

ETUDE DES IMPACTS HYDRAULIQUES, SEDIMENTOLOGIQUES ET ECOLOGIQUES LIES AUX TRAVAUX HYDRAULIQUES SUR LA SEMOIS

Gob F.¹, Houbrechts G.¹, Mols J.¹, Guyon F.², Rosillon F.², Cogels X.², Ancion J.P.³, Ntibarufata E.³, Vander Borgh P.², Philippart JC⁴, Petit F.¹, Hiver J.M.³

¹ Université de Liège, Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie fluviatile
Allée du 6 Août, 2 – B 4000 Liège

Tel : 04 366 52 68 Fax : 04 366 52 68 email françois.petit@ulg.ac.be

² Fondation Universitaire Luxembourgeoise

³ Ministère de l'Équipement et des Transports, Laboratoire de Recherche Hydraulique (Châtelet)

⁴ Université de Liège, Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Aquaculture

Abstract

This study has the aim to evaluate impacts of riverbed dredgings in the Semois catchment (Ardenne). This is an interdisciplinary study focused on the hydraulic, environmental, geomorphological and sedimentological aspects that has shown the low effect of such works in terms of flood protection and the time needed to recover the pre-works situation.

1. Introduction

Confrontée à des inondations fréquentes, la Semois a fait l'objet de différentes interventions visant, principalement, à entretenir les ouvrages d'art, à lutter contre l'érosion et à réduire les inondations. Ces travaux d'aménagement ont des incidences, tant sur la morphologie du lit du cours d'eau que sur la faune et la flore de cet écosystème. Ce dernier est constitué, schématiquement, du lit mineur comprenant la bande active constituée de bancs alluviaux peu ou pas végétalisés, et le lit majeur ou plaine inondable. Ces écosystèmes, généralement interconnectés et dont l'origine, la structure et l'évolution sont intimement liées à la dynamique fluviale actuelle ou passée, peuvent être interprétés comme les éléments d'un système hydrofluval plus complexe.

Les approches mises en œuvre pour étudier les influences des travaux d'aménagement ne peuvent donc se limiter à l'utilisation des outils classiques de l'hydraulique. Elles doivent intégrer l'ensemble des caractéristiques hydro-environnementales du système. Afin de cerner l'importance de ces impacts et fournir un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires du cours d'eau, une méthodologie d'évaluation interdisciplinaire a été mise en place. Un tronçon expérimental de Semois ardennaise, long de près de 40 km (situé entre le village de Dohan et celui de Laviot) a été sélectionné pour sa représentativité. Le travail a été réalisé à l'échelle de ce tronçon, mais également à des échelles plus locales, par sélection de sites ateliers. Le site de Laviot en est un exemple : il s'est révélé particulièrement riche en enseignement grâce à un important dragage réalisé en 1997 sur un linéaire de près de 1 km. Plusieurs études ont été menées sous la direction du laboratoire de Recherches hydrauliques du MET. Il s'agit d'une étude des impacts sédimentologiques et géomorphologiques (Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie fluviatile, ULg), d'une étude des impacts hydrauliques (laboratoire de Recherches hydrauliques) et d'une étude des impacts hydrobiologiques et écologiques (FUL).

2. Aspects sédimentologiques et géomorphologiques

Les grands méandres encaissés de la Semois ardennaise induisent un fonctionnement du système fluvial nettement différent de celui de rivières mieux connues du nord du Massif ardennais. En outre, étant donné la forme même du bassin hydrographique de la Semois, ses affluents, spécialement dans la partie ardennaise de son cours, sont de dimension modeste mais présentent de fort gradient. La Semois se distingue également par le confinement de sa plaine alluviale qui empêche le développement de méandres libres, par le nombre très limité de larges dépôts émergés en étiage et par la présence de nombreux affleurements de roche en place dans le lit mineur. Ceci influence la morphologie du lit mineur. Ainsi, par rapport aux rivières du nord de l'Ardenne telles que l'Ourthe ou la Lesse, la profondeur moyenne de la Semois au plein bord est moindre, son rapport largeur profondeur plus élevé (~30) et son débit à plein bord est atteint plus rapidement : il est de l'ordre de $130 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ à la station de Membre et a une récurrence de 1,1 ans. Par contre, le débit à plein bord des principaux affluents situés dans le secteur d'étude est atteint plus rarement que sur la Semois même, ce qui va à l'encontre du schéma généralement observé dans des bassins hydrographiques homogènes et hiérarchisés.

Dans la gestion des sédiments et notamment pour cerner l'impact des travaux de dragages et leur efficacité, il était nécessaire de déterminer le taux de renouvellement des formes, c'est à dire d'estimer le temps nécessaire pour qu'il y ait reconstitution des dépôts et pour que le lit retrouve son aspect initial. Pour ce faire, il convenait de mettre en évidence le débit mobilisateur de la charge de fond, d'estimer la taille du matériau mobilisé et d'identifier les sources de sédiments (érosion latérale, incision dans la nappe alluviale, apport des affluents).

Une première approche consistait à suivre la dynamique de la rivière grâce à une analyse diachronique réalisée selon une méthodologie classique (cartes topographiques anciennes, cartes postales, photographies aériennes ...). Cette étude a montré que l'évolution du lit mineur en deux siècles est peu importante: absence de méandration active au sein de la plaine alluviale, érosion latérale limitée, rareté des bancs émergés, que ce soit en position de convexité ou aux points d'inflexion. La seule évolution sensible, s'observe au niveau de la dynamique des îles qui évoluent le plus souvent par colmatage de l'un des bras. De plus, ces îles sont actuellement végétalisées ce qui trahit un ralentissement de leur activité et est plus que probablement l'indice d'un héritage.

Afin de déterminer le débit de mise en mouvement de la charge de fond, la taille des matériaux mobilisés et la distance moyenne parcourue, différentes campagnes de marquage ont été réalisées sur la Semois et sur les affluents. Plusieurs techniques ont été utilisées : (i) marquage colorimétrique in situ (ce qui évite la déstabilisation des matériaux) et par injection (ce qui permet un taux de récupération plus élevé) ; (ii) injections d'éléments métalliques (galets plombés), technique qui permet de retrouver un grand nombre d'éléments, même enfouis ; (iii) marquage au moyen d'émetteurs radio (les galets marqués peuvent être suivis pendant la crue).

Le débit de mobilisation de la charge de fond dans la Semois est proche du débit à plein bord, ce qui s'oppose à nouveau aux observations effectuées sur des rivières du nord de l'Ardenne où la mobilisation s'observe déjà pour des crues nettement inférieures au plein bord (0.5 Qb). Par ailleurs, il y a simultanéité entre les crues mobilisatrices de la Semois et celles des affluents d'une part et adéquation entre la charge de fond mobilisée dans les affluents et dans

la Semois d'autre part ($D_{50} = 60$ mm). De ce fait, la charge injectée par les affluents est évacuée par la Semois, sans décalage sensible au niveau d'une saison hydrologique.

Les forces tractrices et les puissances spécifiques de la Semois (au débit à plein bord et lors de crues de forte récurrence) sont nettement moindres que dans les rivières du nord de l'Ardenne. Mais, dans la Semois, la rugosité globale est moins importante que sur les autres rivières de dimension comparable (le coefficient de rugosité totale de Manning atteint à peine 0,045 contre 0,060 sur l'Ourthe inférieure par exemple). Ainsi, dans la décomposition des forces tractrices totales, la part de la *bedform shear stress* est moindre dans la Semois, laissant plus de disponibilité à la *grain shear stress*, la seule qui intervient dans la mobilisation et le transport des sédiments. Cette moindre rugosité de la Semois s'explique par des alternances des formes du lit moins développées, du fait de l'absence de méandres libres et de la limitation des profondeurs liée aux nombreux affleurements de roche en place. En outre, la largeur plus importante du lit mineur de la Semois (cf. rapport w/d) assure probablement une plus large bande active de chargement.

Le débit solide de la charge de fond de la Semois a pu être estimé grâce à une série de relevés topographiques du talweg réalisés à Laviot, où un important dragage a été effectué en septembre 1997. Un chenal central avec approfondissement local de près de 2 m sur une largeur de 20 m a été creusé, plus de 11000 m³ de sédiments ont été retirés. Quatre séries de 18 profils transversaux ont été effectués systématiquement aux mêmes endroits : en 1997 juste avant les travaux, en 1997 juste après les travaux, en 2001 et en 2002; ils ont permis de suivre le comblement partiel de la fosse créée par le curage (figure 2).

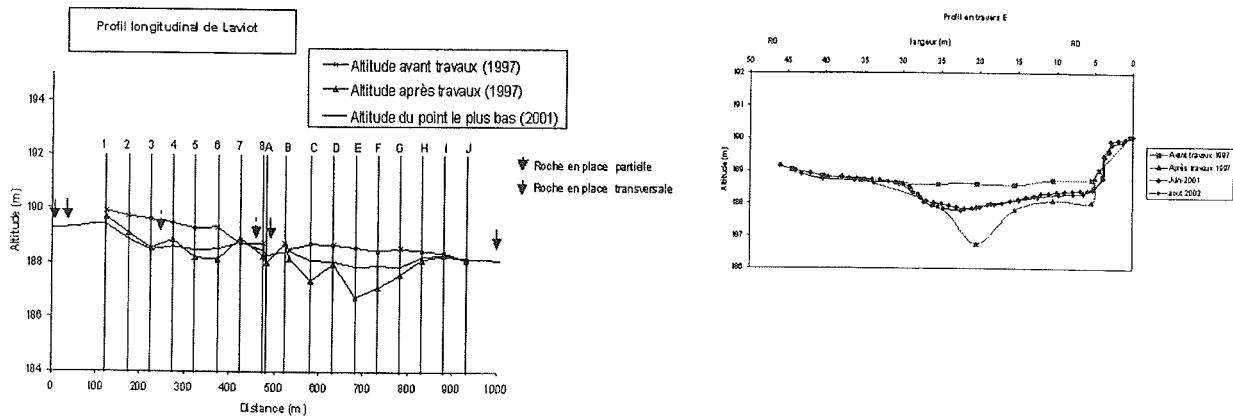


Fig. 1: Profil en long et profil en travers de la Semois à Laviot effectué en 1997 (avant curage), en 1997 (après curage), en 2001 et en 2002. Une fosse de plus de 2m de profondeur a été creusée et presque entièrement comblée 4 ans après.

Etant donné son ampleur, cette fosse a joué le rôle de piège à sédiments : entre 1997 et 2000, le stock sédimentaire ne s'est reconstitué qu'à raison de 5500 m³, ceci malgré l'occurrence de plusieurs crues mobilisatrices. L'importance du flux sédimentaire nous permet d'estimer un retour à l'état initial (avant dragage) après environ 10 ans. Malgré l'importance énorme du dragage réalisé en 1997, ceci ne représente qu'une solution temporaire (et limitée) aux problèmes d'inondation.

A partir de ces données et d'autres dragages effectués systématiquement dans les mêmes sites, nous avons pu estimer le débit solide de la charge de fond de la Semois à 1,1 t.km⁻².an⁻¹. A nouveau, la Semois se démarque des rivières de taille comparable du nord de l'Ardenne qui ont des valeurs de débit solide deux fois moins importantes (entre 0,4 et 0,5 t.km⁻².an⁻¹),(Petit

et al., 1996), ceci malgré des forces tractrices et des puissances spécifiques plus faibles mais une rugosité moins importante.

3. L'aspect hydraulique

Pour mener à bien son étude des impacts hydrauliques, le Laboratoire de Recherches hydrauliques a développé un modèle numérique unidimensionnel d'écoulement permanent. Dans ce modèle, la contribution du lit majeur est prise en compte grâce au calcul de pertes de charge par débitance. L'interaction entre le lit mineur et le lit majeur est étudiée par un ajustement de la débitance des sections. Les données géométriques proviennent de levés topographiques qui étaient tout d'abord disponibles. Les débits utilisés pour les simulations sont ceux mesurés par le Service d'Etudes hydrologiques lors de précédentes crues. Différentes mesures de niveau d'eau proviennent des laisses de crue et des témoignages des riverains.

Après une première approximation, il s'avérait que le modèle devait être affiné. A cette fin, des levés supplémentaires ont été réalisés dans le tronçon expérimental, et un réseau de limnimètres et de limnigraphes a été installé. Les crues suivantes, surtout celle très importante de janvier 2001, ont permis de calibrer le modèle pour en faire un outil fiable qui pourra aider les décideurs à prendre des mesures efficaces (figure 2).

Cet outil a déjà servi dans deux cas bien précis. Le premier concerne la traversée de Bouillon, (juste en amont du barrage à aiguilles) ; la commune avait émis l'idée qu'un curage à cet endroit pourrait diminuer l'effet des inondations. L'étude hydraulique a prouvé que les effets étaient tout à fait négligeables.

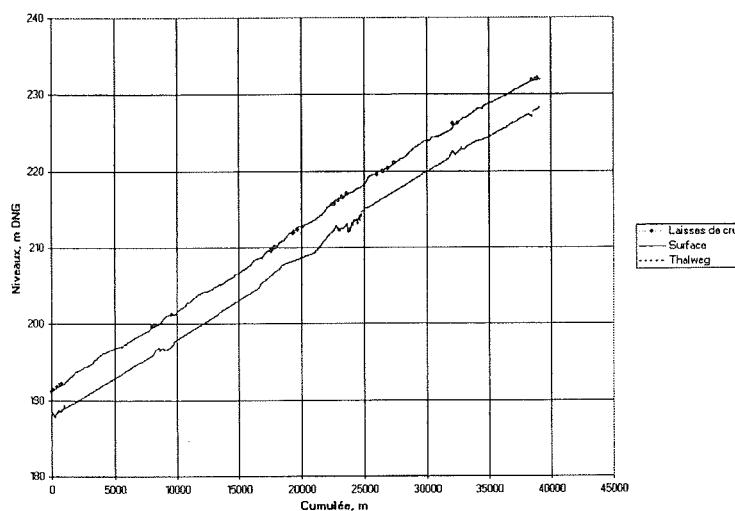


Fig 2 : Modélisation de la crue du 16 janvier 2001 grâce à l'axe hydraulique développé par le Laboratoire de recherche hydraulique du M.E.T.

Le second cas, particulièrement exemplaire, concerne Laviot. Après la crue importante de janvier 2001, les riverains s'étaient plaints du fait que l'inondation à cet endroit aurait pu être évitée si les travaux de curage réalisés à cet endroit quatre ans plus tôt s'étaient prolongés vers l'aval. Les études hydrauliques réalisées sur un tronçon de 800 mètres ont démontré que le curage à cet endroit ne provoque qu'une diminution de niveau d'eau de quelques centimètres en cas de crue et qu'une prolongation des curages vers l'aval aurait eu des effets négligeables. De même, une digue construite en cet endroit pour protéger les riverains de la crue précitée

devrait atteindre 1,70 mètres de haut, ce qui est impensable dans une zone touristique comme la Semois.

4. L'aspect environnemental

4.1. Un objectif, des échelles d'analyse et des outils

L'étude confiée à la FUL avait pour objectif la validation d'outils d'estimation des impacts écologiques liés aux travaux en basse Semois. Deux échelles d'approches de la problématique ont été abordées : l'échelle du tronçon et l'échelle stationnelle ou locale.

Différents outils ont été testés à ces deux échelles afin :

- d'établir un *état de référence de la qualité écologique de la rivière* en termes de qualité physico-chimique des eaux (outil Seq.Eau développé par les Agences de l'Eau en France), de qualité biologique (IBGN, indice diatomique réalisés par L. Leclercq de l'ULg), de qualité physique globale du cours d'eau et de sa plaine alluviale (outil QUALPHY développé par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse), de description des milieux et des espèces présents (données biologiques existantes) et de caractérisation du contexte environnemental (contraintes naturelles et réglementaires, pressions et usages).
- de valider des *méthodologies d'estimation des impacts* de travaux dans le lit du cours d'eau sur l'habitat piscicole (outil EVHA développé par le CEMAGREF de Lyon).

4.2. Approche de l'habitat piscicole à l'échelle locale

Celle-ci a été amorcée dans le cadre de cette étude en termes d'estimation de la perte d'habitabilité du cours d'eau suite à des travaux hydrauliques (homogénéisation des faciès d'écoulement, perte de la diversité de ces faciès, ...) qui constitue un impact majeur sur les peuplements piscicoles. Elle est pertinente car elle est en lien direct avec les deux autres approches hydraulique et sédimentologique envisagées dans le cadre de cette étude.

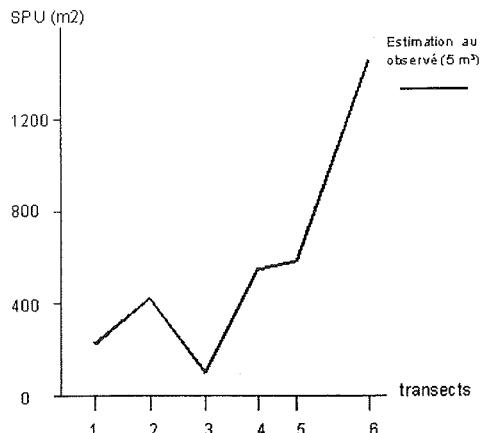
A l'échelle locale (cas de Laviot), nous avons testé, en collaboration avec le Professeur J.C. Phillipart de l'ULg, la *méthodologie des microhabitats* et le *logiciel EVHA* développés par le CEMAGREF de Lyon (Ginot et al., 1998). Cette méthode permet d'estimer et d'analyser un potentiel d'habitat sur la base de quelques variables morphodynamiques (hauteur, vitesse et substrat), et ce de façon dynamique en incluant une dimension temporelle, la variation des débits. Elle couple ainsi un modèle hydraulique caractérisant ces variables avec un modèle biologique définissant les préférences d'utilisation de ces variables morphodynamiques pour des espèces cibles indicatrices selon leur stade de développement et éventuellement selon leurs fonctions (nutrition, repos, reproduction). L'espèce indicatrice choisie est le Barbeau fluviaile bien présent en Semois navigable. Le modèle biologique provient d'études sur l'Ourthe réalisées par l'ULg (contexte très proche de celui de la Semois navigable).

La collecte de données sur le terrain implique : (i) la reconnaissance des unités morphodynamiques (faciès) présents au sein de la station à l'étude ; (ii) la prise de mesures topographiques et hydrauliques (hauteur, vitesses et substrat) le long de transects (en moyenne trois transects perpendiculaires à l'écoulement par faciès). Ces données permettent de caler le modèle hydraulique.

Sur base de ces données, le logiciel reconstruit la géométrie de la rivière et partitionne l'aire d'étude en cellules homogènes caractérisées par des valeurs spécifiques des 3 variables morphodynamiques. Le couplage avec le modèle biologique permet le calcul de la *Surface Potentiellement Utilisable (SPU)* pour l'espèce visée au stade de croissance considéré et pour une fonction donnée (nutrition, repos, reproduction), caractérisant ainsi la capacité d'accueil du milieu pour cette espèce. La valeur d'habitat, également calculée par le logiciel, correspond au rapport entre la valeur de SPU et la surface mouillée. Les résultats obtenus lors de l'application de la méthode au site de Laviot sont présentés ci-dessous.

Le curage effectué à Laviot en 1997 sur une demi-largeur de la rivière en rive droite a notamment perturbé un faciès du cours d'eau qui constitue l'habitat de nutrition du barbeau adulte (faciès de plat). Les graphiques d'estimation de la SPU et des valeurs d'habitat pour cette espèce obtenus par EVHA sont présentés ci-dessous (figure 3a et 3b). Ils mettent clairement en évidence une SPU moindre et une valeur d'habitat globale très faible (< à 0.10) pour la partie amont (transects 1 à 3) qui a subit le curage par rapport à la partie aval non touchée (transects 4 à 6). Ce constat s'explique en regardant les valeurs d'habitat partielles obtenues pour chacune des 3 variables physiques. L'augmentation de la profondeur ainsi que la modification des vitesses latérales générées par la chenalisation se caractérisent par des valeurs d'habitat très faibles pour l'habitat de nutrition du barbeau adulte au niveau de cette zone curée.

Estimation de la Surface Potentielle Utilisable par le Barbeau fluviatile adulte en termes d'habitat de nutrition pour les 6 transects de mesures de la station Laviot3 en Semois navigable



Valeurs d'habitat globales et partielles calculées par le logiciel EVHA pour la station Laviot 3 (Semois navigable)

Espèce indicatrice : Barbeau fluviatile adulte
Type d'habitat pris en compte : habitat de nutrition

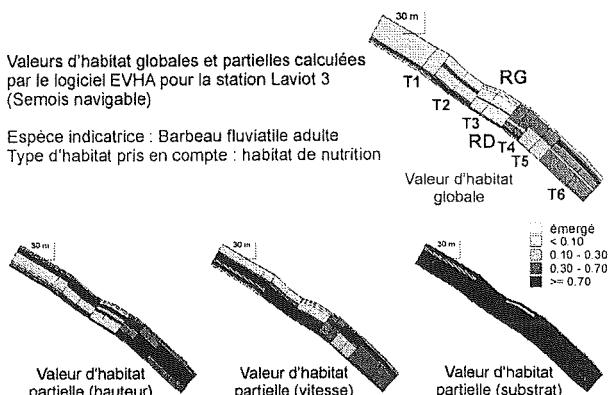


Fig. 3a et 3b

Cette méthodologie apparaît très pertinente. Son application avant et après de futurs travaux permettrait d'apprécier de manière précise la perte de capacité d'accueil du cours d'eau pour l'ichtyofaune.

A l'échelle d'analyse du tronçon, d'autres outils pourraient être testés (STATHAB, ESTIMHAB, ...) afin de caractériser l'habitat piscicole. Une approche plus fine de certains paramètres (sédiments fins, ...) ou bioindicateurs (macro-invertébrés, ...) directement en lien avec la problématique d'estimation des impacts écologiques générés par les travaux d'aménagement du lit mineur et des berges en Basse-Semois pourrait également être envisagée dans une poursuite de cette étude.

Bibliographie

- Bertrand G., 1994. *Le calcul des axes hydrauliques dans des rivières à plaine inondables : mémoire de stage*, Laboratoire de Recherches hydrauliques de Châtelet.
- Cunge J.A., Holly F.M.Jr, Vervey A., 1980. *Practical aspect of computational river hydraulics*, Pitman, London.
- Ginot V., Souchon Y., 1998. Logiciel EHVA. *Evaluation de l'habitat physique des poissons en rivière. Vol. 1. Guide méthodologique. Vol. 2. Guide de l'utilisateur*. Cemagref Lyon BEA/LHQ, France, et Ministère de l'Environnement, dir. De l'Eau, Paris, France.
- Petit F., Pauquet A., Pissart A., 1996. « Fréquence et importance du charriage dans des rivières à charge de fond caillouteuse », *Géomorphologie: Relief, processus, environnement*, 2 : 3-12.