



HAL
open science

Modélisation hydraulique fluviale comparative sur la création de Zones d'expansion de crue sur l'Escaut Rivière à Cambrai (59)

Ibrahim Sadou Mamadou

► **To cite this version:**

Ibrahim Sadou Mamadou. Modélisation hydraulique fluviale comparative sur la création de Zones d'expansion de crue sur l'Escaut Rivière à Cambrai (59). Sciences de l'ingénieur [physics]. 2017. dumas-03549583

HAL Id: dumas-03549583

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03549583v1>

Submitted on 31 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MODELISATION HYDRAULIQUE FLUVIALE COMPARATIVE SUR LA CREATION DE ZONES D'EXPANSION DE CRUES SUR L'ESCAUT RIVIERE A CAMBRAI (59)



Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du Mastère Spécialisé Eau Potable
Assainissement (EPA) de l'ENGEES

Ibrahim SADOU MAMADOU

Octobre 2017

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout particulièrement ma petite sœur Mariama SADOU MAMADOU, étudiante à l'EM qui m'a permis d'effectuer mes études à l'ENGEES. Je remercie également ma mère qui m'a soutenu durant tout mon cursus à l'ENGEES. Je remercie également l'ensemble de mes frères et sœurs pour leur soutien matériel et moral.

Je tiens également à remercier le Directeur des formations professionnelles M. Dessez et La Responsable de scolarité des formations professionnelles diplômantes, Mme Faux pour leur disponibilité.

Je remercie Vincenzo LAPORTA, responsable du pôle Eau et Environnement chez Valétudes, tuteur de stage, pour son accueil et son accompagnement tout au long de ce stage.

Je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe de ma structure d'accueil, Valétudes pour leur accueil et pour leur apport de mon présent mémoire ; particulièrement à Adeline LAFONTAINE chargée d'études en hydraulique et cours d'eau, Etienne LEMOINE chargé d'études eaux et environnement et Gaël UNVOAS chargé d'études eaux et environnement.

Je tiens aussi à remercier mon tuteur école Pascal FINAUD GUYAUD pour ses éclaircissements au cours de mon stage de fin d'études.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont soutenu moralement et matériellement au cours de mon cursus à l'ENGEES.

RESUME

Modélisation hydraulique fluviale comparative sur la création de Zone d'Expansion de Crue

La commune de Proville à 2 Km au Sud-Ouest de Cambrai (59) a été touchée par de fortes inondations le 12 septembre 2008. Afin de se prémunir contre de pareils événements la Communauté d'Agglomération de Cambrai (CAC) a mandaté le bureau d'étude Valétudes pour accomplir une étude visant à vérifier la possibilité de créer une Zoner d'Expansion des Crues (ZEC) en amont des zones actuellement inondables en vue de leur protection.

Suite à une première étude ayant permis de réaliser les hydrogrammes de la zone d'étude en fonction des pluies majeure, ce rapport vise à traduire ces hydrogrammes en hauteur d'eau le long de l'Escaut. Pour ce faire un modèle hydraulique a été réalisé sous HEC RAS (Hydraulic Engineering Centers Rivers Analysis). Il a servi de base pour d'une part effectuer un diagnostic sur les désordres hydrauliques en période de crue, d'autre part d'estimer l'impact des aménagements pressentis pour protéger Proville.

Pour la réalisation du modèle hydraulique plusieurs sorties de terrain ont été fait. Elles ont été primordial afin d'estimer au mieux la rugosité du lit mineur et majeur et de mieux appréhender les variations brusque de rugosité. Plusieurs séries de simulation ont été réalisé lors de la phase d'aménagement afin de déterminer au mieux le secteur qui sera employé comme Zones d'Expansion de Crue.

Par la suite une comparaison multicritère entre les secteurs pressentis pour servir de ZEC a été dressée sur la base des résultats de la modélisation hydraulique et de l'aspect environnemental.

Les résultats du présent rapport ont servi de base à la CAC afin de faire son choix sur le secteur qui sera utilisé comme Zone d'Expansion de Crue lors du comité de pilotage qui s'est tenu le 10 Octobre 2017 à Cambrai.

A ce jour, la CAC doit se décider de faire réaliser ou pas une ZEC sur le secteur choisi à l'issue du comité de pilotage.

ABSTRACT

On September, 12th, 2008 Proville Township, situated at 2Km south west of Cambrai (59) has been gravely affected by severe floods. In order to prevent such events, the CAC mandated the bureau of studies to make a study in order to verify if it is possible to create a storage area Upstream the actual flood risk areas in order to protect them.

Following a preview study that has permitted to realize hydrographs of the study area regarding, rains, this report aims to translate these hydrographs upstream the Escaut River. To this end, a hydraulic model have been realized under the supervision of HEC RAS (Hydraulic Engineering Centers Rivers Analysis). It has been used as a basis in one end to make a diagnostic about the hydraulic disorder in periods of flooding, on the other end to estimate the impact of hydraulic facilities foreseen to protect Proville

For the realization of this hydraulic model several field visits have been made. They have been essential in order to evaluate precisely the surface roughness of the minor and major bed and to better identify the roughness of these different variations. Several series of stimulation have been realized during the planning phase in order to determine more accurately the area that will be used as storage area.

Subsequently, several criteria have been chosen to make a comparison of hypothetic areas to serve the storage area on the basis of hydraulic model and environmental aspect.

On October, 10th, 2017, in Cambrai, during the steering committee, the results of this report have been analyzed as a basis for the CAC to choose which area will be used as a storage area. Until that day, the CAC must take the decision whether or not it will realize a storage area in the chosen area.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
RESUME.....	4
ABSTRACT	5
SOMMAIRE	6
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	8
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES CARTES	9
LISTE DES TABLEAUX.....	9
LISTE DES PHOTOGRAPHIES.....	10
1.1 CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE.....	11
1.2 RAPPEL DE LA MISSION DE VALETUDES.....	11
1.3 RAPPEL DES CONCLUSIONS DU DIAGNOSTIC.....	12
1.4 OBJET DU RAPPORT	14
CHAPITRE 1. ÉTAT INITIAL DE L'ESCAUT RIVIERE.....	15
1.1 ELABORATION DU MODELE.....	15
1.1.1 Construction et Calage du modèle.....	15
1.1.2 Calage du lit majeur utilisé pour la simulation des ZEC.....	23
1.1.3 Etude de la sensibilité du modèle hydraulique.....	23
1.1.4 Synthèse	24
1.2 FONCTIONNEMENT DE LA RIVIERE – ETAT INITIAL.....	25
1.2.1 Modélisation Etat Initial.....	25
1.2.2 Phénomènes d'inondation	31
1.2.3 Volume théorique à stocker	44
1.2.4 Conclusion	46
CHAPITRE 2. PROPOSITION D'AMENAGEMENT.....	47
2.1 PREAMBULE.....	47
2.1.1 Objectif.....	47
2.2 ZONE D'EXPANSION DE CRUE N°1	48
2.2.1 Localisation.....	48
2.2.2 Fonctionnement théorique du site.....	49
2.2.3 Différentes configuration de vannage du Pont Canal	50
2.2.4 Modélisation du cours d'eau en intégrant la ZEC 1	57
2.2.5 Conclusion modélisation du cours d'eau en intégrant la ZEC 1	63
2.3 ZONE D'EXPANSION DE CRUE N°2 ET N°4	64
2.3.1 Localisation.....	64
2.3.2 Fonctionnement théorique du site.....	65
2.3.3 Modélisation du cours d'eau en intégrant la ZEC 2&4.....	67
2.3.4 Conclusion modélisation du cours d'eau en intégrant la ZEC 2&4	74
2.4 ZONE D'EXPANSION DE CRUE N°3	75
2.4.1 Localisation.....	75
2.4.2 Fonctionnement théorique du site.....	76

CHAPITRE 3. ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET TECHNIQUE	77
3.1 ANALYSE ENVIRONNEMENTALE	77
3.1.1 ZNIEFF	77
3.1.1 Réserve Naturelle	78
3.1.1 Schéma Régionale de Cohérence Ecologique – Trame Verte Trame Bleue.....	78
3.1.2 Expertise écologique antérieure	80
3.2 ANALYSES MULTICRITERES	82
CONCLUSION	85
BIBLIOGRAPHIE	87
ANNEXES.....	88

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des Figures

Figure 1 : Exemple de profils relevés pour la détermination de la géométrie du lit.....	17
Figure 2 : Exemple de profils (D-D' : Pont Canal) renseignés sous Hec-Ras pour la détermination de la géométrie du lit.....	17
Figure 3 : Exemple de comparaison du profil 28.....	22
Figure 4 : Courbe enveloppe de la crue décennale – Etat Initial.....	26
Figure 5 : Courbe enveloppe de la crue cinquantennale – Etat Initial.....	28
Figure 6 : Courbe enveloppe de la crue centennale – Etat Initial.....	29
Figure 7 : Profil Autocad et HEC RAS schématique et au point de débordement pour un débit de 6,5 m ³ /s.....	42
Figure 8 : Volume à stocker au regard de l'Hydrogramme de retour 10 ans– Etat Initial.....	44
Figure 9 : Volume à stocker au regard de l' Hydrogramme de retour 50 ans– Etat Initial.....	45
Figure 10 : Volume à stocker au regard de l' Hydrogramme de retour 100 ans– Etat Initial.....	45
Figure 11 : Courbe enveloppe de la crue décennale pour la configuration 2,25 arches du vannage du pont canal.....	51
Figure 12 : Courbe enveloppe de la crue décennale pour la configuration 2,5 arches du vannage du pont canal.....	52
Figure 13 : Courbe enveloppe de la crue cinquantennale pour la configuration 2,25 arches du vannage du pont canal.....	53
Figure 14 : Courbe enveloppe de la crue centennale pour la configuration 2,25 arches du vannage du pont canal.....	54
Figure 15 : Courbe enveloppe de la crue centennale pour la configuration 2,5 arches du vannage du pont canal.....	55
Figure 16 : Courbe enveloppe de la crue décennale intégrant la ZEC 1 et la configuration 2,25 arches.....	57
Figure 17 : Hydrogramme amont/aval de la ZEC 1 lors d'une crue décennale.....	60
Figure 18 : Courbe enveloppe de la crue cinquantennale intégrant la ZEC 1 et la configuration 2,25 arches.....	61
Figure 19 : Courbe enveloppe de la crue centennale intégrant la ZEC 1 et la configuration 2,25 arches.....	62
Figure 20 : Courbe enveloppe de la crue décennale en intégrant la ZEC 2&4.....	67
Figure 21 : Hydrogramme de la crue décennale en amont et en aval des ZEC2&4 décaissées.....	69
Figure 22 : Courbe enveloppe de la crue cinquantennale en intégrant la ZEC 2&4.....	70
Figure 23 : Hydrogramme de la crue décennale en amont et en aval des ZEC2&4 décaissées.....	71
Figure 24 : Courbe enveloppe de la crue centennale en intégrant la ZEC 2&4.....	72
Figure 25 : Hydrogramme de la crue centennale en amont et en aval des ZEC2&4 décaissées.....	73
Figure 26 : Propositions de création de ZEC par l'Expertise de Rainette et d'Osmose.....	81

Liste des Cartes

Carte 1 : Proposition d'implantation des différentes Zone d'Expansion de Crues (ZEC)	13
Carte 2 : Secteur d'étude et périmètre de modélisation	15
Carte 3 : Localisation des profils topographiques et bathymétriques relevés	18
Carte 4 : Localisation des profils de référence	20
Carte 5 : Localisation des débordements pour les différentes crues	30
Carte 6 : Localisation du point de débordement vers Proville	31
Carte 7 : Localisation des deux ouvrages d'échanges entre le canal Saint-Quentin et l'Escaut Rivière.....	32
Carte 8 : Présentation simplifiée des connexions entre l'Escaut et son lit majeur	33
Carte 9 : Localisation du réseau de fossés sur Noyelles-sur-Escaut	34
Carte 10 : Localisation du réseau de fossés aval sur Noyelles-sur-Escaut.....	36
Carte 11 : Localisation du réseau de fossés sur Proville	38
Carte 12 : Vue de l'ancien réseau hydrographique reconstitué et présenté sur fond IGN 1/25000	39
Carte 13 : Enveloppe des Zones inondées à Proville (2008)	41
Carte 14 : Localisation approximative de la ZEC au regard de l'ensemble du secteur d'étude	48
Carte 15 : Explication du fonctionnement schématique de la ZEC	49
Carte 16 : Cartographie représentant l'inondation de la ZEC1 à la côte 49.5 mNGF	58
Carte 17 : Localisation des profils correspondant aux hydrogrammes amont /aval	59
Carte 18 : Localisation approximative des ZEC 2&4 au regard de l'ensemble du secteur d'étude mNGF	64
Carte 19 : Explication du fonctionnement schématique de la ZEC2&4	65
Carte 20 : Localisation des profils correspondant aux hydrogrammes amont /aval	68
Carte 21 : Localisation approximative de la ZEC 3 au regard de l'ensemble du secteur d'étude	75
Carte 22 : Localisation approximative de la ZEC 3 et appréciation des discontinuités	76
Carte 23 : Zonage de Protection et d'inventaire à proximité des secteurs d'étude	77
Carte 24 : Schéma Régional de Cohérence Ecologique au niveau des secteurs d'étude	78
Carte 25 : Schéma Régional de Cohérence Ecologique au niveau des secteurs d'étude	79

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Points de calage utilisés dans la création du modèle.....	19
Tableau 2 : Comparaison entre les valeurs du géomètre et les valeurs du modèle.....	22
Tableau 3 : Etude de la sensibilité du modèle hydraulique selon les 3 paramètres d'entrée.....	23
Tableau 4 : Comparaison des niveaux de berge et de la hauteur d'eau selon les différents débits	42
Tableau 5 : Espèces patrimoniales identifiées sur le secteur de Noyelles-sur-Escaut	80

Liste des Photographies

Photographie 1 : Discontinuité amont et de la connexion aval du fossé avec l'Escaut-Rivière (Source : Valétudes).....	35
Photographie 2 : Ouvrage permettant la connexion du réseau à l'Escaut-Rivière (Source : Valétudes)	37
Photographie 3 : Différents fossés sur la partie aval de Noyelles-sur-Escaut (Source: Valétudes)	37
Photographie 4 : Fossés en mauvais état dû à un manque d'entretien de la végétation (Source : Valétudes)	40
Photographie 5 : Vue de face et profil du Pont Canal (Source: Valétudes).....	50
Photographie 6 : Exemple de Vannage mis en place sur la commune de Merville (Source : Valétudes).....	50

INTRODUCTION

1.1 Contexte et objectif de l'étude

La commune de Proville (59) a été touchée par de graves inondations le 12 septembre 2008. Ces inondations ont fait l'objet d'une déclaration d'État de Catastrophe Naturelle (CAT NAT), le 5 novembre 2008 par le Ministère de l'Intérieur. Le bilan de cet événement a mené :

- À l'évacuation de 85 habitations et d'environ 160 personnes sur la commune ;
- À l'intervention des pompiers et de la croix rouge ;
- Au dépôt de 29 dossiers de sinistres en préfectures ;
- À l'évacuation de 60 tonnes de boues accumulées dans la zone inondée.

Ce phénomène a également touché de nombreuses communes en amont de Proville et notamment les communes du bassin versant de l'Eauette, affluent de l'Escaut rivière passant par Proville. Une victime a été recensée à Villers-Plouich malgré l'évacuation de plusieurs dizaines de personnes. De plus, cette catastrophe naturelle a également endommagé de nombreuses infrastructures.

Suite à cet événement, la Communauté d'Agglomération de Cambrai (CAC) a lancé une mission d'expertise, réalisée par SAFEGE, relative aux inondations du 12 septembre 2008 sur la commune de Proville afin de mieux comprendre le phénomène et d'établir une stratégie de gestion des crues. Valoriser les capacités de stockage et le laminage du lit majeur est devenu un objectif majeur dont l'une des actions possibles est l'aménagement de zone d'expansion de crues (ZEC).

Les objectifs majeurs attendus du projet sont donc :

- La réalisation d'une zone d'expansion de crues hydro-écologiquement connectée au cours d'eau visant à protéger Proville en limitant le débordement de l'Escaut-Rivière ;
- La réflexion sur la continuité écologique de l'ensemble de ce linéaire en particulier le problème de franchissabilité piscicole des ouvrages de Noyelles-sur-Escaut et de Proville.

1.2 Rappel de la mission de Valétudes

Le bureau d'études Valétudes s'est vu attribuer la mission de maîtrise d'œuvre lancée par la CAC pour l'implantation d'une Zone d'Expansion de Crues en amont de la commune de Proville.

La mission de maîtrise d'œuvre comprend :

- Une tranche ferme :
 - o Étude de faisabilité d'une zone d'expansion de crues en amont de Proville
 - État des lieux ;
 - Analyse, diagnostic (DIA), modélisation hydraulique ;
 - Faisabilité de l'aménagement hydraulique, recherche de solutions et aide au choix d'un scénario (AVP)
 - o Réflexion sur la continuité écologique de l'Escaut-Rivière sur le territoire de Noyelles-sur-Escaut, Proville et Cambrai.

- Plusieurs tranches conditionnelles :
 - Mission de maîtrise d'œuvre en phase projet (PRO)
 - Élaboration du dossier de consultation des entreprises (DCE)
 - Dossier Loi sur l'Eau et élaboration complète des dossiers réglementaires et autorisations administratives
 - Missions de maîtrise d'œuvre en phase travaux (ACT, VISA, DET, OPC et AOR)

1.3 Rappel des conclusions du diagnostic

Sur la base de l'ensemble des observations faites lors du diagnostic et de l'état des lieux, trois secteurs favorables à l'expansion de crue ont été identifiés.

Ces propositions ont été définies dans un objectif de reconnexion de l'Escaut Rivière à son lit majeur. Ces secteurs correspondent aux zones basses, naturellement favorable au stockage de l'eau.

Les différentes propositions, présentées sur la carte ci-après, sont :

■ Le secteur 1, associée à la création d'une extension du fossé en aval de Noyelles-sur-Escaut, permettrait de stocker sur une surface d'environ 29 ha. Cette zone est composée de bois, de pâtures et de cultures. À noter que ce fossé est classé comme cours d'eau.

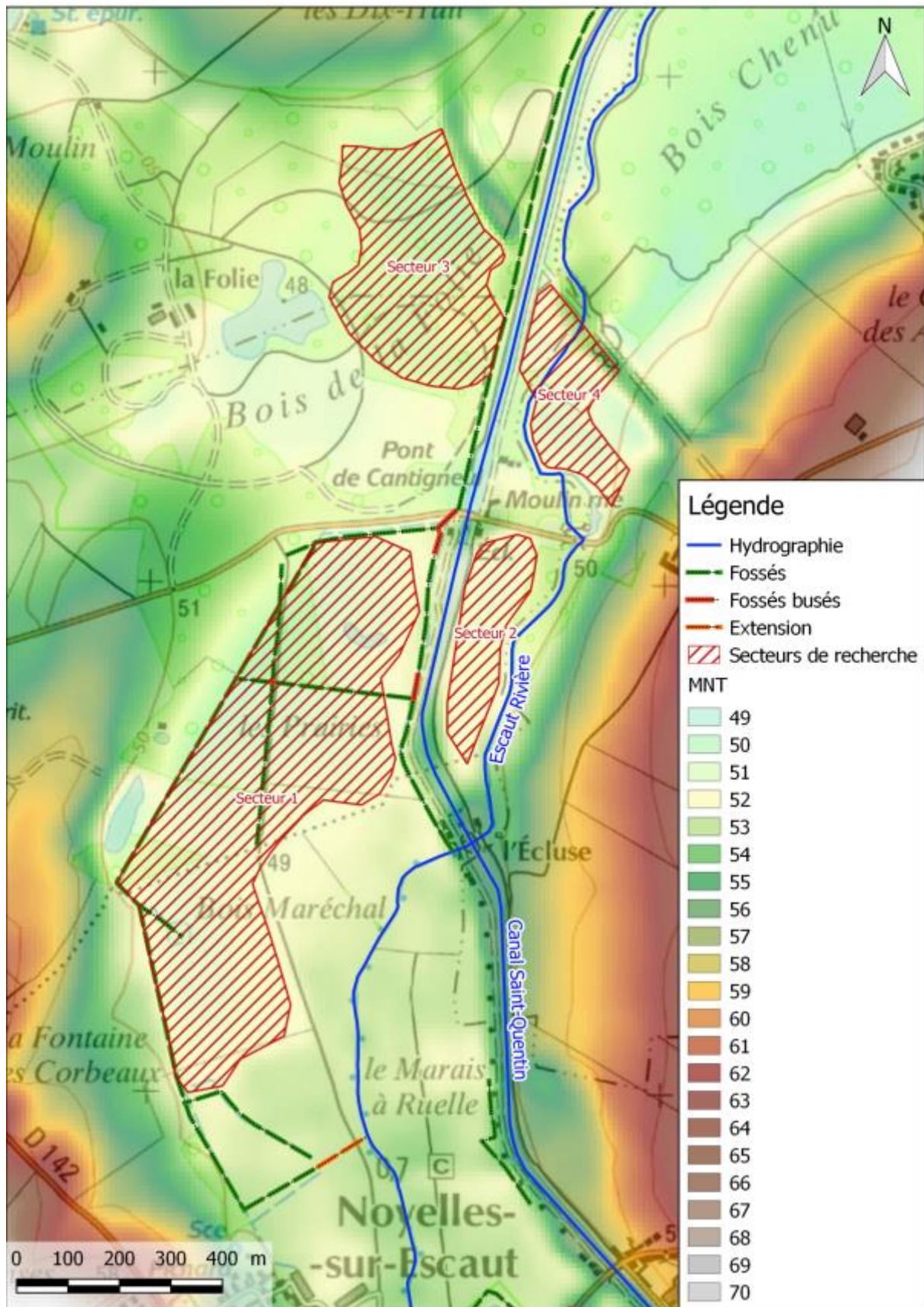
■ Le secteur 2, présente une superficie plus faible avec une surface de 4 ha. Cette zone correspond à une zone en culture située entre l'Escaut Rivière et le canal Saint-Quentin. Cette connexion avec l'Escaut Rivière nécessiterait une suppression partielle du bourrelet de curage situé en rive gauche.

■ Le secteur 3, correspond à une partie du Bois de la Folie. Selon le SCRE-TV, il s'agit d'un réservoir de biodiversité de type « Zones humides ». La zone boisée représente une superficie d'environ 12 ha sur sa partie la plus basse. Ce secteur présente un réseau de fossés relativement dense dont les deux axes principaux sont classés comme cours d'eau par la police de l'eau.

■ Le secteur 4, correspond à une partie basse située entre le moulin de Cantigneul et le contournement. Sur ce secteur, d'une surface de 4,8 ha, existe déjà des données géotechniques et piézométriques pouvant être réutilisées pour la présente étude.

À noter que ces propositions ont fait l'objet de relevés topographiques et d'une photogrammétrie permettant de déterminer plus finement les capacités de stockage.

N'étant qu'aux premiers stades de réflexion lors du diagnostic, ces propositions étaient uniquement basées sur la possibilité de reconnecter l'Escaut Rivière avec son lit majeur et sur les zones les plus basses, préférentielles au stockage des eaux.



Carte 1 : Proposition d'implantation des différentes Zone d'Expansion de Crues (ZEC)

1.4 Objet du rapport

Le présent rapport fait office **d'Avant-Projet** concernant l'étude de faisabilité d'une zone d'expansion de crues.

Conformément au CCTP élaboré par la CAC, il traitera de :

- La construction du modèle hydraulique (Etat Initial de l'Escaut Rivière) ;
- Des faisabilités des aménagements hydrauliques et leurs modélisations ;
- Des comparaisons des solutions de ZEC ;

CHAPITRE 1. ÉTAT INITIAL DE L'ESCAUT RIVIÈRE

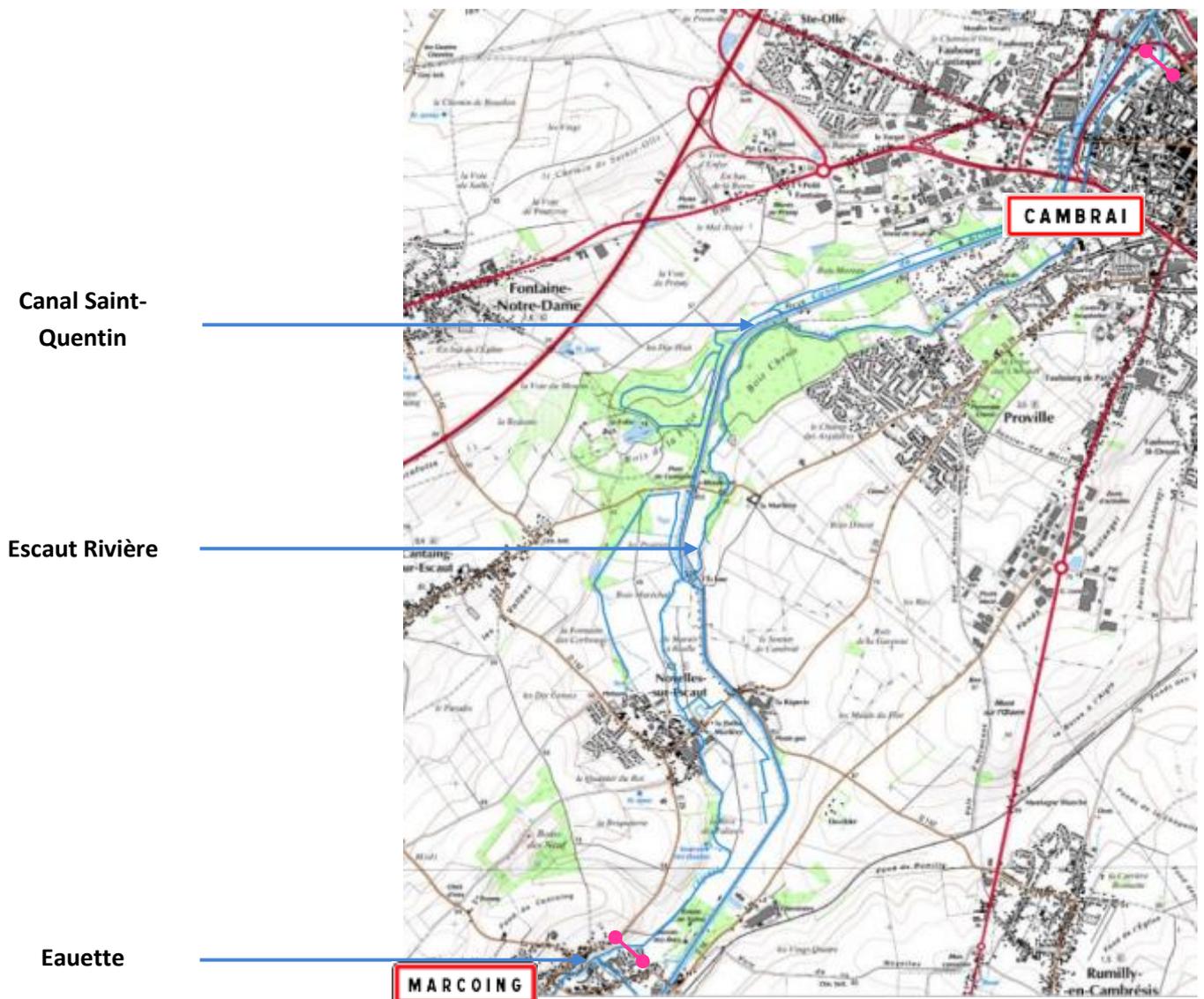
1.1 Elaboration du modèle

1.1.1 Construction et Calage du modèle

1.1.1.1 Rappel du secteur d'études

Le secteur d'étude a été étudié depuis l'aval de la confluence de l'Eauette avec Marcoing jusqu'à la jonction avec l'Escaut Canalisé.

Le secteur d'étude est situé sur un linéaire de 10 kms.



Carte 2 : Secteur d'étude et périmètre de modélisation (source géoportail)

1.1.1.2 Utilisation du logiciel HEC-RAS

Au regard des caractéristiques de la zone d'étude et des variables étudiées (hauteur de ligne d'eau et débit) l'utilisation d'un modèle 1D (unidirectionnel) et la modélisation des écoulements en régime transitoire s'avèrent suffisants.

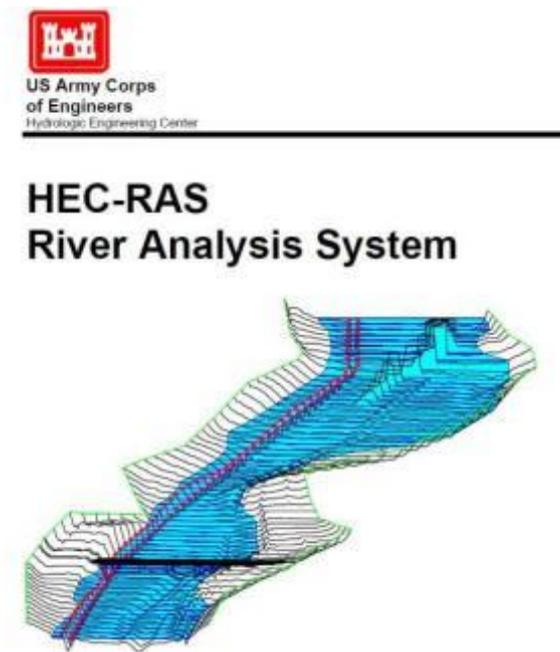
La modélisation hydraulique 1D repose sur la résolution d'équations fondées sur une série d'hypothèses dont les principales sont :

- ☑ L'écoulement est unidimensionnel (ou filaire) ;
- ☑ La répartition des vitesses est uniforme dans une section transversale donnée ;
- ☑ La répartition des pressions sur une verticale est hydrostatique.

À l'échelle de l'étude et pour l'objectif qui est le nôtre (à savoir la caractérisation des zones de crues pour différentes périodes de retour), ces hypothèses peuvent être considérées comme étant acceptables.

La modélisation hydraulique 1D reste ainsi une schématisation du fonctionnement hydraulique réel du cours d'eau.

Cette réflexion a mené à l'utilisation d'HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers Rivers Analysis System), plateforme logicielle permettant de simuler l'Etat Initial et Aménagé.



Les premières actions consistent à construire et caler le modèle en utilisant plusieurs paramètres , explicités ci-dessous à savoir :

- Construction de la géométrie du lit (profil et pente)
- Calage de la rugosité,
- Insertion des débits,

1.1.1.3 Renseignement sur la géométrie

La construction d'un modèle hydraulique a nécessité de disposer de données topographiques afin de décrire le lit de la rivière (lit mineur), les prairies inondables (lit majeur) et tous les ouvrages influant sur les écoulements. (Ponts, barrage...). L'idée étant de pouvoir schématiser le fonctionnement hydraulique du cours d'eau.

Les relevés de la géométrie du lit ont été réalisées par des relevés photogrammétriques et topographiques.

Trois profils tous les kilomètres ont été effectués par un géomètre permettant ainsi d'avoir des renseignements sur le lit mineur et lit majeur. La description du lit majeur s'effectuant principalement par des levés de profils en travers, souvent dans le prolongement du lit mineur.

Certains profils ont été ensuite complétés en ajoutant des points manuellement, selon les courbes de niveau, afin de couvrir la totalité des zones inondables. Parfois des interpolations linéaires ont été nécessaires afin de compléter la géométrie du lit.

Les ouvrages en travers ont été également relevés lors de la prise de profils et caractérisés sous Hec-Ras, à partir des documents techniques disponibles.

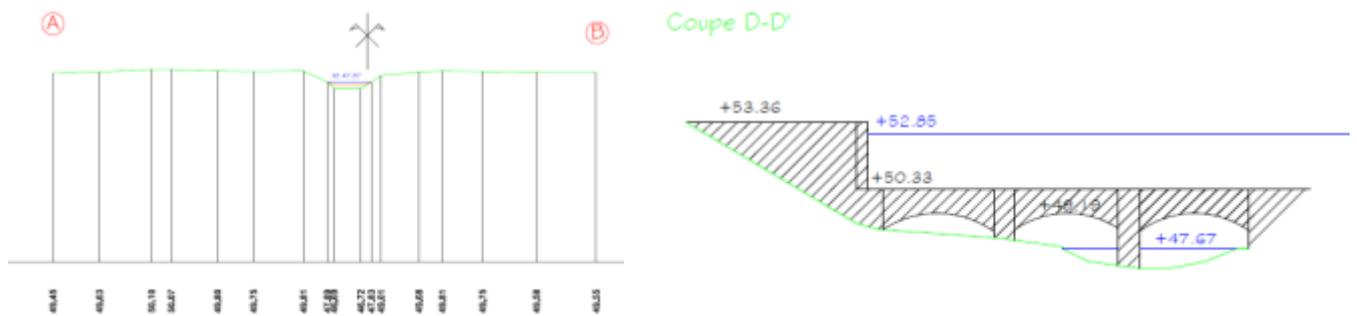


Figure 1 : Exemple de profils relevés pour la détermination de la géométrie du lit

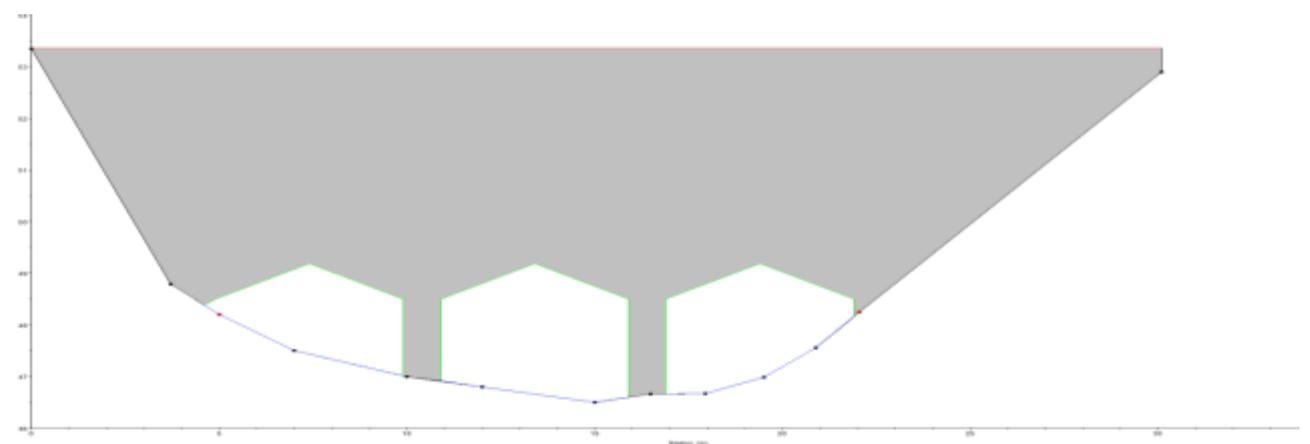
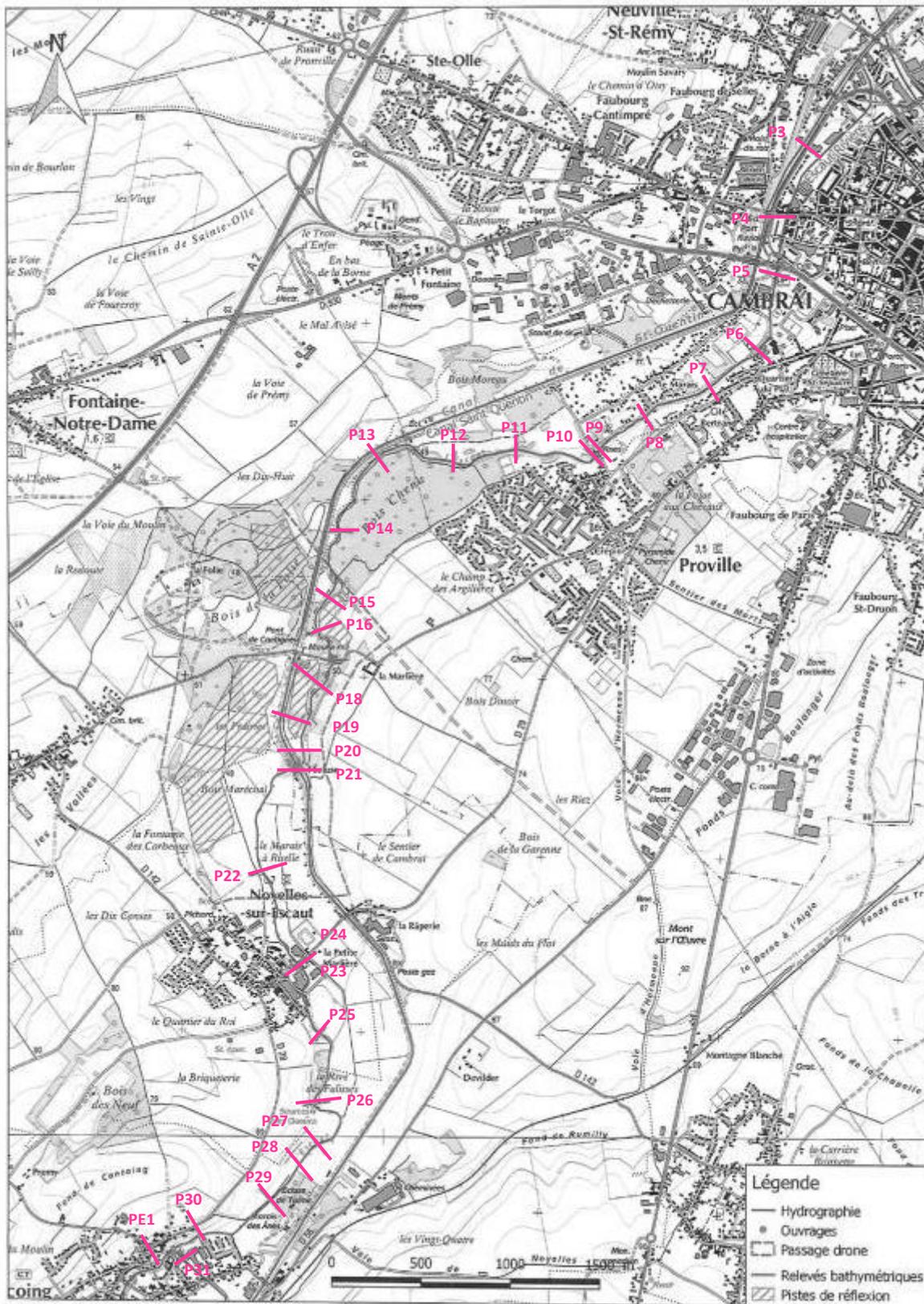


Figure 2 : Exemple de profils (D-D' : Pont Canal) renseignés sous Hec-Ras pour la détermination de la géométrie du lit



Carte 3 : Localisation des profils topographiques et bathymétriques relevés

1.1.1.4 Utilisation de points de référence

Le calage du modèle, consiste en pratique à établir la valeur de la rugosité des lits mineurs et majeurs (coefficients de Strickler) et des échanges entre le lit et les zones inondables, ainsi que les paramètres liés aux ouvrages singuliers. (Perte de charge, seuil...). L'objectif étant de pouvoir obtenir des niveaux d'eau simulés qui correspondent aux niveaux d'eau relevés.

Dans un premier temps la construction du modèle a été effectuée grâce aux données fournies par le géomètre, comme expliqué précédemment. Les profils et hauteurs d'eau ont été mesurés en Avril 2017 par le géomètre.

Les hauteurs d'eau obtenues à ces points et simulées par HEC-RAS peuvent ainsi être comparées avec les données mesurées par le géomètre.

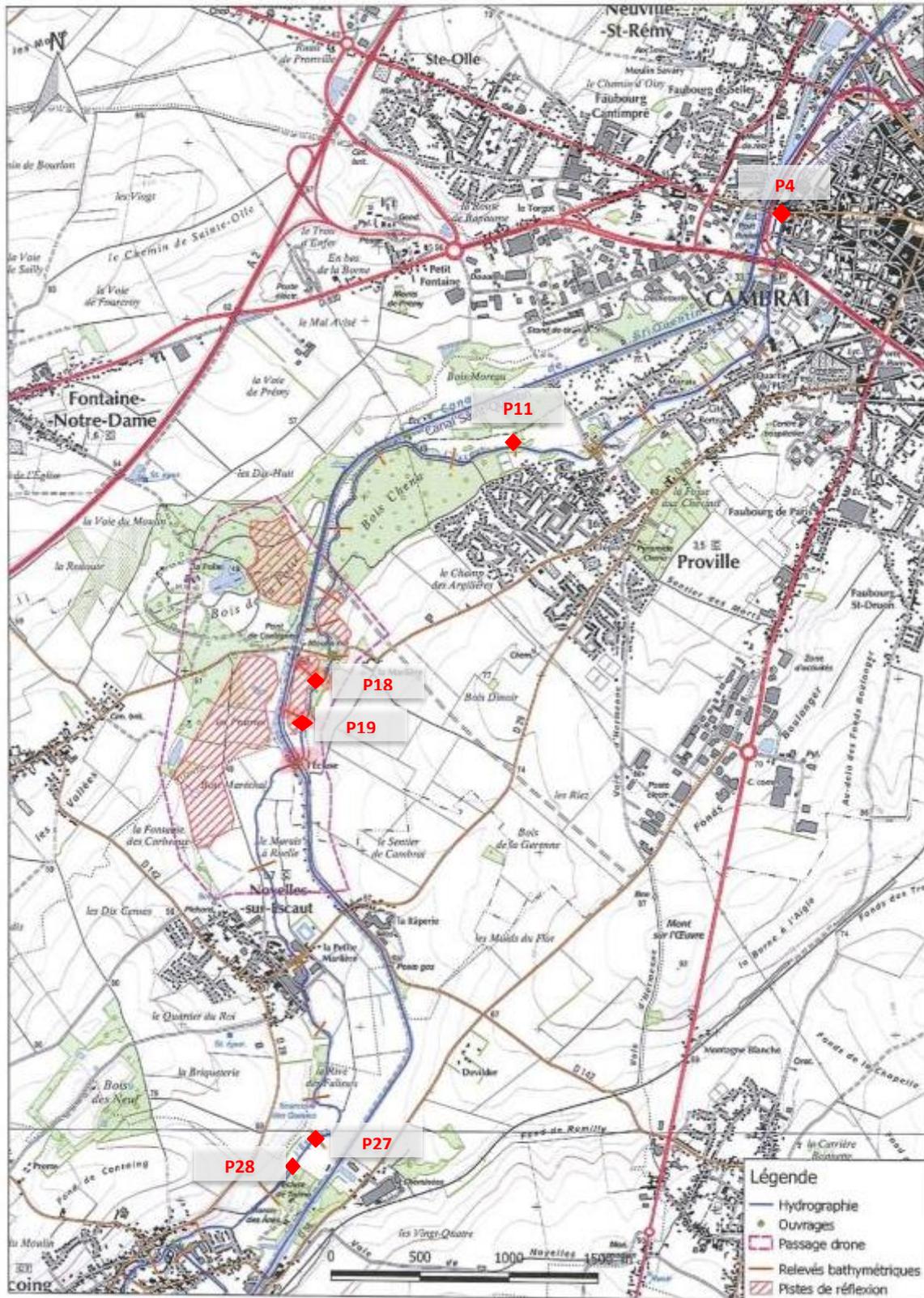
Afin d'être pertinent lors du calage, certains points précis ont été choisis car plus représentatifs de l'état général de l'Escaut-Rivière de Marcoing à Cambrai. On entend par là les typologies de berge, ripisylves, lit de plein bord...

Ci-dessous le tableau avec les points de calage des différents profils de référence :

Point de calage	Côte NGF <i>(surface libre mesurée par le géomètre)</i>
Profil 28	50.73
Profil 27	50.68
Profil 19	47.3
Profil 18	47.26
Profil 11	46.33
Profil 4	43.65

Tableau 1 : Points de calage utilisés dans la création du modèle

La carte en page suivante permet de localiser les profils de références. On peut souligner le fait qu'ils s'échelonnent bien sur l'ensemble du cours d'eau.



Carte 4 : Localisation des profils de référence

1.1.1.5 Calage de Manning et rugosité

Afin de caler au mieux les caractéristiques du lit mineur, il a été nécessaire de déterminer sa rugosité.

Pour cela, le coefficient de rugosité du lit mineur de Manning-Strickler a tout d'abord été estimé à l'aide d'un tableau de rugosité « K_s » ($m^{1/3}.s^{-1}$), qui selon les caractéristiques de la surface du lit mineur permet de déterminer un coefficient de rugosité associé.

La plateforme logicielle HEC-RAS n'acceptant pas le coefficient de Strickler, il a été nécessaire de déterminer la valeur « n » de Manning, qui est égal à l'inverse de la rugosité de Strickler.

Le calage au mieux du modèle est ensuite effectué en jouant sur cette valeur « n » en restant dans une fourchette de valeur cohérente avec la caractéristique du lit mineur à savoir :

$$n \in [0.04 ; 0.06] \text{ ou encore } K_s \in [15 ; 40].$$

Cette fourchette correspond à un cours d'eau sans aménagement particulier en son lit mineur, ce qui est le cas de notre cours d'eau.

Le coefficient de Manning a dans un premier temps été pris à une valeur standard, en adéquation avec les caractéristiques du lit mineur. (Très envasé et forte végétation).

Puis, une campagne de terrain a permis de caler aux mieux la rugosité des berges et d'observer la composition du lit mineur et notamment son degré d'envasement et de végétation.

Compte tenu de la végétation en présence, la valeur standard du coefficient de Manning a été prise à 0,05 en se référant à l'abaque du CEMAGREF utilisé pour l'estimation de Manning-Strickler.

Cependant, de manière très ponctuelle, la rugosité a été établie à 0,2 pour représenter la présence de nombreuses souches et arbres dans le lit mineur de l'Escaut, notamment en amont du moulin de Proville.

1.1.1.6 Mesure des débits

Des mesures de vitesses sur 7 points de mesure ont permis le calcul du débit du cours d'eau, selon les profils élaborés par le géomètre. Ce débit estimé est de l'ordre de **1,2 m³/s**.

Il est à noter que les prises de vitesses ont été effectuées à la date du 31 mai, soit 1 mois après les relevés effectués par le géomètre. Il aurait été intéressant de connaître l'évolution de la pluviométrie entre ces deux mesures qui vont être reliées.

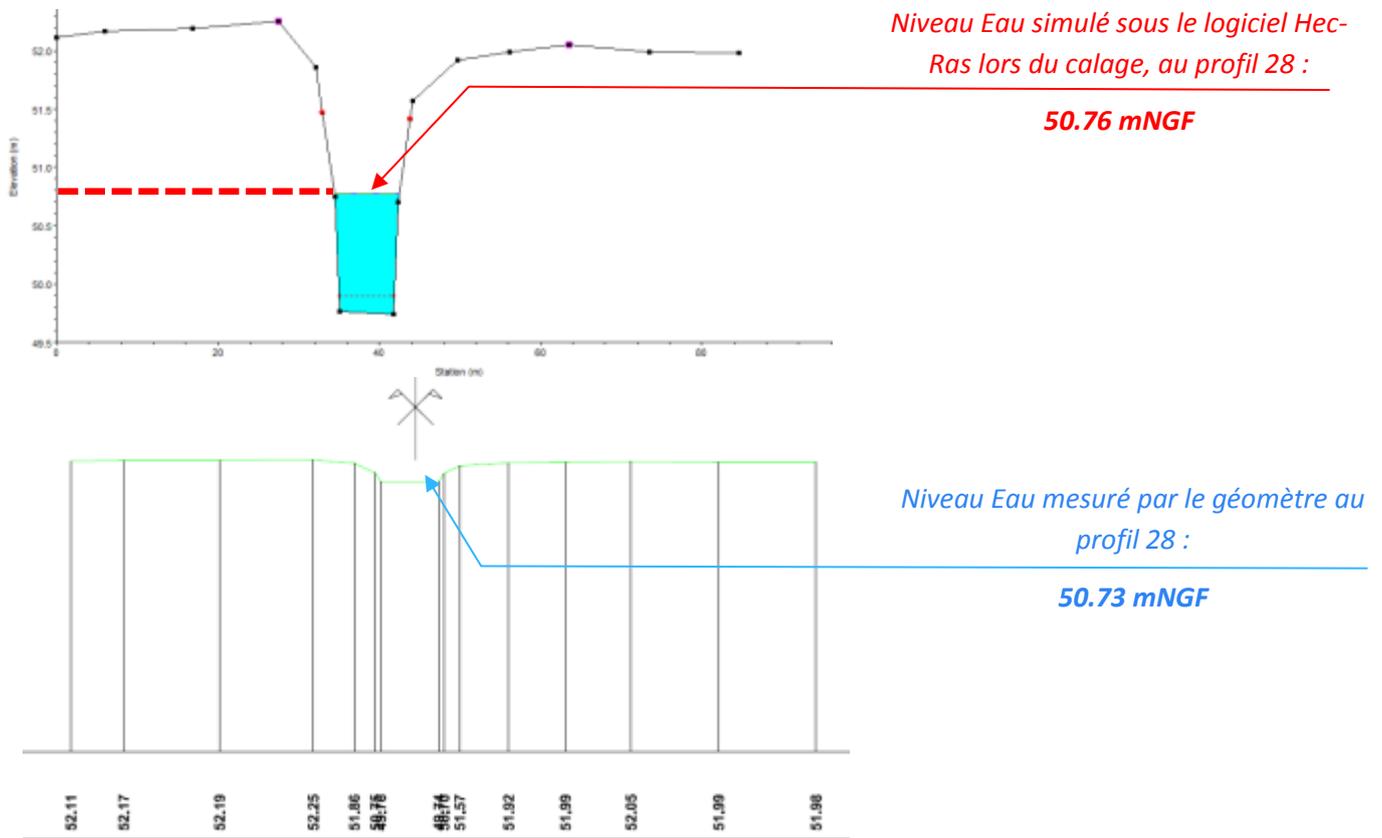
1.1.1.7 Lancement du modèle et constat

L'ensemble de ces données ont permis l'implantation des différents paramètres d'entrée dans le modèle :

- Géométrie, (profil et pente)
- Rugosité,
- Débit,

Le modèle a ensuite été lancé en régime permanent et les hauteurs d'eau ont été obtenues aux points de calage pris en référence précédemment. Les hauteurs d'eau obtenues ont ainsi été comparées aux hauteurs d'eau relevées par le géomètre, notamment au niveau de ces points.

Figure 3 : Exemple de comparaison du profil 28



Point de calage	Côte NGF (surface libre mesurée par le géomètre)	Côte NGF (valeur du modèle)	% Erreur
Profil 28	50.73	50.76	3%
Profil 27	50.68	50.75	6%
Profil 19	47.3	47.31	1%
Profil 18	47.26	47.29	2%
Profil 11	46.33	46.44	7%
Profil 4	43.65	43.67	4%

Tableau 2 : Comparaison entre les valeurs du géomètre et les valeurs du modèle

D'après le tableau-ci-dessus, les écarts mesurés entre le géomètre et les valeurs issues de la simulation sont très proches. Le modèle est donc calé et représente la réalité.

Le calage mène finalement à un coefficient de Manning de 0,06 pour le lit mineur, ce qui reste compris dans l'intervalle estimé précédemment.

1.1.2 Calage du lit majeur utilisé pour la simulation des ZEC

Il n'a pas été référencé de données en ce qui concerne la hauteur d'eau le long de l'Escaut en période de crue, rendant ainsi impossible le calage de la rugosité au niveau du lit majeur.

Le choix de la valeur de la rugosité s'est donc basé uniquement sur les constats de berges lors des sorties terrain. Il a été observé une ripisylve moyenne à dense, avec la présence d'arbres sur la quasi-totalité du linéaire de l'Escaut entre Marcoing et Cambrai. Toujours en se basant sur l'abaque du CEMAGREF, une rugosité « n » de 0,1 a été choisi pour le lit majeur.

1.1.3 Etude de la sensibilité du modèle hydraulique

Une étude de sensibilité aux paramètres d'entrée du modèle a été réalisée afin de déterminer si une variation d'un de ces paramètres pouvait impacter fortement le modèle. L'idée étant de connaître la fiabilité du modèle hydraulique.

Comme vu précédemment trois paramètres d'entrée ont été utilisés pour générer le modèle ; avec plusieurs points de calage utilisés comme points de référence.

En appliquant la variation de +/- 5% du paramètre d'entrée, le résultat de sensibilité est obtenue par le calcul de l'erreur entre la hauteur d'eau avec la variation du paramètre d'entrée et celle avec le paramètre initial.

Ci-dessous la variation de 5% a été appliquée sur l'ensemble des paramètres d'entrée et les pourcentages d'erreur ont été calculés.

Point de calage	Sensibilité du modèle avec variation du débit (% d'erreur)	Sensibilité du modèle avec variation de la pente (% d'erreur)	Sensibilité du modèle avec variation de la rugosité (% d'erreur)
Profil 28	0.02	0	0.02
Profil 27	0.02	0	0
Profil 19	0.08	0	0.08
Profil 18	0.08	0	0.06
Profil 11	0.02	0	0.02
Profil 4	0.02	0	0.02

Tableau 3 : Etude de la sensibilité du modèle hydraulique selon les 3 paramètres d'entrée

On remarque que le modèle est insensible à une variation de la pente. Ces résultats s'avèrent cohérents car les ouvrages présents le long de l'Escaut imposent des hauteurs d'eau. Ces ouvrages constituent de ce fait des conditions limites dans les différentes portions de l'Escaut.

Concernant le débit et la rugosité, il est observé que le modèle est très peu sensible (inférieur à 1%) aux variations appliquées.

Les paramètres peuvent être considérés comme constants tout au long de l'étude.

1.1.3.1 Hypothèse et incertitude de la modélisation

Il est à noter que la performance d'un modèle hydraulique dépend de la qualité et de la richesse des données de construction.

La topographie, la bathymétrie, les coefficients de frottement, les débits d'entrée et d'apports intermédiaires, et les conditions initiales sont autant de données synonymes d'incertitude.

La réalisation d'un modèle final basé sur des crues de validation donne une première indication sur la capacité du modèle à reproduire la propagation des crues. Toutefois, il est important de mettre en exergue que la construction d'un modèle nécessite l'emploi de nombreuses données qui peuvent être entachées d'incertitudes se répercutant ainsi directement sur les résultats que peut fournir le modèle.

1.1.4 Synthèse

Dans sa globalité **le modèle testé s'avère cohérent et fidèle** puisque les résultats issus de la simulation sont assez proches des données relevées sur le terrain.

De plus, les résultats fournis en crue décennale sont en adéquation avec les observations faites sur le terrain, lors de l'inondation du 12 septembre 2008.

1.2 Fonctionnement de la rivière – Etat Initial

1.2.1 Modélisation Etat Initial

L'état des lieux a été défini à partir de la modélisation sous Hec-Ras. Celui-ci a été établi pour une crue décennale, cinquantennale et centennale. Cet état des lieux constitue la base de réflexion sur la stratégie à établir afin de préserver le quartier du Marais à Proville d'une inondation.

Dans un premier temps, les hydrogrammes de retour 10, 50 et 100 ans ont été utilisés en entrée du modèle. Ils ont ensuite été simulés et les courbes enveloppes ont été obtenues.

Pour chacune de ces données d'entrée, une simulation en régime transitoire a été lancée. De ces simulations ont été extrait :

- La courbe enveloppe,
- Les hydrogrammes et limnigrammes au niveau de points le long de l'Escaut rivière.

L'objectif était ici de mettre en lumière les zones de débordements induits pour chaque crue.

On recherche également à avoir une idée précise des évolutions de la hauteur d'eau et du débit en fonction du temps le long de l'Escaut rivière, lors des périodes de crues.

A l'aide des courbes enveloppes, les différentes crues seront présentées afin d'étudier concrètement les débordements, par comparaison entre la courbe enveloppe du niveau d'eau et la topographie des berges.

1.2.1.1 Crue décennale

La courbe enveloppe ci-dessous a été dressée depuis l'aval de la confluence de Marcoing jusqu'à la confluence avec l'Escaut canalisé. (cf. p 16). Le résultat de la modélisation permet l'obtention d'une courbe affichant les côtes altimétriques en ordonnée et la distance en abscisse. La superposition des différentes courbes représentant les niveaux de berges (droite et gauche), ainsi que celui de la ligne d'eau permet la détermination des points de débordement. Effectivement, lorsque la « courbe enveloppe état initial » dépasse les courbes de berges, cela signifie que l'Escaut Rivière déborde de son lit mineur.

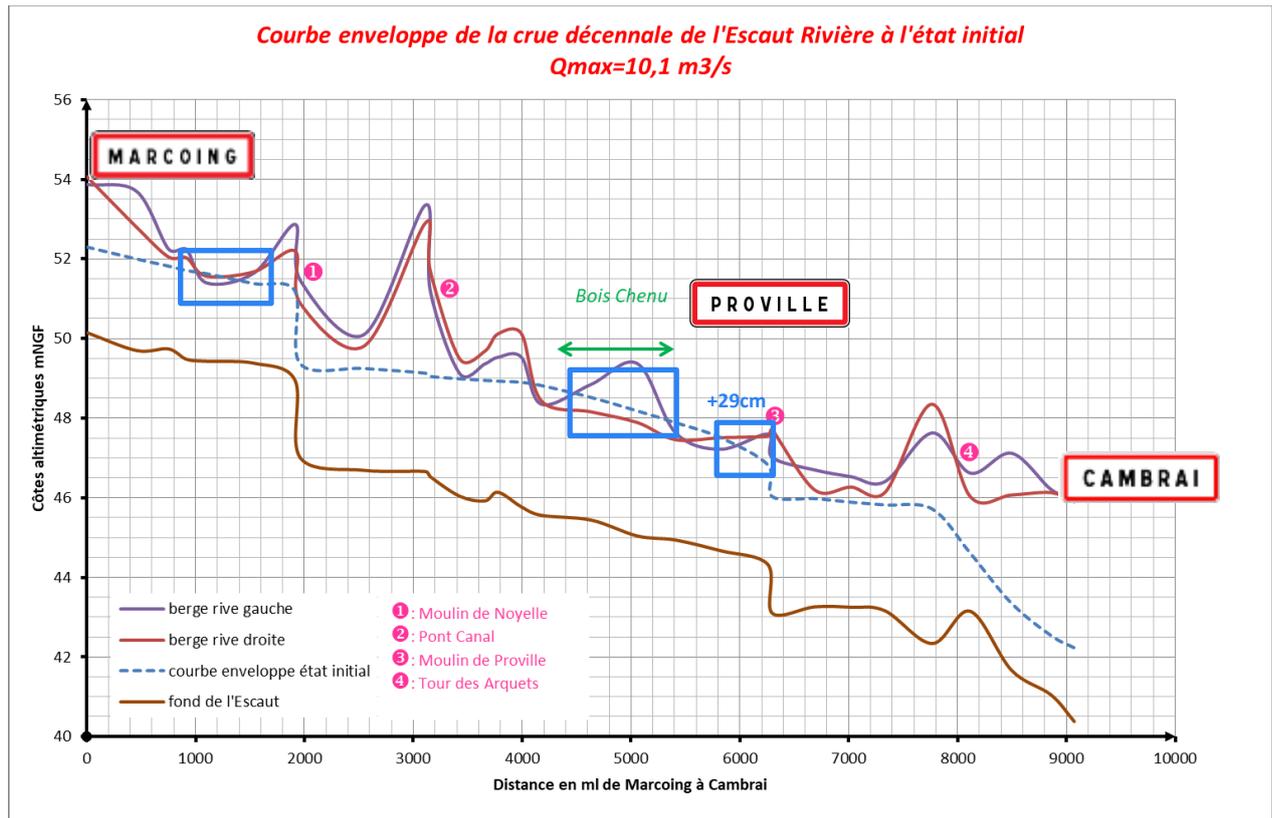


Figure 4 : Courbe enveloppe de la crue décennale – Etat Initial

Le débit maximum atteint lors d'une crue décennale est de **10,1 m³/s**.

Les débordements rencontrés sont matérialisés par des **rectangles bleus**.

La courbe enveloppe décennale à l'état initial permet de constater des inondations à plusieurs endroits. La courbe enveloppe du niveau d'eau dépasse les berges rive droite et/ou gauche.

■ Faible inondation sur Noyelles,

Pour une crue décennale, une faible inondation à l'amont du moulin de Noyelles se produit et apparaît cohérent au regard des constats effectués lors de l'évènement du 12/09/2008. En effet durant cet épisode, il a été constaté un début d'inondation sur Noyelles conduisant à l'ouverture des vannes du moulin afin d'abaisser la ligne d'eau.

■ Au niveau du Bois Chenu,

Un peu plus en aval, on retrouve un débordement en rive droite sur toute la longueur du Bois Chenu, dans un secteur sans habitations.

■ En aval de l'ancien stade de Proville,

Conformément aux constats de 2008, la courbe enveloppe est au-dessus de la rive gauche. Le débordement observé ici est de l'ordre **de 29 cm en rive gauche**. Il s'agit ici d'un point bas juste en aval de l'emplacement de l'entrée de l'ancien réseau de fossé de Proville. De par ce point, l'Escaut déborde en rive gauche pour inonder le quartier du Marais.

A l'aval de cette zone, la courbe enveloppe se trouve à une côte altimétrique largement sous celle des berges en rive droite et gauche, et ce jusqu'à la confluence avec l'Escaut canalisé.

1.2.1.2 Crue cinquantennale

Le résultat de la modélisation pour la crue cinquantennale est assez similaire aux observations faites sur la courbe enveloppe décennale. Les points de débordement de l'Escaut sont situés aux mêmes endroits que précédemment à savoir :

- Au niveau de Noyelles,
- Au niveau du Bois Chenu,
- En aval de l'ancien stade de Provville,

Toutefois, on constate des amplitudes supérieures, avec par exemple **un débordement de 34 cm à Provville**, contre 29 cm au même-lieu en crue décennale.

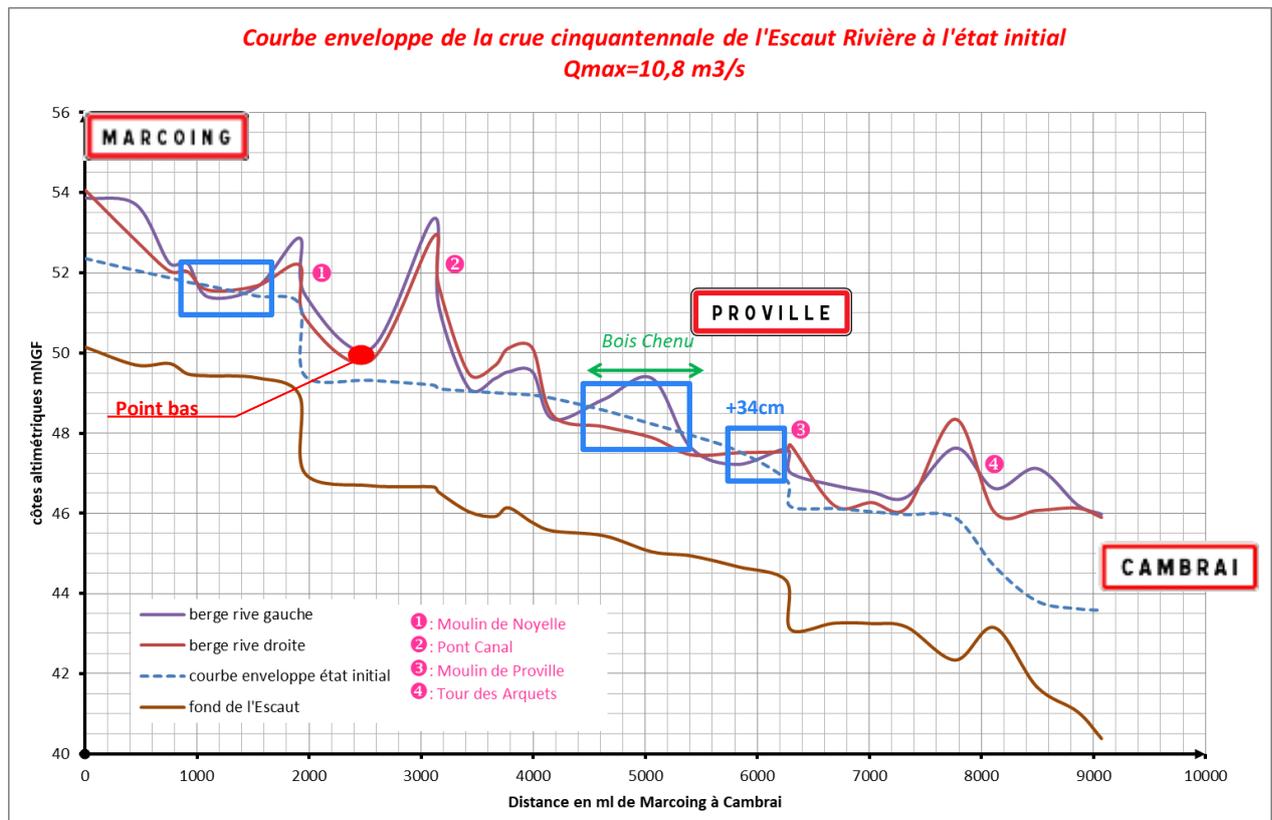


Figure 5 : Courbe enveloppe de la crue cinquantennale – Etat Initial

Le débit maximum atteint lors d'une crue cinquantennale est **estimé à 10,8 m³/s**.

Les débordements rencontrés sont matérialisés par des **rectangles bleus**. Mais on remarque que le niveau de la courbe enveloppe affleure le niveau de la berge droite en aval du Moulin de Provville .

1.2.1.3 Crue centennale

Le résultat de la modélisation pour la crue centennale est assez similaire aux observations faites sur la courbe enveloppe décennale. Effectivement, les points de débordement de l'Escaut sont situés au même endroit que précédemment à savoir :

- Au niveau de Noyelles,
- Au niveau du Bois Chenu,
- En aval de l'ancien stade de Proville,

Toutefois, on constate des amplitudes supérieures, avec par exemple **un débordement de 48 cm à Proville**, contre 34 cm au même lieu en crue cinquantiennale.

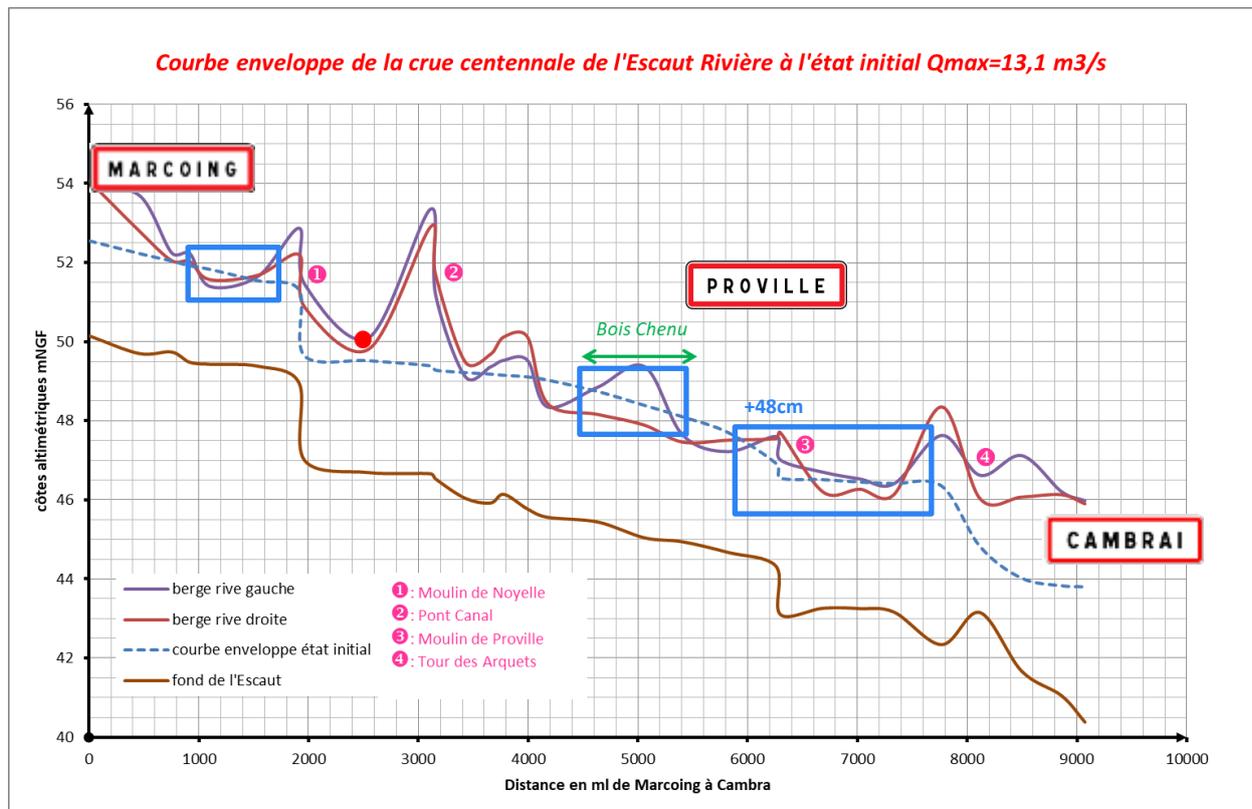
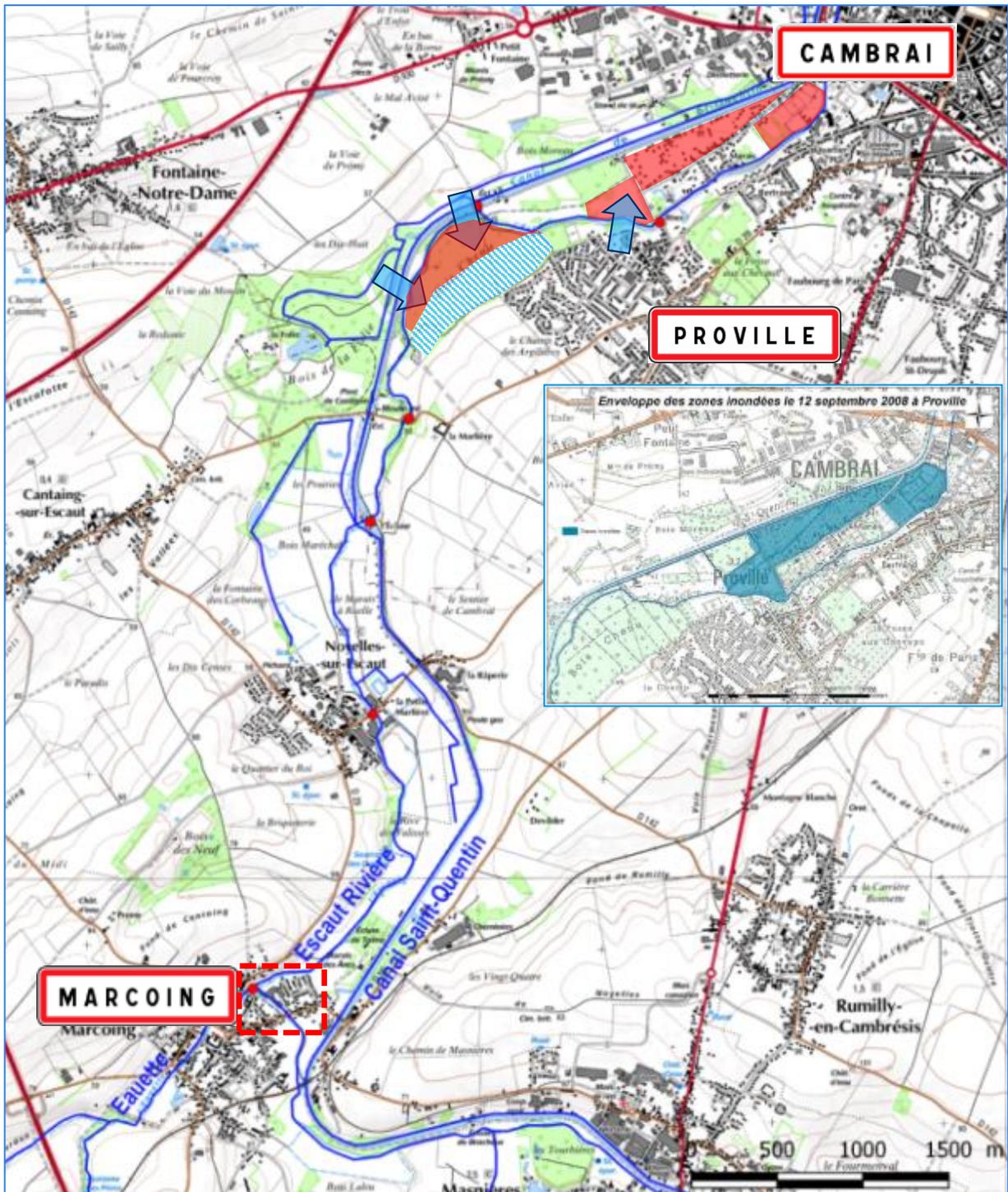


Figure 6 : Courbe enveloppe de la crue centennale – Etat Initial

Le débit maximum atteint lors d'une crue décennale est estimé à **13,1 m³/s**.

Les débordements rencontrés sont matérialisés par des **rectangles bleus**. On remarque que le niveau de la courbe enveloppe dépasse le niveau de la berge droite en aval du Moulin de Proville.



-  Léger débordement
-  Débordement recensé
-  Débordement supposé
-  Ouvrages



Photo Etat des lieux

Carte 5 : Localisation des débordements pour les différentes crues

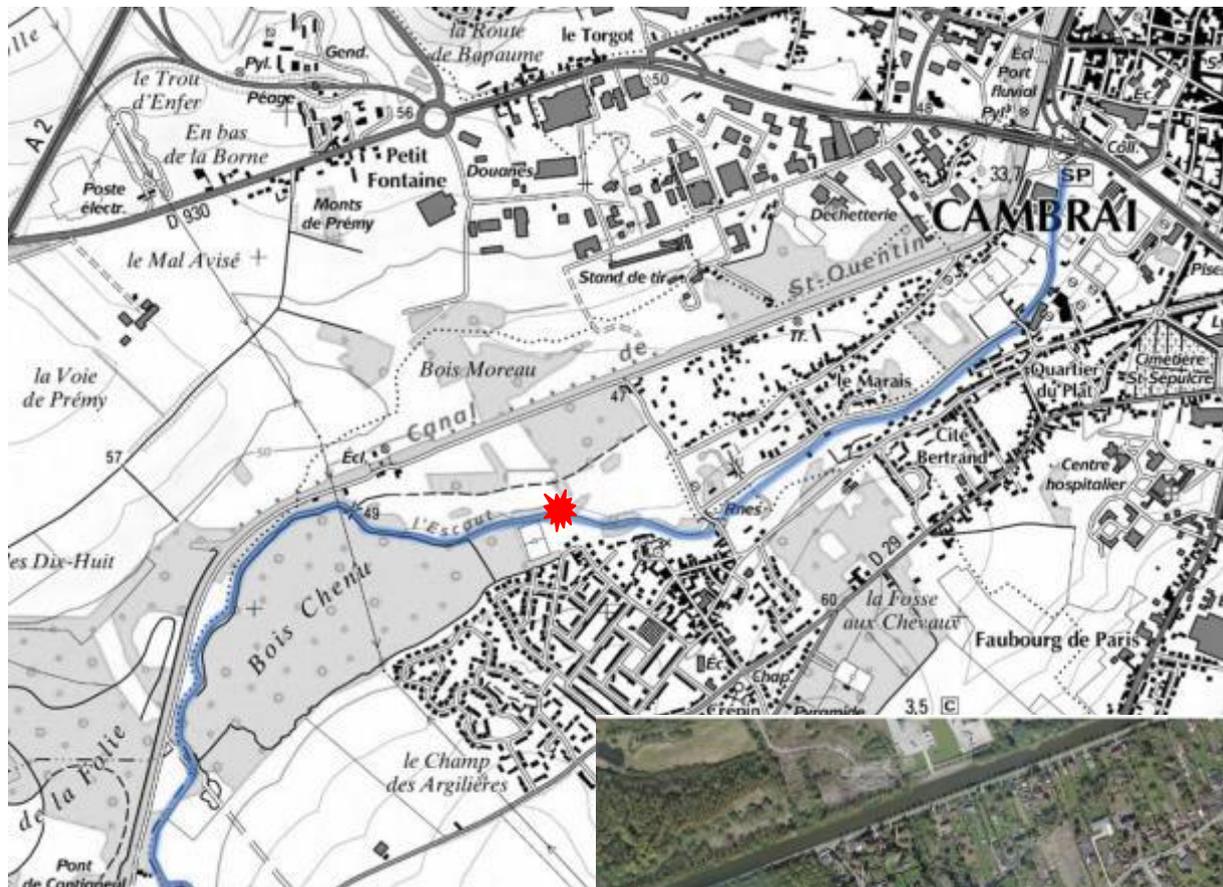
1.2.2 Phénomènes d'inondation

L'inondation du 12 Septembre 2008 à Proville s'est réalisée par débordement de l'Escaut rivière en aval de l'ancien stade de Proville à cause d'une crue dont la période de retour est de 10 ans. Le débordement s'effectue uniquement en rive gauche, provoquant ainsi une inondation du quartier du marais. Celui-ci s'est fait en la faveur d'un point bas juste en aval du point d'entrée du contre fossé du pont canal. Le village de Proville en rive droite de l'Escaut rivière appartient également en partie au lit majeur de l'Escaut rivière mais semble être protégé contre les crues de fréquence moyenne.

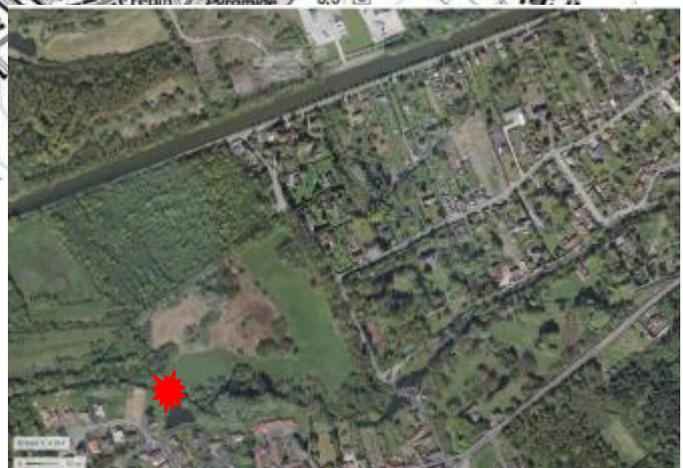
Afin d'expliquer au mieux ce phénomène, deux approches seront privilégiées à savoir :

- **Une approche cartographique**, indispensable à la compréhension du contexte,
- **Une approche simulée**, qui se basera sur les résultats de la modélisation hydraulique,

Carte 6 : Localisation du point de débordement vers Proville



 Point de débordement



1.2.2.1 Analyse des différents secteurs

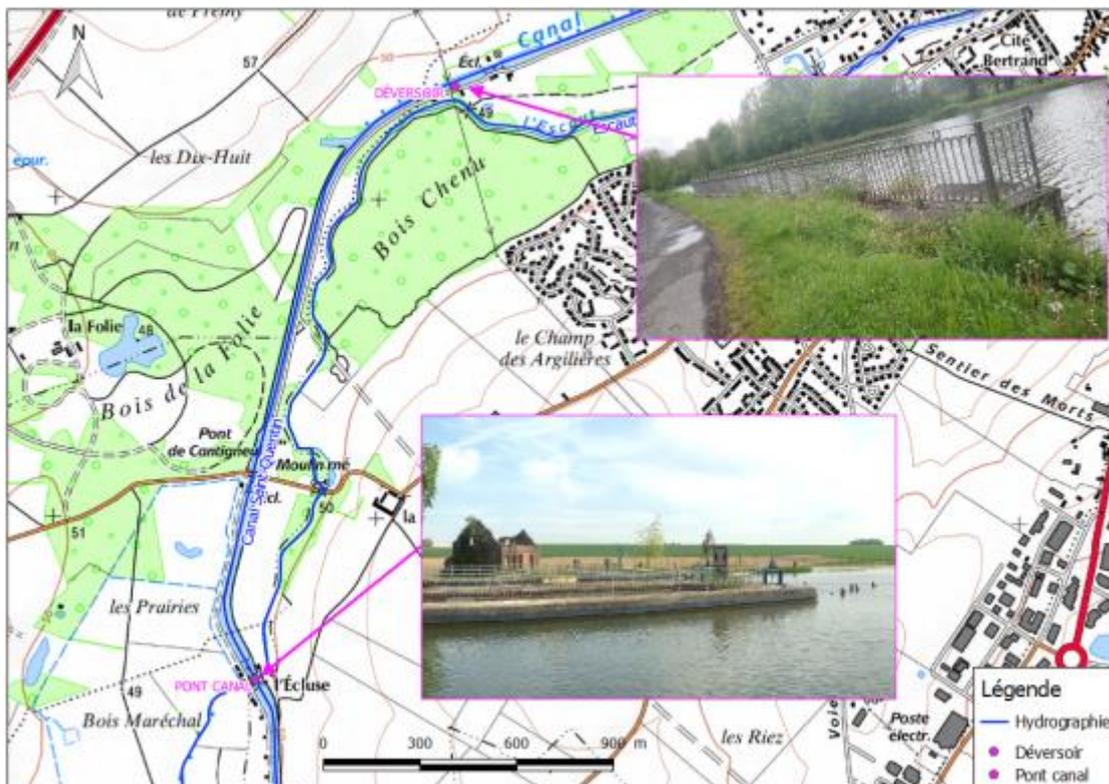
a. L'Escaut-Rivière et le Canal de Saint-Quentin

Les échanges entre l'Escaut et le canal de Saint-Quentin sont complexes.

L'Escaut rivière prend sa source en amont du village de Gouy, dans l'Aisne, qui est alimenté par les sources des Éclussons et devient l'Escaut canalisé à hauteur de la ville de Cambrai.

Sur le secteur d'étude, deux ouvrages permettent au canal de Saint-Quentin de se jeter dans l'Escaut Rivière :

- Le pont canal avec un passage de l'Escaut rivière sous le canal de Saint-Quentin. Les ouvrages permettent la régulation du niveau du canal avec un déversement vers l'Escaut rivière.
- Le déversoir à poutrelle en amont du moulin de Proville permet également les échanges entre le canal de Saint-Quentin et l'Escaut rivière.



Carte 7 : Localisation des deux ouvrages d'échanges entre le canal Saint-Quentin et l'Escaut Rivière

Le réseau hydrographique principal est constitué comme décrit précédemment de l'Escaut rivière et du canal de Saint-Quentin et des divers ouvrages d'alimentation et de régulation. Le tracé de l'Escaut a souvent été remanié dans le passé notamment dans un objectif de protection contre les crues. Il est à noter que le réseau hydrographique principal s'accompagne d'un réseau hydrographique secondaire constitué par le réseau de fossé en lit majeur, sollicité lors des inondations.

Comme on peut l'observer sur la carte-ci-dessous, on remarque que l'Escaut rivière est perturbé.

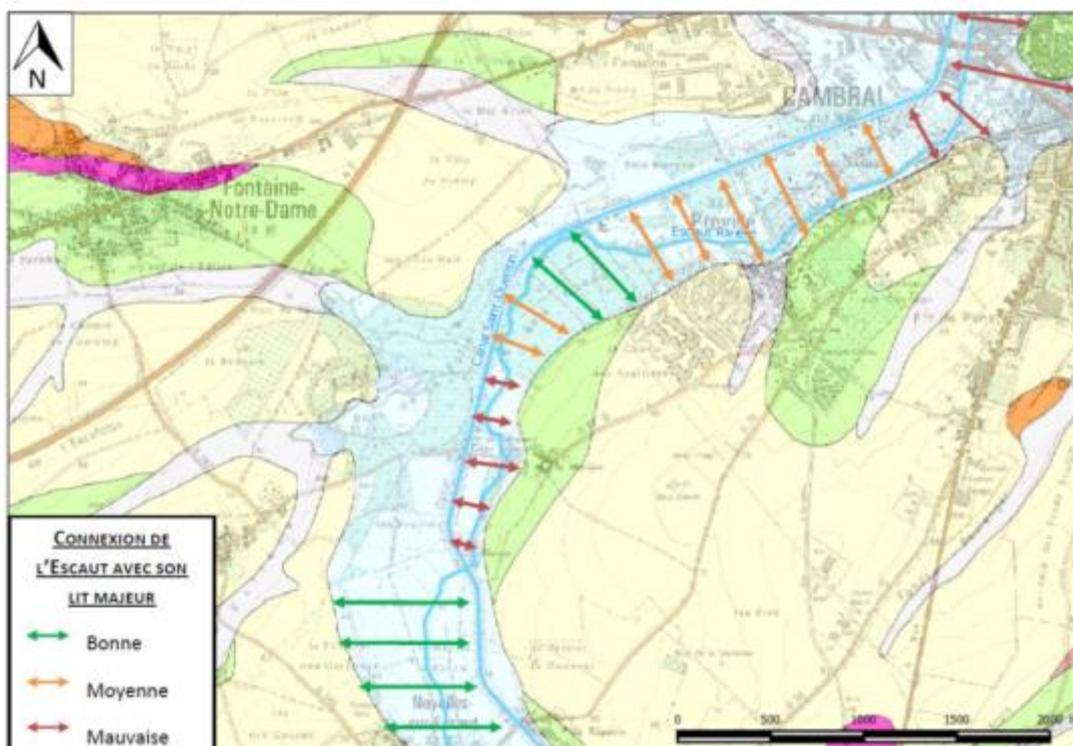
Le lit majeur est essentiellement occupé par le canal de Saint-Quentin avec la présence de quelques pâtures, boisement, zones humides de Noyelles à Proville.

A l'aval du Pont Canal situé à Proville, le lit majeur est constitué du bois Chenu et d'une zone urbanisée assez développée en fond de vallée.

Il est constaté, cartographie à l'appui, que le canal de Saint-Quentin **vient perturber la connexion de l'Escaut-Rivière avec son lit majeur en rive gauche à partir du pont canal**. On aperçoit ci-dessous que le Canal vient couper l'Escaut Rivière, perturbant ainsi la continuité transversale.

La surface perdue du lit majeur a été estimée à environ : 90 ha

Les réflexions sur l'aménagement des Zones d'Expansion de Crue en rive gauche s'apparenteront donc plus comme des reconnexions de l'Escaut à son lit majeur.



Carte 8 : Présentation simplifiée des connexions entre l'Escaut et son lit majeur

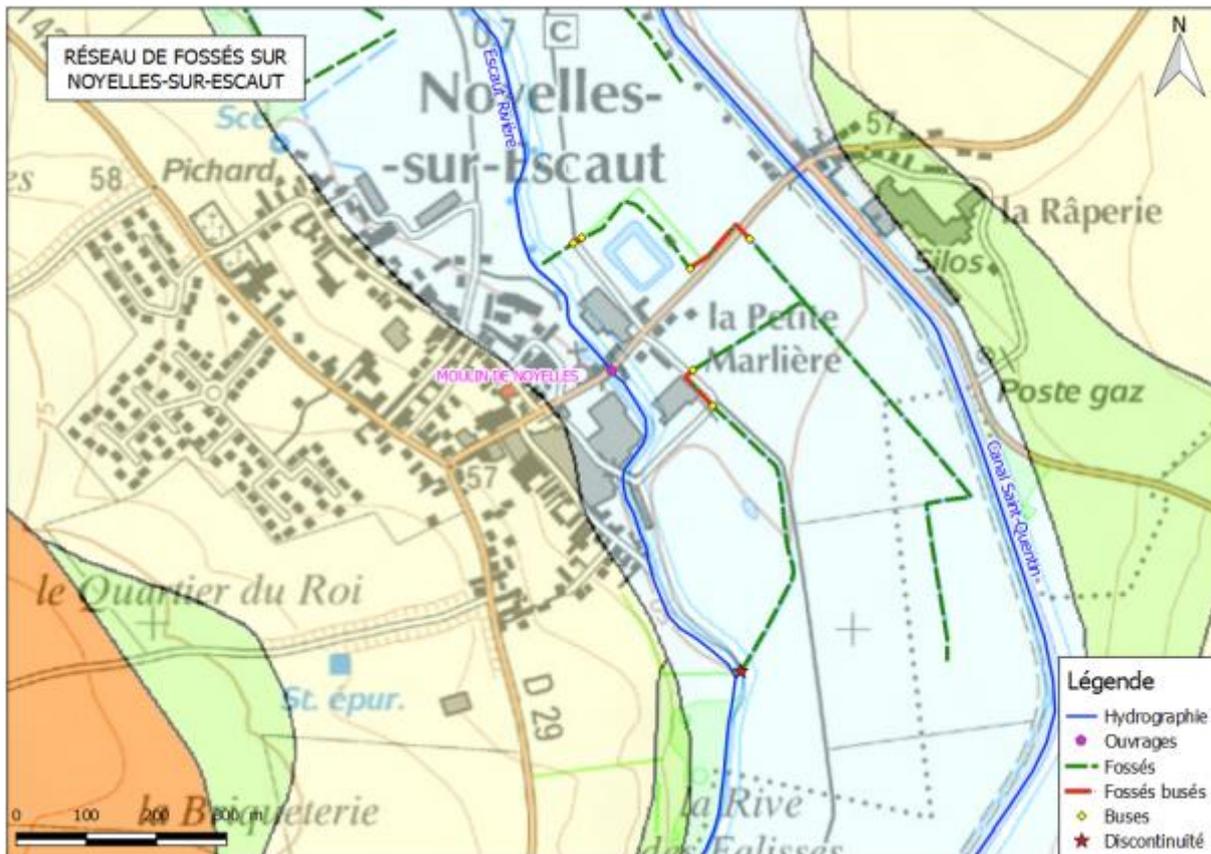
b. Le réseau de fossés de Noyelles-sur-Escout

Le premier réseau de fossés se situe sur la commune de Noyelles-sur-Escout.

- Partie amont

La partie amont du réseau s'étend sur un linéaire d'environ 1 890 m. Il est busé sur environ 210 m soit 11 % du réseau.

L'ensemble des fossés sont classés comme cours d'eau par la police de l'eau.



Carte 9 : Localisation du réseau de fossés sur Noyelles-sur-Escout

Il présente une discontinuité à l'amont qui empêche la connexion avec l'Escaut-Rivière, comme le démontre la cartographie 9. Une connexion persiste à l'aval du réseau ce qui permet aux eaux du réseau de fossés de se déverser dans l'Escaut-Rivière.

Le rétablissement de la connexion amont du fossé avec l'Escaut Rivière permettrait de retrouver un potentiel écologique intéressant. En effet, ce réseau permet de contourner les vannages du moulin de Noyelles-sur-Escout et pourrait donc être une piste de réflexion quant au rétablissement de la franchissabilité piscicole.



Photographie 1 : Discontinuité amont et de la connexion aval du fossé avec l'Escaut-Rivière (Source : Valétudes)

Les différents passages busés observés sont liés au passage du réseau sous :

- La départementale D29 ;
- La rue de l'étang Léon Masset ;
- Un chemin agricole.

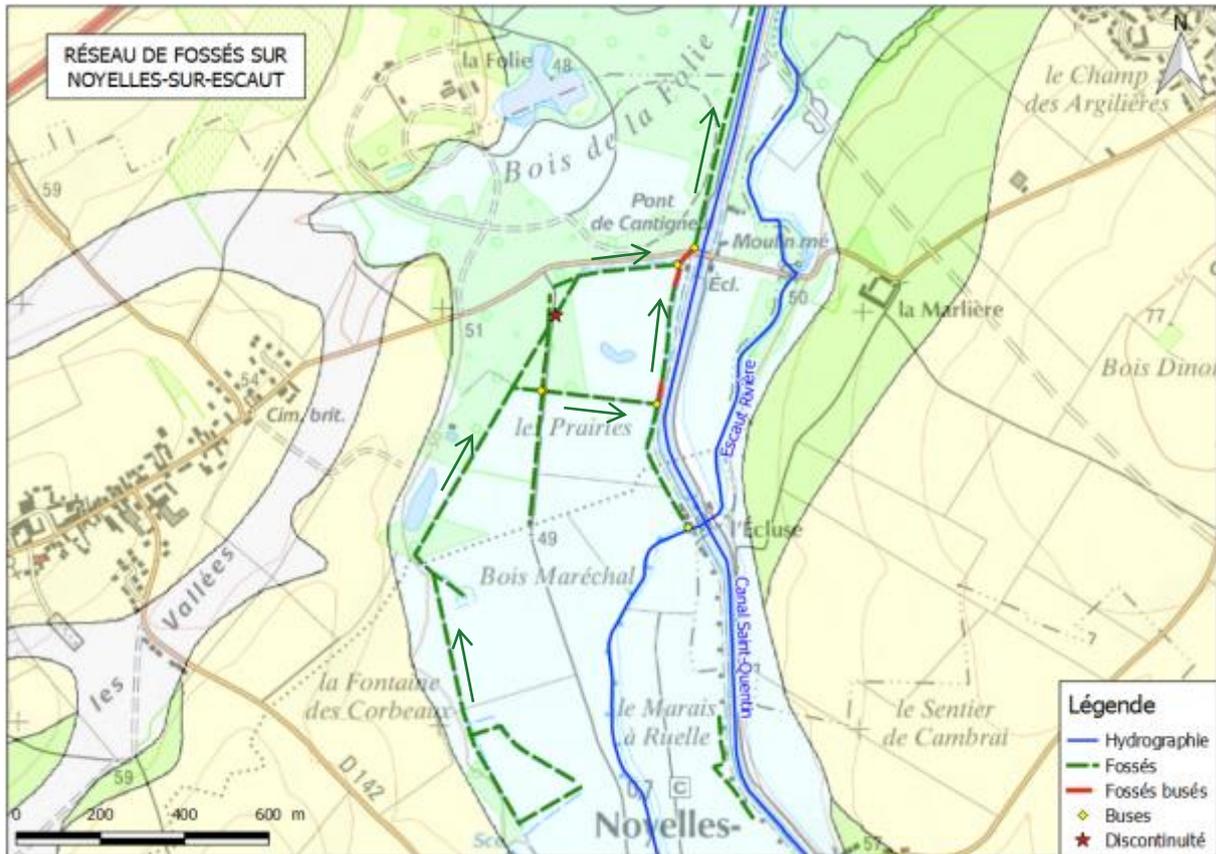
Les diamètres de ces ouvrages ne dépassent jamais le diamètre 1000 mm.

Les caractéristiques physiques des fossés **ont permis d'estimer le volume de stockage des fossés entre 4 500 et 8 500 m³.**

- Partie aval :

La partie aval du réseau occupe un linéaire d'environ 4 400 m et est busé sur environ 150 m, soit 3,6 % du réseau aval.

Hors le contre fossé situé à l'aval de l'écluse de Cantigneul, l'ensemble des fossés sont classés comme cours d'eau par la police de l'eau.



Carte 10 : Localisation du réseau de fossés aval sur Noyelles-sur-Escaut

Elle ne présente aucune discontinuité. Cependant, comme le présente la Carte 10, le réseau est en partie déconnecté de l'Escaut-Rivière par le Canal Saint-Quentin. Le contre fossé, longeant le chemin de halage, appartient aux VNF et n'est plus en eau sur la partie amont.



Photographie 2 : Ouvrage permettant la connexion du réseau à l'Escaut-Rivière (Source : Valétudes)

Les restes de l'ancienne vanne, représentée sur la Photographie 2, permettait de diriger les eaux de l'Escaut Rivière vers l'aval. Cette possibilité d'alimentation du bief de Proville a été supprimée antérieurement.

En temps sec, le contre fossé n'est pas en eau. En effet, celui-ci tend à disparaître. En revanche, le restant du réseau est en permanence en eau comme le démontre la Photographie 3.



Photographie 3 : Différents fossés sur la partie aval de Noyelles-sur-Escaut (Source: Valétudes)

Le contre fossé évacue vers l'aval les eaux de drainage agricole (par l'intermédiaire de deux pompes de relèvement installées au niveau de l'écluse de Cantigneul), et les eaux de sources de Cantaing-sur-

Escaut et du Bois de la Folie. À l'aval de l'écluse de Proville, les eaux du contre fossé sont en partie rejetées vers le canal de Saint-Quentin par l'intermédiaire d'une vanne.

Les deux pompes, installées au droit du pont de Cantigneul, sont gérées par l'association de drainage. Elle paie les coûts liés à l'utilisation et à l'entretien mais également une redevance pour les VNF leur autorisant le rejet vers le canal Saint-Quentin.

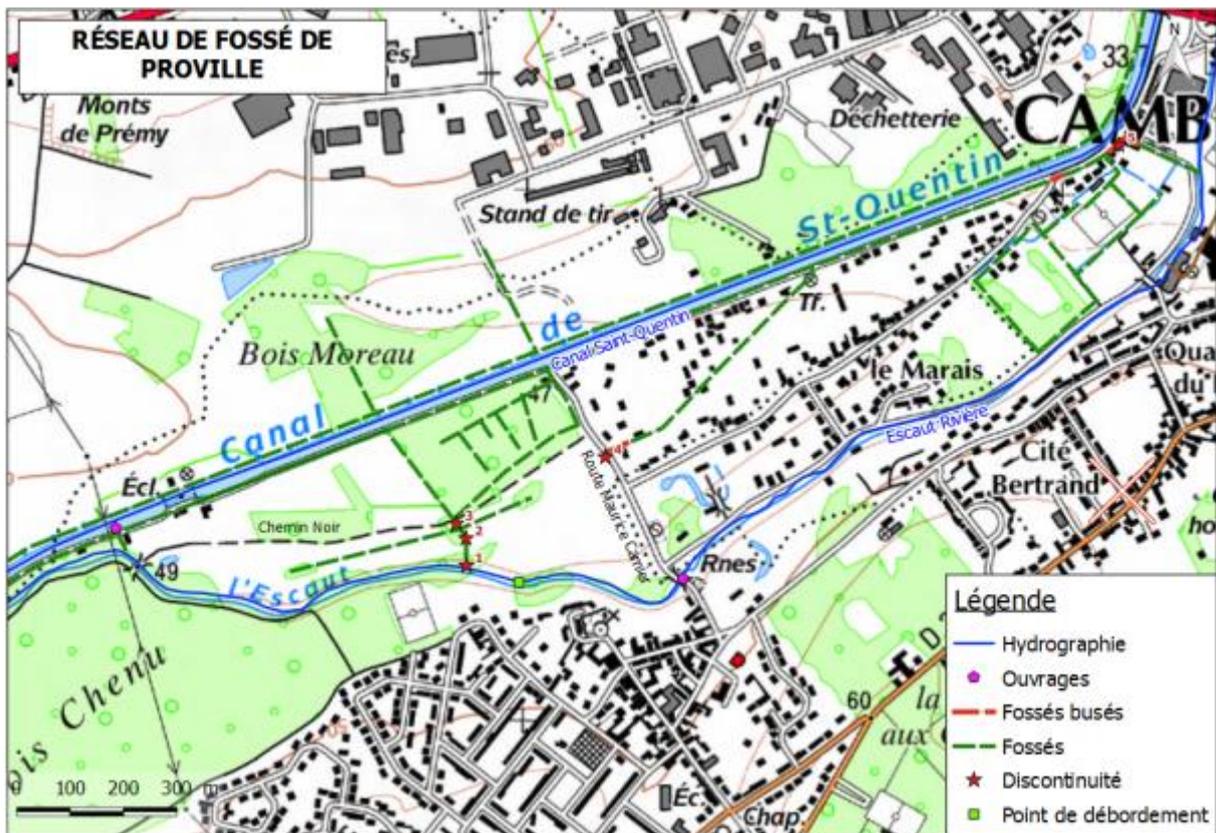
En ce qui concerne les caractéristiques physiques, les fossés ont des géométries plus hétérogènes sur cette partie avec notamment des largeurs de fossés de 50 cm à plus de 2 m. De même, les profondeurs sont très variables, avec un minimum de 30 cm jusqu'à maximum 2 m.

Des berges artificielles sont observées avec la présence d'aménagement en tunage bois. Enfin, une mare a été identifiée, permettant à de nombreuses espèces avifaunes d'y trouver refuge.

Une estimation de la capacité de stockage de cette zone est plus difficile à déterminer sans données topographiques précises.

c. Le réseau de fossés de Proville

Le réseau de fossés de Proville se situe en rive droite du Canal de Saint-Quentin et en rive gauche de l'Escaut-Rivière. Il fait partie intégrante du réseau hydrographique de la commune.

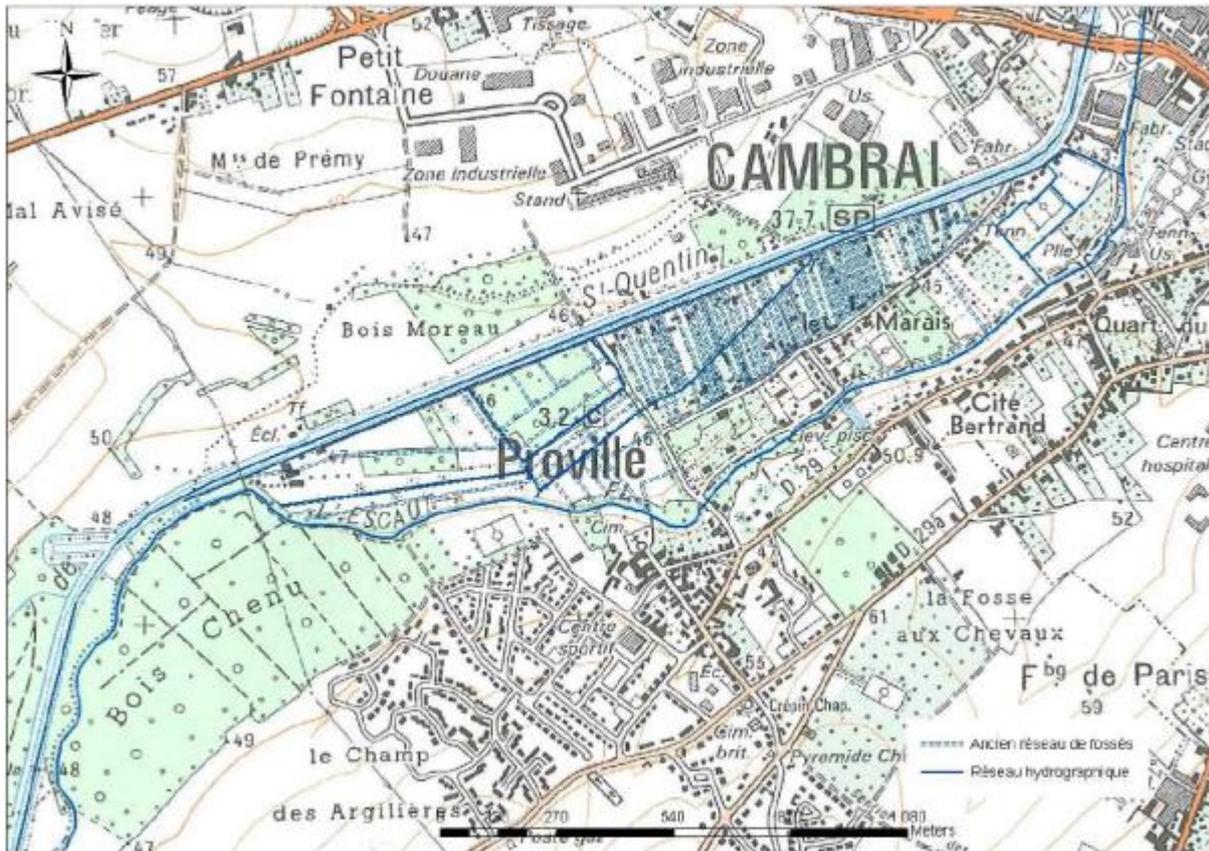


Carte 11 : Localisation du réseau de fossés sur Proville

Le réseau de Proville constitue une zone humide, inondable par nature. À l'origine, ce système constituait le bras de décharge du moulin de Proville qui ramenait les eaux dans le lit majeur du cours d'eau. Les eaux de décharge étaient stockées régulant ainsi les crues, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui.

Les marais se trouvent dans le lit majeur de l'Escaut-Rivière. La zone Ouest est constituée de prairies pâturées et fauchées. Elle jouait un rôle de stockage des eaux lors de forts événements pluvieux. La zone Est est, à ce jour, largement occupée par des habitations. Ces deux zones sont séparées par la route Maurice Camier. Elles sont parcourues par un important réseau de fossés.

Anciennement, ce réseau était plus dense en fossés secondaires. L'urbanisation et le manque d'entretien du réseau ont fortement diminué sa densité. À ce jour, **le rôle de stockage n'est plus assuré** correctement dans la mesure où seul 25 % de la capacité totale est utilisable.



Carte 12 : Vue de l'ancien réseau hydrographique reconstitué et présenté sur fond IGN 1/25000

(Source : Expertise relative aux inondations constatées sur la commune de Proville le 12/09/2008 par SAFEGE)

Plusieurs discontinuités (carte 11) ont été répertoriées sur le réseau de fossés :

- La **discontinuité 1** correspond à la connexion entre l'Escaut et le réseau de fossé. Cette discontinuité a été volontairement créée en 1999 après les forts événements orageux afin de limiter l'épandage des crues sur les secteurs exploités ;
- La **discontinuité 2** empêche les eaux de s'écouler correctement au sein du marais,
- La **discontinuité 3** correspond à la suppression de la buse sous le Chemin Noir,
- La **discontinuité 4** correspond à la buse bouchée sous la route Maurice Camier,
- La **discontinuité 5** correspond à la création d'un seuil rustique en propriété privé. Celui-ci peut-être à l'origine d'une retenue des eaux sur les secteurs habités.

Il a déjà été observé un refoulement de l'Escaut Rivière vers le réseau de fossé via l'allée Fénelon avec un linéaire d'influence s'étendant jusqu'au contre fossé situé sur la Digue du canal de Saint-Quentin. À noter que la discontinuité 5 peut également jouer le rôle de clapet anti-retour lors des phénomènes de refoulement.

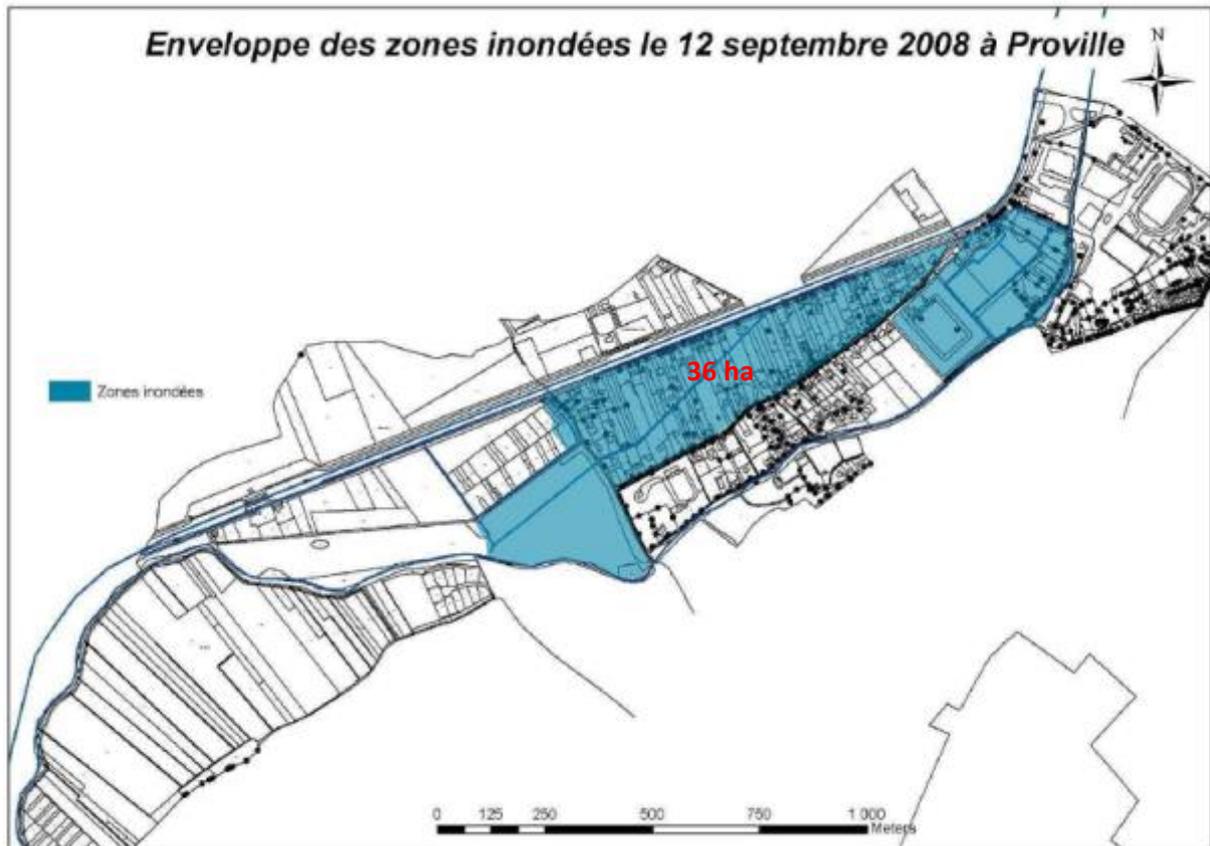
Les reconnaissances de terrain a permis de mettre en évidence un comblement important de fossés par la végétation due à un manque d'entretien par les propriétaires. Par conséquent, un envasement progressif, associé aux différentes discontinuités, ont conduit à la diminution du potentiel de stockage de la zone Est et donc du potentiel de laminage des crues par les prairies.



Photographie 4 : Fossés en mauvais état dû à un manque d'entretien de la végétation (Source : Valétudes)

Selon l'expertise, menée en 2009 suite aux événements du 12 septembre 2008, la capacité de stockage du réseau de fossés de Proville serait comprise entre **30 000 et 50 000 m³**.

La Carte en page suivante met en évidence les surfaces inondées pendant les inondations de 2008. Sachant que la surface totale de la zone 2 est de 25 ha, et que la surface inondée de la zone habitée est de 36,1, il est alors facile de se rendre compte de l'impact positif que pourrait avoir ce réseau s'il était entretenu et sans discontinuité.



Carte 13 : Enveloppe des Zones inondées à Proville (2008)

1.2.2.2 Simulation et points de débordement

Le modèle hydraulique réalisé a été testé en régime permanent, en entrant plusieurs débits afin de déterminer à partir de quelles valeurs de débit, il est observé un débordement sur Proville.

Pour chaque débit d'entrée, la côte altimétrique de la surface libre de l'Escaut a été déterminée. Cette côte altimétrique a ensuite été comparée avec le niveau de berge en rive gauche (47.22 mNGF), point bas où se réalise le débordement vers Proville.

Débit entré En m ³ /s	Côte Berge Gauche (en mNGF)	Côte Berge Droite (en mNGF)	Côte Surface libre (en mNGF)	Hauteur de débordement Rive gauche (en m)
4	47.22	47.51	46.94	0(-0.28)
6	47.22	47.51	47.18	0(-0.04)
6.5	47.22	47.51	47.23	0.01
8	47.22	47.51	47.36	0.14

Tableau 4 : Comparaison des niveaux de berge et de la hauteur d'eau selon les différents débits

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que l'Escaut rivière déborde au niveau de Proville à partir d'un débit de **6.5 m³/s**. Ce résultat fait échos au résultat de l'étude hydraulique de SAFEGE qui lui indiquait un débordement à partir de 6.6 m³/s.

Ci-dessous, le profil en travers extrait de la modélisation hydraulique et reporté sur Autocad au point de débordement vers Proville.

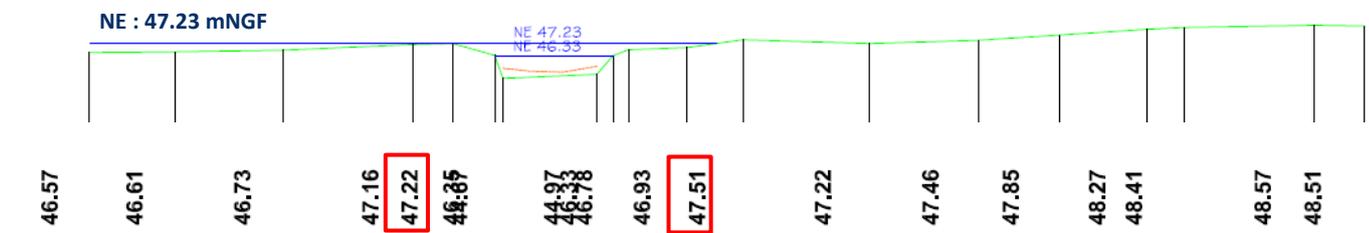
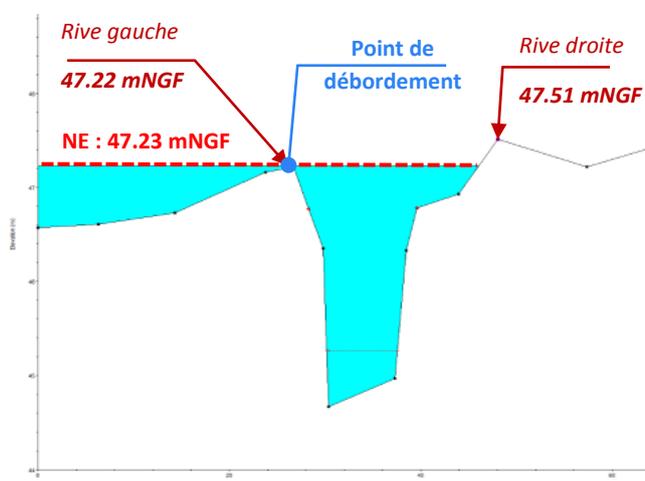


Figure 7 : Profil Autocad et HEC RAS schématique et au point de débordement pour un débit de 6,5 m³/s



Berge Gauche : 47.22 mNGF

Berge Droite : 47.51 mNGF

Niveau d'eau simulé: 47,23 mNGF

Les profils Hec-Ras n'ayant pas la même échelle en abscisse qu'en ordonnée ne représentent pas bien visuellement le profil du cours d'eau

1.2.2.1 Synthèse

a. Approche cartographique

Dans un premier temps il est important de rappeler que **la complexité de l'Escaut-Rivière et la présence du Canal de Saint Quentin** sont autant éléments qui peuvent influencer les écoulements hydrauliques.

En effet, **les ouvrages présents sur l'Escaut et leurs gestions**, peuvent avoir une influence sur la ligne d'eau. Les incidents d'embâcles au niveau des ouvrages mettent en avant le problème de la gestion et de la végétation des rives sur le cours d'eau. A cela s'ajoute **un manque d'entretien** du réseau hydrographique, qui diminue la débittance du cours d'eau et favorise les débordements.

Dans un second temps, **l'évolution des réseaux hydrographiques**; notamment au niveau de Proville, se caractérise par un abandon de la gestion et de l'entretien d'un réseau de fossé historiquement dense et connecté.

Cela se traduit par **un envasement localisé et une discontinuité progressive** du réseau, limitant ainsi les possibilités d'écoulement et diminuant le potentiel de laminage des crues par les prairies et favorisant les débordements et les ruissellements diffus.

La présence **de nombreux passages busés** de diamètres différents créent également des pertes de charges singulières et gêne l'écoulement des eaux en limitant le débit au passage des sections les plus étroites.

Enfin, les réseaux de fossés en lit majeur sont affectés par **le développement de la végétation** ayant pour conséquence une **diminution de la débitance par diminution de la section hydraulique** et une augmentation de la rugosité.

b. Approche simulation

La modélisation permet de constater un seuil de débit à partir duquel on observe un débordement à Proville, à savoir **6.5 m³/s**.

Celui-ci s'explique par le fait que **le niveau d'eau dépasse celui du niveau de berge**.

De même, il a été observé un débordement à Noyelles et dans le bois Chenu, au regard des courbes enveloppes- Etat Initial.

1.2.3 Volume théorique à stocker

L'objectif est ici de déterminer l'ordre de grandeur de volume à stocker par les aménagements afin de protéger Proville.

1.2.3.1 Détermination du débit provoquant le débordement à Proville

Comme expliqué précédemment, le modèle de l'Escaut a tout d'abord été construit et calé. Puis, une série de simulation en régime permanent a permis de déterminer le débit à partir duquel un débordement se produit vers Proville. (**6.5 m³/s**)

Pour différents débits testés, il a été comparé au niveau du point de débordement, les côtes de berge et les niveaux d'eau.

1.2.3.2 Obtention des hydrogrammes au point de débordement

La première phase de l'étude : « Etat des lieux, Diagnostic et Analyse hydrologique » a permis l'obtention des hydrogrammes à l'entrée de l'Escaut rivière, dans la zone d'étude.

Ces derniers constituent les données d'entrée des simulations.

La simulation à partir de ces données a permis d'obtenir les hydrogrammes spécifiques pour chaque profil établi par le géomètre et selon les différentes périodes de retour. Il a ensuite été extrait de la simulation, l'hydrogramme résultant au niveau du point de débordement (P11) à Proville.

1.2.3.1 Calcul du volume théorique

Le débit générateur de débordement (6.5m³/s) ainsi que les hydrogrammes au niveau du point de débordement ont servi de base pour le calcul du volume théorique à stocker.

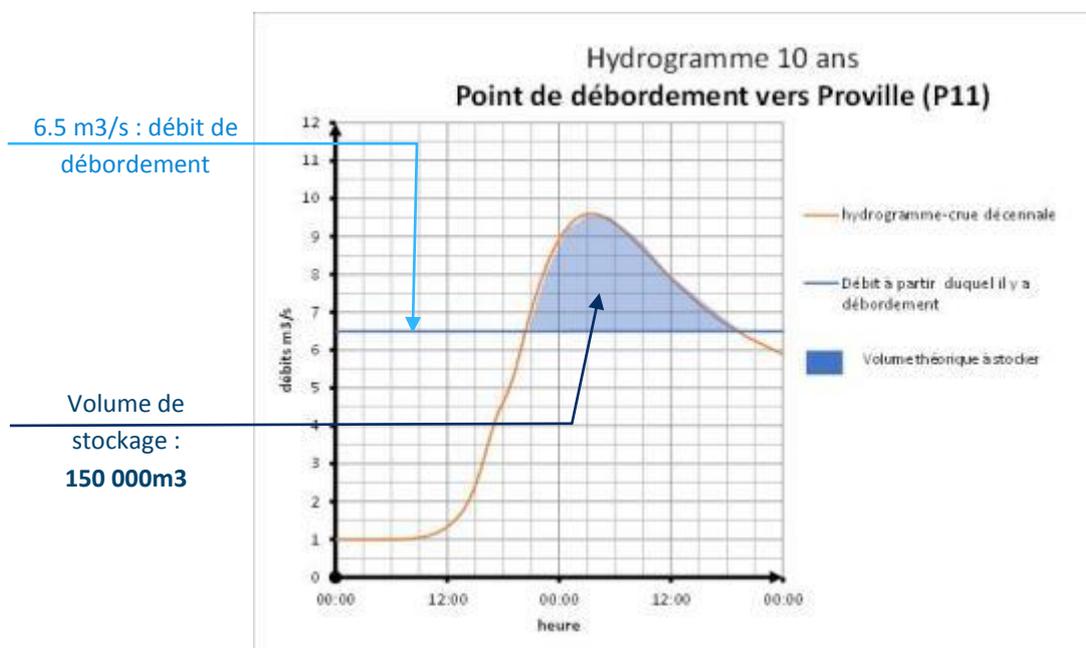


Figure 8 : Volume à stocker au regard de l'Hydrogramme de retour 10 ans– Etat Initial

Le volume a été déterminé en calculant le volume généré par les hydrogrammes au-delà de la valeur du débit de débordement, soit 6.5 m³/s.

Pour une crue de type décennal, ce volume a été estimé à : **150 000 m³**

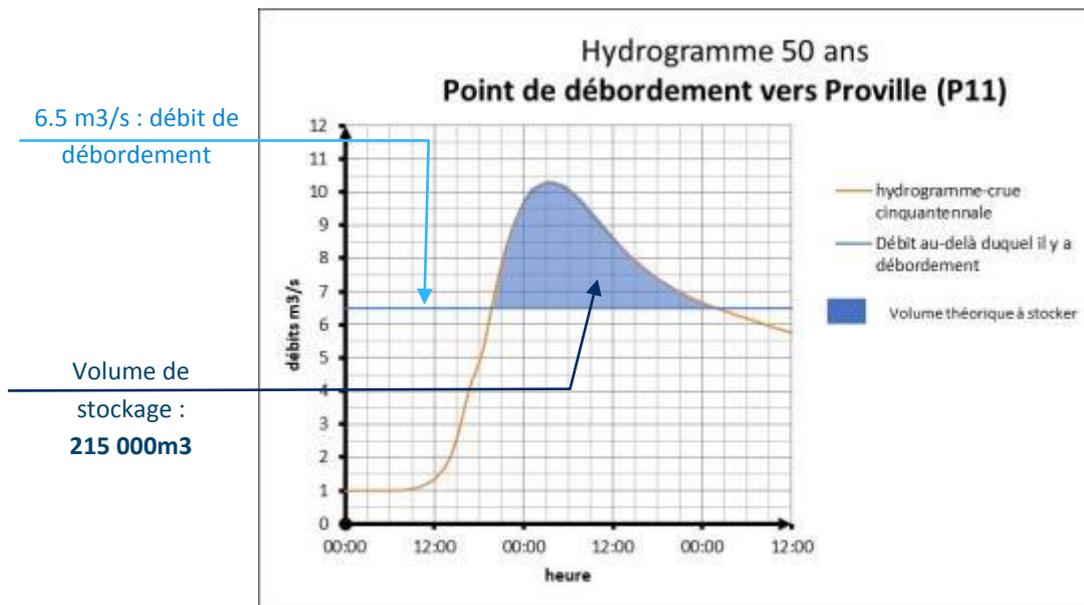


Figure 9 : Volume à stocker au regard de l' Hydrogramme de retour 50 ans– Etat Initial

Pour une crue de type cinquantennale, ce volume a été estimé à : **215 000 m³**

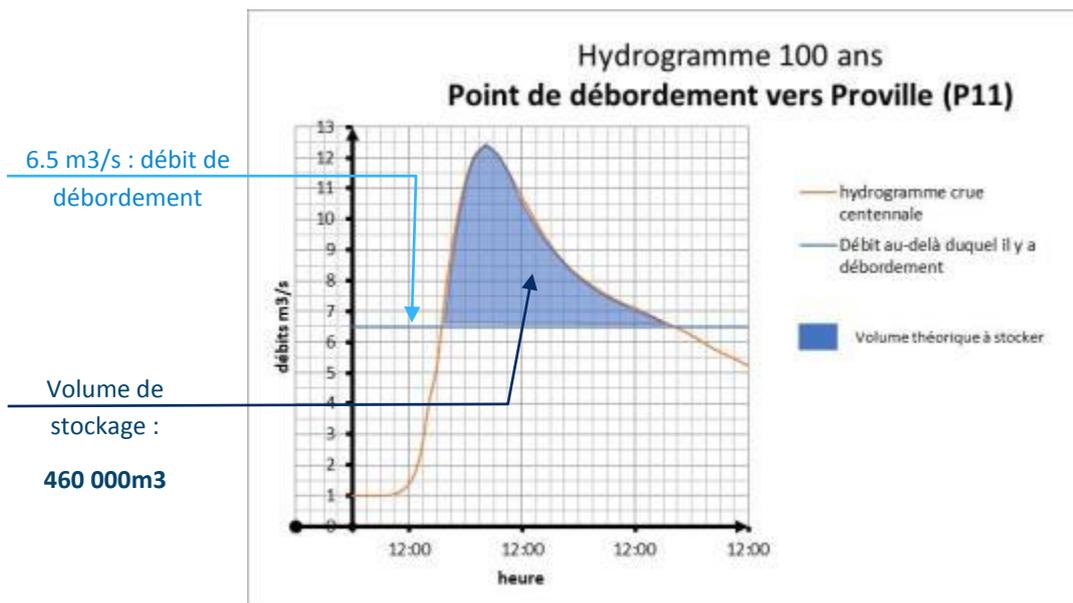


Figure 10 : Volume à stocker au regard de l' Hydrogramme de retour 100 ans– Etat Initial

Pour une crue de type centennale, ce volume a été estimé à : **460 000 m³**

Ces volumes sont évidemment donnés à titre indicatif et constituent un ordre de grandeur afin d'avoir une idée du volume que doivent pouvoir contenir les Zones d'Expansion de Crue.

Idéalement il faudrait pouvoir stocker des volumes plus élevés.

1.2.4 Conclusion

Suite à la modélisation de l'état Initial et à l'observation des courbes enveloppes pour les différentes crues, on peut conclure que l'Escaut Rivière provoque des inondations à 3 endroits :

- Au niveau de Noyelles,
- Au niveau du Bois Chenu,
- Au niveau de Proville,

Ces débordements sont d'autant plus importants selon les typologies de crue (décennale, cinquantennale, centennale).

De plus, il apparaît important de souligner le fait que **la modélisation décennale- Etat initial coïncide avec les éléments observés lors de l'inondation du 11 septembre 2008.**

Il est à noter que le bois Chenu a également joué un rôle de stockage (présence d'un débordement) lors dudit événement mais cela n'a pas été suffisant pour éviter une inondation sur Proville.

Dans un second temps, les phénomènes d'inondation ont été expliqués au travers d'une analyse des différents secteurs et d'une modélisation. L'ensemble de ces données, met en exergue les causes de débordements, déjà entrevues lors de la phase de diagnostic.

Suite à cette analyse, les volumes théoriques de stockage ont été estimés afin d'avoir un ordre de grandeur du volume à stocker à savoir :

- ✓ **150 000 m³ pour une crue décennale**
- ✓ **215 000 m³ pour une crue cinquantennale**
- ✓ **460 000 m³ pour une crue centennale**

La suite du présent dossier évoquera donc les pistes d'aménagement envisagées afin d'éviter les phénomènes de débordement.

CHAPITRE 2. PROPOSITION D'AMENAGEMENT

2.1 Préambule

Les zones d'expansion des crues à favoriser sont des secteurs inondables mais non urbanisés. Elles jouent un rôle majeur dans la prévention des inondations en réduisant les débits à l'aval et en allongeant la durée des écoulements.

Trois secteurs favorables à l'expansion de crues ont été définis sur la base de l'ensemble des observations faites lors du diagnostic et de l'état des lieux. Ces propositions ont été réalisées dans un objectif de reconnexion de l'Escaut Rivière à son lit majeur. Les secteurs de recherche correspondent aux zones basses, naturellement favorables au stockage de l'eau.

Les propositions d'aménagement ci-après traiteront des différentes zones nommées respectivement ZEC 1, ZEC 2 et 4, et ZEC 3.

2.1.1 Objectif

L'objectif de création de Zone d'Expansion de Crue consiste en la diminution du débit de pointe afin de réduire la hauteur atteinte par l'Escaut Rivière.

Les zones d'expansion des crues envisagées sont des espaces naturels ou aménagés où les eaux de débordement peuvent se répandre lors d'un épisode de crue.

Ces zones assureront un stockage transitoire de l'eau et retarderont son écoulement lorsque les débits seront les plus importants.

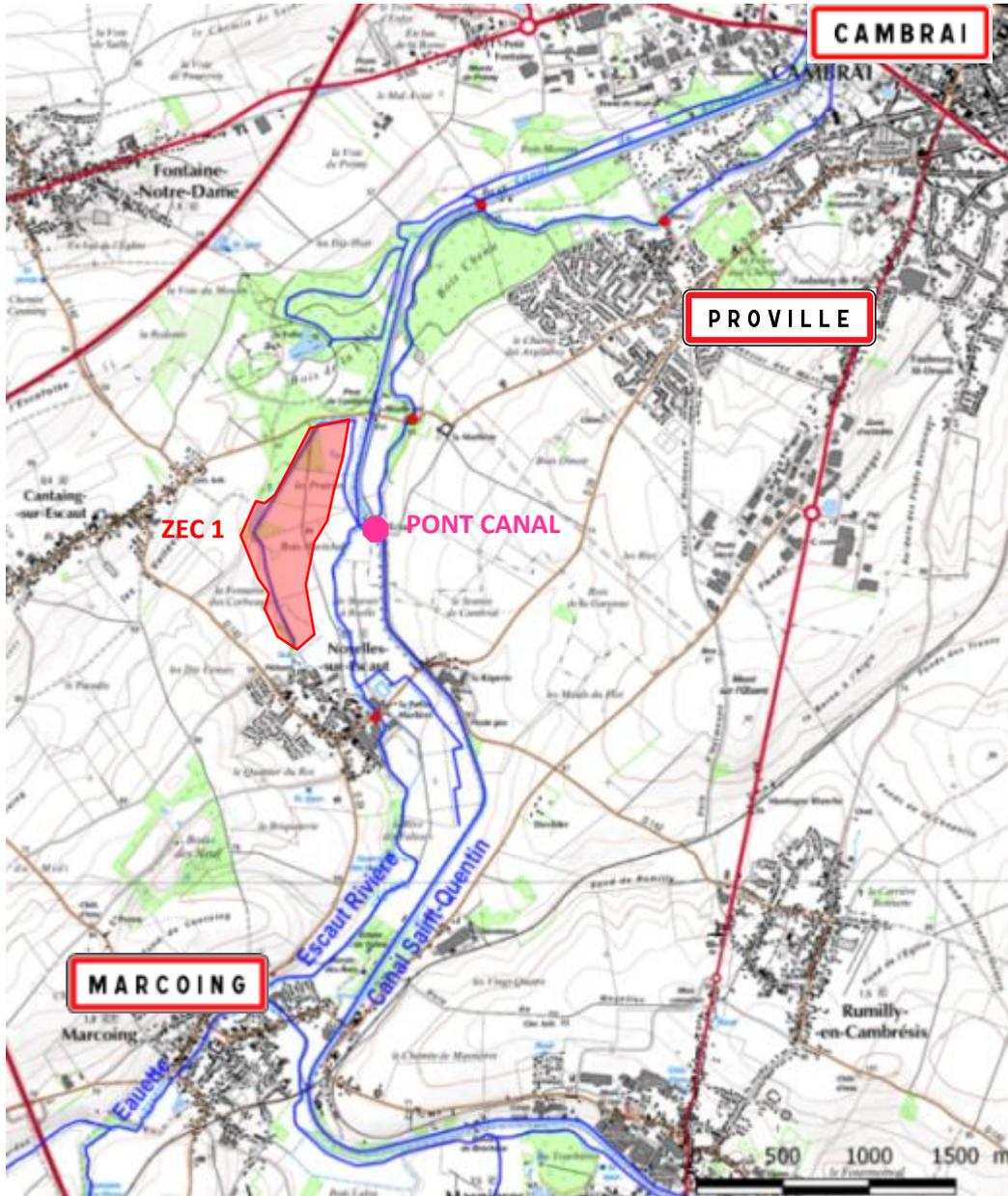
D'un point de vue écologique, l'espace inondable joue aussi un rôle dans l'approvisionnement des nappes phréatiques ainsi que dans le fonctionnement des écosystèmes des zones humides.

2.2 Zone d'expansion de crue n°1

2.2.1 Localisation

La ZEC 1 envisagé se situe en rive gauche, non collée à l'Escaut-Rivière et en amont du Pont canal.

Actuellement la zone est constituée de cultures, pâtures et boisement.



Carte 14 : Localisation approximative de la ZEC au regard de l'ensemble du secteur d'étude



Photo Etat des lieux

2.2.2 Fonctionnement théorique du site

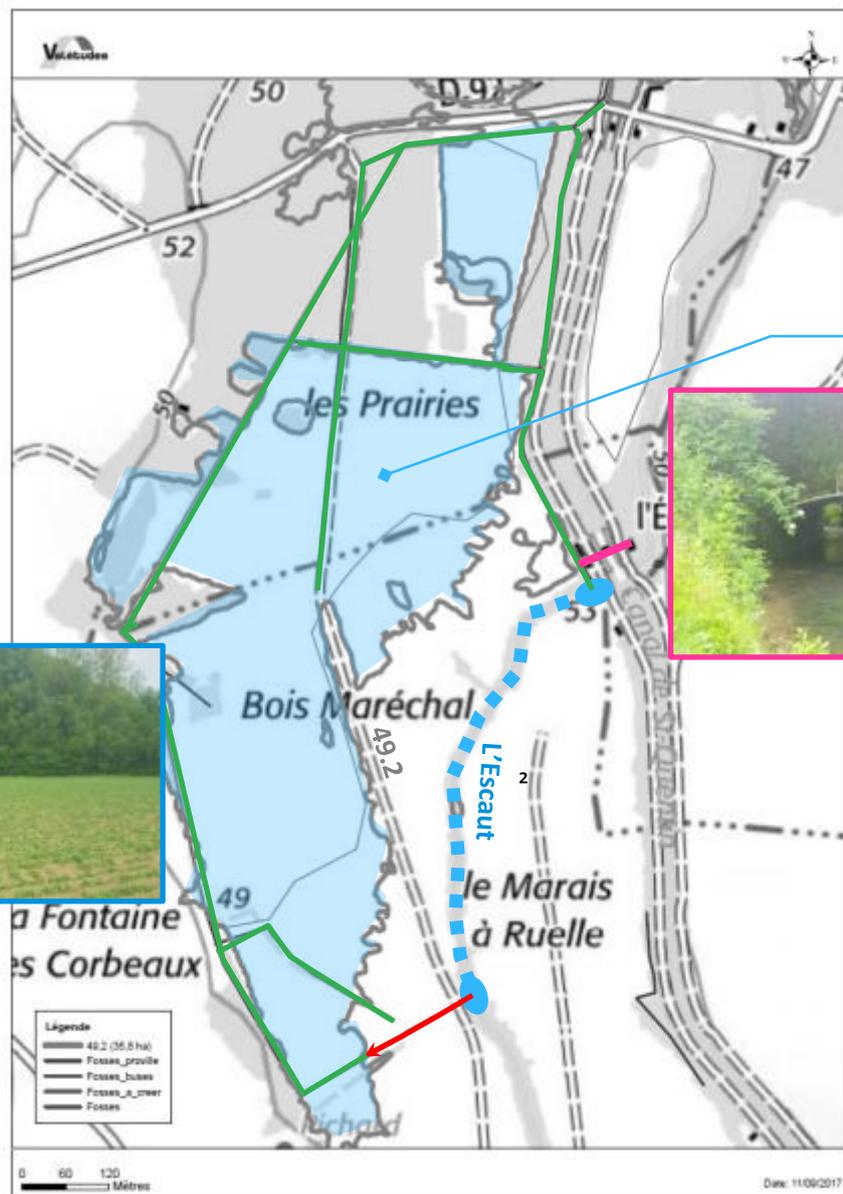
La stratégie mise en œuvre consiste à relier l'Escaut à son lit majeur historique. L'objectif est ici de laminier le débit de pointe afin de réduire la hauteur atteinte par la rivière.

Le principe de fonctionnement consiste à élever le niveau d'eau lors des crues, via l'installation d'un vannage au niveau du pont Canal. L'objectif serait ainsi de connecter l'Escaut Rivière à son lit majeur au travers d'un réseau de fossé et/ou petits cours d'eau. Certains sont déjà existants, certains sont à créer, d'autres à restaurer et entretenir.

La vidange du site s'effectuera via un maillage de fossés existants avec retour vers l'Escaut Rivière. Le volume de stockage à la côte 49,2 mNGF a été estimé à **119 000 m³**.



Fossé existant



Principales caractéristiques de la zone à la côte 49.2

Surface : 35.8 ha

Volume de stockage : 119 000m³

Stockage à la côte 49.2

Pont Canal



Création du fossé



Carte 15 : Explication du fonctionnement schématisé de la ZEC

2.2.3 Différentes configuration de vannage du Pont Canal

Afin de vérifier la faisabilité du fonctionnement de la ZEC, il a d'abord fallu chercher à élever de manière raisonnable la ligne d'eau sans pour autant créer de débordement non contrôlé. Cette élévation s'avère nécessaire afin d'assurer la connexion de l'Escaut Rivière avec son lit majeur.

Pour cela, différentes configurations de vannage du Pont Canal ont été testées avec pour but de calculer la surélévation de la ligne d'eau selon les différentes crues.

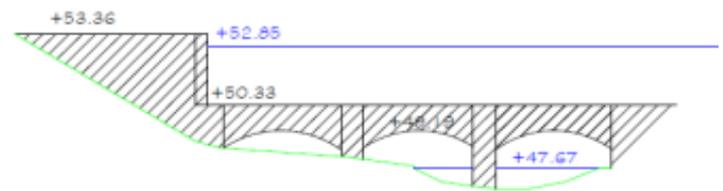
- **Configuration 2,25 arches**, qui signifie 2 arches et un quart de la troisième arche fermée.
- **Configuration 2,5 arches**, qui signifie 2 arches et la moitié de la troisième fermée.

Les niveaux d'eau ensuite obtenus ont été comparés au niveau des berges afin de garantir la non aggravation du phénomène d'inondation en amont du pont canal.

Ces simulations permettent de plus de déterminer le radier du déversoir assurant la pénétration d'eau, qui fonctionnera en fonction des niveaux d'eau simulés et obtenus.



Coupe D-D'



Photographie 5 : Vue de face et profil du Pont Canal (Source: Valétudes)

2.2.3.1 Différentes configurations

Le jeu de vannage au niveau du Pont Canal permet effectivement d'élever la ligne d'eau en créant une retenue d'eau au niveau des arches de l'ouvrage.



Photographie 6 : Exemple de Vannage mis en place sur la commune de Merville (Source : Valétudes)

a. Cruce décennale

→ La configuration 2,25 arches fermées de vannage permet d'élever la ligne d'eau de 0,75 m au niveau du point de déviation vers la ZEC 1 (nommé déversoir précédemment), par rapport à la configuration initiale (arches ouvertes).

Par rapport au niveau berge, on constate une élévation de 20 cm au-dessus de la berge droite.

La ligne d'eau passe ainsi de 49,25 mNGF, à 50 mNGF créant ainsi un débordement en rive droite. (Hauteur de berge en rive droite : 49,8 mNGF)

Aucun changement n'est constaté sur la ligne d'eau en amont du moulin de Noyelles, celui-ci imposant un niveau d'eau de 51,2 mNGF

En aval du pont canal, une légère baisse est constatée.

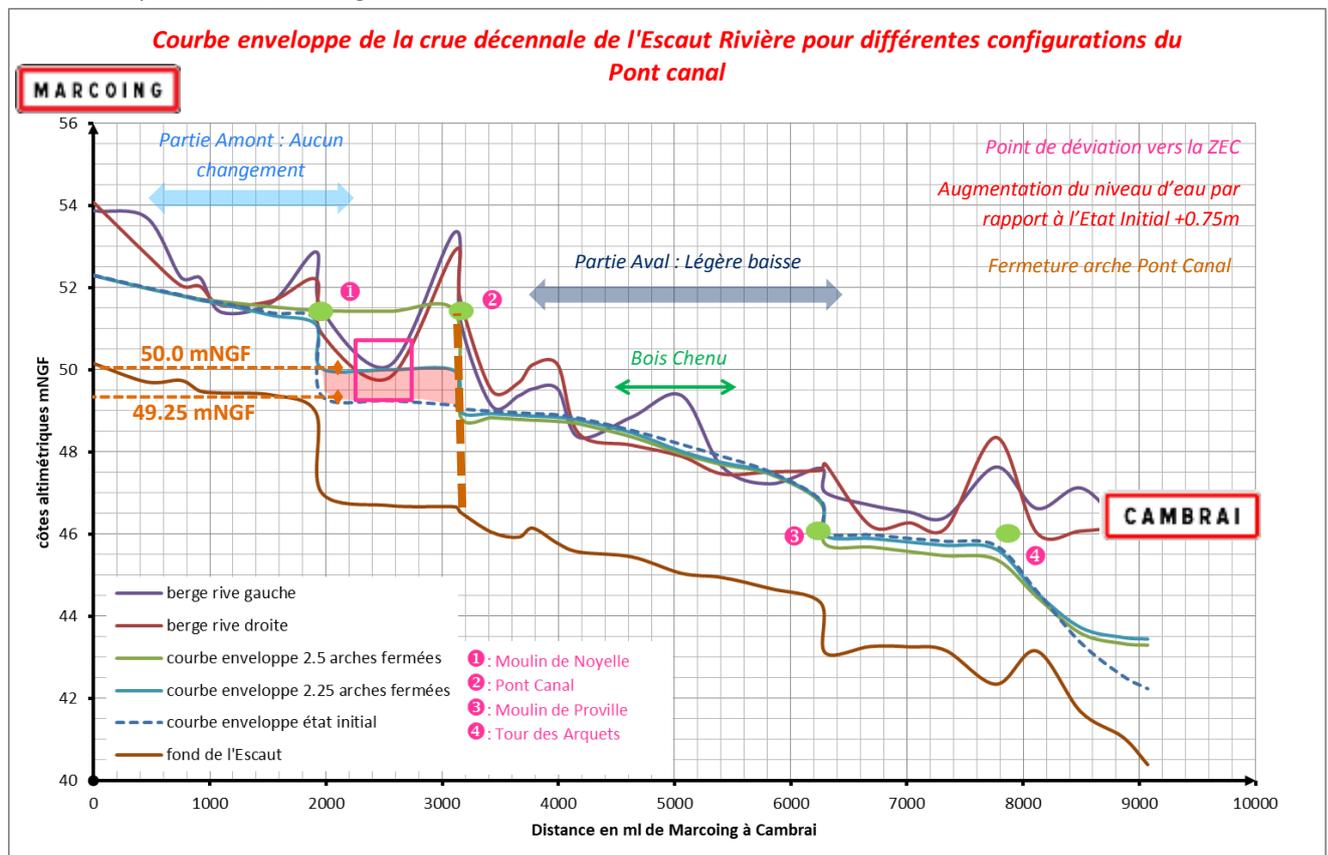


Figure 11 : Courbe enveloppe de la crue décennale pour la configuration 2,25 arches du vannage du pont canal

→ La configuration 2.5 arches fermées de vannage élève la ligne d'eau de 2,25 m au niveau du point de déviation vers la ZEC 1, par rapport à la configuration initiale.

Par rapport au niveau berge, on constate une élévation de 1.50 m au-dessus de la berge gauche et environ 1.7 m au niveau de la rive droite, provoquant ainsi des débordements.

La ligne d'eau passe ainsi de 49,25 mNGF, à 51.5 mNGF.

Cette configuration à une incidence en amont du moulin de Noyelles, la chute créée par le moulin est effacée.

En aval du pont canal, une légère baisse est constatée.

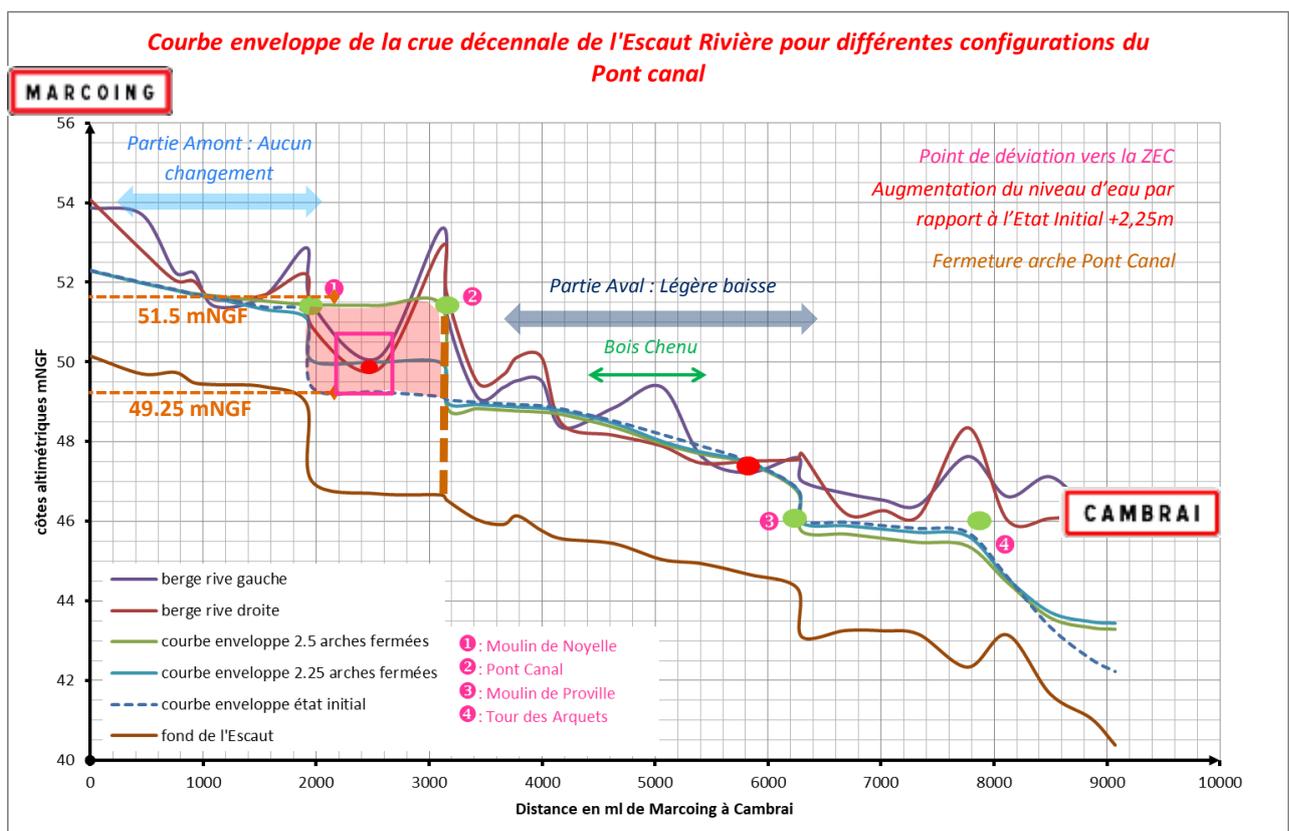


Figure 12 : Courbe enveloppe de la crue décennale pour la configuration 2,5 arches du vannage du pont canal

b. Crue cinquantennale

→ La configuration 2,25 et 2,5 arches fermées engendrent des courbes enveloppes semblables à celles observées pour une crue décennale. L'élévation des différentes courbes s'avère quasiment identique.

L'ensemble de ces résultats s'avère cohérent au regard des débits de pointe observés pour une crue décennale et cinquantennale qui sont pratiquement similaires. (Respectivement 10,1 et 10,8 m³/s)

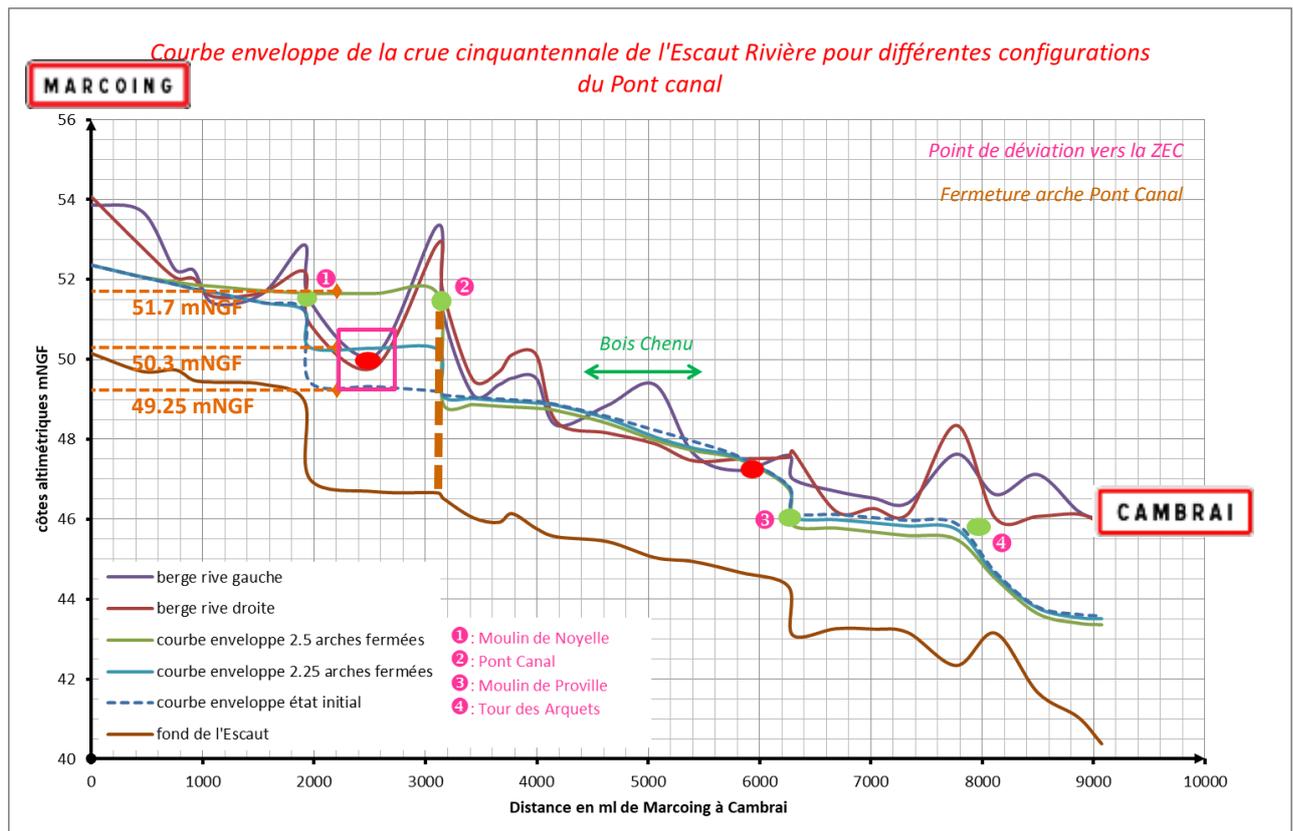


Figure 13 : Courbe enveloppe de la crue cinquantennale pour la configuration 2,25 arches du vannage du pont canal

→ La configuration 2.25 arches fermées de vannage élève la ligne d'eau de 1.0 m au niveau du point de déviation vers la ZEC 1, par rapport à la configuration initiale.

La ligne d'eau passe ainsi de 49,25 mNGF, à 50,3 mNGF.

→ La configuration 2.50 arches fermées de vannage élève la ligne d'eau de 2.45 m au niveau du point de déviation vers la ZEC 1, par rapport à la configuration initiale.

La ligne d'eau passe ainsi de 49,25 mNGF, à 51.7 mNGF.

c. Crue centennale

→ La configuration 2,25 arches fermées de vannage permet d'élever la ligne d'eau d'environ 1.2m au niveau du point de déviation vers la ZEC 1, par rapport à la configuration initiale.

Par rapport au niveau berge, on constate une élévation de 50 cm au-dessus de la berge gauche et environ 70 cm au niveau de la rive droite, provoquant ainsi des débordements.

La ligne d'eau passe ainsi de 49,25 mNGF, à 50.5 mNGF.

Aucun changement n'est constaté sur la ligne d'eau en amont du moulin de Noyelles et en aval du Pont Canal.

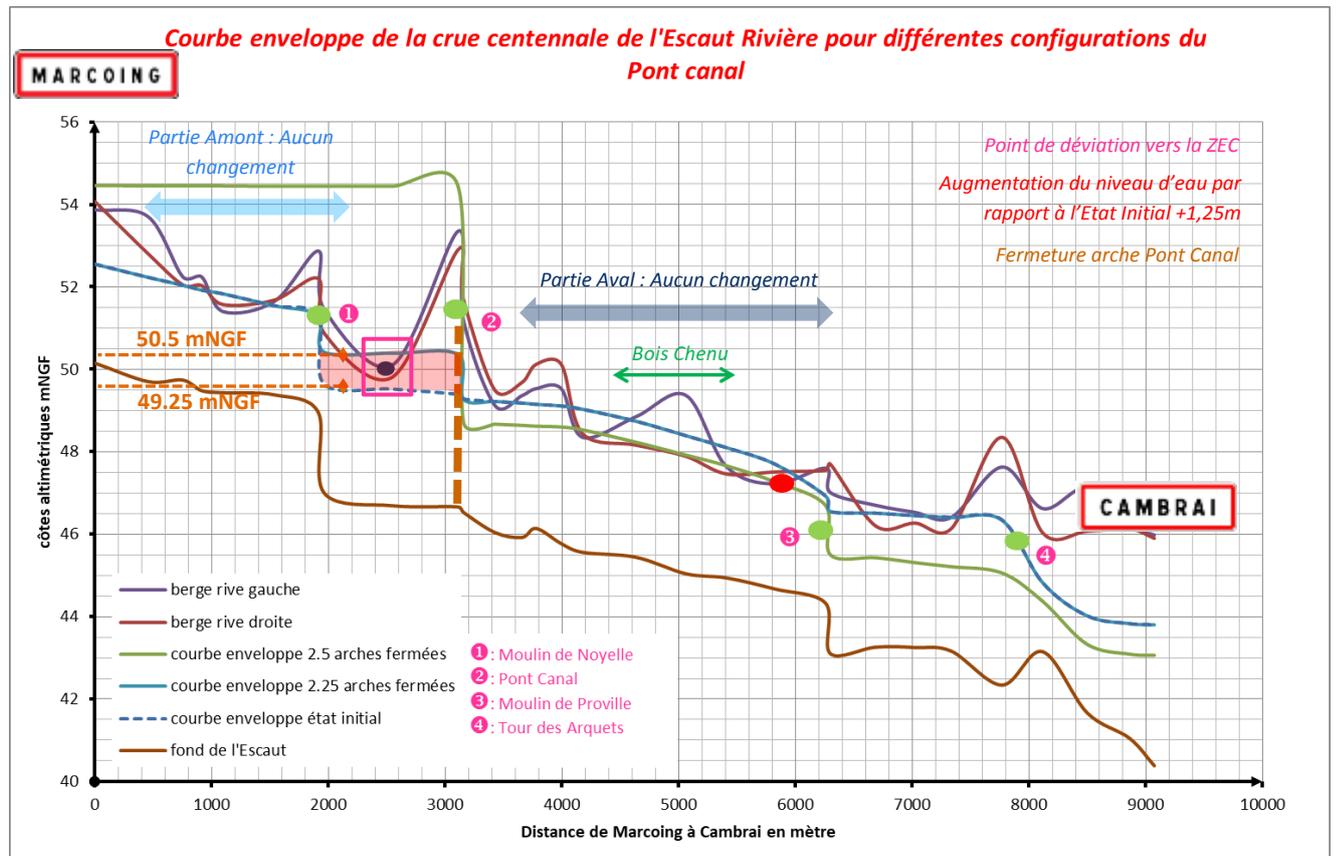


Figure 14 : Courbe enveloppe de la crue centennale pour la configuration 2,25 arches du vannage du pont canal

→ La configuration 2,5 arches fermées de vannage permet d'élever la ligne d'eau d'environ 5.2m au niveau du point de déviation vers la ZEC 1, par rapport à la configuration initiale.

Par rapport au niveau berge, on constate une élévation de 4.5m au-dessus de la berge gauche et environ 4.70 m au niveau de la rive droite, provoquant ainsi des débordements.

La ligne d'eau passe ainsi de 49,25 mNGF, à 54.5 mNGF.

Cette configuration à une incidence en amont du moulin de Noyelles, la chute créée par le moulin est effacée.

En aval du pont canal, une légère baisse est constatée.

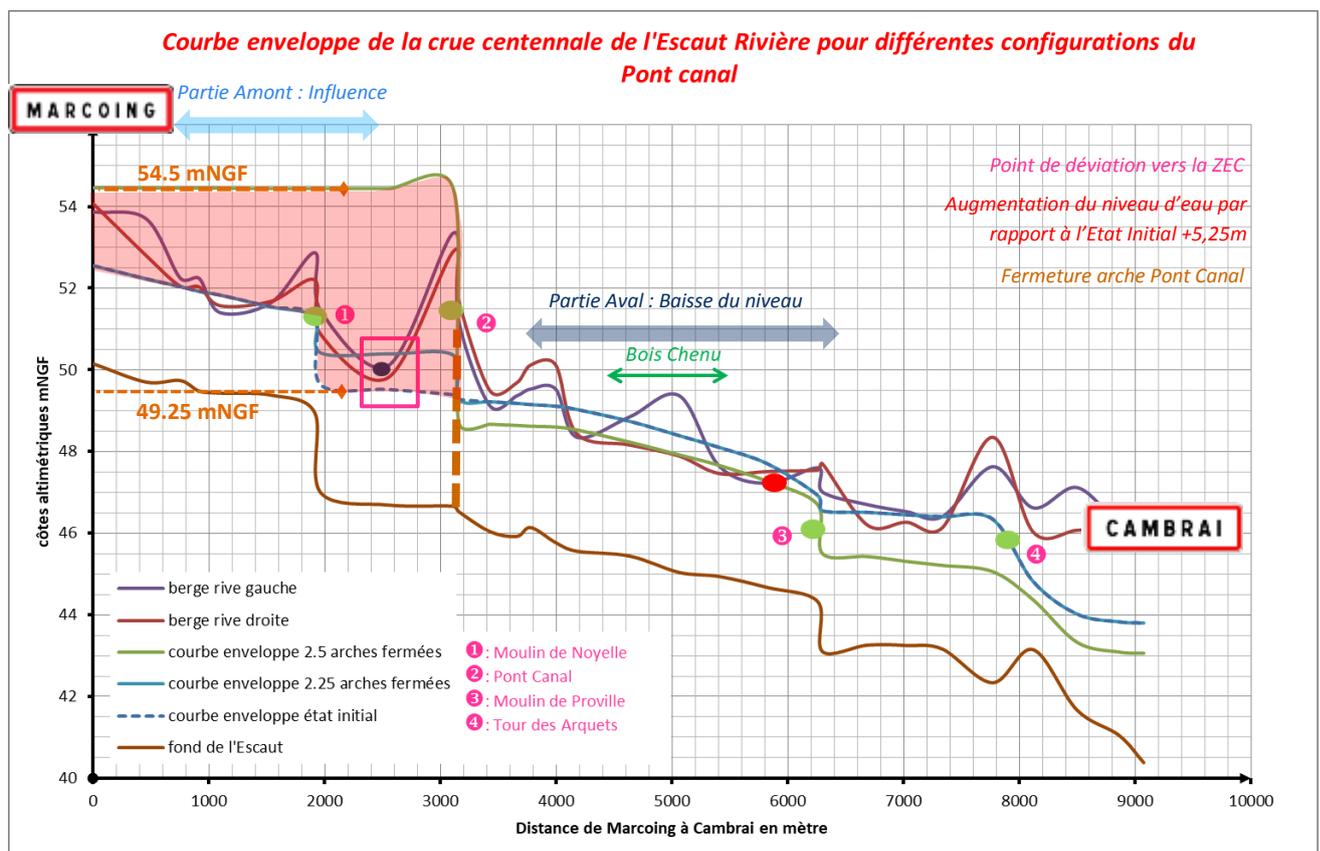


Figure 15 : Courbe enveloppe de la crue centennale pour la configuration 2,5 arches du vannage du pont canal

2.2.3.2 Choix de la configuration retenue / Conclusion

La fermeture des arches du pont canal permet sensiblement d'augmenter la ligne d'eau, notamment jusqu'au niveau du point bas en aval du moulin de Noyelles. Ce point bas s'avère stratégique car il constitue la future entrée de la ZEC pressentie.

Plusieurs configurations du Pont Canal ont donc ainsi été imaginées, puis modélisées afin d'avoir une idée des hauteurs d'eau, avec pour objectif la non aggravation du phénomène d'inondation.

Il en résulte que la fermeture des arches du pont canal avec la configuration 2,5 arches fermées entraîne une trop forte élévation de la ligne d'eau. Au regard des courbes enveloppes précédentes les conséquences de ces élévations sont des débordements en rive droite et gauche en amont du Pont Canal. **Cette configuration de fermeture ne s'avère donc pas recevable.**

La 2ème configuration testée, 2,25 arches fermées, permet quant à elle d'élever la courbe enveloppe en créant un débordement moindre. **Cette configuration sera donc retenue** pour la suite de l'étude et lors de la simulation de la ZEC1

A ce stade, l'objectif sera de pouvoir se prémunir des débordements tout en augmentant la ligne d'eau et en remplissant la ZEC.

Les courbes enveloppes permettent également de se projeter sur le calage altimétrique de la côte de déversoir latéral en rive gauche, point de déviation alimentant la ZEC1.

Au niveau du profil 22 correspondant au point de déviation, la ligne d'eau s'élève à 50.0 mNGF d'après la courbe enveloppe 2,25 arches fermées, lors d'une crue décennale. La côte altimétrique de 49.0 mNGF sera donc associée au déversoir, qui reliera l'Escaut à la ZEC 1.

2.2.4 Modélisation du cours d'eau en intégrant la ZEC 1

Afin de s'assurer de la non aggravation du phénomène d'inondation et de garantir le remplissage de la ZEC, une modélisation hydraulique a été entreprise lors des différentes occurrences de crue. Celle-ci prend en compte la configuration 2,25 arches fermées au niveau du pont canal ainsi que les caractéristiques de la ZEC 1.

2.2.4.1 Crue Décennale

La configuration 2,25 arches fermées associée au déversoir latéral à la côte de 49.0 mNGF permet de maintenir la courbe enveloppe sous la côte de berge en rive droite. (Côte 49,8 mNGF).

La quantité d'eau en excès est déviée vers la ZEC 1 permettant ainsi d'abaisser la ligne d'eau et évitant les débordements en amont du Pont Canal.

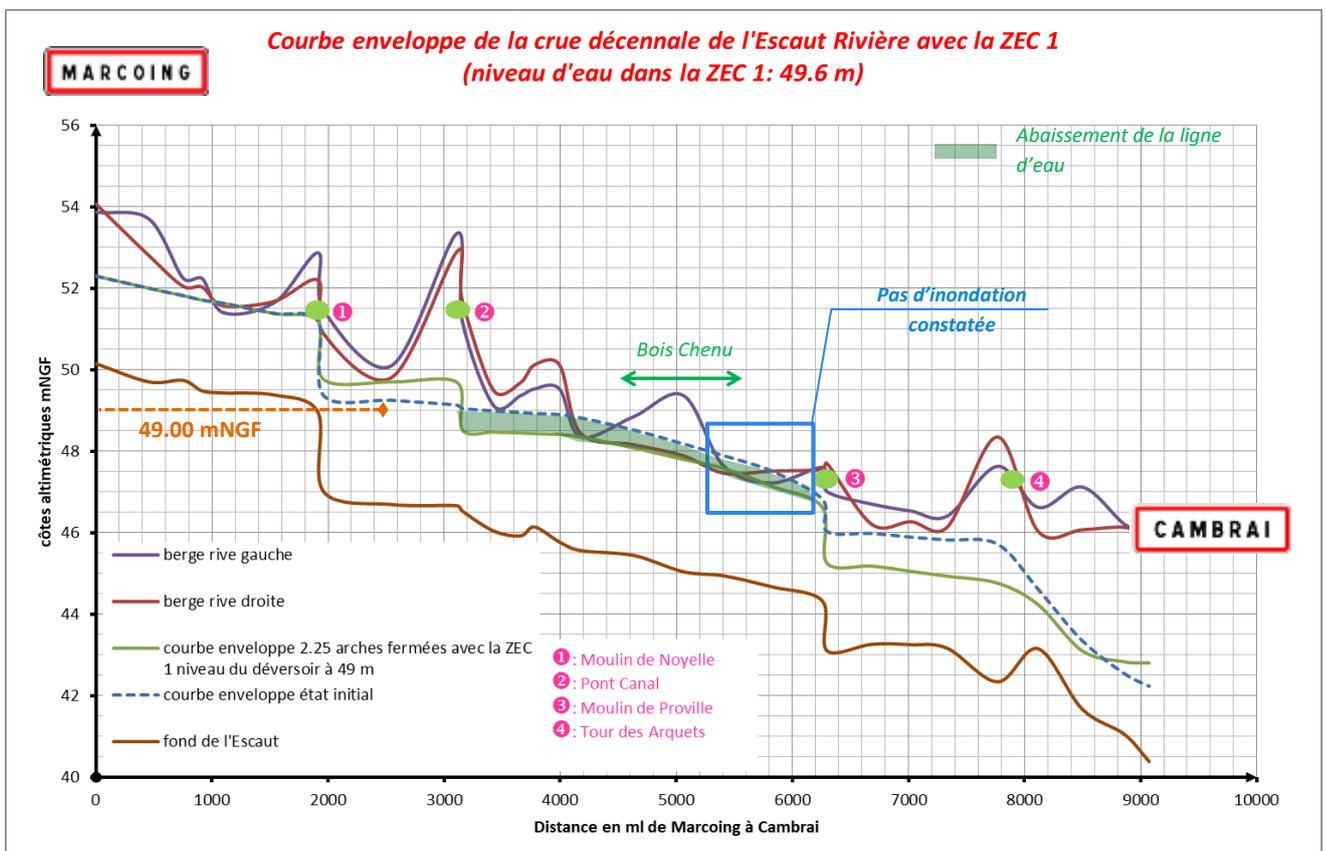


Figure 16 : Courbe enveloppe de la crue décennale intégrant la ZEC 1 et la configuration 2,25 arches

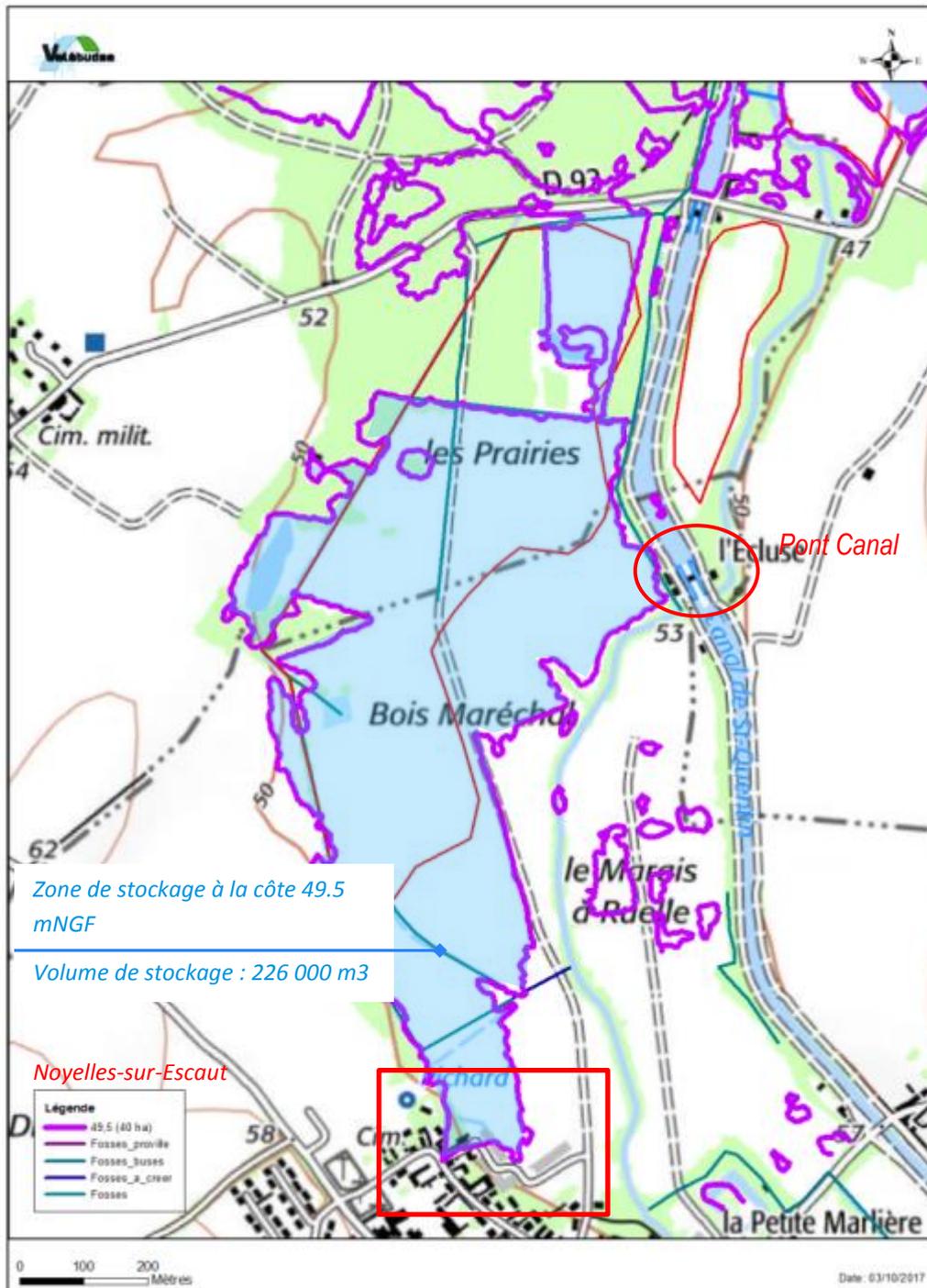
Les résultats de la modélisation indiquent que juste en aval du déversoir, le débit maximal atteint par l'Escaut est évalué à environ 5,3 m³/s contre environ 10,1 m³/s évalué lors de la simulation de l'Etat initial. (cf. figure 5 – Etat initial)

La ZEC1 permet donc bien de limiter le débit de pointe et de se situer sous la barre des 6,5 m³/s, seuil à partir duquel est observé un débordement sur Proville.

De part ces constats, la ZEC 1 préservera le quartier du Marais à Proville lors d'une inondation type décennale.

Toutefois, la côte maximale de l'eau atteinte dans la ZEC est de l'ordre de 49,6 mNGF.

Carte 16 : Cartographie représentant l'inondation de la ZEC1 à la côte 49.5 mNGF



Au regard de la cartographie 22, qui montre le remplissage de la zone d'étude à la côte 49.5 mNGF, il est à noter que la zone sud de stockage empiète sur la commune de Noyelles-sur-Escaut.

Idéalement, il faudrait donc éviter que la ZEC soit remplie et atteigne cette côte ou encore avoir une réflexion sur un ouvrage de retenue.

L'étude des hydrogrammes, débit en fonction du temps, nous a permis de mettre en lumière le volume temporairement stocké par la ZEC. Pour cela, il a été comparé les hydrogrammes en amont et en aval de la zone de stockage. Le volume de stockage correspond au volume généré par la surface, comprise entre les hydrogrammes en question.

L'hydrogramme en amont de la ZEC a été pris au niveau du point de déviation des eaux (vers la ZEC 1) et l'hydrogramme en aval a été pris au niveau du fossé débouchant juste en amont du pont canal.



Carte 17 : Localisation des profils correspondant aux hydrogrammes amont /aval

Il est constaté que l'hydrogramme en amont de la ZEC est semblable à l'hydrogramme d'entrée qui a servi à générer la simulation. La courbe est exponentielle jusqu'à la valeur de 10 m³/s puis décroît jusqu'à 3 m³/s en fin de simulation.

L'hydrogramme en aval quant à lui, croît pour atteindre 5.3 m³/s et se stabilise à cette valeur pendant la quasi-totalité de la simulation. Ensuite, il décroît jusqu'à 3.5 m³/s. Ce palier constaté sur l'hydrogramme en aval s'explique du fait que l'ouverture du pont canal ne permet pas de laisser couler un débit supérieur à 5.3 m³/s. La courbe stagne donc à cette valeur.

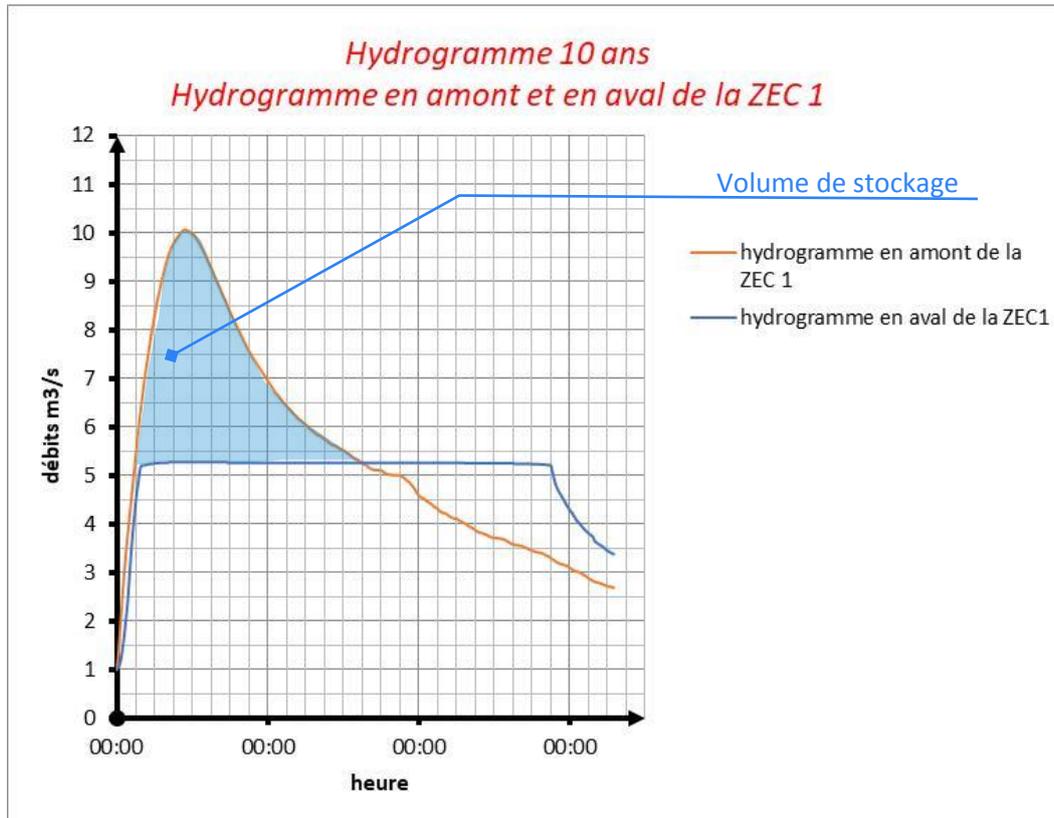


Figure 17 : Hydrogramme amont/aval de la ZEC 1 lors d'une crue décennale

L'étude de ces hydrogrammes montrent que :

- Le débit de pointe est diminué de 10.3 à 5.3 m³/s.

Pour rappel, un débordement est observé lorsque le débit de l'Escaut Rivière est d'environ 6 m³/s.

- Le volume global stocké est de 293 000 m³. Il correspond au volume entre les 2 courbes.

Il est à noter que le volume de stockage de la ZEC a été estimé à 226 000 m³ à la côte 49.5 mNGF. Le volume de 293 000 m³ correspond quant à lui, au volume atteint dans la ZEC à la côte 49,6 mNGF, et non à la côte 49,5 mNGF. De plus, ce volume intègre également la capacité de stockage dans l'Escaut Rivière entre le pont canal et la déviation vers la ZEC 1, soit 563 ml. (+/- 15 000 m³)

- Un abaissement d'environ 36 cm, à l'aval de l'ancien stade de Proville. La ligne d'eau passe de 47.51 mNGF à 47.15 mNGF.

2.2.4.2 Crue Cinquantennale

Pour une crue cinquantennale, l'association de la ZEC1 et la configuration 2,25 arches fermées entraîne un débordement au point de déviation en rive droite.

La côte maximale de l'eau atteinte dans la ZEC est de l'ordre de 50.0 mNGF.

Toutefois, il est à souligner qu'un niveau d'eau à la côte altimétrique de 50.0 mNGF risquerait de provoquer des inondations à Noyelles.

Au niveau de l'ancien stade de Proville, l'Escaut Rivière est en limite de débordement. (+/- 1 cm)

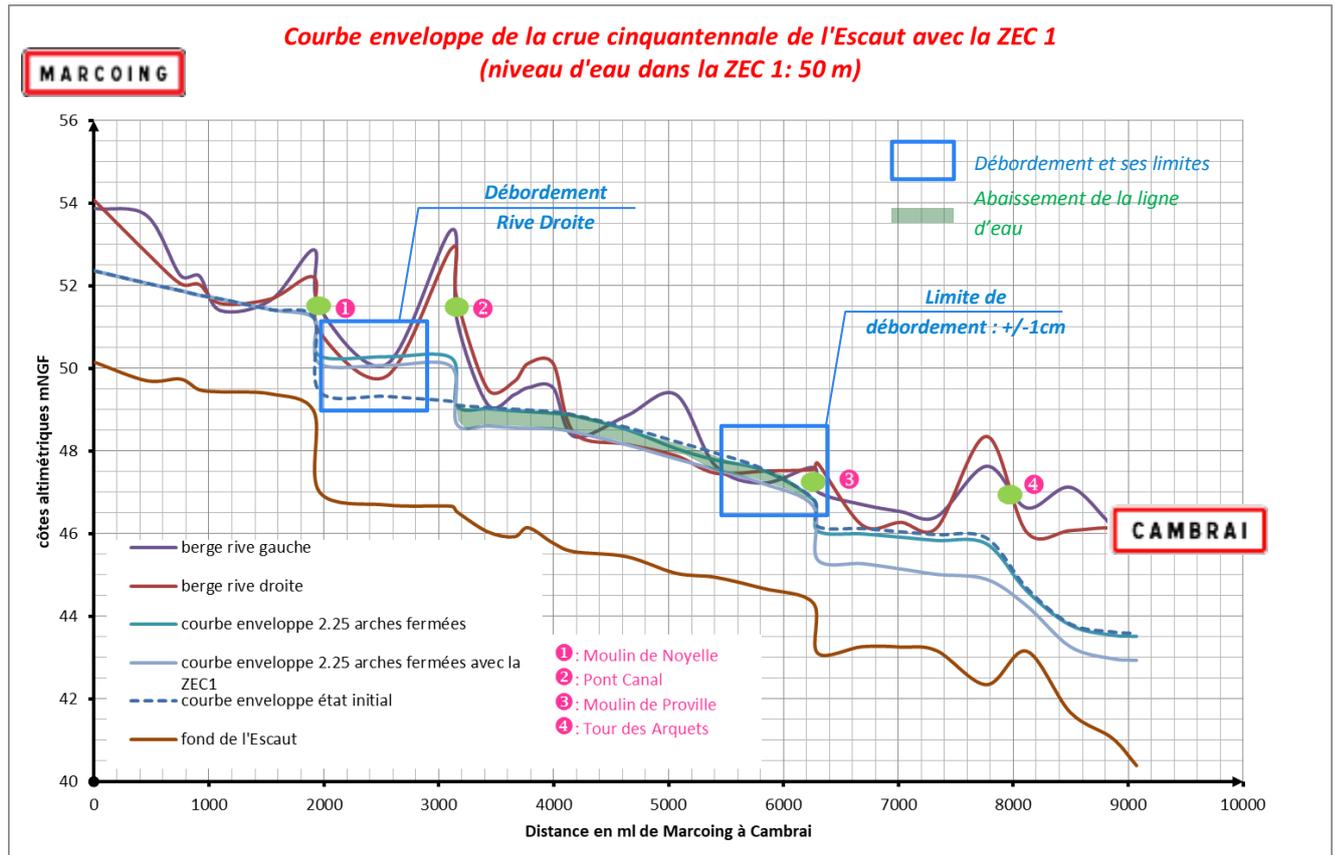


Figure 18 : Courbe enveloppe de la crue cinquantennale intégrant la ZEC 1 et la configuration 2,25 arches

D'un point de vue global et par comparaison avec la courbe enveloppe état initial, la ZEC1 permettra de diminuer la ligne d'eau en aval.

2.2.4.3 Crue Centennale

Pour une crue centennale, l'association de la ZEC1 et la configuration 2,25 arches fermées entraîne un débordement au point de déviation en rive droite.

La côte maximale de l'eau atteinte dans la ZEC est de l'ordre de 50.2 mNGF.

Toutefois, il est à souligner qu'un niveau d'eau à la côte altimétrique de 50.2 mNGF risquerait de provoquer des inondations à Noyelles.

En plus, d'une inondation au point de débordement à Proville (+11 cm), s'ajoute un débordement au niveau du point de déviation (déversoir) en rive droite et gauche.

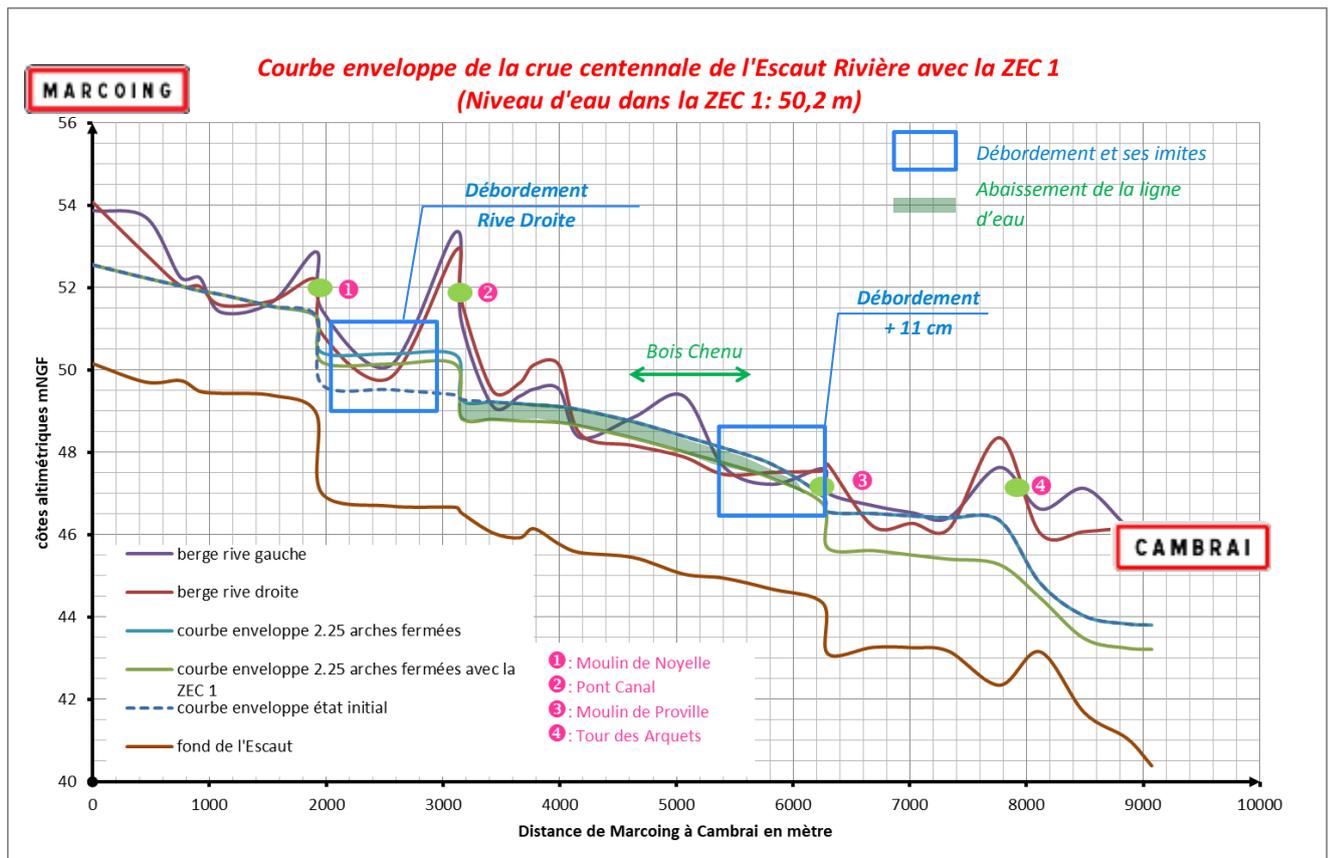


Figure 19 : Courbe enveloppe de la crue centennale intégrant la ZEC 1 et la configuration 2,25 arches

D'un point de vue global et par comparaison avec la courbe enveloppe état initial, la ZEC1 permettra de diminuer la ligne d'eau en aval.

2.2.5 Conclusion modélisation du cours d'eau en intégrant la ZEC 1

L'association de la ZEC 1 et de la configuration des arches 2,25 arches fermées a permis de mettre en exergue qu'il s'avère possible de **préserv** **Proville** d'une inondation de type décennale, en remplissant la ZEC à la cote 49,5 mNGF.

Cependant, la carte de remplissage de la ZEC à cette même cote a montré la proximité immédiate de Noyelles au Sud de la zone.

Dans l'idéal, il faudrait donc chercher à optimiser le remplissage de la ZEC **autour de la cote 49,2/49,3 mNGF**, soit environ 120 000 m³ de stockage, afin de préserver Noyelles d'une inondation liée au remplissage de la ZEC. La phase de Projet permettra d'affiner le calage du seuil et/ou de la vanne afin d'abaisser le niveau dans la ZEC lors d'une crue décennale. Les nouvelles courbes enveloppes permettront d'apprécier les impacts, notamment au niveau du point de débordement à Proville.

Pour une crue de type **cinquantennale et centennale**, la configuration testée ne permet pas de préserver Proville d'une inondation.

Effectivement, on constate en crue cinquantennale que l'eau est affleurante au niveau du point de débordement à Proville. De plus, le volume stocké par la ZEC atteint la cote 50.0 mNGF, ce qui risque d'être préjudiciable pour Noyelles-sur-Escaut.

Lors d'une crue centennale, on constate **que l'eau déborde** au niveau du point de débordement à Proville. Il est également constaté à cette occurrence, **un débordement en rive droite et gauche** au niveau du déversoir de l'entrée de la ZEC.

Afin d'optimiser le remplissage de la ZEC en crue décennale et d'atténuer les impacts des inondations cinquantennale et centennale sur Proville, **une autre configuration d'ouverture de vannage du Pont Canal s'avère nécessaire**.

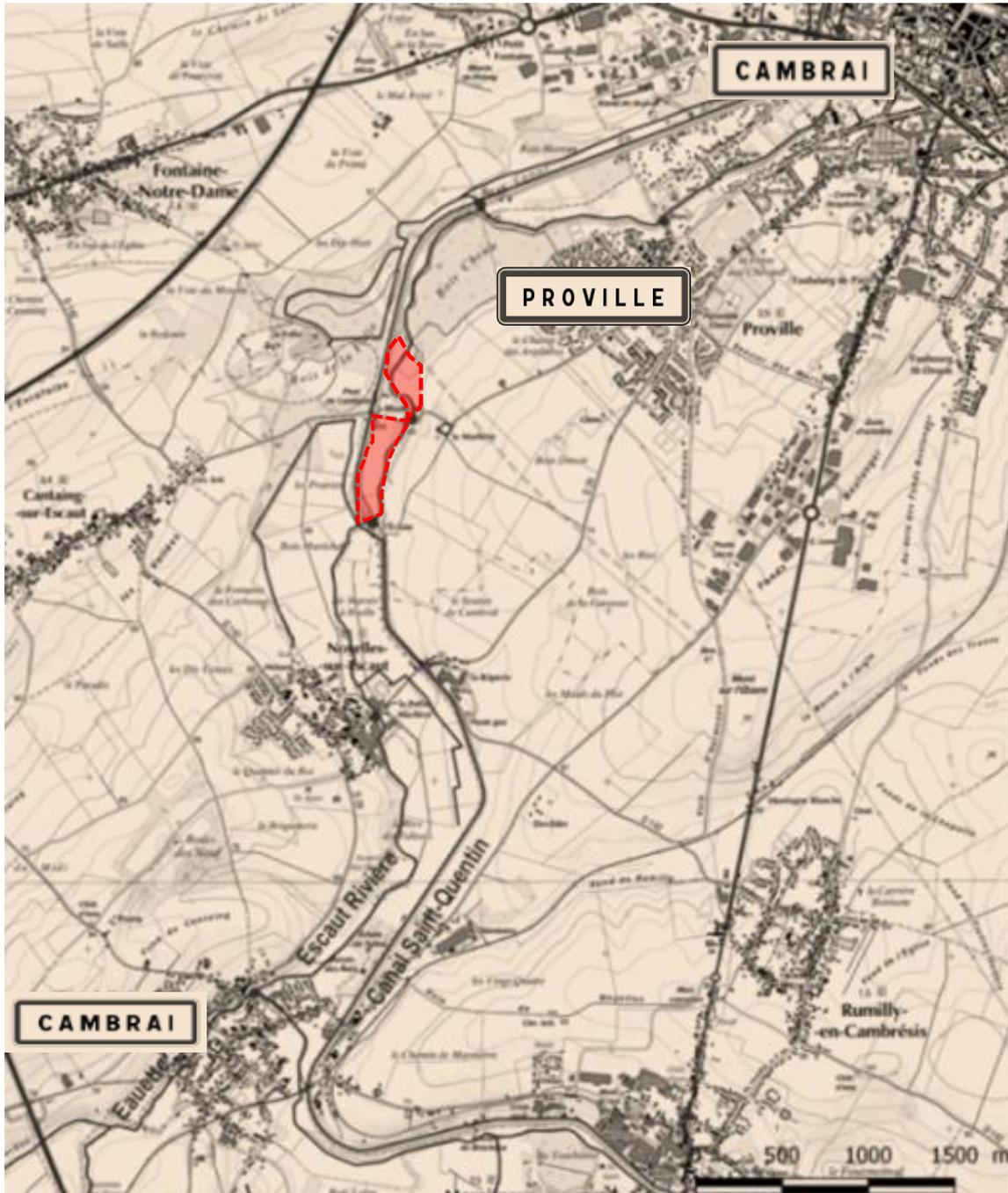
De ce fait, il pourrait être testé en phase Projet une configuration avec **2 arches fermées** pour la gestion des crues cinquantennale et décennale et une configuration avec **1,5 arches fermées** en centennale.

2.3 Zone d'expansion de crue n°2 et n°4

Un deuxième secteur a été étudié et fait suite au constat effectué lors de la première phase de l'étude : « Etat des lieux, Diagnostic et Analyse ». Au regard de la faible superficie des 2 zones et des volumes générés, les sites ont été traités ensemble et nommés ZEC 2&4.

2.3.1 Localisation

Les ZEC envisagées se situent en rive droite et gauche de l'Escaut et sont matérialisées en rouge sur la carte ci-dessous.



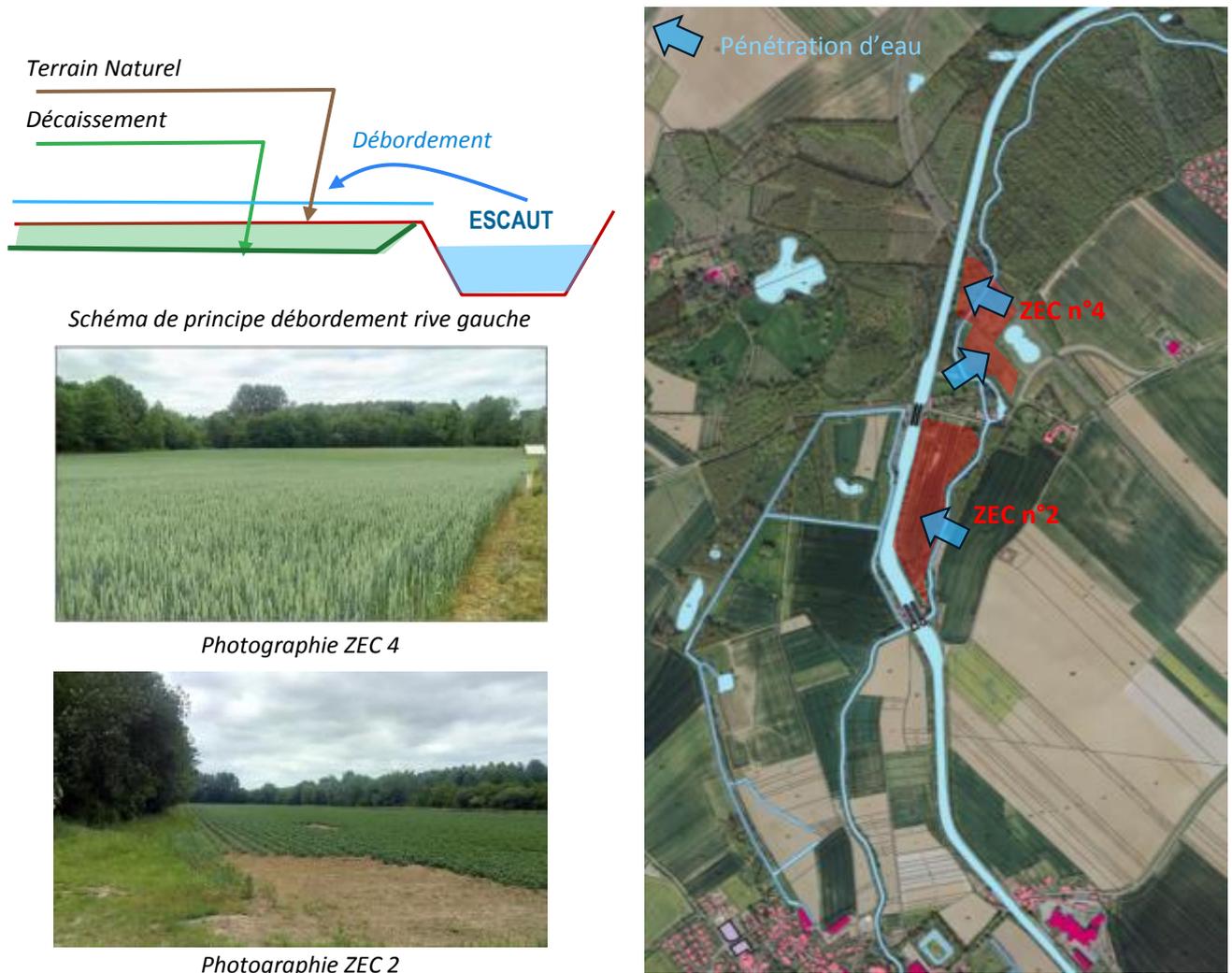
Carte 18 : Localisation approximative des ZEC 2&4 au regard de l'ensemble du secteur d'étude mNGF

2.3.2 Fonctionnement théorique du site

Pour la réalisation d'un stockage des eaux en lit majeur, il n'apparaît pas possible ici d'aménager un « barrage » en travers du cours d'eau afin de rehausser le niveau d'eau.

Par conséquent, il est uniquement possible de réaliser un décaissement en lit majeur, rive gauche et droite.

L'objectif principal est ici de reconnecter l'Escaut avec son lit majeur. Pour cela, il a été imaginé un décaissement au niveau de la berge et du lit majeur afin de favoriser la pénétration d'eau et son stockage lors d'une élévation du niveau.



Carte 19 : Explication du fonctionnement schématique de la ZEC2&4

Au regard des photographies du site et de la photo aérienne, les ZEC envisagées sont actuellement des zones cultivées.

Compte tenu de la complexité d'élever la ligne d'eau entre le pont canal et le bois Chenu et du faible volume des ZEC 2 et ZEC 4 (14 520 m³ hors décaissement), il a été décidé de favoriser le stockage par décaissement du site.

De par la présence de la nappe d'eau souterraine à l'emplacement des ZEC 2 et 4, le décaissement envisagé sera de 0,70m sur la ZEC 2 et de 0,50m sur la ZEC 4. Ces décaissements permettent des gains de stockage non négligeables.

Toutefois, il est à souligner le fait que la ZEC 4 est traversée par une conduite de gaz, elle ne pourra donc pas être décaissée sur toute sa surface. La surface pouvant être décaissée a été estimée à environ 2,5 ha.

Ci-dessous les caractéristiques principales des ZEC et les volumes associés :

+Caractéristiques de la ZEC 2 :

- Surface : 4ha
- Volume de stockage initial à la côte 49,2 mNGF sur 4ha : 9030 m³
- Décaissement de 0,70m sur 4ha : 28000 m³
- Volume de stockage total de la ZEC sur 4ha : 9030 + 28000 = **37 030 m³**

+Caractéristiques de la ZEC 4 :

- Surface : 4.8ha
- Volume de stockage initial à la côte 48.9 mNGF sur 4,8ha : 5490 m³
- Décaissement sur 0,50m sur 2,5ha (canalisation gaz) : 12500 m³
- Volume de stockage total de la ZEC sur 4,8 ha : 12500 + 5490 = **17 990 m³**

Le volume total pouvant être stocké est de l'ordre de **55 000 m³**.

Cela s'avère nettement inférieur au volume de stockage théorique annoncé antérieurement pour pouvoir protéger Proville (150 000 m³ pour une crue décennale).

Néanmoins, des simulations ont été effectuées pour estimer l'apport de cet aménagement sur l'abaissement de la courbe enveloppe à Proville.

En raison des faibles volumes de stockage mis en jeu, les ZEC 2 et 4 ont été regroupées et modélisées conjointement.



Image de référence

2.3.3 Modélisation du cours d'eau en intégrant la ZEC 2&4

Afin de s'assurer de l'abaissement de la ligne d'eau et de garantir le remplissage de la ZEC, une modélisation hydraulique a été entreprise lors des différentes occurrences de crue. Celle-ci prend en compte les caractéristiques des ZEC 2&4 qui ont été rentrées dans le modèle.

2.3.3.1 Crue Décennale

Lors d'une crue décennale, une légère baisse de la ligne d'eau est constatée depuis l'aval du moulin de Noyelles jusqu'à un peu plus en aval du point de débordement à Proville.

La ligne d'eau passe ainsi de **47.51 mNGF**, à **47.41 mNGF**, au niveau du point de débordement.

La côte maximale de l'eau atteinte dans la ZEC est de l'ordre de 48,61 mNGF.

La baisse de la ligne d'eau est d'environ **10 cm**, au niveau du point de débordement, mais ne permet pas d'éviter les débordements constatés à l'Etat Initial à savoir :

- En amont du moulin de Noyelles,
- Au niveau du Bois Chenu,
- Au point de débordement,

Pour information, au niveau du point de débordement à Proville on est en présence d'un débordement de : **20 cm**

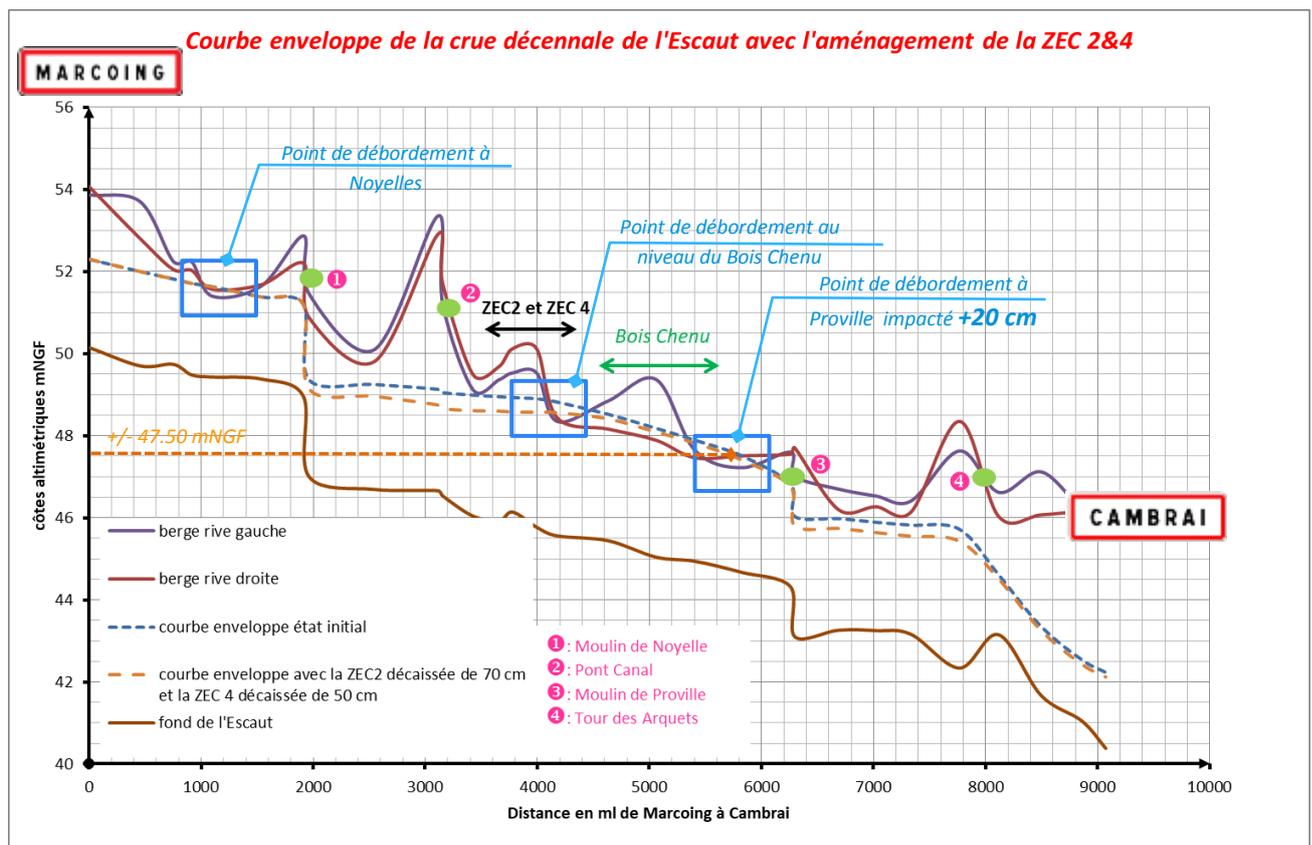


Figure 20 : Courbe enveloppe de la crue décennale en intégrant la ZEC 2&4

De part ces constats, la ZEC 2&4 ne préservera pas le quartier du Marais à Proville lors d'une inondation type décennale.

L'étude des hydrogrammes, débit en fonction du temps, nous a permis de mettre en lumière le volume temporairement stocké par les ZEC. Pour cela, il a été comparé les hydrogrammes en amont et en aval des ZEC. Le volume de stockage correspond au volume généré par la surface, comprise entre les hydrogrammes en question.



Carte 20 : Localisation des profils correspondant aux hydrogrammes amont /aval

Ci-dessous les hydrogrammes en amont et en aval des ZECs pour la crue décennale.

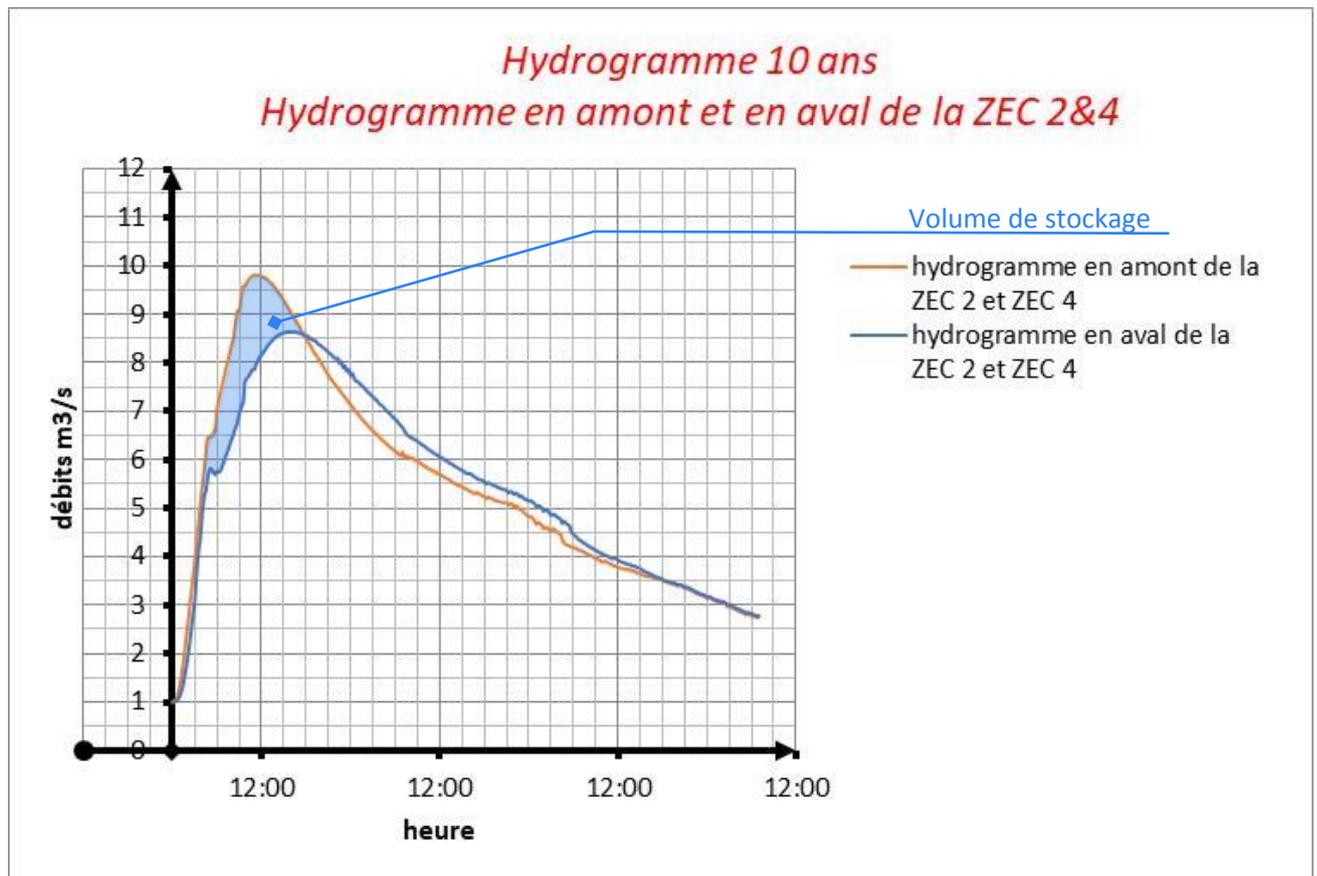


Figure 21 : Hydrogramme de la crue décennale en amont et en aval des ZEC2&4 décaissées

L'étude de ces hydrogrammes montrent que :

- ☑ Le débit de pointe est diminué de 10 à 9,5 m³/s.
- ☑ Le volume global stocké est de 67 000 m³. Il correspond au volume entre les 2 courbes.

La différence entre le résultat obtenu et le résultat attendu (55000m³) peut s'expliquer par le fait que la géométrie des ZEC2&4 a été rentrée dans le modèle par extrapolation des profils fournis par le géomètre. Le volume généré est donc supérieur au volume annoncé précédemment.

- ☑ Un abaissement d'environ 10 cm, à l'aval de l'ancien stade de Proville.

Lors de la modélisation de l'Etat Initial, la côte de la surface de l'eau au niveau de l'aval de l'ancien stade de Proville était de 47,51 mNGF contre 47,41 mNGF en intégrant les 2 ZEC.

2.3.3.2 Crue Cinquantennale

Les résultats observés s'avèrent similaires à ceux observés lors d'une crue décennale.

Lors d'une crue cinquantennale, une légère baisse de la ligne d'eau est constatée depuis l'aval du moulin de Noyelles jusqu'au niveau du Bois Chenu. A l'aval du point de débordement la ligne d'eau se trouve également abaissée.

La ligne d'eau passe ainsi de **47.57 mNGF**, à **47.46 mNGF**.

La côte maximale de l'eau atteinte dans la ZEC est de l'ordre de 48.67 mNGF.

La baisse de la ligne d'eau est d'environ **11 cm**, au niveau du point de débordement, mais ne permet pas d'éviter les débordements constatés à l'Etat Initial à savoir :

- En amont du moulin de Noyelles,
- Au niveau du Bois Chenu,
- Au point de débordement,

Pour information, au niveau du point de débordement à Proville on est en présence d'un débordement de : **24 cm**

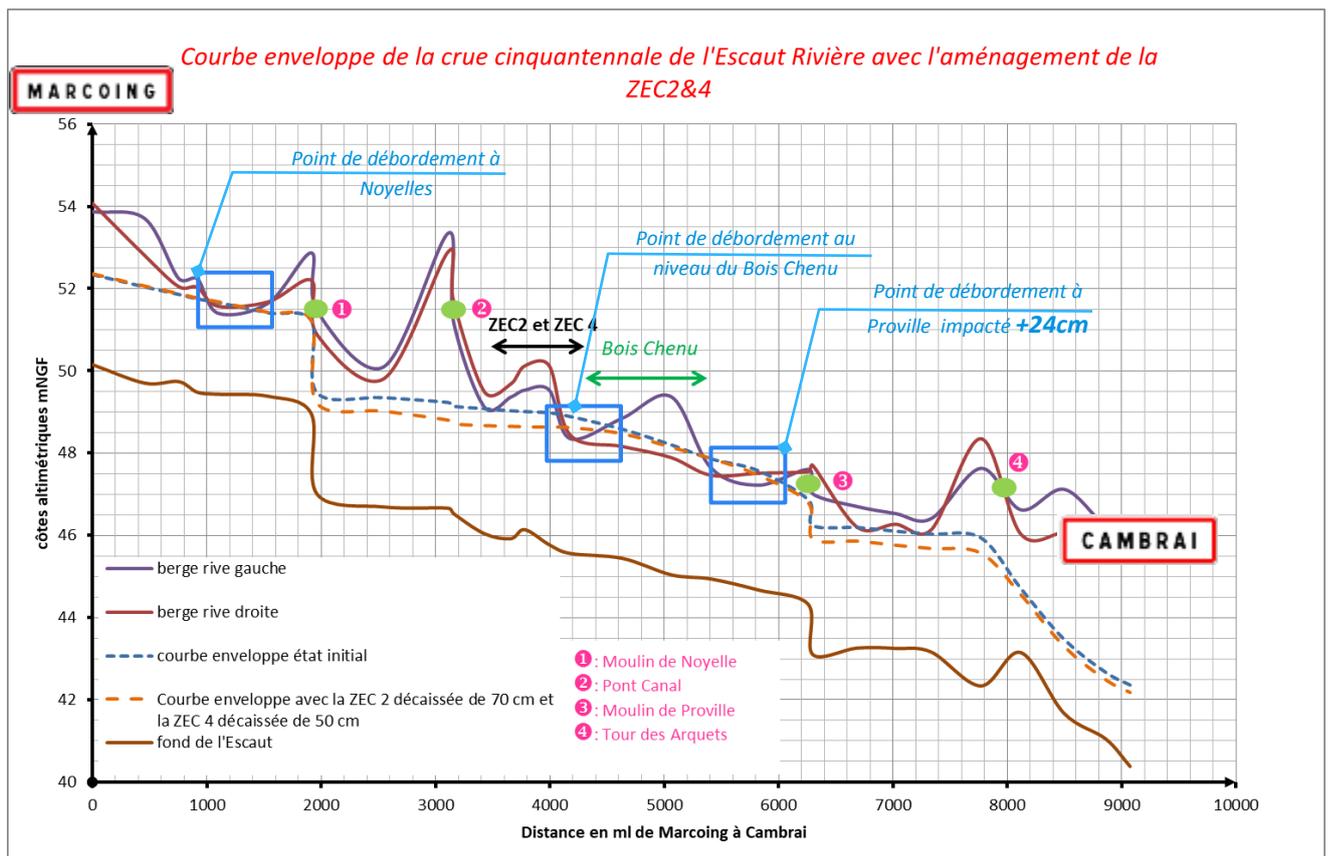


Figure 22 : Courbe enveloppe de la crue cinquantennale en intégrant la ZEC 2&4

De part ces constats, la ZEC 2&4 ne préservera le quartier du Marais à Proville lors d'une inondation type décennale.

Ci-dessous les hydrogrammes en amont et en aval des ZECs pour la crue cinquantennale afin de mettre en lumière le stockage momentané occasionné par l'aménagement.

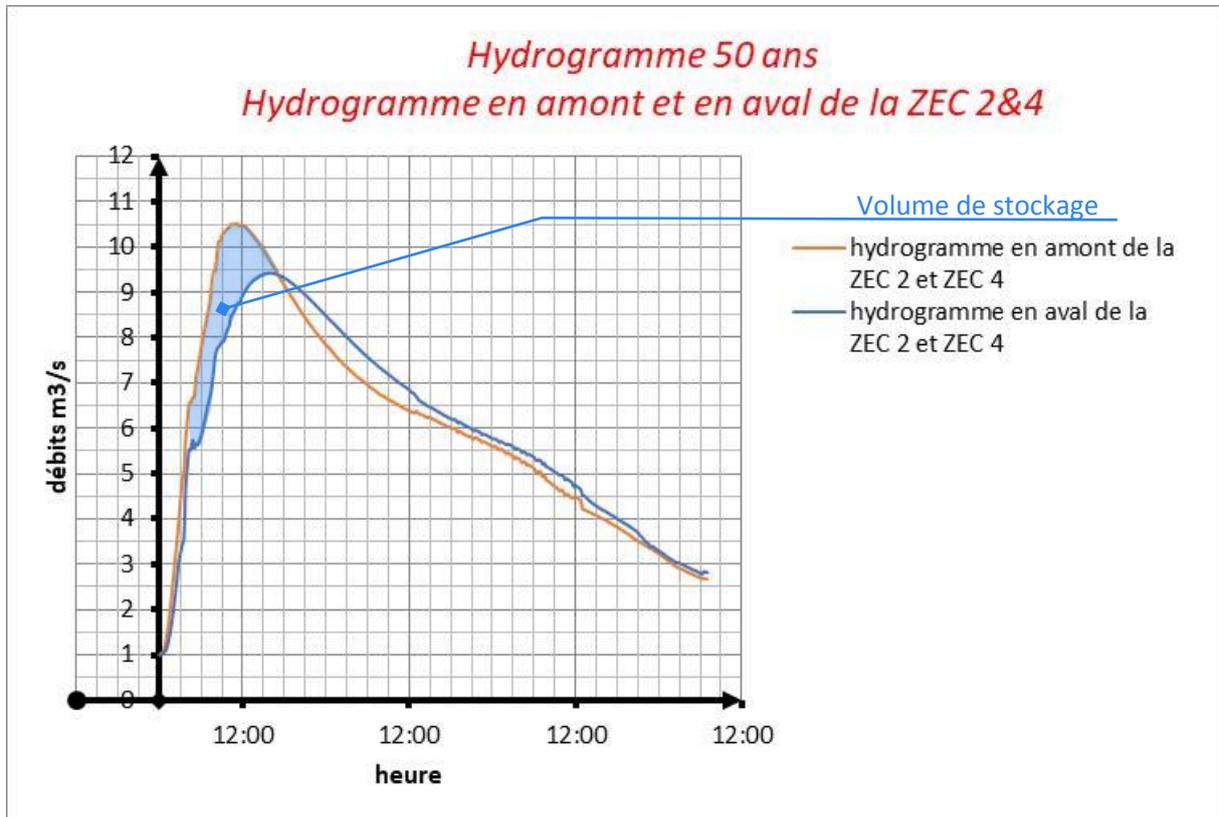


Figure 23 : Hydrogramme de la crue décennale en amont et en aval des ZEC2&4 décaissées

L'étude de ces hydrogrammes montrent que :

- Le débit de pointe est diminué de 10 à 9,5 m³/s.
- Le volume global stocké est de 74 000 m³. Il correspond au volume entre les 2 courbes.

Il est à noter que le volume stocké momentanément par les ZECs est d'autant plus élevé selon la période de retour de crue. Plus la hauteur d'eau atteinte dans les ZEC est élevée, plus la fonction de stockage des ZEC est sollicitée. De même, plus le débit d'écoulement de l'Escaut est élevé, plus la hauteur d'eau sera importante.

- Un abaissement d'environ 11 cm, à l'aval de l'ancien stade de Proville.

2.3.3.3 Crue Centennale

Les résultats observés s'avèrent similaires à ceux observés lors d'une crue cinquantennale. Lors d'une crue centennale, une légère baisse de la ligne d'eau est constatée depuis l'aval du moulin de Noyelles jusqu'au niveau du bois Chenu. A l'aval du point de débordement la ligne d'eau se trouve également abaissée.

La ligne d'eau passe ainsi de **47,72 mNGF, à 47.61 mNGF.**

La cote maximale de l'eau atteinte dans la ZEC est de l'ordre de 48.84 mNGF.

La baisse de la ligne d'eau est d'environ 11 cm mais ne permet pas d'éviter les débordements constatés à l'Etat Initial à savoir :

- En amont du moulin de Noyelles,
- Au niveau du Bois Chenu,
- Au point de débordement,

Pour information, au niveau du point de débordement à Proville on est en présence d'un débordement de : **40 cm**

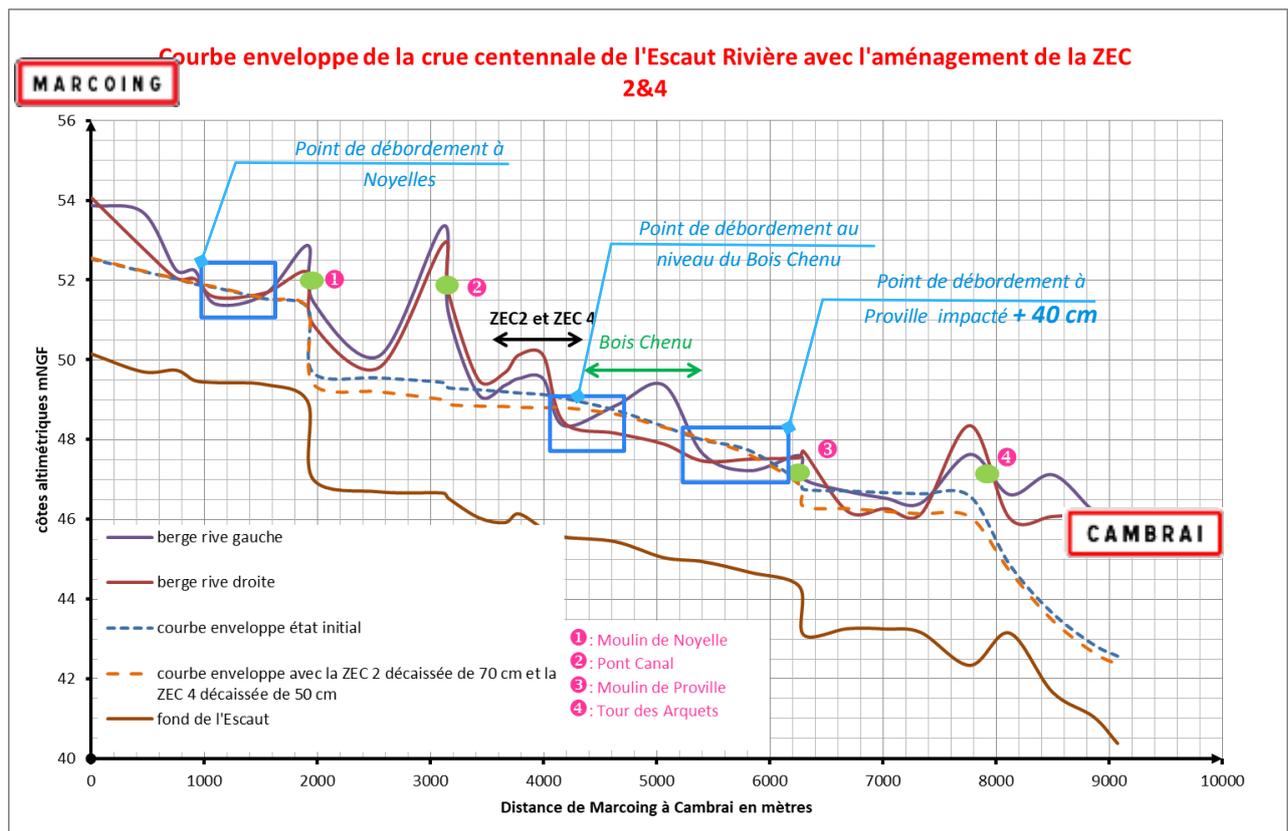


Figure 24 : Courbe enveloppe de la crue centennale en intégrant la ZEC 2&4

De part ces constats, la ZEC 2&4 ne préservera le quartier du Marais à Proville lors d'une inondation type centennale.

Ci-dessous les hydrogrammes en amont et en aval des ZECs pour la crue centennale afin de mettre en lumière le stockage momentané occasionné par l'aménagement.

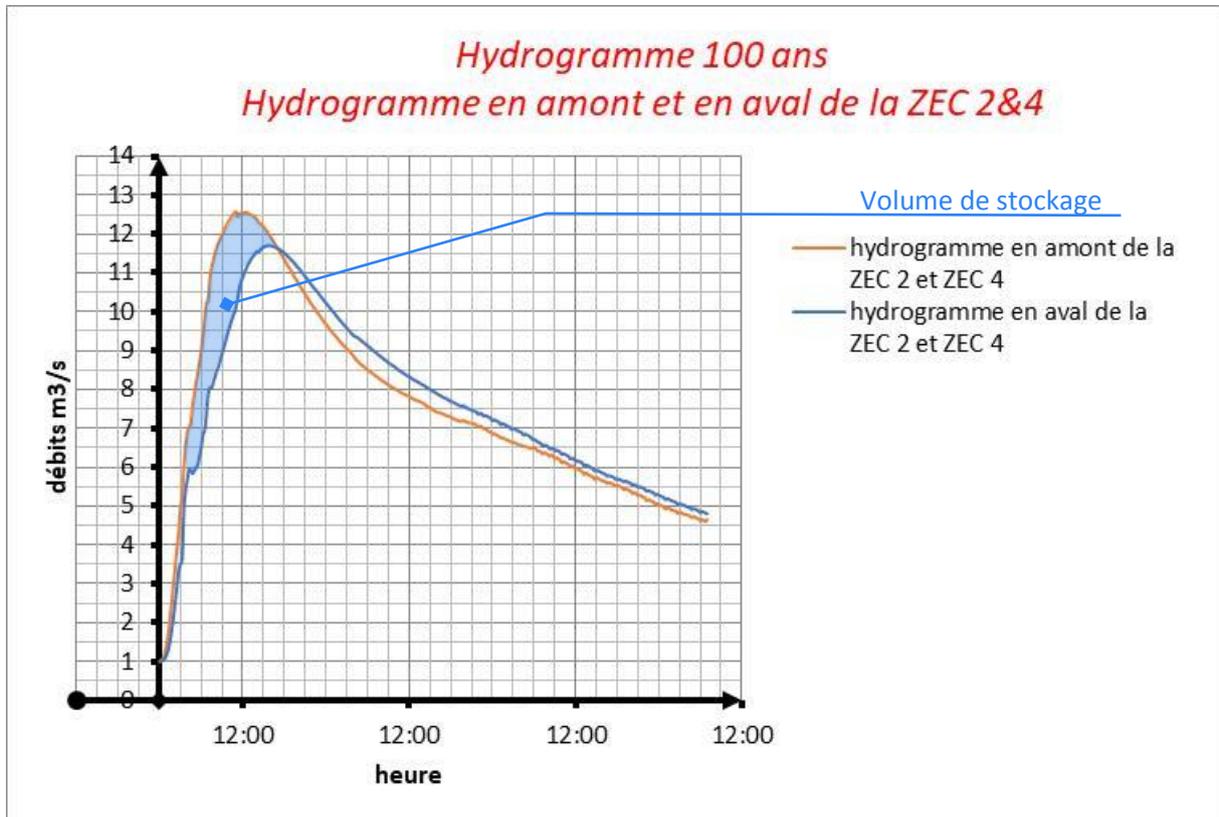


Figure 25 : Hydrogramme de la crue centennale en amont et en aval des ZEC2&4 décaissées

L'étude de ces hydrogrammes montrent que :

- Le débit de pointe est diminué de 12.5 à 11.7 m³/s.
- Le volume global stocké est de 98 000m³. Il correspond au volume entre les 2 courbes.

Il est à noter que le volume stocké momentanément par les ZECs est d'autant plus élevé selon la période de retour de crue. Plus la hauteur d'eau atteinte dans les ZEC est élevée, plus la fonction de stockage des ZEC est sollicitée. De même, plus le débit d'écoulement de l'Escaut est élevé, plus la hauteur d'eau sera importante.

- Un abaissement d'environ 11 cm, à l'aval de l'ancien stade de Proville.

2.3.4 Conclusion modélisation du cours d'eau en intégrant la ZEC 2&4

Les courbes enveloppes établies pour les crues décennales, cinquantiennes et centennales ont montré que la ZEC2&4 ne permet pas de préserver Proville et cela peu importe la période de retour.

Des débordements ont été constatés au niveau :

- De l'amont du moulin de Noyelles,
- du Bois Chenu,
- du point de débordement,

Les différentes occurrences de crue ont montré des débordements plus ou moins importants, même si dans l'ensemble la ZEC 2&4 permet d'abaisser la ligne d'eau.

De plus, au regard des hydrogrammes amont / aval utilisés pour montrer la fonction de stockage momentané des ZEC, les volumes de stockage engendrés par la ZEC s'avèrent insuffisants au regard des volumes théoriques nécessaires.

La ZEC2&4 ne satisfait pas les exigences nécessaires afin de garantir la non-inondation, que cela soit pour une occurrence décennale ou plus importante.

2.4 Zone d'expansion de crue n°3

Un troisième secteur a été étudié et fait suite au constat effectué lors de la première phase de l'étude : « Etat des lieux, Diagnostic et Analyse ».

2.4.1 Localisation



Carte 21 : Localisation approximative de la ZEC 3 au regard de l'ensemble du secteur d'étude

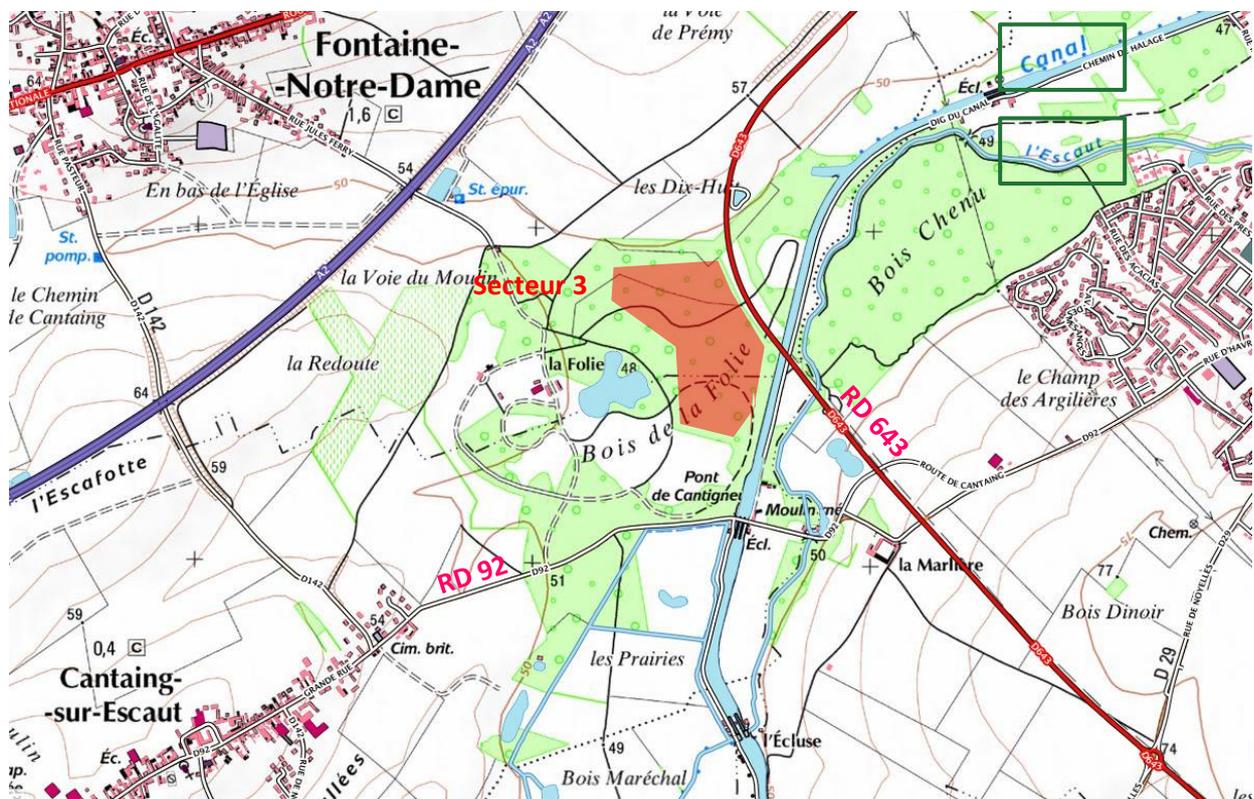
2.4.2 Fonctionnement théorique du site

Le bois de la Folie correspond au secteur 3 de recherche d'implantation de zones d'expansion. Ce secteur est constitué essentiellement de boisement et zone de taillis.

Selon le Schéma Régionale-de Cohérence Ecologique Trame Verte et Bleue, il s'agit d'un réservoir de biodiversité de type « zones humides ». La zone boisée représente une superficie d'environ 12 ha sur sa partie la plus basse.

Ce secteur est complètement coupé de l'Escaut rivière par le Canal St Quentin et par la départementale D92.

De ce fait, **cette zone s'avère inutilisable pour le stockage momentané des eaux** en période de crue. Par conséquent, ce secteur n'a pas été étudié car il ne se révèle pas pertinent.



Carte 22 : Localisation approximative de la ZEC 3 et appréciation des discontinuités

La carte 32 montre bien les discontinuités provoquées par :

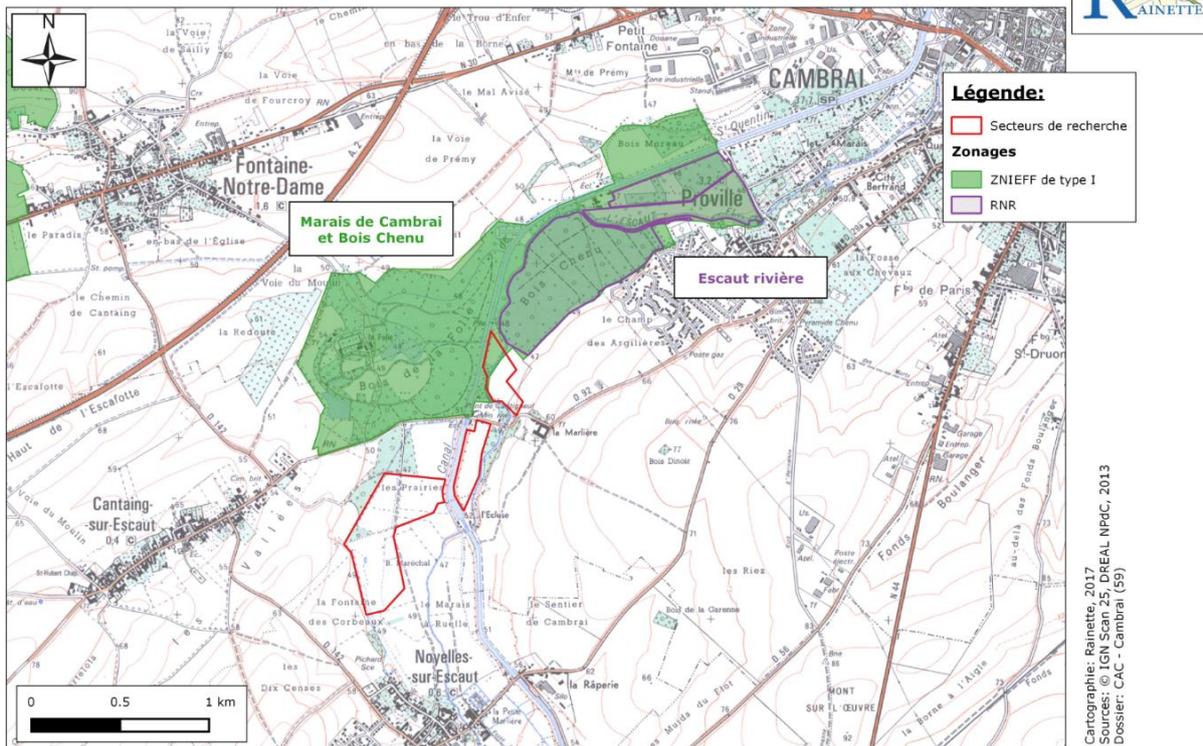
- Le canal de St Quentin,
- La Départementale 92,
- La Route Départementale 643,

CHAPITRE 3. ANALYSE ENVIRONNEMENTALE ET TECHNIQUE

3.1 Analyse environnementale

3.1.1 ZNIEFF

Zonages de protection et d'inventaire du patrimoine naturel à proximité des secteurs étudiés



Carte 23 : Zonage de Protection et d'inventaire à proximité des secteurs d'étude

D'après la cartographie établie par Rainette les zones d'étude se situent dans et/ou à proximité d'une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique et Faunistique (ZNIEFF de type 1) : « **Marais de Cambrai et Bois Chenu** ».

Les communes concernées sont Cantaing-Sur Escaut, Fontaine-Notre-Dame et Proville. Cette ZNIEFF constitue un complexe composé d'espaces naturels typiques des milieux alluviaux (Prairies humides, boisements alluviaux, et zones humides connexes comme des mares et fossés).

L'origine de ce site repose essentiellement sur la présence de l'Escaut. Cette zone humide est quasiment la dernière zone humide fonctionnelle de la haute et moyenne vallée de l'Escaut.

Aucune ZNIEFF de type 2 n'est recensée sur le secteur d'étude. La ZNIEFF de type II la plus proche est située à environ 4 km à l'Est du secteur d'étude.

3.1.1 Réserve Naturelle

On constate également que le bois Chenu et ses abords font partie d'une **réserve naturelle régionale** (RNR), dont le statut est défini par la loi.

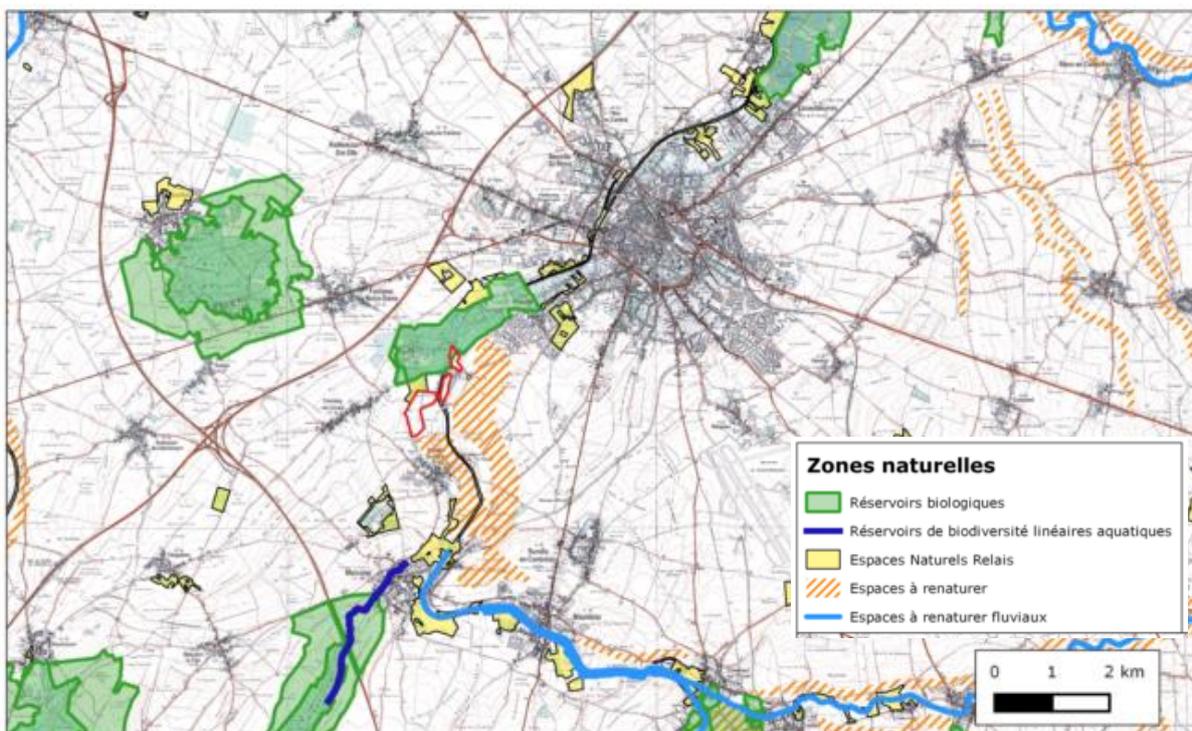
Une RNR est un territoire sur lequel la conservation de la faune, flore, du sol, des eaux et du milieu naturel présente une importance particulière qu'il convient de ne pas dégrader.

La réserve naturelle régionale de l'Escaut rivière, constitue sur environ 60 ha, un complexe de milieux humides alluviaux. Traversé par l'Escaut rivière, le site offre deux facettes. L'une principalement constitué de prairies humide et l'autre d'ambiance un peu plus forestière avec la présence de boisements alluviaux.

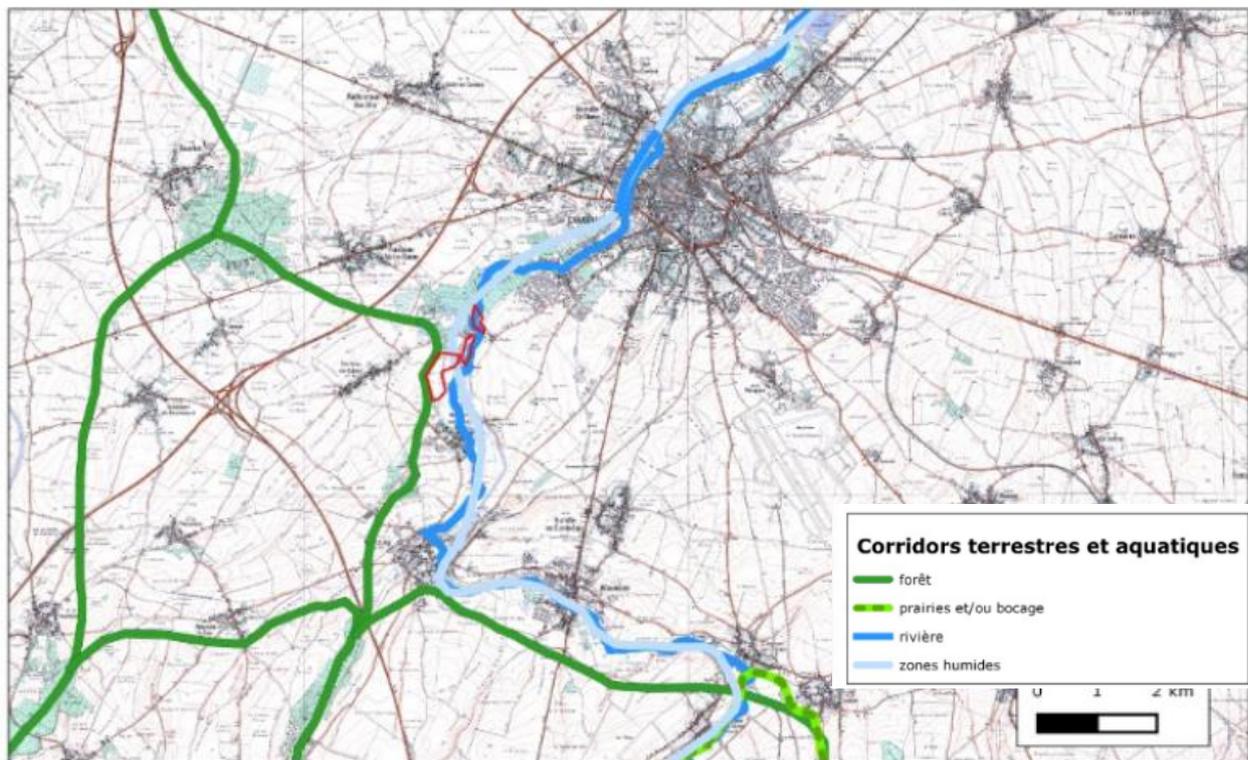
3.1.1 Schéma Régionale de Cohérence Ecologique – Trame Verte Trame Bleue

Le SRCE-TV, outil d'aménagement du territoire, est un réseau des continuités écologiques terrestres et aquatiques. Il vise à préserver les services rendus par la biodiversité, à enrayer sa perte en maintenant et restaurant ses capacités d'évolution et à la remise en bon état des continuités écologiques. Le schéma vise ainsi à :

- Identifier, préserver et remettre en bon état les réservoirs de biodiversité qui concentrent l'essentiel du patrimoine naturel de la région ;
- Identifier, préserver et remettre en bon état les corridors écologiques qui sont indispensables à la survie et au développement de la biodiversité ;
- Encourager la restauration de la fonctionnalité écologique des espaces à restaurer.



Carte 24 : Schéma Régional de Cohérence Ecologique au niveau des secteurs d'étude



Carte 25 : Schéma Régional de Cohérence Ecologique au niveau des secteurs d'étude

Les cartographies ci-dessus, s'appuient sur la continuité écologique et la TVB montrent les potentialités environnementales de la zone d'étude. Effectivement, on retrouve à proximité des secteurs de ZEC un nombre non négligeable de réservoirs biologiques, d'espaces à renaturer ou encore la présence de corridors terrestres et aquatiques non négligeables.

Le schéma Trame Verte et Bleue territoriale Pays du Cambrésis prévoit dans l'Axe 2, la gestion des zones humides et des bassins versants avec l'orientation opérationnelle **2-H** : « **Accompagner la création, l'aménagement ou la préservation de zones d'expansion de crue** ». Le présent projet est donc en cohérence avec les TVB du Cambrésis.

La Réserve Naturelle Régional est au cœur de la Trame Verte et Bleue du Nord Pas-de-Calais. Elle se situe dans un isolat de zones humides et constitue un maillon d'un vaste corridor à l'échelle suprarégionale au sein d'une vallée alluviale.

3.1.2 Expertise écologique antérieure

Les bureaux d'étude Rainette et Osmose ont réalisé une expertise en 2014. Elle est un appui à la concrétisation de la Trame Verte et Bleue sur la commune de Noyelles-sur-Escout. Huit sites sont étudiés et cartographiés pour leurs richesses et les menaces en terme de biodiversité (faune, flore, habitats).

Les sites 1, 2 et 3 sont particulièrement intéressants écologiquement. Ces sites présentent les particularités suivantes :

Tableau 5 : Espèces patrimoniales identifiées sur le secteur de Noyelles-sur-Escout

	Site 1	Site 2	Site 3
Habitats	- Cultures - Bordures enherbées - Fossés et végétations associées	- Étang de chasse - Cressonnière, fossés et végétations associées - Bordure enherbée - Mégaphorbiaie - Peupleraie	- Bordures enherbées - Ripisylve
Espèces floristiques patrimoniales	- Rorippe sauvage - Vélar fausse giroflée	-	-
Espèces Avifaune patrimoniales	- Bruant des roseaux - Bruant jaune - Fauvette grisette - Perdrix grise - Rousserole effarvate - Tarier pâtre - Aigrette garzette - Grande Aigrette - Martin-pêcheur d'Europe		- Bruant jaune - Pipit farlouse - Perdrix grise
Espèces des Amphibiens	- Crapaud commun - Grenouille rieuse - Grenouille rousse - Grenouille verte <i>(comprenant le milieu de reproduction, d'estivage et d'hivernage)</i>		-
Espèces des Entomofaune	- Decticelles bariolées		- Méconème fragile
Espèces des Chiroptères			- Pipistrelle commune (Zones de chasses) - Pipistrelle de Nathusius (Zones de transit)

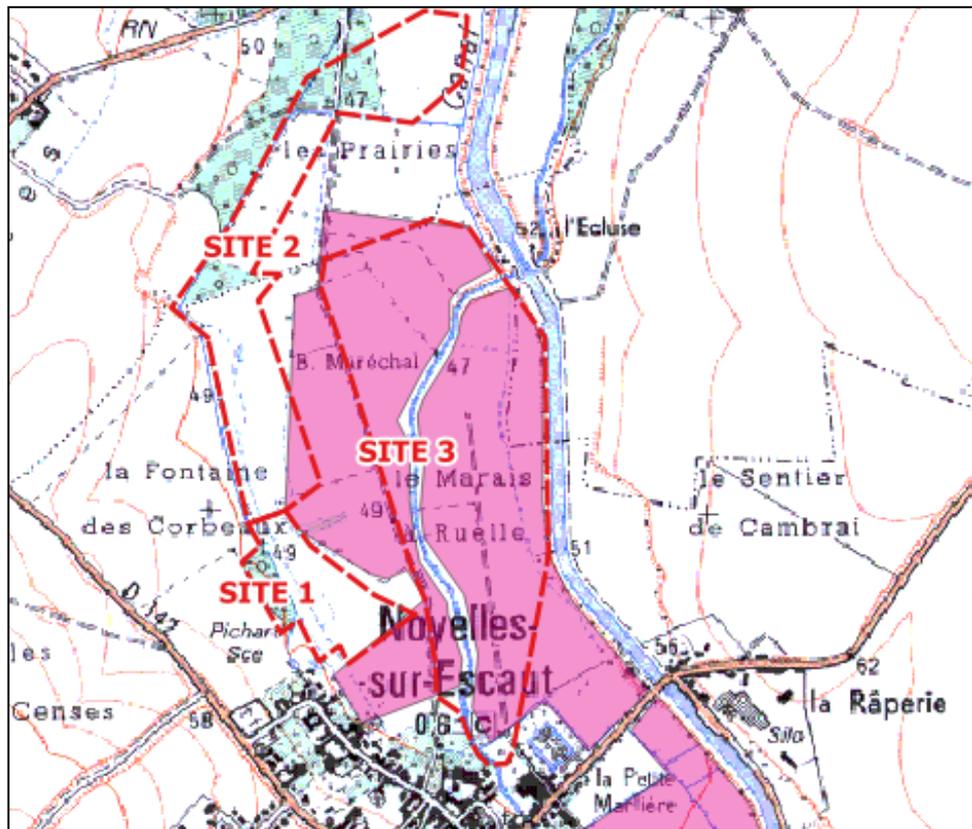


Figure 26 : Propositions de création de ZEC par l'Expertise de Rainette et d'Osmose

Ces propositions, s'appuyant sur la continuité écologique et la TVB, ont été prises en compte dans les propositions de Zones d'Expansion de Crues (ZEC).

3.2 Analyses multicritères

	ZEC N°1	ZEC N°2&4
Surface	+/- 35 ha	+/-8.8 ha
Volume supplémentaire stocké	120 000m ³ (49,3mNGF)	55 000 m ³
Abaissement de la ligne d'eau (décennal)	De 47.51 mNGF à 47.15 mNGF	De 47.51 mNGF à 47.41 mNGF
Efficacité	<p><u>Avantages +</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Efficacité Maximale <input checked="" type="checkbox"/>Sécuritaire : peut s'abaisser complètement en cas de menace <input checked="" type="checkbox"/>S'adapte à différentes crues <input checked="" type="checkbox"/>Peu d'augmentation du risque d'embâcle <p><u>Inconvénients -</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Réajustement possible des vannages <input checked="" type="checkbox"/>Blocage d'une partie du transport solide <input checked="" type="checkbox"/>tenir compte de la géométrie du lit 	<p><u>Avantages +</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Pas de risque de panne <input checked="" type="checkbox"/>Coût <p><u>Inconvénients -</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Efficacité moindre <input checked="" type="checkbox"/>Pas de possibilité d'adaptation
Environnement	<p><u>Avantages +</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Pas de creusement de site <input checked="" type="checkbox"/>Milieu écologiquement intéressant <p><u>Inconvénients -</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Continuité piscicole et sédimentaire lors du vannage fermé 	<p><u>Avantages +</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Fonctionnement naturel <input checked="" type="checkbox"/>Milieu écologiquement intéressant <p><u>Inconvénients -</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Proximité Nappe <input checked="" type="checkbox"/>Creusement du site (engins)
Faisabilité	<p><u>Avantages +</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Pas d'habitation <p><u>Inconvénients -</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Demande un dimensionnement précis <input checked="" type="checkbox"/>Restauration du réseau de fossé <input checked="" type="checkbox"/>Génie civil complexe <input checked="" type="checkbox"/>Site de stockage « éloigné » 	<p><u>Avantages +</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Fonctionnement naturel <input checked="" type="checkbox"/>Techniquement plus simple <input checked="" type="checkbox"/>Pas d'habitation <p><u>Inconvénients -</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Terrassement en déblais <input checked="" type="checkbox"/>Peu de possibilité d'adaptation <input checked="" type="checkbox"/>Modification de l'utilisation des sols
Incidence	<p><u>Avantages +</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Abaissement de la ligne d'eau <input checked="" type="checkbox"/>Permet de protéger Provville lors d'une crue décennale 	<p><u>Avantages +</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/>Abaissement de la ligne d'eau

	<u><i>Inconvénients</i></u> — <input checked="" type="checkbox"/> Proximité Noyelles-Sur-Escout avec la ZEC <input checked="" type="checkbox"/> Non aggravation du phénomène d'inondation suite au vannage	<u><i>Inconvénients</i></u> — <input checked="" type="checkbox"/> Ne permet pas de protéger Provville lors d'une crue décennale
Gestion	<u><i>Avantages</i></u> + <input checked="" type="checkbox"/> Pas de modification de l'utilisation des sols <input checked="" type="checkbox"/> Maintien de la possibilité d'exploitation <u><i>Inconvénients</i></u> — <input checked="" type="checkbox"/> Gestion des vannages <input checked="" type="checkbox"/> Ouvrages <input checked="" type="checkbox"/> Entretien et surveillance	<u><i>Avantages</i></u> + <input checked="" type="checkbox"/> Peu de gestion <u><i>Inconvénients</i></u> — <input checked="" type="checkbox"/> Maintien de la zone de culture peu probable <input checked="" type="checkbox"/> Entretien

CONCLUSION

Les inondations du 12 septembre 2008 ont fait l'objet d'une déclaration CATNAT sur la commune de Proville. Le bilan a fait l'état de l'évacuation de 85 habitations, de 29 dépôts de dossiers sinistres en préfecture et de l'évacuation de 60 tonnes de boues accumulées dans la zone inondée.

Suite à cet événement, la Communauté d'Agglomération de Cambrai a lancé une mission d'expertise hydraulique de manière à caractériser qualitativement les inondations de 2008 et à établir une stratégie de gestion des crues.

La valorisation des capacités de stockage et de laminage du lit majeur de l'Escaut-Rivière sont devenus un objectif majeur dont l'une des actions proposées a été l'aménagement d'une zone d'expansion de crues.

La Communauté d'Agglomération de Cambrai a donc missionné le bureau d'études Valétudes afin de répondre à une problématique de faisabilité du projet.

Pour ce faire, un diagnostic et un état de lieux ont été réalisés afin de comprendre le territoire et pouvoir proposer des secteurs potentiels d'implantation de zones d'expansion de crues. Le secteur d'étude se situe entre les communes de Marcoing et de Cambrai.

Suite à l'étude du diagnostic et sur la base des observations effectuées, 4 secteurs ont été pressentis comme favorables. Sur ces 4 secteurs, deux ZECs potentielles s'avèrent viables à savoir la ZEC1 en amont du Pont Canal et la ZEC 2&4 en aval du Pont Canal.

Des campagnes topographiques et bathymétriques globales ont été effectuées afin de mettre en place un modèle hydraulique visant à confirmer les faisabilités techniques des secteurs pressentis.

Après avoir construit et calé le modèle, une modélisation à l'état initial a été effectuée dans le but de définir un Etat des lieux pour les différentes crues. Celui-ci a vérifié le fait que l'Escaut Rivière provoque des inondations à 3 endroits différents à savoir :

- Au niveau de Noyelles-sur-Escaut,
- Au niveau du Bois Chenu,
- Au niveau de Proville,

L'ensemble des résultats a permis de mettre en évidence les phénomènes d'inondation et apparaissent cohérents au regard des éléments observés lors de l'inondation du 11 septembre 2008.

Le volume théorique a ensuite été calculé afin d'avoir un ordre de grandeur du volume à emmagasiner lors des crues en considérant les hydrogrammes au point de débordement à Proville, secteur principal à préserver.

La première ZEC a été conçue en rive gauche de l'Escaut Rivière. Le principe de fonctionnement consiste à élever la ligne d'eau lors des crues via l'installation d'un vannage au niveau du pont canal afin de favoriser la pénétration de l'eau au sein de la zone, d'environ 35 ha.

Afin de vérifier et d'optimiser la pénétration de l'eau dans la ZEC, différentes configurations de vannage du Pont Canal ont été envisagées. L'ensemble des modélisations réalisées ont montré que c'est la configuration 2,25 arches fermées qui s'avère la plus fonctionnelle.

Le modèle a été ensuite lancé sous cette configuration pour les différentes crues. Il en résulte que cette association permet de protéger Proville d'une crue décennale mais pas d'une cinquantennale ou centennale.

Toutefois, il sera nécessaire dans la phase de projet d'affiner plus précisément la configuration du vannage. En effet, ce type de gestion entraîne un niveau d'eau dans la ZEC allant jusqu'à la cote 49.50 mNGF, ce qui peut être préjudiciable pour Noyelles-sur-Escaut.

L'idéal étant de stocker jusqu'à la cote 49,2-49,3 mNGF, il est donc nécessaire de laisser passer un débit supérieur au niveau du Pont Canal. Une simulation hydraulique devra donc être effectuée dans ce sens.

La 2^{ème} ZEC nommé ZEC 2&4, a été conçu en rive droite et gauche de l'Escaut Rivière et fonctionne par surverse dans une zone décaissée sur 0,70m et 0,50m.

Celle-ci ne permet pas de préserver Proville et cela peu importe la période de retour. Les différentes occurrences de crue ont montré des débordements plus ou moins importants, même si dans l'ensemble la ZEC 2&4 permet d'abaisser la ligne d'eau.

D'un point de vue environnemental, les deux sites sont situés à proximité de zones intéressantes, qu'il convient de préserver. Les zones d'expansion de crue constitueront quant à elles, des milieux plus ou moins humides, également attrayantes d'un point de vue écologique.

L'analyse multicritères a montré qu'il était préférable de s'orienter vers la ZEC 1 au regard de son efficacité même si la faisabilité plus complexe, devra encore être affinée en phase Projet.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Communauté d'Agglomération de Cambrai, Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP), **Aménagement hydraulique de l'Escaut Rivière-Mission de Maîtrise d'œuvre pour l'implantation d'une Zone d'Expansion de Crue**, 2016, 19p.
- [2] SAFEGE, **Expertise relative aux inondations constatées sur la commune de Proville le 12/09/2008**, Janvier 2009, 110p.
- [3] SORANGE, **Etude fine des écoulements superficiels du bassin versant de l'Eauette- Etat des lieux**, 2010 70p.
- [4] Site internet « **Eau France-Référentiel des Obstacle à l'écoulement** », Date de modification des données : 07/05/14
<http://www.eaufrance.fr/referentiel-des-obstacles-a-l-#>
- [5] Site internet « **Agence de l'Eau Artois Picardie** », date de modification : 07 juin 2016
<http://www.eau-artois-picardie.fr/>
- [6] Pays du Cambrésis, **SCoT du Cambrésis**, novembre 2012, 135p.
- [7] Région Nord Pas De Calais, **Schéma régional de cohérence écologique – Trame verte et bleue (SCRE-TVb)**, Juillet 2004, 395 p.
- [8] Site internet : **Géoportail**, date de modification : 12 Juin 2016
<https://www.geoportail.gouv.fr/carte>
- [9] Comité du Bassin Artois-Picardie, **Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2016-2021 du bassin Artois-Picardie**, adopté en Octobre 2015, 224p.
- [10] G.W. Brunnet, CEIWR-HEC, HEC-RAS- River Analysis System User's Manual, Version 4.1, U.S Army Corps of Engineering Institute for Wter Ressources, Janvier 2010, 790p.
- [11] Site internet « **HEC-RAS** »
<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- [12] Site internet « **The RAS solution** », Date de modification : 2016
<http://hecrasmodel.blogspot.fr/p/hec-ras-bloggery-forum.html>

ANNEXES

DONNEES D'ENTREE DU MODELE HYDRAULIQUE

crue décennale							
<i>Jonction 1</i>							
Temps	Débit						
0:00	1	10:00	2	20:00	9.7	6:00	8.2
0:15	1	10:15	2.1	20:15	9.8	6:15	8.1
0:30	1	10:30	2.2	20:30	9.8	6:30	8.1
0:45	1	10:45	2.3	20:45	9.9	6:45	8
1:00	1	11:00	2.4	21:00	9.9	7:00	7.9
1:15	1	11:15	2.6	21:15	10	7:15	7.9
1:30	1	11:30	2.7	21:30	10	7:30	7.8
1:45	1	11:45	2.8	21:45	10	7:45	7.7
2:00	1	12:00	3	22:00	10.1	8:00	7.7
2:15	1	12:15	3.2	22:15	10.1	8:15	7.6
2:30	1	12:30	3.4	22:30	10.1	8:30	7.5
2:45	1	12:45	3.6	22:45	10.1	8:45	7.5
3:00	1	13:00	3.9	23:00	10	9:00	7.4
3:15	1	13:15	4.2	23:15	10	9:15	7.4
3:30	1	13:30	4.4	23:30	10	9:30	7.3
3:45	1	13:45	4.7	23:45	9.9	9:45	7.3
4:00	1	14:00	5	0:00	9.9	10:00	7.2
4:15	1	14:15	5.3	0:15	9.9	10:15	7.2
4:30	1	14:30	5.6	0:30	9.8	10:30	7.1
4:45	1	14:45	5.9	0:45	9.7	10:45	7.1
5:00	1	15:00	6.2	1:00	9.7	11:00	7
5:15	1	15:15	6.5	1:15	9.6	11:15	7
5:30	1.1	15:30	6.7	1:30	9.5	11:30	6.9
5:45	1.1	15:45	7	1:45	9.5	11:45	6.9
6:00	1.1	16:00	7.2	2:00	9.4	12:00	6.8
6:15	1.1	16:15	7.4	2:15	9.3	12:15	6.8
6:30	1.2	16:30	7.6	2:30	9.2	12:30	6.7
6:45	1.2	16:45	7.8	2:45	9.2	12:45	6.7
7:00	1.2	17:00	8	3:00	9.1	13:00	6.6
7:15	1.3	17:15	8.2	3:15	9	13:15	6.6
7:30	1.3	17:30	8.4	3:30	8.9	13:30	6.6
7:45	1.4	17:45	8.5	3:45	8.9	13:45	6.5
8:00	1.4	18:00	8.7	4:00	8.8	14:00	6.5
8:15	1.4	18:15	8.9	4:15	8.7	14:15	6.4
8:30	1.5	18:30	9	4:30	8.6	14:30	6.4
8:45	1.6	18:45	9.1	4:45	8.6	14:45	6.4
9:00	1.6	19:00	9.3	5:00	8.5	15:00	6.3
9:15	1.7	19:15	9.4	5:15	8.4	15:15	6.3
9:30	1.8	19:30	9.5	5:30	8.3	15:30	6.3
9:45	1.9	19:45	9.6	5:45	8.3		

Crue cinquantennale							
<i>Jonction 1</i>							
Temps	Débit						
0:00	1	10:00	2	20:00	10.6	6:00	8.9
0:15	1	10:15	2.1	20:15	10.6	6:15	8.8
0:30	1	10:30	2.2	20:30	10.7	6:30	8.7
0:45	1	10:45	2.4	20:45	10.7	6:45	8.7
1:00	1	11:00	2.5	21:00	10.8	7:00	8.6
1:15	1	11:15	2.6	21:15	10.8	7:15	8.5
1:30	1	11:30	2.8	21:30	10.8	7:30	8.5
1:45	1	11:45	3	21:45	10.8	7:45	8.4
2:00	1	12:00	3.1	22:00	10.8	8:00	8.4
2:15	1	12:15	3.4	22:15	10.8	8:15	8.3
2:30	1	12:30	3.6	22:30	10.8	8:30	8.2
2:45	1	12:45	3.9	22:45	10.8	8:45	8.2
3:00	1	13:00	4.2	23:00	10.8	9:00	8.1
3:15	1	13:15	4.5	23:15	10.7	9:15	8.1
3:30	1	13:30	4.8	23:30	10.7	9:30	8
3:45	1	13:45	5.1	23:45	10.6	9:45	8
4:00	1	14:00	5.5	0:00	10.6	10:00	7.9
4:15	1	14:15	5.8	0:15	10.5	10:15	7.9
4:30	1	14:30	6.2	0:30	10.4	10:30	7.8
4:45	1	14:45	6.5	0:45	10.4	10:45	7.8
5:00	1	15:00	6.9	1:00	10.3	11:00	7.7
5:15	1.1	15:15	7.2	1:15	10.2	11:15	7.7
5:30	1.1	15:30	7.5	1:30	10.2	11:30	7.6
5:45	1.1	15:45	7.7	1:45	10.1	11:45	7.6
6:00	1.1	16:00	8	2:00	10	12:00	7.6
6:15	1.2	16:15	8.2	2:15	10	12:15	7.5
6:30	1.2	16:30	8.5	2:30	9.9	12:30	7.5
6:45	1.2	16:45	8.7	2:45	9.8	12:45	7.4
7:00	1.3	17:00	8.9	3:00	9.7	13:00	7.4
7:15	1.3	17:15	9.1	3:15	9.7	13:15	7.3
7:30	1.3	17:30	9.3	3:30	9.6	13:30	7.3
7:45	1.4	17:45	9.5	3:45	9.5	13:45	7.3
8:00	1.4	18:00	9.6	4:00	9.4	14:00	7.2
8:15	1.5	18:15	9.8	4:15	9.4	14:15	7.2
8:30	1.5	18:30	9.9	4:30	9.3	14:30	7.2
8:45	1.6	18:45	10.1	4:45	9.2	14:45	7.1
9:00	1.7	19:00	10.2	5:00	9.1	15:00	7.1
9:15	1.7	19:15	10.3	5:15	9.1	15:15	7.1
9:30	1.8	19:30	10.4	5:30	9	15:30	7
9:45	1.9	19:45	10.5	5:45	8.9		

Crue centennale							
Jonction 1							
Temps	Débit						
0:00	1	10:00	2.1	20:00	12.5	6:00	10.9
0:15	1	10:15	2.2	20:15	12.6	6:15	10.9
0:30	1	10:30	2.3	20:30	12.7	6:30	10.8
0:45	1	10:45	2.5	20:45	12.8	6:45	10.7
1:00	1	11:00	2.6	21:00	12.9	7:00	10.6
1:15	1	11:15	2.7	21:15	13	7:15	10.5
1:30	1	11:30	2.9	21:30	13	7:30	10.5
1:45	1	11:45	3.1	21:45	13	7:45	10.4
2:00	1	12:00	3.3	22:00	13.1	8:00	10.3
2:15	1	12:15	3.6	22:15	13.1	8:15	10.2
2:30	1	12:30	3.9	22:30	13.1	8:30	10.2
2:45	1	12:45	4.2	22:45	13.1	8:45	10.1
3:00	1	13:00	4.6	23:00	13.1	9:00	10
3:15	1	13:15	4.9	23:15	13.1	9:15	9.9
3:30	1	13:30	5.3	23:30	13	9:30	9.9
3:45	1	13:45	5.7	23:45	13	9:45	9.8
4:00	1	14:00	6.1	0:00	12.9	10:00	9.8
4:15	1	14:15	6.5	0:15	12.9	10:15	9.7
4:30	1	14:30	6.9	0:30	12.8	10:30	9.6
4:45	1	14:45	7.3	0:45	12.7	10:45	9.6
5:00	1	15:00	7.7	1:00	12.7	11:00	9.5
5:15	1.1	15:15	8.1	1:15	12.6	11:15	9.5
5:30	1.1	15:30	8.5	1:30	12.5	11:30	9.4
5:45	1.1	15:45	8.8	1:45	12.4	11:45	9.3
6:00	1.1	16:00	9.1	2:00	12.3	12:00	9.3
6:15	1.2	16:15	9.4	2:15	12.3	12:15	9.2
6:30	1.2	16:30	9.7	2:30	12.2	12:30	9.2
6:45	1.2	16:45	10	2:45	12.1	12:45	9.1
7:00	1.3	17:00	10.2	3:00	12	13:00	9.1
7:15	1.3	17:15	10.5	3:15	11.9	13:15	9
7:30	1.4	17:30	10.7	3:30	11.8	13:30	9
7:45	1.4	17:45	11	3:45	11.7	13:45	8.9
8:00	1.5	18:00	11.2	4:00	11.6	14:00	8.9
8:15	1.5	18:15	11.4	4:15	11.5	14:15	8.8
8:30	1.6	18:30	11.6	4:30	11.5	14:30	8.8
8:45	1.6	18:45	11.8	4:45	11.4	14:45	8.8
9:00	1.7	19:00	12	5:00	11.3	15:00	8.7
9:15	1.8	19:15	12.1	5:15	11.2	15:15	8.7
9:30	1.9	19:30	12.3	5:30	11.1	15:30	8.6
9:45	2	19:45	12.4	5:45	11		