7.16
Y09 - Leblond	4.08	5.65	6.67	7.48
Y08 - Houle	4.38	6.05	7.15	8.02
Y07 - Goléo	4.47	6.19	7.31	8.20
Y06 - Flavigny	4.88	6.74	7.96	8.94
Y05 - Lefèvre	5.96	8.25	9.74	10.93
Y04 - Choquart	6.04	8.35	9.86	11.07
Y03 - Tailleux	6.52	9.01	10.64	11.95
Y02 - Guérineau	6.52	9.01	10.64	11.95
Y01 - Mauger	6.66	9.21	10.87	12.20

Annexe 5 : Conditions hydrologiques et caractéristiques des sites de la Béthune

Caractéristiques des 15 sites étudiés sur la Béthune

Site	Surface du BV (km²)	Altitude (m)	Q Module (m³/s)	Q2 crue bisannuelle (m³/s)	Hauteur de chute (m)
B01 – Moulin du Roy	14	163	0.13	1.27	3.97
B02 – Moulin Vergis	19	160	0.18	1.62	1.13
B03 – Moulin de Trépied	26	151	0.24	2.08	1.59
B04 – Moulin du Pré Saint-Pierre	26	151	0.24	2.08	1.31
B06 – Moulin à Huile	50	125	0.47	3.51	2.76
B08 – Moulin de Saint-Saire	108	110	1.05	6.50	1.36
B10 – Scierie de Neuville-Ferrières	146	88	1.40	8.28	1.66
B11 – Moulin Bleu	153	84	1.47	8.59	1.97
B12 – Moulin d'Autrecourt	205	67	1.95	10.86	1.44
B13 – Moulin de Bures	233	54	2.20	12.03	0.85
B15 – Moulin de Freuleville	275	32	2.59	13.74	1.2
B16 – Moulin de Saint-Aubin	307	14	2.88	15.00	1.55
B17 – Vannage d'Archelle	312	7	2.93	15.20	0.31
B18 – Moulin d'Archelle	312	6	2.93	15.20	1.02
B09 – Pont de la D119 (Canche)	15	112	0.14	1.30	0.94

Profils en long de la Béthune



Débits mensuels et annuels au niveau des 15 sites de la Béthune (en m³/s)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
B1 - Roy	0.22	0.21	0.19	0.17	0.12	0.09	0.07	0.06	0.06	0.08	0.12	0.18	0.13
B2 - Vergis	0.29	0.29	0.26	0.23	0.17	0.12	0.10	0.09	0.08	0.11	0.17	0.25	0.18
B3 - Trépied	0.40	0.39	0.36	0.31	0.23	0.17	0.14	0.12	0.11	0.15	0.23	0.34	0.24
B4 - Pré St-Pierre	0.40	0.39	0.36	0.31	0.23	0.17	0.14	0.12	0.11	0.15	0.23	0.34	0.24
B6 - M. à Huile	0.78	0.75	0.69	0.60	0.44	0.32	0.26	0.23	0.21	0.28	0.43	0.66	0.47
B8 - St-Saire	1.33	1.27	1.27	1.20	1.08	0.91	0.82	0.72	0.69	0.78	0.96	1.22	1.05
B10 - Neuville	1.92	1.84	1.80	1.66	1.40	1.14	0.99	0.87	0.83	0.98	1.29	1.73	1.40
B11 - M. Bleu	2.04	1.95	1.90	1.74	1.46	1.18	1.02	0.90	0.85	1.02	1.35	1.82	1.47
B12 - Autrecourt	2.91	2.81	2.66	2.38	1.89	1.47	1.24	1.08	1.01	1.27	1.80	2.54	1.95
B13 - Bures	3.40	3.29	3.08	2.73	2.12	1.61	1.34	1.17	1.09	1.40	2.04	2.94	2.20
B15 - Freuleville	4.16	4.04	3.73	3.26	2.45	1.83	1.49	1.30	1.21	1.59	2.40	3.55	2.59
B16 - St-Aubin	4.76	4.63	4.23	3.67	2.7	1.98	1.6	1.39	1.29	1.73	2.67	4.03	2.88
B17 - V. Archelles	4.85	4.72	4.31	3.73	2.74	2.00	1.62	1.40	1.30	1.75	2.71	4.10	2.93
B18 - M. Archelles	4.85	4.72	4.31	3.73	2.74	2.00	1.62	1.40	1.30	1.75	2.71	4.10	2.93
B9 - Pont D119	0.22	0.22	0.20	0.17	0.13	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.13	0.19	0.14

Débits classés au niveau des 15 sites de la Béthune (en m³/s)

fréquence de non dépassement	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	max
jours de non dépassement	4	7	18	37	73	110	146	183	219	256	292	329	347	358	361	365
B1 - Roy	0.03	0.04	0.04	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.15	0.19	0.24	0.34	0.44	0.60	0.74	1.64
B2 - Vergis	0.04	0.05	0.06	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.19	0.25	0.32	0.45	0.58	0.79	0.98	2.17
B3 - Trépied	0.06	0.06	0.08	0.09	0.13	0.15	0.18	0.22	0.26	0.33	0.43	0.60	0.77	1.05	1.31	2.90
B4 - Pré St-Pierre	0.06	0.06	0.08	0.09	0.13	0.15	0.18	0.22	0.26	0.33	0.43	0.60	0.77	1.05	1.31	2.90
B6 - M. à Huile	0.11	0.12	0.14	0.17	0.23	0.28	0.34	0.40	0.47	0.60	0.78	1.09	1.41	1.92	2.39	5.29
B8 - St-Saire	0.21	0.24	0.29	0.35	0.47	0.57	0.68	0.80	0.96	1.22	1.58	2.22	2.86	3.90	4.86	10.75
B10 - Neuville	0.28	0.32	0.39	0.46	0.63	0.75	0.90	1.06	1.27	1.62	2.08	2.93	3.77	5.15	6.41	14.18
B11 - M. Bleu	0.30	0.33	0.40	0.48	0.65	0.79	0.94	1.11	1.32	1.69	2.18	3.06	3.94	5.37	6.69	14.81
B12 - Autrecourt	0.39	0.43	0.53	0.63	0.86	1.03	1.23	1.45	1.73	2.21	2.85	4.00	5.15	7.03	8.76	19.38
B13 - Bures	0.43	0.49	0.59	0.71	0.96	1.16	1.38	1.63	1.95	2.48	3.20	4.50	5.80	7.91	9.85	21.80
B15 - Freuleville	0.51	0.57	0.69	0.83	1.12	1.35	1.61	1.90	2.27	2.89	3.73	5.24	6.75	9.22	11.48	25.39
B16 - St-Aubin	0.56	0.629	0.77	0.92	1.24	1.49	1.78	2.1	2.51	3.20	4.13	5.80	7.47	10.20	12.70	28.10
B17 - V. Archelles	0.57	0.64	0.78	0.93	1.26	1.51	1.81	2.13	2.55	3.25	4.19	5.89	7.58	10.35	12.89	28.52
B18 - M. Archelles	0.57	0.64	0.78	0.93	1.26	1.51	1.81	2.13	2.55	3.25	4.19	5.89	7.58	10.35	12.89	28.52
B9 - Pont D119	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.19	0.25	0.35	0.45	0.62	0.77	1.69

Débits de crue au niveau des 15 sites de la Béthune

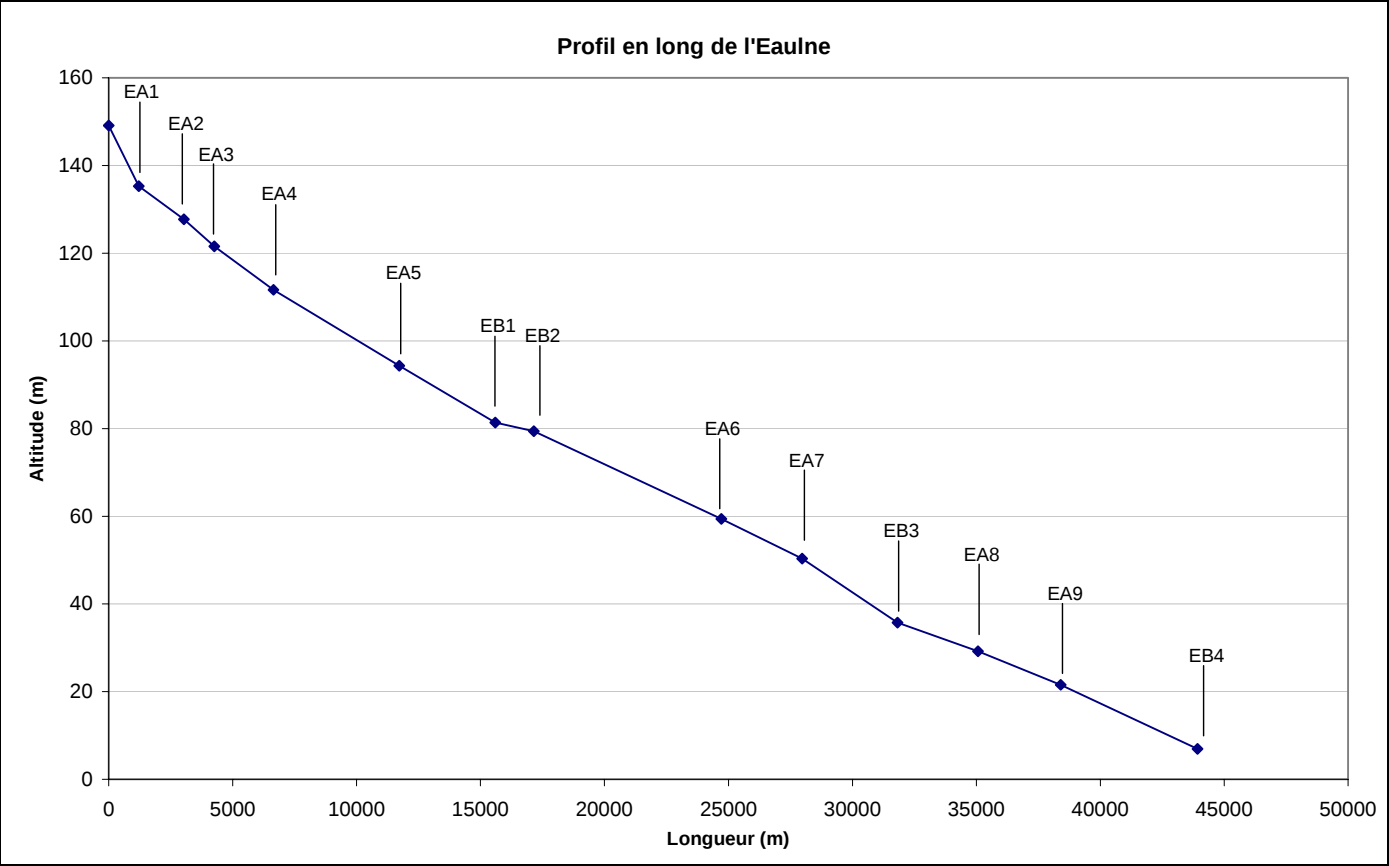
	Q2 crue bisannuelle	Q5 crue quinquennale	Q10 crue décennale	Q20 crue vingtennale
B1 - Roy	1.27	1.78	2.11	2.45
B2 - Vergis	1.62	2.27	2.70	3.13
B3 - Trépied	2.08	2.91	3.47	4.02
B4 - Pré St-Pierre	2.08	2.91	3.47	4.02
B6 - M. à Huile	3.51	4.92	5.85	6.79
B8 - St-Saire	6.50	9.10	10.84	12.57
B10 - Neuville	8.28	11.59	13.79	16.00
B11 - M. Bleu	8.59	12.03	14.32	16.61
B12 - Autrecourt	10.86	15.20	18.10	20.99
B13 - Bures	12.03	16.84	20.05	23.26
B15 - Freuleville	13.74	19.23	22.89	26.56
B16 - St-Aubin	15.00	21.00	25.00	29.00
B17 - V. Archelles	15.20	21.27	25.33	29.38
B18 - M. Archelles	15.20	21.27	25.33	29.38
B9 - Pont D119	1.30	1.83	2.17	2.52

Annexe 6 : Conditions hydrologiques et caractéristiques des sites de l'Eaulne

Caractéristiques des 9 sites étudiés sur l'Eaulne

Site	Surface du BV (km²)	Altitude (m)	Q Module (m³/s)	Q2 crue bisannuelle (m³/s)	Hauteur de chute (m)
EA1 - Moulin de l'Epinay	34	129	0.35	1.15	1.08
EA2 – Moulin de Ste Beuve-en-Rivière	43	125	0.44	1.39	2.07
EA3 – Moulin de St Germain-sur-Eaulne	46	121	0.47	1.47	2.03
EA4 – Pisciculture de Vatierville	64	108	0.64	1.91	1.59
EA5 – Pisciculture de Clais	98	93	0.99	2.69	1.30
EA6 –Moulin d’Agranville	182	53	1.86	4.42	1.58
EA7 – Moulin de la Mouche	194	45	1.98	4.65	2.05
EA8 - Moulin de Bellengreville	260	25	2.67	5.87	1.56
EA9 – Seuil de Sauchay	283	20	2.91	6.29	0.87

Profils en long de l'Eaulne



Débits mensuels et annuels au niveau des 13 sites de l'Eaulne (en m³/s)

	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
EA1 - Moulin de l'Epinay	0.47	0.50	0.48	0.44	0.39	0.33	0.28	0.24	0.22	0.22	0.29	0.36	0.35
EA2 – Moulin de Ste Beuve-en-Rivière	0.59	0.63	0.61	0.56	0.50	0.42	0.35	0.31	0.28	0.28	0.37	0.45	0.44
EA3 – Moulin de St Germain-sur-Eaulne	0.63	0.68	0.65	0.60	0.53	0.44	0.37	0.33	0.30	0.30	0.39	0.49	0.47
EA4 – Pisciculture de Vatierville	0.85	0.77	0.71	0.70	0.61	0.66	0.63	0.56	0.52	0.53	0.58	0.65	0.64
EA5 – Pisciculture de Clais	1.31	1.24	1.16	1.12	0.98	0.99	0.92	0.81	0.75	0.76	0.88	1.01	0.99
EB1 – ouvrage de répartition à Fréauville	1.62	1.57	1.48	1.41	1.24	1.21	1.11	0.97	0.90	0.91	1.08	1.25	1.22
EB2 – ouvrage de répartition à Londinières	1.93	1.90	1.79	1.70	1.50	1.43	1.28	1.13	1.03	1.06	1.26	1.49	1.45
EA6 –Moulin d'Agranville	2.46	2.50	2.37	2.22	1.96	1.80	1.58	1.40	1.27	1.30	1.59	1.90	1.86
EA7 – Moulin de la Mouche	2.63	2.68	2.55	2.38	2.11	1.91	1.68	1.48	1.34	1.37	1.69	2.03	1.98
EB3 – ouvrage de répartition à Envermeu	3.39	3.56	3.40	3.14	2.79	2.43	2.09	1.84	1.66	1.70	2.15	2.62	2.56
EA8 - Moulin de Bellengreville	3.54	3.74	3.57	3.29	2.93	2.53	2.17	1.91	1.72	1.77	2.24	2.74	2.67
EA9 – Seuil de Sauchay	3.86	4.11	3.94	3.62	3.22	2.74	2.34	2.06	1.85	1.90	2.43	2.98	2.91
EB4 – ouvraga de répartition de Martin Eglise	4.25	4.57	4.39	4.02	3.58	3.01	2.54	2.24	2.00	2.06	2.66	3.28	3.21

Débits classés au niveau des 13 sites de l'Eaulne (en m³/s)

fréquence de non dépassement	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	max
jours de non dépassement	4	7	18	37	73	110	146	183	219	256	292	329	347	358	361	365
EA1 – M. Epinay	0.13	0.14	0.16	0.18	0.21	0.23	0.27	0.30	0.35	0.40	0.47	0.59	0.73	0.90	1.08	1.34
EA2 – M. Ste Beuve	0.17	0.18	0.20	0.23	0.26	0.29	0.34	0.38	0.44	0.51	0.59	0.74	0.93	1.14	1.36	1.69
EA3 – M. St Germai	0.18	0.19	0.22	0.24	0.28	0.32	0.36	0.41	0.47	0.55	0.64	0.79	0.99	1.22	1.46	1.81
EA4 – Pisc. Vatiervi	0.25	0.27	0.30	0.34	0.39	0.44	0.50	0.57	0.65	0.76	0.88	1.11	1.38	1.69	2.03	2.52
EA5 – Pisc. Clais	0.39	0.41	0.47	0.52	0.59	0.67	0.77	0.87	1.00	1.17	1.35	1.69	2.11	2.59	3.11	3.85
EB1 – Rép. Fréauvil	0.48	0.50	0.58	0.64	0.73	0.83	0.95	1.07	1.24	1.44	1.67	2.09	2.61	3.20	3.84	4.76
EB2 – Rép. Londini	0.57	0.59	0.68	0.76	0.87	0.98	1.12	1.26	1.46	1.70	1.98	2.47	3.08	3.78	4.54	5.62
EA6 – M. Agranville	0.72	0.76	0.87	0.96	1.10	1.25	1.42	1.61	1.86	2.17	2.52	3.14	3.93	4.81	5.77	7.16
EA7 – M. Mouche	0.77	0.81	0.92	1.02	1.18	1.33	1.52	1.71	1.98	2.31	2.68	3.35	4.19	5.13	6.15	7.63
EB3 – Rép. Enverm	0.99	1.04	1.18	1.31	1.51	1.71	1.95	2.20	2.55	2.97	3.44	4.30	5.37	6.58	7.90	9.79
EA8 – M. Bellengre	1.03	1.08	1.24	1.37	1.58	1.78	2.04	2.30	2.66	3.10	3.59	4.49	5.61	6.87	8.25	10.22
EA9 – Seuil Saucha	1.12	1.18	1.35	1.49	1.72	1.94	2.22	2.50	2.89	3.37	3.91	4.89	6.11	7.48	8.98	11.13
EB4 –Rép. Martin E	1.23	1.29	1.48	1.64	1.89	2.13	2.43	2.75	3.18	3.70	4.30	5.37	6.71	8.22	9.87	12.23

Débits de crue au niveau des 13 sites de l'Eaulne

	Q2	Q5	Q10	Q20
	crue bisannuelle	crue quinquennale	crue décennale	crue vingtennale
EA1 – M. Epinay	1.15	1.60	1.88	2.12
EA2 – M. Ste Beuve	1.39	1.93	2.27	2.55
EA3 – M. St Germai	1.47	2.03	2.40	2.69
EA4 – Pisc. Vatiervi	1.91	2.65	3.13	3.51
EA5 – Pisc. Clais	2.69	3.72	4.40	4.93
EB1 – Rép. Fréauvil	3.19	4.41	5.20	5.84
EB2 – Rép. Londini	3.64	5.04	5.95	6.68
EA6 – M. Agranville	4.42	6.11	7.21	8.10
EA7 – M. Mouche	4.65	6.43	7.59	8.52
EB3 – Rép. Enverm	5.67	7.85	9.27	10.40
EA8 – M. Bellengre	5.87	8.13	9.59	10.77
EA9 – Seuil Saucha	6.29	8.70	10.27	11.52
EB4 –Rép. Martin E	6.78	9.38	11.07	12.43

Annexe 7 : Répartition du contenu des articles des règlements d'eau des sites étudiés

Répartition des articles de chaque règlement d'eau des ouvrages de l'Yères selon leur contenu

Contenu du règlement d'eau	Articles concernés pour chaque ouvrage									
	Y01	Y02-Y03	Y04	Y05	Y06	Y07	Y08	Y09	Y10	Y12
Liste des pièces constitutives pour l'établissement du règlement : Rapport d'ingénieur, Projet de règlement, PV de récolement, Plans, Avis, Arrêtés et Lois concernés	Préambule									
L'objet du règlement (souvent régulation des eaux du moulin...)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
La définition du niveau légal à l'amont et de la référence (souvent bâti)	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1
La mise en place d'un repère en amont (souvent gradué) où la cote 0 correspond au niveau légal	3	7	3	3	8	8	8	3	6	2
Les dimensions des vannes de décharges (nombre, largeur, surface, cote du seuil, hauteur, largeur...)	4	4	4	4	4	4	4	5 6	4	4, 5, 6 et 8
Les dimensions du déversoir (nombre, largeur, cote du seuil, hauteur, largeur...)	5	3	5	2	3	3	3	4 6	3	3
La désignation de la vanne affectée pour la mise en chômage	6	6	6		6	6	6	8		
Les responsabilités du propriétaire et du fermier (surtout vis-à-vis de la conservation de la ligne d'eau à la cote spécifiée)		8	7		9	9	9	7	7	10
L'obligation d'entretien du lit du bief influencé (par le curage)	8	9	9		10	10	10	11	9	7
Le droit des tiers (souvent réservés)	9	11	10		12	12	12	12	11	
L'exécution, le contrôle et les délais des travaux pour se mettre en conformité et destinataires des copies (souvent archive, mairie, ministre)	10	12	11	5	13	13	13	13	12	9
Les risques du pétitionnaire sur le long terme (mise en chômage, non respect du règlement, mise en demeure)	11	13	12	6	14	14	14	14	13	
Le droit de réserve de l'administration (sans indemnité)	12	14	13		15	15	15	15	14	
L'existence d'un canal de décharge		5			5	5	5		5	
L'obligation de se conformer à tous les règlements		10		7	11	11	11		10	
L'obligation de conserver le repère en état	7	7	8		8	8	8	10	6	
L'existence et disposition du ratelier					7	7	7			
La conservation de la qualité de l'eau									8	
L'annulation du précédent arrêté									15	
Se conformer aux usages locaux								9		
Les signataires et les personnes publiques informées de ce présent arrêté	13	15	14	8	16	16	16	16	16	11
Date du règlement	08/07/1847	30/12/1852	31/08/1846	23/09/1838	28/09/1861	18/05/1863	25/07/1878	07/11/1846	15/04/1911	05/04/1823

Répartition des articles de chaque règlement d'eau des ouvrages de la Béthune selon leur contenu

Contenu du règlement d'eau	Articles concernés pour chaque ouvrage													
	B01	B02	B03	B04	B06	B11	B12	B13	B15	B16	B17-18			
Liste pièces constitutives pour l'établissement du règlement : Rapport d'ingénieur, Projet de règlement, PV de récolement, Plans, Avis, Arrêtés et Lois concernés	Préambule													
L'objet du règlement (souvent régulation des eaux du moulin...)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
La définition du niveau légal à l'amont et de la référence (souvent bâti)	2	2	2	1.1	2 / 3	2	1.2	1	2	2	2	2	1.2	
La mise en place d'un repère en amont (souvent gradué) où la cote 0 correspond au niveau légal	2	8	8	1.2	4	6	1.3	2	3	8	7	7	2	
Les dimensions des vannes de décharges (nombre, largeur, surface, cote du seuil, hauteur, largeur...)	4	4	4	1.3	5 / 6	3		3	4 / 6	4	4	3 / 5	1.3	
Les dimensions du déversoir (nombre, largeur, cote du seuil, hauteur, largeur...)	3	3	3			4			5 / 6	3	3	4	1.4	
La désignation de la vanne affectée pour la mise en chômage		5	5				2		7	6			1.3	
Les responsabilités du propriétaire et du fermier (surtout vis-à-vis de la conservation de la ligne d'eau à la cote spécifiée)	5 / 8	9	9	2		5			9 / 10	9	6 / 8	X		
L'obligation d'entretien du lit du bief influencé (par le curage)	12	10	10			9	1.9	4	4	11	10	10	X	
Le droit des tiers (souvent réservés)	17	12	12			10			5	12	12	12	X	
L'exécution, le contrôle et les délais des travaux pour se mettre en conformité et destinataires des copies (souvent archive, mairie, ministre)	13	13	13	3	7	11			1/2/6	13	13	13	11	
Les risques du pétitionnaire sur le long terme (mise en chômage, non respect du règlement, mise en demeure)	8/ 15	14	14	4		12			7	14	14	14	X	
Le droit de réserve de l'administration (sans indemnité)	16	15	15			13	1.13	5		15	15	15	X	
L'existence d'un canal de décharge	6	6	6						3	8	5	5		
L'obligation de se conformer à tous les règlements	11	11	11			7					11	11	X	
L'obligation de conserver le repère en état	2	8	8			8	1.3				8	7		
L'existence et disposition du ratelier	6	7	7								7			
La conservation de la qualité de l'eau	9											9		
L'accessibilité du repère définitif	7													
Le maintien d'un débit	10													
L'enlèvement des déblais	14													
Le recours et publicité	18													
Le renvoi aux dispositions du précédent arrêté								6	1			16	3	
Les signataires et les personnes publiques informées de ce présent arrêté	19	16	16	5	8	14	3	7	8	16	16	17	X	4
Date du règlement	23/05/1997	12/11/1867	02/02/1867	26/04/1837	23/04/1807	03/10/1851	11/06/1873	12/12/1880	15/02/1947	14/02/1846	09/11/1852	21/03/1909	11/04/1846	16/07/1884

Répartition des articles de chaque règlement d'eau des ouvrages de l'Eaulne selon leur contenu

Contenu du règlement d'eau	Articles concernés pour chaque ouvrage										
	EA1	EA2	EA3	EA5	EA6	EA8	EA9	EB2	EB4		
Liste pièces constitutives pour l'établissement du règlement : Rapport d'ingénieur, Projet de règlement, PV de récolement, Plans, Avis, Arrêtés et Lois concernés	Préambule										
L'objet du règlement (souvent régulation des eaux du moulin...)	1/2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
La définition du niveau légal à l'amont et de la référence (souvent bâti)	8	3	2	6	2	2	2	2	2	2	2
La mise en place d'un repère en amont (souvent gradué) où la cote 0 correspond au niveau légal	2/3		2/7	6	8	9	7	3	10	9	9
Les dimensions des vannes de décharges (nombre, largeur, surface, cote du seuil, hauteur, largeur...)	6	2	4		4	4		4	3/4/6/8	4	4
Les dimensions du déversoir (nombre, largeur, cote du seuil, hauteur, largeur...)	6		3	4	3	3		5	5/6	3	3
La désignation de la vanne affectée pour la mise en chômage			6		6	7					6
Les responsabilités du propriétaire et du fermier (surtout vis-à-vis de la conservation de la ligne d'eau à la cote spécifiée)			8		9	10	8		9	6/10	10
L'obligation d'entretien du lit du bief influencé (par le curage)			9		10	11	9		12	11	11
Le droit des tiers (souvent réservés)			11		12	13	11		13	13	13
L'exécution, le contrôle et les délais des travaux pour se mettre en conformité et destinataires des copies (souvent archive, mairie, ministre)		4/5	12	7	13	14	12	7	14	14	14
Les risques du pétitionnaire sur le long terme (mise en chômage, non respect du règlement, mise en demeure)			13	9	14	15	13	8	15	15	15
Le droit de réserve de l'administration (sans indemnité)			14	8	15	16	14		16	16	16
L'existence ou la dimension d'un canal de décharge	5/7		5		5	5				5	5
L'obligation de se conformer à tous les règlements			10		11	12	10			12	12
L'obligation de conserver le repère en état			7						11		
L'existence et disposition du ratelier					7	6				7	7
Dimensions du canal d'aménée	4										
La suppression des vannes	9										
L'obligation de travaux divers				2/3/5			6		6	8	8
La conservation des dimensions et des bénéficiaires				10							
Les modalités d'utilisations particulières						8	4/5	6			
Le renvoi aux dispositions du précédent arrêté							3				
Les signataires et les personnes publiques informées de ce présent arrêté	12	6	15	11	16	17	15	9	17	17	17
Date du règlement	12/12/1806	31/03/1814	04/08/1877	11/02/1818	29/01/1883	05/04/1871	01/05/1860	24/11/1835	20/02/1865	09/07/1857	19/08/1859

Annexe 8 : Résultats de l'évaluation de l'érosion régressive au niveau du site B02 faisant l'objet d'un dérasement

Résultats:		Site B02		pour le débit de crue Q2	
Etape 1 :		Estimation de la plage de puissance spécifique			
		Puissance spécifique moyenne	38,14	W/m²	
Etape 2 :		Estimation de la pente et des longueurs associés à différentes puissance			
		Longueur de cours d'eau influencé	235,42	m	
		Longueur de stockage de sédiments	233,33	m	
		pour:	Pente	Longueur	
Générales		100 W/m²	0,0126	89,00	
		75 W/m²	0,0094	118,66	
	m	50 W/m²	0,0063	177,99	
	m	40 W/m²	0,0050	222,49	
	m	35 W/m²	0,0044	254,28	
	m3/s	30 W/m²	0,0038	296,65	
	m3/s	25 W/m²	0,0031	355,99	
	m	20 W/m²	0,0025	444,98	
	m	15 W/m²	0,0019	593,31	
	m/m	10 W/m²	0,0013	889,96	
m		m/m	m		
Etape 3 :		Estimation de la plage limite d'extension de l'érosion régressive			
		pente moyenne du lit	0,0048	m/m	
		longueur moyenne du lit	233,33	m	
		pente minimale du lit	0,0084	m/m	
		longueur minimale du lit	133,33	m	
		pente maximale du lit	0,0024	m/m	
		longueur maximale du lit	466,67	m	
Etape 4 :		Estimation de l'abaissement du lit selon la plage d'extension de l'érosion			
		Abaissement du lit à:		de:	
	10 m	1,07	1,04	1,10	m
	20 m	1,02	0,95	1,07	m
	30 m	0,98	0,87	1,05	m
	40 m	0,93	0,78	1,02	m
	50 m	0,88	0,70	1,00	m
	75 m	0,76	0,49	0,94	m
	100 m	0,64	0,28	0,88	m
	150 m	0,40	0,00	0,76	m
	200 m	0,16	0,00	0,64	m
	300 m	0,00	0,00	0,40	m
	500 m	0,00	0,00	0,00	m
	750 m	0,00	0,00	0,00	m
	1000 m	0,00	0,00	0,00	m
	1500 m	0,00	0,00	0,00	m
		en moyenne		au maximum	au minimum
Estimation de l'abaissement de la ligne d'eau					
		Abaissement de la ligne d'eau à:		de:	
	10 m	0,67	0,64	0,70	m
	20 m	0,62	0,55	0,67	m
	30 m	0,58	0,47	0,65	m
	40 m	0,53	0,38	0,62	m
	50 m	0,48	0,30	0,60	m
	75 m	0,36	0,09	0,54	m
	100 m	0,24	0,00	0,48	m
	150 m	0,00	0,00	0,36	m
	200 m	0,00	0,00	0,24	m
	300 m	0,00	0,00	0,00	m
	500 m	0,00	0,00	0,00	m
	750 m	0,00	0,00	0,00	m
	1000 m	0,00	0,00	0,00	m
	1500 m	0,00	0,00	0,00	m
		en moyenne		au maximum	au minimum

Caractéristiques générales				
Lmoy	=	2	m	
Lmin	=	1	m	
Lmax	=	3,5	m	
Q	=	0,18	m ³ /s	
Q2	=	1,62	m ³ /s	
delta Z	=	1,12	m	
delta FE	=	1,13	m	
i	=	0,0048	m/m	
H aval	=	0,4	m	

Annexe 9 : Résultats de l'évaluation de l'érosion régressive au niveau du site Y08 faisant l'objet d'un détournement

Caractéristiques générales			
Lmoy	=	7	m
Lmin	=	6	m
Lmax	=	8	m
Q	=	1,81	m ³ /s
Q2	=	4,38	m ³ /s
delta Z	=	1,56	m
delta FE	=	1,11	m
i	=	0,0029	m/m
H aval	=	0,6	m

Résultats:		Site Y08		pour le débit de crue (Q2)	
Etape 1 : Estimation de la plage de puissance spécifique					
Puissance spécifique moyenne		17,80	W/m²		
Etape 2 : Estimation de la pente et des longueurs associés à différentes puissance					
Longueur de cours d'eau influencé		382,76	m		
Longueur de stockage de sédiments		537,93	m		
pour:		Pente	Longueur		
générales	m	100 W/m²	0,0163	95,76	
	m	75 W/m²	0,0122	127,68	
	m	50 W/m²	0,0081	191,51	
	m3/s	40 W/m²	0,0065	239,39	
	m3/s	35 W/m²	0,0057	273,59	
	m	30 W/m²	0,0049	319,19	
	m	25 W/m²	0,0041	383,03	
	m	20 W/m²	0,0033	478,78	
	m/m	15 W/m²	0,0024	638,38	
	m	10 W/m²	0,0016	957,57	
		m/m	m		
Etape 3 : Estimation de la plage limite d'extension de l'érosion régressive					
pente moyenne du lit		0,0029	m/m		
longueur moyenne du lit		537,93	m		
pente minimale du lit		0,0033	m/m		
longueur minimale du lit		470,69	m		
pente maximale du lit		0,0025	m/m		
longueur maximale du lit		627,59	m		
Etape 4 : Estimation de l'abaissement du lit selon la plage d'extension de l'érosion					
Abaissement du lit à:		de:			
	10 m	1,53	1,53	1,54	m
	20 m	1,50	1,49	1,51	m
	30 m	1,47	1,46	1,49	m
	40 m	1,44	1,43	1,46	m
	50 m	1,42	1,39	1,44	m
	75 m	1,34	1,31	1,37	m
	100 m	1,27	1,23	1,31	m
	150 m	1,13	1,06	1,19	m
	200 m	0,98	0,90	1,06	m
	300 m	0,69	0,57	0,81	m
	500 m	0,11	0,00	0,32	m
	750 m	0,00	0,00	0,00	m
	1000 m	0,00	0,00	0,00	m
	1500 m	0,00	0,00	0,00	m
		en moyenne	au maximum	au minimum	
Estimation de l'abaissement de la ligne d'eau					
Abaissement de la ligne d'eau à:		de:			
	10 m	0,93	0,93	0,94	m
	20 m	0,90	0,89	0,91	m
	30 m	0,87	0,86	0,89	m
	40 m	0,84	0,83	0,86	m
	50 m	0,82	0,79	0,84	m
	75 m	0,74	0,71	0,77	m
	100 m	0,67	0,63	0,71	m
	150 m	0,53	0,46	0,59	m
	200 m	0,38	0,30	0,46	m
	300 m	0,09	0,00	0,21	m
	500 m	0,00	0,00	0,00	m
	750 m	0,00	0,00	0,00	m
	1000 m	0,00	0,00	0,00	m
	1500 m	0,00	0,00	0,00	m
		en moyenne	au maximum	au minimum	