

Modélisation du comportement hydraulique du Grand Morin et de la Seine amont à l'aide du logiciel PROSE

Stéphanie EVEN, Jean-Philippe RENAUD, Michel POULIN (Ecole des Mines de Paris, UMR Sisyphe, Fontainebleau)

Le modèle PROSE a été mis en œuvre sur le Grand Morin afin de traiter du cas particulier d'une rivière de petite taille, au débit modeste, qui présente la particularité d'être équipée de nombreux moulins depuis le moyen âge. L'objectif de ce travail était de procéder à une reconnaissance de secteurs de cours d'eau moins bien connus que les biefs navigables de la Seine, la Marne et l'Oise qui ont fait l'objet d'une modélisation hydraulique précise dans les programmes précédents. Le travail de terrain de collecte de données topographiques et bathymétriques a été l'occasion de prendre connaissance de l'importance de compartiments biologiques tels que les macrophytes, les algues et bactéries fixées qui seront à terme inclus dans nos modèles.



Grand Morin : seuil maçonné fixe et vanne mobile

Le contexte hydraulique d'un cours d'eau se traduit par un ensemble de contraintes physiques qui déterminent en grande partie le fonctionnement écologique de celui-ci. L'établissement de ces modèles hydrauliques est donc une première étape dans l'acquisition des connaissances nécessaires pour procéder à la modélisation du fonctionnement écologique de ces secteurs de cours d'eau. Ce

travail permettra de faire progresser le modèle PROSE en le confrontant à des contextes écologiques nouveaux. Les faibles profondeurs observées localement, la succession de seuils et de mouilles, la nature des berges permettent d'expliquer la présence de macrophytes et d'algues fixées dont on peut penser qu'ils ont un impact important sur le fonctionnement écologique de ces rivières.

1. Le Grand Morin de Coulommiers à Esbly

Le Grand Morin est un affluent de rive gauche de la Marne qui prend sa source à l'ouest de Sézanne et se jette dans la Marne à Esbly après un parcours de 120 kilomètres. Son bassin versant s'étend sur une surface d'environ 1200 km². La superficie de son affluent principal, l'Aubetin, représente un quart de cette surface. Son cours est peu urbanisé mais la partie aval reçoit les effluents des agglomérations de Coulommiers et de Crécy la Chapelle. Le tronçon de 17 kilomètres qui s'étend du moulin de Condé à la confluence est domanial (Fig. 1). Sa gestion relève du Service de la Navigation de la Seine, Subdivision de Meaux.

Le Grand Morin est une rivière connue pour son régime hydrologique variable. Certains biefs de son cours subissent de fréquentes inondations. Le débit en crue peut atteindre 50 m³ s⁻¹ à la confluence pour un débit moyen annuel de 7 m³ s⁻¹. La présence de nombreux seuils de moulins complique la gestion de la rivière en période de crue.

Le secteur d'étude s'étend sur 40 kilomètres environ, de l'aval du moulin du Martroy à la confluence avec la Marne où le Grand Morin se divise en 2 bras (Fig. 1). Sur ce secteur on dénombre 30 sites de moulins dont il subsiste les seuils de maçonneries et, le plus souvent, les pelles mobiles en bois dans un état variable. Seuls quelques moulins disposent encore d'une roue en état de marche. Chaque moulin est alimenté par un canal d'amenée, la plupart étant encore en eau. Ces canaux constituent des dérivations entre l'amont et l'aval des seuils : ils sont pour la plupart fermés en amont immédiat de l'emplacement de la roue par une pelle mobile. Lorsque les seuils sont endommagés, la rivière présente un aspect quasi naturel en amont du seuil et l'écoulement y est rapide (moulins Trochard, de Pommeuse, de Bicheret et de Genevray). En dehors de ces zones de rapide résultant de la destruction partielle de seuils, le Grand Morin est constitué d'un ensemble de plan d'eau, quasi horizontaux à l'étiage, d'une profondeur maximale variant de 1 à 2 mètres selon les biefs. Les riverains sont très attachés au type de paysage qui en résulte et les propriétaires de moulin maintiennent en état les seuils actuellement en place. L'un de ces seuils a même été récemment reconstruit afin de remettre en fonctionnement une microcentrale hydroélectrique alors qu'il avait été détruit afin de faciliter le drainage des terres. Les droits attachés à la construction de seuils et de moulins sont transmissibles sans limitation de durée. La rivière est constituée de nombreux bras à la traversée des agglomérations de Coulommiers et de Crécy la Chapelle.

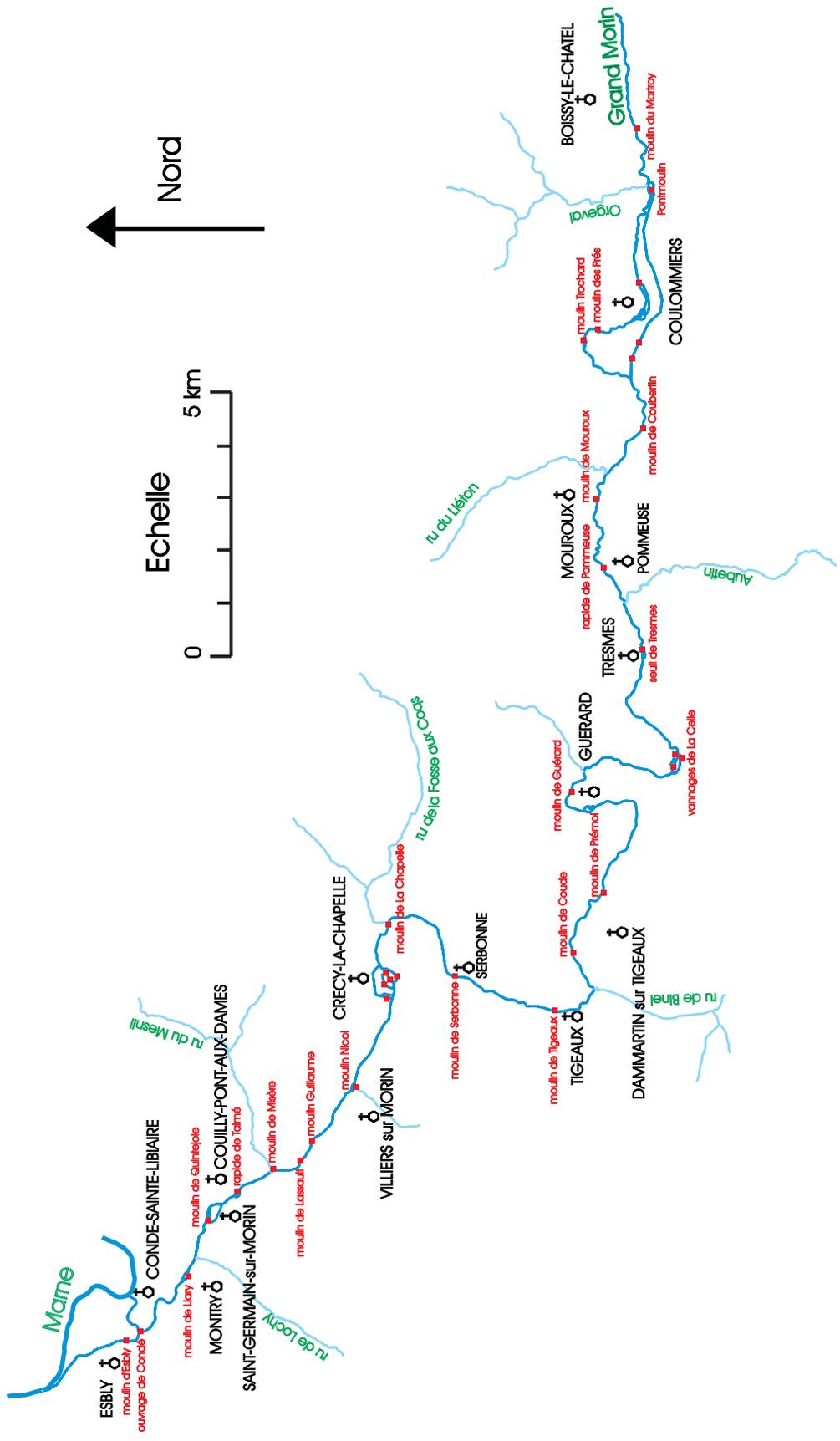


Figure 1 : le Grand Morin de Coulommiers à Esbly

1.1. Les données utilisées

Les données utiles à la mise en œuvre du logiciel hydraulique PROSE sont les suivantes (RENAUD J. P., 1998) :

- géométrie du lit : cartes, profil en long rattachés au Nivellement Général de la France (NGF),
- plans des seuils, longueurs et cotes des parties fixes et mobiles, règles de gestion des pelles mobiles,
- profils en travers rattachés au NGF,
- évolution longitudinale du débit, apports ponctuels et diffus.

1.2. Schématisation du Grand Morin

La rivière est constituée d'un ensemble de biefs, un bief étant un tronçon de rivière compris entre deux singularités, seuils, confluence ou diffluence. On dénombre 66 biefs. La cote NGF de chaque seuil est une donnée du modèle hydraulique. L'épaisseur de la lame d'eau au-dessus de chaque seuil est calculée à partir de la valeur locale du débit, de la largeur et du type de seuil. Un seuil peut être constitué de plusieurs parties caractérisées chacune par une longueur et une cote : lorsque le débit est faible seules les parties de seuils les plus basses fonctionnent alors comme des déversoirs.

Chaque bief est découpé en maille. Chaque maille est caractérisée par un profil en travers. Dans les secteurs de rapide la longueur des mailles est de quelques dizaines de mètres, la position de la surface libre du cours d'eau étant fortement influencée par le profil en long du fond. Le nombre de mailles est de 200 environ.

Le modèle PROSE permet de calculer, en régime permanent ou transitoire, pour chacune des mailles du domaine étudié, la cote de la surface libre (et la profondeur moyenne de la maille) et la vitesse de l'eau moyenne sur la section.

1.3. Ajustement du modèle

La géométrie du lit et les règles de gestion des seuils étant des données d'entrées du modèle, le débit à l'amont et les apports de débits locaux et diffus étant connus, le seul ajustement du modèle qui reste à réaliser concerne les coefficients de frottement de Strickler. Le modèle a été ajusté pour les périodes d'étiage. Nous avons ici adopté une valeur constante par bief différente pour les biefs lents et les biefs rapides. La figure 2 représente l'évolution longitudinale des cotes du fond et de la surface libre du Grand Morin pour les bras principaux. Les bras secondaires, dont le comportement hydraulique est également simulé par le modèle, ne sont pas représentés sur cette figure.

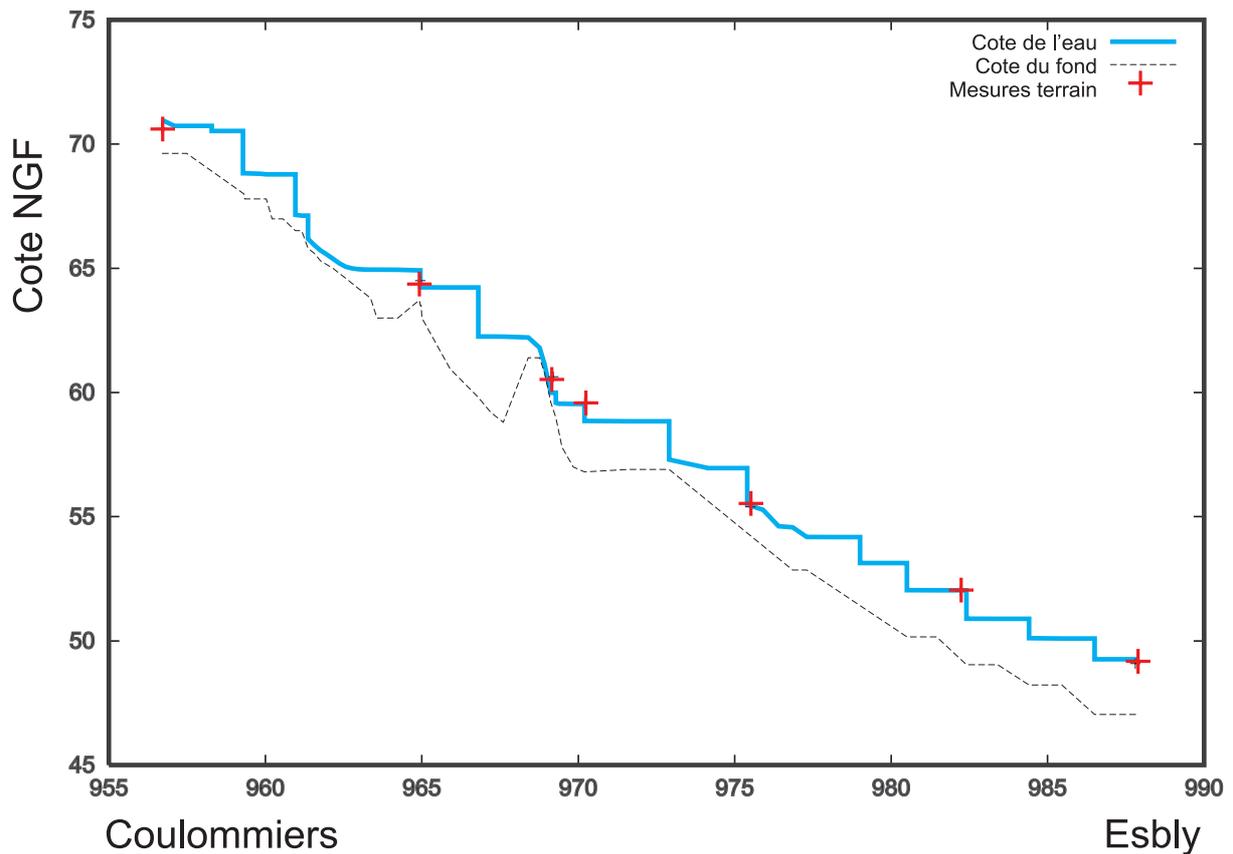


Figure 2 : profil en long du Grand Morin

1.4. Calcul des temps de résidence de l'eau

Le modèle PROSE permet de simuler le transport par convection et par dispersion longitudinale d'un traceur. Lorsqu'un traçage a été réalisé sur un tronçon de rivière les données concernant l'évolution des concentrations aux différents points d'observation peuvent être utilisées pour parfaire l'ajustement des coefficients de frottement de Strickler. En effet, si l'on admet que la géométrie du lit de la rivière, la valeur du débit et son évolution longitudinale sont connues, le temps de résidence de l'eau calculé ne peut dépendre que de la position de la surface libre, surface libre dont la pente est liée à la valeur du coefficient de Strickler. Notons qu'à l'étiage, la sensibilité des résultats concernant les temps de résidence de l'eau, s'agissant d'une rivière dont le profil en long résulte essentiellement de la présence de seuils, est très faible.

En l'absence de traçage, le modèle peut être utilisé pour estimer les temps de résidence de l'eau.

2. La Seine de Troyes à Montereau

Le modèle PROSE a également été appliqué au bief de Seine qui s'étend de Troyes à Montereau. Ce bief comprend une partie amont non navigable, de faible profondeur, qui présente les caractéristiques d'une rivière faiblement équipée, et une partie aval équipée de seuils mobiles qui relèvent le niveau du plan d'eau pour permettre la navigation. Les limites amont se situent d'une part sur la Melda et d'autre part sur la Seine, au droit de deux stations hydrométriques.

Les données utilisées proviennent pour partie du Service de Navigation de la Seine pour la partie aval navigable. Pour l'amont des campagnes de terrain ont permis de compléter les informations disponibles. Le secteur amont constitué de nombreux bras et de deux rivières, la Seine proprement dite

et la Melda, est insuffisamment connu du point de vue de la bathymétrie et des ouvrages anciens qui organisent la répartition des débits (TAJJAR M. H., 1993). Le travail que nous avons effectué devra être complété, particulièrement dans le cadre d'une étude de l'impact de l'agglomération troyenne sur le secteur qui s'étend de Troyes à Méry sur Seine.

La modélisation de l'écoulement de l'aval de Troyes jusqu'à Montereau permet de donner un aperçu de l'évolution des profondeurs d'amont en aval. Le secteur amont de Conflans se différencie nettement du secteur aval (Fig. 3)

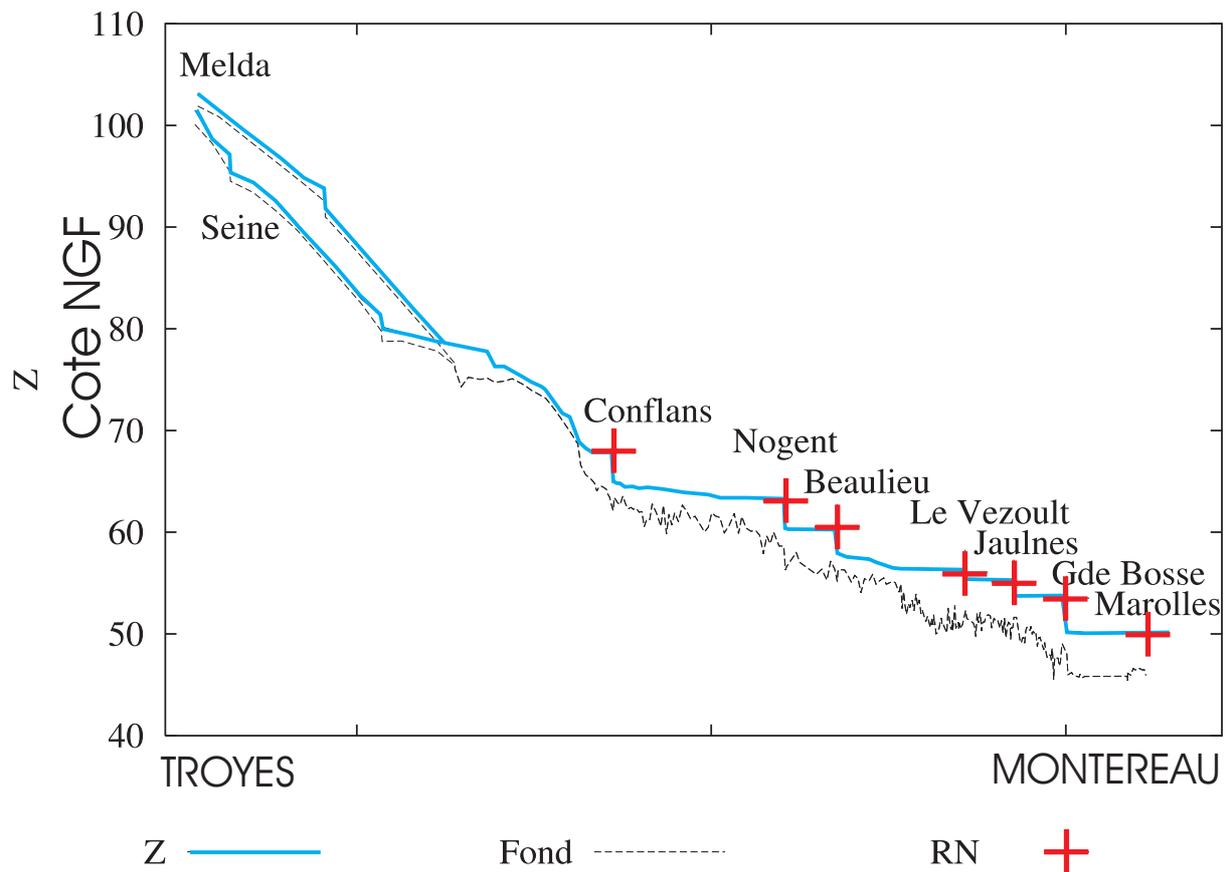


Figure 3 : profil en long de la Seine de Troyes à Montereau

Sommaire  général

**Groupe de travail B :
Modélisation,
gestion des modèles et des bases de données**

Bases de données spatialisées

**Modèles PROSE et SENEQUE : établissement de
versions de référence applicables aux études de gestion**

**Modélisation du comportement hydraulique du Grand Morin et
de la Seine amont à l'aide du logiciel PROSE**

Présentation du logiciel ProSe, version 2.0

SENEQUE 1.3 : notice d'utilisation