

SIAE Verse

**Etude de faisabilité d'aménagements hydrauliques
visant à réduire le risque d'inondation
et de programmation d'entretien et de restauration de cours
d'eau sur le bassin versant de la Verse**



Programme pluriannuel d'actions et d'entretien

Etude d'incidences hydrauliques

Rapport de synthèse

Avril 2012

24777-SIAE_Verse-RAP03_Etude_incidences_hydrauliques-B



SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	4
2	ENQUETES DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES	5
2.1	ENTRETIENS AVEC LES ELUS	5
2.2	ETUDES ANTERIEURES	5
2.2.1	<i>Etudes hydratec de 1982 et 1992</i>	5
2.2.2	<i>Etudes menées suite aux inondations de juin 2007</i>	5
2.3	RECONNAISSANCE DES OUVRAGES	6
2.3.1	<i>Busage dans la traversée de Guiscard</i>	6
2.3.2	<i>La Verse dans la traversée de Noyon</i>	6
2.3.3	<i>Ouvrage de franchissement du canal latéral à l'Oise</i>	6
3	ANALYSE HYDROLOGIQUE DES CRUES HISTORIQUES	7
3.1	INTRODUCTION	7
3.2	STATIONS HYDROMETRIQUES	7
3.3	CAMPAGNE DE MESURE DE DEBITS	8
3.4	STATISTIQUES DE DEBITS DE CRUE	10
3.4.1	<i>La Divette à Passel</i>	10
3.4.2	<i>Estimation des débits de crue de la Verse à Noyon (amont)</i>	13
3.5	MODELISATION PLUIE - DEBIT	13
3.5.1	<i>Choix des crues de calage</i>	13
3.5.2	<i>Données pluviométriques recueillies</i>	14
3.5.3	<i>Présentation détaillée des événements pluviométriques</i>	16
3.5.4	<i>Découpage en sous-bassins versants et caractéristiques physiques</i>	20
3.5.5	<i>Description du modèle pluie-débit mis en œuvre</i>	22
3.5.6	<i>Calage du modèle hydrologique de la Divette</i>	23
3.5.7	<i>Paramétrage des modèles pluie – débit des sous bassins versants de la Verse</i>	24
4	MODELE HYDRAULIQUE	26
4.1	PRESENTATION	26
4.1.1	<i>Généralités</i>	26
4.1.2	<i>Crues modélisées</i>	26
4.1.3	<i>Emprise du modèle</i>	26
4.2	CONSTRUCTION DU MODELE HYDRAULIQUE	27
4.2.1	<i>Le logiciel de simulation HYDRARIV</i>	27
4.2.2	<i>Données topographiques et bathymétriques</i>	29
4.2.3	<i>Schématisation</i>	30
4.2.4	<i>Définition des apports hydrologiques</i>	35
4.3	CALAGE ET VALIDATION DU MODELE HYDRAULIQUE	35
4.3.1	<i>Choix des crues de calage</i>	35

4.3.2	<i>Données de calage</i>	35
4.4	CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE	36
4.4.1	<i>Evénement de mai 2009</i>	36
4.4.2	<i>Crue de juin 2007</i>	38
4.4.3	<i>Crue de décembre 1993</i>	42
4.5	CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES	44
5	DIAGNOSTIC	45
5.1	INONDATIONS PAR DEBORDEMENTS SUR LES COURS D'EAU MODELISES	45
5.1.1	<i>Guiscard</i>	45
5.1.2	<i>Noyon</i>	46
5.1.3	<i>Rôle des Marais</i>	47
5.1.4	<i>Influence de l'Oise</i>	51
5.2	INONDATIONS PAR DEBORDEMENT DE PETITS COURS D'EAU NON MODELISES	52
5.2.1	<i>Ru des Brûlés en amont de Buchoire</i>	52
5.2.2	<i>Fossé de la Gleue</i>	52
5.2.3	<i>Ru de Crisolles</i>	52
5.2.4	<i>Ru de Yeppees</i>	52
5.2.5	<i>Fossé de l'Etincelle, fossé de Melet et fossé des Fonds</i>	52
6	STATISTIQUES HYDROLOGIQUES	53
6.1	ANALYSE STATISTIQUE SUR LA PLUVIOMETRIE	53
6.2	MODELISATIONS HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES COMPLEMENTAIRES	56
6.2.1	<i>Méthodologie</i>	56
6.2.2	<i>Crues historiques</i>	56
6.2.3	<i>Crues synthétiques</i>	56
6.3	ESTIMATION DES PERIODES DE RETOUR DES CRUES RARES DE LA VERSE EN AMONT DE NOYON (RUE DU FAUBOURG D'AMIENS)	62
6.3.1	<i>Reconstitution d'une série historique de débits maxima annuels</i>	62
6.3.2	<i>Ajustement statistique sur les débits maxima annuels reconstitués de la Verse en amont de Noyon</i>	62
6.3.3	<i>Méthode du Gradex</i>	63
6.3.4	<i>Bilan</i>	64
6.4	ESTIMATION DES PERIODES DE RETOUR DES CRUES RARES DE LA VERSE EN AVAL DE GUISCARD	64
6.5	DEFINITION D'UNE HYDROLOGIE DE REFERENCE POUR LE DIMENSIONNEMENT DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES	65
6.5.1	<i>Evénements synthétiques d'été et d'hiver</i>	65
6.5.2	<i>Définition d'une hydrologie de référence</i>	66
6.6	CONCLUSION, CHOIX D'UNE CRUE DE PROJET POUR LES AMENAGEMENTS	71
7	AMENAGEMENTS DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS SUR LES COURS D'EAU	72
7.1	OBJECTIF : RECHERCHE DE SCENARIOS D'AMENAGEMENTS DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS SUR LES COURS D'EAU A L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT	72

7.1.1	<i>Méthodologie</i>	72
7.1.2	<i>Exploitation du modèle hydraulique</i>	73
7.1.3	<i>Précisions sur les ouvrages de ralentissement dynamique</i>	74
7.2	<i>LA VERSE DE BEAUGIES A GUISCARD</i>	76
7.2.1	<i>Rappel des dysfonctionnements constatés</i>	76
7.2.2	<i>Ouverture de la Verse dans la traversée de Guiscard, avec suppression de la chute aval et reprise du lit mineur sur 400m en amont de Guiscard</i>	76
7.2.3	<i>Incidence de l'aménagement sur la propagation des crues de la Verse</i>	79
7.3	<i>REMISE DE LA VERSE DE GUIVRY EN FOND DE VALLEE EN AVAL DE LA RUE H. VERSEPUY</i>	80
7.4	<i>AMENAGEMENT DE LA VERSE A BUSSY</i>	81
7.5	<i>LA VERSE A NOYON</i>	82
7.5.1	<i>Augmentation de la capacité d'écoulement</i>	82
7.5.2	<i>φ2000</i>	82
7.5.3	<i>Protections rapprochées</i>	83
7.6	<i>AMENAGEMENTS SUR LES AFFLUENTS DE LA VERSE</i>	83
7.6.1	<i>Le ru de Fréniches</i>	83
7.6.2	<i>Le ru de la Fontaine Caboche</i>	86
7.7	<i>RECHERCHE DE SOLUTIONS DE RALENTISSEMENT DYNAMIQUE DES CRUES DE LA VERSE</i>	89
7.7.1	<i>Objectifs</i>	89
7.7.2	<i>Ouvrage de ralentissement dynamique des crues de la Verse de Beaugies</i>	89
7.7.3	<i>Ouvrage de ralentissement dynamique sur la Verse de Guivry</i>	92
7.7.4	<i>Ouvrage de ralentissement dynamique sur la Verse aval</i>	96
7.8	<i>INCIDENCE D'UNE REDUCTION DE SECTION DE LA VERSE DANS LES MARAIS</i>	97
7.9	<i>SCENARIOS GLOBAUX D'AMENAGEMENTS DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS</i>	99
7.9.1	<i>Présentation générale</i>	99
7.9.2	<i>Scénario 3</i>	101
7.9.3	<i>Scénario 4b</i>	109
7.9.4	<i>Automatisation de l'ouvrage de ralentissement dynamique de Muirancourt</i>	118

1 INTRODUCTION

Le présent document constitue l'étude d'incidences hydrauliques du scénario global d'aménagement de lutte contre les inondations défini dans le cadre du programme pluriannuel d'actions et d'entretien.

Il présente les hypothèses hydrologiques retenues, le modèle hydraulique mis en œuvre, le diagnostic établi et les incidences hydrauliques des aménagements de lutte contre les inondations sur les hauteurs de submersion et la dynamique de propagation des crues.

Cette étude définit précisément l'aléa inondation pour des crues de périodes de retour comprises entre la crue décennale et la crue centennale, et pour les crues historiques de décembre 1993 et juin 2007. Ces éléments peuvent être repris pour élaborer les cartes d'aléa dans le cadre de l'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques d'Inondations (PPRI) sur le bassin de la Verse.

Ce rapport est complété par les pièces suivantes annexées :

- Rapport d'annexes,
- Planches cartographiques A0 :
 - Planche cartographique n°1a : calage, crue de juin n2007, Verse amont
 - Planche cartographique n°1b : calage, crue de juin n2007, Verse aval
 - Planche cartographique n°2a : calage, crue de décembre 1993, Verse amont
 - Planche cartographique n°2b : calage, crue de décembre 1993, Verse aval
 - Planche cartographique n°3 : synthèse du diagnostic hydraulique
 - Planche cartographique n°4a, Incidences du scénario d'aménagement n°3, Crue de décembre 1993
 - Planche cartographique n°4b , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Crue de juin 2007
 - Planche cartographique n°4c , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Q10
 - Planche cartographique n°4d, Incidences du scénario d'aménagement n°3, Q20
 - Planche cartographique n°4e , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Q30
 - Planche cartographique n°4f , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Q50
 - Planche cartographique n°4g , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Q100
 - Planche cartographique n°5a, Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Crue de décembre 1993
 - Planche cartographique n°5b , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Crue de juin 2007
 - Planche cartographique n°5c , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q10
 - Planche cartographique n°5d, Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q20
 - Planche cartographique n°5e , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q30
 - Planche cartographique n°5f , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q50
 - Planche cartographique n°5g , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q100

2 ENQUETES DE TERRAIN ET RECUEIL DE DONNEES

2.1 ENTRETIENS AVEC LES ELUS

Les élus de 23 communes ont été rencontrés entre mai et septembre 2009 pour établir un état des lieux de terrain des dysfonctionnements observés.

2.2 ETUDES ANTERIEURES

2.2.1 Etudes hydratec de 1982 et 1992

Suite aux crues de 1980 et 1981, Hydratec a réalisé en 1982 une première étude sur la problématique des inondations dans le bassin de la Verse. Cette étude avait été réalisée sous la maîtrise d'ouvrage du Conseil Général de l'Oise, en l'absence d'un maître d'ouvrage local ayant compétence sur l'ensemble de la vallée.

Pour la protection de Noyon, il avait été préconisé de renforcer le rôle d'écrêtement des crues des marais entre Guiscard et Noyon. Cette préconisation est restée sans suite, compte tenu de l'opposition des communes sur les territoires desquelles se trouvent ces marais et de l'absence d'une maîtrise d'ouvrage locale pouvant porter cette démarche de valorisation du rôle d'écrêtement de crue des marais.

En 1992, le syndicat intercommunal de la Verse, créé entre temps, a confié une nouvelle étude au groupement Hydratec - Moulin de Lucy. L'objectif était alors de trouver des solutions situées sur les territoires des communes qui subissent les dommages, à savoir essentiellement Guiscard et Noyon. Ce qui est éloigné d'une vision de bassin versant et de la doctrine maintenant admise du ralentissement dynamique des crues.

D'où la préconisation en particulier d'une dérivation par une conduite de diamètre 2 m en parallèle à la Verse à Noyon et d'un bassin de rétention tout proche car situé sur le territoire de Noyon. Cette conduite a été réalisée en 1998, sous maîtrise d'ouvrage du Syndicat de la Verse et maîtrise d'œuvre de la DDAF de l'Oise. Les plans de récolement de cet ouvrage ont pu être récupérés auprès des services techniques de la ville de Noyon.

Des travaux ont également été réalisés à Guiscard, notamment pour faciliter l'écoulement des réseaux de collecte des eaux pluviales urbaines vers la Verse en aval du village afin de pallier la faible capacité de la Verse busée dans la traversée de la ville ; ces aménagements ont été complétés par la création d'un ouvrage de rétention en aval de Guiscard permettant de stocker temporairement ces eaux de ruissellement urbain. La Verse de Beaugies a été remise en fond de vallée en aval de la traversée busée de Guiscard.

2.2.2 Etudes menées suite aux inondations de juin 2007

Suite à l'orage des 7 et 8 juin 2007 ayant entraîné l'inondation dévastatrice de la vallée de la Verse et de ses affluents, M. Bonnard Yves, docteur en géographe, a établi un constat détaillé de la formation et de la propagation de la crue, ainsi que des dommages occasionnés ; ce document pointe un certain

nombre de dysfonctionnements aggravant les inondations ainsi qu'une absence de prévision de crue, de prévention des inondations et de gestion de crise.

L'Entente Oise Aisne a ensuite fait réaliser un document intitulé « Analyse de l'événement des 7 et 8 juin 2007 sur le secteur de Noyon-Guiscard » par le bureau d'études Benoist JOURNEL. Ce document fait un bilan de la crue à travers des témoignages de riverains et une collecte de données météorologiques permettant d'estimer la fréquence d'occurrence de l'événement pluvieux. Un état des lieux de la Verse et de ses ouvrages hydrauliques est dressé afin de définir des orientations de travaux et des stratégies de prévention des crues. Une cartographie des zones inondées lors de la crue est réalisée ; les délimitations sont relativement grossières et non exhaustives.

L'Etat a ensuite lancé une étude intitulée « Monographie et analyse des inondations survenues dans le Noyonnais suite à l'orage du 7-8 juin 2007 suivie des pistes de réflexion pour améliorer la situation », réalisée par le bureau d'études Moulin de Lucy. Ce document a été porté à connaissance des communes concernées en septembre 2009. Ce rapport reprend une cartographie des zones inondées par la crue de juin 2007 établie par les services de l'Etat après l'événement. Le document est constitué d'un rapport spécifique pour chacune des communes concernées ; il comprend une présentation géographique de l'hydrographie et des bassins versant, une synthèse des dysfonctionnements observés en juin 2007 et des propositions d'aménagements.

2.3 RECONNAISSANCE DES OUVRAGES

2.3.1 Busage dans la traversée de Guiscard

La section busée de la Verse dans la traversée de Guiscard a été parcourue à pied afin d'établir un état des lieux visuel de l'ouvrage et de relever la profondeur de chaque regard.

2.3.2 La Verse dans la traversée de Noyon

Le cours de la Verse a été parcouru à pied du boulevard Charmolue à la voie ferrée en aval. Les sections des linéaires souterrains et les caractéristiques des ouvrages de l'ancien moulin d'Andeux ont été relevées.

2.3.3 Ouvrage de franchissement du canal latéral à l'Oise

L'ouvrage de franchissement de la Verse par le canal latéral à l'Oise a été inspecté, permettant de préciser les plans incomplets de l'ouvrage fournis par VNF.

3 ANALYSE HYDROLOGIQUE DES CRUES HISTORIQUES

3.1 INTRODUCTION

L'analyse hydrologique vise à définir les caractéristiques des hydrogrammes de crue des sous bassins versants de la Verse, et notamment au droit des secteurs urbanisés, les plus vulnérables à l'aléa inondation, ainsi que les périodes de retour des crues historiques.

La connaissance de ces caractéristiques hydrologiques passe par une analyse détaillée des crues historiques, et notamment des débits de pointe et des volumes écoulés afin d'orienter les politiques d'aménagement de lutte contre les inondations.

Aucune station de mesure de débits n'est implantée sur le cours de la Verse et de ses affluents. Le calcul des hydrogrammes est réalisé via un module de transformation pluie-débit (modèle à réservoirs dit « conceptuel ») : Hydra-Bv (développé par Hydratec). Le calage des lois de production pluie-débit, composante essentielle de leur mise en œuvre, est relativement délicat dans la mesure où le phénomène de ruissellement est un processus non linéaire qui dépend de nombreux facteurs, et en particulier de l'état de saturation des sols au moment de la précipitation, cet état évoluant constamment.

La Divette, affluent de l'Oise dont le bassin versant jouxte celui de la Mèze et de la Verse aval, dispose d'une station hydrométrique à Passel. Les éléments disponibles à cette station permettent de réaliser une analyse fréquentielle des débits de crue et un calage des paramètres des modèles pluie – débit ; ces éléments sont ensuite extrapolés au bassin versant de la Verse.

3.2 STATIONS HYDROMÉTRIQUES

De 1968 à 1971, 2 stations étaient présentes sur le bassin versant de la Verse. Une était implantée à l'amont de la ville de Noyon (bassin versant contrôlé de 136 km² - source banque hydro), et l'autre était située en aval de Noyon (bassin versant contrôlé de 147 km²).

Depuis septembre 2009 des mesures sont à nouveau disponibles à l'amont de la ville de Noyon, sur la Verse.

Compte tenu du faible nombre d'année d'ouverture des stations de la Verse, il n'est pas possible de réaliser de statistiques de débits de crue à partir de ces mesures.

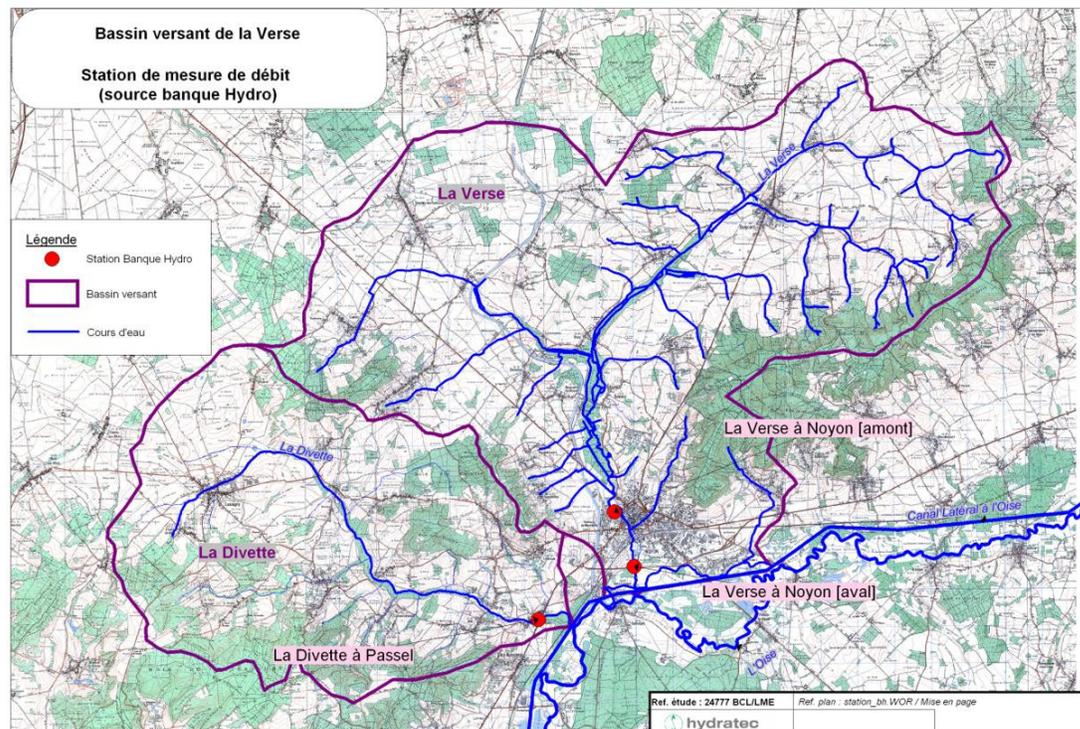
Il est à noter que dans le cadre de cette étude une campagne de mesure a été réalisée sur le cours de la Verse, d'avril à août 2009. Ces mesures seront utilisées dans la suite de l'étude pour le calage des modèles hydrologique et hydraulique.

A proximité immédiate de la Verse, le bassin versant de la Divette (limitrophe à celui de la Verse) dispose de mesures de débits à Passel (à l'aval du cours d'eau) depuis 1972 (bassin versant contrôlé

de 72 km²). Les périodes de mesures sur la Verse et la Divette ne présentent aucun recouvrement, ce qui ne permet pas d'établir de relation de corrélation entre les débits de ces deux cours d'eau.

Les stations de la Divette et de la Verse sont localisées sur la carte présentée ci-après.

Figure 1 : localisation des stations de mesure de débit (source banque hydro)



3.3 CAMPAGNE DE MESURE DE DEBITS

Une campagne de mesures de débits a été mise en œuvre dans le cadre de la présente étude, afin de préciser le comportement hydrologique de la Verse et de la Mève en différents points du bassin versant : temps de réponse à la pluie, débits de pointe, propagation des hydrogrammes.

Les appareils sont de type débitmètres / limnimètres doppler Mainstream IV présentant les caractéristiques suivantes :

- Unité avec microprocesseur*
- Enregistreur de 128 ko*
- Batterie rechargeable*
- IP68*
- Sortie asservissement échantillonneur*
- Capteur combiné Hauteur / Vitesse : capteur de hauteur 0 – 350mbar*
- capteur de vitesse : 5cm/s à 5 m/s*
- Interfacé logiciel WINDFLUID*

4 points de mesure ont été instrumentés, localisés sur la carte ci-après :

- La Verse à Noyon (pont de la RD934),
- La Mève à Sermaize (franchissement de la voie ferrée désaffectée),
- La Verse de Guivry à Guiscard (pont de la RD 128),
- La Verse de Beaugis à Guiscard (amont du linéaire busé).

L'installation a été effectuée le 27 avril 2009, complétée par un relevé de la section des cours d'eau et un jaugeage au moulinet au droit de chacun des points de mesure.

Nous prévoyons d'effectuer une visite des appareils par mois afin de vérifier les installations et le libre écoulement des eaux et d'effectuer des jaugeages complémentaires.

Les appareils sont restés en place pendant 4 mois, soit jusqu'à fin août 2009.

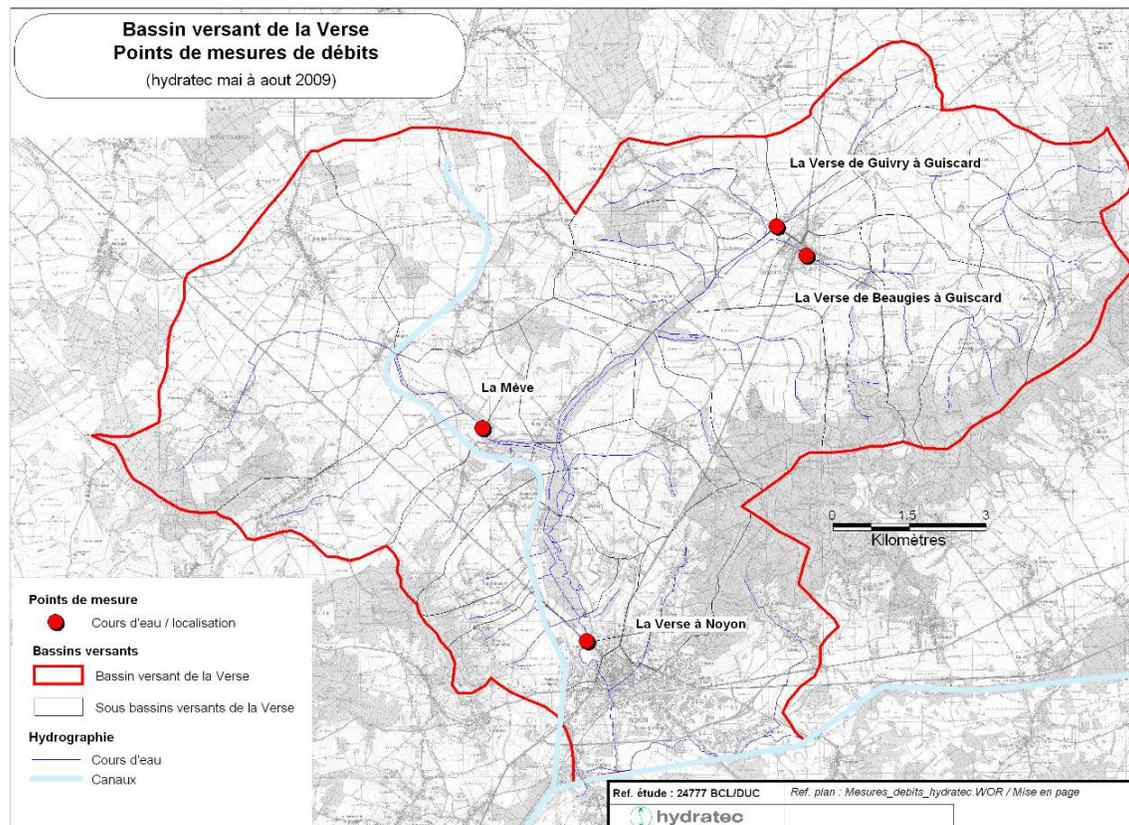
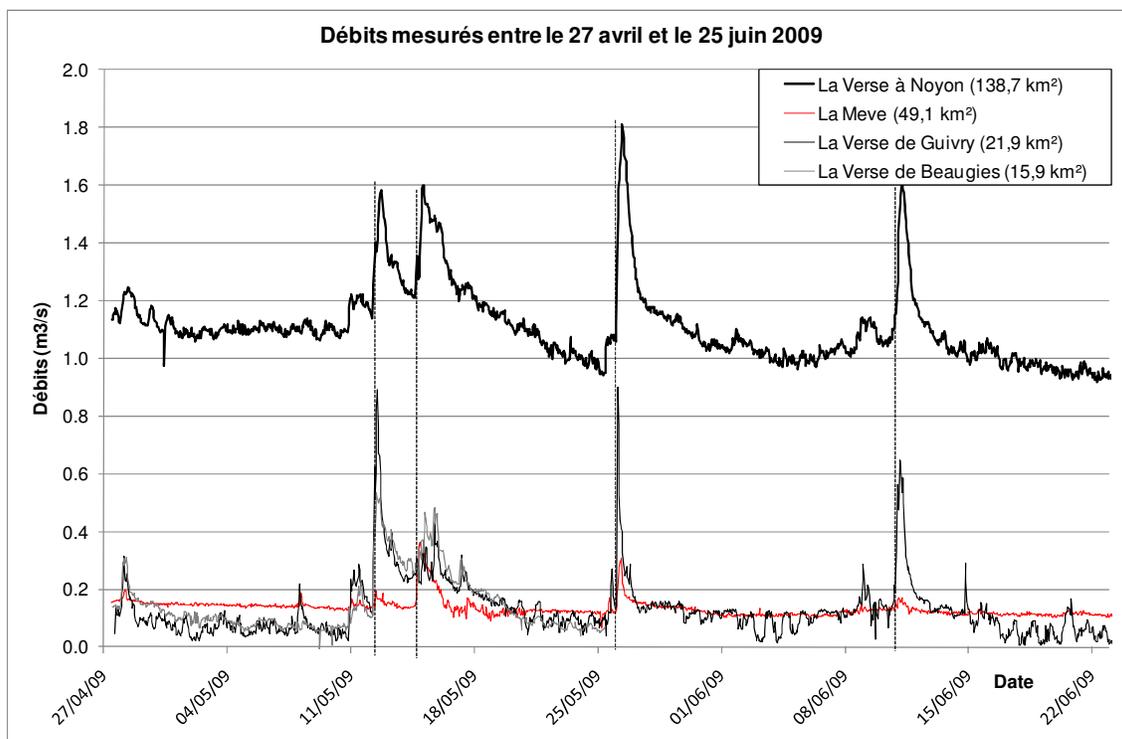


Figure 2 : Points de mesures de débit de la Verse et de la Mève instrumentés entre mai et août 2009

L'appareil implanté sur la Verse de Beaugies a été détérioré à deux reprises, entraînant des périodes sans données.

Le graphique ci-après présente les données collectées sur les mois de mai et juin 2009, aucune montée d'eau significative n'ayant été enregistrée sur la période juillet – août.

Les apports de la Mève présentent des réponses à la pluie nettement moins marquées que ceux des Verse de Guivry et de Beaugies.



Graphique 1 : Débit de la Verse et de la Mève entre le 27 avril et le 23 juin 2009

3.4 STATISTIQUES DE DEBITS DE CRUE

Comme évoqué précédemment, il n'est pas possible de réaliser directement un ajustement statistique sur les mesures de débits disponibles sur la Verse à Noyon (nombre d'année de mesure trop réduit).

Les statistiques de crue de la Verse seront donc reconstituées à partir de celles réalisées sur la station de la Divette à Passel.

3.4.1 La Divette à Passel

Les données de mesure de débit de la Divette à Passel sont jugées par la banque hydro (gestionnaire de cette station) comme :

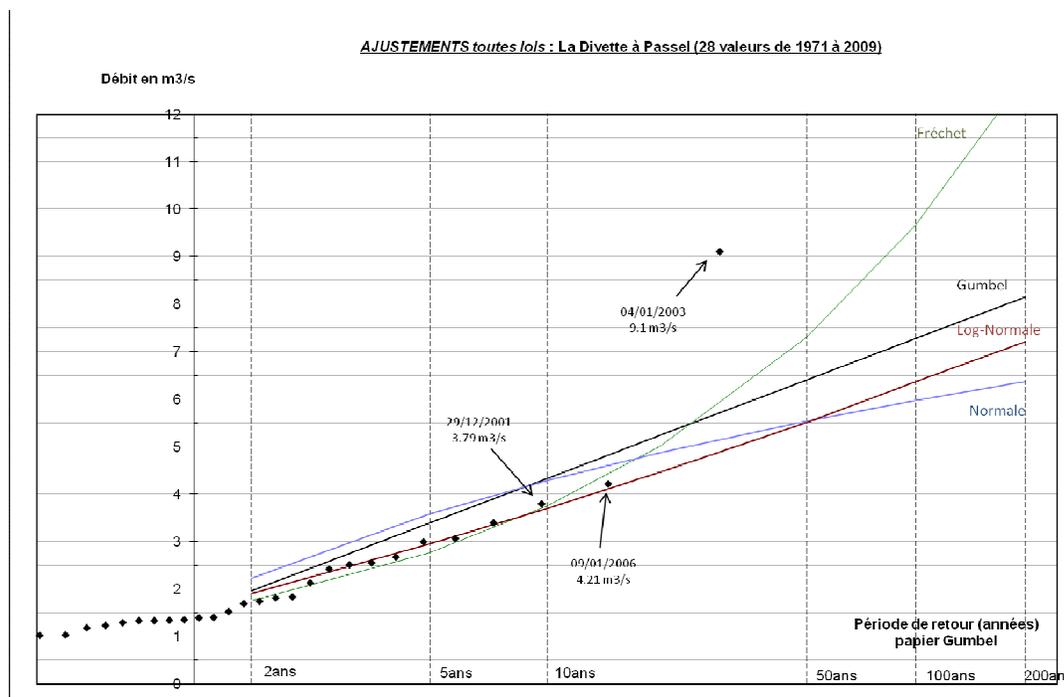
- 'Douteuses' de 1972 à 1985 sauf pour l'année 1977 où les données sont jugées 'invalidées'.
- 'Invalidées' en 1986.
- 'Provisoires' de 1987 à 1991.
- 'Invalidées' et partielles en 1992.
- Absentes de 1993 à 1999.
- 'Provisoires' depuis 2000.

Nota : les termes entre ' ' correspondent à la désignation qualitative des mesures employée par la banque hydro.

Les données de débit de la Divette à Passel sont donc à considérer avec prudence dans le suite de l'étude (qualité des données incertaines).

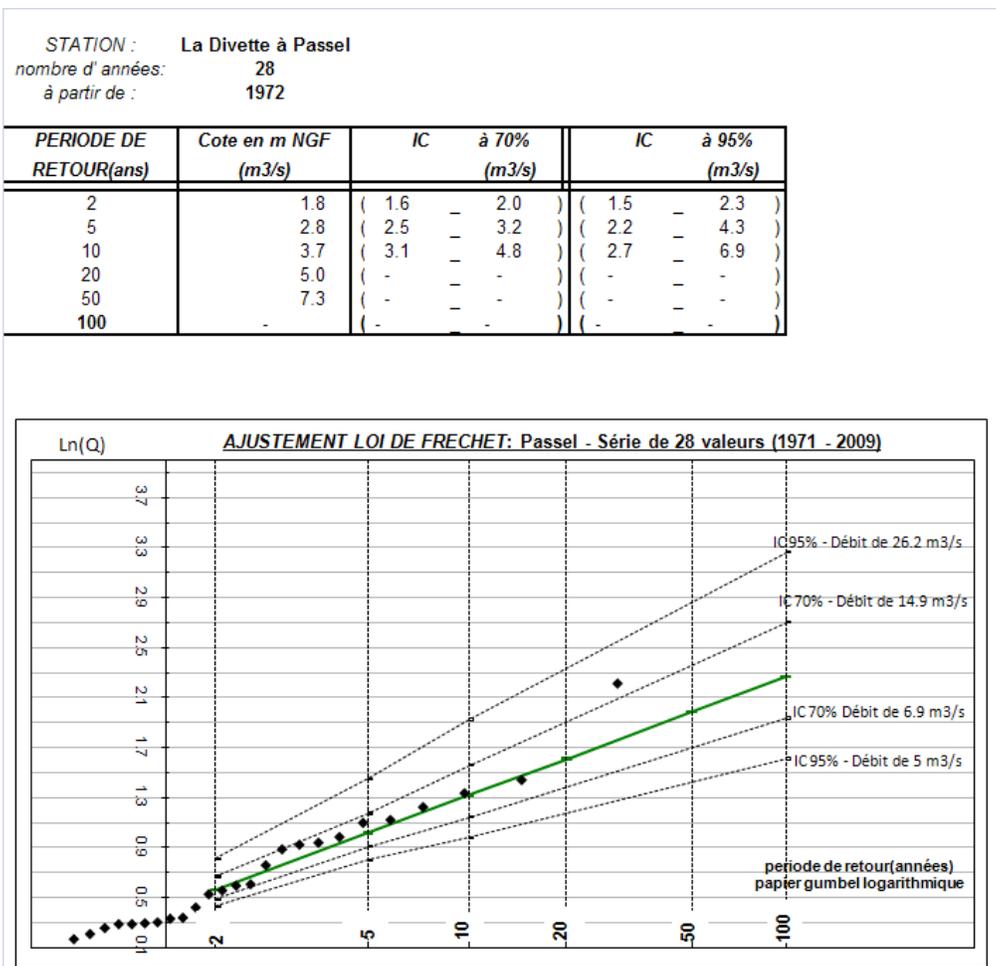
Les statistiques de crue de la Divette à Passel ont été réalisées à partir des maximums annuels donnés par la Banque Hydro (procédure CRUCAL). Il est cependant à noter qu'il n'y a pas de maximums annuels recensés de 1992 à 2000 (absence de mesure).

Les ajustements statistiques réalisés sur les débits instantanés de crue pour différentes lois sont présentés graphiquement ci-après.



Graphique 2 : Débits maximum annuels des débits instantanés de la Divette – Ajustements statistiques

C'est l'ajustement par la loi de Fréchet qui est le plus proche des valeurs observés. Cet ajustement est présenté de manière plus spécifique ci-après.



Graphique 3 : Débits maximum annuels des débits instantanés de la Divette – Loi de Frechet

La station étant en service depuis 38 ans, avec 28 valeurs de maxima annuels disponibles, l'ajustement des débits maximums annuels ne permet pas d'estimer les débits de période de retour supérieurs à 50 ans.

D'après l'ajustement réalisé, le débit décennal de la Divette à Passel [et son intervalle de confiance à 70%] serait de 3.7 m³/s [2.1 – 4.8].

Lors de l'étude de 1992 l'ajustement avait donné un débit décennal de l'ordre de 2.6 m³/s. Il est à noter que les 3 plus forts débits mesurés à cette station sont postérieurs à 1992 (2001, 2006 et 2003) et sont très supérieurs aux 3 plus forts débits mesurés avant 1992 (le débit maximal mesuré avant 1992 était de l'ordre de 3.2 m³/s contre 9.1 m³/s en 2003).

3.4.2 Estimation des débits de crue de la Verse à Noyon (amont)

Pour des bassins versants comparables (on pourra se référer à l'étude géologique), et de superficies différentes, il est fait l'hypothèse que les débits de crue sont proportionnels au ratio des surfaces à la puissance 0.8, à savoir :

$$Q_{\text{verse}} = (S_{\text{verse}} / S_{\text{divette}})^{0.8} \times Q_{\text{divette}}$$

En employant cette formule le débit décennal de la Verse à Noyon (amont – 136 km²) serait de : 6.2 m³/s.

Nota : Lors de l'étude de 1992 sur la Verse le débit décennal de la Verse avait été estimé à 8.5 m³/s. Ce débit de 8.5 m³/s correspondait à la moyenne entre le débit de débordement à la traversée de Noyon et le débit correspondant aux plus hautes eaux connus alors.

3.5 MODELISATION PLUIE - DEBIT

3.5.1 Choix des crues de calage

6 événements hydrologiques ont été retenus pour caler les modèles hydrologiques. Ces événements et les motivations ayant conduit à leur choix sont indiquées ci-après :

- Crue de **décembre 1993** :
Crue marquante sur le bassin versant de la Verse et de l'Oise en général. Des repères de crues sur le bassin de la Verse sont disponibles pour cette crue. Aucune donnée de débit n'est disponible sur cette crue (que ce soit pour la Verse ou la Divette)
- Orage de **juin 2007** :
Événement récent qui a été particulièrement dévastateur sur le bassin versant de la Verse. Des lames d'eau radar ont été commandées auprès de Météo-France pour cet événement afin de mieux appréhender le phénomène pluvieux à l'origine de ces dommages.
- Événement de **mai 2009** :
Des mesures de débit ont été réalisées entre mai et août 2009 dans le cadre de cette étude, en 4 points du bassin versant. Même si pendant cette période il n'y a pas eu de pic de crue remarquable, il a été sélectionné l'événement du 26/05/2009 (avec un débit de pointe de 1.8 m³/s en amont de noyon) afin de valoriser les mesures réalisées.

Les 3 autres crues concernent les événements les plus importants enregistrés à la station de Passel sur la Divette. Aucune information, même qualitative, n'a pu être recueillie sur la Verse pour ces événements.

- Événement de **janvier 2003** :
Le débit enregistré sur la Divette le 4/1/2003 est le débit le plus fort mesuré depuis que la station existe (1972) : 9.1 m³/s. Il est cependant à noter que cette valeur est estimée et jugée comme incertaine (d'après le code qualité donné par la banque hydro). La période de retour de cet événement serait de l'ordre de 100 ans pour la Divette à Passel.
- Événement de **mai 2006** :

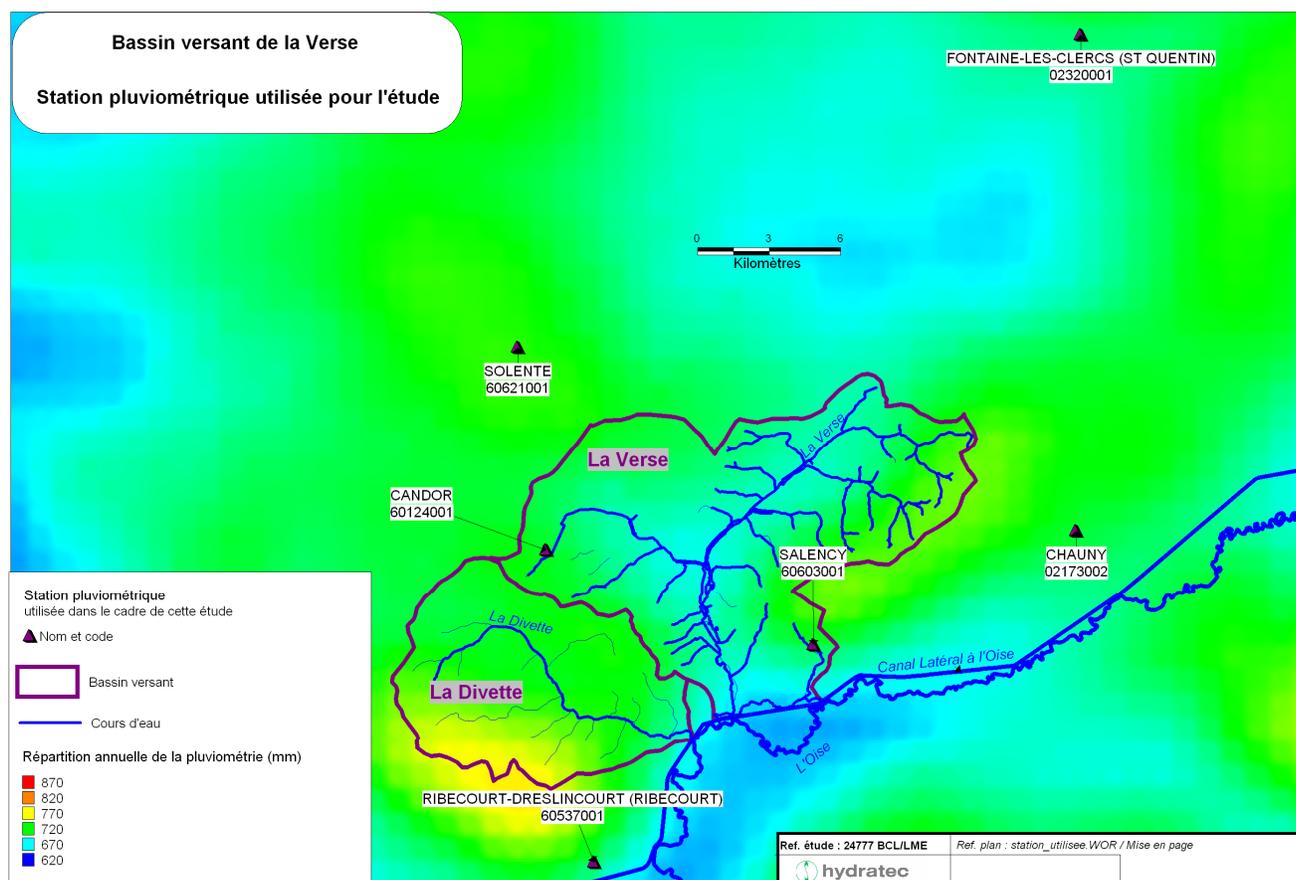
Le débit enregistré sur la Divette le 9/5/2006 est le 2^{ème} débit le plus fort mesuré depuis que la station existe (1972) : 4.2 m³/s. La période de retour de cet événement serait de l'ordre de 10 à 20 ans pour la Divette à Passel.

- Evénement de **décembre 2001** :
Le débit enregistré sur la Divette le 29/12/2001 est le 3^{ème} débit le plus fort mesuré depuis que la station existe (1972) : 3.8 m³/s. La période de retour de cet événement serait de l'ordre de 10 ans pour la Divette à Passel.

3.5.2 Données pluviométriques recueillies

Les stations pluviométriques qui ont été utilisées pour cette étude sont localisées sur la carte présentées ci-après.

Figure 3 : Localisation des stations pluviométriques utilisées pour l'étude



Les 6 événements définis précédemment sont étudiés ; pour chacun d'entre eux, deux périodes sont distinguées :

- La **période dite « préparatoire »** : Période allant du premier septembre précédent la crue jusqu'au début de crue (la fin de la période préparatoire se termine là où commence la période intense). Cette période préparatoire a pour objet d'estimer au mieux le niveau de remplissage des sols au moment où débute la période intense. L'objectif n'étant pas de reproduire au mieux les débits mesurés les données pluviométriques recueillies peuvent être à pas de temps journalier et le nombre de pluviomètre pour lesquelles des données sont recueillies peut être réduit.
- La **période dite « intense »** : Période pluvieuse ayant généré le pic de débit le plus important. Afin de reproduire au mieux les débits, la pluviométrie recueillie sera à pas de temps plus fin : horaire.

3.5.2.1 Période préparatoire

Les données de pluviométrie journalière ont été recueillies sur 2 postes : Chauny et Candor. Les périodes sur lesquelles ces données ont été recueillies sont mentionnées dans le tableau présenté ci-après.

Période préparatoire – Pluviométrie quotidienne		
Crue et période	Chauny (02173002)	Candor (60124001)
Décembre 1993 01/09/1993 au 16/12/1993	X	X
Décembre 2001 01/09/2001 au 05/01/2002	X	X
Janvier 2003 01/09/2002 au 10/01/2003	X	X
Mai 2006 01/09/2005 au 14/05/2006	X	X
Juin 2007 01/09/2006 au 06/06/2007	X	X
Mai 2009 01/09/2008 au 30/05/2009	X	X

Tableau 1 : Données de pluviométrie quotidiennes exploitées

3.5.2.2 Période intense

De la pluviométrie horaire a été acquise sur la période intense. Les pluviographes n'étant pas suffisants pour disposer d'une lame d'eau représentative à l'échelle du bassin versant, des données journalières ont également été acquises.

Les données journalières ont été ensuite discrétisées au pas de temps horaire suivant la même répartition que celle constatée, en moyenne, sur les postes où des données horaires ont pu être recueillies.

La synthèse des données recueillies est présentée sous forme de tableau ci-après.

Période intense – Pluviométrie horaire						
Crue et période	Fontaine-les-Clercs (St-Quentin) 02320001	Ribecourt 60537001	Chauny 02173002	Solente 60621001	Candor 60124001	Salency 60603001
Décembre 1993 17/12 7h au 25/12/93 6h	PH	PH partielle	PJ	-	PJ	PJ
Décembre 2001 27/12 7h au 29/12/01 6h	-	PH	PH	-	PJ	PJ
Janvier 2003 31/12/02 7h au 04/01/03 6h	-	PH	PH	-	PJ	PJ
Mai 2006 05/05 7h au 09/05 6h	-	-	PH	-	PJ	PJ
Juin 2007 07/06 21h au 08/06 2h	Lame d'eau radar par pas de 15 minutes. Maille de 1 km.					
Mai 2009 25/05 7h au 28/05/09 6h	-	PH	PH	PH	PJ	PJ

PH : Pluviométrie Horaire

PJ : Pluviométrie Journalière

Tableau 2 : Données de pluviométrie horaires exploitées

Il est présenté ci-après, pour chacun des événements étudiés, une synthèse de la répartition pluviométrique sur la période intense à l'échelle du bassin versant de la Verse.

3.5.3 Présentation détaillée des événements pluviométriques

La répartition spatiale des cumuls de pluviométrie intense des différents événements étudiés est présentée sur les cartes en annexe 1.

3.5.3.1 Décembre 1993 :

Sur les 8 jours de pluviométrie de la période intense, les cumuls sont compris entre 71 et 88 mm. Les cumuls les plus importants ont été enregistrés sur la partie nord du bassin versant (81 et 88 mm à Candor et Chauny). Le cumul le moins important a été enregistré sur la partie sud du bassin versant, à Salency (71 mm enregistrés à Salency).

Nota : La discrétisation des pluies journalières au pas de temps horaire s'est faite principalement à partir du poste de Fontaine les Clercs (St-Quentin), qui est assez éloigné du bassin versant (peu de données horaires étaient disponibles en 1993, le poste de Ribecourt disposant de données horaire de manière très partielle). La discrétisation effectuée devra donc être considérée avec prudence dans la suite de l'étude.

3.5.3.2 Décembre 2001

La pluviométrie sur ces 2 jours de pluviométrie intense, est comprise entre 16 et 23 mm. Un gradient ouest / est semble se dessiner avec une pluviométrie plus soutenue à l'ouest (23 mm) et moins importante à l'est (17 mm).

3.5.3.3 Janvier 2003 :

Sur les 4 jours de pluviométrie de la période intense, le cumul enregistré est compris entre 46 mm et 60 mm. C'est sur la partie sud-ouest du bassin versant que les cumuls les plus importants ont été enregistrés (60 mm enregistrés à Ribecourt et environ 50 mm à Candor et Salency). Au nord-est, le cumul enregistré est plus modéré et est de l'ordre de 46 mm à Chauny.

3.5.3.4 Mai 2006 :

Le cumul pluviométrique sur les 4 jours de la période intense est compris entre 35 et 84 mm. Un gradient ouest / est semble se dessiner avec une pluviométrie plus importante enregistrée à l'ouest (84 mm sur 4 jours dont 50 mm enregistrés le 06/05/2006 à Candor) et comparativement moins soutenue à l'est (35 mm sur 4 jours dont 10 mm enregistrés le 06/05/2006 à Chauny).

Nota : Il y a peu de données horaires disponibles pour cette crue. La discrétisation au pas de temps horaire s'est réalisée à partir de la station de Chauny où il a comparativement peu plu par rapport aux autres stations. La discrétisation effectuée devra donc être considérée avec prudence dans la suite de l'étude.

3.5.3.5 Juin 2007 :

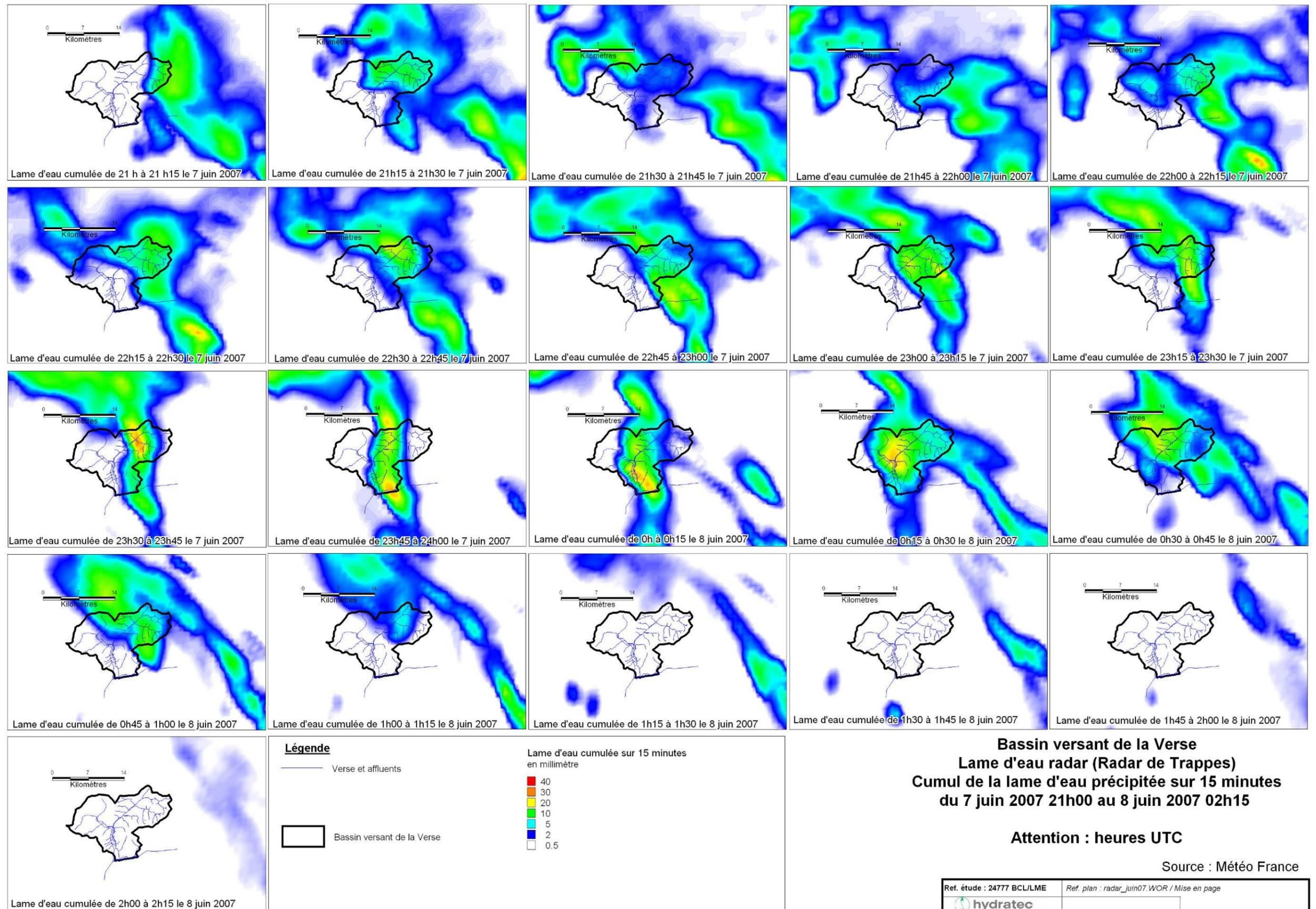
Cet épisode pluvieux a été particulièrement brusque dans le temps et localisé dans l'espace. C'est pourquoi des lames d'eau radar (cumul de la lame d'eau sur 15 minutes disponible par maille de 1 km) du 07 juin 2007 23h00 au 08 juin 2007 4h15 (heures locales) ont été commandées auprès de Météo France.

Les cartes de répartition de la lame d'eau cumulée sur 15 minutes du 7 juin 2007 23h00 au 08 juin 2007 4h15 sont données ci-après.

La partie nord est du bassin versant est sollicitée de manière relativement continue de 23h à 01h45. De 01h à 01h45 la pluie a été particulièrement prononcée sur cette partie nord est de bassin versant avec des valeurs de pluviométrie pouvant atteindre 30 mm sur 15 minutes. De 01h45 à 2h30 la zone pluvieuse intense se déplace vers le sud, sud-ouest du bassin versant, soit vers l'aval du cours d'eau. Les cumuls sur 15 minutes atteignent alors localement des valeurs comprises entre 20 et 30 mm. De 2h30 à 3h15, la pluie devient moins intense et après 3h15 elle ne touche plus le bassin versant de la Verse.

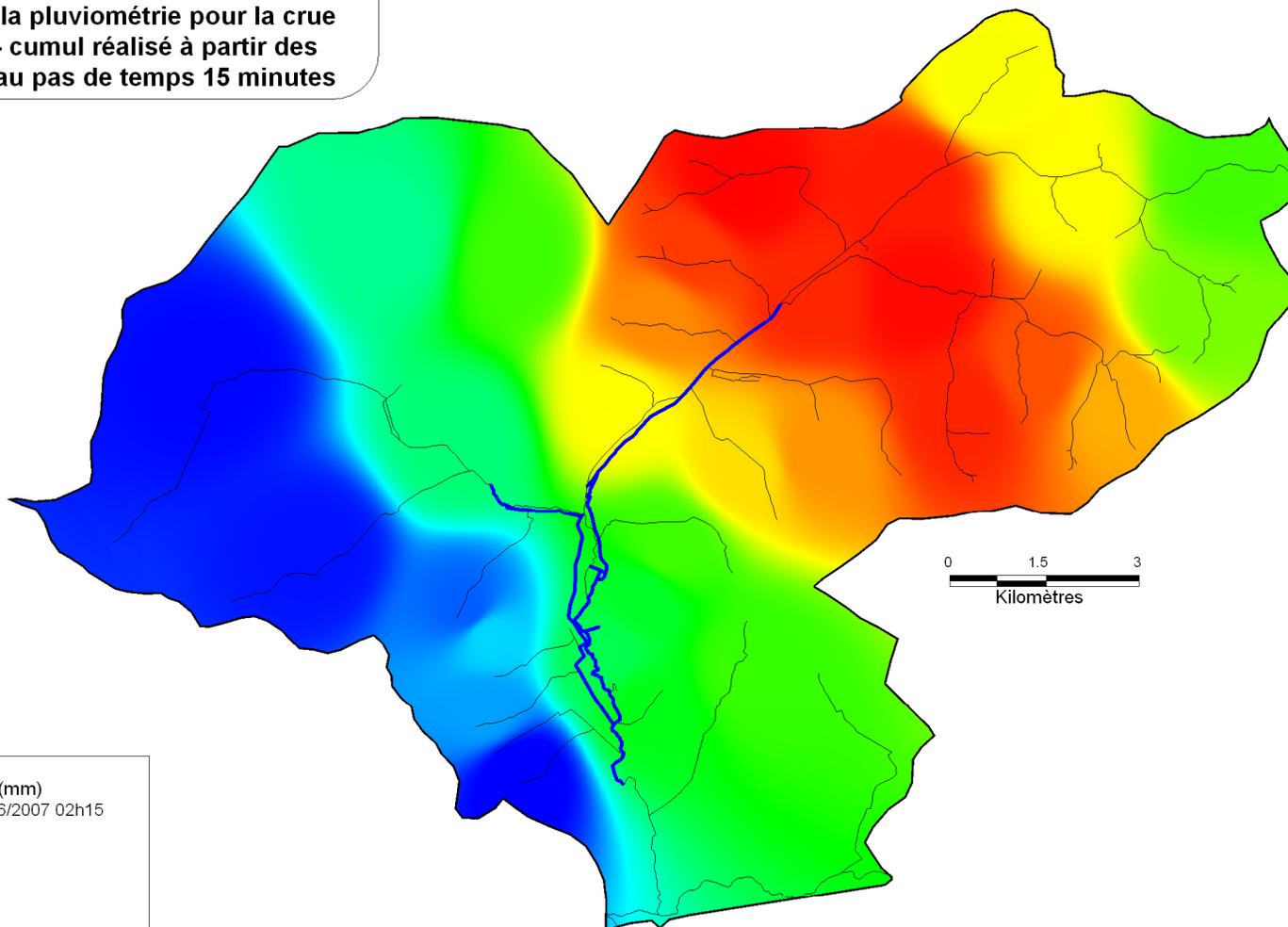
Le cumul de la pluviométrie enregistré sur l'ensemble de l'événement (du 07 juin 2007 23h00 au 08 juin 2007 4h15) a aussi été réalisé et est disponible sous forme cartographique ci-après. Sur ces 4 heures de pluie, les cumuls ont pu atteindre jusqu'à 140 mm sur la partie nord-est du bassin versant, alors que pendant le même temps, sur la partie ouest il est tombé uniquement de l'ordre de 10 mm.

Figure 4 : Répartition de la pluviométrie pour l'événement de juin 2007 – Lamé d'eau cumulée sur 15 minutes de 23h00 le 7 juin à 4h15 le 8 juin 2007 (heures locales).

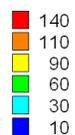


Bassin versant de la Verse

Répartition de la pluviométrie pour la crue de juin 2007 - cumul réalisé à partir des images radar au pas de temps 15 minutes



Pluviométrie cumulée (mm)
du 07/06 21h00 au 08/06/2007 02h15



□ Bassin versant de la Verse

Figure 5 : Cumul de la pluviométrie enregistrée du 07 juin 2007 21h00 au 08 juin 2h15

Ref. étude : 24777 BCL/LME

Ref. plan : Pluie_k07.WOR / Mise en page



3.5.3.6 Mai 2009 :

Le cumul pluviométrique sur ces 3 jours est relativement homogène avec des valeurs de l'ordre de 20 mm.

3.5.4 Découpage en sous-bassins versants et caractéristiques physiques

Le bassin versant de la Verse a été découpé en 31 sous bassins versants.

Ce découpage est fonction de la topologie des cours d'eau et des secteurs vulnérables recensés.

Le découpage adopté est présenté graphiquement ci-après.

Les caractéristiques de ces sous bassins versants sont récapitulées ci-après.

Numéro	Superficie km ²	Pente m/m	Longueur km
1	3.4	0.015	2.6
2	3.3	0.010	2.9
3	5.1	0.010	4.9
4	3.4	0.016	3.4
5	8.3	0.025	5.3
6	2.8	0.034	3.6
7	5.1	0.024	5.5
8	7.1	0.020	5.9
9	3.6	0.028	3.7
10	3.0	0.041	2.5
11	1.1	0.034	2.4
12	5.5	0.023	4.6
13	3.0	0.025	3.7
14	6.9	0.010	4.1
15	4.0	0.027	4.2
16	5.2	0.039	3.0
17	5.2	0.035	3.3
18	2.5	0.013	2.2
19	7.4	0.007	5.7
20	7.5	0.006	6.1
21	5.2	0.027	2.0
22	2.7	0.021	2.8
23	1.7	0.021	1.4
24	4.1	0.033	3.5
25	2.1	0.026	2.5
26	2.6	0.015	2.9
27	1.2	0.028	1.9
28	3.2	0.042	2.4
29	23.2	0.011	6.8
30	4.6	0.018	2.3
31	14.1	0.016	8.5
Divette	72.0	0.004	13.87
noyon	147.0	0.007	20

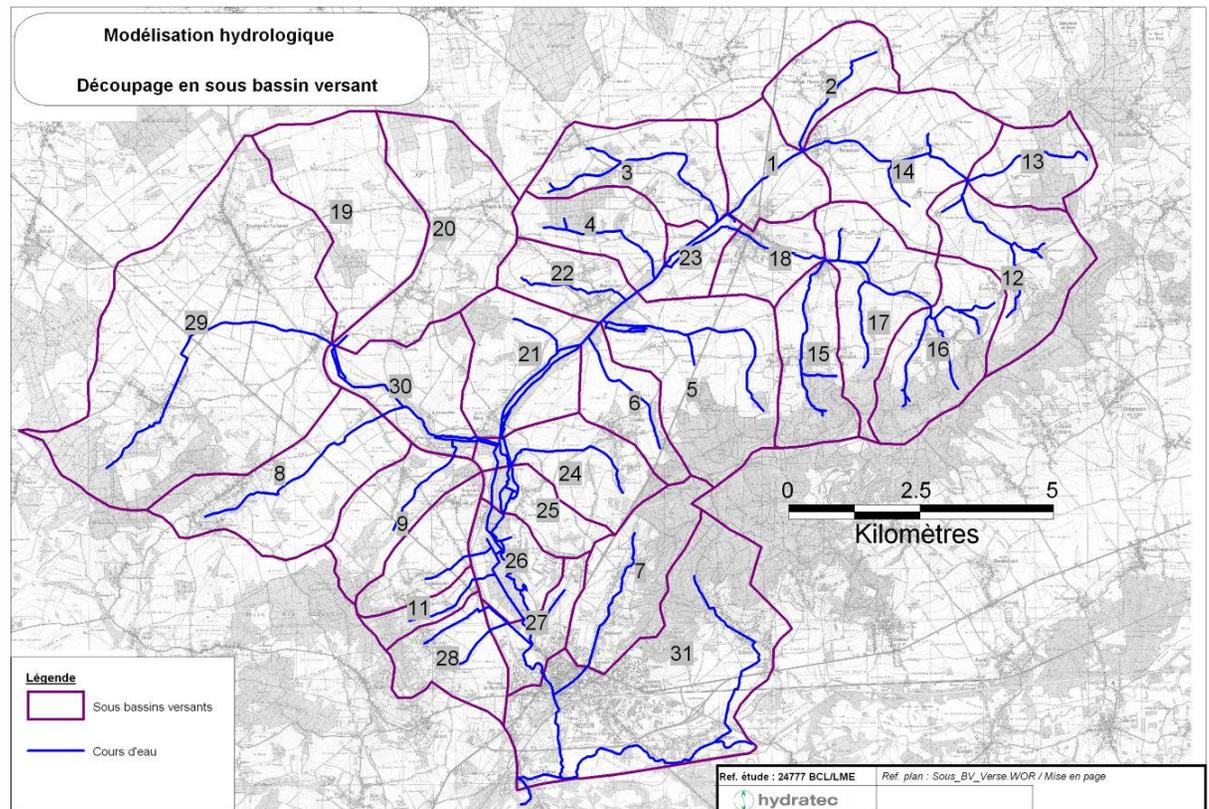


Figure 3 : Découpage en sous-bassins versants

Tableau 3 : Caractéristiques des sous bassins versants de la Verse

3.5.5 Description du modèle pluie-débit mis en œuvre

Dans la méthode SCS, la hauteur cumulée de la lame d'eau ruisselée entre les instants 0 et t est donnée par :

$$R(t) = \frac{(P(t) - 0.2J)^2}{P(t) + 0.8J}$$

Où

P(t) est la hauteur de la lame d'eau accumulée dans la couche superficielle du sol entre l'instant 0 et t,

J est la hauteur d'interception potentielle en mm,

Et R(t) la hauteur cumulée de la lame d'eau ruisselée entre les instants 0 et t .

On considère ici qu'il n'y a pas de ruissellement immédiat : lorsque $P(t) < 0.2J$, on choisit $R(t) = 0$.

Le calcul de l'intensité nette ruisselée (i_r) s'effectue comme suit :

$$i_r = \frac{dR(t)}{dt} = \frac{(P(t) - 0.2J) * (P + 1.8J)}{(P + 0.8J)^2} \frac{dP}{dt}$$

La hauteur P(t) est réactualisée comme suit :

$$\frac{dP}{dt} = i - i_{\text{ress}} - i_r$$

i_{ress} est une vitesse d'infiltration dans la nappe, proportionnelle à la charge P(t)

$$i_{\text{ress}} = \frac{P(t)}{Tr}$$

avec Tr : Temps de ressuyage (caractéristique de chaque bassin versant),

Dans la méthode SCS originelle, $i_{\text{ressuyage}}$ est mis à zéro. Ce paramètre a été introduit dans le cas d'une simulation de plusieurs jours dans laquelle le ressuyage des sols entre 2 séquences pluvieuses peut être significatif.

A $t=0$ le paramètre P est initialisé à une valeur dépendant de chaque bassin versant notée P_0 .

L'hypothèse fondamentale consiste à supposer que la couche de sol se comporte comme une éponge dont le taux d'absorption varie en sens inverse du niveau d'imbibition : la partie non absorbée ruisselle. Par ailleurs, en l'absence de ruissellement, le ressuyage du sol se fait lentement. Le débit de ressuyage est supposé proportionnel à la hauteur de la lame d'eau accumulée dans le sol.

Le schéma de ce modèle conceptuel est donné ci-après.

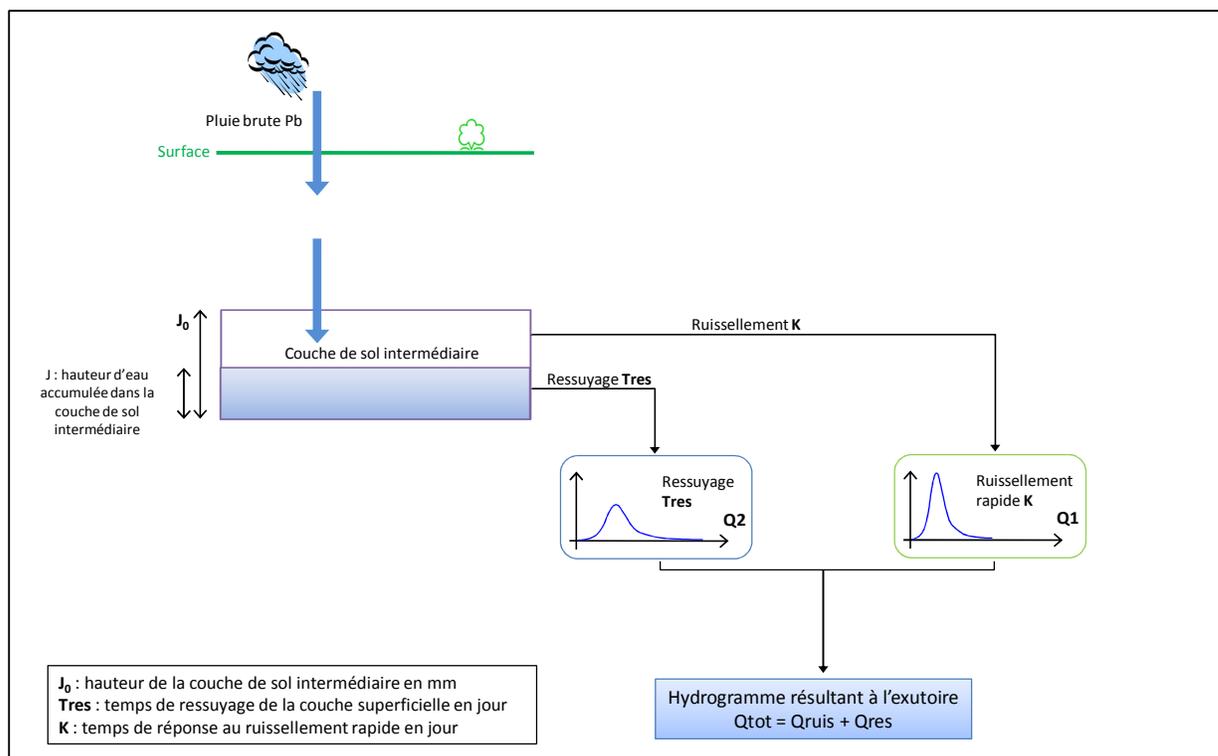


Figure 7 : Schéma conceptuel du modèle pluie débit mis en oeuvre

3.5.6 Calage du modèle hydrologique de la Divette

Comme évoqué précédemment il n'y pas ou très peu de mesure disponible sur le bassin versant de la Verse pour les épisodes de crue.

Le calage des modèles pluie-débit se fera donc dans un premier temps à partir des mesures disponibles sur le bassin de la Divette à Passel.

Les caractéristiques du bassin versant de la Divette à Passel sont :

- Superficie de 72 km^2 ,
- Pente de 4 ‰ ,
- Longueur de 14 km .

5 crues ont été retenues pour le calage des modèles. Il n'y a pas de mesure disponible pour la crue de décembre 1993.

Le calcul est également réalisé pour l'événement de mai 2009.

Les résultats du calage sont présentés en annexe 2.

3.5.7 Paramétrage des modèles pluie – débit des sous bassins versants de la Verse

3.5.7.1 Problématique

Cette étape doit permettre de définir les paramètres de calage des modèles pluie – débit des sous bassins versants de la Verse, par extrapolation des résultats obtenus pour le modèle de la Divette.

3.5.7.2 Capacité de ruissellement des bassins versants

Pour décrire spatialement la capacité de production de ruissellement des sols des bassins versants de la Verse et de la Divette, nous nous sommes appuyés sur des documents de plusieurs origines : d'une part l'atlas cartographique des sols de l'Oise, édité par le Conseil général de l'Oise avec le soutien de la chambre d'agriculture, d'autre part des données issues du programme d'évaluation de la vulnérabilité des nappes aux pesticides mené au niveau européen et conduit en France par le BRGM.

▪ l'atlas agronomique

Les sols développés sur les différents terrains rencontrés sont décrits du haut en bas de la topographie :

- Sur les plateaux couronnés par les sables de Cuise, et sur les faibles pentes développées dans les sables de Bracheux, nappés des **limons argileux et sableux** (LP et LS de la carte géologique) ce sont des sols à texture limoneuse plus ou moins sableuse.
Ils génèrent souvent de forts ruissellements en hiver et par temps d'orage exceptionnel (battance),
- Sur les aplats de la topographie, présents dans les vallées dissymétriques, découpés dans les argiles du sparnacien, les **argiles humides génèrent** de forts ruissellements,
- Dans la vallée de l'Oise, et les vallons secs creusés dans les sables thanétiens, **les sables gris sont très perméables**
- Sur les versants taillés dans les sables cuisiers **les sables bruns sont perméables**
- Lorsque la craie affleure en fond de vallée, dans les sites où elle est fissurée et altérée les sols argileux calcaires peuvent se développer ; c'est le cas de la vallée de la Mève, notamment en amont de Catigny. Ces **sols sont très perméables.**

▪ le programme FOOTPRINT

Ce programme a été élaboré pour déterminer la vulnérabilité des aquifères aux pesticides, et comprend l'élaboration de cartes de vulnérabilité aux infiltrations des sols français traduites par l'indice SUGAR (SURface water / GroundwATER contRibution index) ; cette indice traduit indirectement la capacité d'infiltration des sols conditionnant le fonctionnement hydrologique des bassins versants. Des classes de sols ont été identifiées et cartographiées à partir de données de topographie (MNT), de réseau hydrographique (BD Carthage) et de données de sols (Cartes des sols au 1/1000 000).

Ces données ne sont pas précises, mais elles sont parfaitement adaptées à notre problématique. Nous les avons croisées à l'information géologique, agronomique et hydrogéologique disponible à l'échelle du bassin de la Verse pour affiner le calage de cette information nationale localement

La carte ci-après synthétise ces informations en conservant les classes de vulnérabilité de l'indice SUGAR, la capacité de production de ruissellement étant inversement proportionnelle à la capacité d'infiltration.

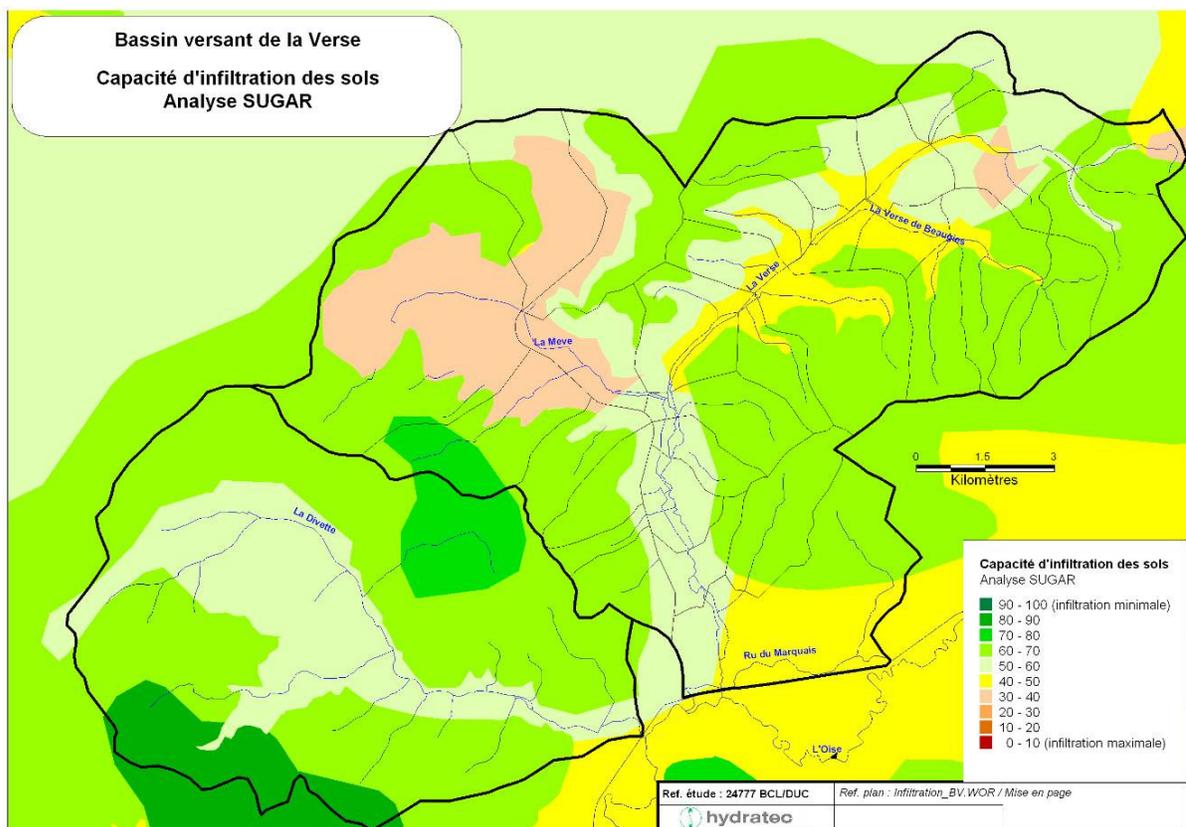


Figure 8 : Capacité d'infiltration des sols, analyse SUGAR

3.5.7.3 Estimation des paramètres des modèles pluie débit des sous bassins versants de la Verse

L'analyse précédente permet de faire une première estimation des paramètres des modèles pluie débit des sous bassins versant de la Verse à partir de ceux établis sur la Divette. Ces paramètres sont ensuite affinés lors de la phase de calage du modèle hydraulique.

Il est considéré que les sous bassins versants de la Verse sont globalement plus ruisselants que la Divette analysée dans sa globalité, à l'exception des bassins versants amont de la Mève qui présentent une perméabilité plus marquée avec une infiltration plus importante et un soutien par la nappe plus conséquent lorsque ces dernières sont rechargées. Le modèle pluie – débit de la Divette ayant été calée en considérant la globalité de son bassin versant, le paramétrage tient implicitement compte de l'effet de tamponnement des crues que jouent les marais de fond de vallée. Ceci n'est pas le cas pour les sous bassins versants de la Verse, puisque la propagation des hydrogrammes qu'ils génèrent est effectuée à l'aide d'un modèle hydraulique spécifique.

4 MODELE HYDRAULIQUE

4.1 PRESENTATION

4.1.1 Généralités

Le modèle numérique de simulation des crues de la Verse et de ses affluents s'appuie sur la connaissance topographique et bathymétrique des cours d'eau et du champ d'expansion de leurs crues, complétée par une analyse détaillée des spécificités du terrain.

4.1.2 Crues modélisées

Les crues de décembre 1993 et juin 2007 sont modélisées ; elles permettent dans le cadre de cette phase diagnostic de valider le calage du modèle en termes de hauteurs d'eau calculées et d'emprise des zones inondables cartographiées.

Ces crues seront ensuite exploitées pour la définition des préconisations d'aménagements de lutte contre les inondations.

4.1.3 Emprise du modèle

Les limites de la modélisation sont définies afin de couvrir les linéaires de cours d'eau :

- Pouvant être mobilisés pour la création d'ouvrage de ralentissement dynamique, notamment en amont des secteurs urbanisés,
- Induisant des débordements sur des secteurs vulnérables.

Sont ainsi modélisés :

- La Verse de Beaugies,
- La Verse de Guivry,
- La Verse de Guiscard à sa confluence avec l'Oise,
- Le ruisseau de Brule dans la traversée de Buchoire,
- Le ru de Fréniches du Bois Madame en aval de Fréniches à la confluence avec la Verse,
- Le ru de la Fontaine Caboché de la RD76 à la confluence avec la Verse,
- La cours aval de la Gleue,
- La Mève de Catigny à la confluence avec la Verse,
- Le ϕ 2000 de dérivation de la Verse à Noyon,
- Le ruisseau du Marquais de l'aval de la RD934 à la confluence avec la Verse.

Les linéaires de cours d'eau modélisés sont présentés sur la cartographie ci-après.

Afin de s'affranchir des incertitudes introduites par la définition de conditions aux limites, le modèle est étendu en aval de la Verse, et intègre la vallée de l'Oise entre Chauny et Pimprez. Le canal latéral à l'Oise, alimenté par les débordements de l'Oise en cas de forte crue, est également modélisé.

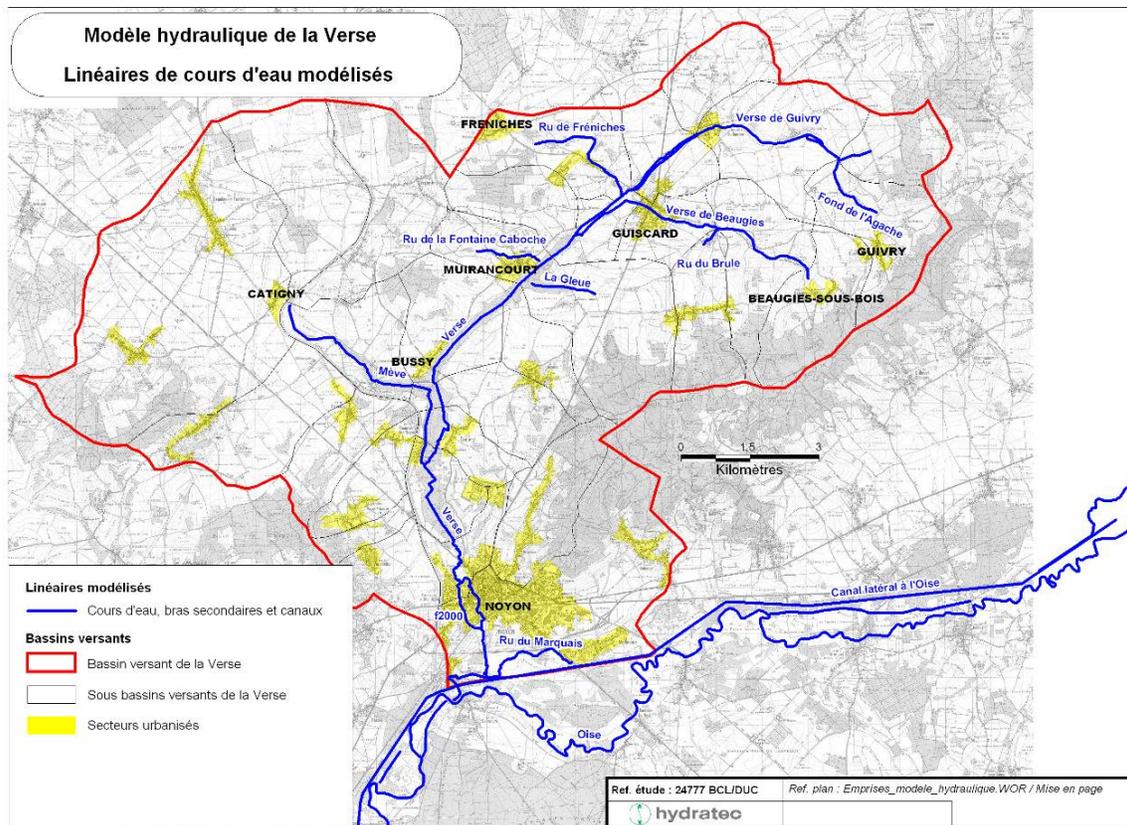


Figure 9 : Linéaires de cours d'eau modélisés

4.2 CONSTRUCTION DU MODELE HYDRAULIQUE

4.2.1 Le logiciel de simulation HYDRARIV

HYDRARIV est un logiciel de simulation des systèmes fluviaux, développé par Hydratec, pour répondre aux besoins très divers de modélisation hydraulique dans le domaine fluvial. C'est un outil de simulation complet, basé sur la résolution des équations de Barré de Saint Venant unidimensionnelles et bidimensionnelles. Ce logiciel comporte les particularités suivantes :

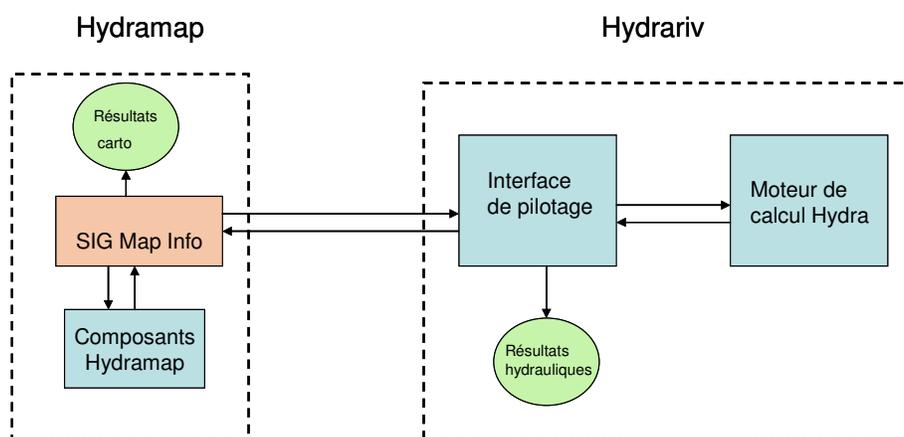
- il intègre 5 concepts de schématisation pouvant coexister au sein d'un même modèle : filaire, casier, bi dimensionnel et station de gestion,
- il offre un éventail étendu de fonctionnalités regroupées en 4 grands modules : hydrologie, hydraulique, advection-diffusion, contrôle et régulation,
- la résolution des équations de Barré de Saint Venant repose sur des algorithmes implicites, s'appuyant sur des techniques de sous structuration, ce qui confère à la fois une grande rapidité et une forte robustesse aux calculs,

- HYDRARIV est pilotée par une interface graphique fondée sur les commandes API de Windows : les objets graphiques font appel à des notions intuitives et à des commandes familières aux utilisateurs des logiciels de bureautique et de dessin du monde Windows. Cet environnement confère à HYDRARIV un grand confort d'utilisation.

HYDRARIV dispose de nombreux modules d'import et d'export avec des outils SIG, pour certaines opérations de pré et post-traitement : cette disposition est particulièrement utile pour les modèles bidimensionnels dont le paramétrage repose généralement sur l'exploitation de semis de points et de modèles numériques de terrain.

4.2.1.1 Architecture du logiciel

HYDRARIV est articulé autour des blocs fonctionnels schématisés sur la figure ci-dessous.



Le logiciel HYDRARIV proprement dit comprend une interface de pilotage graphique et un moteur de calcul composé de la chaîne de simulation Hydra.

L'interface remplit les fonctions principales suivantes :

- importation de données externes générées par d'autres applicatifs tels que les SIG,
- génération, éditions des entités de modélisation,
- paramétrage des scénarios,
- pilotage et contrôle des calculs de simulation. Ces derniers sont réalisés en sous tâche par la chaîne de simulation Hydra et sont totalement transparents pour l'utilisation,
- Exploitation des résultats hydrauliques à partir des fichiers de résultats bruts produits par Hydra : courbes $x(t)$, profils en long, cartes bi dimensionnelles d'écoulement,
- Conditionnement et exportation de fichiers résultats au format MIF/MID en vue d'un post-traitement cartographique par un SIG, couplé à un M.N.T.

L'application Hydramap n'est pas strictement nécessaire pour construire un modèle, HYDRARIV possédant toutes les fonctionnalités nécessaires. Elle est cependant très utile pour certaines modélisations nourries par des semis de points et pour lesquels la définition des paramètres géométriques requiert des traitements de masse de données topographiques.

Hydrimap est formé par la juxtaposition de deux applicatifs :

- le SIG Map Info,
- une bibliothèque de composants dédiés à l'application HYDRARIV, permettant de transformer des données topo brutes en entités de modélisation, telles qu'un maillage bi dimensionnel, la génération de liaisons par lots, le calcul de courbes de remplissage cote-surface dans les casiers etc ...

Les tables créées sous Hydrimap sont ensuite exportées vers HYDRARIV pour venir enrichir un modèle existant, ou même de créer l'ossature d'un modèle qui est ensuite affiné et enrichi à l'aide des fonctionnalités disponibles dans HYDRARIV.

4.2.2 Données topographiques et bathymétriques

Une campagne de levés topographiques a été réalisée par la société GeomExpert dans le cadre de la présente étude, sous maîtrise d'ouvrage du Syndicat de la Verse. Les levés ont été effectués entre janvier et mars 2010 et comprennent les éléments suivants :

- **levés bathymétriques des lits mineurs des cours d'eau**
- **ouvrages hydrauliques** (vannes, barrages, moulins) et **ouvrages de franchissement**
- **Levés topographiques du lit majeur** : un levé photogrammétrique a été réalisé, à partir de prises de vues aériennes de février 2010.

Détail	Quantités
Levé de profils en travers de cours d'eau : <i>Verses de guivry et de Beaugies en amont de Guiscard, ru de la Faontaine Caboche</i>	43
Levé de profils en travers de cours d'eau : <i>Verse en aval de Guiscard et Mève</i>	79
Levés d'ouvrages de franchissement	52
Levés d'ouvrages complexes <i>Prise du ϕ2000 à Noyon et franchissement du canal latéral à l'Oise</i>	2
Levés de repères de crue	57
Levés de tampons de collecteurs	14
Semis de points en zone urbanisées	113 ha
Semis de points en zone non urbanisées	920 ha

Tableau 4 : détail des levés topographiques réalisés par GeomExpert (2010)

Ces éléments sont complétés par des données existantes :

- Une restitution photogrammétrique de la vallée de l'Oise, réalisée à partir de prises de vue de décembre 1995 ; ces données couvrent la vallée de la Verse en aval de la voie ferrée de Noyon.
- Une restitution photogrammétrique réalisée par VNF dans le cadre du projet de canal à grand gabarit Seine Nord, couvrant notamment Sempigny et Pont Lévêque.
- Des levés topographiques terrestres réalisés dans le cadre du projet de canalisation d'assainissement intercommunale de la Communauté de Communes du Pays Noyonnais.

4.2.3 Schématisation

4.2.3.1 Généralités

Compte tenu des **objectifs de la modélisation**, à savoir l'élaboration d'un diagnostic global du secteur d'étude et la production de cartes d'inondation précises fondées sur une topographie fine du terrain naturel, et des **caractéristiques locales** de la vallée inondable, un schéma mixte de modélisation a été choisi, comprenant une schématisation filaire à casiers et bi-dimensionnelle.

La connexion des différents domaines est assurée par les liaisons latérales, de natures différentes selon la topographie ou le type d'ouvrage.

La figure ci-dessous illustre les différents domaines coexistant dans le modèle de la Verse.

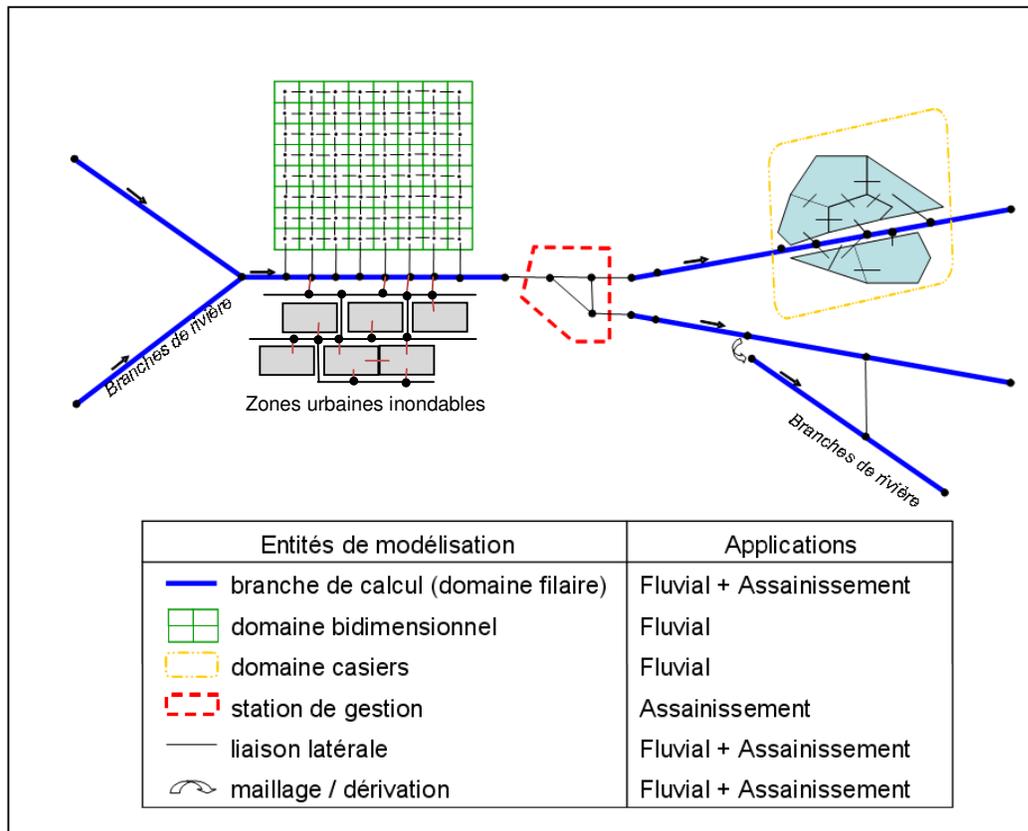


Figure 10 – Entités de modélisation présentes dans le modèle hydraulique

4.2.3.2 Schématisation filaire

Le domaine filaire modélise l'écoulement le long d'un bief de rivière ou de vallée inondable, caractérisé par une direction privilégiée d'écoulement le long de son axe longitudinal.

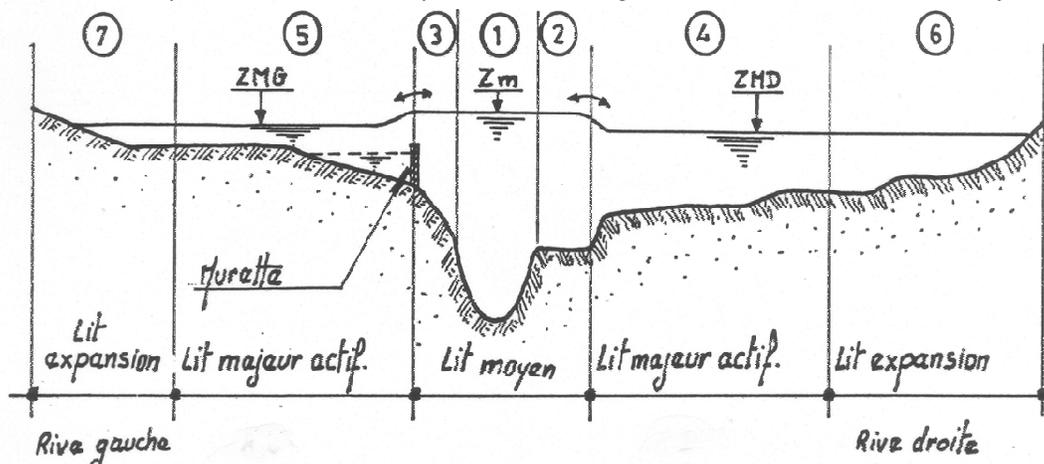
Le modèle filaire rend compte du fonctionnement du lit majeur d'un cours d'eau, de ses affluents et des principaux axes d'écoulement.

Le bief de vallée est composé d'une succession de tronçons de rivière entrecoupés de singularités hydrauliques formant obstacle à l'écoulement.

■ Schématisation d'un tronçon de vallée

Le module de calcul de base s'applique à un tronçon élémentaire de vallée avec 7 zones d'écoulements contrastés dans la direction transversale (voir figure ci-après) :

- le lit moyen où coule l'eau en l'absence de débordement et auquel sont appliquées les équations de St Venant,
- le lit majeur actif, c'est-à-dire la fraction de la plaine inondable qui participe à l'écoulement longitudinal en vallée après débordement, en distinguant la rive gauche et la rive droite,
- le lit d'expansion qui simule les poches de stockage et d'accumulation dans le lit majeur.



Schématization de la vallée : coupe transversale

Le modèle filaire se construit à partir de profils en travers. L'hydraulicien synthétise avec 14 points, les profils en travers levés par le géomètre. Il interpole des profils supplémentaires pour rester fidèle à la géométrie du lit du fleuve.

■ Application au modèle de la Verse

La schématisation filaire est utilisée pour représenter l'ensemble des lits mineurs des cours d'eau, fossés et canaux et busages. Les écoulements en lit majeur sont intégrés à la représentation filaire sur :

- La Verse de Guivry jusqu'à sa confluence avec la Verse de Beaugies ; une représentation multi-filaire est adoptée afin de prendre en compte les axes préférentiels d'écoulement en lit majeur lorsque le lit mineur est perché (Cf. ci-après),
- La Verse de Beaugies en amont de Buchoire et en aval de Guiscard jusqu'à sa confluence avec la Verse de Guivry,

- La Verse entre la confluence des Verse de Guivry et de Beaugies et Bussy ; à hauteur de Muirancourt, la rive droite du lit majeur est modélisée par une représentation bidimensionnelle,
- La Verse en aval de la voie ferrée de Noyon à la confluence avec le ru du Marquais,
- Le ru de Fréniches,
- Le ru de la Fontaine Caboche en amont de la rue des Planquettes,
- La Gleue,
- La Mève en amont de la RD91.

Une modélisation multi-filaire est adoptée pour les zones où plusieurs axes d'écoulements sont marqués (dépression du lit majeur, lit mineur perché, écoulement derrière un obstacle, présence de thalwegs, ...). C'est le cas sur la Verse de Guivry, où le lit mineur se se perche en rive gauche de la vallée en amont de Beines ou en rive droite entre Berlancourt et La confluence avec la Verse de Beaugies. Les biefs filaires parallèles sont maillés via des liaisons hydrauliques représentant les possibilités d'échanges entre eux.

4.2.3.3 Schématisation bi-dimensionnelle

La schématisation bidimensionnelle est retenue sur plusieurs secteurs :

- Les secteurs urbanisés de Guiscard, Beine et Muirancourt.
- Les secteurs de Marais de la Verse en aval de Bussy et de la Mève en aval de la RD91,
- La vallée de la Verse en aval de la confluence avec le ru des Planquettes..

La rugosité du fond est définie en fonction du type de terrain ou du mode d'occupation de sol en place.

Les berges de chaque lit de cours d'eau sont connectées au domaine bidimensionnel par l'intermédiaire de liaisons spécifiques apparentées à des déversoirs, la cote et la largeur de chacune étant fonction du profil de la berge.

Les singularités ponctuelles au droit des franchissements routiers ou ferrés sont schématisées par :

- des lois d'orifice pour les buses et les ponceaux de décharge,
- des lois de seuil pour les routes, chemins, digues, murets, ... submersibles.

4.2.3.4 Zones urbaines inondables (ZUI)

Sur les secteurs présentant une urbanisation dense et régulière (structurée par un réseau de voiries régulier), un schéma de modélisation bidimensionnelle diffusif spécifique sera mis en œuvre. Il permet de représenter la capacité d'écoulement des voiries et le rôle de stockage des îlots de bâtiments et de maisons. Cette méthodologie rapide de mise en œuvre permet une représentation fine des vitesses d'écoulement sur les voiries (axes préférentiels d'écoulements) et des cotes d'inondation associées. Elle est appliquée pour la modélisation du lit majeur de la Verse dans la traversée de Noyon, entre l'Île Adam et le quartier Saint Blaise.

4.2.3.5 Schématisation casiers

Le domaine casier est utilisé pour représenter :

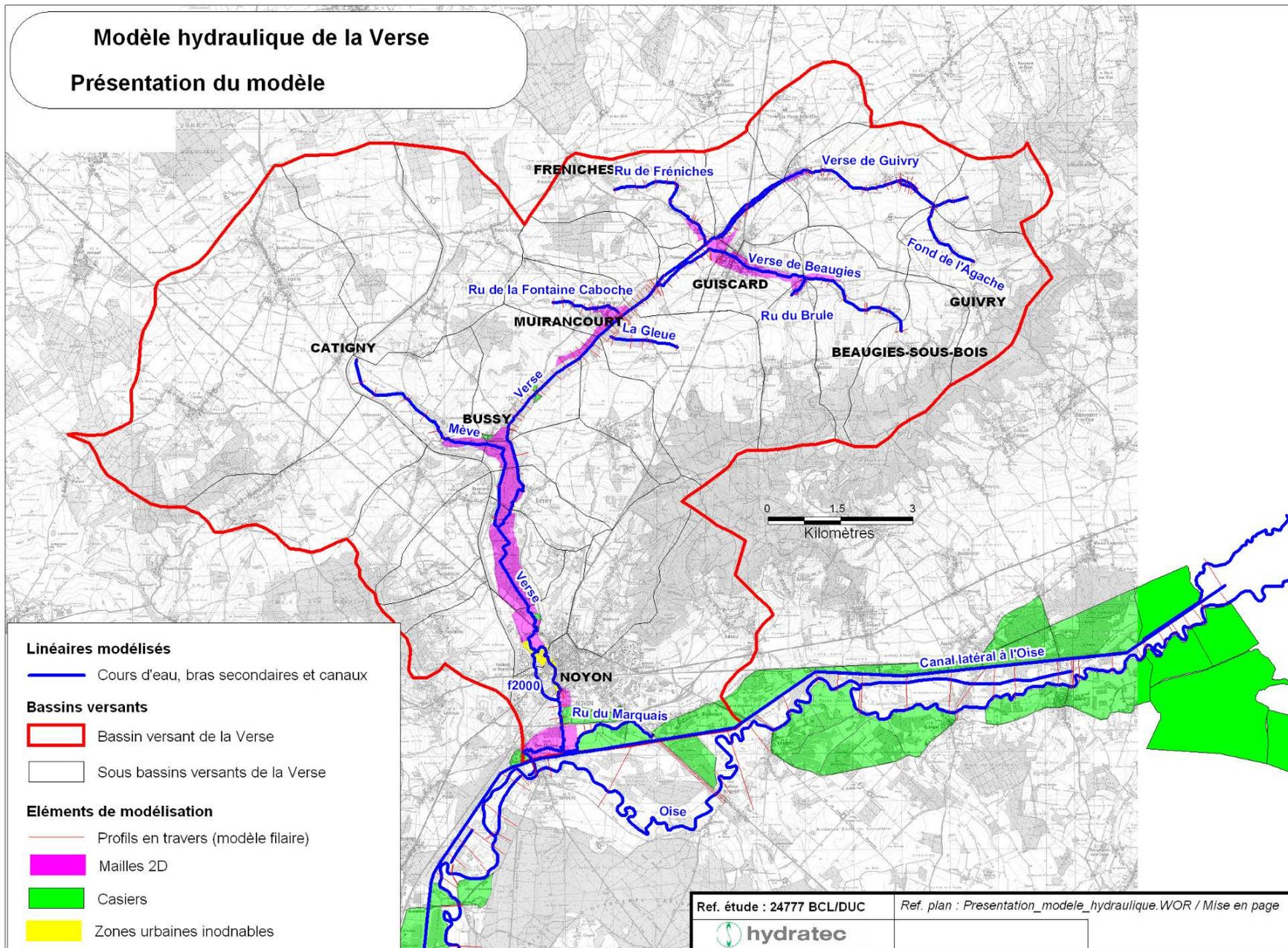
- les zones de stockage caractérisées par de faibles vitesses d'écoulement, situées à l'écart des écoulements dynamiques. Les limites des éléments casiers s'appuient généralement sur des limites physiques contraignant les écoulements (digues, remblais, ...).
- Les secteurs sur lesquels la précision recherchée est moindre dans le cadre de la présente étude : vallée de l'Oise.

Les éléments du modèle sont présentés sur la carte ci-après.

Figure 11 : Présentation du modèle hydraulique de la Verse

Modèle hydraulique de la Verse

Présentation du modèle



4.2.4 Définition des apports hydrologiques

Les apports hydrologiques sont issus des modèles pluie débit présentés dans le chapitre 3.5. 31 points d'injection de débit sont définis sur la Verse et ses affluents, complétés par les apports de l'Oise.

Les affluents de la Mève et de la Verse franchissant le canal du nord sont injectés dans des casiers schématisant le fond de vallée en amont du canal, et renvoyés vers la Verse via des buses $\phi 700$ contrôlant le débit.

4.3 CALAGE ET VALIDATION DU MODELE HYDRAULIQUE

4.3.1 Choix des crues de calage

Les simulations sont réalisées pour les deux crues historiques débordantes évoquées précédemment, à savoir :

- Décembre 1993,
- Juin 2007.

L'événement de mai 2009 pour lesquels des mesures de débit ont été effectuées dans le cadre de cette étude est également simulé afin de valider les modèles pluie débit et les temps de propagation des écoulements non débordants.

4.3.2 Données de calage

4.3.2.1 Repères de crue

Le calage du modèle repose sur la comparaison de mesures et des résultats des simulations pour les différentes crues de calage.

Les repères de crues de la Verse et de ses affluents ont été recueillis lors des enquêtes de terrain et nivelés dans le cadre de la campagne topographique. Nous disposons ainsi, sur l'emprise du modèle élaboré de :

- 3 repères de la crue de 1981,
- 24 repères de la crue de décembre 1993,
- 59 repères de la crue de juin 2007,
- 2 repères pour lesquels les dates ne sont pas connues.

Les fiches de repères de crue sont présentées en annexe 3.

Remarque : seuls 57 repères de crue ont été nivelés par le géomètre compte tenu des redondances entre certains repères jugés fiables.

4.3.2.2 Limnigrammes

Aucune mesure de l'évolution des cotes d'eau n'est disponible sur le bassin de la Verse avant septembre 2009.

4.3.2.3 Hydrogrammes

Aucune mesure de l'évolution des débits n'est disponible sur le bassin de la Verse avant septembre 2009.

Nous ne disposons que des hydrogrammes mesurés lors de la campagne du printemps et de l'été 2009 durant laquelle aucune crue n'a été observée.

Les débits de l'Oise sont mesurés à Sempigny, en aval de la confluence avec la Verse.

4.4 CALAGE DU MODELE HYDRAULIQUE

Les cartes de zones inondables calculées pour les crues de calage de juin 2007 et décembre 1993 sont annexées au présent rapport (planches cartographiques 2a, 2b, 3a et 3b).

Les modélisations tiennent compte dans la mesure du possible de la situation d'écoulement prévalant au moment de la crue simulée ; sont notamment pris en compte :

- L'absence du $\phi 2000$ de dérivation à Noyon en 1993,
- La présence pour les crues de décembre 1993 et juin 2007 d'ouvrages détruits en juin 2007 : murs en amont de Berlancourt et à Muirancourt sur le ru de la Fontaine Caboche et en aval de l'ancienne gare.

Il n'a pas été possible d'exploiter les données topographiques levées dans le cadre des études antérieures ; la bathymétrie est donc identique pour les deux crues.

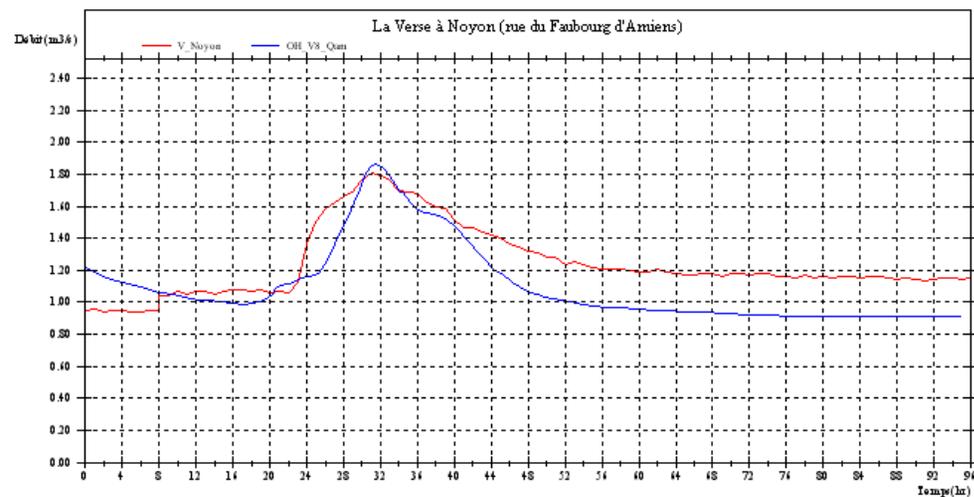
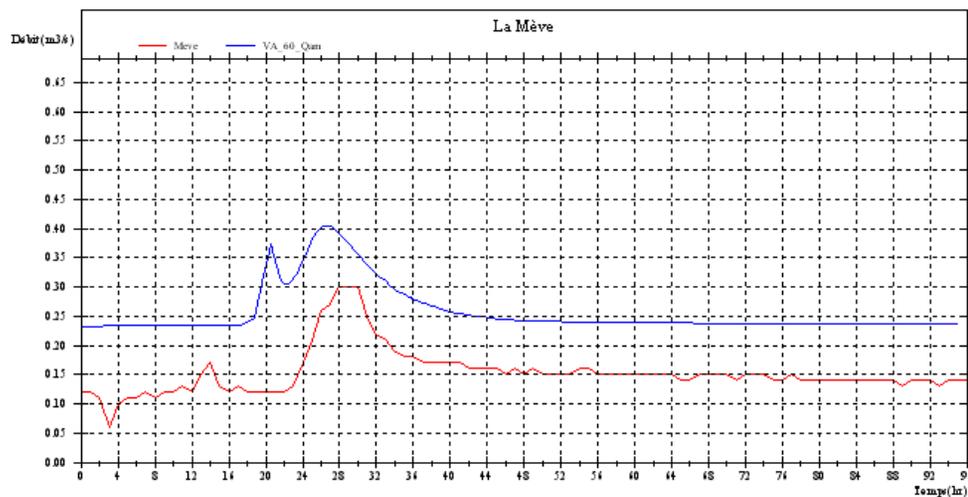
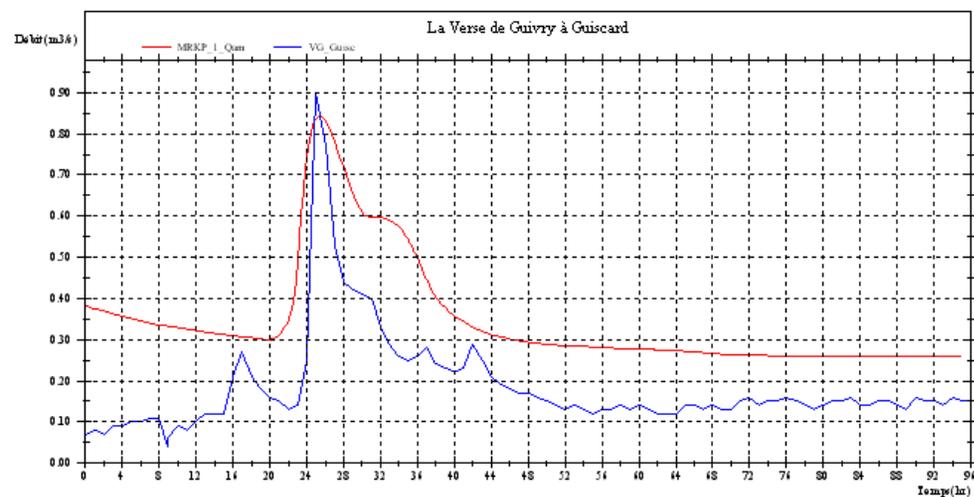
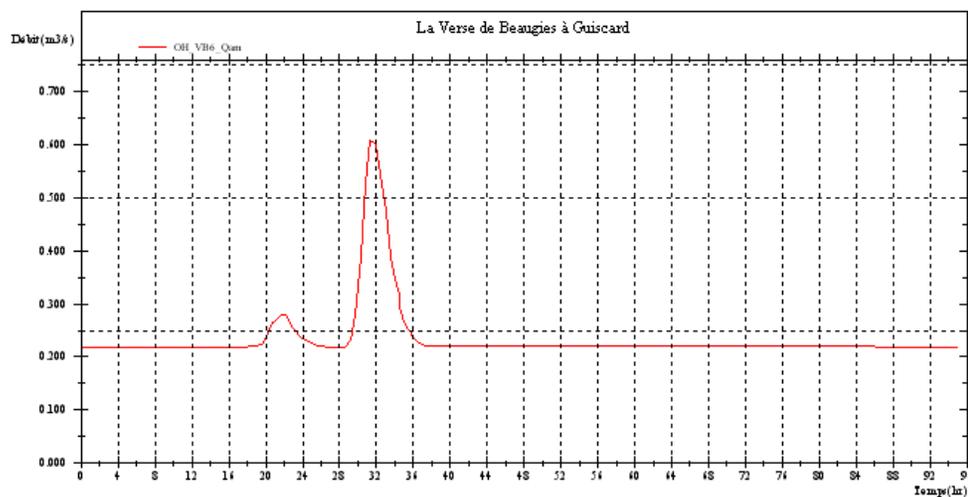
De même, la simulation de la crue de 1993 à Guiscard tient compte de la configuration actuelle de la Verse de Beaugies en fond de vallée à l'aval du centre ville ; cette modification n'a qu'un impact très limité en cas de crue débordante, puisque la majorité des écoulements se fait dans le lit majeur et la limitation de capacité de la section busée est indépendante de la condition aval.

4.4.1 Evénement de mai 2009

Cet événement n'a produit que des très faibles débits sur les cours d'eau instrumentés ; le calage permet cependant de valider les paramètres de base des modèles, à savoir le temps de réponse des bassins versants et la vitesse de propagation d'une onde de débit en lit mineur.

Les graphiques en page suivante présentent les hydrogrammes mesurés et calculés pour cet événement.

Aucune mesure n'est disponible sur la Verse de Beaugies, les appareils ayant été détériorés à cette période.



HydraEau, scenario m09c - debutsimulation=25.05/2009 00:20:00

Graphique 4 : Calage des modèles hydrologique et hydraulique sur l'événement de mai 2009

Hydratec – ASCONIT – Etude de faisabilité d'aménagements hydrauliques visant à réduire le risque d'inondation et de programmation d'entretien et de restauration de cours d'eau sur le bassin versant de la Verse–

Programme pluriannuel d'actions – Etude d'incidences hydrauliques – avril 2012

4.4.2 Crue de juin 2007

Le tableau ci-après synthétise les résultats de calage au droit des repères de crue ; ces résultats sont rappelés sur les cartes annexées.

L'écart moyen des cotes calculées aux cotes mesurées est de -5 cm et de 14 cm en valeur absolue.

L'analyse des repères de crue disponibles, notamment à Guiscard et à Noyon (l'Isle Adam) où nous disposons de repères très proches, montre que l'incertitude sur les repères recensés est de l'ordre de 10 cm.

La propagation calculée de la crue de la Verse est comparée aux observations reportées par Y. Bonnard et aux informations recueillies sur le terrain ; le tableau suivant les tableaux de repères de crue synthétise ces données et les compare aux résultats de calcul.

Les observations sont correctement reproduites, à l'exception de l'entrée de Noyon, où le modèle semble calculer une propagation trop rapide d'environ 3 à 4 heures.

Commune	Cours_d'eau	N_repère	Adresse_localisation	Cote_repère	Cote_calcul	Ecart calcul-mesure (cm)	Commentaire
Beaugies sous Bois	Verse de Beaugies	BEAUG_1-1	Ferme de l'Etang de Bœuf	68.92	69.109	18.9	Repère approximatif
Beaurain Les Noyon	Verse / Mève	BEAUR_1-1	Réserve incendie	43.02	43.664	64.4	Repère approximatif
Berlancourt	Verse de Guivry	BERL_2-1	487, rue Principale	60.84	60.371	-46.9	Les bâtiments ont également été touchés par des ruissellements de coteaux; la cote mesurée n'est peut être pas représentative des niveaux de la Verse
Berlancourt	Verse de Guivry	BERL_3-1	127, rue St Martin	61.79	61.535	-25.5	
Berlancourt	Verse de Guivry	BERL_4-1	117, rue Puits Paul	63.27	63.157	-11.3	
Berlancourt	Verse de Guivry	BERL_5-1	144, rue Georges Dehan	62.29	62.257	-3.3	
Bussy	Verse	BUSSY_1-1	233, rue du Marais Guilin	46.79	46.776	-1.4	
Bussy	Verse	BUSSY_2-1	212, rue du Marais Guilin	46.83	46.776	-5.4	
Bussy	Verse	BUSSY_3-1	Salle du jeu d'Arc	46.98	46.882	-9.8	
Bussy	Verse / Mève	BUSSY_4-1	Lieu dit La Marlière	46.11	45.84	-27	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_10-1	175, rue Marcel Poulain	58.46	58.42	-4	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_11-1	Complexe sportif	58.68	58.829	14.9	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_2-1	La poste	58.39	58.418	2.8	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_3-1	100, place de Magny	58.45	58.418	-3.2	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_4-1	157, rue Charles Herbert	58.52	58.472	-4.8	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_5-1	130, place de Magny	58.36	58.412	5.2	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_6-1	212, rue Charles Herbert	58.59	58.502	-8.8	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_7-1	135, rue du Chemin Balnc	58.58	58.684	10.4	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_8-1	193, rue Charles Herbert	58.73	58.496	-23.4	Le repère de crue semble très haut par comparaison des autres repères disponibles à proximité
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_9-1	175, rue Marcel Poulain	58.4	58.421	2.1	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_11-1	175, rue Marcel Poulain	58.42	58.447	2.7	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_12-1	39, rue des Voutes	58.25	58.401	15.1	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_13-1	Chemin de l'Etang	56.66	56.584	-7.6	
Guiscard	Verse de Guivry	GUISC_14-1	rue Hélène Versepuy	57.66	57.33	-33	L'écoulement dans l'ouvrage de franchissement de la route a peut être été réduit par des embâcles.
Guiscard	Verse de Guivry	GUISC_15-1	382, rue Hélène Versepuy	57.89	57.373	-51.7	
Guiscard (Beines)	Verse de Guivry	GUISC_20-1	Rue de la Warnelle	68.13	67.995	-13.5	Le repère de crue semble très haut par comparaison de l'emprise de la zone inondée reportée sur le terrain et des données topographiques.
Guiscard (Buchoire)	Ruisseau de Brule	GUISC_30-1	113, rue du Brule	61.45	61.56	11	
Guiscard (Buchoire)	Ruisseau de Brule	GUISC_31-1	rue du Brule	62.44	62.427	-1.3	
Guiscard (Buchoire)	Verse de Beaugies	GUISC_33-1	151, rue de la Garenne	62.1	62.34	24	

Tableau 5 : Repères de la crue de juin 2007, rapport de calage (1/2)

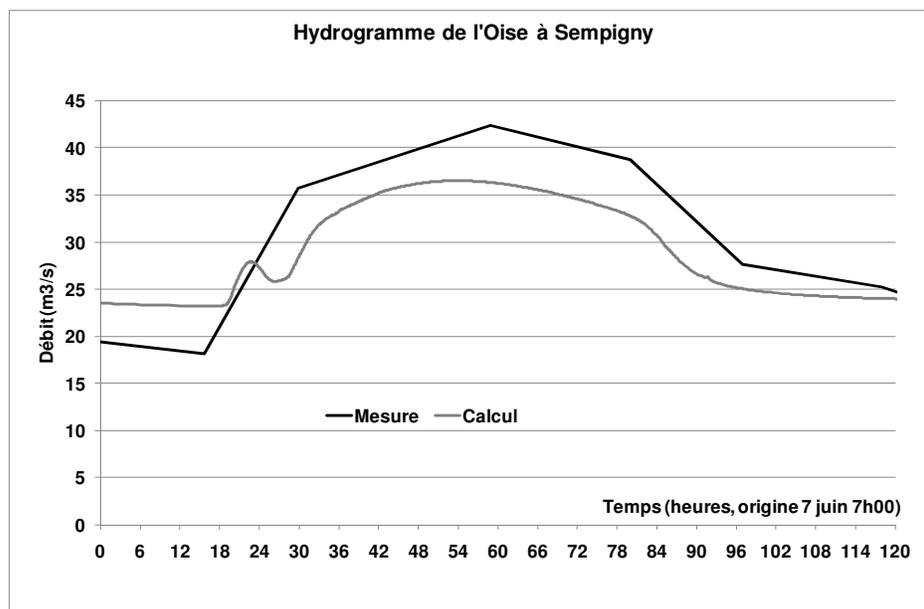
Commune	Cours_d'eau	N_repère	Adresse_localisation	Cote_repère	Cote_calcul	Ecart calcul - mesure (cm)	Commentaire
Guiscard (Beines)	Verse de Guivry	GUISC_20-1	Rue de la Warnelle	68.13	67.995	-13.5	Le repère de crue semble très haut par comparaison de l'emprise de la zone inondée reportée sur le terrain et des données topographiques.
Guiscard (Buchoire)	Ruisseau de Brule	GUISC_30-1	113, rue du Brule	61.45	61.56	11	
Guiscard (Buchoire)	Ruisseau de Brule	GUISC_31-1	rue du Brule	62.44	62.427	-1.3	
Guiscard (Buchoire)	Verse de Beaugies	GUISC_33-1	151, rue de la Garenne	62.1	62.34	24	
Béthancourt	Ru de Freniches	GUISC_34-2	54, chemin de la fosse Langrevin	57.78	57.623	-15.7	
Muirancourt	Ru de la Fontaine Caboche	MUIR_1-1	194, rue des Planquettes	57.73	57.56	-17	
Muirancourt	Ru de la Fontaine Caboche	MUIR_2-1	225, rue des Planquettes	58.77	58.231	-53.9	
Muirancourt	Ru de la Fontaine Caboche	MUIR_3-1	305, rue de la Fontaine Caboche	53.79	53.756	-3.4	Le repère de crue semble très haut par comparaison de l'emprise de la zone inondée reportée sur le terrain et des données topographiques; l'inondation a peut être été en partie due aux ruissellements des coteaux.
Muirancourt	Ru de la Fontaine Caboche	MUIR_4-1	135, rue de Cangies	51.48	51.394	-8.6	
Noyon	Verse	NOY_1-1	87, rue du Moulin de St Blaise	39.13	38.99	-14	
Noyon	Verse	NOY_2-1	Rue de la Poterne	39.48	39.419	-6.1	
Noyon	Verse	NOY_3-1	Entrée jardin des tanneurs	40.95	40.653	-29.7	
Noyon	Verse	NOY_4-1	5, rue Claude Debussy	42.08	42.015	-6.5	
Noyon	Verse	NOY_5-1	Rue Maurice Ravel	42.05	42.02	-3	
Noyon	Verse	NOY_6-1	Rue des Sansonnets	42.07	42.03	-4	
Noyon	Verse	NOY_7-1	125, allée de la Verse	42.13	42.043	-8.7	
Noyon	Verse	NOY_8-2	96, impasse des potiers	42.03	42.028	-0.2	
Noyon	Verse	NOY_9-1	Echelle RD932	41.5	41.821	32.1	Repère de crue très approximatif.
Noyon	Verse	NOY_10-1	90, rue du Moulin de St Blaise	39.23	38.99	-24	
Noyon	Verse	NOY_11-1	591, rue du Faubourg d'Amien	42.1	42.058	-4.2	
Noyon	Verse	NOY_12-1	437, rue du Faubourg d'Amiens	41.93	42.057	12.7	Le repère de crue est incohérent avec les repères situés à proximité : il est plus bas que les repères aval.
Noyon	Verse	NOY_15-1	111, impasse des Potiers	42	42.03	3	
Noyon	Verse	NOY_16-1	111, allée de la Verse	42.05	42.047	-0.3	
Noyon	Verse	NOY_19-1	2, rue Claude Debussy	42.01	41.973	-3.7	
Noyon	Verse	NOY_21-1	75, chemin du Chatelain	42.61	42.094	-51.6	Ce repère correspond à une inondation par ruissellement des coteaux.

Tableau 6 : Repères de la crue de juin 2007, rapport de calage (2/2)

Point d'observation	Rapport Y Bonnard		Autres témoignages		Calcul	
	Début de débordement	Pic de crue	Source	Commentaire	Début de débordement	Pic de crue
Village de Guiscard (Verse de Beaugies)	8 juin 1h00	8 juin 2h00	Rapport Journal et terrain	Monté brutale des eaux dans Guiscard entre 1h30 et 2h	8 juin 1h00	8 juin 3h00 à 5h00
			Y. Bonnard	Début de l'inondation des terrains de sport à 1h30		
RD128 à Guiscard (Verse de Guivry)			Mme Therese (432, rue H Versepuy)	Les débordements sur la route ont débuté vers 4h00	8 juin 4h00	8 juin 8h00
Station de pompage de Guiscard	8 juin 5h30	8 juin 7h00	Y. Bonnard	La maison de la faisanderie est évacuée vers 5h30	8 juin 5h30	8 juin 7h00
Muirancourt (RD552)			M. NANCEL (maire)	Le maximum de l'inondation de juin 2007 a été atteint vers 5h30 – 6h00 du matin le 8 juin, l'eau submergeant le pont de la Verse sur la RD552 d'environ 50 cm ; vers 16h30, le pont était sorti de l'eau mais la route na été totalement hors d'eau que vers 18h00	8 juin 7h000	8 juin 9h30
Bussy (RD103)	8 juin 7h30	8 juin 8h30	M. Baros (maire)	Premiers débordements de la Verse en aval de la route vers 7h00, début de la décrue vers 13h00. A 20h00, la décrue n'était pas terminée (courrier adressé à la préfecture le 8 juin 2007) La Mève est montée par remous de la Verse	8 juin 6h000	8 juin 11h30
Beaurain les Noyon (RD611)	8 juin 11h00	8 juin 15h00	M. Hardier (maire)	Inondation de 12h00 à 0h00, avec environ 10cm d'eau sur 100m De telles inondations n'avaient jamais été observées, y compris en 1993 où la route n'avait pas été submergée alors qu'elle a été réhaussée d'environ 20 cm lors de sa rénovation (juin 2006)	8 juin 12h000	8 juin 14h30
Route du Faubourg	8 juin 20h45	9 juin matin			8 juin 18h000	9 juin 4h00
Quartier de l'Isle Adam	8 juin 23h30	9 juin matin			8 juin 20h000	9 juin 7h00
Quartier Saint Blaise	8 juin 23h00	9 juin midi			9 juin 6h00	12 juin 6h00

Tableau 7 : Analyse de la propagation de la crue de juin 2007

Le graphique ci-après présente l'hydrogramme mesuré de l'Oise à Sempigny et celui calculé par le modèle. L'orage ayant touché en partie la vallée de l'Oise et ses affluents directs en amont de la confluence avec la Verse, il manque les débits correspondant à ces apports dans la simulation ; la dynamique générale de l'hydrogramme calculé est cependant proche de celle de l'hydrogramme mesuré pour ce qui est des temps de début de montée, d'atteinte du maximum et de vitesse de décrue.



Graphique 5 : Hydrogramme de l'Oise à Sempigny – Juin 2007

Remarque : l'hydrogramme de l'Oise fourni par la Banque Hydro dispose de peu de points de mesure, rendant incertaine la date précise du maximum de la montée de débit.

4.4.3 Crue de décembre 1993

Le tableau ci-après synthétise les résultats de calage au droit des repères de crue ; ces résultats sont rappelés sur les cartes annexées.

L'écart moyen des cotes calculées aux cotes mesurées est de -5,9 cm et de 16 cm en valeur absolue.

Les repères de la crue de 1993 sont globalement moins précis que ceux recueillis en juin 2007 ; cela se traduit par des écarts plus conséquents entre les repères situés dans des secteurs relativement proches.

Commune	Cours d'eau	N repère	Adresse localisation	Cote repère	Cote calcul	DeltaZ cm	Commentaire
Berlancourt	Verse de Guivry	BERL_4-2	117, rue Puits Paul	62.47	62.429	-4.1	
Berlancourt	Verse de Guivry	BERL_6-1	144, rue Georges Dehan	62.09	61.98	-11	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_5-2	130, place de Magny	56.98	57.325	34.5	Le repère semble bas par comparaison avec les repères situés à proximité
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_6-2	212, rue Charles Herbert	57.82	57.414	-40.6	Le repère semble haut par comparaison avec les repères situés à proximité
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_7-2	135, rue du Chemin Balnc	57.75	57.615	-13.5	
Guiscard	Verse de Beaugies	GUISC_12-2	39, rue des Voutes	57.45	57.325	-12.5	
Guiscard (Beines)	Verse de Guivry	GUISC_20-2	Rue de la Warnelle	67.77	67.47	-30	
Guiscard (Buchoire)	Ruisseau de Brule	GUISC_31-2	rue du Brule	62.12	61.84	-28	
Béthancourt	Ru de Freniches	GUISC_34-1	54, chemin de la fosse Langrevin	57.23	57.006	-22.4	
Noyon	Verse	NOY_8-1	96, impasse des potiers	41.77	41.858	8.8	
Noyon	Verse	NOY_10-2	90, rue du Moulin de St Blaise	38.86	38.771	-8.9	
Pont l'Eveque	Verse / Oise	PT-LEV_1-1	18, place des Tilleuls	38.87	38.62	-25	
Sempigny	Verse / Oise	SEMP_1-1	Rue des Masures	38.56	38.62	6	
Noyon	Verse	NOY_11-2	591, rue du Faubourg d'Amien	41.8	41.875	7.5	
Noyon	Verse	NOY_12-2	437, rue du Faubourg d'Amiens	41.76	41.88	12	
Noyon	Verse	NOY_15-2	111, impasse des Potiers	41.69	41.86	17	
Noyon	Verse	NOY_16-2	111, allée de la Verse	41.81	41.873	6.3	
Noyon	Verse	NOY_19-2	2, rue Claude Debussy	41.81	41.789	-2.1	

Tableau 8 : Repères de la crue de décembre 1993, rapport de calage

4.5 CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES

La cartographie des zones inondées est réalisée par croisement des résultats de calcul et du modèle numérique de terrain élaboré sur la base des données topographiques disponibles.

La précision des cartes est donc tributaire de la qualité du calage effectué (cotes d'eau calculées) et de la précision des données topographiques. Dans les secteurs de végétation dense (marais), les incertitudes sur l'altimétrie peuvent dépasser 30 cm.

Les cartes comportent pour chacune des deux crues modélisées :

- 6 classes de hauteurs de submersion,
- Les vitesses d'écoulement,
- Les valeurs mesurées et calculées des repères de crue.

Les cartes sont annexées au présent rapport :

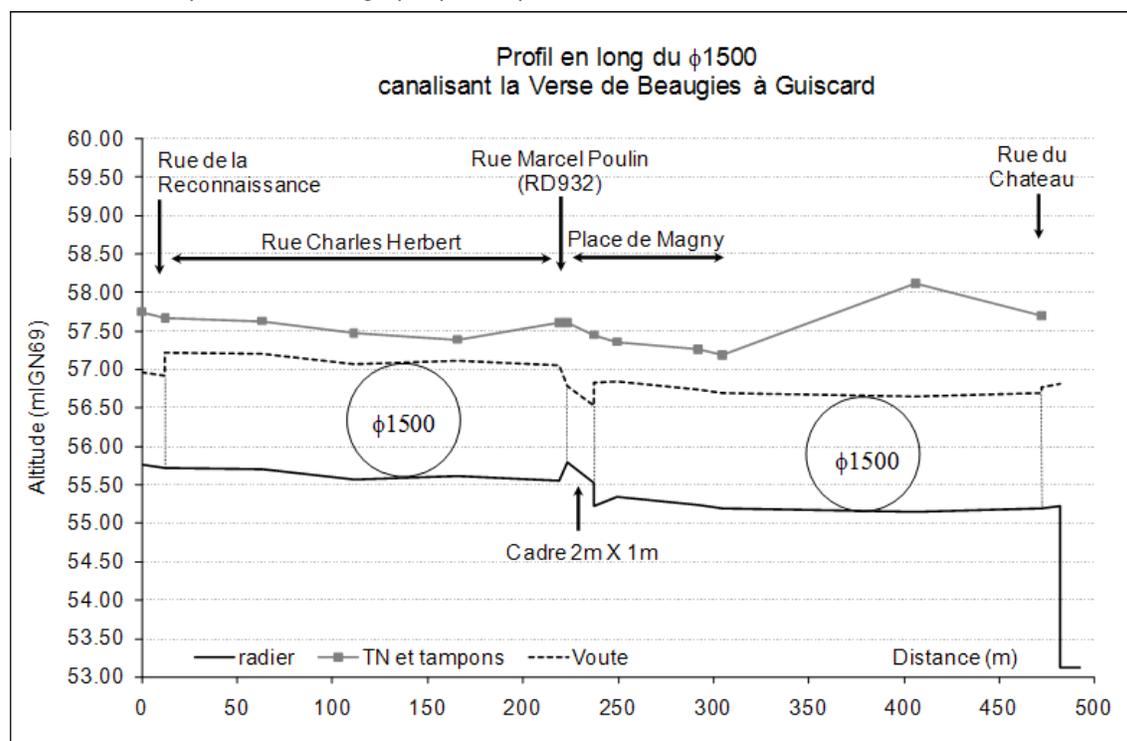
- Planche cartographique n°1a : crue de juin 2007, Verse amont,
- Planche cartographique n°1b : crue de juin 2007, Verse aval,
- Planche cartographique n°2a : crue de décembre 1993, Verse amont,
- Planche cartographique n°2b : crue de décembre 1993, Verse aval,

5 DIAGNOSTIC

5.1 INONDATIONS PAR DEBORDEMENTS SUR LES COURS D'EAU MODELISES

5.1.1 Guiscard

La Verse de Beaugies est canalisée dans la traversée de Guiscard ; le profil en long de cette canalisation est présenté sur le graphique ci après.



L'ouvrage se met en charge au droit de la tête amont et du dalot de franchissement de la RD932 pour un débit de $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$; la mise en charge complète étant établie pour un débit de $2 \text{ m}^3/\text{s}$. La capacité avant débordement en amont est d'environ $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

En amont de la section canalisée, la capacité du lit mineur de la Verse est estimée à $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$, à la faveur des rehaussements successifs des berges rives gauche et droite (cf. photos ci-après) ; en l'absence de ces merlons, la capacité du lit serait identique à celle de la buse.



Le fond de vallée, protégé par les merlons des crues fréquentes, tend à être aménagé par les riverains avec des cabanons, des clôtures, ... créant d'importants obstacles aux écoulements des fortes crues débordantes.

Les écoulements de la crue de juin 2007 dans le centre de Guiscard se sont principalement effectués par les rues : Charles Herbert en amont, puis en aval de la Place de Magny par la ruelle de l'église et la rue des Voûtes. Les nombreux murs de clôtures et les constructions limitent très fortement la capacité d'écoulement des eaux débordées. La pente de la ligne d'eau au maximum de la crue est très faible, traduisant cette incapacité des eaux à s'écouler : 20 à 25 cm entre la place de Magny et le gymnase, soit 0,04%.

En aval de la rue du Château et des bâtiments qui la bordent, la Verse retrouve son champ d'expansion naturel ; les cotes d'inondation diminuent de plus de 1,5 m sur 170m.

Les écoulements de la Verse de Guivry sont contraints par le franchissement de la rue Hélène Versepuy (RD128). La capacité de l'ouvrage est limitée par la présence d'une canalisation posée sur le fond du lit, par un angle du lit à sa sortie et la présence d'un merlon en rive gauche empêchant le libre débordement des eaux vers le fond de vallée et la Verse de Beaugies. La Verse de Guivry est perchée sur la rive droite de sa vallée depuis l'aval de Berlancourt ; sa capacité avant débordement est estimée à 5 m³/s en amont de la RD128 alors qu'elle est de près de 8 m³/s plus en amont, au droit de la RD932.

5.1.2 Noyon

Le linéaire souterrain de la Verse situé en aval du Boulevard Charmolue joue un rôle de limiteur de débit : le souterrain se met en charge pour un débit de 6 m³/s, et une cote d'eau amont de 40,85 mNGF, alors que le point bas du boulevard Charmolue est à la cote 42,00 mNGF. La cote d'eau amont monte alors progressivement, sur-inondant les champs d'expansion de l'Isle Adam, du Chatelain et du marais Huez déjà inondés par les débordements amont de la Verse.

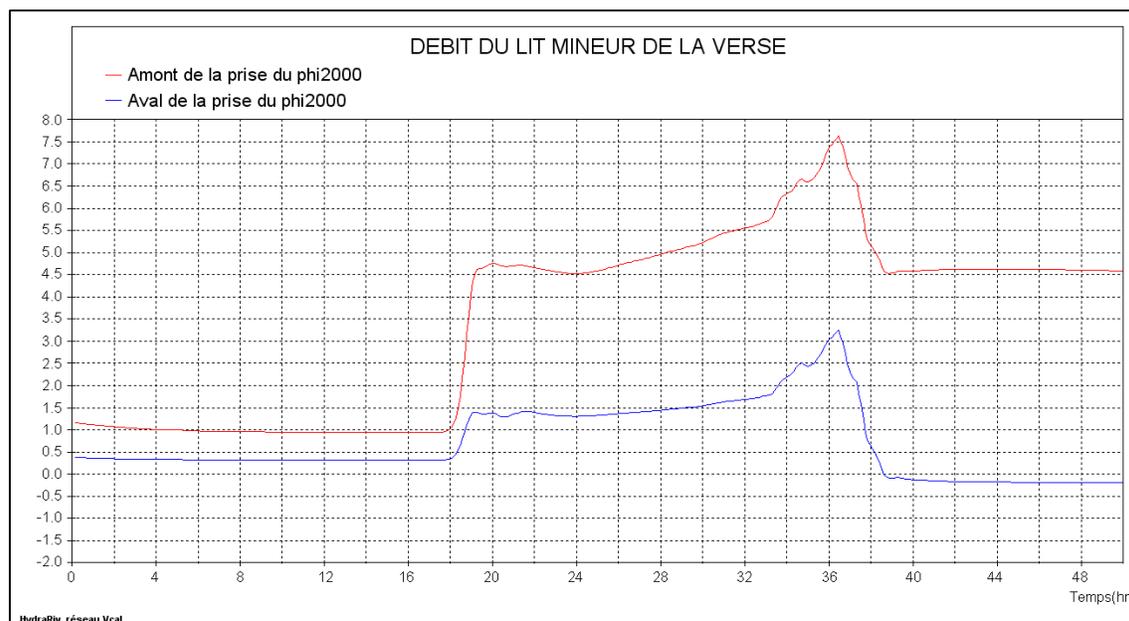
Le système joue alors un rôle de limiteur de débit, le débit ne pouvant être évacué vers l'aval étant stocké dans les marais et les zones construites situées en amont du boulevard Charmolue. Le débit s'écoulant en aval du boulevard Charmolue atteint 9,2 m³/s en juin 2007 et 9,1 m³/s en décembre 1993 pour des débits de pointe au droit de la rue du Faubourg d'Amiens de respectivement 27 m³/s et 11 m³/s.

La crue de juin 2007 a pu bénéficier de la décharge constituée par le ϕ 2000 ; cet ouvrage permet de soutirer un débit maximal de 5 m³/s alors que les hauteurs d'eau atteignent leur maximum dans les marais de l'Isle Adam.

En juin 2007, l'inondation arrive en limite de surverse sur le boulevard Charmolue. En l'absence du ϕ 2000, les cotes d'inondation au droit du quartier de l'Isle Adam auraient dépassé de 30 cm celles effectivement observées ; pour une telle cote, les eaux auraient submergé le boulevard Charmolue, et inondé les quartiers situés en rive gauche de la Verse, entre les locaux de la police municipale et le quartier Saint Blaise via les terrains de sport du Lycée, puis la rue de Paris, la rue des Tanneurs et la rue de la Poterne.

A l'inverse, la présence du ϕ 2000 en 1993 aurait permis d'abaisser la ligne d'eau d'environ 25 cm, mettant hors d'eau de nombreuses habitations du quartier de l'Isle Adam.

Entre la rue du Faubourg d'Amiens et le boulevard Charmolue, la capacité du lit mineur est d'environ 5 m³/s lors des premiers débordements en rive droite, et 6 m³/s pour la rive gauche. Cependant, la configuration de l'ouvrage de prise du ø2000 limite très fortement les écoulements dans le lit de la Verse à son aval . le graphique ci-après présente l'évolution des débits calculés en amont et en aval de cet ouvrage (pour les faibles débits, le modèle tend à faire écouler plus d'eau dans le lit de la Verse que ce qui est observé).

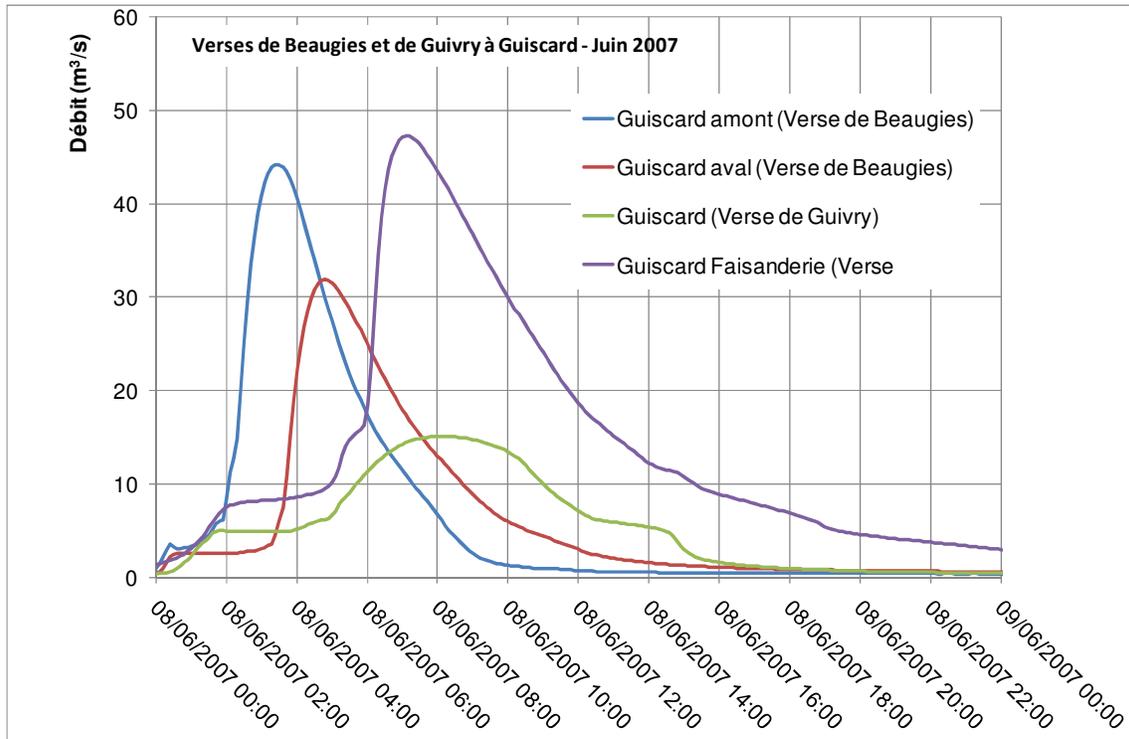


Graphique 6 : Evolution des débits calculés en amont et en aval de l'ouvrage de prise du f2000 à Noyon – Crue de juin n2007

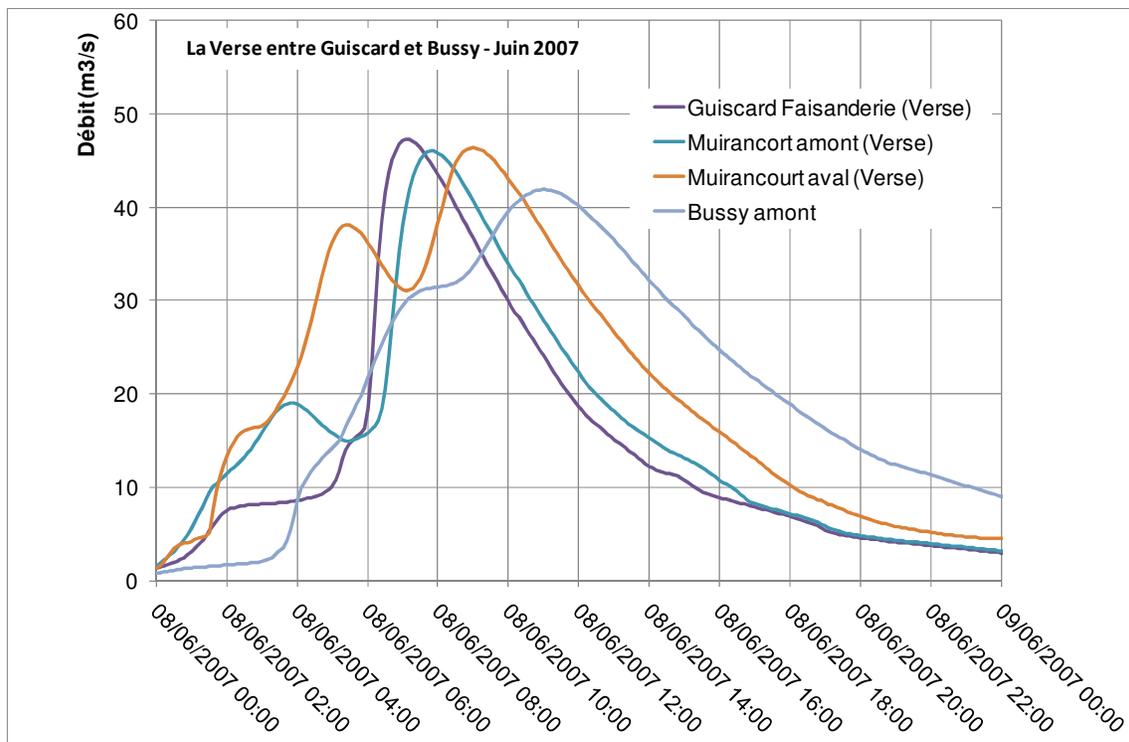
5.1.3 Rôle des Marais

La modélisation permet de quantifier l'incidence des marais sur la propagation des crues de la Verse. Ils permettent de fait d'écrêter fortement les crues débordantes générées sur les têtes de bassin versant, y compris pour la crue exceptionnelle de juin 2007.

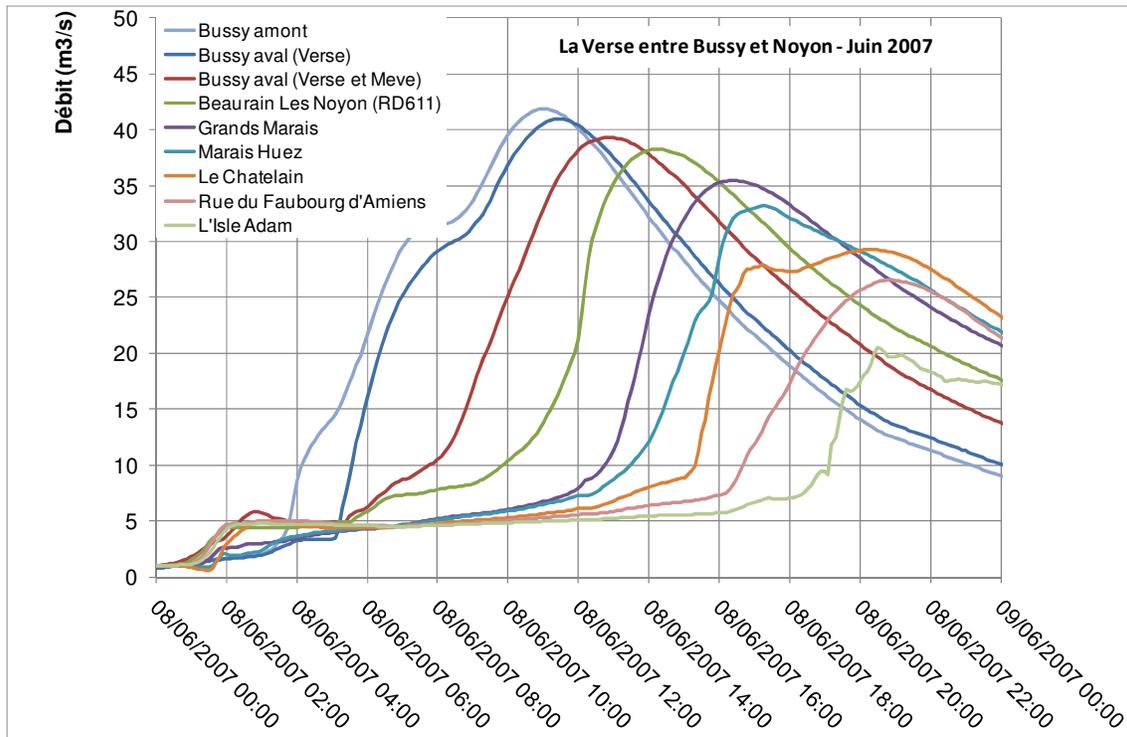
Les graphiques ci après présentent les hydrogrammes de crue de la Verse de Guiscard à Noyon pour les crues de juin 2007 et décembre 1993.



Graphique 7 : propagation de la crue des Verse de Beaugies et de Guivry entre l'amont et l'aval de Guiscard – crue de juin 2007



Graphique 8 : propagation de la crue de la Verse l'aval de Guiscard et L'amont de Bussy – crue de juin 2007



Graphique 9 : propagation de la crue de la Verse l'amont de Bussy et Noyon – crue de juin 2007

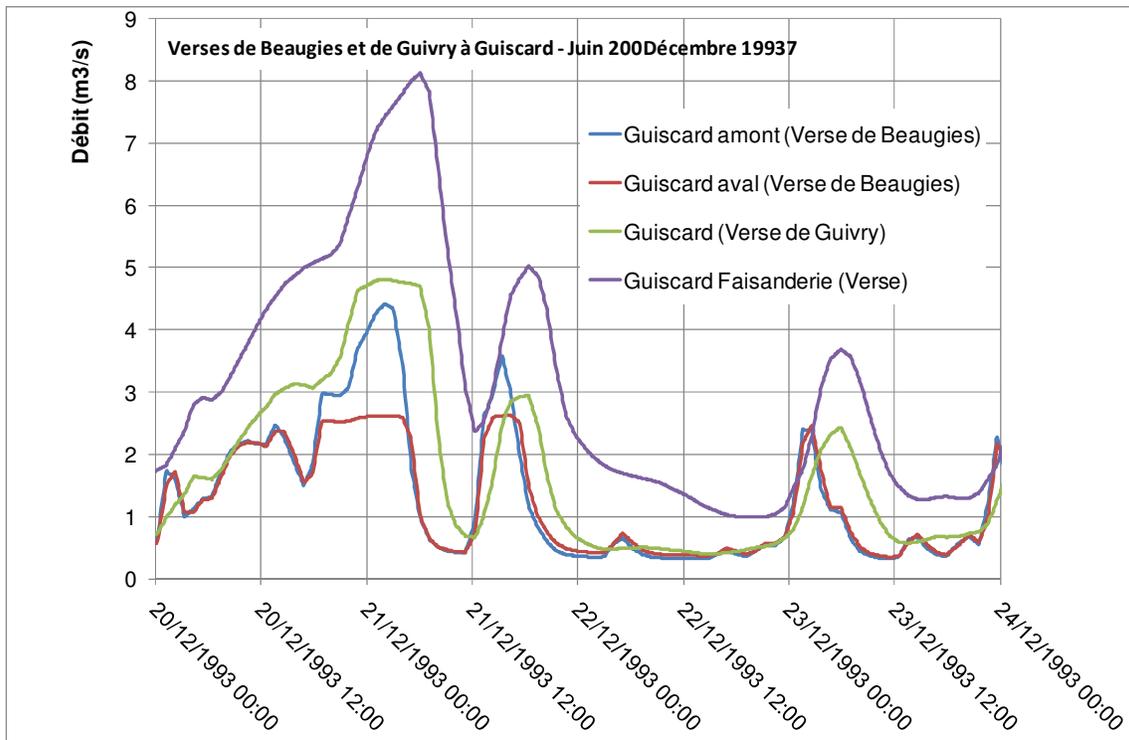
Les débordements de la Verse de Beaugies dans Guiscard entraînent un fort écrêtement et un ralentissement de la pointe de crue, très violente. L'hydrogramme de la Verse de Guivry au droit de la rue H. Versepuy est déjà laminé par les nombreux débordements survenus notamment entre Berlancourt et Guiscard : le lit perché vient se déverser dans le fond de vallée, où la RD932 puis la RD128 créent des obstacles aux écoulements permettant de stocker d'importants volumes d'eau.

En aval de Guiscard, la Verse voit son débit grossi par les apports du ru de la Fontaine Caboche et du fossé de la Gleue à hauteur de Muirancourt, formant un premier pic de crue précédent de 4 heures l'onde descendant de Guiscard.

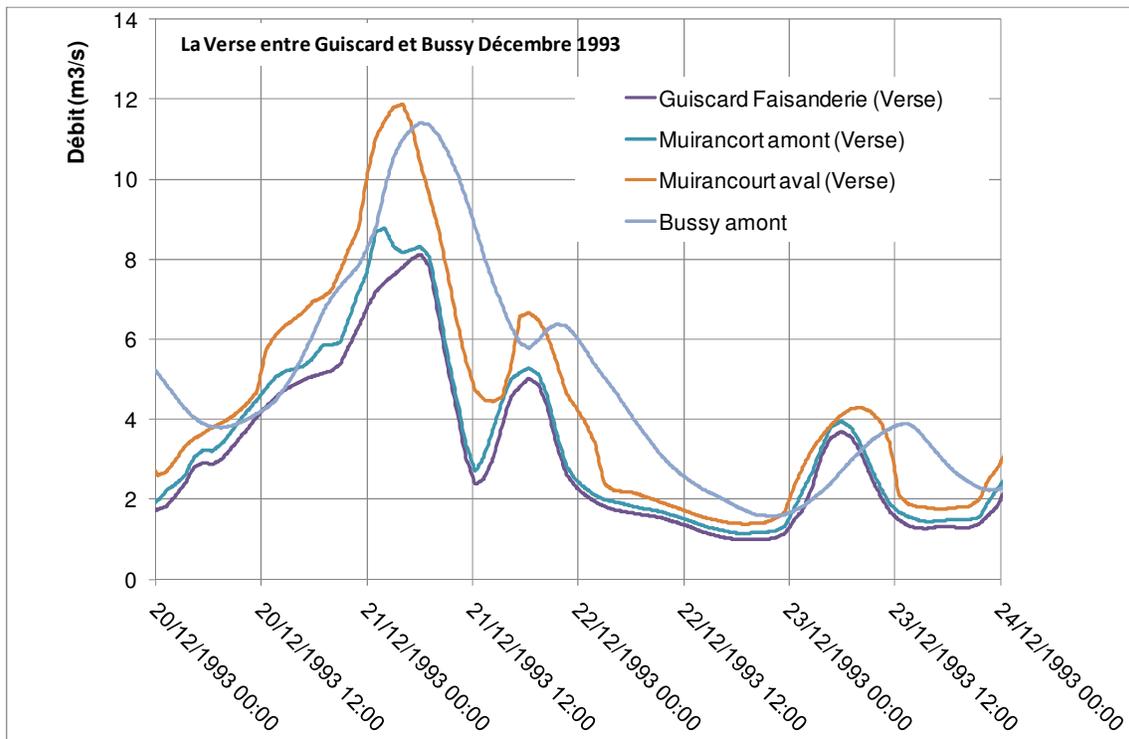
La Verse se déverse alors dans les marais jusqu'à Bussy, et voit son hydrogramme fortement laminé : la première pointe de crue est quasiment effacée à Bussy.

En aval de Bussy, les surfaces inondables constituées par les marais augmentent. Le ralentissement de la progression de l'onde de crue est accentué par la présence d'obstacles traversant la vallée (l'ancienne voie ferrée, en amont et en aval de Bussy notamment). L'orage ayant généré peu d'apports sur la Mève, les eaux de la Verse remontent par remous dans la vallée inondable de la Mève ; ce phénomène est accentué par le blocage créé par les remblais de l'ancienne voie ferrée.

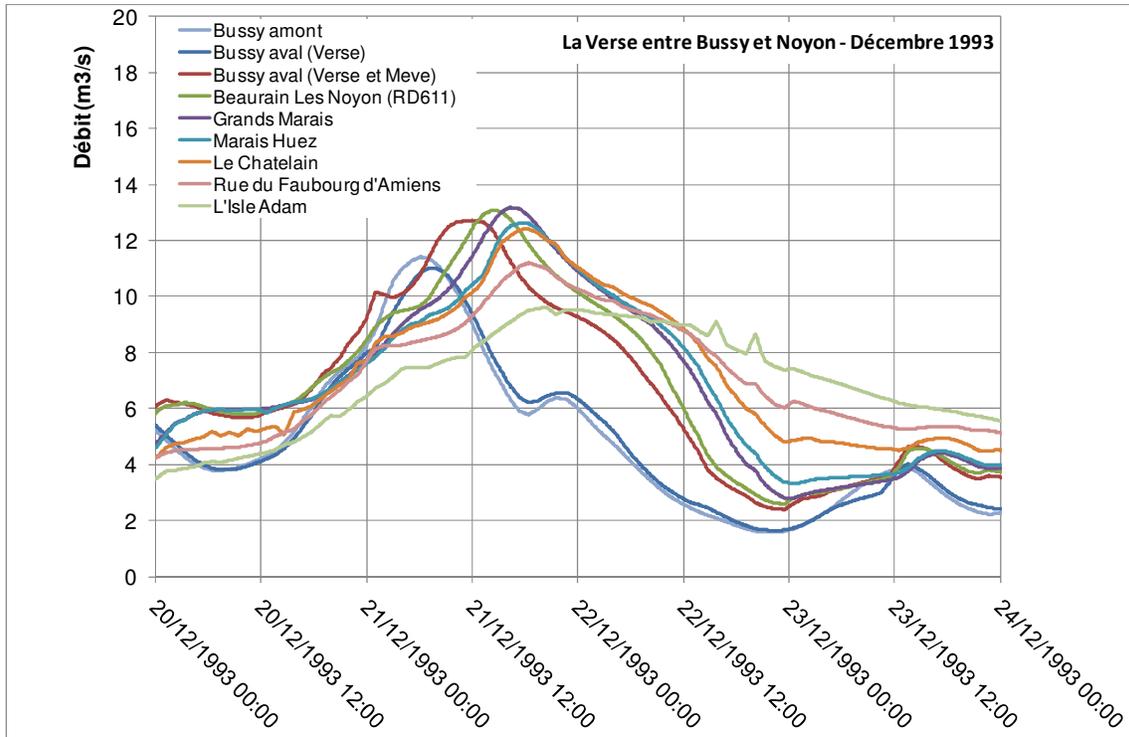
Le débit de pointe passe ainsi de 42 m³/s en amont de Bussy à 20 m³/s à Noyon.



Graphique 10 : propagation de la crue des Verses de Beaugies et de Guivry entre l'amont et l'aval de Guiscard – crue de décembre 1993



Graphique 11 : propagation de la crue de la Verse l'aval de Guiscard et l'amont de Bussy – crue de décembre 1993



Graphique 12 : propagation de la crue de la Verse l'amont de Bussy et Noyon – crue de décembre 1993

Les mêmes phénomènes sont mis en évidence pour la crue de décembre 1993. Cette crue est beaucoup plus longue que celle de juin 2007, mais présente des débits de pointe nettement plus réduits. Le débiot de pointe passe de $13 \text{ m}^3/\text{s}$ en aval de Bussy (Verse et Mève réunies) à $11 \text{ m}^3/\text{s}$ au droit de la rue du Faubourg d'Amiens.

5.1.4 Influence de l'Oise

Comme cela avait déjà été démontré par le passé, les simulations des crues de décembre 1993 (crue forte de l'Oise) et de la crue de juin 2007 (crue forte de la Verse) confirment que la limite d'influence de l'Oise sur les inondations de la vallée de la Verse se situe au droit de la voie ferrée de Noyon. L'Oise n'a donc aucune influence sur les débordements de la Verse en amont de ce point.

5.2 INONDATIONS PAR DEBORDEMENT DE PETITS COURS D'EAU NON MODELISES

5.2.1 Ru des Brûlés en amont de Buchoire

Lors de l'orage de juin 2007, l'eau a submergé la RD554 puis les plaques de ciment de la clôture située en amont de la RD554 ont cédé sous la pression de l'eau. Le portail du château ainsi que le mur en briques à l'aval de la propriété du château ont également cédé. Les dépendances du château situées en fond de vallée ont été inondées (~60 cm d'eau).

La RD554 a déjà été inondée lors d'orages ; l'étang situé en amont (privé) va être agrandi dans la peupleraie actuelle. La mise en place d'un ouvrage de ralentissement des crues au droit de l'étang pourrait être envisagée.

L'ouvrage sous le mur du château, en aval de la RD554 semble sous dimensionné, et les grilles fréquemment encombrées.

5.2.2 Fossé de la Gleue

Quelques débordements ont été observés en juin 2007 sur la RD558. Des débordements fréquents sont observés en amont du bois situé entre la RD558 et la RD932.

5.2.3 Ru de Crisolles

Les écoulements du ru de Crisolles sont bloqués par la RD558, inondant la station d'épuration de Crisolles.

5.2.4 Ru de Yeppe

Le ru a submergé la RD558 ; en aval de la route, le cours d'eau est busé sous une parcelle cultivée ; le terrain naturel, légèrement plus haut que la route, ne permet pas le libre écoulement des eaux débordées sur la route.

5.2.5 Fossé de l'Étincelle, fossé de Melet et fossé des Fonds

Entretien avec les élus de Beaulieu Les Fontaines, Ecuville et Candor

Beaulieu Les Fontaines : M. Plevel (maire), M. Gerbaux (conseiller municipal) et M. Caron (adjoint) (02/06/2009).

Ecuville : M. Lacroix (adjoint) (02/06/2009).

Candor : M. Ghesteme (adjoint) (09/06/2009)

En amont de la mairie de Beaulieu Les Fontaines, le fossé de l'Étincelle se comble progressivement et voit le cresson se développer fortement, réduisant les capacités d'écoulement ; les débordements du fossé viennent inonder une prairie, sans créer de dommages. Le fossé est ensuite busé sous la traversée de la RD24 puis sous une maison de retraite; et récupère le réseau d'assainissement pluvial de la voirie ; à l'exutoire de ce busage, les graviers et matériaux collectés par le réseau d'assainissement pluvial se déposent et comblent le fossé.

En aval immédiat, 4 maisons d'un lotissement de construit au début de années 2000 ont été inondées à plusieurs reprises (au moins 2 fois en 2006 et 2007 notamment) par le débordement du fossé de l'Étincelles sur sa rive gauche ; en rive droite, le terrain naturel ne permet pas l'expansion des eaux.

D'importantes inondations ont eu lieu pendant l'hiver 2001 suite à la concomitance de pluies soutenues et de niveaux très élevés de la nappe, limitant de fait l'infiltration. Ces trois axes d'écoulement confluent au droit de la station de pompage (eau potable) située en aval du village ; ce secteur est resté inondé par la nappe durant l'hiver puis l'été 2001 (jusqu'en septembre).

Le ruisseau descendant de Beaulieu (fossé de l'Étincelle) s'infiltré en amont du village d'Ecuvilly dans un Karst ; depuis quelques années, le point d'infiltration s'est transformé en mare, et reste en eau toute l'année (colmatage). En 2001, les forts apports du ruisseau ont entraîné un débordement de cette mare, inondant une maison en amont et la voirie en aval ; la commune a depuis mis en place une surverse de sécurité (φ300) vers le réseau d'assainissement pluvial.

La vallée du fossé Melet est coupée par le remblai de l'ancienne voie ferrée ; celui-ci a bloqué en grande partie les écoulements du fossé pendant l'hiver 2001, créant de fait un bassin de rétention et d'écrêtement en amont du village. Ceci n'a cependant pas pu empêcher les débordements du fossé sur la route de Catigny (le fossé est busé sous la route puis sur un linéaire d'environ 250 m en aval).

La commune de Candor est traversée par le ru Auriez, qui devient le fossé des Fonds en aval de la RD934 ; il est busé sur une grande partie de sa traversée du village. La rue des tilleuls a été inondée plusieurs fois, environ une fois tous les 10 ans ; l'inondation la plus forte a eu lieu en 1981, où plusieurs maisons ont été inondées. Une autre inondation est survenue au début des années 2000.

Le syndicat de la Verse a mis en place un vannage sur le ru en amont du village, dont l'incidence sur les crues semble dérisoire.

Les débordements de ces cours d'eau peuvent donc être générés par des épisodes orageux entraînant de fortes précipitations et du ruissellement, ainsi que par des crues de nappe.

6 STATISTIQUES HYDROLOGIQUES

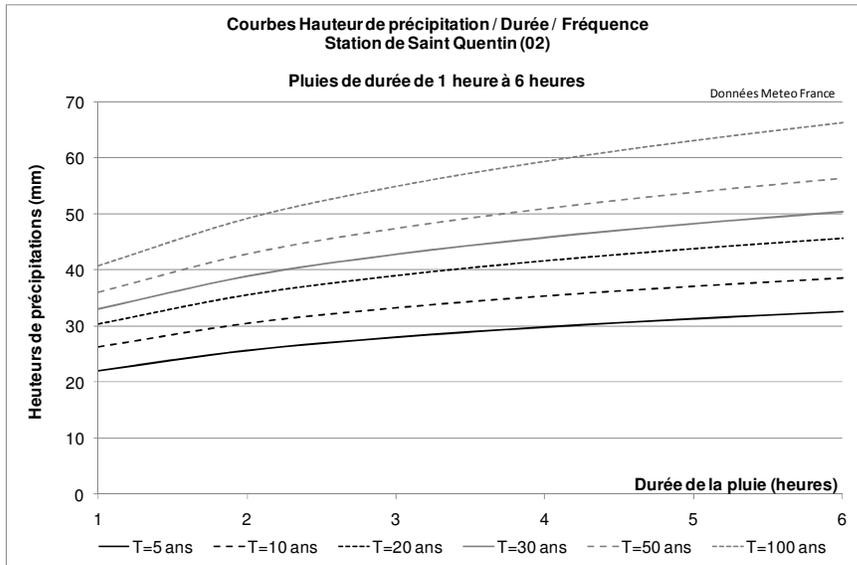
Il n'est pas possible de réaliser directement un ajustement statistique sur les mesures de débits disponibles sur la Verse à Noyon (nombre d'année de mesure trop réduit).

Les statistiques de crue de la Verse sont donc reconstituées à partir de celles réalisées sur la station de la Divette à Passel.

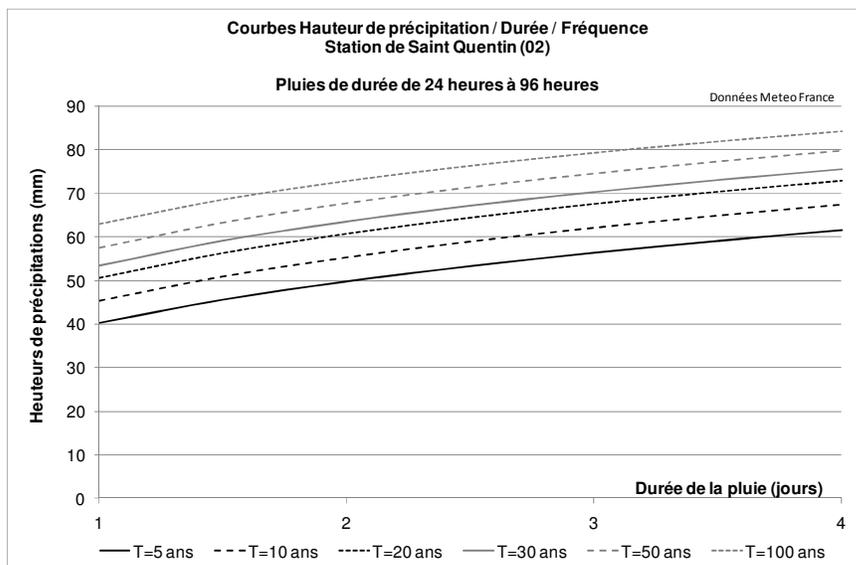
Le présent chapitre vise à préciser les conclusions du rapport de phase 1 en exploitant le modèle hydraulique. Il s'agit notamment d'estimer la période de retour des crues historiques de décembre 1993 et juin 2007, et de définir une crue cible pour le dimensionnement des aménagements hydrauliques de lutte contre les inondations.

6.1 ANALYSE STATISTIQUE SUR LA PLUVIOMETRIE

Les paramètres de Montana ont été recueillis auprès de Météo France pour la station de Saint Quentin (02), pour des pluies de durées comprises entre 1 heure et 6 heures d'une part, et 1 jour et 4 jours d'autre part. Les graphiques ci-après présentent les courbes Hauteurs de précipitation / Durée / Fréquence qui en sont déduites.

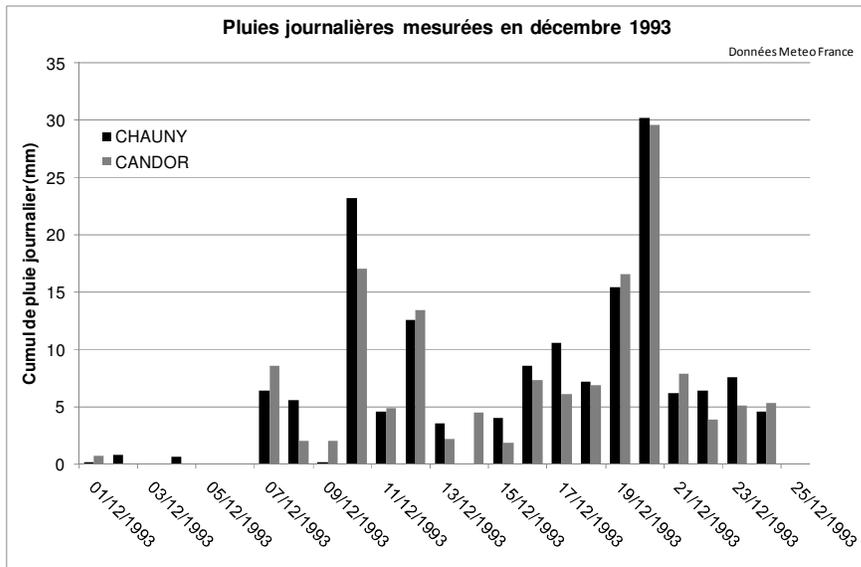


Les précipitations mesurées lors de l'orage de juin 2007 atteignent 140 mm en 4 heures à Guiscard, soit plus du double de la pluie centennale estimée à Saint Quentin (59,4 mm).



Le graphique ci-après présente les cumuls de pluie journalière mesurés aux stations de Chauny et Candor lors de la crue de décembre 1993 ; les périodes de retour estimées à partir des données de Saint Quentin sont :

- Pluie 1 jour : < 5ans
- Pluie 2 jours : <5ans
- Pluie 4 jours : ~5ans



6.2 MODELISATIONS HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES COMPLEMENTAIRES

6.2.1 Méthodologie

Les modèles hydrologique et hydraulique élaborés précédemment sont exploités pour reconstituer des crues historiques et des crues synthétiques, afin de préciser :

- Les lois de corrélations entre les débits de pointe de la Verse à Noyon et de la Divette à Passel où des données mesurées sont disponibles,
- Le fonctionnement hydrologique et hydraulique du bassin de la Verse pour différentes sollicitations pluviométriques :
 - Volumes écoulés,
 - Dynamique de propagation des crues,
 - Corrélations entre les débits de pointe de la Verse à Noyon et à Guiscard.
- La période de retour des crues de décembre 1993 et juin 2007 en différents points du bassin versant.

6.2.2 Crues historiques

Les apports hydrologiques des différents sous bassins versants de la Verse ont été calculés à partir des données pluviométriques mesurées pour chaque événement considéré (cf. chapitre spécifique). Les crues de décembre 1993 et juin 2007 ont été exploitées pour caler le modèle hydraulique et produire les cartes d'inondation associées ; le modèle est à nouveau exploité pour simuler les événements suivants :

- Décembre 2001,
- Janvier 2003,
- Mai 2006.

Les débits de pointe calculés en amont de Noyon permettent d'estimer une loi de corrélation avec les débits de pointe mesurés sur la Divette à Passel.

6.2.3 Crues synthétiques

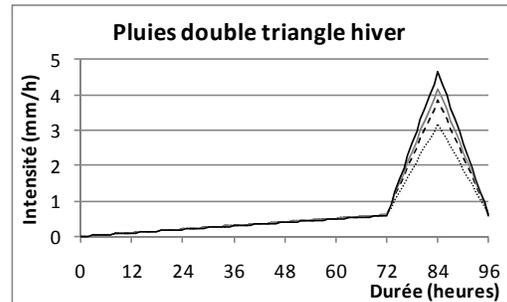
Les crues de décembre 1993 et juin 2007 résultent pour la première de pluies longues non exceptionnelles, et pour la seconde d'un événement pluviométrique court et intense de période de retour très exceptionnelle.

Une série de pluies synthétiques a été construite, afin de reconstituer des événement pluviométriques longs (type crues d'hiver) et courts (type orage estival) de différentes périodes de retour ; les cumuls pluviométriques sont définis à partir des coefficients de Montana disponibles à la station de Saint Quentin.

6.2.3.1 Pluies d'hiver

4 pluies double triangles sont construites, en considérant des cumuls pluviométriques de période de retour 10, 30, 50 et 100 ans sur :

- La période intense, prise égale à 1 jour,
- La durée totale de l'événement, pris égal à 4 jours.

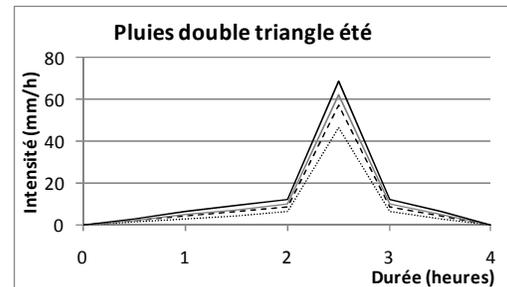


L'état de saturation des sols pour la modélisation pluie – débit est repris identique à celui calculé pour la crue de décembre 1993.

6.2.3.2 Pluies d'été

4 pluies double triangles sont construites, en considérant des cumuls pluviométriques de période de retour 10, 30, 50 et 100 ans sur :

- La période intense, prise égale à 1 heure,
- La durée totale de l'événement, pris égal à 4 heures.



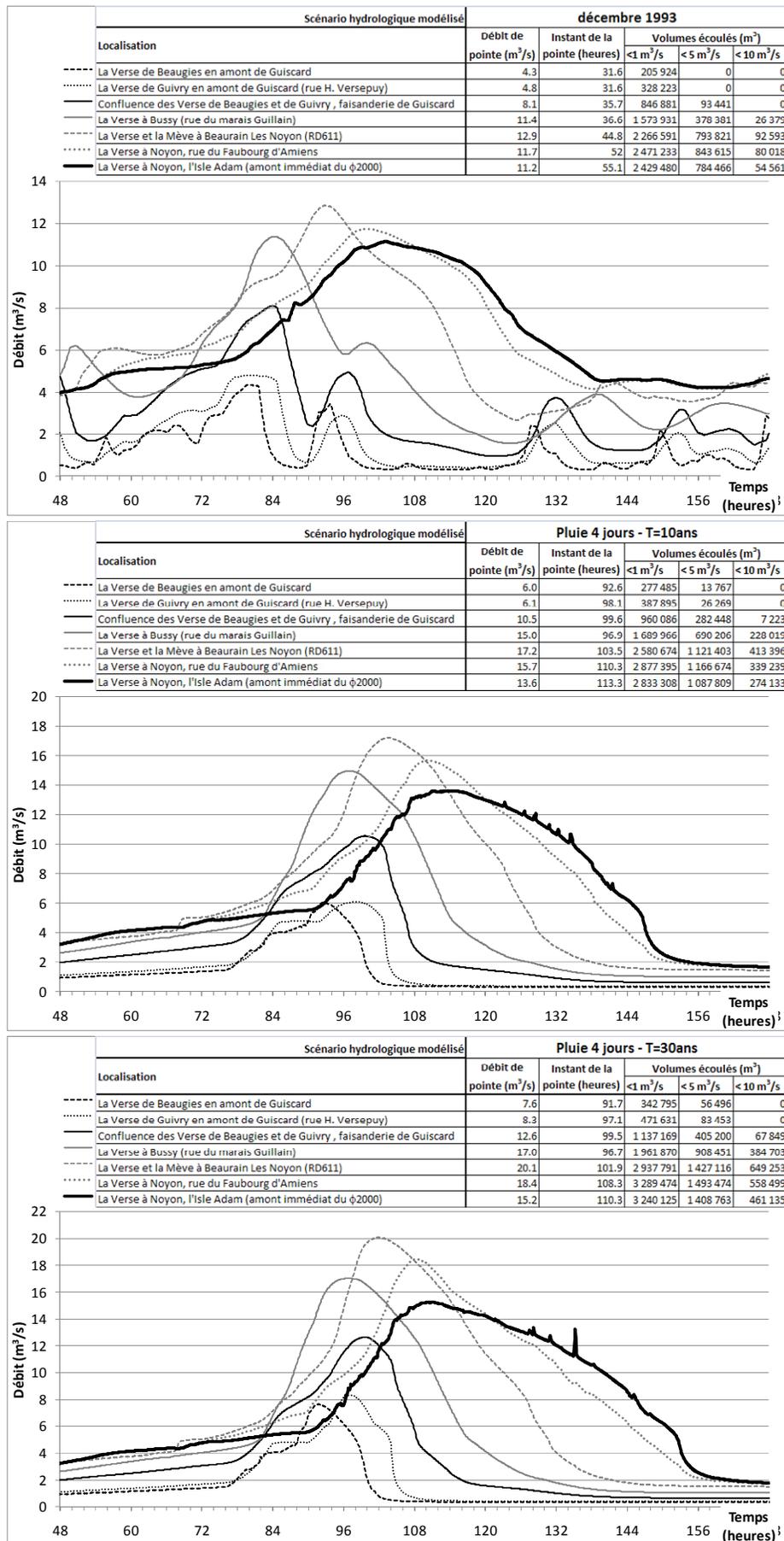
L'état de saturation des sols pour la modélisation pluie – débit est repris identique à celui calculé pour la crue de juin 2007.

6.2.3.3 Résultats des modélisations hydrauliques

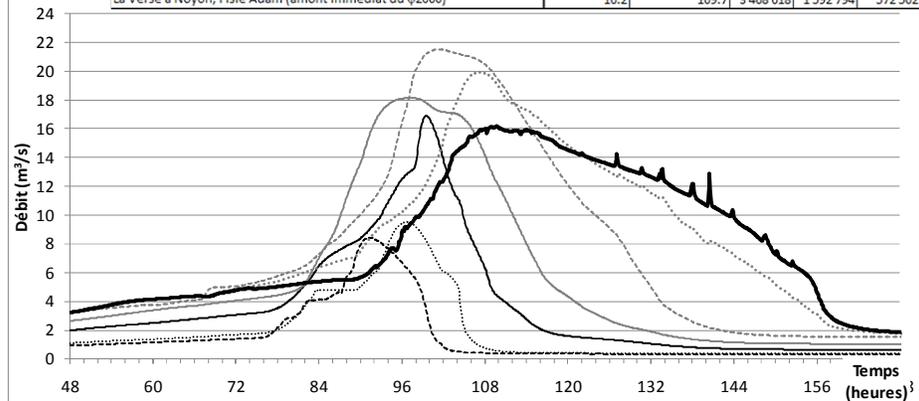
Les graphiques en page suivantes présentent les hydrogrammes calculés, les débits de pointes et les volumes écoulés pour les crues synthétiques et les crues de décembre 1993 et juin 2007 en différents nœuds du réseau hydrographique du bassin de la Verse :

- La Verse de Guivry en amont de Guiscard,
- La Verse de Guivry en amont de Guiscard (rue Hélène Versepuy),
- La Verse en aval de Guiscard (confluence des Verse de Beaugies et de Guivry au droit de la faisanderie de Guiscard),
- La Verse à Bussy (rue du marais Guillain),
- La Verse et la Mève à Beurain Les Noyon (RD611),
- La Verse à Noyon (rue du Faubourg d'Amiens),
- La Verse à Noyon (l'Isle Adam, amont immédiat du ϕ 2000).

Figure 12 : Propagation des hydrogrammes synthétiques « hiver » et crue de décembre 1993



Localisation	Scénario hydrologique modélisé				
	Débit de pointe (m ³ /s)	Instant de la pointe (heures)	Volumes écoulés (m ³)		
			<1 m ³ /s	<5 m ³ /s	<10 m ³ /s
La Verse de Beaugies en amont de Guiscard	8.4	91.3	377 639	82 777	0
La Verse de Guivry en amont de Guiscard (rue H. Versepuy)	9.5	96.6	517 192	119 967	0
Confluence des Verse de Beaugies et de Guivry , faisanderie de Guiscard	16.9	99.5	1 232 835	490 910	136 603
La Verse à Bussy (rue du marais Guillaïn)	18.1	97.1	2 108 145	1 038 804	497 791
La Verse et la Mève à Beaurain Les Noyon (RD611)	21.5	101.3	3 138 201	1 606 153	800 474
La Verse à Noyon, rue du Faubourg d'Amiens	19.9	107.1	3 521 806	1 680 803	688 632
La Verse à Noyon, l'Isle Adam (amont immédiat du φ2000)	16.2	109.7	3 468 618	1 592 794	572 502



Localisation	Scénario hydrologique modélisé				
	Débit de pointe (m ³ /s)	Instant de la pointe (heures)	Volumes écoulés (m ³)		
			<1 m ³ /s	<5 m ³ /s	<10 m ³ /s
La Verse de Beaugies en amont de Guiscard	9.4	91.2	418 461	119 731	0
La Verse de Guivry en amont de Guiscard (rue H. Versepuy)	11.0	95.9	572 017	171 975	10 203
Confluence des Verse de Beaugies et de Guivry , faisanderie de Guiscard	20.7	97.7	1 340 617	606 176	236 615
La Verse à Bussy (rue du marais Guillaïn)	21.3	102.5	2 267 272	1 207 801	657 230
La Verse et la Mève à Beaurain Les Noyon (RD611)	24.9	105.1	3 344 386	1 813 995	999 793
La Verse à Noyon, rue du Faubourg d'Amiens	22.1	106.6	3 752 910	1 878 934	839 234
La Verse à Noyon, l'Isle Adam (amont immédiat du φ2000)	17.6	110.6	3 696 960	1 786 561	701 991

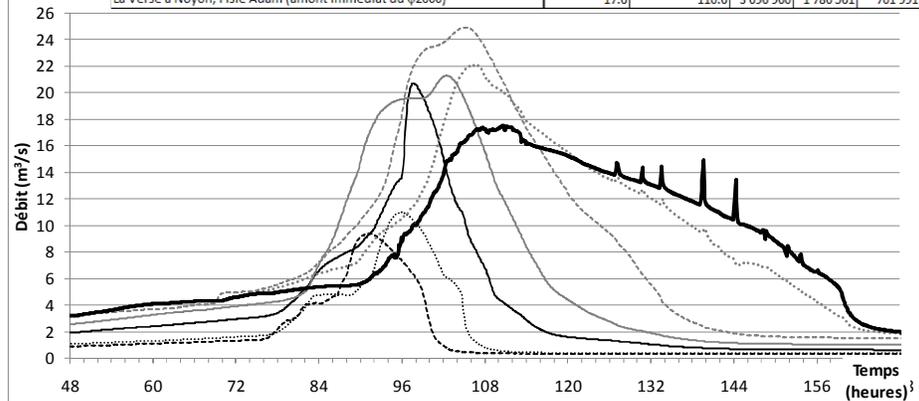
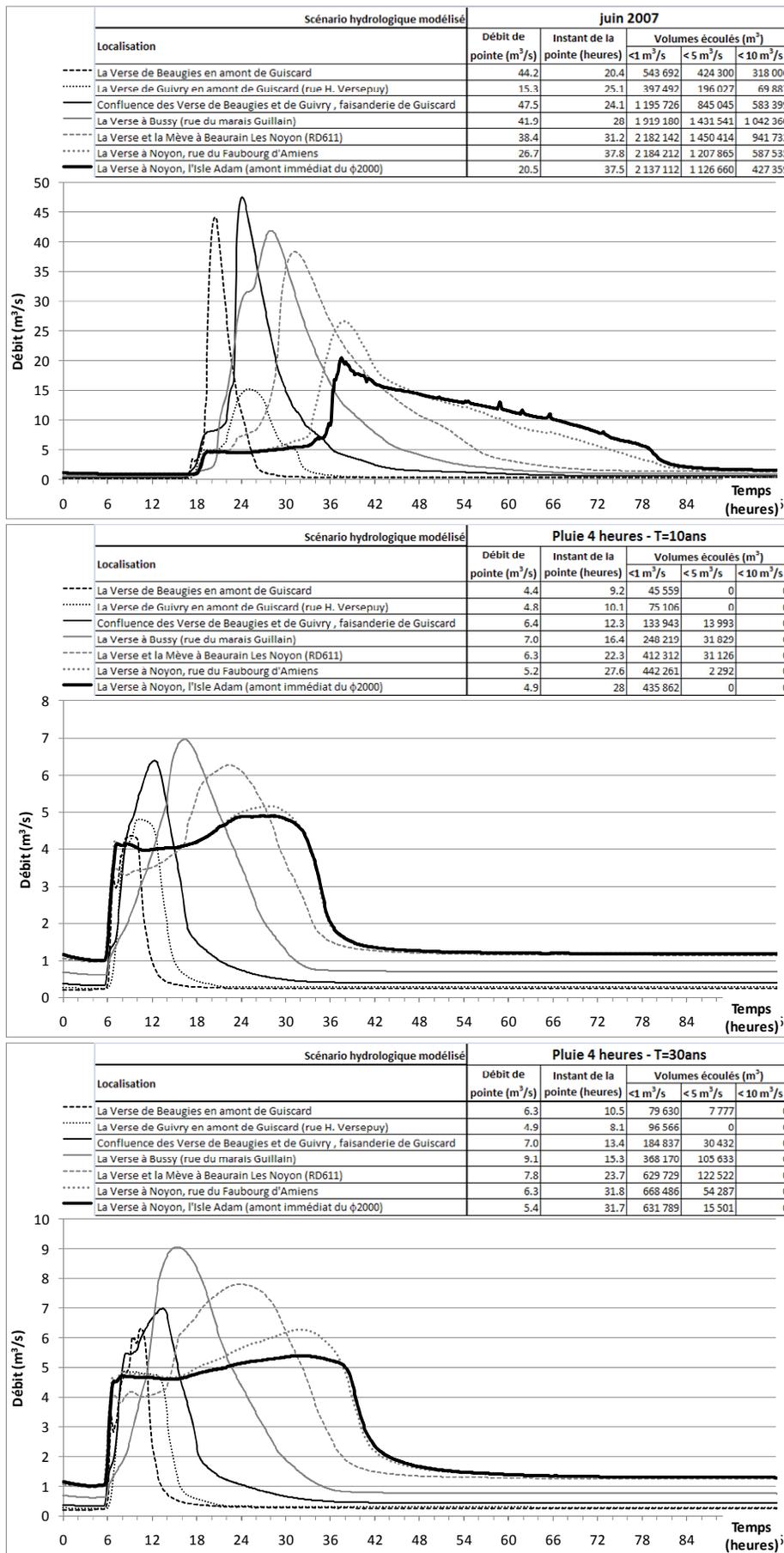
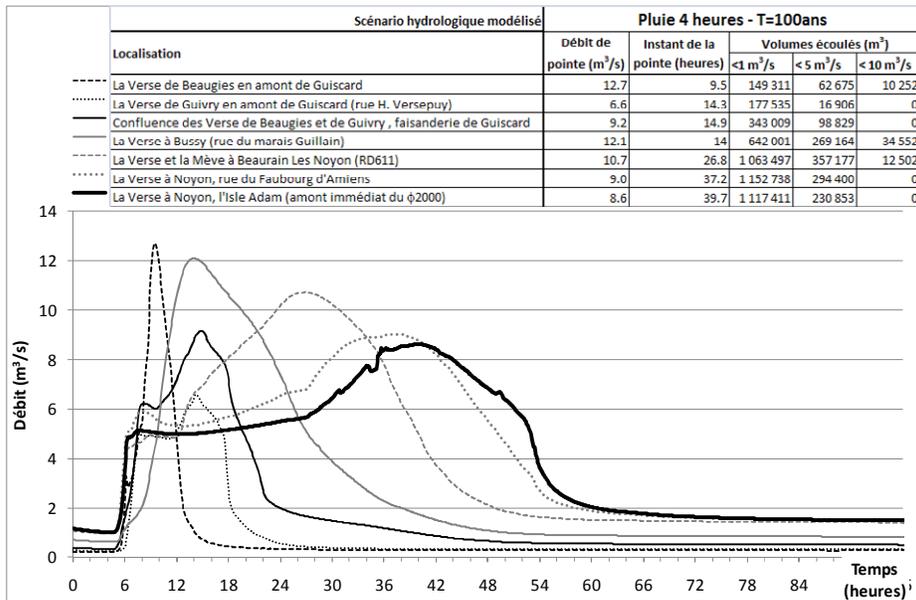
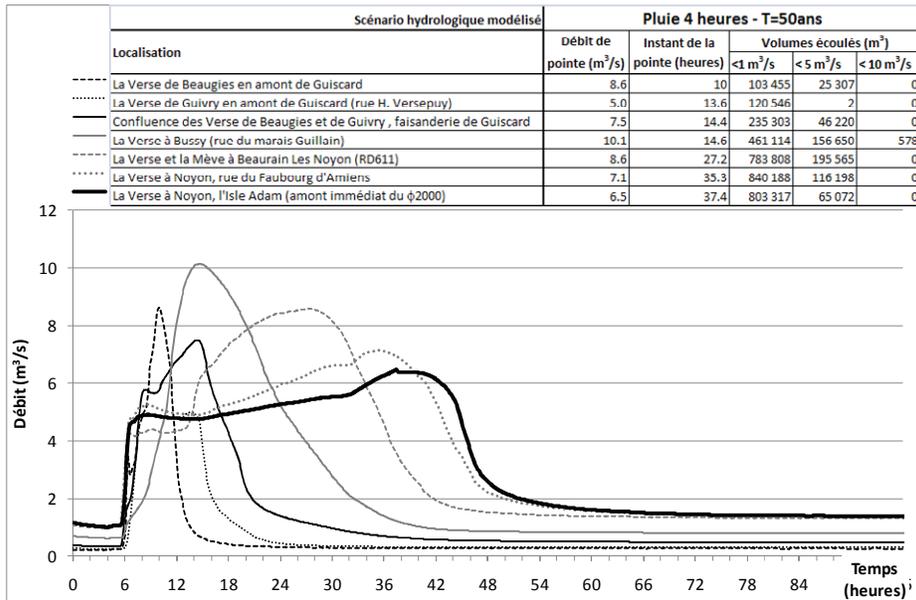


Figure 13 : Propagation des hydrogrammes synthétiques « été » et crue de juin 2007





6.3 ESTIMATION DES PERIODES DE RETOUR DES CRUES RARES DE LA VERSE EN AMONT DE NOYON (RUE DU FAUBOURG D'AMIENS)

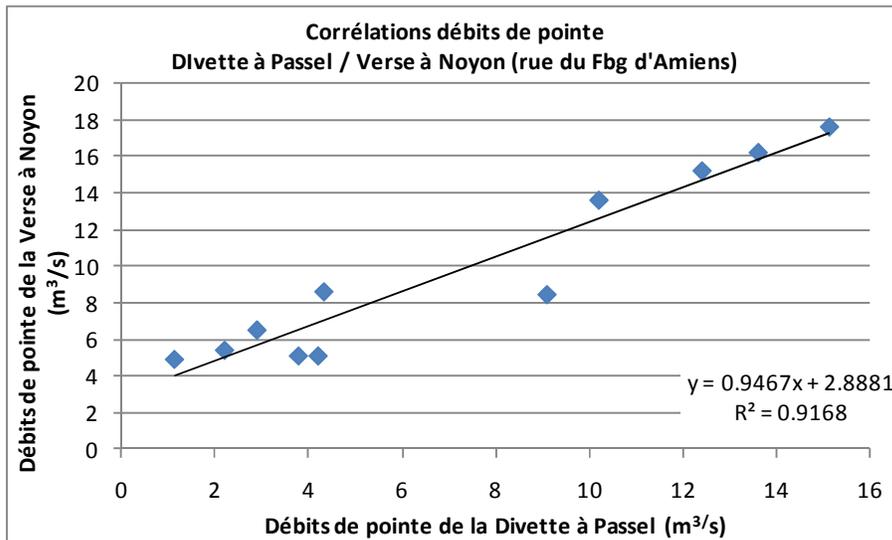
6.3.1 Reconstitution d'une série historique de débits maxima annuels

Aucune mesure de débit n'étant disponible sur la Verse avant 2009, l'analyse exploite les données disponibles sur la Divette à Passel.

Une loi de corrélation est établie entre les débits de pointe des crues des deux cours d'eau à partir :

- des hydrogrammes des crues historiques de 2001, 2003 et 2006 mesurés sur la Divette (aucune données n'est disponible pour la crue de décembre 1993 et l'événement de juin 2007 n'a pas entraîné de crue sur la Divette),
- des hydrogrammes reconstitués sur la Verse par modélisation pour ces mêmes crues historiques,
- des hydrogrammes des crues synthétiques calculés par modélisation sur les deux cours d'eau.

Le graphique ci-après présente la loi de corrélation linéaire ainsi obtenue.



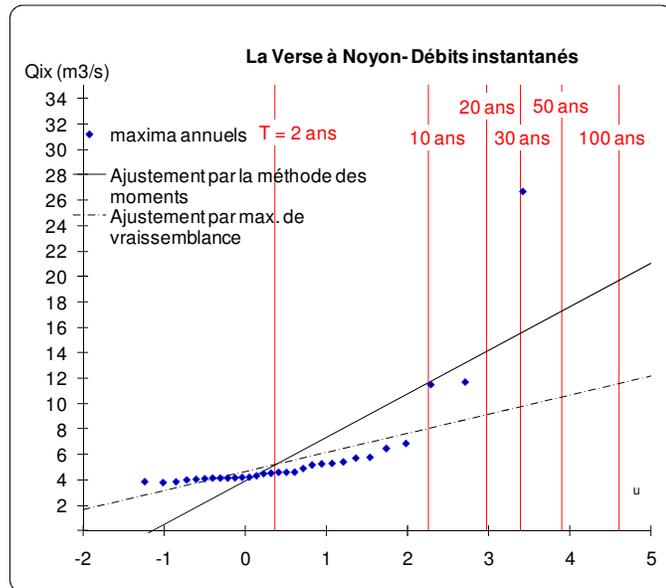
6.3.2 Ajustement statistique sur les débits maxima annuels reconstitués de la Verse en amont de Noyon

Un ajustement à une loi de Gumbel est réalisé sur la série de débits maximums annuels reconstitués, avec la méthode des moments et la méthode du maximum de vraisemblance. Les débits calculés par modélisation pour les crues de décembre 1993 et juin 2007 (absents des séries de la Divette) sont ajoutés à la série.

Les débits caractéristiques ainsi obtenus sont présentés ci-après.

Période de retour	Maximum de vraisemblance	Moments
T = 2 ans	5.2 m ³ /s	5.2 m ³ /s
T = 5 ans	7.0 m ³ /s	9.0 m ³ /s
T = 10 ans	8.1 m ³ /s	11.6 m ³ /s
T = 20 ans	9.1 m ³ /s	14.1 m ³ /s
T = 30 ans	9.7 m ³ /s	15.5 m ³ /s
T = 50 ans	10.5 m ³ /s	17.2 m ³ /s
T = 100 ans	11.6 m ³ /s	19.6 m ³ /s

Cette méthode donne une valeur du débit décennal comprise entre 7,6 m³/s et 10,2 m³/s.



Lors de l'étude de 1992 sur la Verse, le débit décennal de la Verse en amont de Noyon avait été estimé à 8.5 m³/s. Ce débit de 8.5 m³/s correspondait à la moyenne entre le débit de débordement à la traversée de Noyon et le débit correspondant aux plus hautes eaux connus alors. La première approche, basée sur une extrapolation simple des débits caractéristiques estimés sur la Divette basée sur le rapport des surfaces de bassins versants drainés, donne une estimation du débit décennal à 6,2 m³/s.

6.3.3 Méthode du Gradex

La série historique, constituée de 30 valeurs, ne permet pas d'estimer les crues de période de retour rares, supérieures à 30 ans. Par ailleurs, l'ajustement réalisé précédemment fait ressortir 3 points au dessus de l'ajustement réalisés par la méthode du maximum de vraisemblance qui donne plus de poids aux débits courants ; ceci peut se traduire par l'existence d'un effet de seuil traduisant une non linéarité dans l'intensité des événements de crue. Cet effet de seuil résulte probablement :

- De la saturation des sols plus importante pour les événements rares,
- De l'effet d'amortissement de l'onde de crue joué par les marais, qui diminue lorsque les volumes écoulés augmentent.

Nous proposons donc d'utiliser la méthode du Gradex pour estimer les débits de crues rares.

La méthode du Gradex repose sur l'hypothèse qu'au-delà d'un certain seuil de débit (correspondant à la saturation totale du bassin versant), tout accroissement des précipitations tend à produire un accroissement égal du débit. Ainsi, à partir d'une certaine fréquence (**fréquence pivot**), la loi des débits trouvée expérimentalement pour les faibles valeurs peut être extrapolée par une droite " parallèle " à la loi des pluies.

Cette extrapolation s'applique aux chroniques de débits maxima annuels sur un pas de temps égal à la durée caractéristique de crue du bassin versant étudié. Cette durée caractéristique D a été estimée en s'appuyant sur les hydrogrammes reconstitués par modélisation hydraulique. Le gradex des pluies est lui aussi pris sur la durée D calculée précédemment.

La durée D est prise égale à 48 heures.

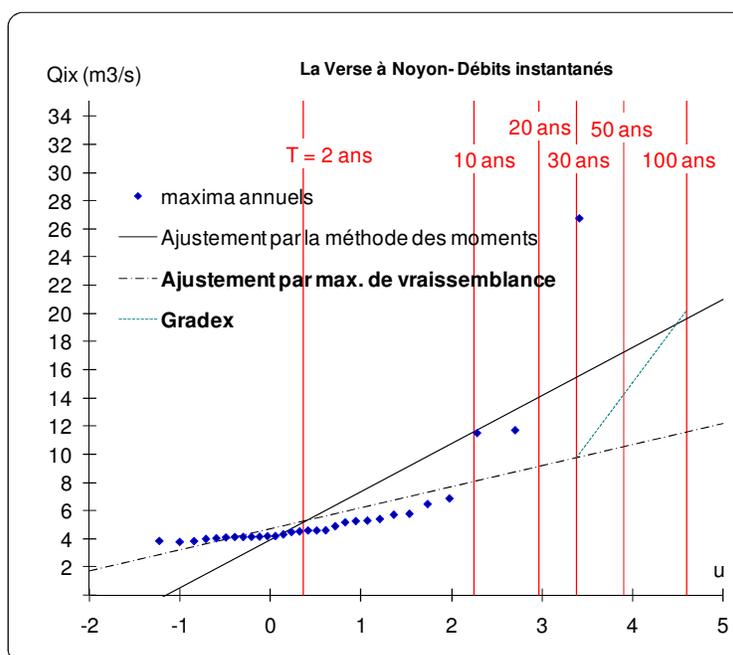
Le gradex des pluies est calculé à la station pluviométrique de Saint Quentin.

On calcule ensuite les extrapolations pour les débits extrêmes instantanés (période de retour supérieure à 30 ans ou 50 ans) à partir d'une loi de corrélation linéaire entre les débits maxima annuels sur la durée D et les débits maxima instantanés.

Les ajustements précédents laissent supposer que la période de retour pivot se situe à la crue décennale ; le nombre limité de points de la série donne cependant une période de retour expérimentale probablement trop faible à l'événement de juin 2007, généré par des conditions hydrologiques très exceptionnelles. La valeur pivot est donc fixée à 30 ans.

Le graphique et le tableau suivant présentent les valeurs de débits maxima caractéristiques retenues pour la Verse en amont de Noyon.

Période de retour	Débits maxima
T = 2 ans	5.2 m ³ /s
T = 5 ans	7.0 m ³ /s
T = 10 ans	8.1 m ³ /s
T = 20 ans	9.1 m ³ /s
T = 30 ans	9.7 m ³ /s
T = 50 ans	14.2 m ³ /s
T = 100 ans	20.2 m ³ /s



6.3.4 Bilan

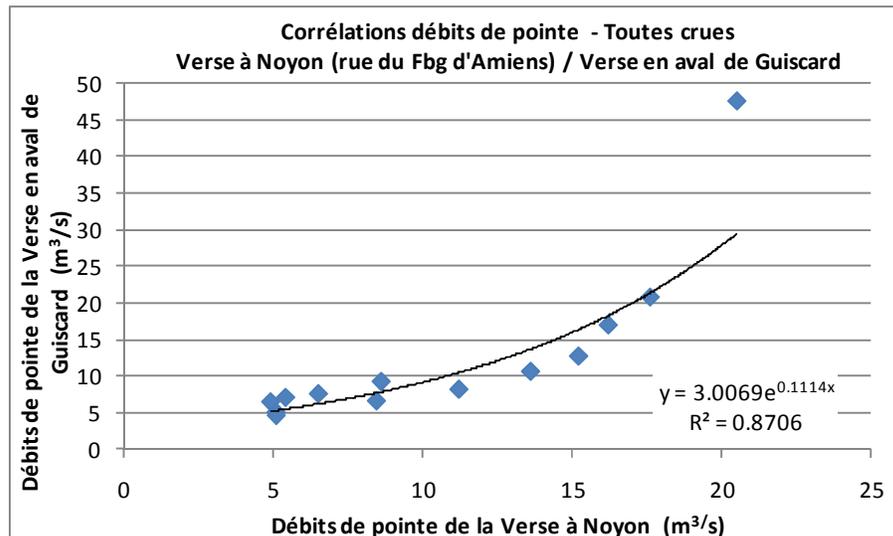
Les estimations précédentes permettent d'estimer les périodes de retour des crues de décembre 1993 et juin 2007 en amont de Noyon :

- Décembre 1993 : ~40 ans,
- Juin 2007 : supérieure à 100 ans (~210 ans)

6.4 ESTIMATION DES PERIODES DE RETOUR DES CRUES RARES DE LA VERSE EN AVAL DE GUISCARD

Les résultats de modélisation des crues historiques et des crues synthétiques permettent de définir une loi de corrélation entre les débits de pointe des crues en aval de Guiscard (confluence des Verse de Beaugies et de Guivry) et la Verse en amont de Noyon.

Une loi de type exponentielle est retenue, traduisant bien le rôle des Marais dans l'écrêtement des crues entre Guiscard et Noyon pour les fortes crues ; la crue de juin 2007 constitue un point isolé de la série étudiée.



Cette loi de corrélation permet d'extrapoler les débits caractéristiques définis pour la Verse à Noyon à la Verse en aval de Guiscard.

Période de retour	Débits maxima de la Verse en amont de Noyon (rue du Faubourg d'Amiens)	Débits maxima de la Verse en aval de Guiscard (faisanderie)
T = 2 ans	5.2 m^3/s	5.4 m^3/s
T = 5 ans	7.0 m^3/s	6.6 m^3/s
T = 10 ans	8.1 m^3/s	7.4 m^3/s
T = 20 ans	9.1 m^3/s	8.3 m^3/s
T = 30 ans	9.7 m^3/s	8.9 m^3/s
T = 50 ans	14.2 m^3/s	14.7 m^3/s
T = 100 ans	20.2 m^3/s	28.6 m^3/s

6.5 DEFINITION D'UNE HYDROLOGIE DE REFERENCE POUR LE DIMENSIONNEMENT DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES

6.5.1 Evénements synthétiques d'été et d'hiver

Les simulations effectuées pour une série d'événements générés par des pluies synthétiques d'hiver de 4 jours et d'été de 4 heures, de périodes de retour 10, 30, 50 et 100 ans (cf.6.2.3) ont permis d'affiner la compréhension des mécanismes de la dynamique de propagation et d'écrêtement des crues de la Verse des têtes de bassin aux marais aval.

Le tableau ci-après synthétise les débits de pointe et les périodes de retour associées des différents scénarios historiques et synthétiques modélisés.

Evénements hydrologiques	La Verse en amont de Noyon (rue du Fbg d'Amiens)		la Verse en aval de Guiscard (faisanderie)	
	Débit maximum (m ³ /s)	Période de retour (années)	Débit maximum (m ³ /s)	Période de retour (années)
décembre 1993	11.7	37	8.1	17
Pluie 10 ans sur 4 jours	15.7	59	10.5	35
Pluie 30 ans sur 4 jours	18.4	81	12.6	42
Pluie 50 ans sur 4 jours	19.9	96	16.9	61
Pluie 100 ans sur 4 jours	22.1	124	20.7	86
juin 2007	26.7	209	47.5	945
Pluie 10 ans sur 4heures	5.2	2	6.4	5
Pluie 30 ans sur 4heures	6.3	3	7.0	8
Pluie 50 ans sur 4heures	7.1	6	7.5	11
Pluie 100 ans sur 4heures	9.0	19	9.2	31

Pour un événement donné, les crues sont globalement plus marquées :

- en amont dans le cas de crues d'été,
- en aval dans le cas de crues d'hiver.

La crue de juin 2007 est une crue exceptionnelle sur l'amont du bassin versant, et il est difficilement envisageable de proposer des aménagements permettant de protéger les secteurs vulnérables contre d'un tel événement.

A l'inverse, la crue de décembre 1993 présente une période de retour peu élevée sur la partie amont du bassin versant.

6.5.2 Définition d'une hydrologie de référence

Pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques et la réalisation de l'analyse coût/bénéfices (ACB) associée, il est nécessaire de disposer de modélisations de crues de périodes de retour 10, 20, 30, 50 et 100 ans en débits. Il apparaît que les crues synthétiques étudiées précédemment :

- n'ont pas la même période de retour sur tout le cours de la rivière : les pluies synthétiques d'hiver donnent des crues plus fortes en aval (Noyon) qu'en amont (Guiscard), et inversement pour les pluies synthétiques d'été.
- ne correspondent pas aux périodes de retour nécessaires à l'ACB,

Pour disposer de crues de périodes de retour 10, 20, 30 et 50 ans (dont les débits sont rappelés ci-après), il nous faut reconstituer d'autres crues que celles simulées précédemment.

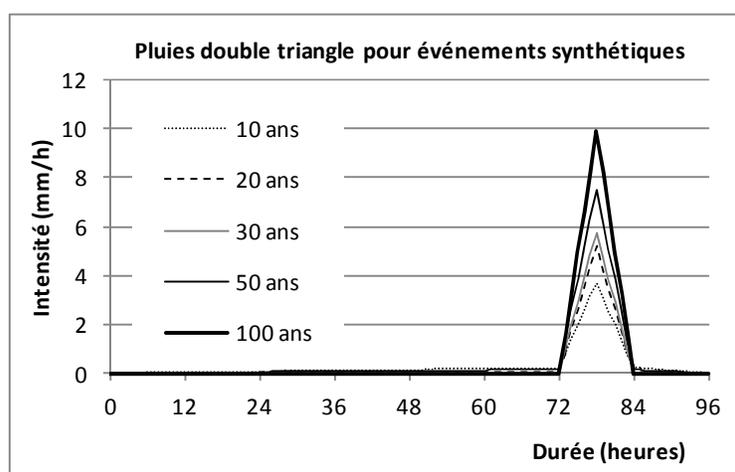
Période de retour	Débits maxima de la Verse en amont de Noyon (rue du Faubourg d'Amiens)	Débits maxima de la Verse en aval de Guiscard (faisanderie)
T = 10 ans	8.1 m ³ /s	7.4 m ³ /s
T = 20 ans	9.1 m ³ /s	8.3 m ³ /s
T = 30 ans	9.7 m ³ /s	8.9 m ³ /s
T = 50 ans	14.2 m ³ /s	14.7 m ³ /s
T = 100 ans	20.2 m ³ /s	28.6 m ³ /s

Un nouveau jeu de pluies synthétiques est élaboré, synthèse des pluies d'hiver et d'été déjà définies. Ces pluies, de type double triangle, sont construites à partir des coefficients de Montana de la station de Saint Quentin (02) sur le principe suivant :

- durée de la période intense de 12 heures, afin d'obtenir des pointes de débit plus marquées sur les têtes de bassin versant,
- durée totale de la pluie 4 jours pour conserver les volumes globaux écoulés lors des crues d'hiver.

Les pluies synthétiques ainsi construites sont injectées dans le modèle, puis pondérées pour obtenir par itérations successives les débits de période de retour 10, 20, 30 et 50 ans en aval de Guiscard (confluence des Verse de Beaugies et de Guivry) et à l'entrée de Noyon (rue du Faubourg d'Amiens) tels que définis dans le rapport de phase 2 (décembre 2010).

Les hyétogrammes retenus sont présentés sur le graphique ci-après ; ils sont calibrés pour obtenir les débits de période de retour recherchés sur les cours d'eau étudiés.



Le tableau ci-après présente les débits de pointe calculés pour chacun des événements, ainsi que les débits théoriques correspondant.

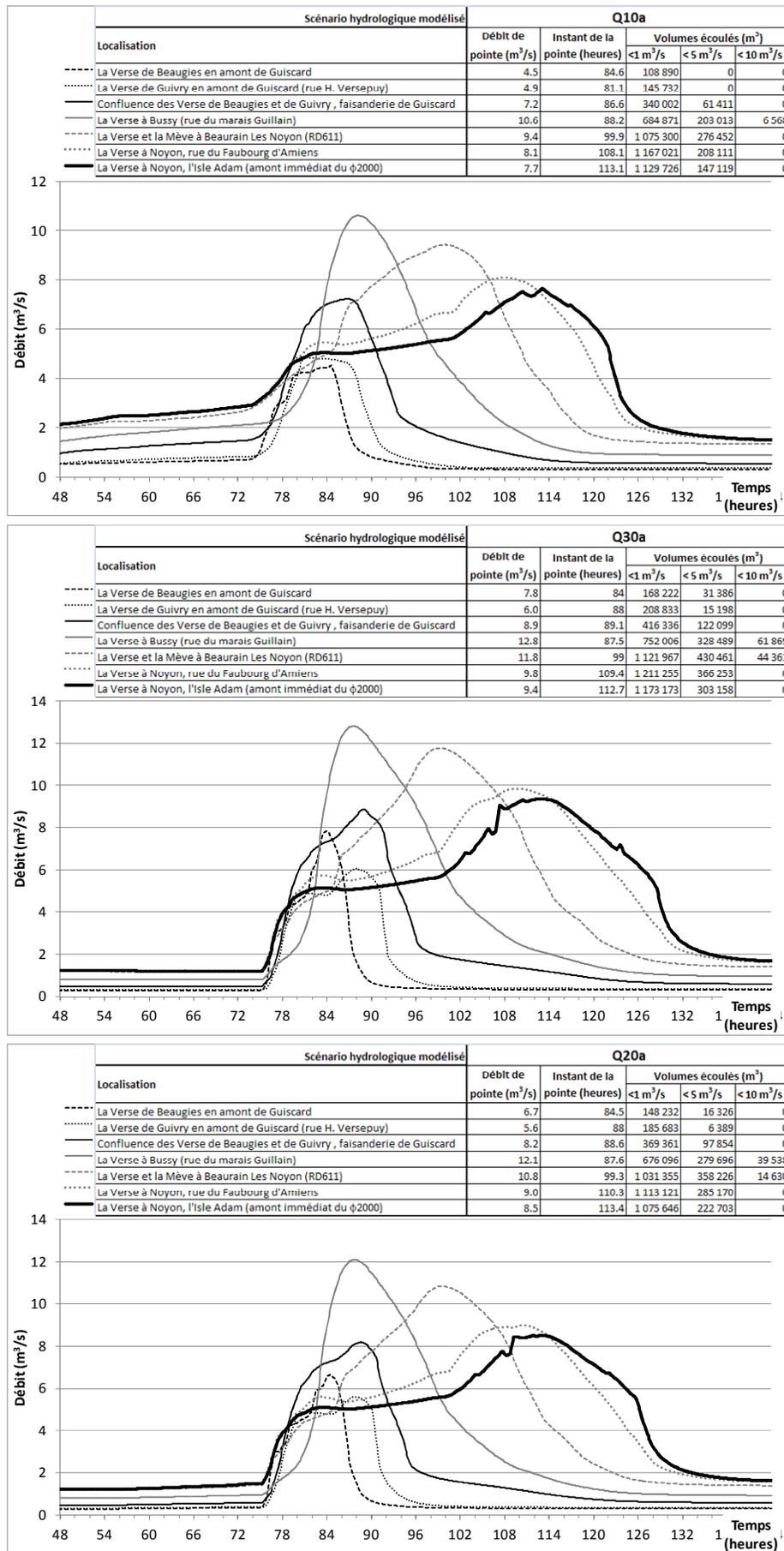
	Période de retour	Débit théorique (m ³ /s)	Débit modélisé (m ³ /s)
La Verse en aval de Guiscard	10 ans	7.4	7.2
	20 ans	8.3	8.2
	30 ans	8.9	8.9
	50 ans	14.7	14.2
	100 ans	20.2	21.1
La Verse à Noyon (rue du Fbg d'Amiens)	10 ans	8.1	8.1
	20 ans	9.1	9.0
	30 ans	9.7	9.8
	50 ans	14.2	14.8
	100 ans	28.6	27.7

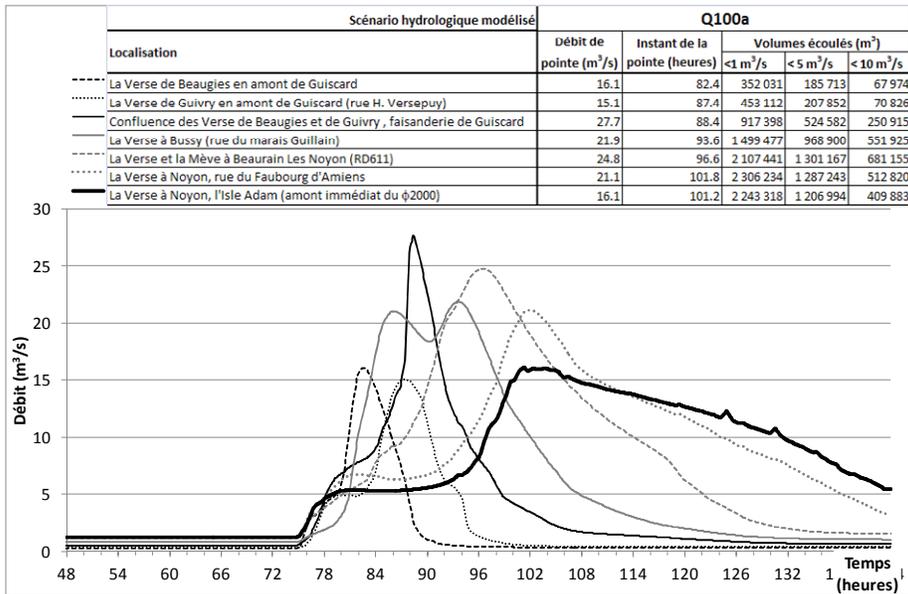
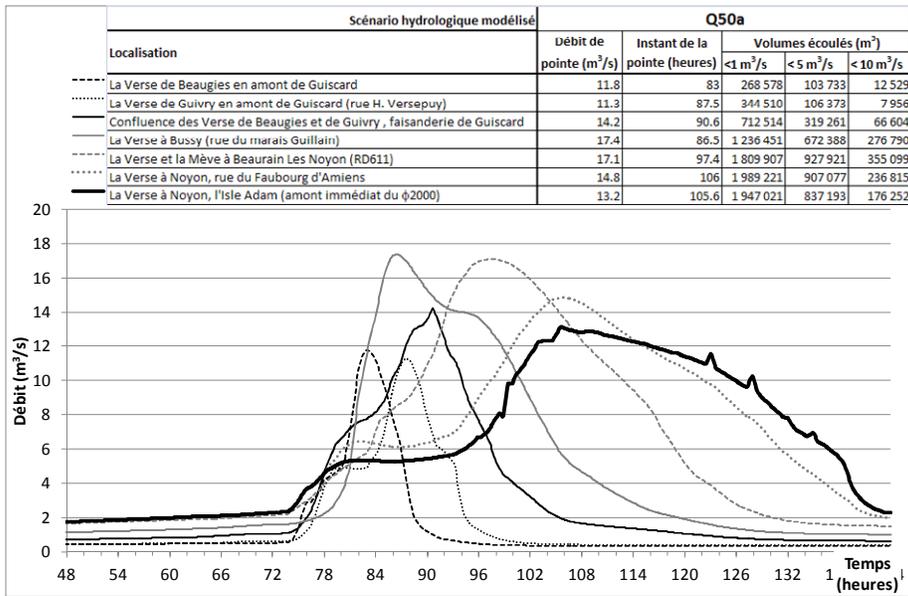
6.5.2.1 Résultats des modélisations hydrauliques

Les graphiques en page suivantes présentent les hydrogrammes calculés, les débits de pointes et les volumes écoulés pour les crues synthétiques en différents nœuds du réseau hydrographique du bassin de la Verse :

- La Verse de Guivry en amont de Guiscard,
- La Verse de Guivry en amont de Guiscard (rue Hélène Versepuy),
- La Verse en aval de Guiscard (confluence des Verse de Beaugies et de Guivry au droit de la faisanderie de Guiscard),
- La Verse à Bussy (rue du marais Guillain),
- La Verse et la Mève à Beurain Les Noyon (RD611),
- La Verse à Noyon (rue du Faubourg d'Amiens),
- La Verse à Noyon (l'Isle Adam, amont immédiat du $\phi 2000$).

Figure 14 : Propagation des hydrogrammes synthétiques Q10, Q20, Q30, Q50 et Q100





6.6 CONCLUSION, CHOIX D'UNE CRUE DE PROJET POUR LES AMENAGEMENTS

La crue de décembre 1993 a une période de retour relativement proche à Guiscard et Noyon (respectivement 20 ans et 40 ans), alors que la crue de juin 2007 est beaucoup plus exceptionnelle à Guiscard qu'à Noyon, avec une période de retour estimée respectivement à 1 000 ans et 210 ans.

Le comité de pilotage propose de retenir la crue de période de retour 50 ans comme crue de projet pour le dimensionnement des ouvrages de lutte contre les inondations. Les calculs seront également effectués pour la crue centennale.

7 AMENAGEMENTS DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS SUR LES COURS D'EAU

7.1 OBJECTIF : RECHERCHE DE SCENARIOS D'AMENAGEMENTS DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS SUR LES COURS D'EAU A L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT

7.1.1 Méthodologie

La phase 2 de l'étude a permis d'étudier et de dimensionner différents aménagements d'abaissement des lignes d'eau, de protection contre les inondations au droit des projets urbanisés ou d'optimisation du fonctionnement d'ouvrages existants. Chacun de ces projets d'aménagements est dimensionné pour contenir la crue cinquantennale générée par le modèle pluie débit sur l'ensemble des cours d'eau du bassin de la Verse :

- aménagements visant à abaisser la ligne d'eau de la Verse de Beaugies à Guiscard,
- suppression de la chute créée par l'ouvrage de franchissement de la Verse par l'ancienne voie ferrée en aval de Bussy,
- remise en fond de vallée de la Verse de Guivry à Guiscard,
- aménagements sur les affluents : ru de Fréniches et ru de la Fontaine Caboche,
- protections rapprochées du quartier Saint Blaise à Noyon,
- redimensionnement de l'ouvrage de prise du $\phi 2000$ à Noyon.

Les incidences des aménagements visant à abaisser localement la ligne d'eau ont été quantifiées par modélisation hydrauliques pour chacun d'entre eux considérés isolément, pour les deux crues historiques de décembre 1993 et juin 2007 :

- Projet P1c : aménagements visant à abaisser la ligne d'eau de la Verse de Beaugies à Guiscard,
- Projet P4a : suppression de la chute créée par l'ouvrage de franchissement de l'ancienne voie ferrée en aval de Bussy,
- Projet P5a :
 - remise en fond de vallée de la Verse de Guivry à Guiscard,
 - aménagements sur les affluents : ru de Fréniches et ru de la Fontaine Caboche,

Ces aménagements entraînent une augmentation significative des débits de pointe et des cotes d'inondation en aval ; ils doivent donc être compensés. Des aménagements de compensation ont été recherchés et dimensionnés, afin de proposer plusieurs scénarios globaux de lutte contre les inondations à l'échelle du bassin de la Verse assurant une protection optimale des enjeux soumis à l'inondation sans aggraver les crues sur les autres secteurs.

Les ouvrages de compensation proposés sont des ouvrages de ralentissement dynamique des crues ; ils ont été dimensionnés pour compléter leur rôle de compensation et proposer un écrêtement à même de protéger les secteurs vulnérables aval.

Le comité du pilotage du 27 juin 2011 a retenu un scénario, dénommé **scénario 4b**, combinant les scénarios 3 et 4 proposés à l'issue de la phase 2, suite aux conclusions d'une analyse coûts/bénéfices réalisée par l'Entente Oise Aisne. Ce scénario complète les aménagements cités ci-avant par trois ouvrages de ralentissement dynamique des crues, dont les hypothèses de dimensionnement sont les suivantes :

- Ouvrages en têtes de bassins versants :
 - sur la **Verse de Beaugies** : ouvrage dimensionné pour contenir la crue centennale ; il permet d'abaisser la ligne d'eau dans la traversée de Berlancourt,
 - sur la **Verse de Guivry** : ouvrage dimensionné pour contenir la crue centennale ; il permet d'augmenter le niveau de protection de Guiscard et de protéger partiellement le hameau de Buchoire,
- Ouvrage sur la **Verse à Muirancourt** : ouvrage dimensionné pour contenir la crue cinquantennale, en ne tenant pas compte des ouvrages amont sur les Verse de Guivry et de Beaugies ; **il assure à lui seul la totalité des compensations nécessaires**, et offre une protection des secteurs vulnérables de Noyon pour la crue cinquantennale.

L'ensemble des aménagements constituant le scénario 4b ont été intégrés dans le modèle hydraulique, pour quantifier leurs incidences hydrauliques cumulées pour les crues suivantes :

- Crue de décembre 1993 (d93) et crue de juin 2007 (j07),
- Crues synthétiques de périodes de retour 10, 20, 30, 50 et 100 ans (Q10, Q20, Q30, Q50, Q100).

Le scénario est optimisé pour les crues de période de retour inférieures à 50 ans ; il est cependant nécessaire de quantifier les incidences pour des crues supérieures, constituées ici de la crue centennale et de la crue historique de juin 2007.

Les calculs ont également été effectués pour le scénario 3, qui correspond à un état intermédiaire du scénario 4b ; ce scénario permet de compenser les incidences des différents aménagements d'abaissement de la ligne d'eau ou de protection rapprochée contre les crues. Le scénario 4b complète le scénario 3 par la mise en place des deux ouvrages de ralentissement dynamique sur l'amont des Verse de Beaugies et de Guivry, qui visent respectivement à améliorer la protection de Berlancourt et de Buchoire.

Le phasage des travaux proposé dans le cadre du programme pluriannuel d'actions passe par une situation intermédiaire correspondant au scénario 3, pour laquelle une justification des incidences est nécessaire.

Le présent rapport présente les résultats de modélisation obtenus :

- pour les aménagements considérés séparément pour les deux crues historiques de décembre 1993 et juin 2007, sous forme de profils en long de lignes d'eau,
- pour les scénarios globaux 3 et 4b, pour les 6 événements hydrologiques définis précédemment, sous forme de profils en long de lignes d'eau et de cartographies en plan.

7.1.2 Exploitation du modèle hydraulique

Le modèle hydraulique établi pour la définition de l'état actuel est repris et modifié pour intégrer chacun des aménagements étudiés. La comparaison des résultats de calcul avec l'état de référence permet de quantifier les impacts de chaque aménagement ou de plusieurs aménagements cumulés :

- Sur les cotes d'inondation,
- Sur la propagation des crues.

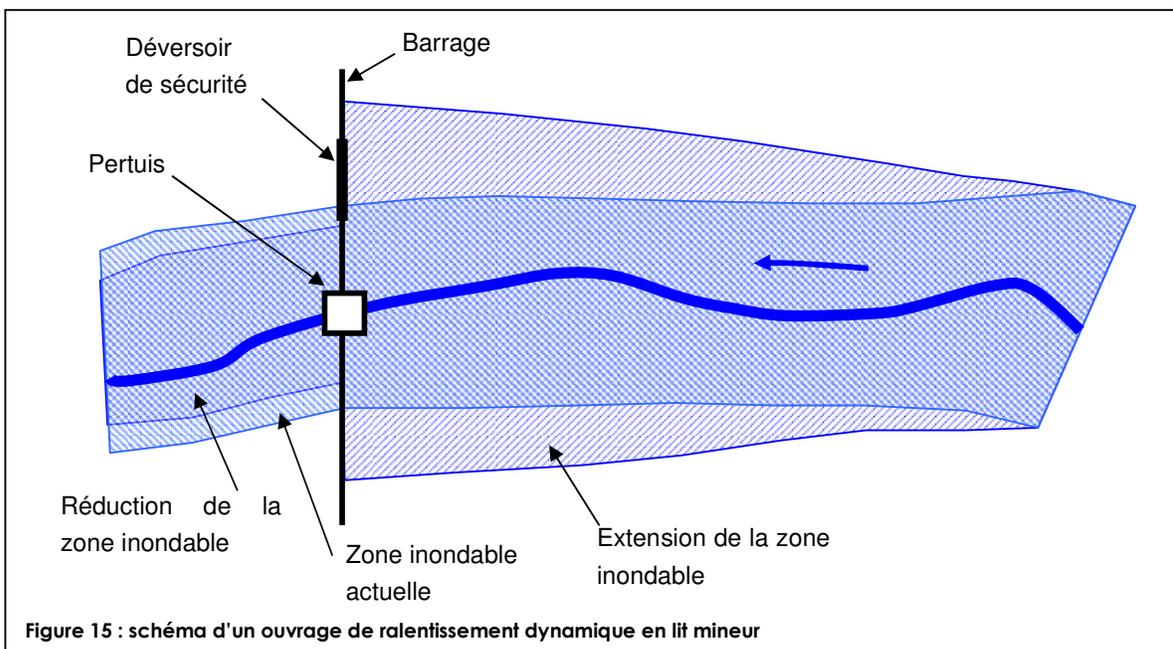
Les aménagements hydrauliques proposés visent à :

- abaisser localement la ligne d'eau,
- protéger les secteurs vulnérables,
- écrêter les crues en amont des secteurs vulnérables par la mise en place de zones de ralentissement dynamique (ZRDC).

Les simulations sont menées dans un premier temps pour les crues de décembre 1993 et juin 2007 (pour chacun des aménagements étudiés séparément), puis pour les crues synthétiques de périodes de retour 10 ans à 100 ans pour les deux scénarios globaux 3 et 4b.

7.1.3 Précisions sur les ouvrages de ralentissement dynamique

Il s'agit d'ouvrages dont la seule vocation est l'écrêtement des crues. Ces ouvrages sont donc toujours vides, sauf pendant les crues dont on souhaite atténuer l'intensité.



Le principe général de fonctionnement est le suivant :

- Un pertuis correctement dimensionné et protégé de l'obstruction des flottants, permet de limiter le débit en aval à une valeur compatible avec les enjeux à protéger contre l'inondation ; l'ouvrage est donc transparent pour les débits courants et les crues fréquentes.
- Le **pertuis de fond** peut être :
 - o **ouvert** (type dalot),
 - o muni d'un **clapet régulateur** de débit ; l'efficacité de l'ouvrage est alors accrue.
- Lorsque la capacité du pertuis est saturée, la retenue se remplit progressivement, ce qui permet de stocker temporairement une partie du volume de la crue. En fin de crue, le volume stocké se vide par le pertuis.
- En cas de très forte crue, lorsque la retenue ne peut plus stocker de volume supplémentaire, le débit est évacué vers l'aval par le **déversoir de sécurité**. Le débit sortant devient alors égal

au débit entrant (au laminage créé par la tranche d'eau supplémentaire près) ; l'ouvrage est transparent pour les très fortes crues.

Le graphique ci après présente les modalités d'écrêtement d'un hydrogramme de crue par un ouvrage muni d'un pertuis ouvert et un ouvrage muni d'un clapet régulateur **pour un volume de stockage donné**.

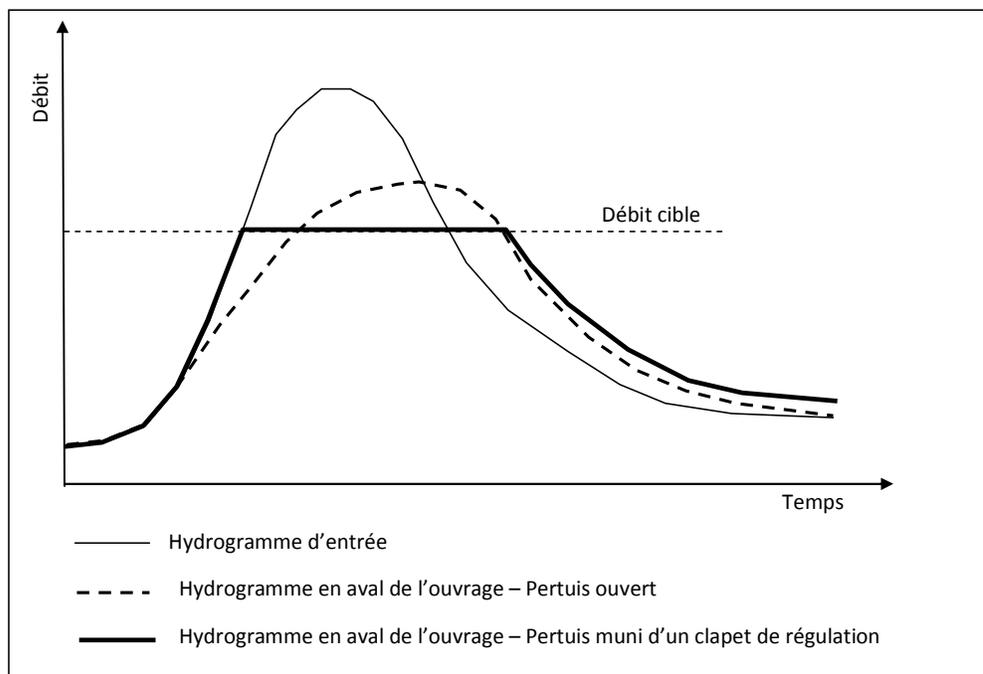


Figure 16 : principe d'écrêtement des hydrogrammes de crue

Le pertuis ouvert entraîne un écrêtement progressif de l'hydrogramme ; **pour un débit d'écrêtement fixé**, un ouvrage à pertuis ouvert nécessitera de fait un volume disponible près de deux fois supérieur à celui mobilisé par un ouvrage à clapet régulateur.

Les ouvrages à pertuis ouvert ont cependant un coût nettement moindre, et présentent de faibles contraintes d'entretien ; dans la mesure où les volumes nécessaires à l'écrêtement des crues cibles peuvent être mobilisés, ce type d'ouvrage sera privilégié.

7.2 LA VERSE DE BEAUGIES A GUISCARD

7.2.1 Rappel des dysfonctionnements constatés

La capacité de la section canalisée avant débordement amont est estimée à 2,5 m³/s (la capacité d'un ϕ 1500 avec une pente de 0,0012 m/m est estimée à 2 m³/s avant mise en charge). Cette faible capacité d'écoulement favorise les débordements du lit de la Verse en amont immédiat, vers le point bas de la vallée situé en rive gauche ; les eaux débordant du lit mineur s'écoulent en fond de vallée, sans possibilité de retourner vers le lit mineur avant l'aval de Guiscard.

Hors influence de la perte de charge créée par l'ouvrage souterrain (ϕ 1500), la capacité du lit mineur de la Verse en amont de Guiscard est estimée à 3,5 m³/s, à la faveur des rehaussements successifs des berges rives gauche et droite ; en l'absence de ces merlons, la capacité du lit serait identique, voire inférieure à celle de la buse. L'analyse détaillée du terrain montre par ailleurs la présence de points bas dans les merlons de berge (notamment en rive droite) liés au manque d'entretien et de surveillance.

Le radier du ϕ 1500 actuel est de plus calé à une cote supérieure à celle du lit de la Verse, entraînant localement une légère contrepente.

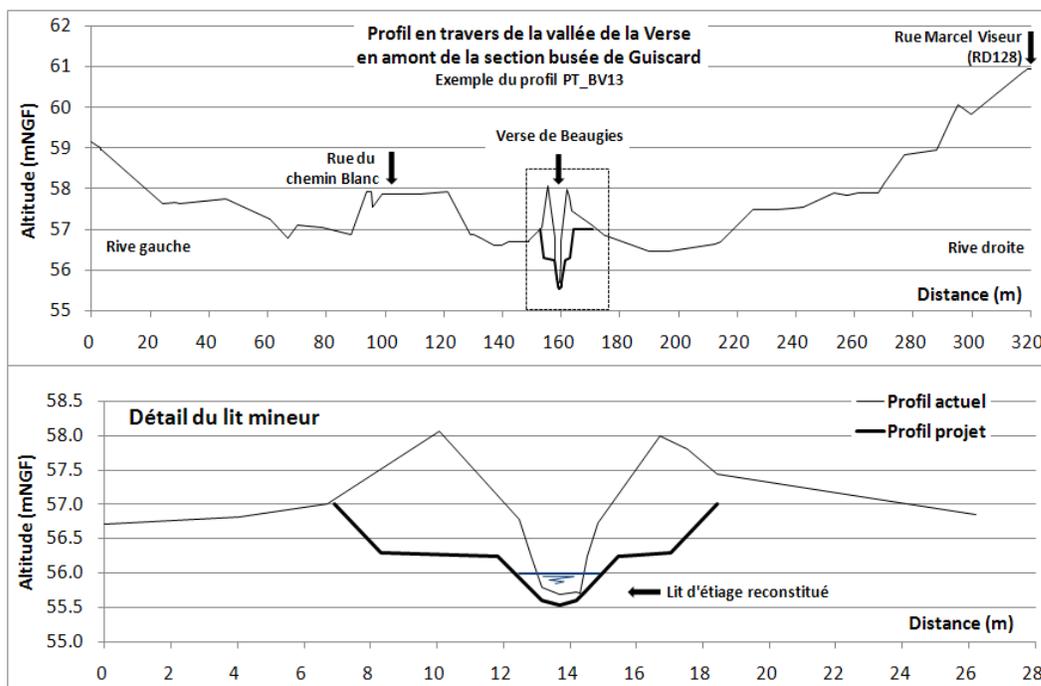
Plus en amont, l'ouvrage de franchissement de la Verse par le rue menant à Buchoire est mis en charge et crée une perte de charge d'environ 60 cm pour la crue de juin 2007 ; en décembre 1993, la perte de charge est relativement faible.

En aval, une buse ϕ 1000 d'accès à un hangar crée une très forte perte de charge, influençant les écoulements amont. Un autre accès étant disponible, nous proposons de supprimer ce busage afin de faciliter l'écoulement des eaux en aval du village de Guiscard ; cette configuration est retenue pour les simulations numériques réalisées par la suite.

7.2.2 Ouverture de la Verse dans la traversée de Guiscard, avec suppression de la chute aval et reprise du lit mineur sur 400m en amont de Guiscard

Le lit de la Verse de Beaugies est repris sur 400m en amont du busage actuel (ϕ 1500), afin de supprimer les merlons de protection couronnant ses berges ; la section du lit est augmentée par la création d'un lit moyen encadrant un lit mineur de faible profondeur renaturé. Cette reprise du profil en travers est accompagnée par une reprise du profil en long général de la Verse de Beaugies jusqu'à l'aval de Guiscard. Le projet est constitué en considérant le tracé actuel de la Verse, et une emprise proche de celle occupée par le lit et les merlons actuels ; **il serait cependant judicieux de déplacer le lit en fond de vallée**, en amont de la section actuellement busée. Les éventuels débordements en lit majeur devront impérativement pouvoir être repris par le lit remis à ciel ouvert dans la traversée de Guiscard avant la rue de la reconnaissance ; en ce point, les berges de la Verse devront être calées à la cote du fond de vallée (sans surplomb). Un petit merlon pourra être implanté en amont des maisons longeant la rue (perpendiculairement à la vallée) pour assurer un bon retour des eaux débordées vers le lit mineur. L'entonnement de l'ouvrage de franchissement de la rue de la Reconnaissance sera muni de murs en ailes afin de limiter la perte de charge.

Les schémas ci-après présentent le principe d'aménagement proposé.



Le busage situé en amont de Guiscard, permettant l'accès du square Jean Moulin aux installations sportives, sera supprimé ou remplacé par une passerelle légère dont les culées n'empièteront pas sur le lit du cours d'eau afin de ne créer aucune perte de charge qui favoriserait les débordements en amont.

La Verse dans la traversée de Guiscard est réouverte, pour augmenter fortement sa capacité d'écoulement : la buse $\phi 1500$ est remplacée par un canal à ciel ouvert de 3 m d'ouverture, avec un lit mineur naturel reconstitué ; un coefficient de Strickler de 35 est retenu. La chute aval de la buse $\phi 1500$ actuelle est supprimée, faisant passer la pente du lit de 0,12% à 0,28%.

La capacité théorique (hors influence aval) de l'ouvrage remplaçant la buse $\phi 1500$ est de $12 \text{ m}^3/\text{s}$ (pente de 0,28% et coefficient de Strickler de $35 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$).

La capacité du lit amont est estimée à $7,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (pente de 0,28% et coefficient de Strickler de $20 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$).

Trois franchissements de la Verse sont conservés dans la traversée de Guiscard :

- Rue de la reconnaissance : cadre de 3m d'ouverture pour 2,5m de hauteur ; la hauteur est limitée par le profil de la voirie, mais la section de l'ouvrage est doublée par rapport à l'existant.
- Rue Marcel Poulain (RD932) : cadre de 3m d'ouverture pour 2,5m de hauteur (cadre $2\text{m} \times 1\text{m}$ actuellement).
- Rue du Château : la structure de l'ancien ouvrage est conservée (voute de 2,5 m de large environ).

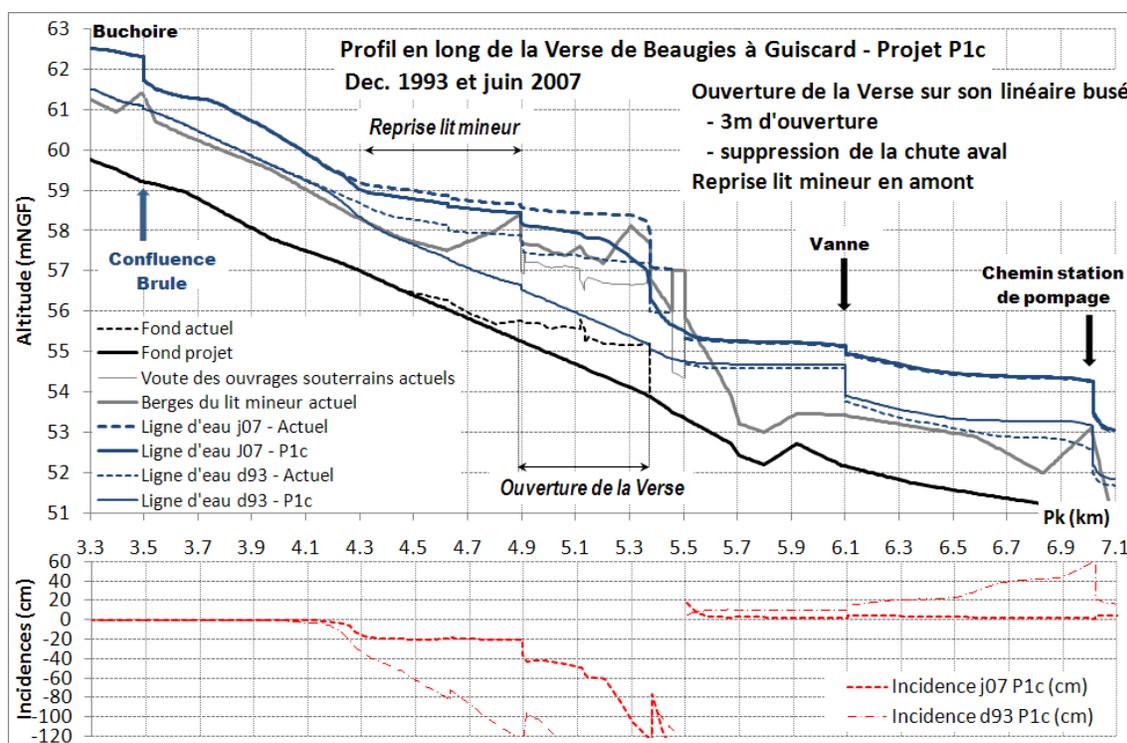
La capacité de l'aménagement global avant débordement est estimée entre 7 et $8 \text{ m}^3/\text{s}$ en amont de Guiscard et de $12 \text{ m}^3/\text{s}$ sur l'ancien linéaire busé.

Ces valeurs sont à comparer aux débits de pointe estimés pour les différentes simulations établies en amont de la section canalisée (rue de la reconnaissance) :

Evénement modélisé	Juin 2007	Décembre 1993	Q10	Q20	Q30	Q50	Q100
Débit (m ³ /s)	44,2	4,3	4.5	6.7	7.8	11.8	16.1

Quelques débordements résiduels sont calculés pour la crue générée par la crue cinquantennale sur l'amont de Guiscard. La remise en fond de vallée complète du lit de la Verse permettrait une meilleure gestion de ces débordements.

Les incidences dans la traversée de Guiscard sont présentées sur le graphique (profil en long) ci-après pour les crues historiques de décembre 1993 et juin 2007.



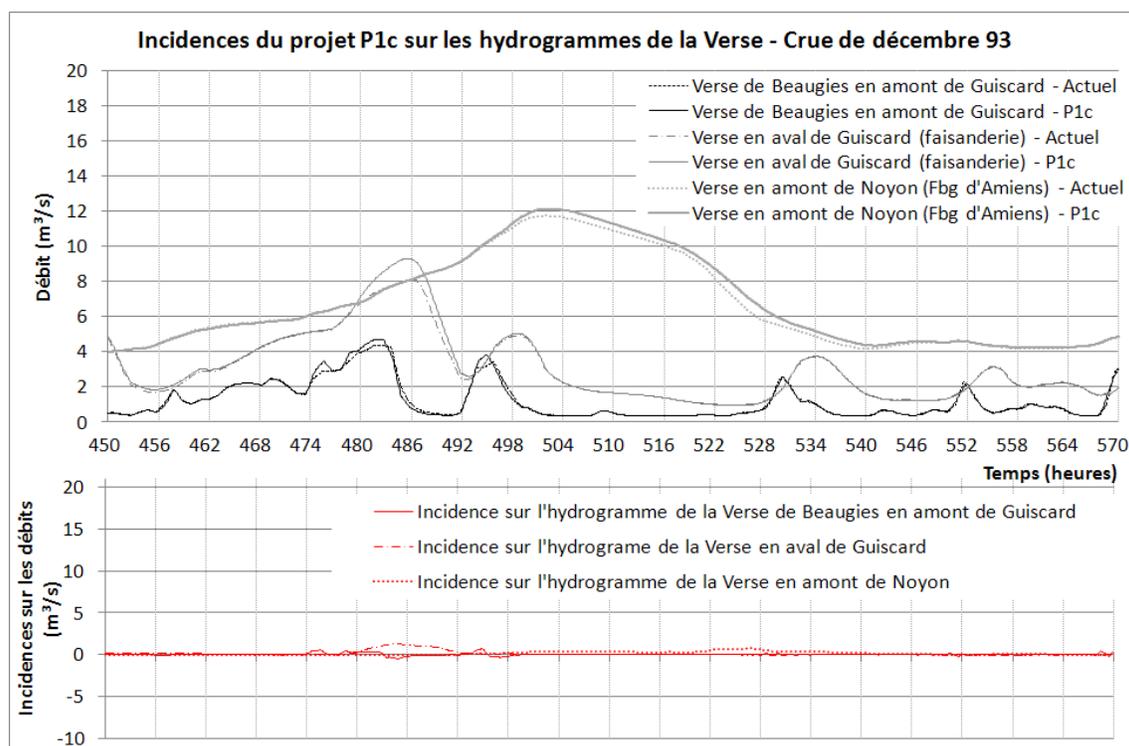
A titre indicatif, l'écoulement de la crue de juin 2007 sur le linéaire actuellement busé nécessiterait la mise en place d'un canal d'environ 10m de large, avec les mêmes hypothèses de pente et de rugosité que celles retenues pour l'aménagement proposé. La mise hors d'eau complète de Guiscard nécessiterait de compléter cet ouvrage par une reprise du lit de la Verse en amont, avec la création d'un lit moyen d'une largeur minimale de 70m.

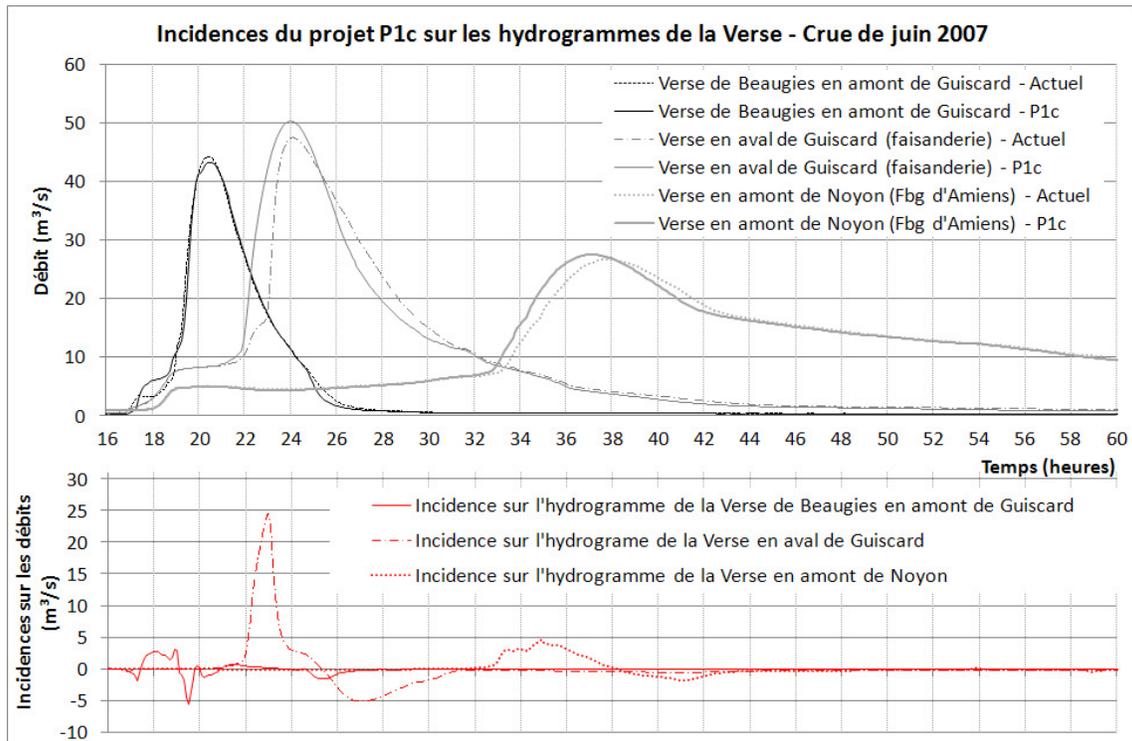
7.2.3 Incidence de l'aménagement sur la propagation des crues de la Verse

L'augmentation de la capacité d'écoulement de la Verse de Beaugies dans la traversée de Guiscard entraîne une augmentation plus ou moins marquée des débits de pointe, et par conséquent des hauteurs d'inondation en aval. Le tableau suivant précise les volumes « stockés » dans la traversée de Guiscard entre la rue de la Reconnaissance et la rue du Château pour les différentes crues modélisées dans la situation actuelle, ainsi que l'impact induit sur l'écrêtement des débits de pointe.

Crue modélisée	Débit de pointe amont (rue de la reconnaissance) m ³ /s	Débit de pointe aval (rue du Château) m ³ /s	Volume stocké m ³
Décembre 1993	4.3	2.6	17 383
Juin 2007	44.2	31.9	185 949
Q10	4.5	2.6	2 270
Q20	6.7	3.2	33 295
Q30	7.8	4.2	47 562
Q50	11.8	8.2	84 171
Q100	16.1	12.2	106 898

Les graphiques ci-après comparent les hydrogrammes calculés dans la situation actuelle et dans la situation aménagée en amont et en aval de Guiscard ainsi qu'à l'entrée de Noyon.



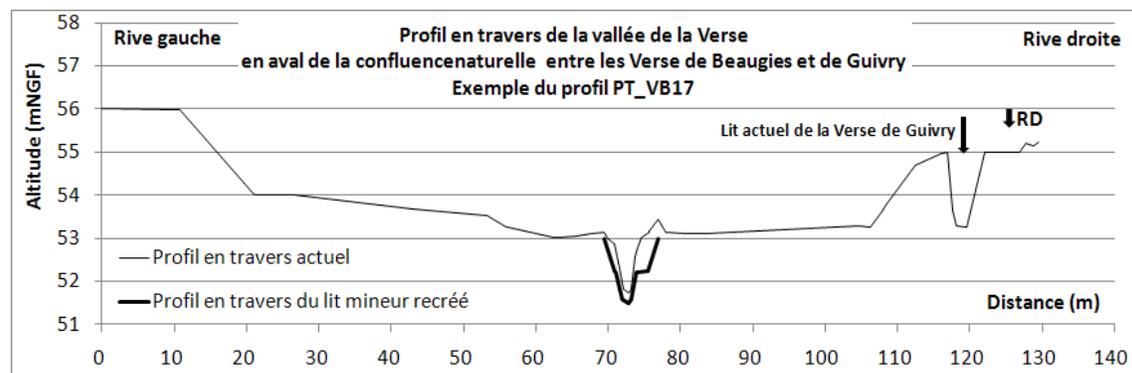


L'augmentation de la capacité d'écoulement de la Verse de Beaugies dans la traversée de Guiscard doit donc être accompagnée d'ouvrages permettant de compenser la perte des volumes stockés et l'augmentation des débits générée en aval.

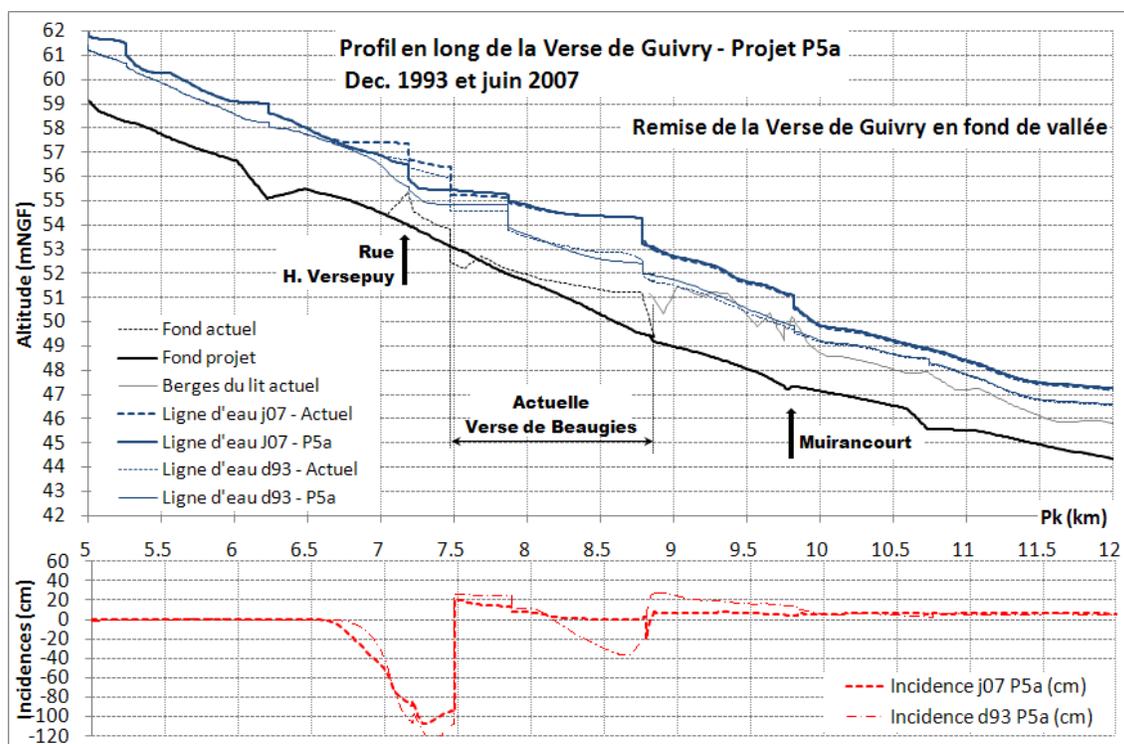
7.3 REMISE DE LA VERSE DE GUIVRY EN FOND DE VALLEE EN AVAL DE LA RUE H. VERSEPUY

La remise en fond de vallée de la Verse de Guivry en aval de la rue H. Versepuy à Guiscard est proposée avec un objectif double de restauration des cours d'eau et d'optimisation des capacités d'écoulement des crues.

La Verse de Guivry est remise en fond de vallée en aval de la rue H. Versepuy, où elle vient alors confluer avec la Verse de Beaugies ; le lit de la Verse est ensuite repris jusqu'à l'actuelle confluence des deux Verse. La section du lit proposée permet d'écouler le débit biennal (5.4 m³/s à la confluence entre les deux Verse) en considérant une pente moyenne de 0,25%.



Le projet comprend la reprise de l'ouvrage de franchissement de la rue H. Versepuy (3m*2m) et de l'ouvrage de franchissement du chemin de la station de pompage (3m*1,5m) ; l'ouverture de cet ouvrage est volontairement limitée afin de conserver les capacités de stockage existantes en amont. Le profil en long du lit recréé ainsi que les incidences sur les lignes d'eau calculées sont présentés sur les graphiques suivants.

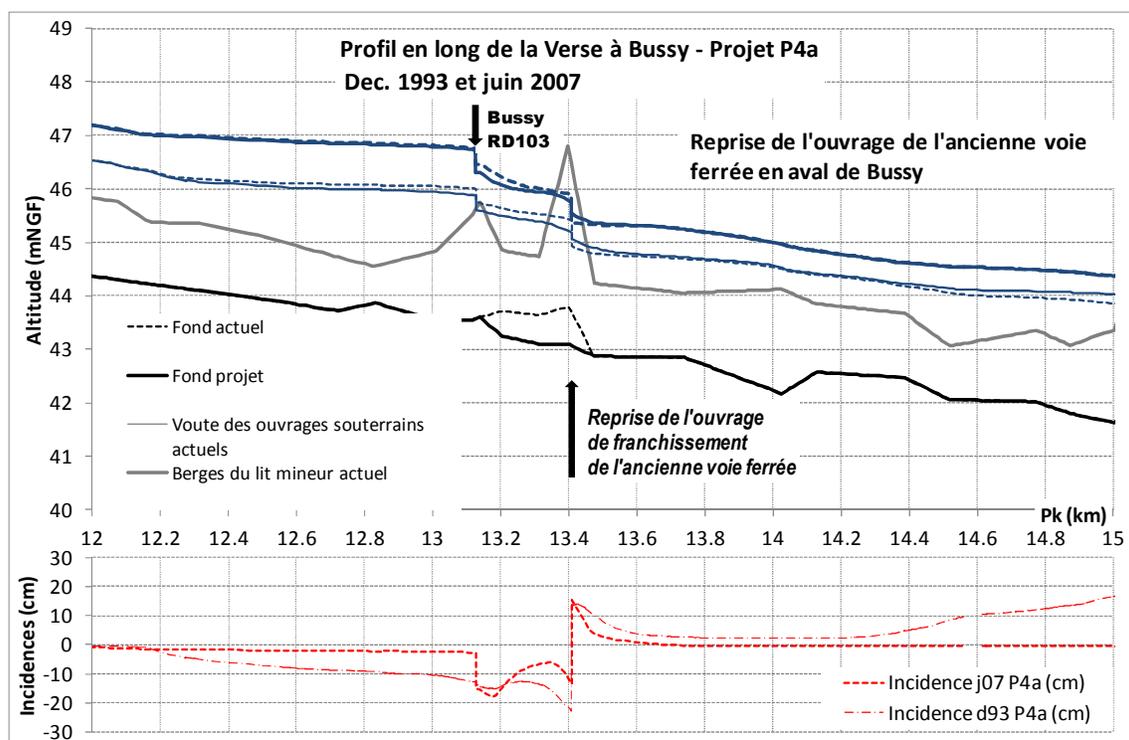


L'aménagement permet un abaissement sensible des hauteurs d'eau en amont de la rue H. Versepuy, assurant la mise hors d'eau des habitations actuellement inondables (-1m en moyenne) ; l'abaissement des niveaux d'eau entraîne une légère augmentation des débits aval, se traduisant par une hausse résiduelle des cotes d'inondation de quelques centimètres en aval du linéaire aménagé.

7.4 AMENAGEMENT DE LA VERSE A BUSSY

L'ouvrage de franchissement de la Verse par l'ancienne voie ferrée située en aval de Bussy crée une forte chute, classée non franchissable, et une perte de charge significative en période de crue. L'abaissement de son radier permettrait de rendre à la rivière un profil en long régulier et de restaurer sa franchissabilité. Le modèle est repris afin d'intégrer cet aménagement ; la section de l'ouvrage est augmentée à 6m², afin d'être homogène avec l'ouvrage amont.

Les abaissements des niveaux d'eau calculés à Bussy sont de l'ordre de 10 cm ; cet abaissement entraîne une hausse des débits de pointe et cotes d'inondation en aval de quelques centimètres.



7.5 LA VERSE A NOYON

7.5.1 Augmentation de la capacité d'écoulement

Les différentes études réalisées précédemment ont démontré l'impossibilité d'augmenter la capacité d'écoulement du lit de la Verse dans la traversée de Noyon, compte tenu de son insertion complète dans le bâti de la ville. La réalisation du $\phi 2000$ permettant de dériver une partie des débits de la Verse (estimés à $5\text{ m}^3/\text{s}$) a permis de porter la capacité d'écoulement avant débordement vers les habitations de $7\text{ m}^3/\text{s}$ à $12\text{ m}^3/\text{s}$, correspondant respectivement à des crues de périodes de retour 5 ans et 40 ans (débits estimés au droit de la rue du Faubourg d'Amiens).

7.5.2 $\phi 2000$

La modélisation de la crue de juin 2007 a démontré le bon fonctionnement général du $\phi 2000$ en période de crue, en assurant la dérivation d'un débit de $5\text{ m}^3/\text{s}$. La conception de l'ouvrage de prise entraîne cependant plusieurs dysfonctionnements :

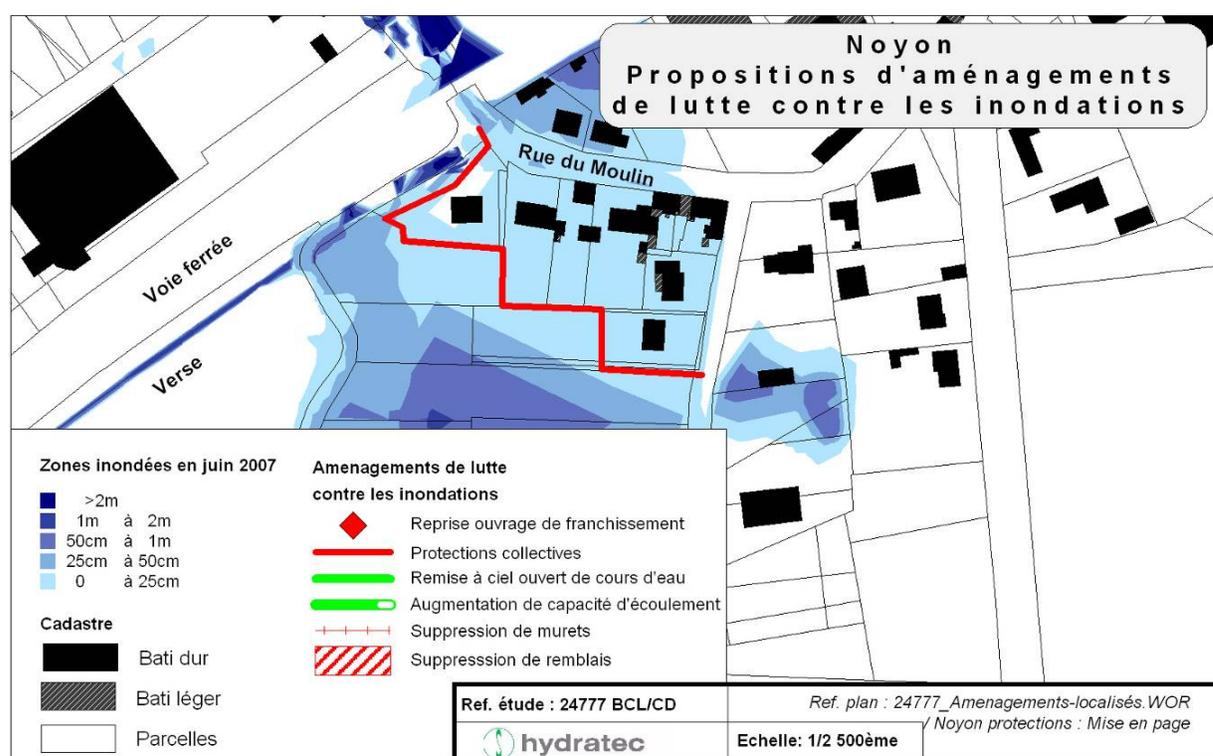
- La grille anti embâcles ne favorise pas la remontée des embâcles vers la surface, entraînant un risque d'obstruction et de dégradation forte du fonctionnement de l'ouvrage en limitant le débit dérivé,
- Le seuil de surverse latérale assurant la dérivation du lit est calé à une cote proche de celle du fond du lit ; en période d'étiage, la majorité du débit est dérivé vers le $\phi 2000$. Le débit résiduel s'écoule dans le lit naturel de la Verse avec de très faibles vitesses, favorisant le dépôt des matières en suspensions et l'envasement du lit.

Il est donc préconisé de reprendre en totalité l'ouvrage de prise, en suivant les recommandations suivantes :

- Dégrilleur incliné afin d'assurer la remonté des flottants,
- Seuil de prise remonté à la cote 40,20mNGF (contre 39,35mNGF actuellement) ; sa longueur est augmentée afin d'assurer une capacité d'écoulement identique a celle obtenue actuellement : 30mL. En aval immédiat de l'ouvrage, le lit sera renaturé afin de favoriser son auto-curage et la remise en œuvre du processus de transport assurant un équilibre naturel du profil en long.

7.5.3 Protections rapprochées

En aval de Noyon, une protection rapprochée du quartier Saint Blaise est proposée afin d'assurer une protection contre les crues de la Verse et celles de l'Oise.



7.6 AMENAGEMENTS SUR LES AFFLUENTS DE LA VERSE

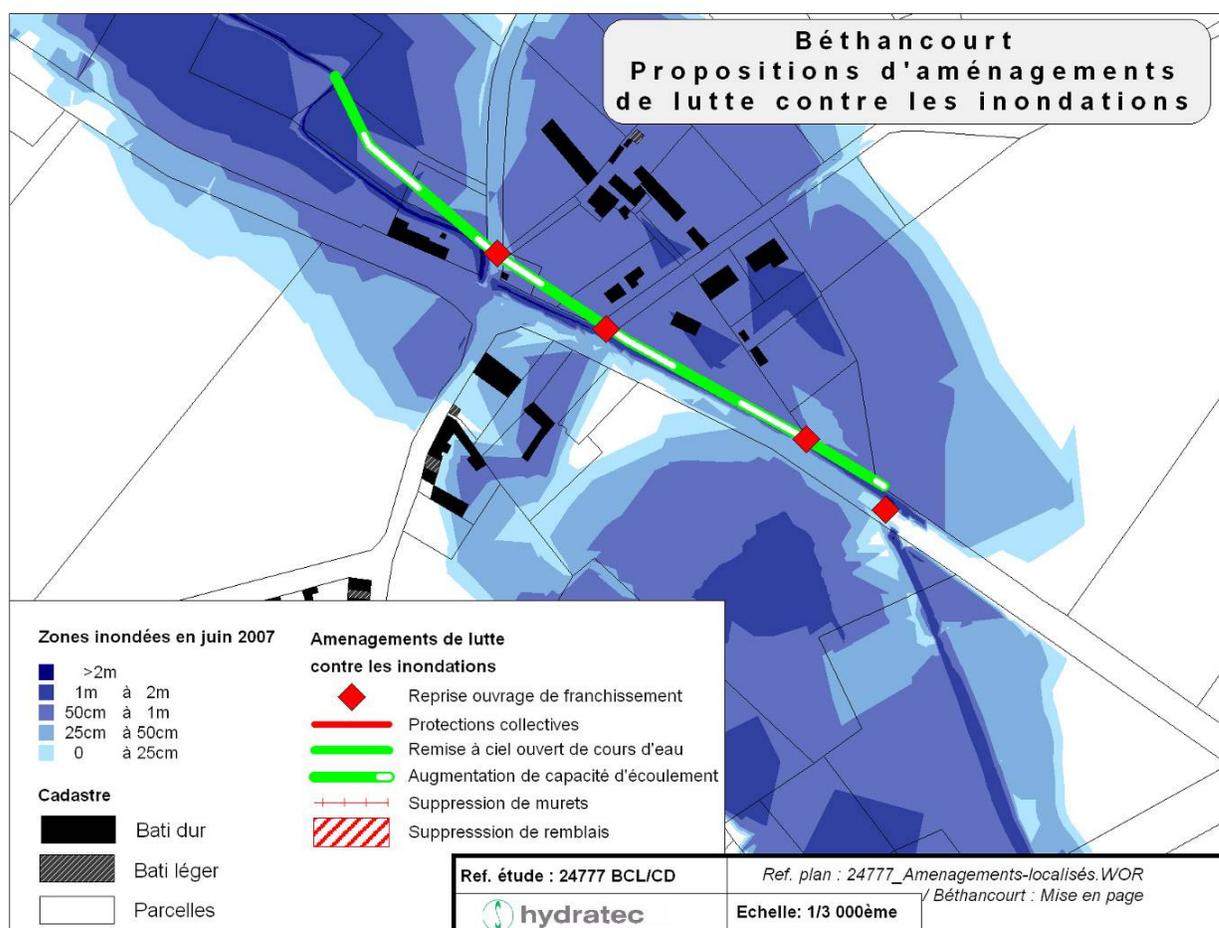
7.6.1 Le ru de Fréniches

Les hameaux de Thirlancourt et principalement Béthancourt se sont développés dans la vallée inondable du ru de Fréniches, dont le lit a été fortement recalibré et déplacé le long de la RD128. La capacité d'écoulement dans la traversée de Béthancourt est estimée à 0,9 m³/s.

Le tableau ci-après précise les débits écoulés par le ru de Fréniches pour les crues modélisées.

Crues modélisées	Débit de pointe (m ³ /s)	Volumes écoulés au dessus de 0,9m ³ /s (m ³)	Volumes écoulés au dessus de 1m ³ /s (m ³)
décembre 1993	1.8	8 900	1 000
juin 2007	15.5	208 500	188 300
Q10	1.6	11 800	700
Q20	2.2	23 700	8 500
Q30	2.4	28 900	12 500
Q50	3.4	54 100	33 600
Q100	4.4	78 500	56 900

Afin de tenir compte d'une marge de sécurité, la capacité du lit et des ouvrages de franchissement devra être portée à 5 m³/s.



Le tracé du lit sera modifié sur environ 100 m linéaires en amont du hameau : les coudes seront supprimés et la capacité du lit augmentée ; nous proposons d'augmenter la capacité d'écoulement par la création :

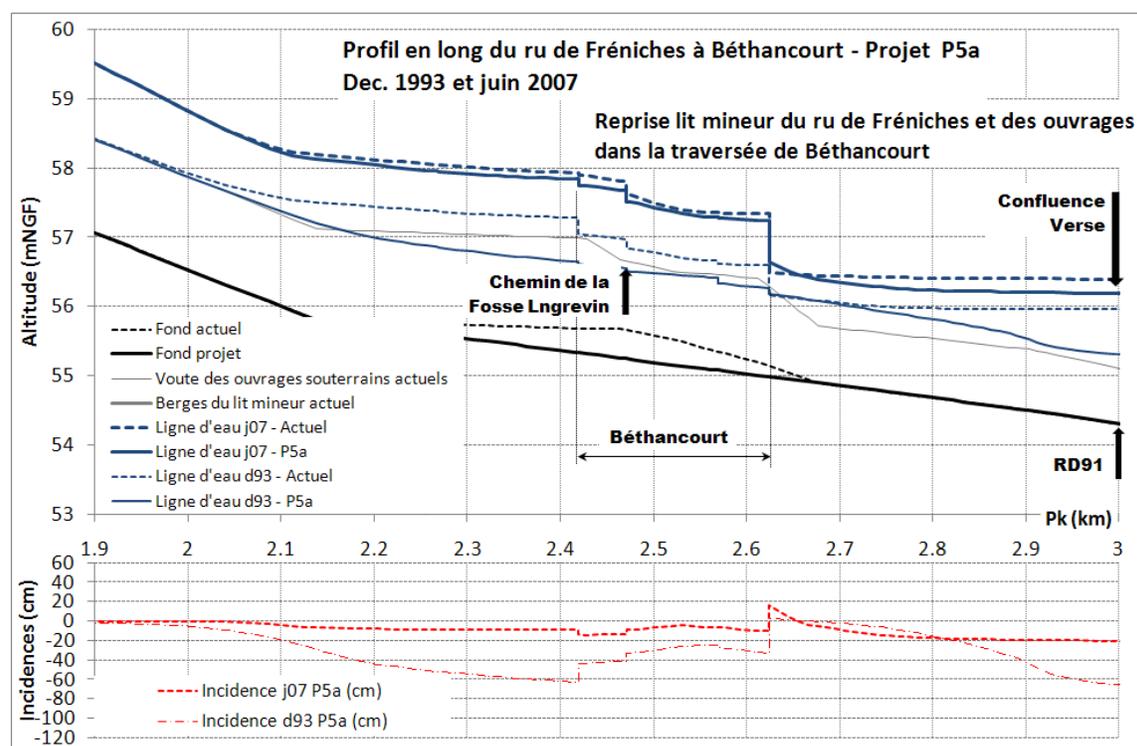
- D'un lit d'étiage de 1m de large et 50cm de profondeur,
- D'une risberme de 1m de large,
- D'un retalutage des deux berges avec un fruit minimal de 2h/1v.

Ce recalibrage sera prolongé en aval sur le linéaire longeant la RD128 ; la largeur entre berges est alors portée de 3 m environ dans la situation actuelle à 7m. La section des ouvrages de franchissement sera augmentée, par la mise en place de dalots de 2m X 2m.

Le profil en long du ruisseau sera également repris, afin d'obtenir une pente moyenne de 0,18%.

Un tel aménagement ne peut être créé que sur les parcelles privées qui bordent le cours d'eau, et nécessite la suppression (ou le déplacement) des haies et clôtures actuelles.

Ces aménagements sont modélisés (projet P5a). Les incidences sur les lignes d'eau calculées sont présentées sur les graphiques suivants.



Ces aménagements permettent de supprimer les débordements vers les secteurs urbanisés et la RD128 pour les crues de décembre 1993 et les crues générées par les pluies centennales.

Pour la crue de juin 2007, la baisse des cotes d'inondation reste très faible, comprise entre 5 et 10cm.

Les cotes d'eau sont augmentées en aval de la RD128 pour toutes les crues, du fait de la concentration des écoulements dans le lit mineur.

Cet aménagement n'a aucune incidence sur les crues de la Verse en aval de la confluence avec le ru de Fréniches.

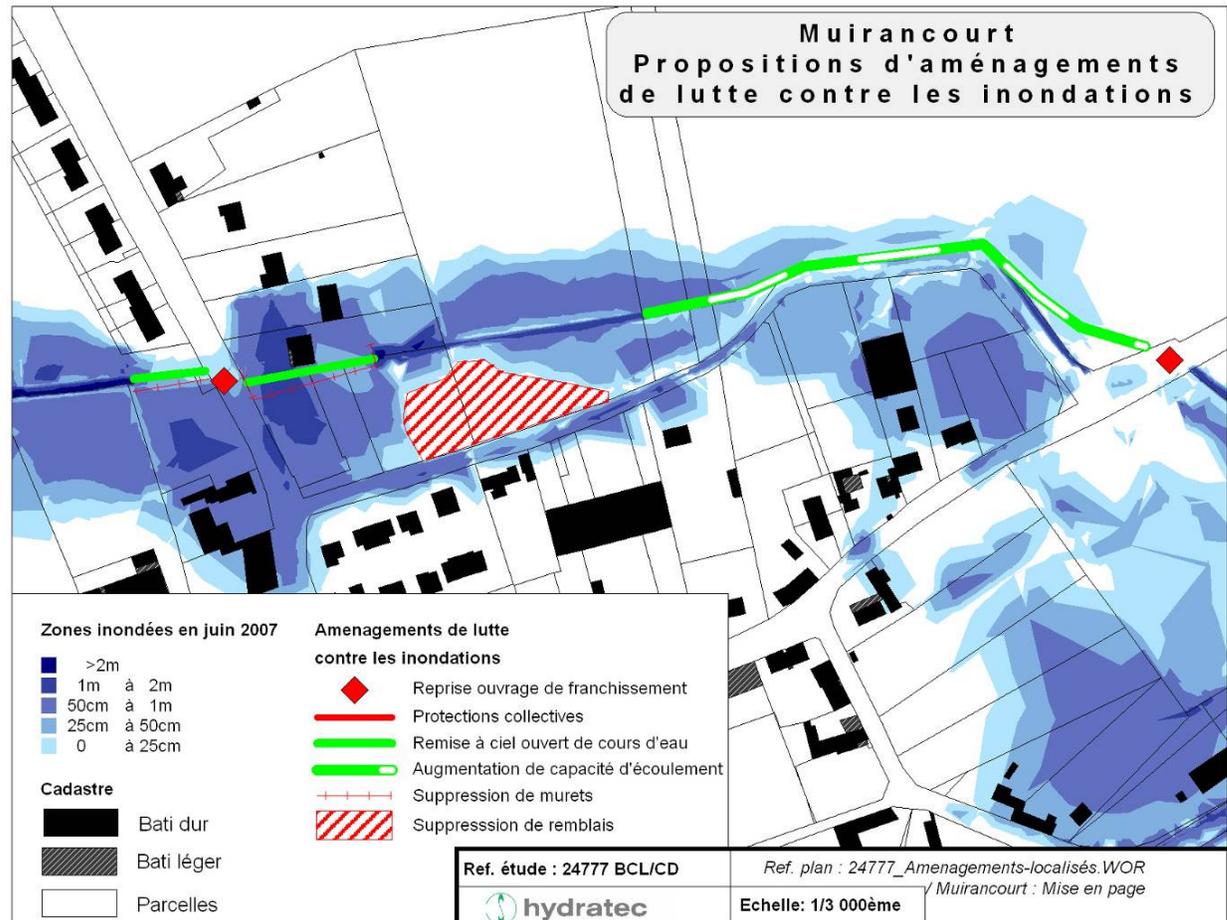
7.6.2 Le ru de la Fontaine Caboche

Le tableau ci-après précise les débits écoulés par le ru de la Fontaine Caboche pour les crues modélisées.

Crues modélisées	Débit de pointe (m ³ /s)	Volumes écoulés au dessus de 0,6m ³ /s (m ³)	Volumes écoulés au dessus de 1m ³ /s (m ³)
décembre 1993	1.2	3 200	0
juin 2007	9.7	69 500	61 800
Q10	0.9	0	0
Q20	1.3	3 500	0
Q30	1.4	5 700	0
Q50	2.0	16 000	3 900
Q100	2.6	28 200	13 100

La capacité du cours d'eau avant débordement est estimée en moyenne à 0,6m³/s.

Lors de la crue de juin 2007, un mur de clôture en béton a été emporté (amont de la rue des Planquettes) et une maison a été partiellement détruite en aval ; cette maison a ensuite été définitivement démolie. Ces modifications importantes dans le champ d'écoulement des crues entraînent une amélioration certaine vis-à-vis de l'aléa inondation ; les cotes d'eau seraient abaissées dans la situation actuelle de -30cm pour la crue de juin 2007 et -10cm pour la crue de décembre 1993 rue des Planquettes.



Les linéaires busés seront remis à ciel ouvert :

- 30m de buse $\phi 600$ en amont de la rue des Planquettes,
- 55m de buse $\phi 1000$ en aval de la rue des Planquettes ; cet ouvrage a été réalisé suite à la crue de juin 2007.

La section des ouvrages de franchissement de la rue des Planquettes ($\phi 600$) et de la rue de la RD91 ($\phi 800$) seront augmentées. Des dalots de 2m de large et un minimum de 1,5m de hauteur sont préconisés, afin d'assurer l'écoulement d'un débit de $4 \text{ m}^3/\text{s}$ (pente de 1%). Ces ouvrages seront munis de têtes d'entonnement en ailes pour limiter les pertes de charge.

Les dépôts de terre et les murets présents dans le lit majeur devront être supprimés afin de garantir le libre écoulement des eaux en cas de débordement. Le mur de clôture de la propriété sur laquelle le ruisseau a été busé par une canalisation $\phi 1000$ a également été réalisé suite à la crue de juin 2007.

En amont immédiat de la RD91, le lit du ruisseau sera repris :

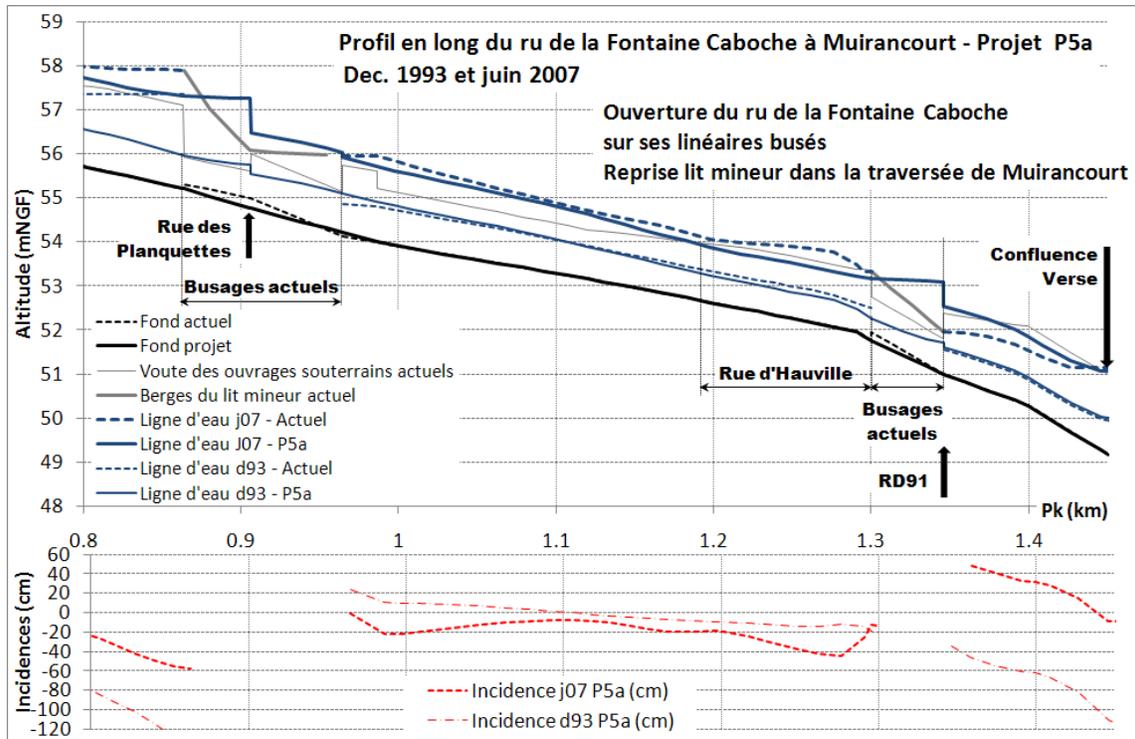
- Suppression du linéaire de busage inutile,
- Suppression du coude.

Sur le linéaire du ruisseau longeant la ruelle surplombant la RD91, nous proposons d'augmenter la capacité d'écoulement par la création :

- D'un lit d'étiage de 1m de large et 50cm de profondeur,
- D'une risberme de 1m de large,
- D'un retalutage des deux berges avec un fruit minimal de 2h/1v.

Ce type d'aménagement pourra également être mis en œuvre sur les linéaires ré-ouverts en amont et aval de la rue des Planquettes pour limiter les risques de débordements vers les habitations longeant le ruisseau.

Ces aménagements sont modélisés (projet P5a). Les incidences sur les lignes d'eau calculées sont présentées sur les graphiques suivants.



Ces managements permettent de supprimer les débordements rue des Planquettes et le long de la rue d'Haudeville pour les crues de décembre 1993 et les crues générées par les pluies centennales. Pour la crue de juin 2007, les niveaux sont abaissés de 50 à 80cm sur ces deux secteurs, où subsistent quelques débordements.

Les cotes d'eau sont augmentées en aval de la RD91 pour toutes les crues, du fait de la concentration des écoulements dans le lit mineur.

Cet aménagement n'a aucune incidence sur les crues de la Verse en aval de la confluence avec le ru de la Fontaine Caboche.

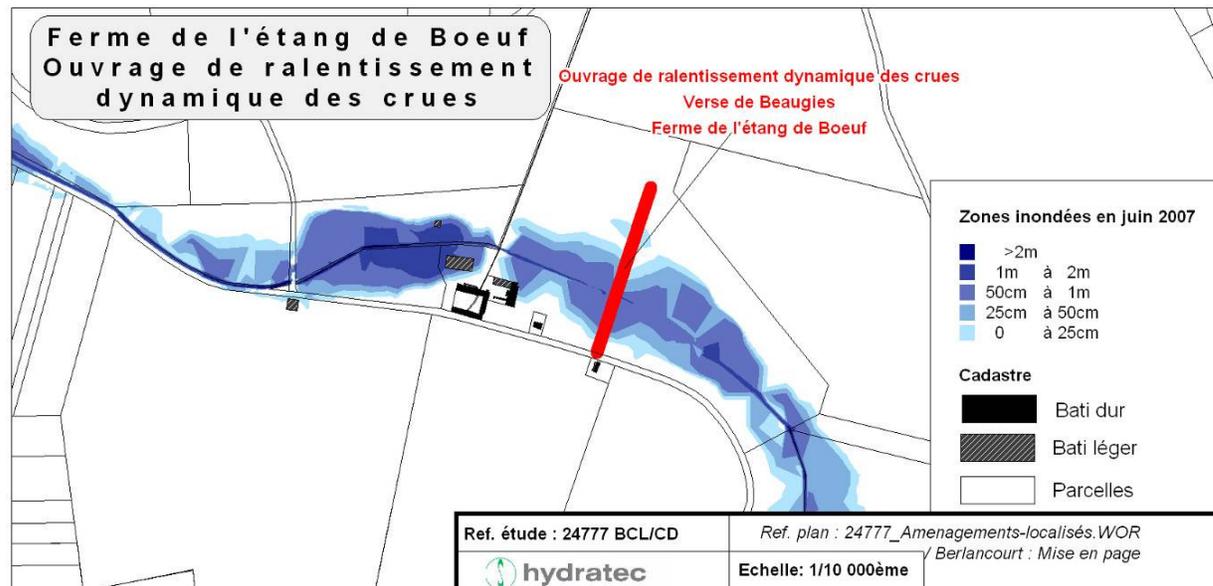
7.7 RECHERCHE DE SOLUTIONS DE RALENTISSEMENT DYNAMIQUE DES CRUES DE LA VERSE

7.7.1 Objectifs

Les ouvrages de ralentissement dynamiques étudiés ont pour objectif de compenser les hausses de débits et de niveaux d'inondation à l'aval des aménagements entraînant une baisse de la ligne d'eau, et un écrêtement des débits à même d'assurer un abaissement significatif des cotes d'inondations au droit des secteurs vulnérables situés en aval de ces derniers.

7.7.2 Ouvrage de ralentissement dynamique des crues de la Verse de Beaugies

L'aménagement d'un ouvrage en amont immédiat du village de Guiscard n'est pas envisageable compte tenu de la proximité du hameau de Buchoire, qui se trouverait dans le remous de la retenue ; plus en amont, la vallée est relativement étroite et les voiries partiellement inondables. En amont de la ferme de l'Étang de Bœuf, à la limite communale de Guiscard et Beaugies sous Bois, la vallée présente un élargissement naturel ; ce site est proposé pour l'aménagement d'une zone de ralentissement dynamique.



La section du pertuis de l'ouvrage de ralentissement dynamique est fixée à 0,25 m². **Cet ouvrage est introduit dans le modèle défini pour l'aménagement 1c** ; les hydrogrammes et les cotes amont / aval de l'ouvrage sont présentés dans le tableau et sur les graphiques ci-après.

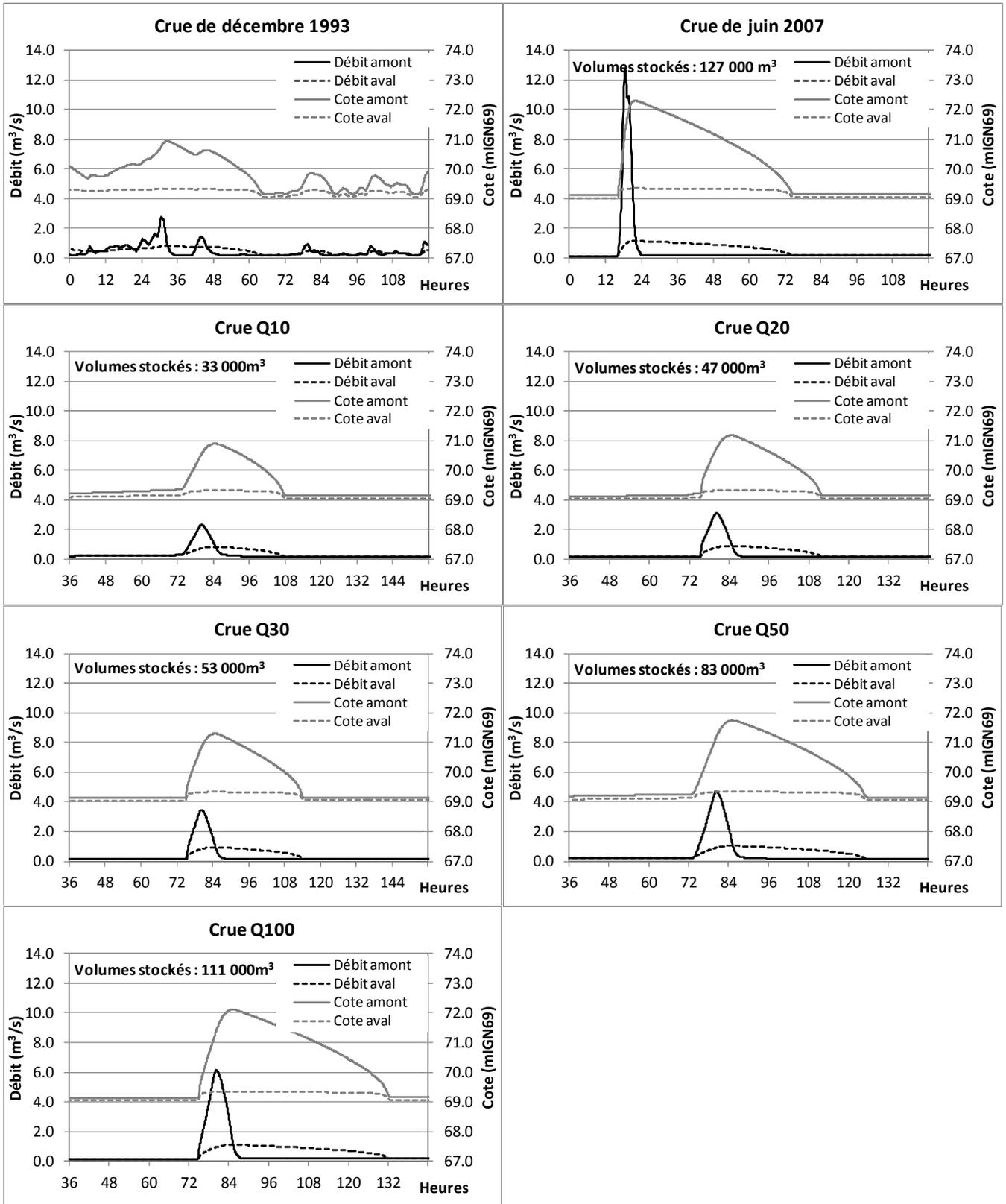


Figure 17 : Fonctionnement de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse de Beaugies

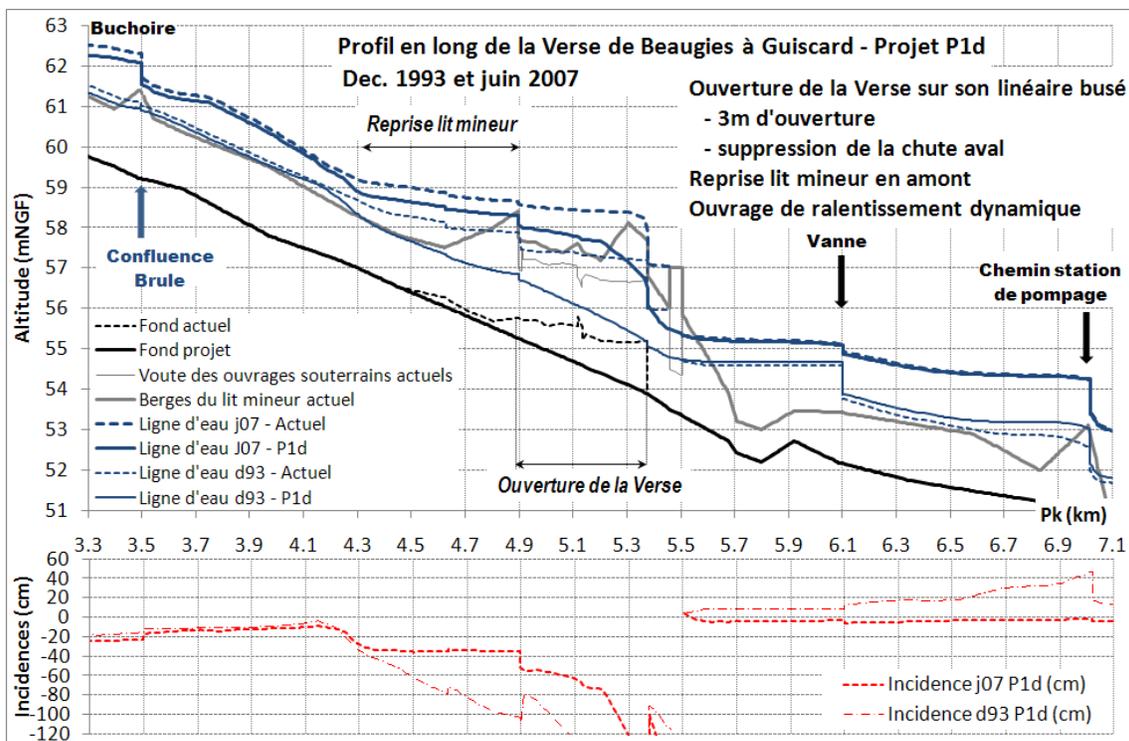
	Débit entrant (m ³ /s)	Débit sortant (m ³ /s)	Hauteur de retenue (m)	Volume stocké (m ³)
décembre 1993	2.8	0.8	1.9	40 000
juin 2007	12.8	1.1	3.3	127 000
Q10	2.3	0.8	1.9	33 025
Q20	3.1	0.9	2.2	47 166
Q30	3.5	0.9	2.3	53 313
Q50	4.7	1.0	2.7	83 000
Q100	6.2	1.1	3.1	111 000

Tableau 9 : Fonctionnement de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse de Beaugies

Les volumes stockés dans l'ouvrage de ralentissement dynamique sont proches de ceux actuellement 'stockés' dans Guiscard ; les hauteurs de surstockage sont comprises entre 1,9 et 3,3m.

Cependant, la dynamique de l'écrêtement des pointes de crue diffère fortement de celle calculée dans la traversée de Guiscard dans la situation actuelle, **notamment pour les crues où les débits débordés sont faibles** ; cet aménagement seul ne permet donc pas de compenser l'augmentation des débits et des cotes d'inondation induite en aval de Guiscard après réouverture de la Verse (projet P1c).

L'ouvrage de ralentissement dynamique permet cependant d'écrêter les débits à l'entrée de Guiscard et d'accentuer la baisse de la ligne d'eau calculée pour le scénario P1c en amont et dans la traversée du centre ville, notamment pour les crues fortes en débit et en volumes écoulés telles que juin 2007.



7.7.3 Ouvrage de ralentissement dynamique sur la Verse de Guivry

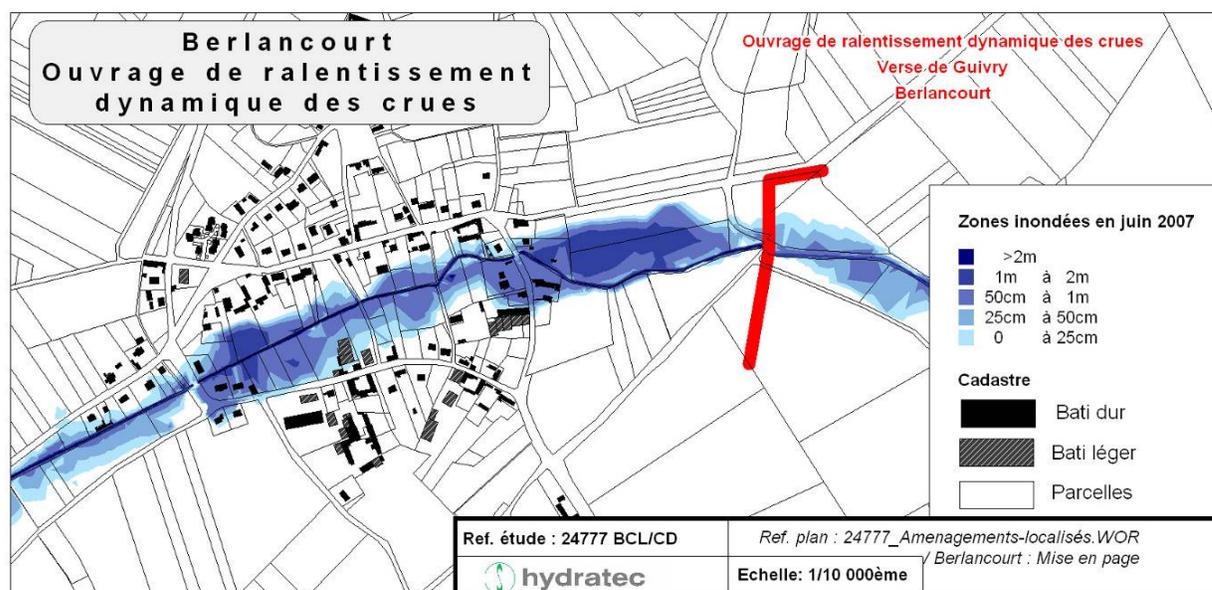
Cet ouvrage de ralentissement dynamique des crues permet d'apporter une protection pour les secteurs vulnérables de la Verse de Guivry. Le tableau ci-après présente les capacités d'écoulement avant inondation des habitations et les débits de pointe écoulés pour les différentes crues modélisées à Berlancourt et Guiscard.

	Capacité d'écoulement avant inondation des secteurs vulnérables	Débit de pointe (m ³ /s)						
		décembre 1993	juin 2007	Q10	Q20	Q30	Q50	Q100
Berlancourt	6 m ³ /s	7,3	13,9	5,6	7,4	8,2	11,1	13,9
Guiscard (rue H. Versepuy)	4,5 m ³ /s	4,8	15,3	4,9	5,6	6,0	11,3	15,1

Dans la situation actuelle, pour les crues écoulant d'importants volumes, les débits de pointe augmentent de Berlancourt à Guiscard ; pour les crues de plus faibles volumes, les champs d'expansion des crues existants assurent un écrêtement des hydrogrammes, et les débits de pointe tendent à diminuer.

Deux sites sont envisageables pour l'aménagement d'un ouvrage de ralentissement dynamique : en amont de Beines, et en amont de Berlancourt ; le second site est retenu dans la mesure où :

- il permet de mobiliser, à hauteur de retenue identique, des volumes plus importants,
- il contrôle un bassin versant plus important, permettant d'optimiser l'écrêtement des hydrogrammes de la Verse de Guivry,
- il se situe en amont immédiat des premiers secteurs vulnérables.



L'ouvrage est introduit dans le modèle, par le biais d'un pertuis de 0,25m² d'ouverture. Les graphiques suivants présentent l'écrêtement obtenu sur les hydrogrammes modélisés ainsi que l'évolution des cotes d'eau en amont et en aval de la retenue.

Les hydrogrammes sont écrêtés à un débit compris entre 4 et 5 m³/s. Les volumes stockés sont nettement supérieurs aux compensations recherchées, avec une hauteur de stockage comprise entre 1,8m (crue décennale) et 3,5m (crue centennale).

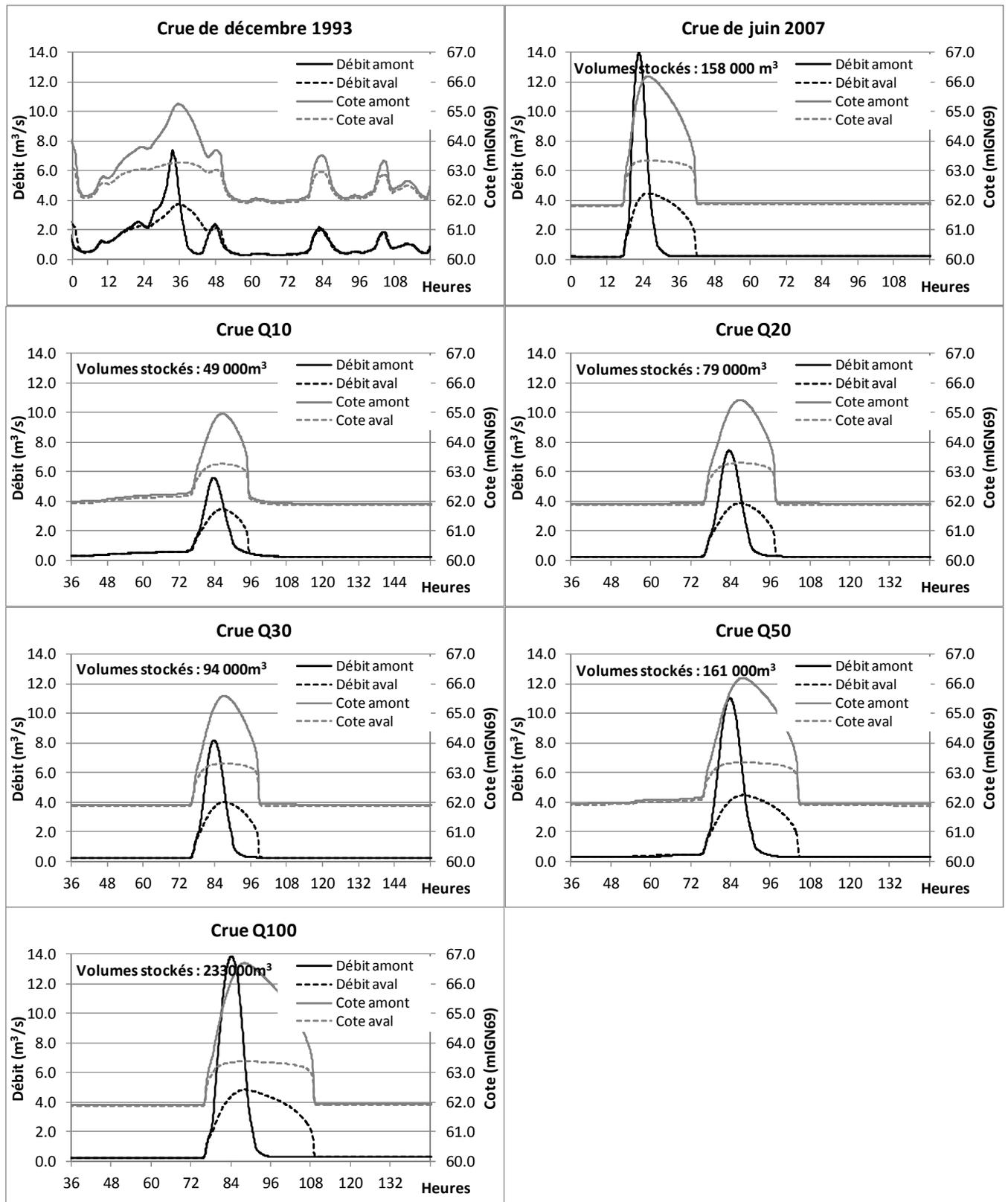


Figure 18 : Fonctionnement de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse de Guivry

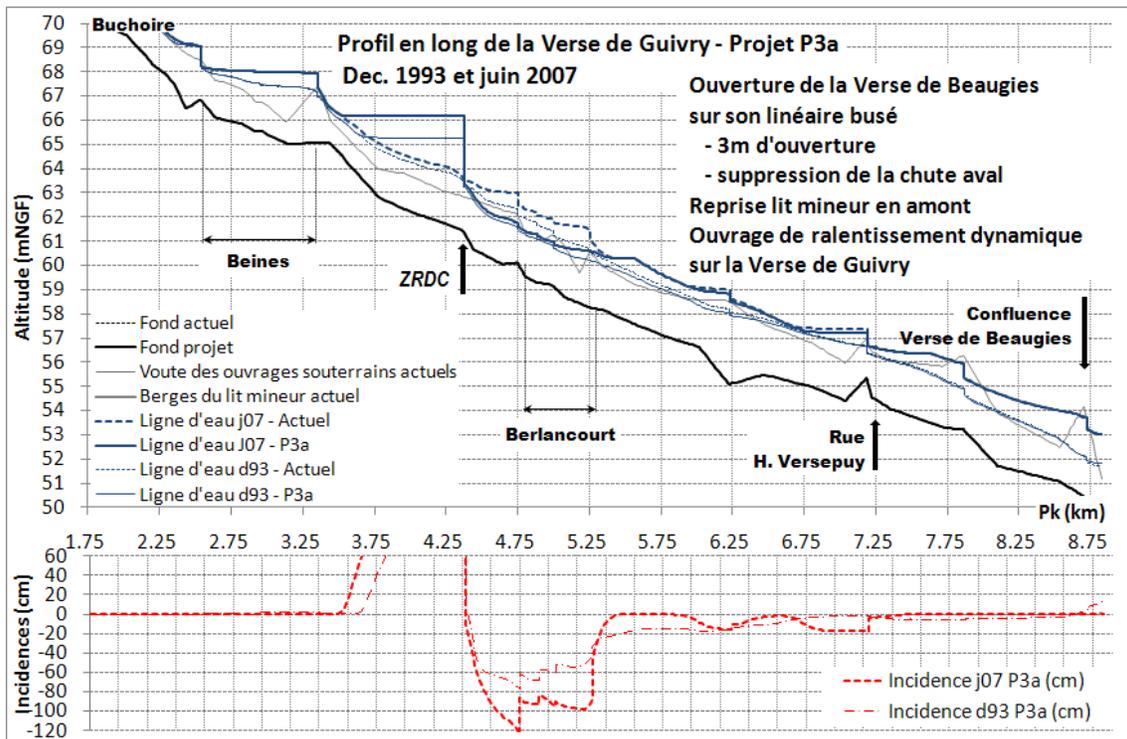
	Débit entrant (m3/s)	Débit sortant (m3/s)	Hauteur de retenue (m)	Volume stocké (m3)
décembre 1993	7.4	3.7	2.1	67 249
juin 2007	13.9	4.5	3.0	158 000
Q10	5.6	3.5	1.8	49 000
Q20	7.4	3.9	2.2	79 097
Q30	8.2	4.0	2.4	94 196
Q50	11.1	4.5	3.0	161 484
Q100	13.9	4.8	3.5	233 000

Tableau 10 : Fonctionnement de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse de Beaugies

Les profils en longs ci-après présentent les impacts calculés sur la ligne d'eau de la Verse de Guivry. L'ouvrage de ralentissement dynamique **permet d'abaisser fortement les niveaux d'eau dans la traversée de Berlancourt** (-80cm en moyenne) et dans une moindre mesure à l'entrée de Guiscard (rue H. Versepuy, de 0 à -20cm suivant les crues).

Le remous de l'ouvrage s'annule en aval de Beines.

Il ne permet cependant pas de compenser les hausses de niveau d'eau induites par l'augmentation de la capacité d'écoulement de la Verse de Beaugies dans Guiscard.



7.7.4 Ouvrage de ralentissement dynamique sur la Verse aval

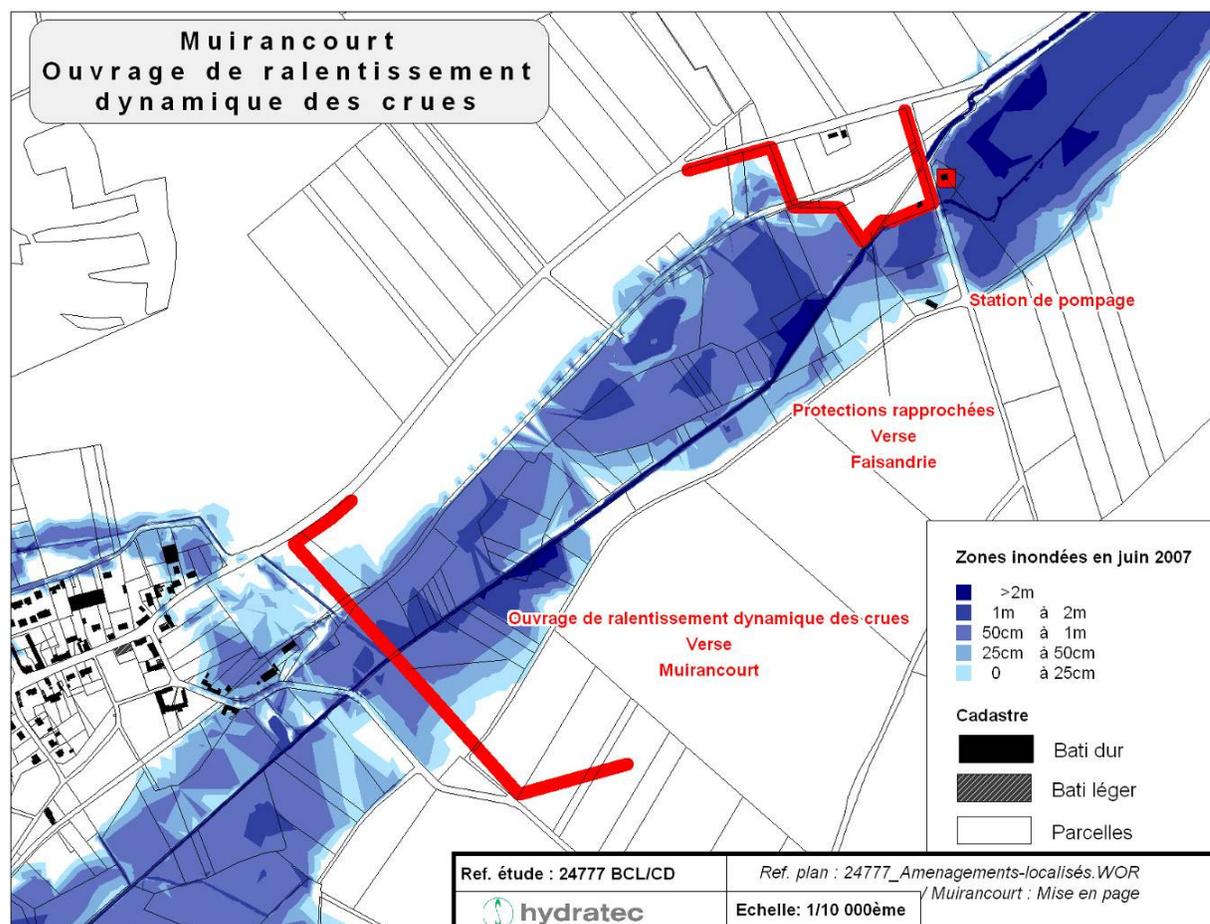
7.7.4.1 Objectifs

La recherche d'un site pour la réalisation d'un ouvrage de ralentissement dynamique sur la Verse en aval de la confluence des Verse de Guivry et de Beaugies vise à **apporter une compensation** des impacts induits par l'abaissement de la ligne d'eau sur les secteurs vulnérables amont, et à écrêter les crues de la Verse pour **protéger les secteurs vulnérables aval**, notamment Bussy et Noyon.

Ce site doit donc être situé de préférence entre l'aval des Verse de Guivry et de Beaugies, où les augmentations de débits induites par les aménagements amont sont les plus marquées, et les premiers secteurs vulnérables situés en aval de ce point.

7.7.4.2 Présentation de l'ouvrage de Muirancourt

La vallée de la Verse en amont immédiat de la RD552 à Muirancourt est retenue. La localisation de l'ouvrage est présentée sur la carte ci-après.



Cet ouvrage contrôle les apports des Verse de Beaugies et de Guivry ; **il est dimensionné pour assurer une compensation totale des augmentations de débits induites par les aménagements proposés en amont** pour l'ensemble des crues simulées.

L'ouvrage est introduit dans le modèle, par le biais d'une digue insubmersible perpendiculaire à la vallée et d'un pertuis de 1,65m² d'ouverture sur le lit mineur.

L'ouvrage est dimensionné pour contenir la crue cinquantennale ; le déversoir de sécurité est calé à une hauteur de retenue de 3,51 m, soit à l'altitude 53,56 m IGN69 (cf. présentation du scénario 3). La largeur du déversoir est définie pour assurer l'évacuation de deux fois le débit centennal estimé au droit de l'ouvrage, soit 59,3 m³/s sous 1m de hauteur d'eau.

Des mesures d'accompagnement de l'ouvrage sont intégrées au projet :

- Protection de la RD91,
- Protection de la faisanderie de Guiscard.

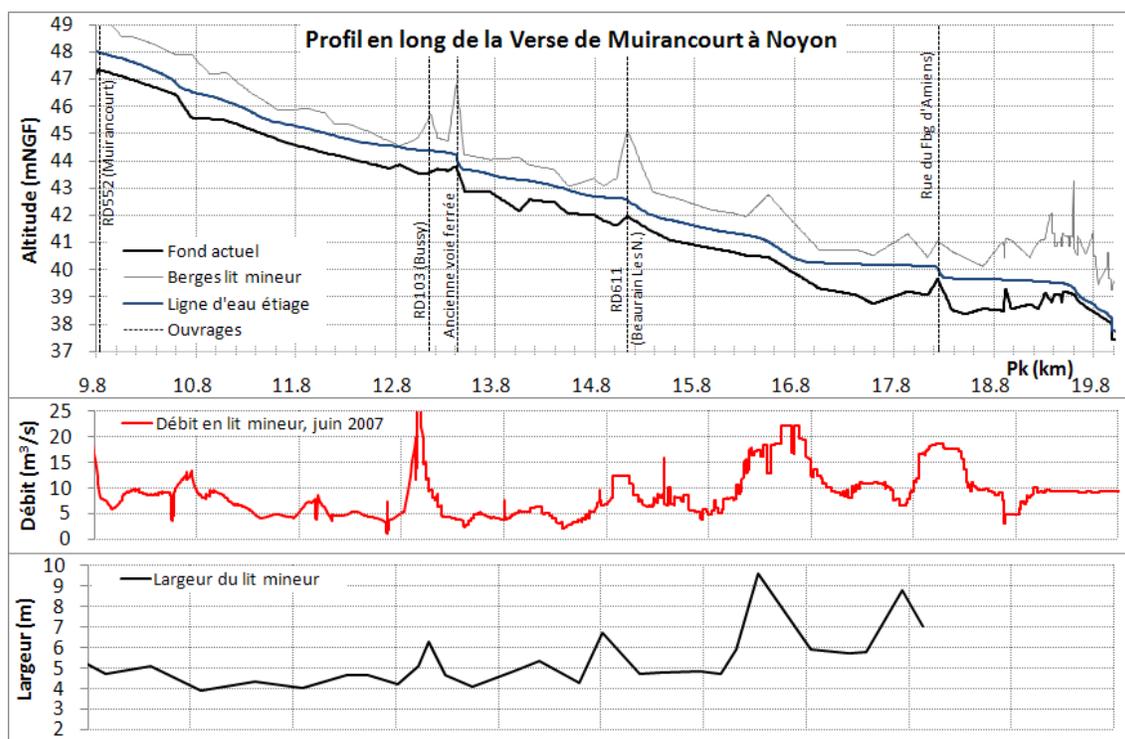
Le dimensionnement, le fonctionnement et les incidences de cet aménagement sont présentés dans le chapitre suivant, définissant un schéma d'aménagement de lutte contre les inondations par débordement de cours d'eau à l'échelle du bassin versant de la Verse.

La station de pompage de Guiscard est située en amont du site proposé. Une étude détaillée de l'aménagement de ralentissement dynamique sur le fonctionnement de cette installation devra être réalisée.

Les données topographiques disponibles ne couvrent pas l'emprise des secteurs sur inondés, notamment sur la rive gauche de la vallée.

7.8 INCIDENCE D'UNE REDUCTION DE SECTION DE LA VERSE DANS LES MARAIS

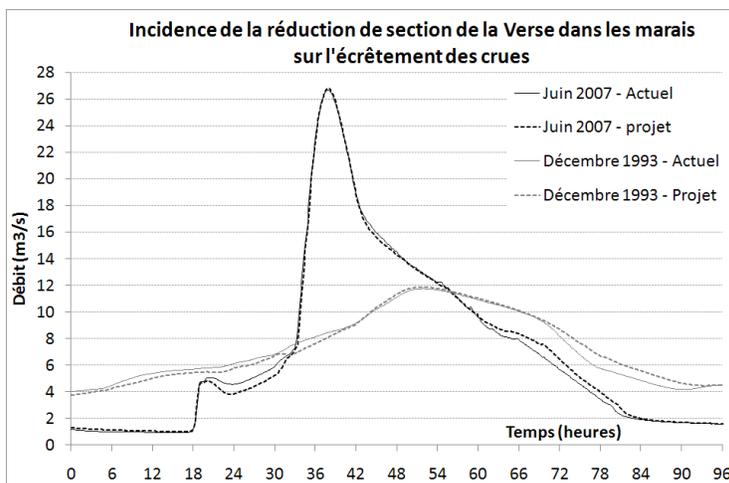
L'analyse des profils bathymétriques du lit de la Verse fait apparaître des linéaires où la largeur et la section du lit sont surdimensionnées, limitant de fait les possibilités de débordement.



Le modèle est repris, et une réduction des sections des profils présentant une sur-capacité est appliquée ; la section affectée est interpolée à partir des sections amont et aval de façon à obtenir un profil de sections homogènes sur l'ensemble du linéaire.

Les incidences sur la propagation ne sont sensibles que lors des premiers débordements ; aucune incidence n'est calculée sur les débits de pointe ni sur la propagation des hydrogrammes.

Ce type d'action n'apporte donc pas de solution aux objectifs recherchés d'écrêtement des crues fortes de la Verse.



Cette modélisation permet cependant d'autoriser les travaux de restauration du lit de la Verse visant à réduire localement sa section, dans la mesure où aucune incidence n'est à attendre sur les crues fortes et la vulnérabilité des secteurs urbanisés aval.

7.9 SCENARIOS GLOBAUX D'AMENAGEMENTS DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS

7.9.1 Présentation générale

Les scénarios globaux d'aménagements de lutte contre les inondations comprennent les aménagements suivants :

- aménagements visant à abaisser la ligne d'eau de la Verse de Beaugies à Guiscard,
- suppression de la chute créée par l'ouvrage de franchissement de l'ancienne voie ferrée en aval de Bussy,
- remise en fond de vallée de la Verse de Guivry à Guiscard,
- aménagements sur les affluents : ru de Fréniches et ru de la Fontaine Caboche,
- protections rapprochées du quartier Saint Blaise à Noyon,
- redimensionnement de l'ouvrage de prise du $\phi 2000$ à Noyon

Ces aménagements entraînent une augmentation significative des débits de pointe et des cotes d'inondation en aval ; ils doivent donc être compensés. Des aménagements de compensation ont été recherchés et dimensionnés, afin de proposer plusieurs scénarios globaux de lutte contre les inondations à l'échelle du bassin de la Verse assurant une protection optimale des enjeux soumis à l'inondation sans aggraver les crues sur les autres secteurs.

Les ouvrages de compensation proposés sont des ouvrages de ralentissement dynamique des crues ; ils ont été dimensionnés pour compléter leur rôle de compensation et proposer un écrêtement à même de protéger les secteurs vulnérables aval.

Le comité du pilotage du 27 juin 2011 a retenu un scénario, dénommé **scénario 4b**, combinant les scénarios 3 et 4 proposés à l'issue de la phase 2, suite aux conclusions d'une analyse coûts/bénéfices réalisée par l'Entente Oise Aisne. Ce scénario complète les aménagements cités ci-avant par trois ouvrages de ralentissement dynamique des crues, dont les hypothèses de dimensionnement sont les suivantes :

- Ouvrages en têtes de bassins versants :
 - sur la **Verse de Beaugies** : ouvrage dimensionné pour contenir la crue centennale ; il permet d'abaisser la ligne d'eau dans la traversée de Berlancourt,
 - sur la **Verse de Guivry** : ouvrage dimensionné pour contenir la crue centennale ; il permet d'augmenter le niveau de protection de Guiscard et de protéger partiellement le hameau de Buchoire,
- Ouvrage sur la **Verse à Muirancourt** : ouvrage dimensionné pour contenir la crue cinquantennale, en ne tenant pas compte des ouvrages amont sur les Verse de Guivry et de Beaugies ; il assure la compensation des hausses de débit induites par les aménagements visant à abaisser les lignes d'eau, et une protection des secteurs vulnérables de Noyon pour la crue cinquantennale.

Le scénario 3 correspond à un état intermédiaire du scénario 4b ; ce scénario permet de totalement compenser les incidences des différents aménagements d'abaissement de la ligne d'eau ou de protection rapprochée contre les crues, et d'assurer une protection renforcée sur les secteurs aval (Bussy et Noyon notamment). Le scénario 4b complète le scénario 3 par la mise en place des deux

ouvrages de ralentissement dynamique sur l'amont des Verse de Beaugies et de Guivry, qui visent respectivement à améliorer la protection de Berlancourt et de Buchoire.

Le phasage des travaux proposé dans le cadre du programme pluriannuel d'actions passe par une situation intermédiaire correspondant au scénario 3, pour laquelle une justification des incidences est nécessaire.

Le scénario est optimisé pour les crues de période de retour inférieures à 50 ans ; il est cependant nécessaire de quantifier les incidences pour des crues supérieures, constituées ici de la crue centennale et de la crue historique de juin 2007.

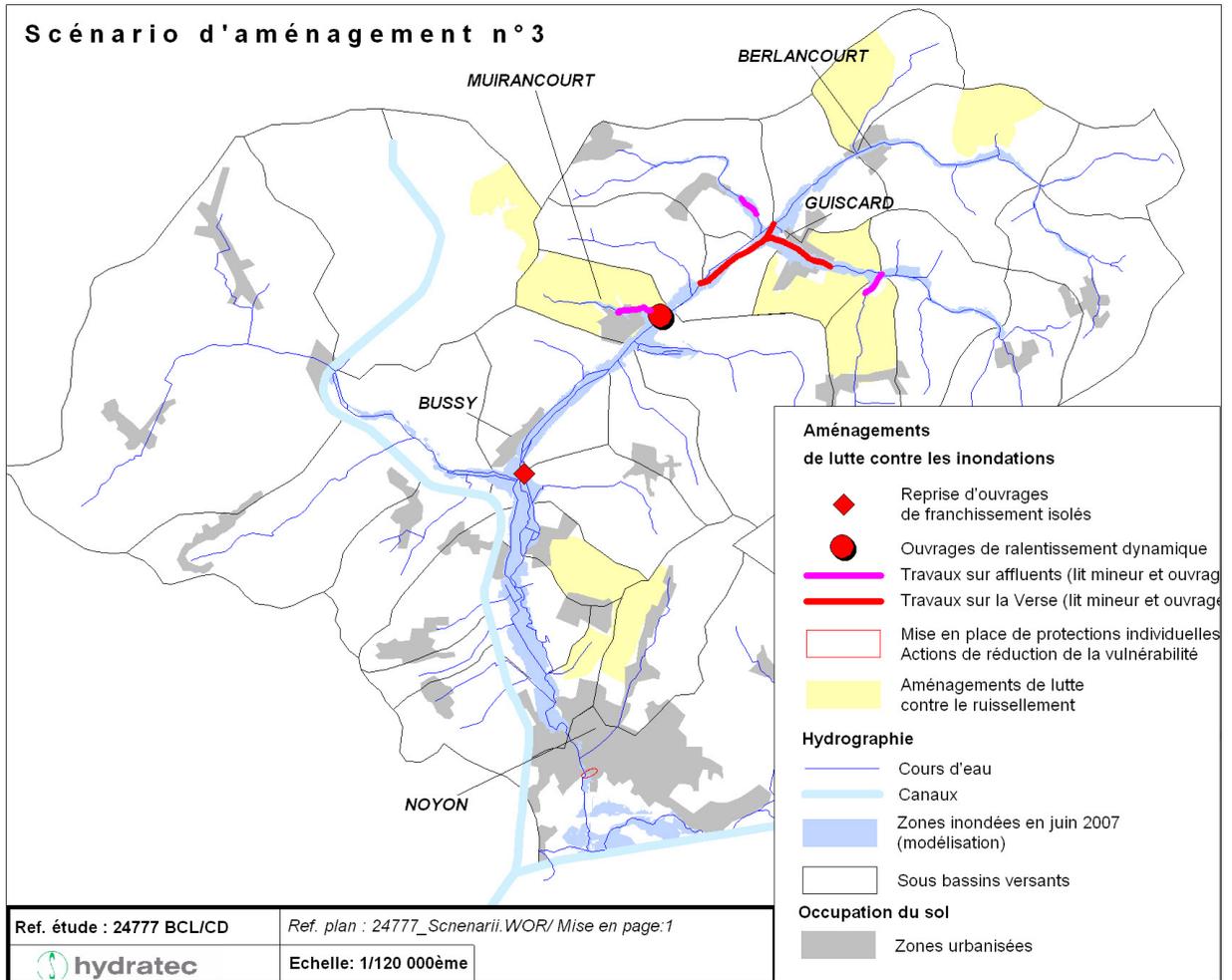
L'ensemble des aménagements constituant les scénarios 3 et 4b ont été intégrés dans le modèle hydraulique, pour quantifier leurs incidences hydrauliques cumulées pour les crues suivantes :

- Crue de décembre 1993 (d93) et crue de juin 2007 (j07),
- Crues synthétiques de périodes de retour 10, 20, 30, 50 et 100 ans (Q10, Q20, Q30, Q50, Q100).

Le présent chapitre présente les résultats de modélisation pour les scénarios globaux 3 et 4b, pour les 6 événements hydrologiques définis précédemment, sous forme de profils en long de lignes d'eau et de cartographies en plan.

7.9.2 Scénario 3

Les aménagements constituant le scénario 3 sont localisés sur la carte ci-après.



7.9.2.1 Fonctionnement et incidences de l'ouvrage de ralentissement dynamique de Muirancourt

Le tableau et les graphiques ci-après présentent le fonctionnement global de l'ouvrage de ralentissement dynamique des crues de Muirancourt et son incidence sur les hydrogrammes de la Verse en aval pour les crues historiques de décembre 1993 et juin 2007 et les crues synthétiques de périodes de retour 10, 20, 30, 50 et 100 ans.

La hauteur de retenue est définie par rapport à la cote basse du lit majeur au droit de la retenue (50,05 m IGN69).

L'ouvrage est en limite de surverse pour la crue cinquantennale, conformément aux hypothèses de dimensionnement retenues.

Le débit surversé est de $6,9\text{m}^3/\text{s}$ pour la crue centennale, et de $21,4\text{m}^3/\text{s}$ pour la crue de juin 2007.

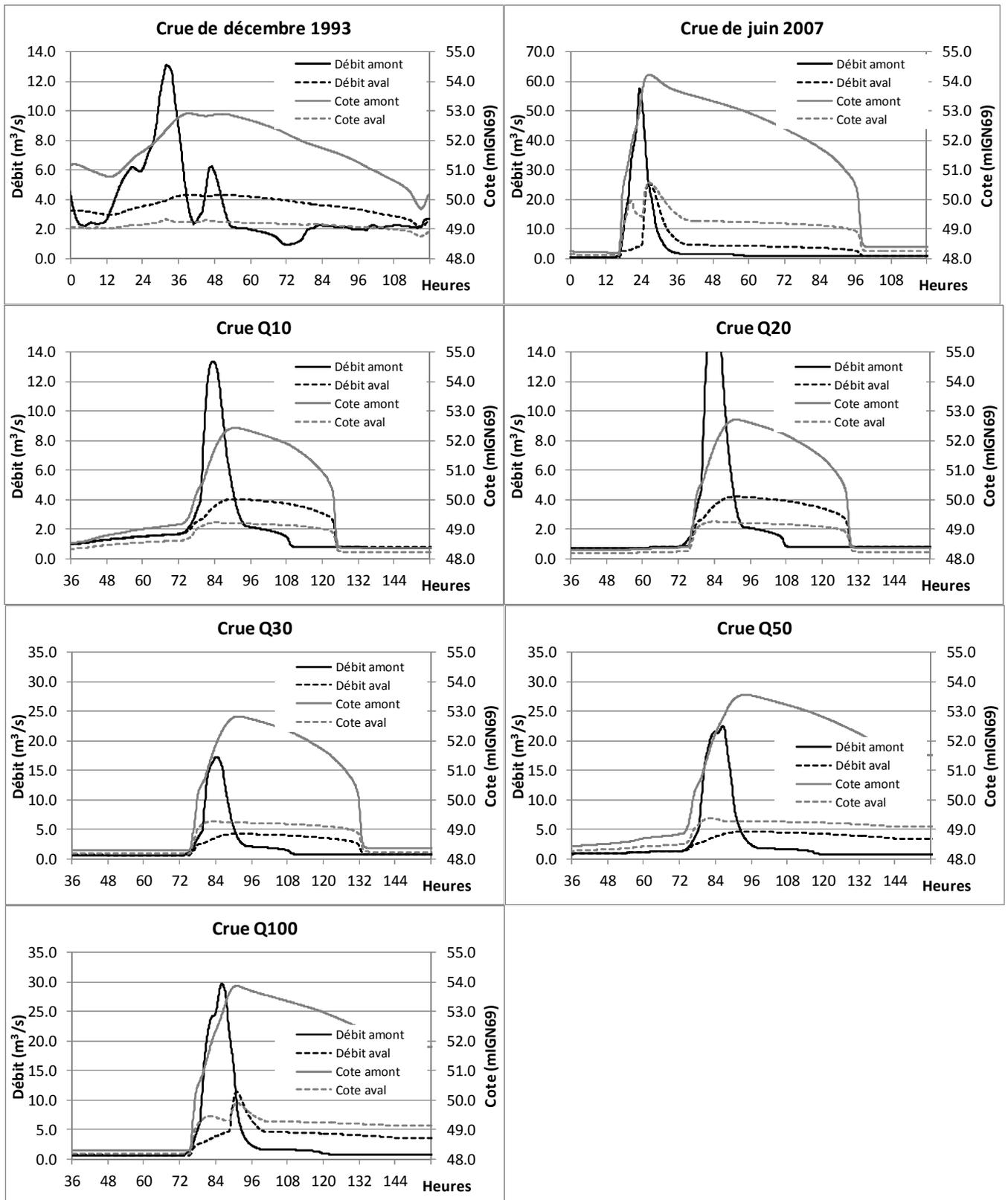


Figure 19 : Fonctionnement de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse à Muirancourt (scénario3)

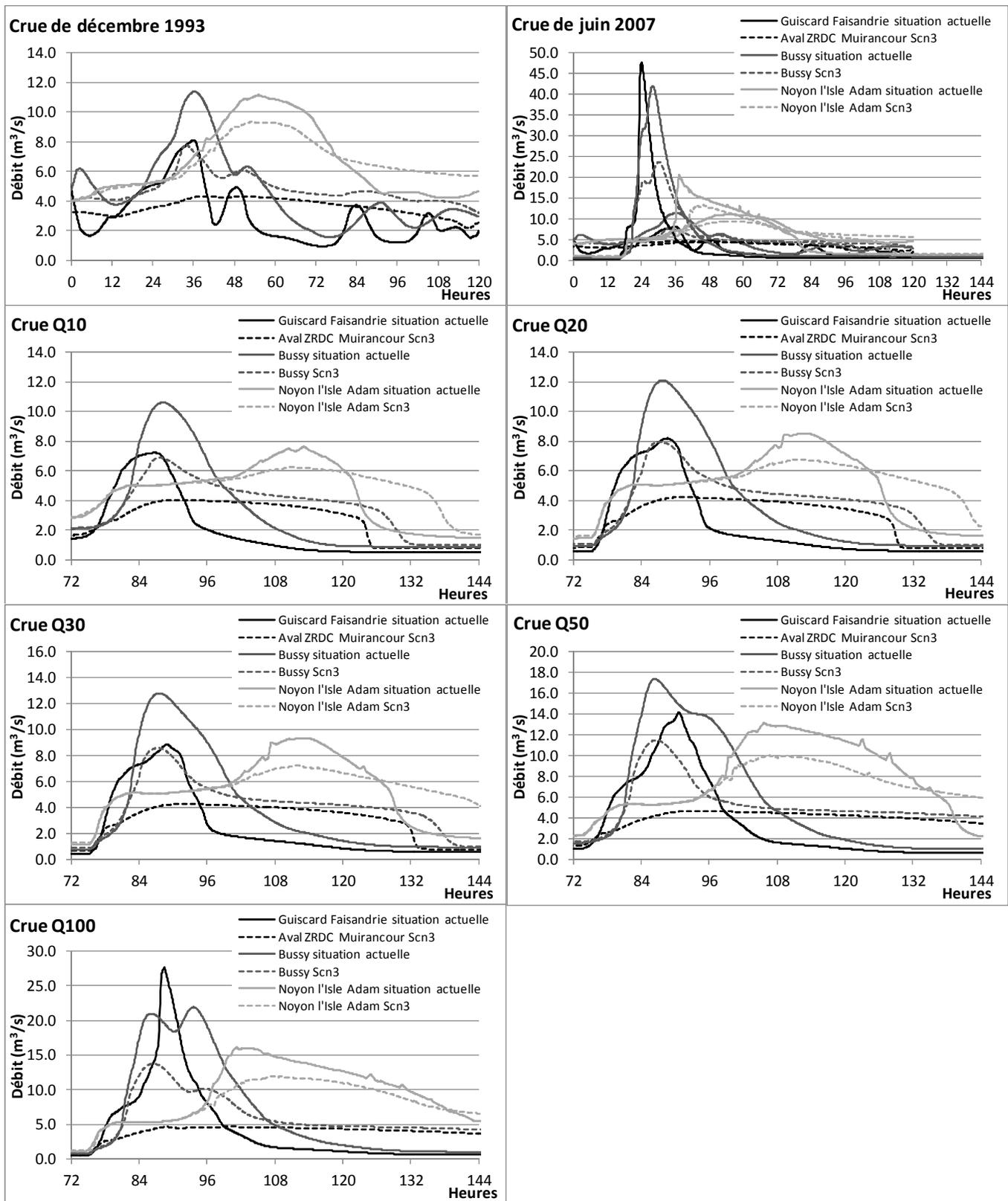


Figure 20 : Incidences de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse à Muirancourt sur les hydrogrammes de la Verse aval (scénario3)

	Débit entrant (m ³ /s)	Débit sortant (m ³ /s)	Hauteur de retenue (m)	Volume stocké (m ³)
décembre 1993	13.1	4.3	2.87	390 000
juin 2007	57.7	25.7	4.17	892 000
Q10	13.4	4.1	2.38	254 000
Q20	15.9	4.2	2.66	333 000
Q30	17.3	4.3	2.78	367 000
Q50	22.5	4.7	3.51	623 000
100	29.7	11.4	3.82	765 000

Tableau 11 : Fonctionnement de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse à Muirancourt (scénario3)

Les profils en longs ci-après présentent les impacts calculés sur la ligne d'eau de la Verse en aval de Guiscard.

Ce scénario permet d'abaisser nettement la ligne d'eau en aval de Muirancourt, et notamment à Noyon où les quartiers amont de l'Isle Adam sont mis hors d'eau jusqu'à la crue cinquantennale ; les secteurs les plus bas restent inondés pour la crue générée par la crue centennale, avec cependant un abaissement de la ligne d'eau par rapport à la situation actuelle d'environ 60 cm.

7.9.2.2 Cartographie des incidences du scénario 3

Les planches cartographiques annexées présentent les incidences du scénario 3 sur l'emprise des zones inondables et les hauteurs de submersion pour chacun des scénarios hydrologiques modélisés :

- Planche cartographique n°4a, Incidences du scénario d'aménagement n°3, Crue de décembre 1993
- Planche cartographique n°4b , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Crue de juin 2007
- Planche cartographique n°4c , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Q10
- Planche cartographique n°4d, Incidences du scénario d'aménagement n°3 , Q20
- Planche cartographique n°4e , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Q30
- Planche cartographique n°4f , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Q50
- Planche cartographique n°4g , Incidences du scénario d'aménagement n°3, Q100

7.9.2.1 Scénario 3 : lignes d'eau calculées sur la Verse de Muirancourt à Noyon

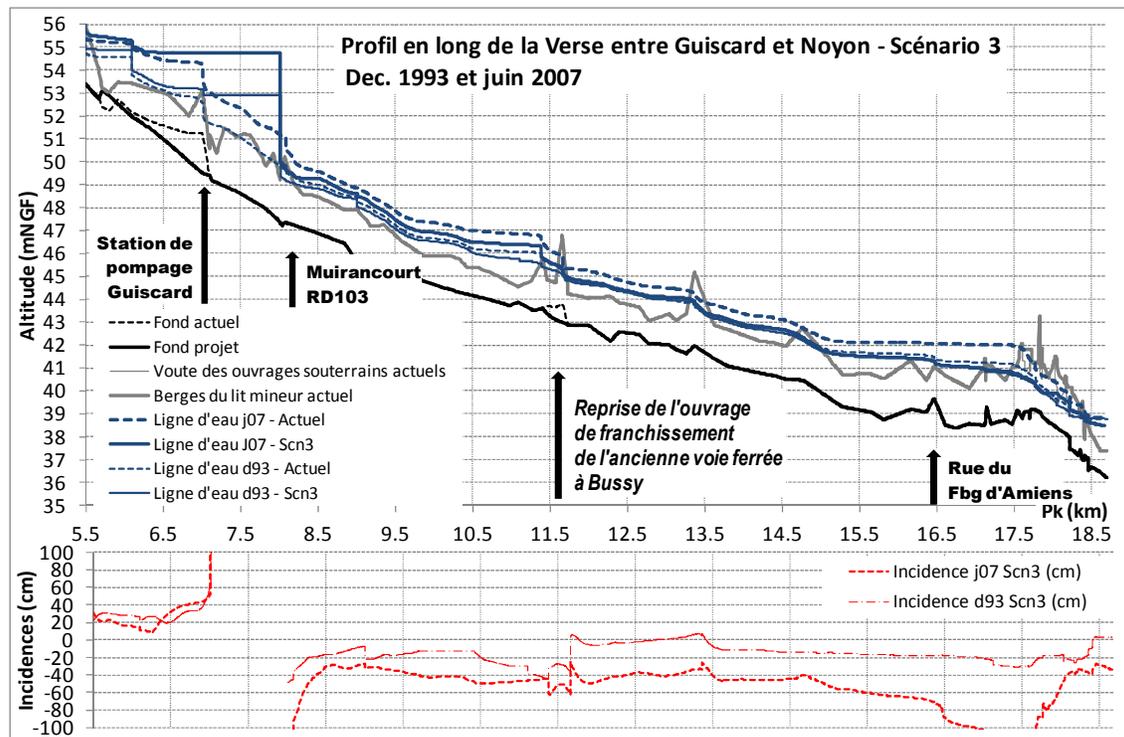


Figure 21 : scénario 3, profils en long de la Verse entre Muirancourt et Noyon – Crues de décembre 1993 et juin 2007

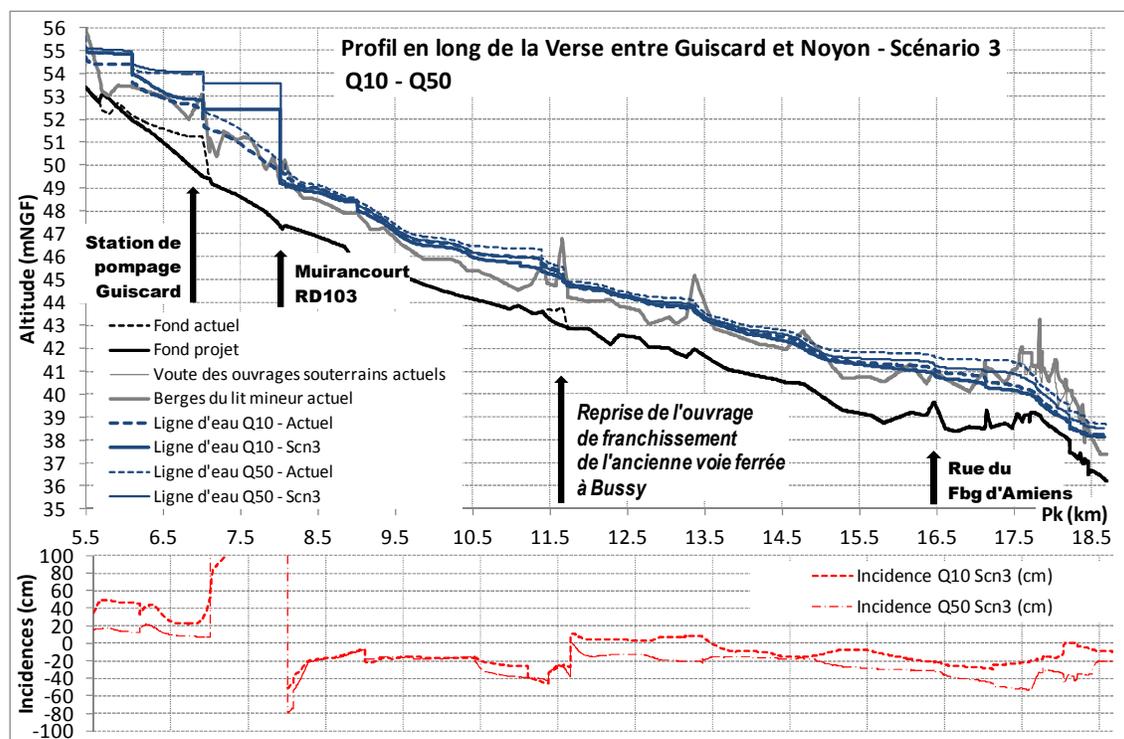


Figure 22 : scénario 3, profils en long de la Verse entre Muirancourt et Noyon – Crues décennale et cinquantennale

7.9.2.2 Scénario 3 : lignes d'eau calculées sur la Verse de Beaugies

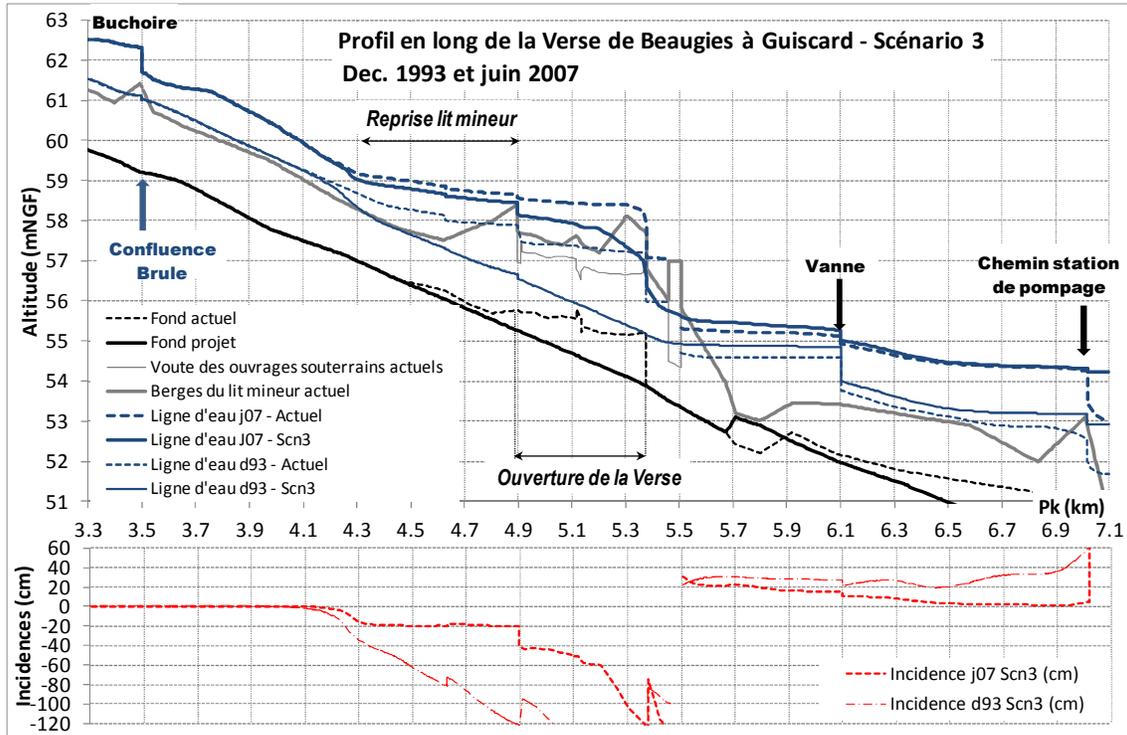


Figure 23 : scénario 3, profils en long de la Verse de Beaugies – Crues de décembre 1993 et juin 2007

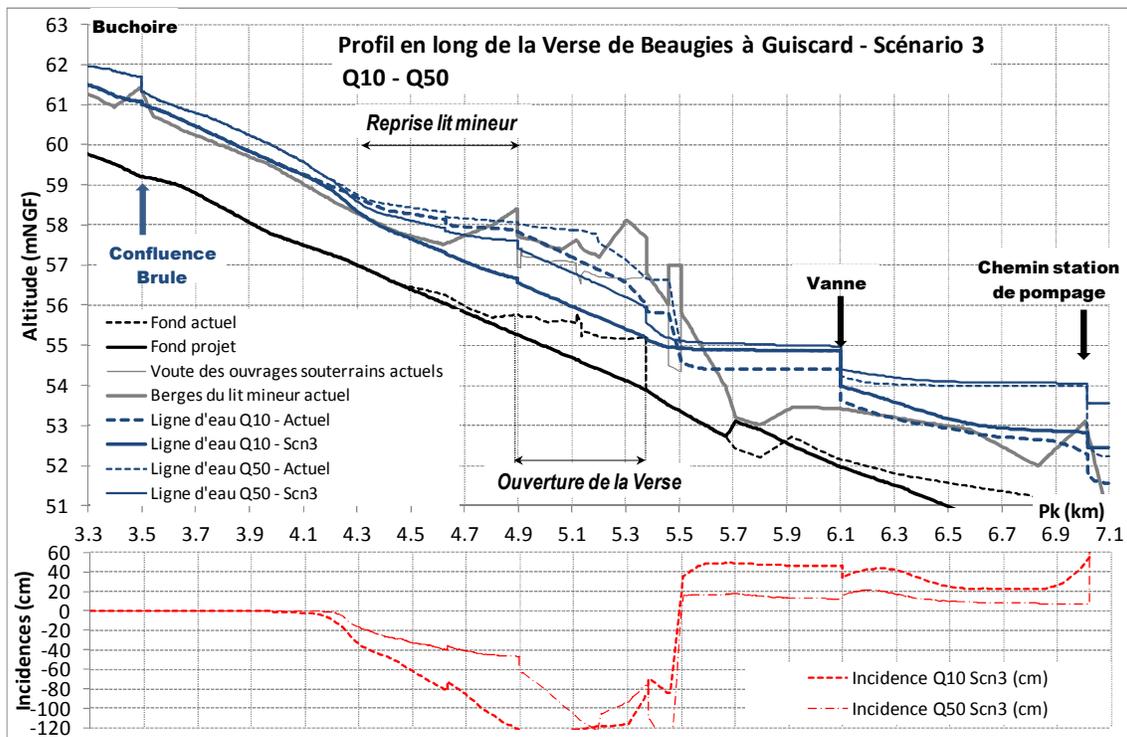


Figure 24 : scénario 3, profils en long de la Verse de Beaugies – Crues décennale et cinquantennale

7.9.2.1 Scénario 3 : lignes d'eau calculées sur la Verse de Guivry

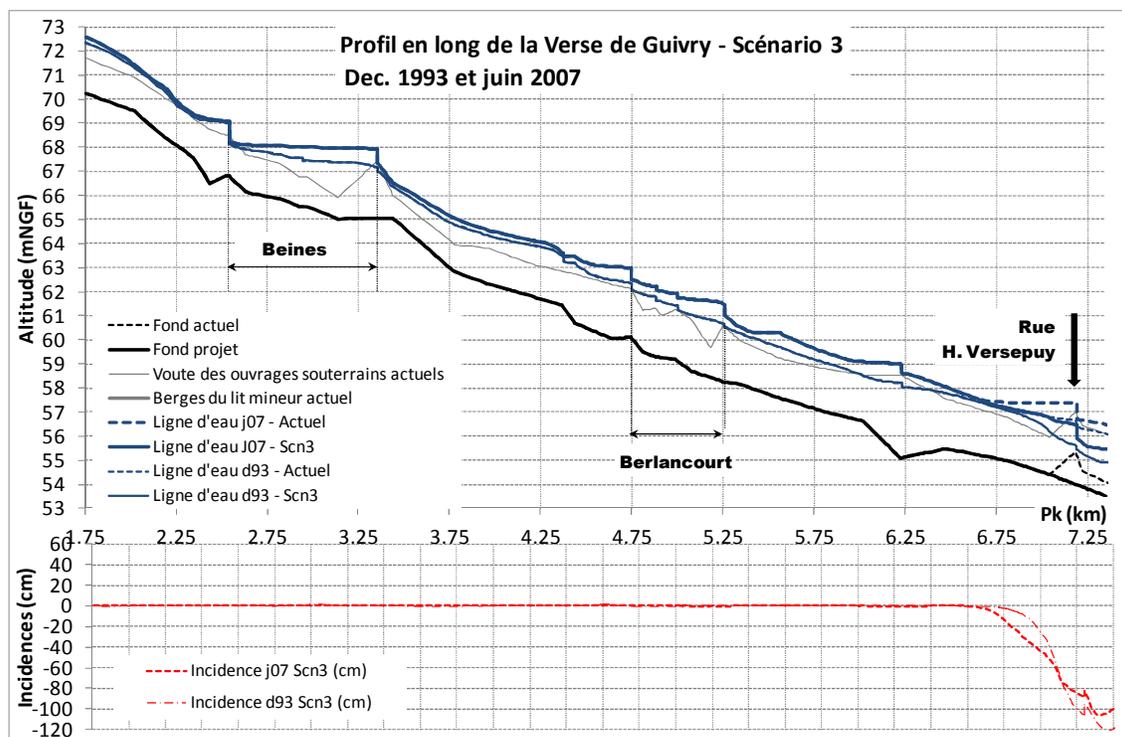


Figure 25 : scénario 3, profils en long de la Verse de Guivry – Crues de décembre 1993 et juin 2007

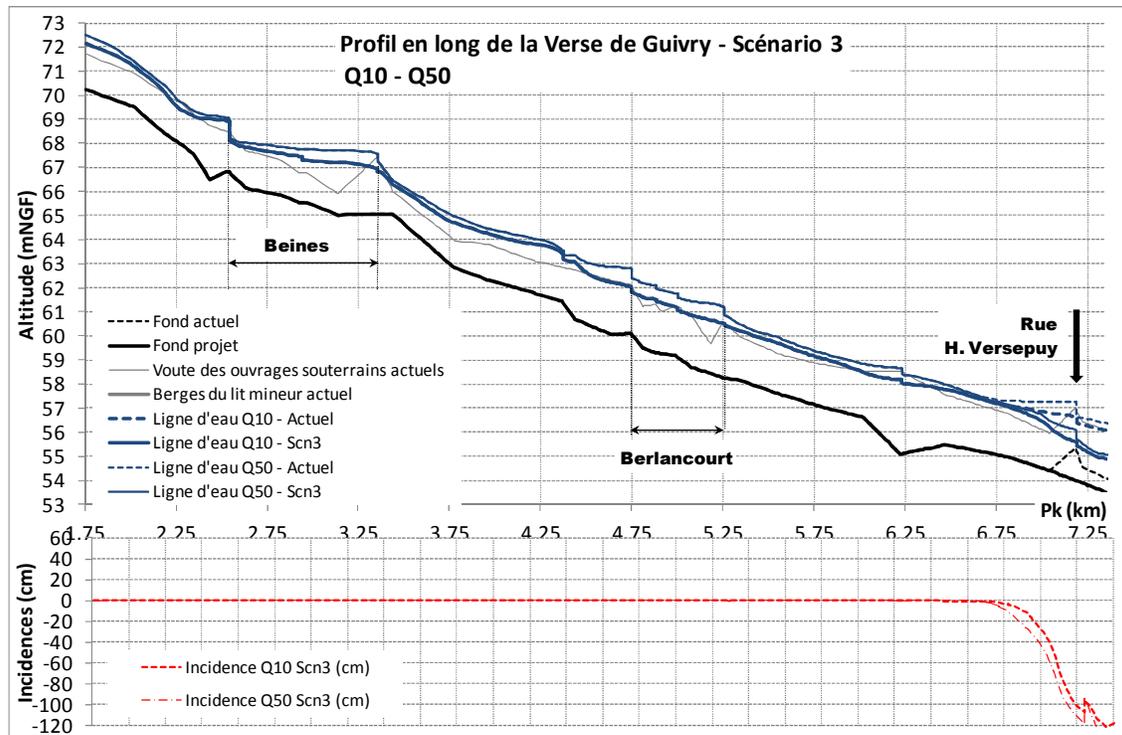


Figure 26 : scénario 3, profils en long de la Verse de Guivry – Crues décennale et cinquantennale

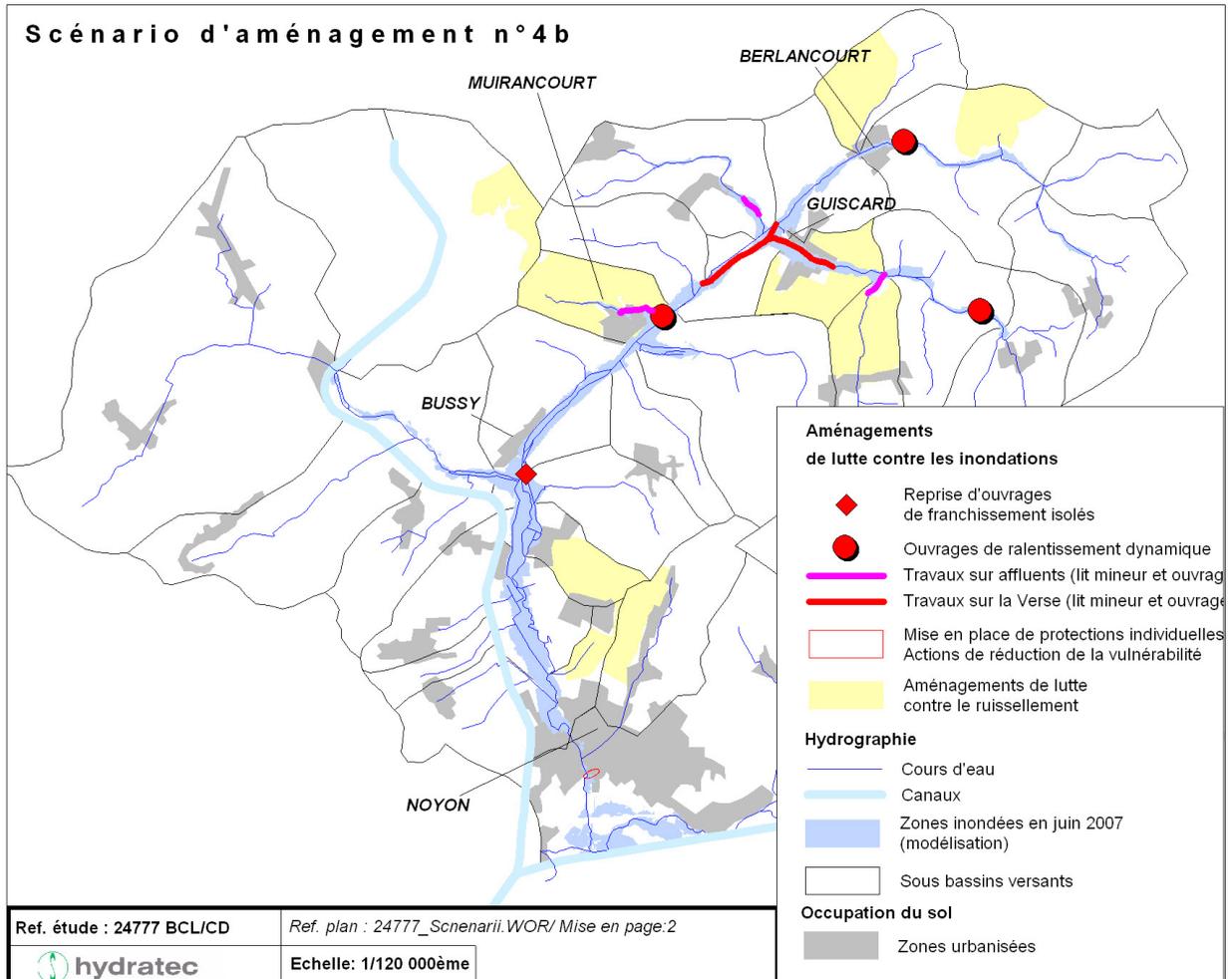
7.9.2.2 Scénario 3 : lignes d'eau calculées sur le ru de la Fontaine Caboche et le ru de Fréniches

Cf. scénario 4b.

7.9.3 Scénario 4b

Le scénario 4b reprend le scénario 3, qui est complété par les ouvrages de ralentissement dynamique sur la Verse de Beaugies (Ferme de l'étang de Bœuf) et la Verse de Guivry en amont de Berlancourt tels que définis dans le §7.7

Ce complément permet d'assurer une protection de Berlancourt et de Buchoire par abaissement de la ligne d'eau.



L'ouvrage de ralentissement dynamique de la Verse à Muirancourt est modélisé de la même manière que pour le scénario 3 ; l'écrêtement complémentaire apporté sur la Verse de Guivry et la Verse de Beaugies permet :

- de diminuer de 10% à 20% les volumes à stocker dans cet ouvrage pour un écrêtement identique pour les événements de périodes de retour inférieures à 50 ans,
- d'écrêter la crue centennale ; les secteurs vulnérables de Noyon pour cette crue ne sont cependant pas tous mis hors d'eau. Pour la crue centennale, l'ouvrage de Muirancourt est en limite de surverse.

Les graphiques suivants présentent l'écrêtement obtenu sur les hydrogrammes modélisés ainsi que l'évolution des cotes d'eau en amont et en aval de la retenue.

	Débit entrant (m ³ /s)	Débit sortant (m ³ /s)	Hauteur de retenue		Volume stocké	
			Hauteur de retenue (m)	Ecart / hauteurs pour le scénario 3	Volume stocké (m ³)	Ecart / volumes stockés pour le scénario 3
décembre 1993	11.9	4.3	2.87	0.01 m	370 000	-5%
juin 2007	47.5	14.5	3.91	-0.26 m	790 000	-11%
Q10	11.3	4.0	2.24	-0.14 m	222 000	-13%
Q20	13.4	4.1	2.49	-0.17 m	286 000	-14%
Q30	14.6	4.2	2.63	-0.16 m	322 000	-12%
Q50	19.2	4.5	3.21	-0.30 m	508 000	-18%
100	22.5	4.7	3.52	-0.30 m	627 000	-18%

Tableau 12 : Fonctionnement de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse à Muirancourt (scénario4b)

Ce scénario permet d'abaisser nettement la ligne d'eau en aval de Muirancourt, et notamment à Noyon où les quartiers amont de l'Isle Adam sont mis hors d'eau jusqu'à la crue cinquantennale ; les secteurs les plus bas restent inondés pour la crue générée par la crue centennale, avec cependant un abaissement de la ligne d'eau par rapport à la situation actuelle supérieur à 70 cm.

7.9.3.1 Cartographie des incidences du scénario 4b

Les planches cartographiques annexées présentent les incidences du scénario 4b sur l'emprise des zones inondables et les hauteurs de submersion pour chacun des scénarios hydrologiques modélisés :

- Planche cartographique n°5a, Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Crue de décembre 1993
- Planche cartographique n°5b , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Crue de juin 2007
- Planche cartographique n°5c , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q10
- Planche cartographique n°5d, Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q20
- Planche cartographique n°5e , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q30
- Planche cartographique n°5f , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q50
- Planche cartographique n°5g , Incidences du scénario d'aménagement n°4b, Q100

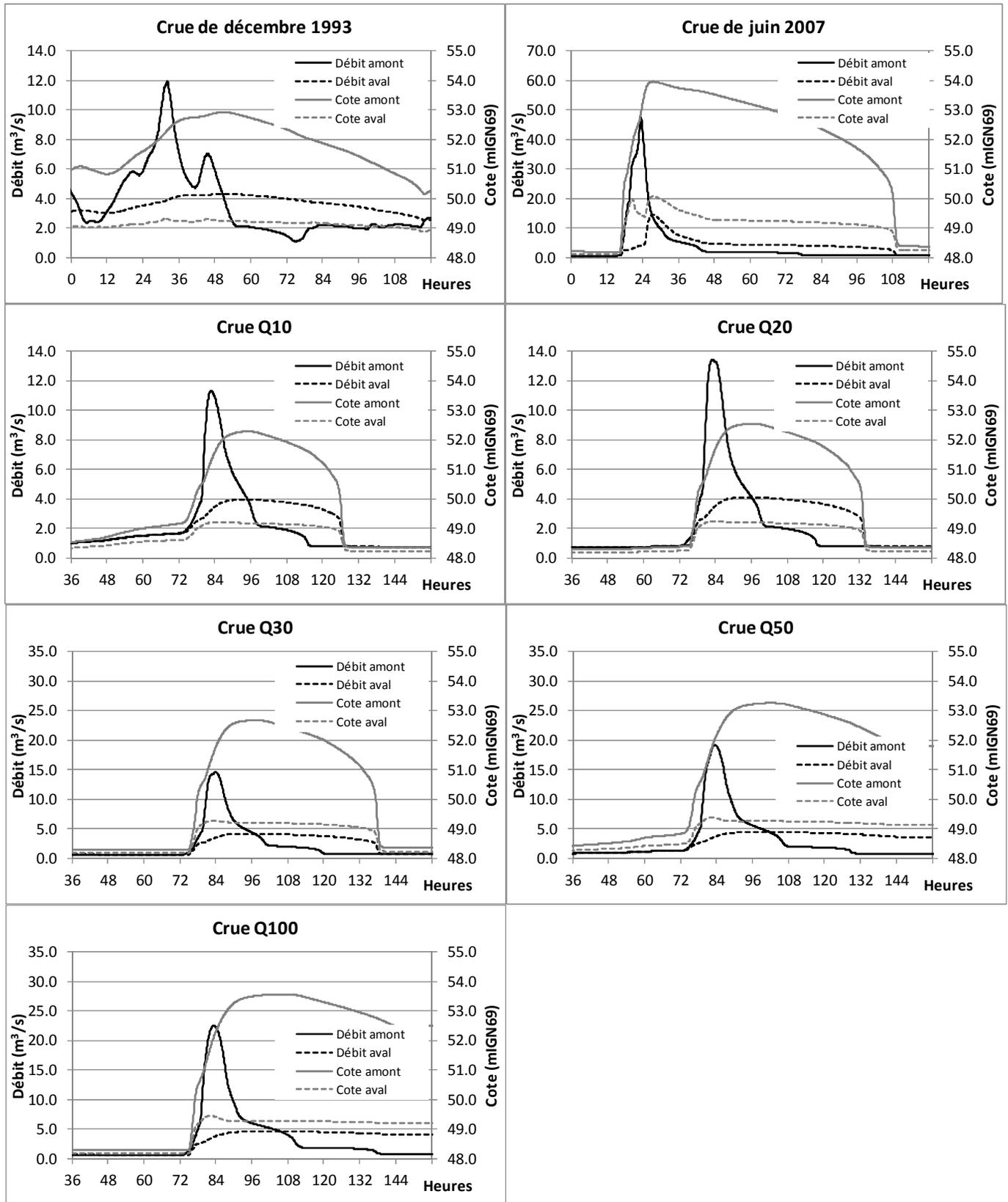


Figure 27 : Fonctionnement de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse à Muirancourt (scénario4b)

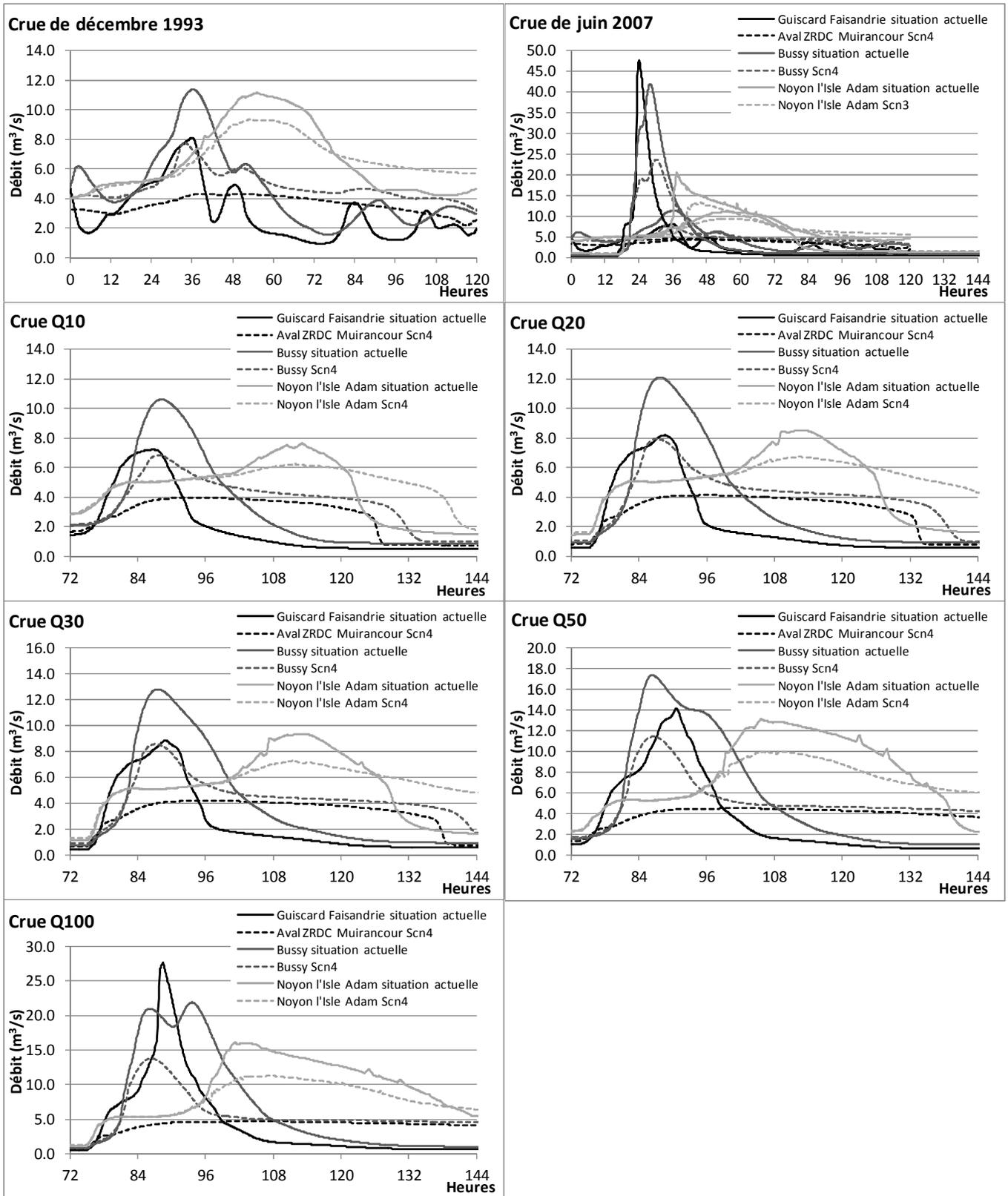


Figure 28 : Incidences de l'ouvrage de ralentissement dynamique proposé sur la Verse à Muirancourt sur les hydrogrammes de la Verse aval (scénario4b)

7.9.3.2 Scénario 4b : lignes d'eau calculées sur la Verse de Muirancourt à Noyon

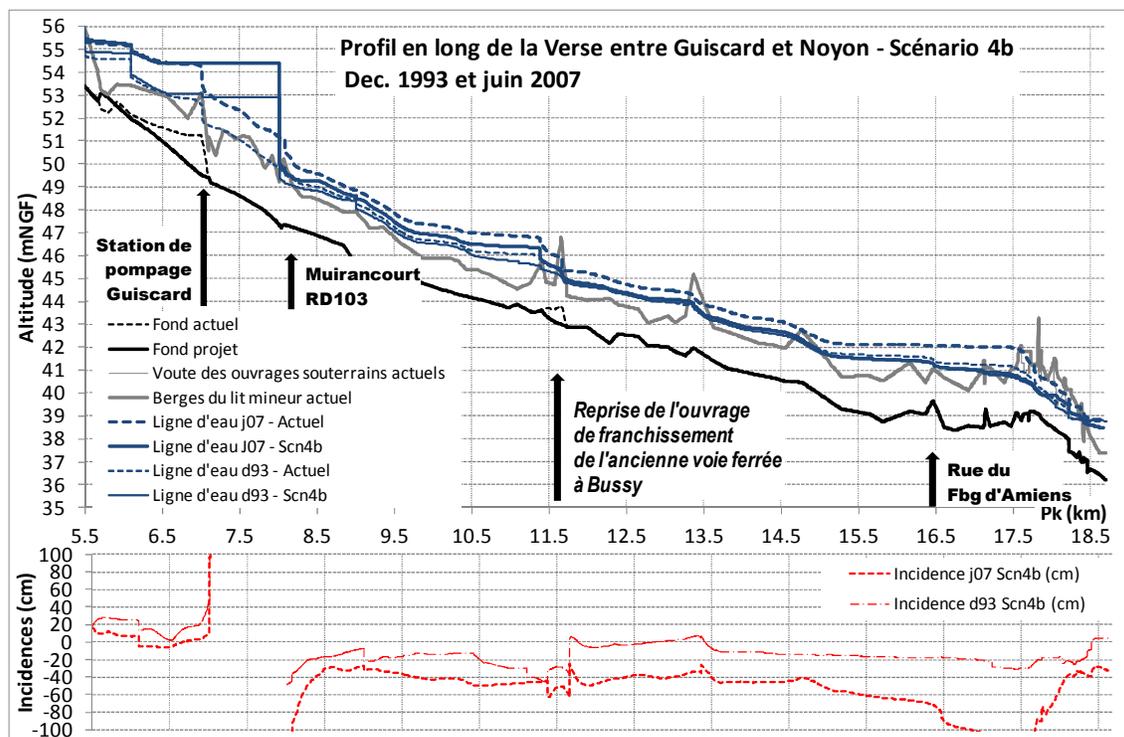


Figure 29 : scénario 4b, profils en long de la Verse entre Muirancourt et Noyon – Crues de décembre 1993 et juin 2007

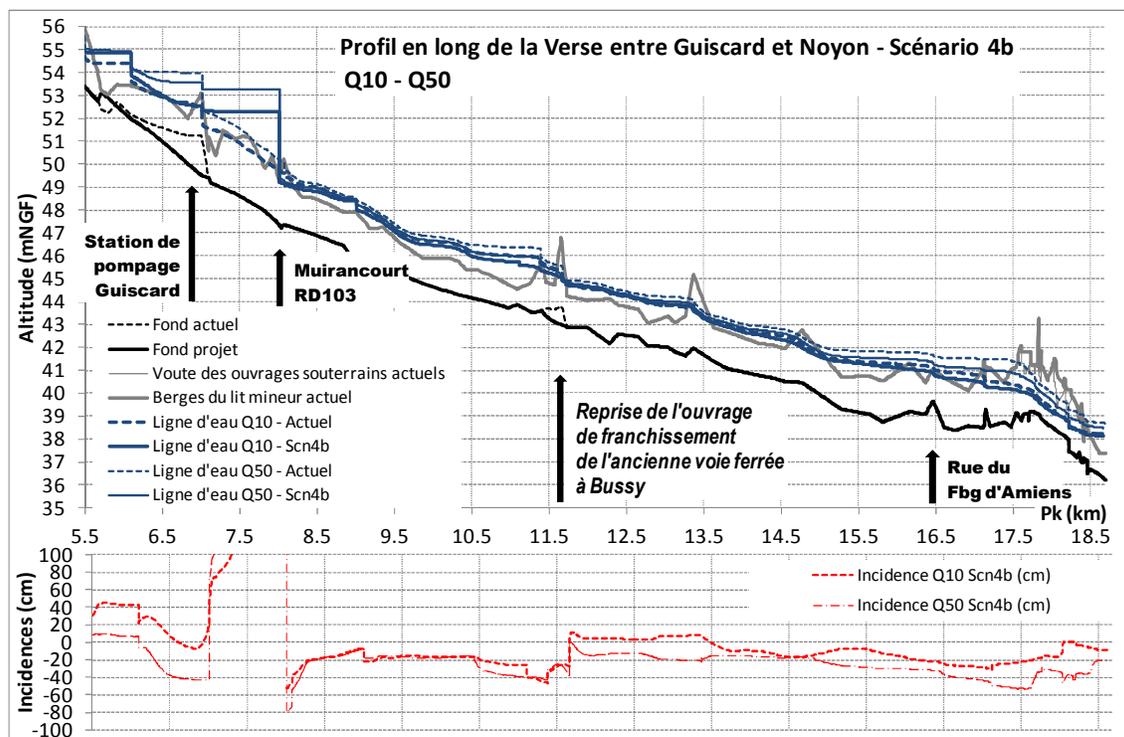


Figure 30 : scénario 4b, profils en long de la Verse entre Muirancourt et Noyon – Crues décennale et cinquantennale

7.9.3.3 Scénario 4b : lignes d'eau calculées sur la Verse de Beaugies

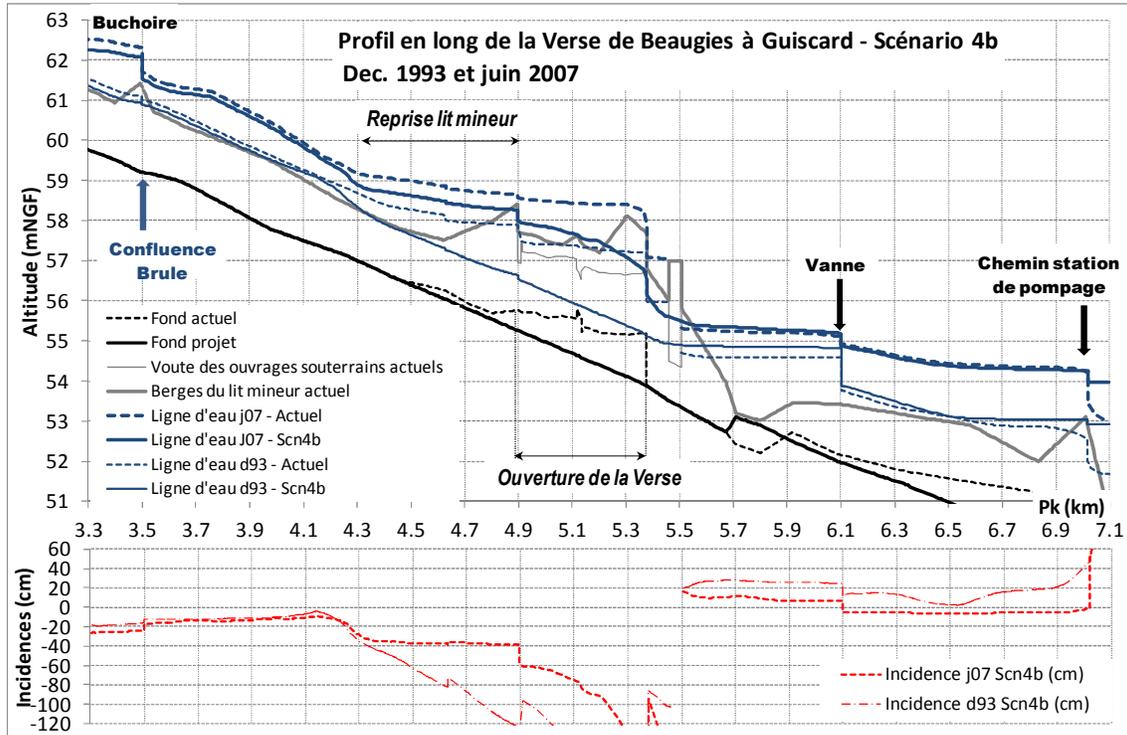


Figure 31 : scénario 4b, profils en long de la Verse de Beaugies – Crues de décembre 1993 et juin 2007

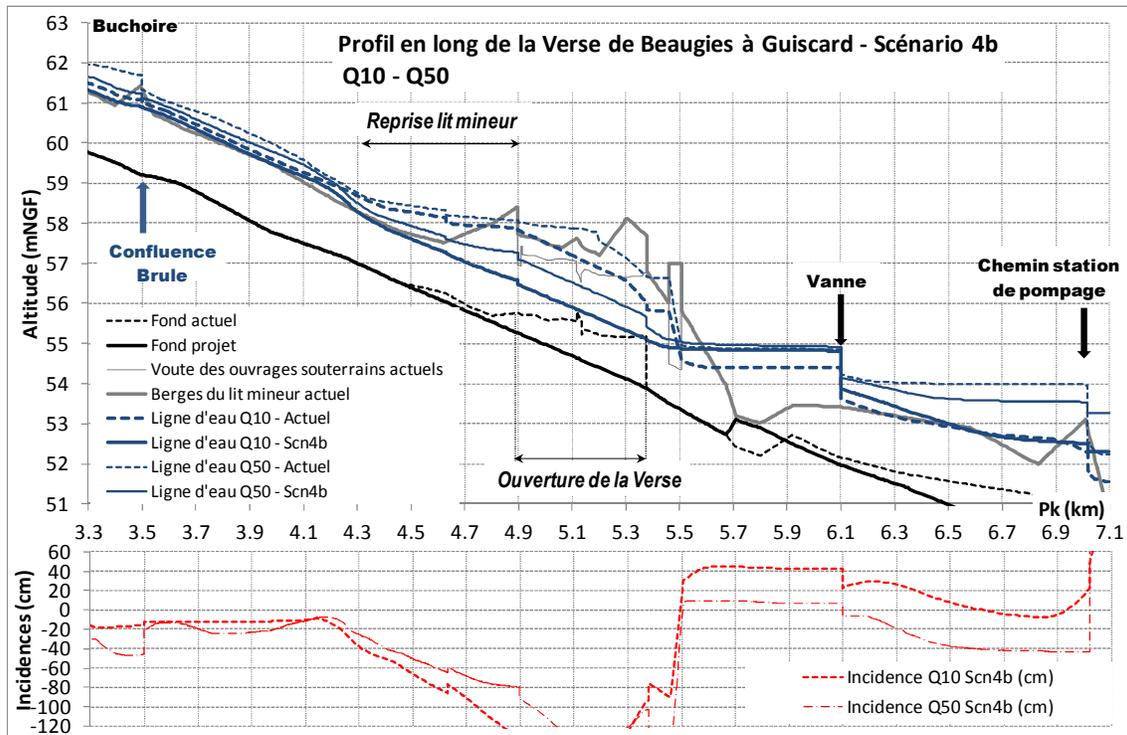


Figure 32 : scénario 4b, profils en long de la Verse de Beaugies – Crues décennale et cinquantennale

7.9.3.4 Scénario 3 : lignes d'eau calculées sur la Verse de Guivry

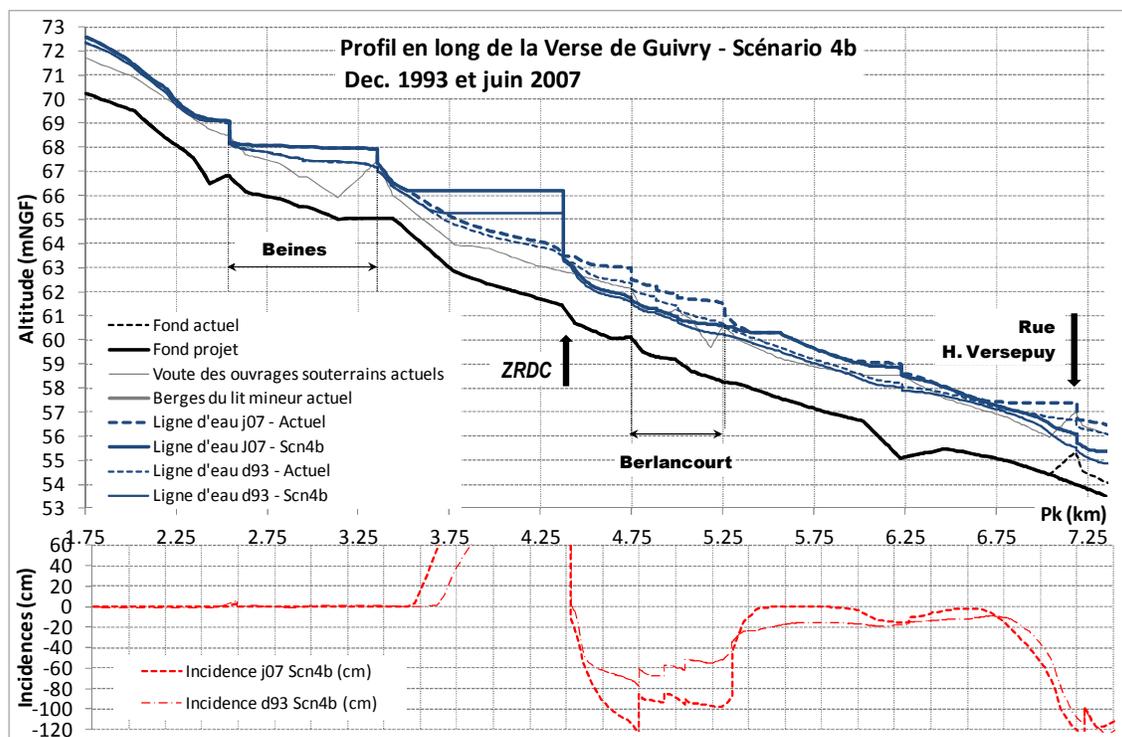


Figure 33 : scénario 4b, profils en long de la Verse de Guivry – Crues de décembre 1993 et juin 2007

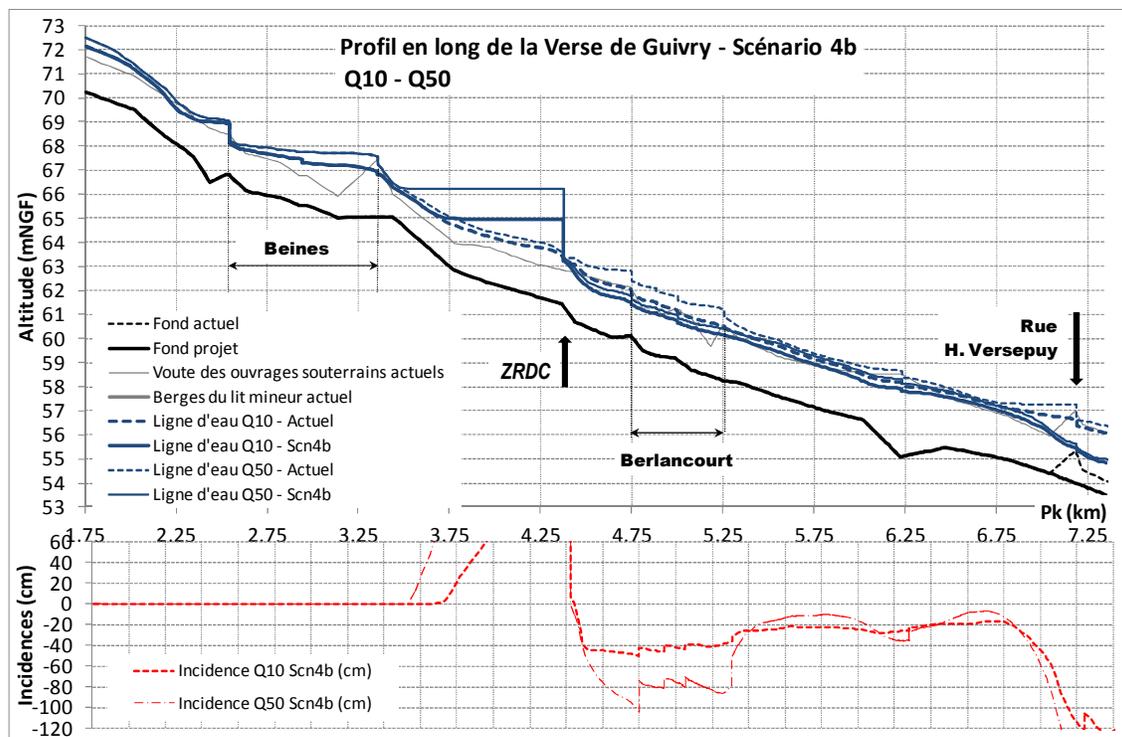


Figure 34 : scénario 4b, profils en long de la Verse de Guivry – Crues décennale et cinquantennale

7.9.3.5 Scénario 3 : lignes d'eau calculées sur le ru de la Fontaine Caboche

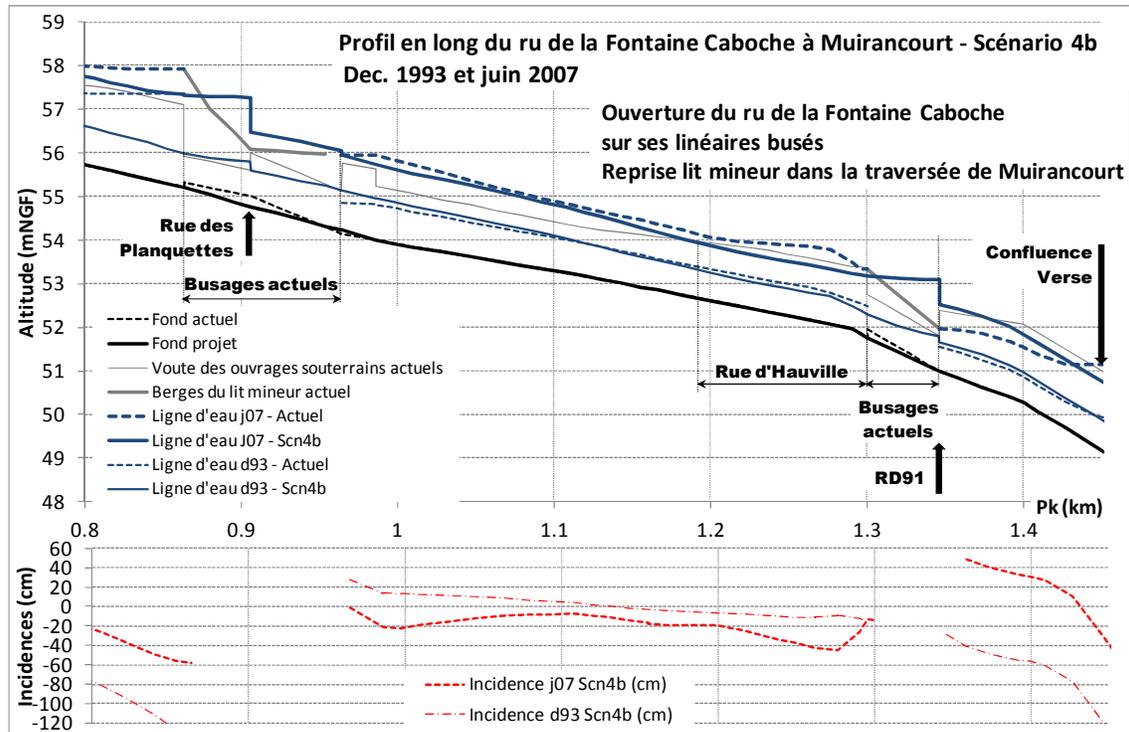


Figure 35 : scénario 4b, profils en long du ru de la Fontaine Caboche– Crues de décembre 1993 et juin 2007

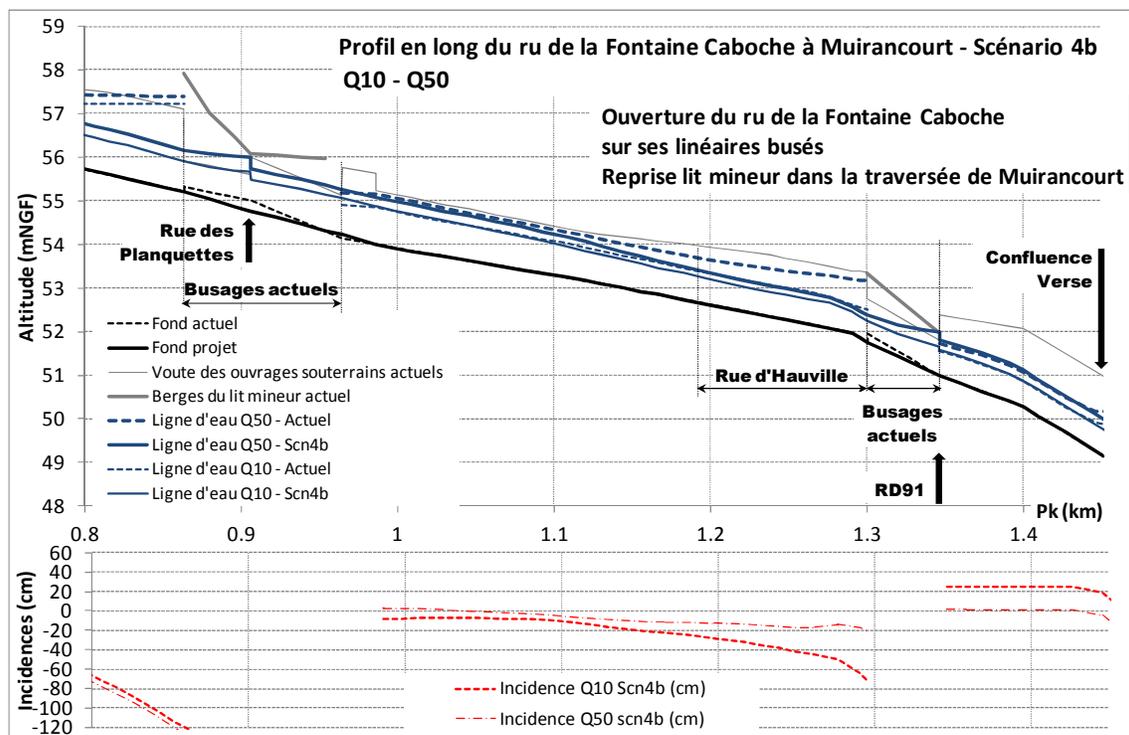


Figure 36 : scénario 4b, profils en long du ru de la Fontaine Caboche – Crues décennale et cinquantennale

7.9.3.6 Scénario 3 : lignes d'eau calculées sur le ru de Fréniches

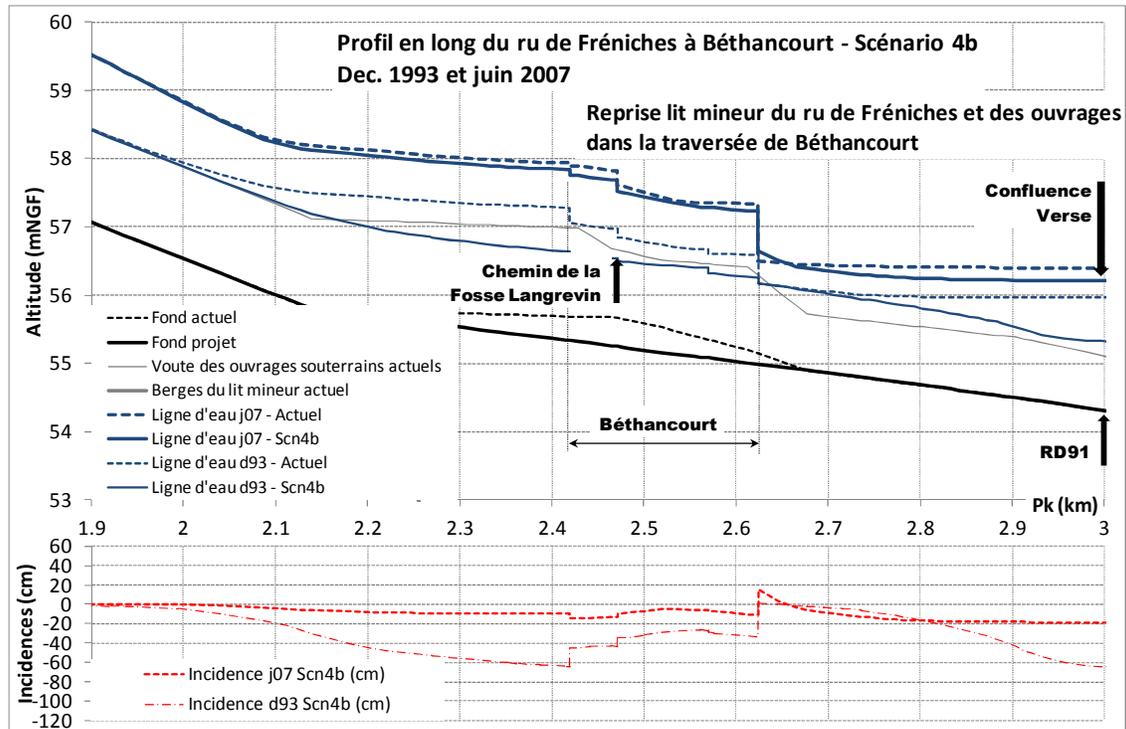


Figure 37 : scénario 4b, profils en long du ru de Fréniches- Crues de décembre 1993 et juin 2007

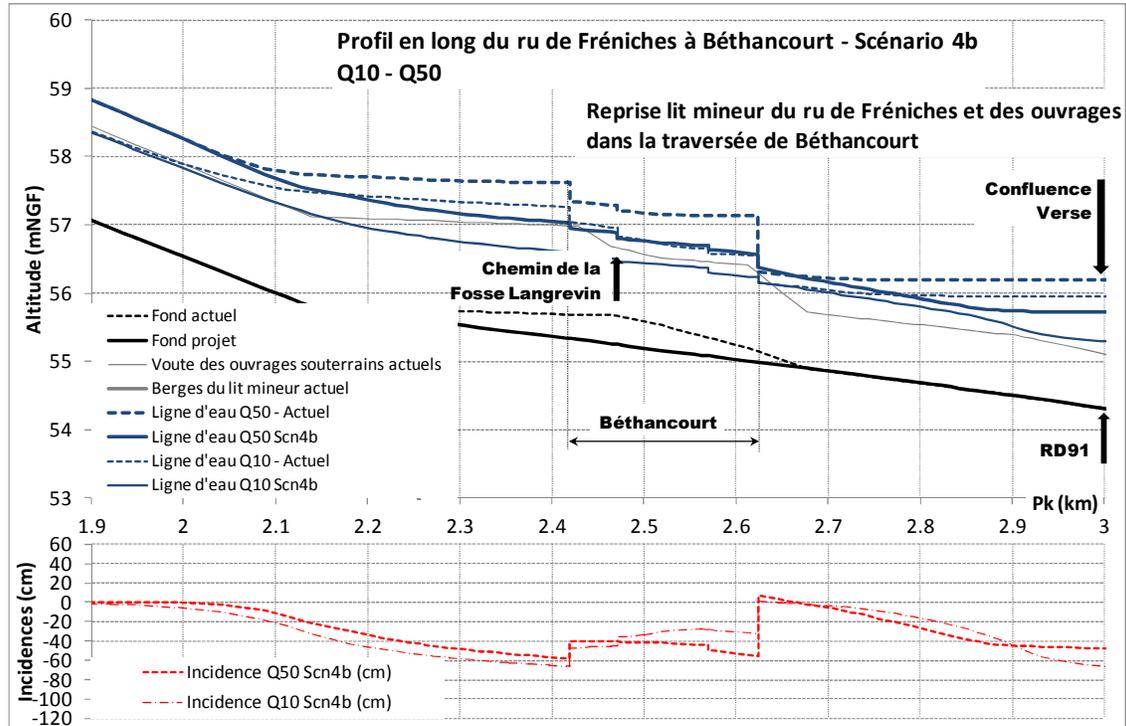


Figure 38 : scénario 4b, profils en long du ru de Fréniches – Crues décennale et cinquantennale

7.9.4 Automatisation de l'ouvrage de ralentissement dynamique de Muirancourt

L'ouvrage défini précédemment est constitué d'un pertuis fixe. Une estimation des gains que pourrait apporter une automatisation de l'ouvrage, avec une régulation à un débit de consigne de 4 m³/s, sur le volume à stocker et la hauteur de retenue est donnée dans les tableaux ci-après pour les différents scénarios hydrologiques.

Le débit de coupure est très bas par rapport aux débits de pointe des crues cibles ; la « perte » de volume induite par le pertuis fixe, liée à un début d'écrêtement anticipé par rapport aux besoins théoriques, est donc très faible.

La mise en œuvre d'un ouvrage automatisé n'apporterait qu'un très faible gain sur le coût du remblai de la retenue.

	Débit entrant (m ³ /s)	Pertuis fixe			Régulation 4 m ³ /s		
		Débit sortant (m ³ /s)	Hauteur de retenue (m)	Volume stocké (m ³)	Débit sortant (m ³ /s)	Hauteur de retenue (m)	Volume stocké (m ³)
décembre 1993	13.1	4.3	2.87	390 000	4.0	2.77	364 000
Q10	13.4	4.1	2.38	254 000	4.0	2.28	226 000
Q20	15.9	4.2	2.66	333 000	4.0	2.59	313 000
Q30	17.3	4.3	2.78	367 000	4.0	2.68	339 000
Q50	22.5	4.7	3.51	623 000	4.0	3.46	606 000

Tableau 13 : Incidence d'une automatisation du pertuis de l'ouvrage de ralentissement dynamique de Muirancourt sur les volumes à stocker et les hauteurs de stockage (Scénario 3)

	Débit entrant (m ³ /s)	Pertuis fixe			Régulation 4 m ³ /s		
		Débit sortant (m ³ /s)	Hauteur de retenue (m)	Volume stocké (m ³)	Débit sortant (m ³ /s)	Hauteur de retenue (m)	Volume stocké (m ³)
décembre 1993	11.9	4.3	2.87	370 000	4.0	2.70	341 000
Q10	11.3	4.0	2.24	222 000	4.0	2.11	189 000
Q20	13.4	4.1	2.49	286 000	4.0	2.41	266 000
Q30	14.6	4.2	2.63	322 000	4.0	2.53	296 000
Q50	19.2	4.5	3.21	508 000	4.0	3.19	504 000

Tableau 14 : Incidence d'une automatisation du pertuis de l'ouvrage de ralentissement dynamique de Muirancourt sur les volumes à stocker et les hauteurs de stockage (Scénario 4b)

Le débit d'écrêtement imposé par les objectifs recherchés est très faible, compris entre la crue annuelle et la crue biennale de la Verse.

La mise en place d'un ouvrage automatisé pourrait permettre de limiter les incidences de l'ouvrage sur l'hydromorphologie et le fonctionnement écologique de l'aval du cours d'eau et de ses annexes hydrauliques (notamment le marais), en assurant le libre écoulement des eaux jusqu'à un débit maximum admissible ; au-delà de ce débit, le pertuis se ferme pour atteindre la section nécessaire à l'écrêtement de la crue, dimensionnée dans le cadre de la présente étude.

Le débit maximum admissible peut être fixé au débit décennal, dans la mesure où pour les crues plus faibles les incidences des aménagements amont sont nulles et les enjeux des secteurs aval sont hors d'eau.