

INSTITUTION INTERDEPARTEMENTALE
NORD – PAS-DE-CALAIS
POUR L'AMENAGEMENT DE LA VALLEE
DE LA SENSEE

Etude de faisabilité de la baisse du
niveau d'eau du canal de la Scarpe
amont en vue de prévenir et de gérer
les inondations du Douaisis

**Rapport de phase 2 : Définition
d'outils d'anticipation et analyse des
impacts**

01633914 | octobre 2014 | v3





Immeuble Central Seine
42-52 quai de la Rapée
75582 Paris Cedex 12
Email : hydra@hydra.setec.fr
T : 01 82 51 64 02
F : 01 82 51 41 39

Directeur d'affaire : BST
Responsable d'affaire : LPU
N°affaire : 01633914
Fichier : 33914-scarpe-baisse-phase2-v2.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	18/06/2014	MCM	BST	70	
2	Juillet 2014	MCM	VVL	68	
3	Octobre 2014	MCM	VVL	70	Prises en compte remarques CUA et VNF

TABLE DES MATIÈRES

1	METHODOLOGIE POUR LA PHASE 2	9
1.1	Rappel des objectifs de cette phase	9
1.2	Méthodologie	9
2	MISE EN ŒUVRE DE LA METHODOLOGIE.....	16
2.1	Détermination des volumes de crue à écrêter	16
2.2	Modélisation de la Scarpe canalisée pour l'évènement de juillet 2005 avec stockage en amont de l'ouvrage de Biache	20
2.3	Zone d'écêtement supplémentaire.....	29
2.4	Tests avec essai d'anticipation de la crue.....	37
2.5	Tests avec essai de lissage du débit dans la Scarpe	39
2.6	Test avec abaissement au PBEN pendant la période estivale	45
3	CONCLUSION	48

ANNEXES

Annexe 1 Hydrogrammes de la crue de 2005

Annexe 2 Surface des différents biefs de la Scarpe canalisée

Annexe 3 Profils en long de la Scarpe canalisée pour différentes simulations

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1-1 : Hydrogrammes type de la crue de la Scarpe	10
Figure 1-2 : Volumes écoulés en cas de crue de la Scarpe	11
Figure 1-3 : Hydrogrammes type de la crue de la Scarpe avec anticipation par déstockage	11
Figure 1-4 : Volumes écoulés en cas de crue de la Scarpe	12
Figure 1-5 : Hydrogrammes type de la crue de la Scarpe avec anticipation par déstockage	13
Figure 1-6 : Volumes écoulés en cas de crue de la Scarpe	14
Figure 1-7 : Hydrogrammes type de la Scarpe anticipation par déstockage	15
Figure 2-1 : Hydrogramme et volume à écrêter	16
Figure 2-2 : Surface de la Scarpe canalisée en amont du pont du boulevard R.Schuman	17
Figure 2-3 : Volumes stockables sous la cote des PHEN et volumes écrêtés au-dessus d'un débit x (de 12 à 19 m ³ /s)	19
Figure 2-4 : Modèle modifié commençant au niveau de l'ouvrage de Biache	21
Figure 2-5 : Simulation de la crue de juillet 2005 avec le modèle modifié	21
Figure 2-6 : Simulation de la crue de juillet 2005 avec un écrêtement à 12 m ³ /s	22
Figure 2-7 : Simulation de la crue de juillet 2005 avec un écrêtement à 19 m ³ /s	22
Figure 2-8 : Volume stockable et à écrêter dans le bief 4 et gains en débit obtenus au niveau des biefs 9 et 11 pour différents écrêtements	23
Figure 2-9 : Hydrogrammes dans les différents biefs modélisés pour différents écrêtements	24
Figure 2-10 : Gains en débit obtenus au niveau des différents biefs pour différents écrêtements	25
Figure 2-11 : Gains en débit obtenus pour un déstockage/remplissage au PHEN du bief 4	26
Figure 2-12 : Profil en long de la Scarpe en aval de Biache pour différents écrêtements	27
Figure 2-13 : Profil en long du débit dans la Scarpe en aval de Biache pour un écrêtement à 15,3 m ³ /s	28
Figure 2-14 : Gains en cm sur le niveau d'eau et cote en amont des écluses	29
Figure 2-15 : Plan de situation des marais et autres zones d'expansion de crue « potentielles »	30
Figure 2-16 : Photographie d'une des vannes de la frayère de Fampoux	31
Figure 2-17 : Coupe-type d'une des vannes de la frayère de Fampoux	32
Figure 2-18 : Intégration de la Frayère de Fampoux dans la modélisation	33
Figure 2-19 : Hydrogrammes avec et sans ouverture des vannes de la frayère de Fampoux	34
Figure 2-20 : Représentation de la course du seuil des 2 vannes de la frayère de Fampoux	35
Figure 2-21 : Course du seuil de la vanne amont, cote d'eau dans la Scarpe et niveau dans la frayère	35
Figure 2-22 : Course du seuil de la vanne aval, cote d'eau dans la Scarpe et niveau dans la frayère	36
Figure 2-23 : Hydrogrammes pour les tests d'abaissement préventif des niveaux de la Scarpe	38

Figure 2-24 : Hydrogrammes avec et sans limitation du débit en aval d'Athies et avec et sans ouverture des vannes de la frayère de Fampoux	41
Figure 2-25 : Profil en long de la Scarpe pour différentes simulations	43
Figure 2-26 : Profil en long de la Scarpe avec différences de cote entre les simulations	44
Figure 2-27 : Profil en long de la Scarpe pour différentes simulations (avec débit limité à 16,4 m ³ /s et avec niveaux de consignes au PBEN)	46
Tableau 2-1 : Volumes de stockage nécessaires en fonction du débit d'écrêtement souhaité	16
Tableau 2-2 : Caractéristiques des biefs (cotes et surface)	17
Tableau 2-3 : Cotes amont pour faire passer un débit x en aval	18
Tableau 2-4 : Volumes stockables sous la cote PHEN dans chaque bief en laissant passer un débit x	18
Tableau 2-5 : Cotes obtenues en amont des écluses en aval de Biache pour les différents écrêtements testés	28
Tableau 2-6 : Calcul de la cote basse des clapets en aval d'Athies pour avoir 16,4 m ³ /s au niveau NNN	39
Tableau 2-7 : Cotes et différences de cotes pour différentes simulations en amont des écluses	45
Tableau 2-8 : Volume stocké dans les biefs en aval d'Athies avec la situation avec débit limité en aval d'Athies	45
Tableau 2-9 : Cotes et différences de cotes en amont des écluses pour la simulation avec niveau PBEN initial	47

1 METHODOLOGIE POUR LA PHASE 2

1.1 RAPPEL DES OBJECTIFS DE CETTE PHASE

L'objet de cette phase est de déterminer :

- Les niveaux de retenue des différents biefs du canal de la Scarpe amont à maintenir préventivement pour contenir les débordements en cas de survenue de la crue cible,
- La faisabilité de cette baisse au regard des capacités d'écoulement des ouvrages du canal et des temps disponibles pour anticiper la crise,
- La faisabilité de cette baisse au regard des impacts qu'elle pourrait avoir.

La crue cible retenue est la crue de juillet 2005. Pour aborder cette deuxième phase, nous ne connaissons pas le débit maximal acceptable au niveau de Douai. Plusieurs hypothèses seront faites.

1.2 METHODOLOGIE

Le problème de la limitation du débit de pointe d'une crue à une valeur Q_{objectif} aval pour protéger des zones avec des enjeux exposés au risque d'inondation, par écrêtement du débit amont, est un problème classique en aménagement hydraulique.

Il a pour solution le stockage provisoire du débit supérieur à Q_{objectif} aval soit par la mise en place d'un barrage avec ouvrage de fuite à débit contrôlé entraînant une rétention d'eau en amont du barrage, soit par la dérivation de la différence de débit vers une zone de stockage située en dehors de la zone d'écoulement.

Les graphiques ci-après synthétisent les grandeurs hydrauliques du problème dans le contexte propre à la Scarpe canalisée.

Le premier graphique présente les hydrogrammes utiles à l'analyse :

- L'hydrogramme en tête de la Scarpe canalisée dont l'étude de phase 1 a montré qu'il était bien représentatif de la dynamique de montée de la crue,
- L'hydrogramme en sortie d'un bief intermédiaire dans le cas où aucune action d'écrêtement n'est menée, dont l'étude de phase 1 a montré qu'il était plus épais que pointu,
- L'hydrogramme en sortie d'un bief dans le cas où la limitation du débit est effective,
- La différence entre les deux derniers hydrogrammes qui correspond au débit qu'il faut retenir puis restituer en aval.

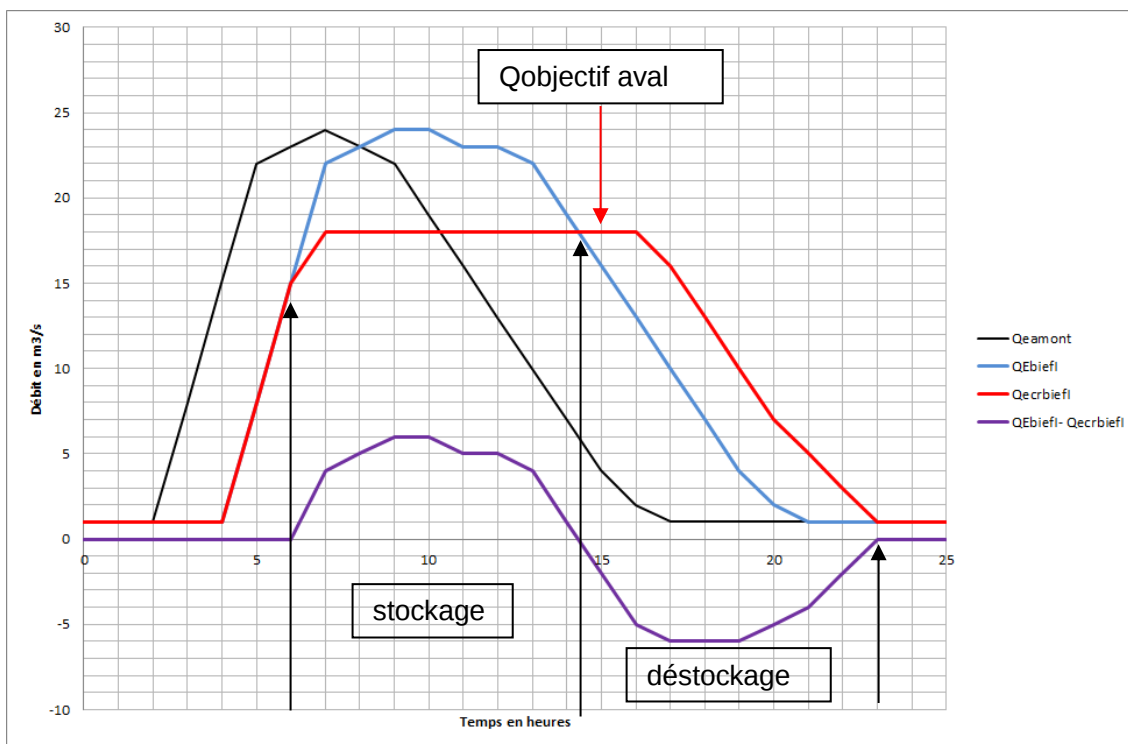


Figure 1-1 : Hydrogrammes type de la crue de la Scarpe

A l'aval, avec l'écrêtement, la crue est moins forte, mais elle est un peu plus longue.

Remarque : L'hydrogramme dans le cas où aucune action d'écrêtement n'est menée correspond à la gestion actuelle caractérisée par une régulation en niveau qui vise à ce que le débit sortant $q_s(i,t)$ d'un bief soit égal au débit entrant dans ce bief $q_e(i,t)$.

Elle est basée sur le fait que lorsque l'égalité n'est pas obtenue, soit le niveau dans le bief descend - cas où q_s est supérieur à q_e , soit le niveau monte - cas où q_s est inférieur à q_e . La régulation consiste alors dans le premier cas, à relever les ouvrages pour remonter la ligne d'eau (on réduit q_s pour qu'il tende vers q_e) et dans le second cas à les descendre pour descendre la ligne d'eau (on augmente q_s pour qu'il tende vers q_e).

Le second graphique établi par intégration des hydrogrammes précédents en fonction du temps présente les volumes écoulés depuis le début de la crue :

- Le volume en tête de la Scarpe canalisée est plus faible que celui en sortie du bief intermédiaire, et il coule avant.
- Le volume en cas d'écrêtement est plus faible pendant le passage de la pointe de crue, mais, in fine il est égal au volume sortant du bief sans écrêtement.
- Le volume correspondant à la différence entre les deux hydrogrammes montre le volume de stockage nécessaire pour réaliser l'écrêtement souhaité.

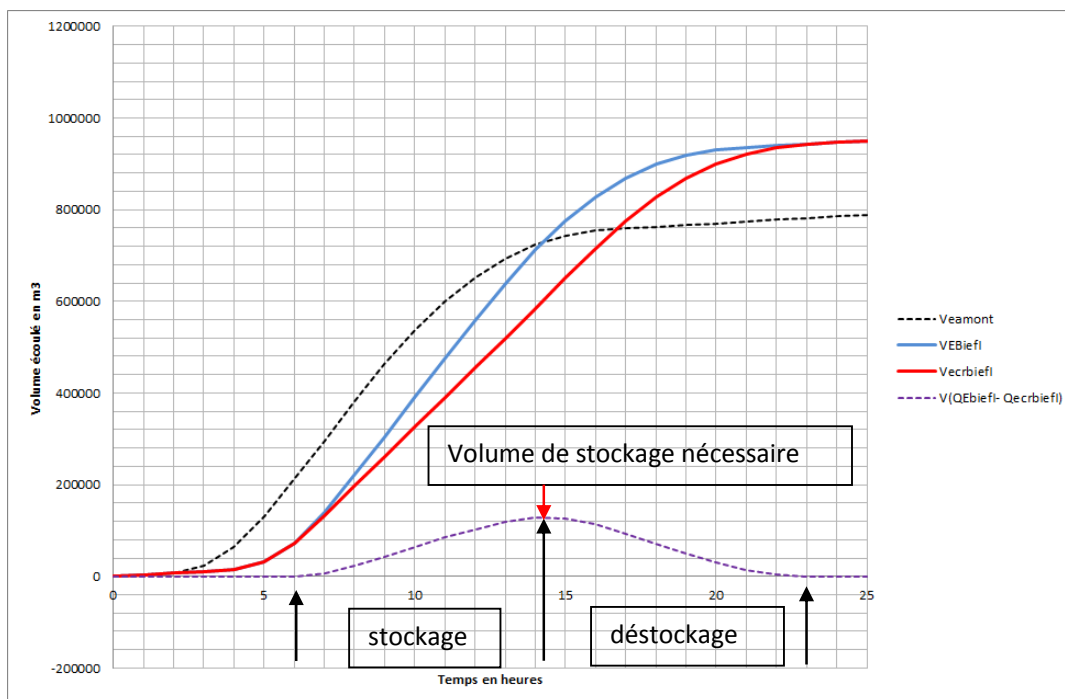


Figure 1-2 : Volumes écoulés en cas de crue de la Scarpe

Dans le cas du canal de la Scarpe, du fait de l'existence des biefs remplis d'eau pour la navigation qui nécessite de tenir la Retenue Normale, un perfectionnement de la méthode est théoriquement possible si l'on est capable de prévoir l'arrivée de la crue.

Il consiste à devancer la période de stockage par une période de sur-écoulement du canal vers l'aval afin de créer un creux avant l'arrivée de la crue comme illustré ci-après :

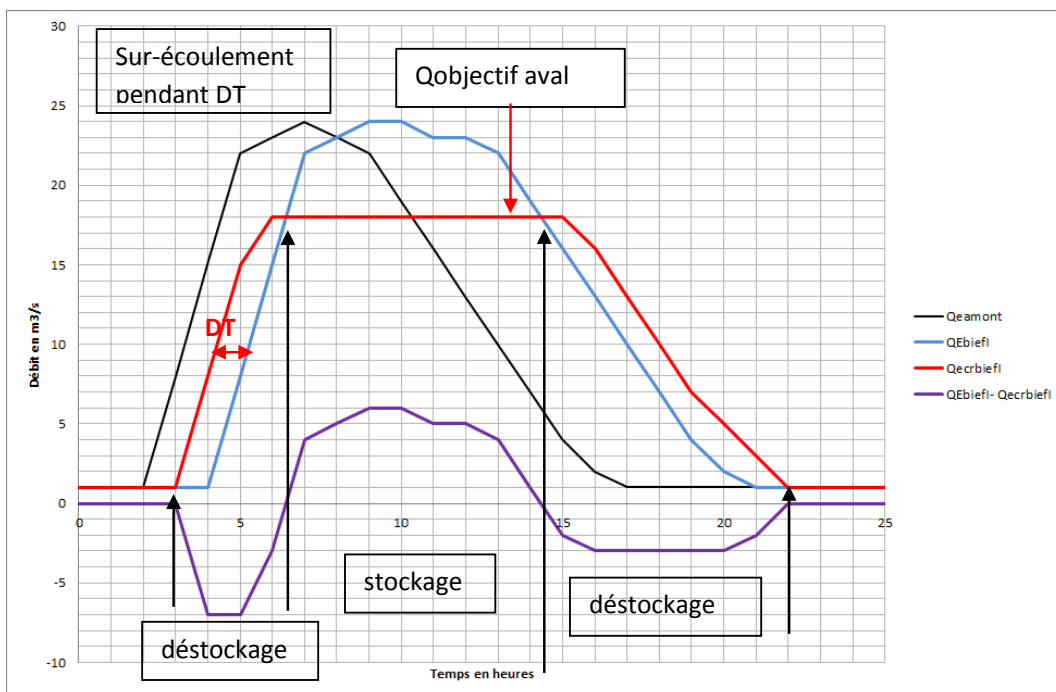


Figure 1-3 : Hydrogrammes type de la crue de la Scarpe avec anticipation par déstockage

Selon ce graphique, une heure après le début de la crue à l'amont et une heure avant l'arrivée de la crue dans le bief intermédiaire, l'ouvrage de régulation est mis en condition pour assurer l'évacuation du débit dans le bief aval en suivant la même courbe de débit que celle s'étant produite une heure avant en amont. Cette disposition permet de gagner un temps de vidange DT.

Le gradient de montée de la crue est respecté de manière à éviter d'envoyer une crue plus violente à l'aval, sachant que cette disposition envoie déjà une crue plus tôt que dans la situation actuelle à l'aval.

Le cas d'une montée plus rapide est traité à titre d'exemple en fin de paragraphe.

La courbe traduisant la différence de débit commence alors par être négative, elle s'annule lorsque le débit atteint $Q_{\text{objectif aval}}$ et croît ensuite selon le même processus que précédemment. Elle s'annule et devient négative pendant la phase de vidange.

Remarque : il convient de garder à l'esprit que dans le cas précédent DT est égal à 0.

Le graphique des volumes écoulés en fonction du temps depuis le début de la crue montre les mécanismes de stockage et de déstockage à l'œuvre dans ce cas :

La phase de déstockage produit un volume dont le maximum est donné par la courbe du volume correspondant à la différence de débit lorsqu'elle est tangente à l'horizontale. Elle est suivie par une période de stockage qui se subdivise en deux temps :

- Le remplissage de la tranche qui vient juste d'être vidée qui s'arrête lorsque la courbe passe par zéro,
- Le remplissage de la tranche située au-dessus de la Retenue Normale.

Le maximum de la courbe correspond au volume de stockage nécessaire en plus du déstockage, pour réaliser l'écrêtement souhaité.

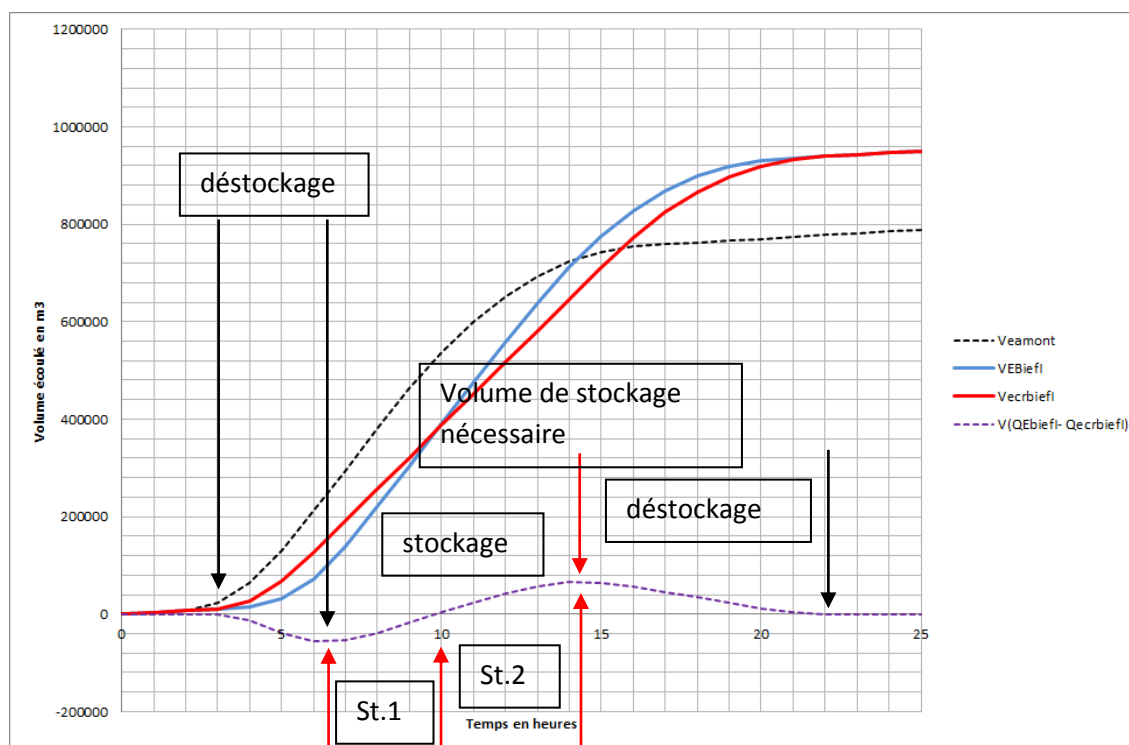


Figure 1-4 : Volumes écoulés en cas de crue de la Scarpe

Le cas extrême où le déstockage est réalisé en phase avec l'arrivée de la crue en amont est également présenté ci-après.

Cette disposition ne change pas les mécanismes d'écrêtement. Elle accroît seulement le volume déstocké.

On comprend par contre que l'application de ce cas pose le problème de la prévision de crue, dans la mesure où on met en œuvre la prévidange dès le début de tout événement, à un moment où l'on ne connaît pas, par une mesure de débit, l'importance de la crue à venir.

Elle souligne également le rôle de DT^* dans la caractérisation du problème schématisée dans le tableau ci-après :

Cas où $DT/DT^* = 0$	Cas 1 : écrêtement classique
Cas intermédiaire	Amélioration du cas 1 à l'aide de métrologie du débit en amont
Cas où $DT/DT^* = 1$	Cas 3 : prévidange sur prévision de crue à base de pluviométrie uniquement

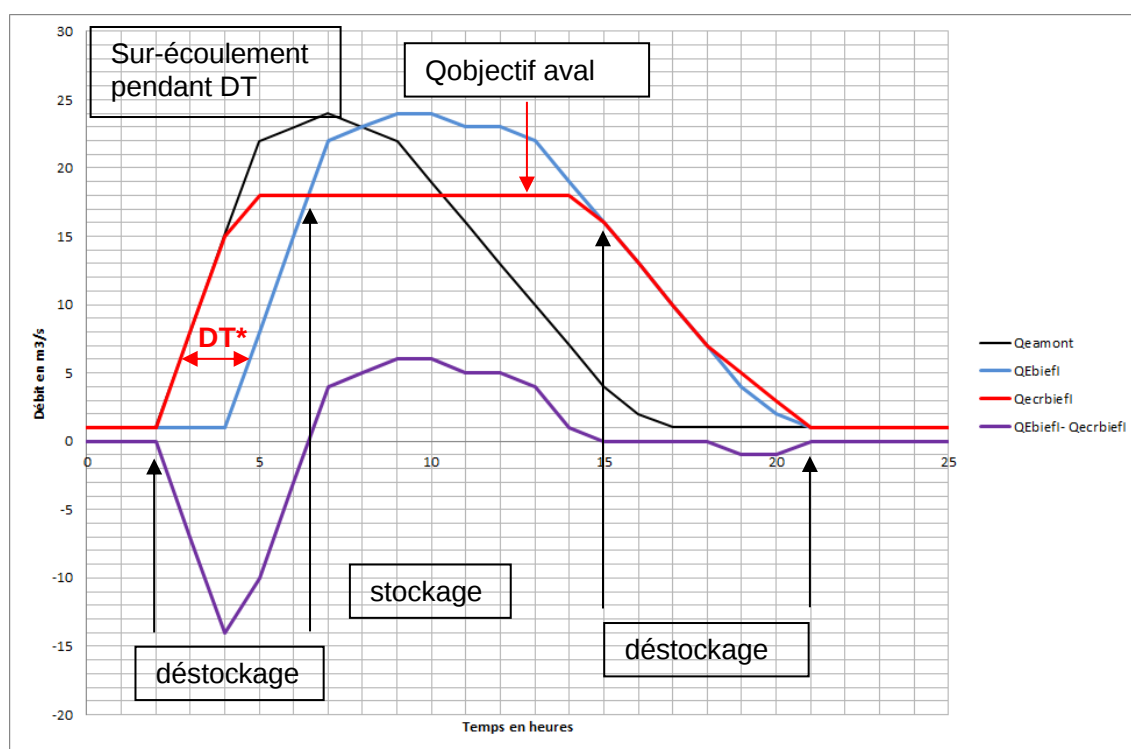


Figure 1-5 : Hydrogrammes type de la crue de la Scarpe avec anticipation par déstockage

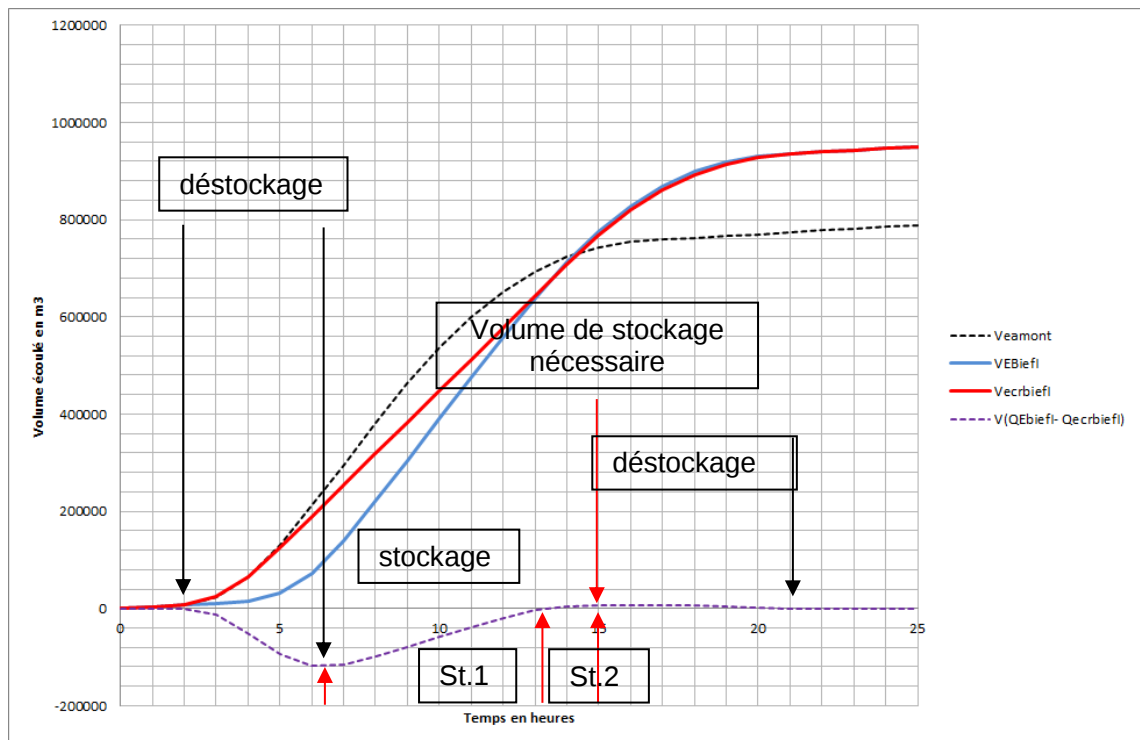


Figure 1-6 : Volumes écoulés en cas de crue de la Scarpe

Le cas où on accélère la vidange pour gagner du volume est traité ci-après :

Il présente deux inconvénients :

- Sa violence pour l'aval car le gradient d'arrivée de la crue sur zone est anticipée et accélérée – ceci n'est pas compatible avec la Loi sur l'eau, ni avec le SDAGE.
- Le fait qu'on peut envoyer un débit en aval plus fort que celui qui arrivera de l'amont car la courbe rouge dépasse la noire ce qui signifie que si la crue est plus faible, on a créé une crue plus forte.

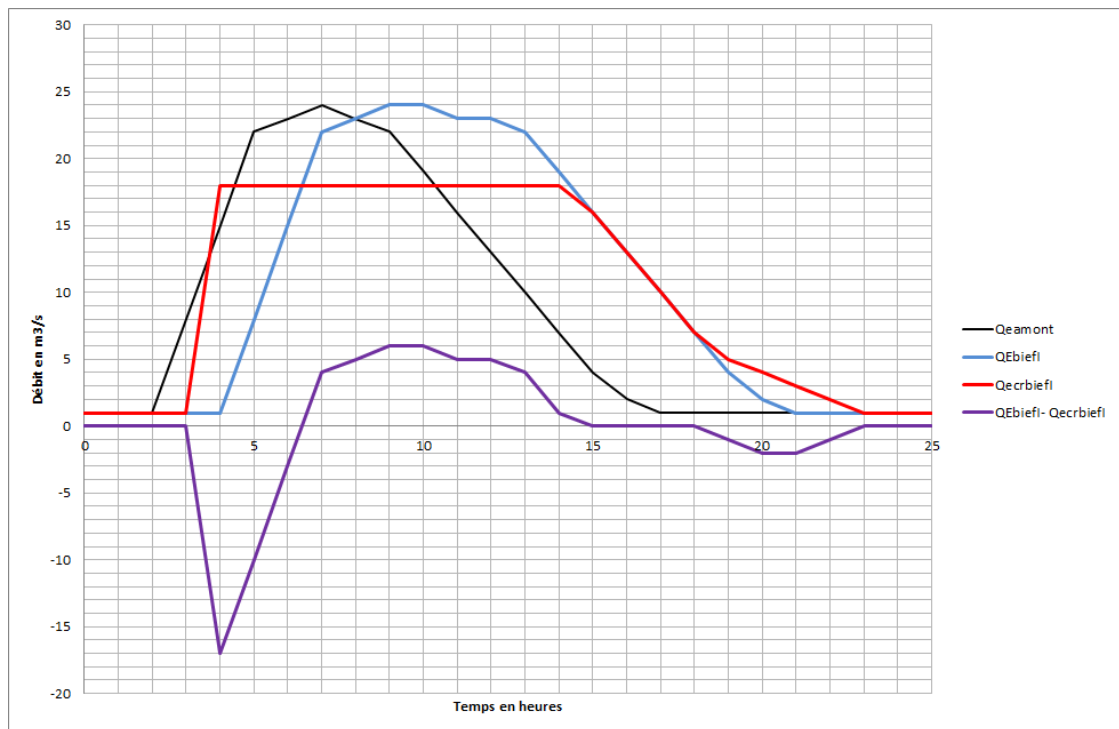


Figure 1-7 : Hydrogrammes type de la Scarpe anticipation par déstockage

Cette solution induit un risque de crue plus forte, donc peu soutenable.

Dans le cas de la Scarpe canalisée, il n'y a cependant pas un apport unique en tête mais les apports se font tout du long. Il faut donc vérifier si cette méthode peut être appliquée à la Scarpe.

Ce point théorique étant exposé, il convient d'avoir présent à l'esprit deux points particuliers propres à la Scarpe canalisée :

- L'existence d'apports hydrologiques aval qui sont susceptibles de remplir le creux mis en place dans le bief intermédiaire,
- Les relativement petites dimensions du bassin versant et du canal qui produisent un DT faible entre Saint-Laurent et Douai.

La méthode théorique est appliquée aux particularités de la Scarpe dans les paragraphes suivants.

2 MISE EN ŒUVRE DE LA METHODOLOGIE

2.1 DETERMINATION DES VOLUMES DE CRUE A ECRETER

Les hydrogrammes de sortie de chacun des biefs pour la crue de juillet 2005 sont donnés en annexe. Le calcul des volumes de stockage correspondant à l'écrêtement simple est présenté dans le tableau ci-après en fonction de Qobjectif aval (variant de 12 à 19 m³/s) au niveau de chacun des biefs :

Bief	Volume à écreter au-dessus de 12 m ³ /s (m ³)	Volume à écreter au-dessus de 13 m ³ /s (m ³)	Volume à écreter au-dessus de 14 m ³ /s (m ³)	Volume à écreter au-dessus de 15 m ³ /s (m ³)	Volume à écreter au-dessus de 16 m ³ /s (m ³)	Volume à écreter au-dessus de 17 m ³ /s (m ³)	Volume à écreter au-dessus de 18 m ³ /s (m ³)	Volume à écreter au-dessus de 19 m ³ /s (m ³)
1	109 450	92 030	75 895	61 023	47 453	35 135	24 233	15 138
2	144 383	117 610	95 500	77 580	60 901	45 893	32 565	20 740
3	189 306	156 200	124 584	94 533	64 939	48 213	32 777	19 405
4	200 830	166 385	133 378	101 921	72 480	45 910	29 495	16 018
5	214 910	179 684	145 806	113 630	83 214	54 492	35 483	19 462
6	241 317	204 886	170 086	136 991	105 450	70 260	49 940	30 728
7	242 149	205 502	170 714	137 635	106 120	70 988	50 692	31 520
8	273 847	235 871	198 877	163 123	128 941	90 941	69 480	48 760
9	274 332	235 729	197 929	161 259	126 143	86 420	64 650	43 688

Tableau 2-1 : Volumes de stockage nécessaires en fonction du débit d'écrêtement souhaité

Le volume écrêté au-dessus du débit x « volume (Q_{ecr-x}) » est la partie hachurée sur le schéma suivant.

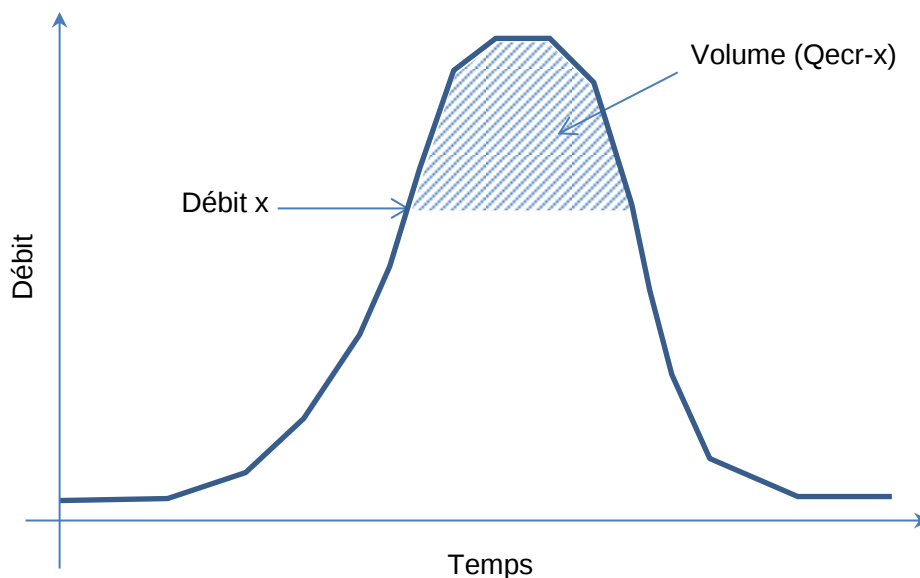


Figure 2-1 : Hydrogramme et volume à écreter

La surface de chaque bief a été calculée plus finement grâce au site du Géoportail comme indiqué sur la figure suivante.



Figure 2-2 : Surface de la Scarpe canalisée en amont du pont du boulevard R.Schuman

Le tableau suivant présente les surfaces obtenues (dernière colonne), qui sont un peu plus précises que les surfaces indiquées dans les dossiers d'ouvrage (avant-dernière colonne). Le bief calculé est celui situé en amont de l'écluse indiquée dans le tableau.

Ecluse	Bief	Cote PBEN (m NGF)	Cote NNN (m NGF)	Cote PHEN (m NGF)	Surface retenue amont (m ²)	Surface calculé géoportail (m ²)
St-Laurent	1	53.01	53.21	54.01	38 500	50 920
Athies	2	50.65	50.85	51.25	59 180	63 343
Fampoux	3	48.79	48.99	49.39	49 720	55 327
Biache	4	46	46.2 (46.28)	46.4	151 800	175 788
Vitry	5	43.49	43.69	43.99	83 600	84 295
Brebières HT	6	40.81	41.01	41.51	46 200	47 858
Brebières BT	7	36.37	36.57 (36.67)	36.92	12 100	11 902
Corbehem	8	32.73	32.93	33.43	38 500	39 034
Couteaux	9	29.79	29.99 (29.94)	30.29	197 049	210 377

Tableau 2-2 : Caractéristiques des biefs (cotes et surface)

Le bief de la Scarpe canalisée ayant la plus grande surface est le bief 4 entre les écluses de Fampoux et Biache.

Un autre calcul est réalisé au niveau de chaque bief pour connaître le volume stockable dans le bief tout en laissant passer un débit x . Pour laisser passer ce débit x maximal, on détermine au niveau de chaque clapet quelle est la hauteur amont nécessaire Z_x (recherche effectuée par excel à partir de la valeur cible de débit). Ainsi on peut calculer la tranche d'eau comprise entre la cote PHEN et la cote Z_x qui représente un volume stockable. Le tableau suivant présente les cotes amont dans chaque bief calculées pour pouvoir faire passer un débit x dans le clapet.

Ecluse	Cote pour avoir 12 m ³ /s (m NGF)	Cote pour avoir 13 m ³ /s (m NGF)	Cote pour avoir 14 m ³ /s (m NGF)	Cote pour avoir 15 m ³ /s (m NGF)	Cote pour avoir 16 m ³ /s (m NGF)	Cote pour avoir 17 m ³ /s (m NGF)	Cote pour avoir 18 m ³ /s (m NGF)	Cote pour avoir 19 m ³ /s (m NGF)
St-Laurent	52.57	52.63	52.68	52.74	52.79	52.84	52.89	52.94
Athies	50.56	50.63	50.70	50.76	50.82	50.89	50.95	51.01
Fampoux	48.65	48.71	48.77	48.82	48.88	48.93	48.99	49.04
Biache	45.65	45.72	45.78	45.85	45.91	45.97	46.03	46.09
Vitry	43.28	43.34	43.40	43.46	43.52	43.58	43.63	43.68
Brebières HT	40.36	40.42	40.48	40.54	40.59	40.65	40.70	40.76
Brebières BT	35.50	35.57	35.63	35.69	35.75	35.81	35.87	35.93
Corbehem	31.89	31.96	32.02	32.08	32.14	32.20	32.26	32.32
Couteaux	29.60	29.67	29.73	29.79	29.85	29.91	29.96	30.02

Tableau 2-3 : Cotes amont pour faire passer un débit x en aval

Le tableau suivant présente les volumes stockables obtenus en laissant passer un débit x au niveau du clapet (variant de 12 à 19 m³/s). Le bief 1 représente le bief en amont de l'écluse de St-Laurent, le bief 2 représente le bief entre St-Laurent et Athies, etc.

Ecluse	Bief	Volume stockable pour 12 m ³ /s (m ³)	Volume stockable pour 13 m ³ /s (m ³)	Volume stockable pour 14 m ³ /s (m ³)	Volume stockable pour 15 m ³ /s (m ³)	Volume stockable pour 16 m ³ /s (m ³)	Volume stockable pour 17 m ³ /s (m ³)	Volume stockable pour 18 m ³ /s (m ³)	Volume stockable pour 19 m ³ /s (m ³)
St-Laurent	1	73 403	70 504	67 680	64 921	62 122	59 581	56 991	54 447
Athies	2	43 653	39 345	35 146	31 046	27 036	23 109	19 258	15 478
Fampoux	3	41 144	37 820	34 579	31 415	28 217	25 290	22 318	19 401
Biache	4	131 667	119 903	108 436	97 240	86 136	75 566	65 050	54 728
Vitry	5	59 694	54 511	49 459	44 526	39 619	34 977	30 344	25 796
Brebières HT	6	55 089	52 180	49 345	46 577	43 869	41 218	38 617	36 065
Brebières BT	7	16 869	16 091	15 333	14 593	13 868	13 159	12 464	11 781
Corbehem	8	60 099	57 530	55 027	52 583	50 192	47 852	45 556	43 303
Couteaux	9	144 827	131 433	118 378	105 631	93 164	80 955	68 982	57 229

Tableau 2-4 : Volumes stockables sous la cote PHEN dans chaque bief en laissant passer un débit x

Ainsi, une comparaison peut être faite au niveau de chaque bief entre les volumes potentiellement stockables et les volumes à stocker pour écrêter l'hydrogramme, elle est présentée sur la figure page suivante.

On constate que ce sont les biefs de Fampoux-Biache (bief 4) et en amont de Couteau - bief des 4 canaux (bief 9) qui possèdent les volumes stockables les plus importants, car ce sont également les biefs les plus grands.

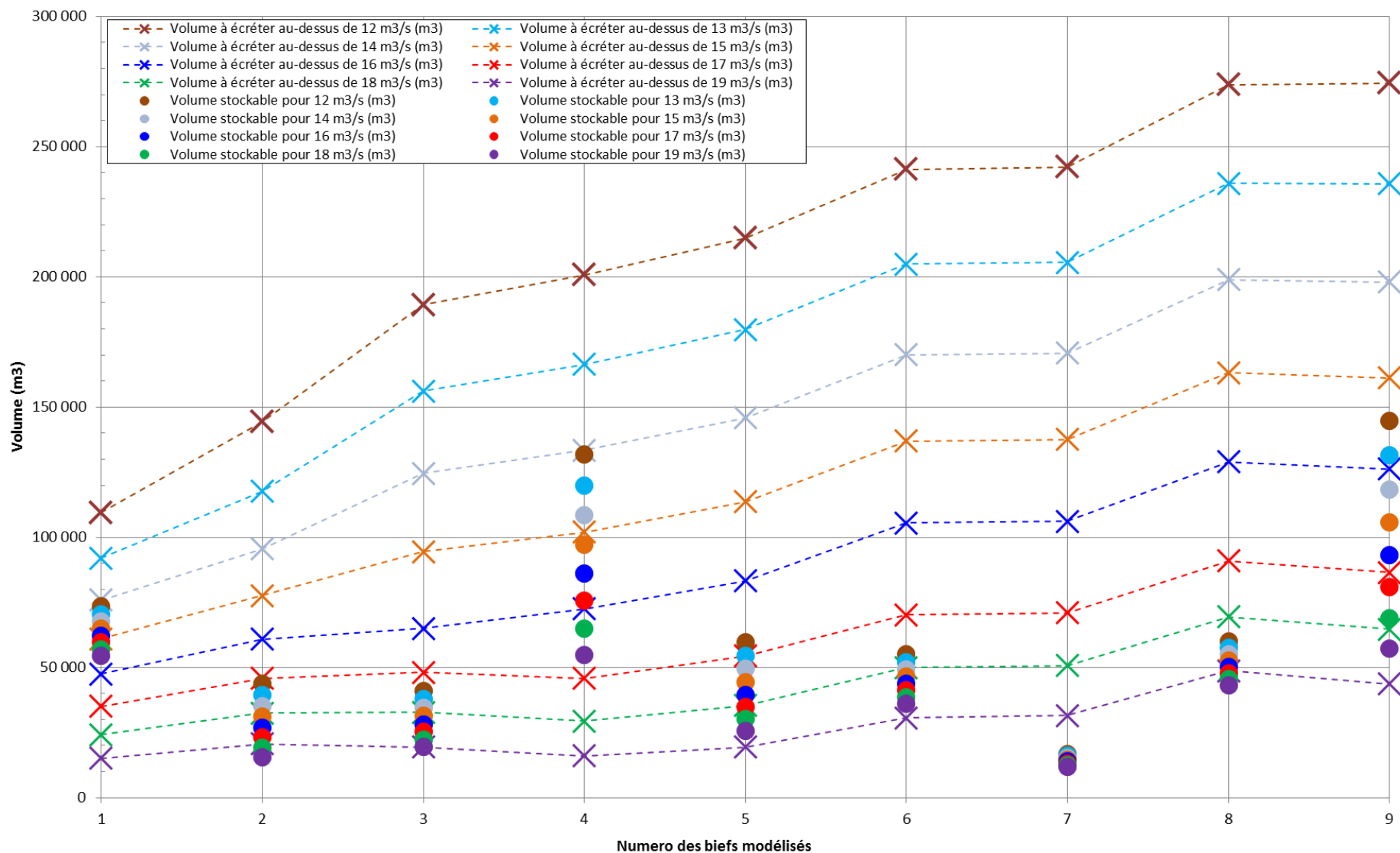


Figure 2-3 : Volumes stockables sous la cote des PHEN et volumes écrêtés au-dessus d'un débit x (de 12 à 19 m³/s)

Au niveau du bief 4, si on écrête à 15,3 m³/s, le volume stockable et le volume à écrêter sont en adéquation de l'ordre de 95 000 m³ (superposition du point et de la croix vers le orange). Le stockage se produit alors entre la cote 45,87 m (PBEN – 23 cm) et la cote PHEN. Si on voulait écrêter de manière plus importante à :

- 14 m³/s, il faudrait trouver un volume supplémentaire de stockage de l'ordre de 25 000 m³,
- 13 m³/s, il faudrait trouver un volume supplémentaire de stockage de l'ordre de 46 500 m³,
- 12 m³/s, il faudrait trouver un volume supplémentaire de stockage de l'ordre de 69 000 m³.

Si on regarde le bief 5, c'est pour le débit d'écrêtement à 18,5 m³/s qu'il est en adéquation entre volume à écrêter et volume stockable qui sont de l'ordre de 27 500 m³ (superposition du point et de la croix entre le vert et le violet) soit 3 fois moins que le bief 4. Si on voulait écrêter de manière plus importante à :

- 17 m³/s, il faudrait trouver un volume supplémentaire de stockage de l'ordre de 19 500 m³,
- 16 m³/s, il faudrait trouver un volume supplémentaire de stockage de l'ordre de 43 500 m³,
- 15 m³/s, il faudrait trouver un volume supplémentaire de stockage de l'ordre de 69 000 m³,
- 14 m³/s, il faudrait trouver un volume supplémentaire de stockage de l'ordre de 96 000 m³,
- 13 m³/s, il faudrait trouver un volume supplémentaire de stockage de l'ordre de 125 000 m³,
- 12 m³/s, il faudrait trouver un volume supplémentaire de stockage de l'ordre de 155 000 m³.

En comparaison avec le bief 4, les volumes supplémentaires à stocker sont donc beaucoup plus importants.

C'est donc au niveau du bief 4 que le stockage éventuel est le plus avantageux.

On étudie l'effet d'un stockage en amont de Biache, auquel cas on injecte l'hydrogramme écrêté au niveau de l'ouvrage de Biache en tronquant l'amont du modèle et on vérifie comment l'hydrogramme évolue jusqu'à Douai.

2.2 MODELISATION DE LA SCARPE CANALISEE POUR L'EVENEMENT DE JUILLET 2005 AVEC STOCKAGE EN AMONT DE L'OUVRAGE DE BIACHE

On a vu précédemment qu'il était possible de stocker du volume de crue dans le bief Fampoux-Biache. Dans ce chapitre, on va donc considérer qu'on a un hydrogramme écrêté au niveau de l'ouvrage de Biache.

Des modifications doivent être apportées au modèle afin de représenter la crue de juillet 2005 qui se produirait actuellement, c'est-à-dire avec un fonctionnement « normal » du système des canaux.

Le modèle est modifié de la façon suivante :

- Suppression de la partie en amont de l'ouvrage de Biache afin de pouvoir injecter directement l'hydrogramme de crue écrêté au débit souhaité,
- Suppression des fausses bassinées au niveau de l'ouvrage de Courchelettes (il n'y a donc plus de débit qui passe à ce niveau),

- Remise en place d'un fonctionnement normal à l'ouvrage de Couteau (avec maintien du niveau NNN à la cote 29,94 m IGN69).

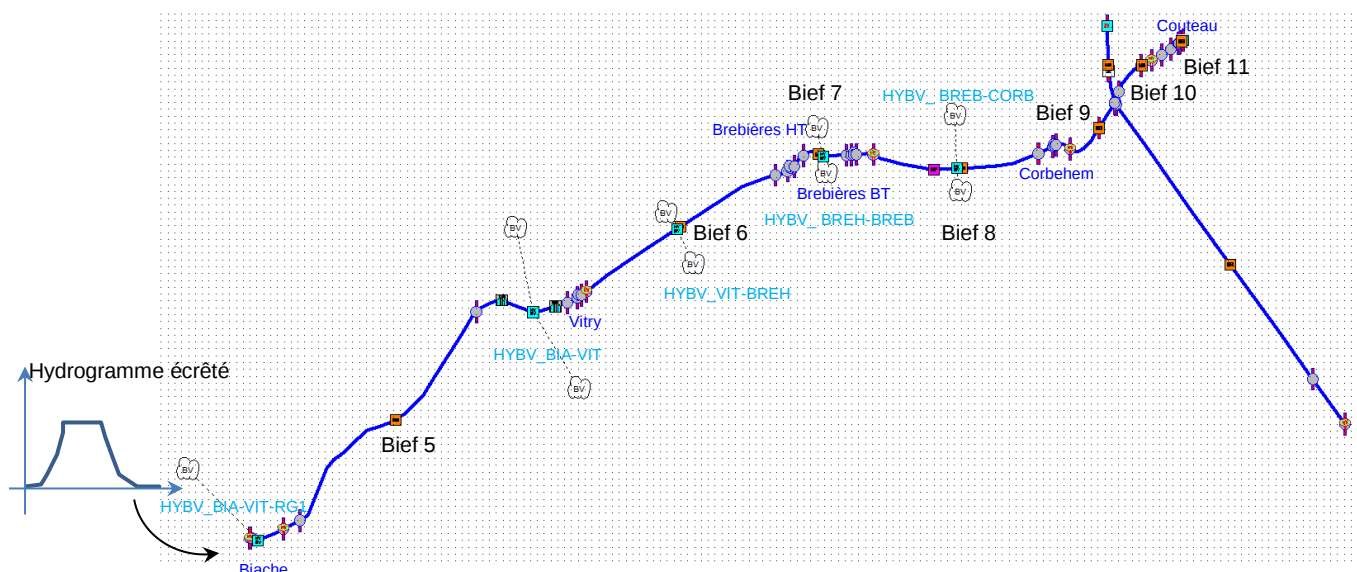


Figure 2-4 : Modèle modifié commençant au niveau de l'ouvrage de Biache

Une première simulation est réalisée en injectant l'hydrogramme calculé au niveau de Biache sans écrêtement.

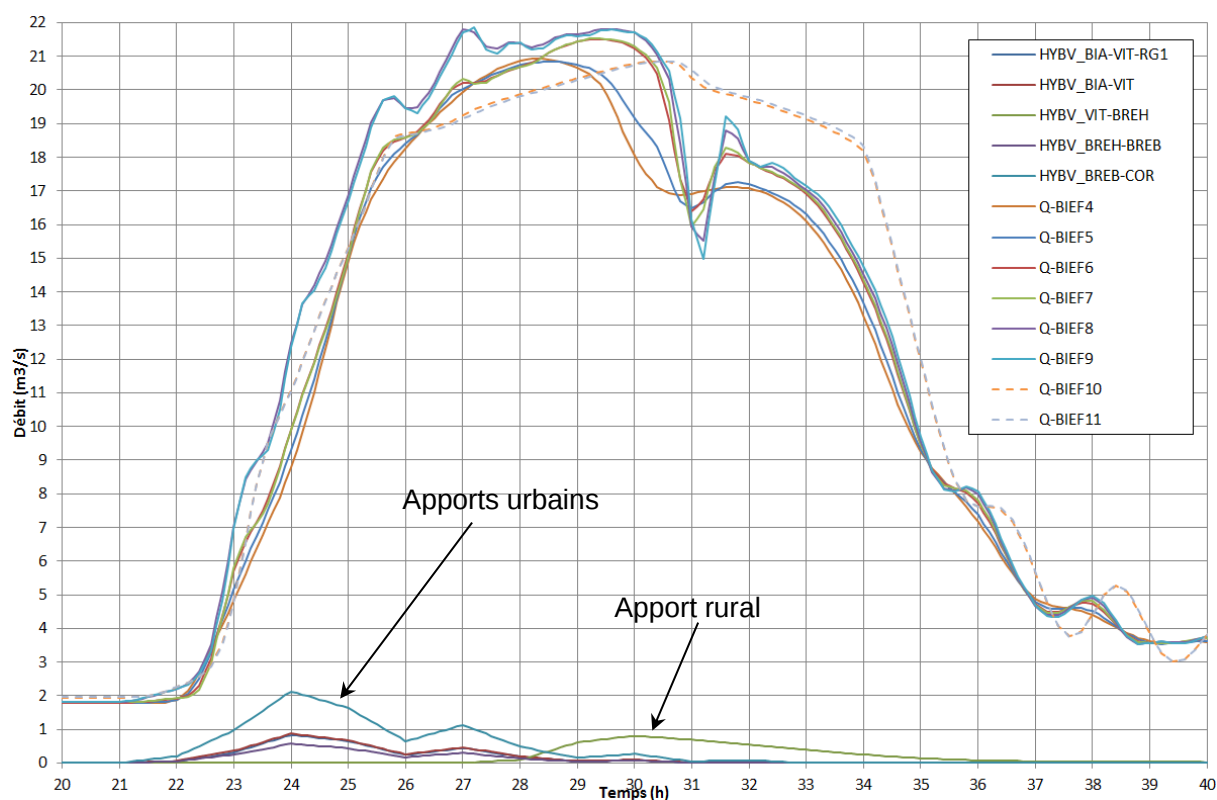


Figure 2-5 : Simulation de la crue de juillet 2005 avec le modèle modifié

En situation de fonctionnement normal au niveau des 4 canaux, il y a un écrêtement de l'ordre de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ entre Brebières (bief 9) et l'entrée au niveau de Douai (bief 11).

Plusieurs simulations sont réalisées en écrêtant l'hydrogramme de juillet 2005 entre 12 et 19 m³/s (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 et 19 m³/s) et en l'injectant au niveau de l'ouvrage de Biache. A partir d'un hydrogramme écrêté à 12 m³/s et à 19 m³/s, les figures suivantes permettent de visualiser les hydrogrammes dans les biefs après Biache : Biefs 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11 ainsi que les hydrogrammes générés par la pluie de juillet 2005 sur les BV urbains et ruraux sur la partie en aval de Biache.

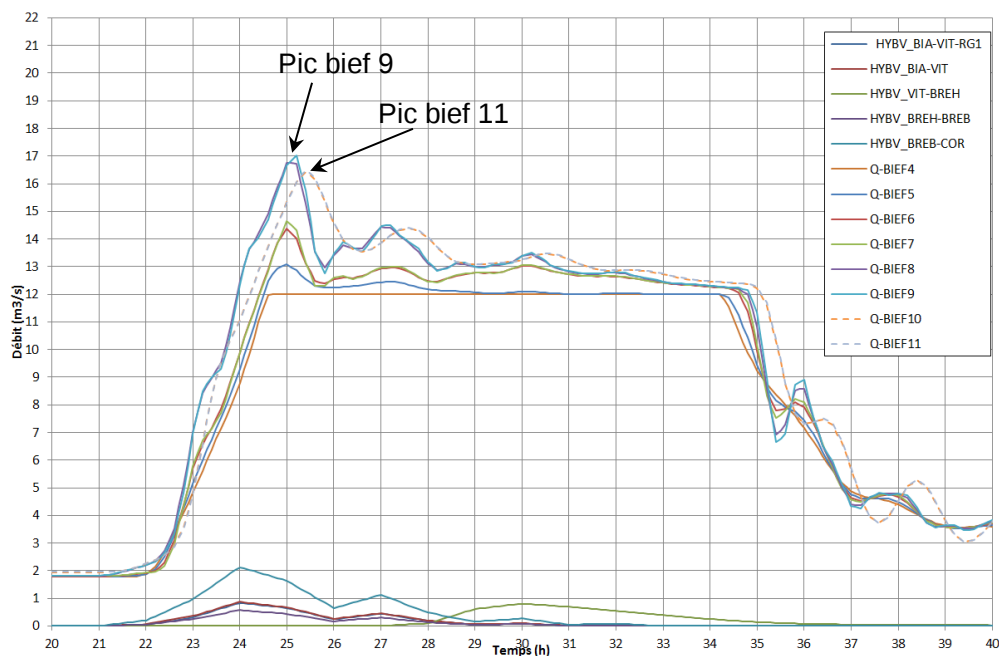


Figure 2-6 : Simulation de la crue de juillet 2005 avec un écrêtement à 12 m³/s

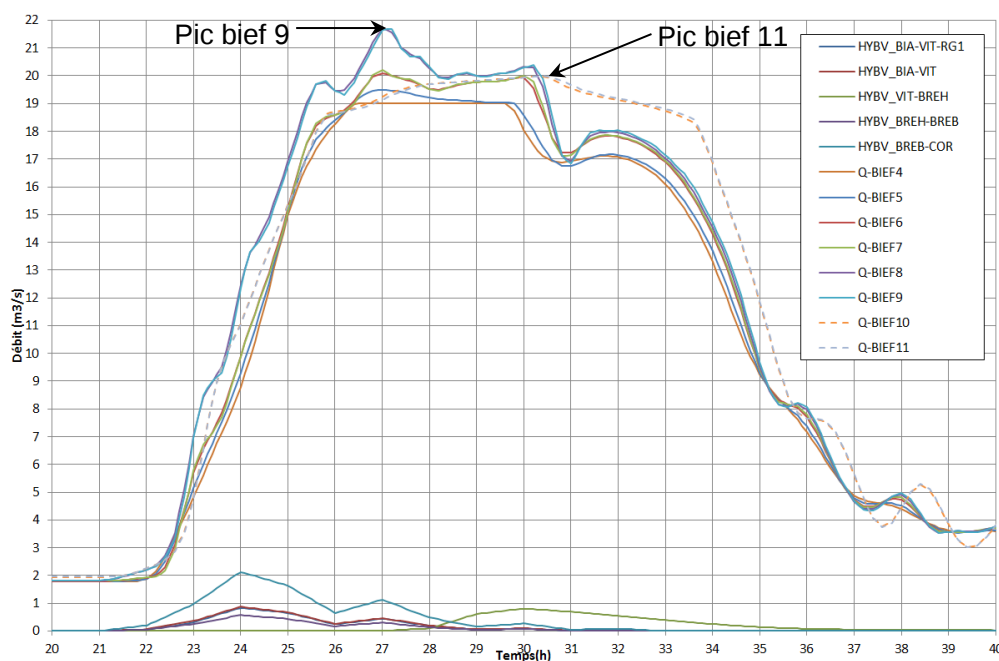


Figure 2-7 : Simulation de la crue de juillet 2005 avec un écrêtement à 19 m³/s

Plus l'hydrogramme d'entrée au niveau de Biache est écrêté, plus les apports suivants forment un pic important dans l'hydrogramme qui arrive tôt. Ainsi le gain apporté par l'écrêtement est fortement réduit.

La figure suivante récapitule les résultats obtenus pour les 8 simulations d'écrêtement au niveau du bief 4 Fampoux-Biache. Les courbes rouges indiquent respectivement le volume à stocker pour un écrêtement donné (trait plein) et le volume stockable dans le bief 4 (trait pointillé), les volumes étant précisés à gauche sur le graphique. Les courbes verte et violette indiquent respectivement la baisse du débit maximal dans les biefs 9 et 11 induite par la simulation du débit à écrêter, les baisses de débit étant précisées à droite du graphique.

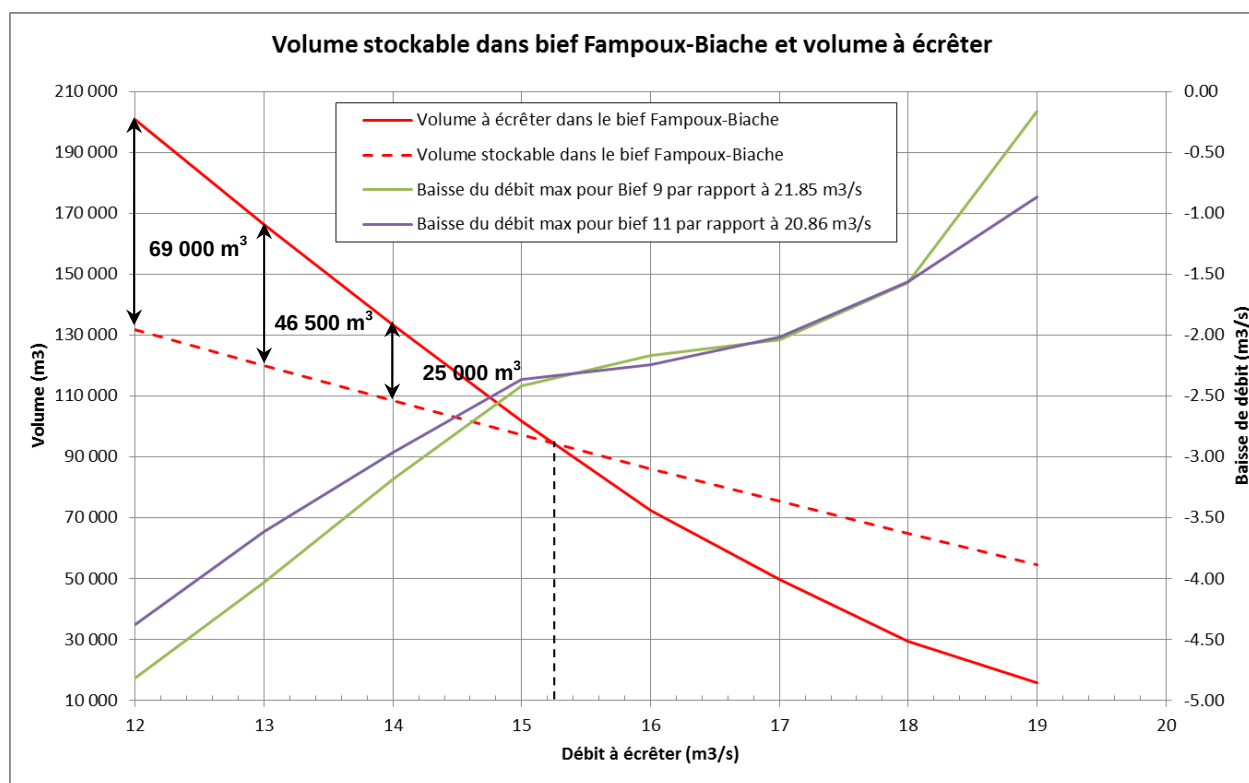


Figure 2-8 : Volume stockable et à écrêter dans le bief 4 et gains en débit obtenus au niveau des biefs 9 et 11 pour différents écrêtements

Tant que le volume à écrêter reste en-dessous du volume stockable dans le bief 4 (entre 15,3 et 19 m³/s), il n'y a pas de volume supplémentaire à chercher (courbe rouge trait plein sous la courbe rouge trait pointillé). Lorsque les deux courbes s'inversent (entre 12 et 15,3 m³/s), un volume supplémentaire est alors à trouver ailleurs que dans le bief. Il est d'autant plus grand que le débit à écrêter est petit :

- 25 000 m³ de stockage supplémentaire à trouver pour un écrêtement à 14 m³/s,
- 46 500 m³ de stockage supplémentaire à trouver pour un écrêtement à 13 m³/s,
- 69 000 m³ de stockage supplémentaire à trouver pour un écrêtement à 12 m³/s.

La figure suivante présente les évolutions des hydrogrammes dans les différents biefs pour les différents écrêtements.

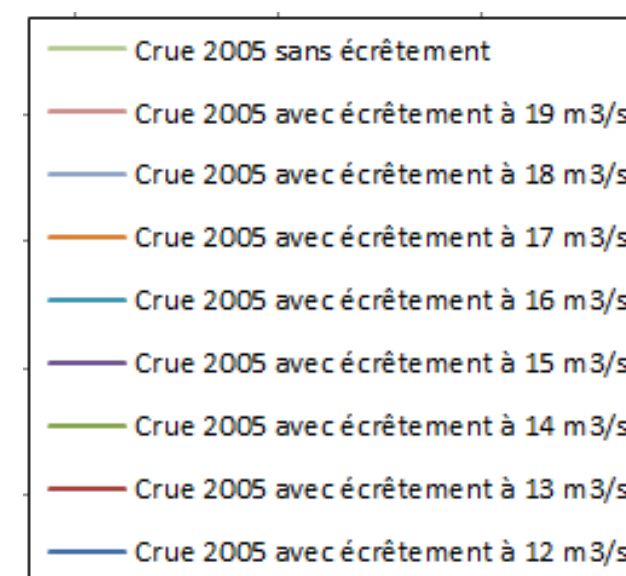
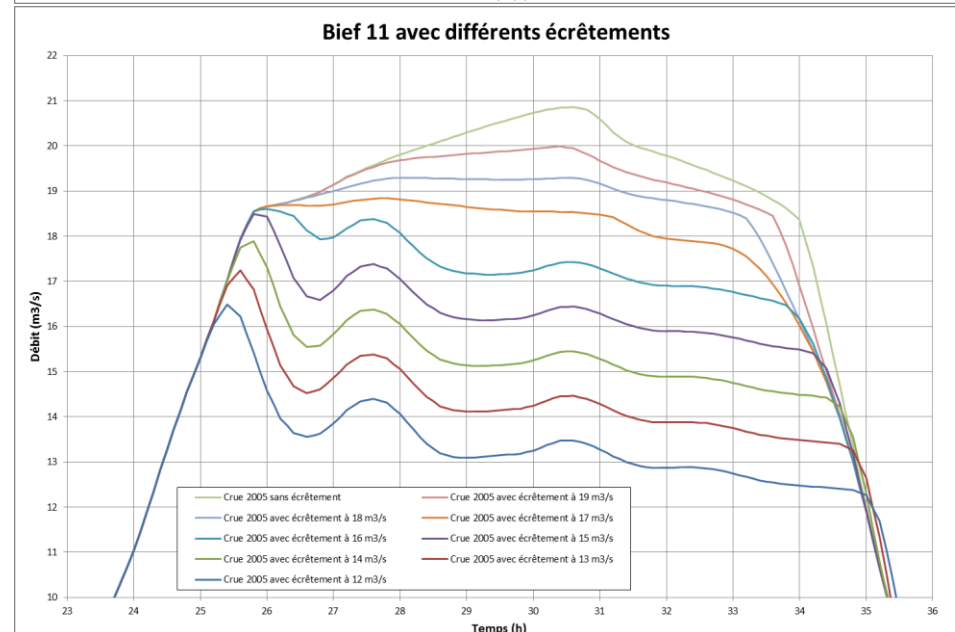
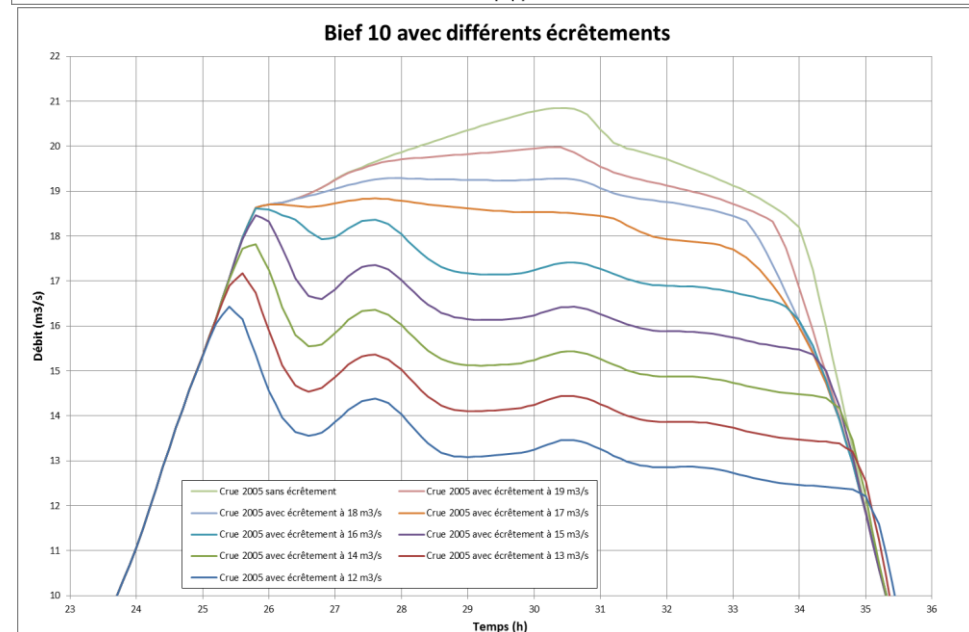
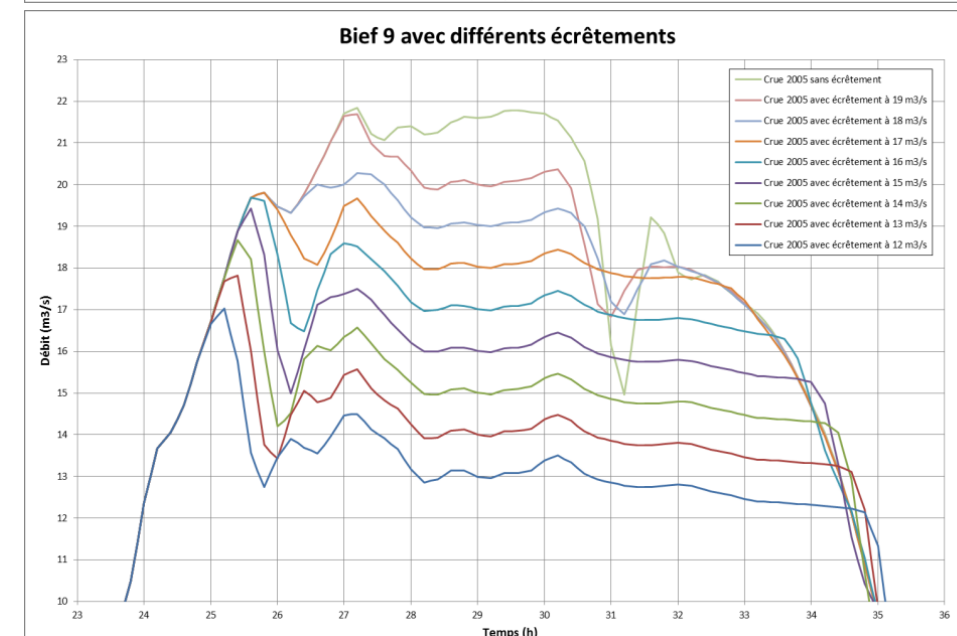
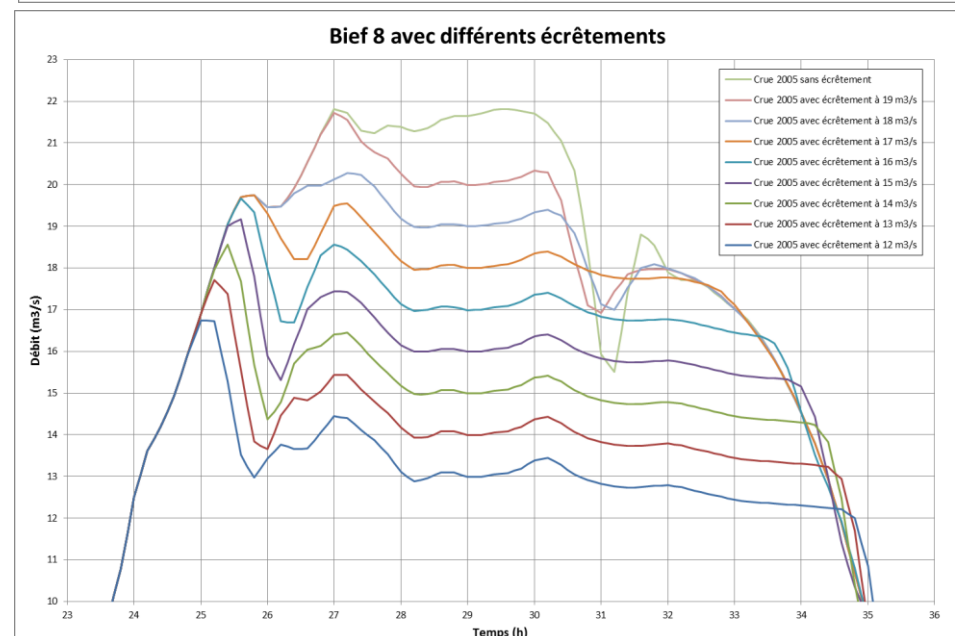
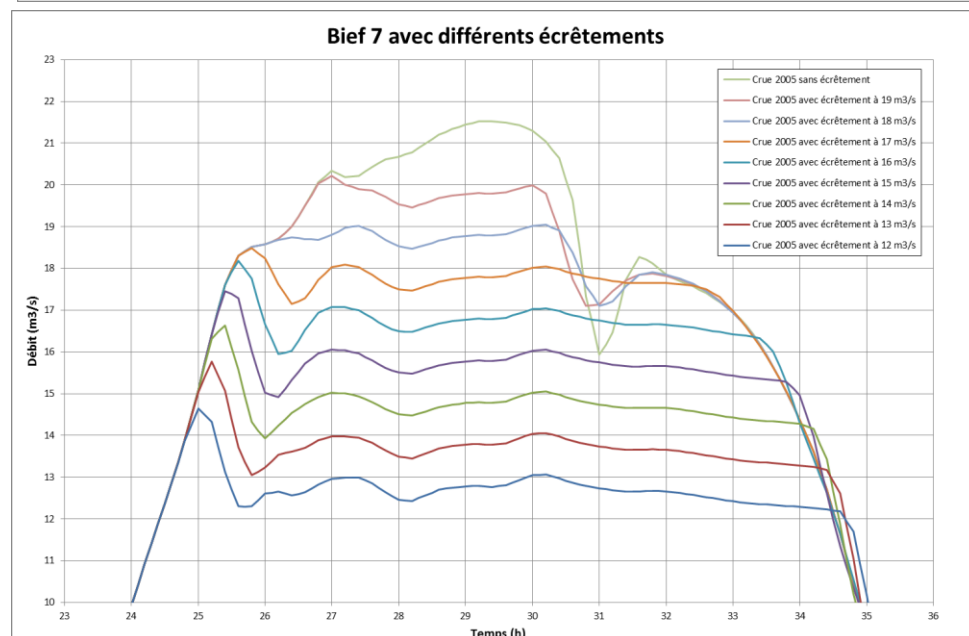
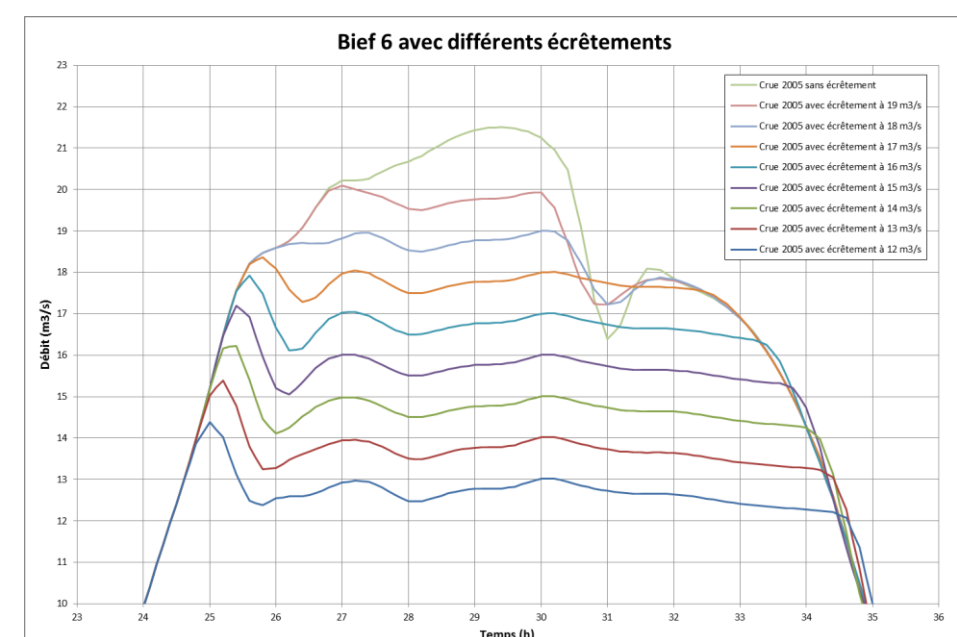
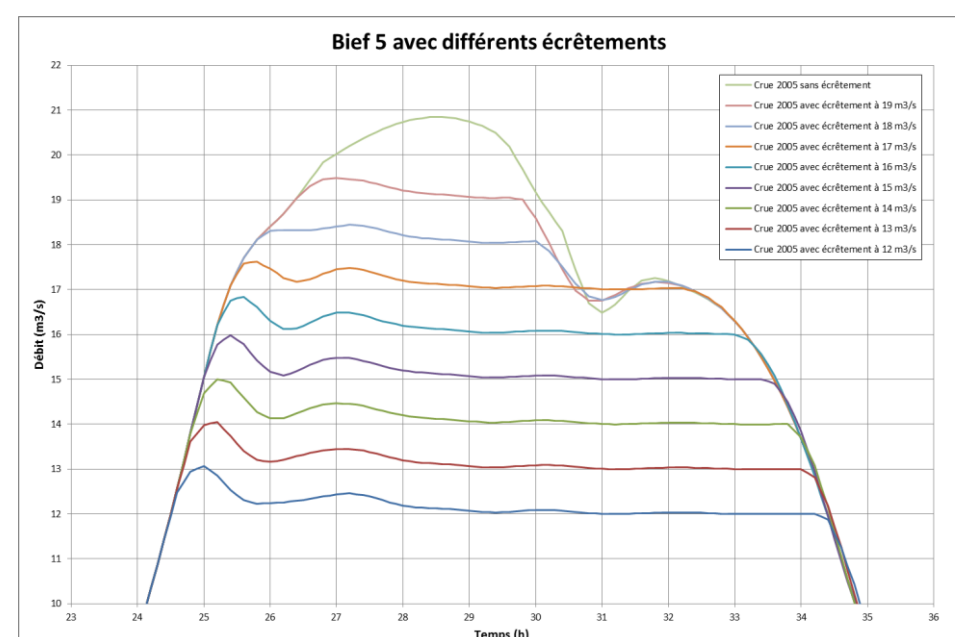
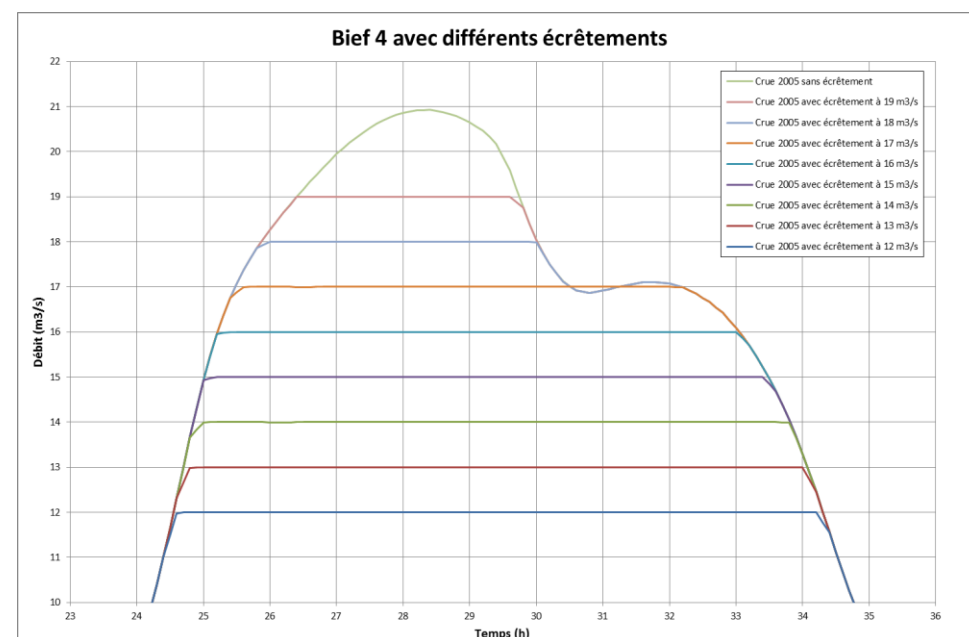


Figure 2-9 : Hydrographes dans les différents biefs modélisés pour différents écrètements

Les gains en débit obtenus au niveau de chaque bief pour les différentes configurations sont résumés dans la figure suivante.

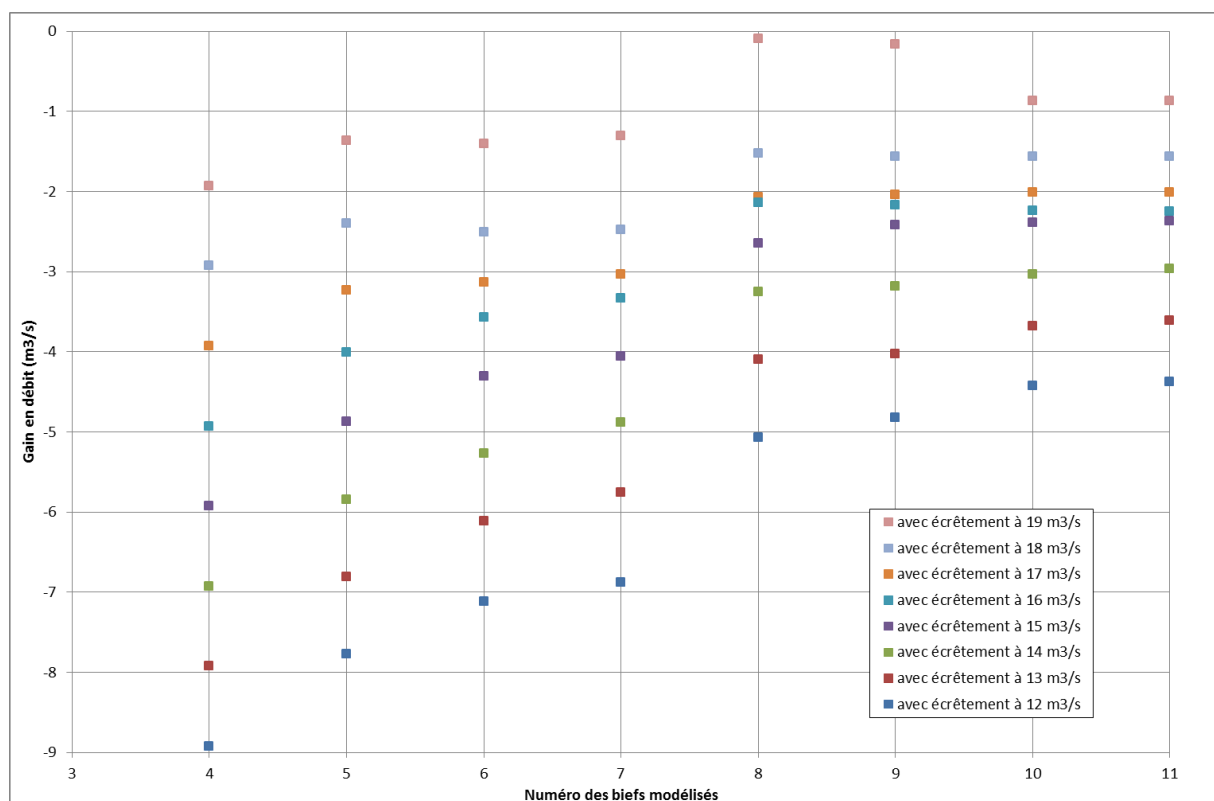


Figure 2-10 : Gains en débit obtenus au niveau des différents biefs pour différents écrêtements

A la vue des hydrogrammes précédents, plusieurs constats peuvent être faits :

- L'hydrogramme écrêté (bief 4) se déforme avant l'arrivée sur Douai (bief 11) à cause des apports intermédiaires plutôt urbains qui forment un « petit » pic assez vite,
- L'écrêtement initial en termes de débit maximal est réduit de moitié avant l'arrivée à Douai,
- La durée du débit maximal dans le bief 11 est nettement diminuée, permettant une sollicitation moins importante des berges.

Si on écrête fortement (entre 12 et 15,3 m³/s), le bief 4 ne suffit pas pour faire le pré-stockage, il faut trouver un volume complémentaire ailleurs.

La figure page suivante présente le profil en long de la Scarpe en aval de Biache (cotes indiquées sur l'échelle de gauche) ainsi que le profil en long des débits correspondants (débits indiqués sur l'échelle de droite) pour les différents écrêtements testés.

Pour un déstockage/remplissage du bief 4 à la cote PHEN (correspondant à un débit d'écrêtement de 15,3 m³/s au niveau de l'écluse de Biache), les gains sont synthétisés sur le graphe suivant.

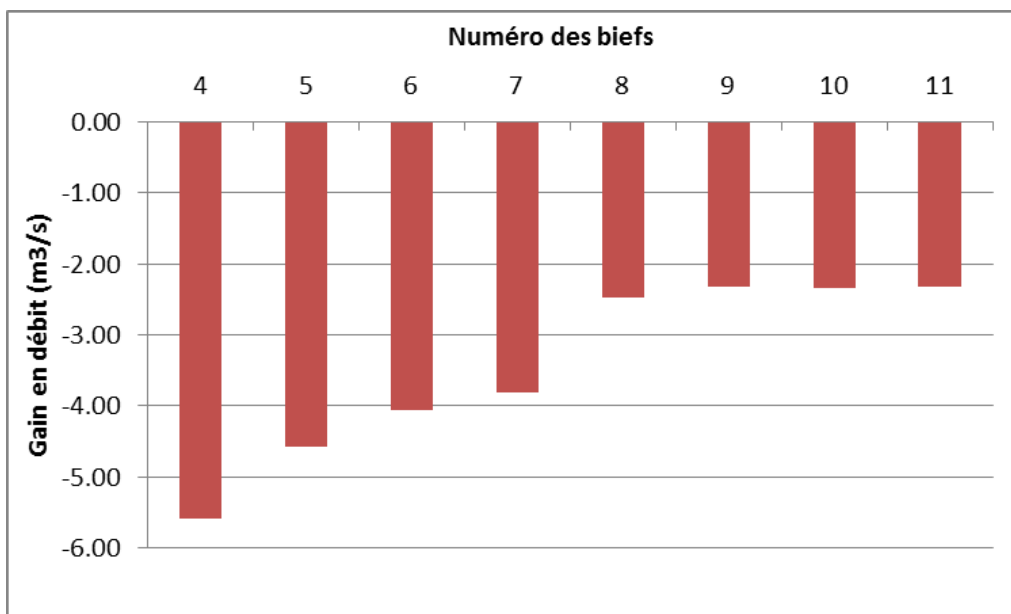


Figure 2-11 : Gains en débit obtenus pour un déstockage/remplissage au PHEN du bief 4

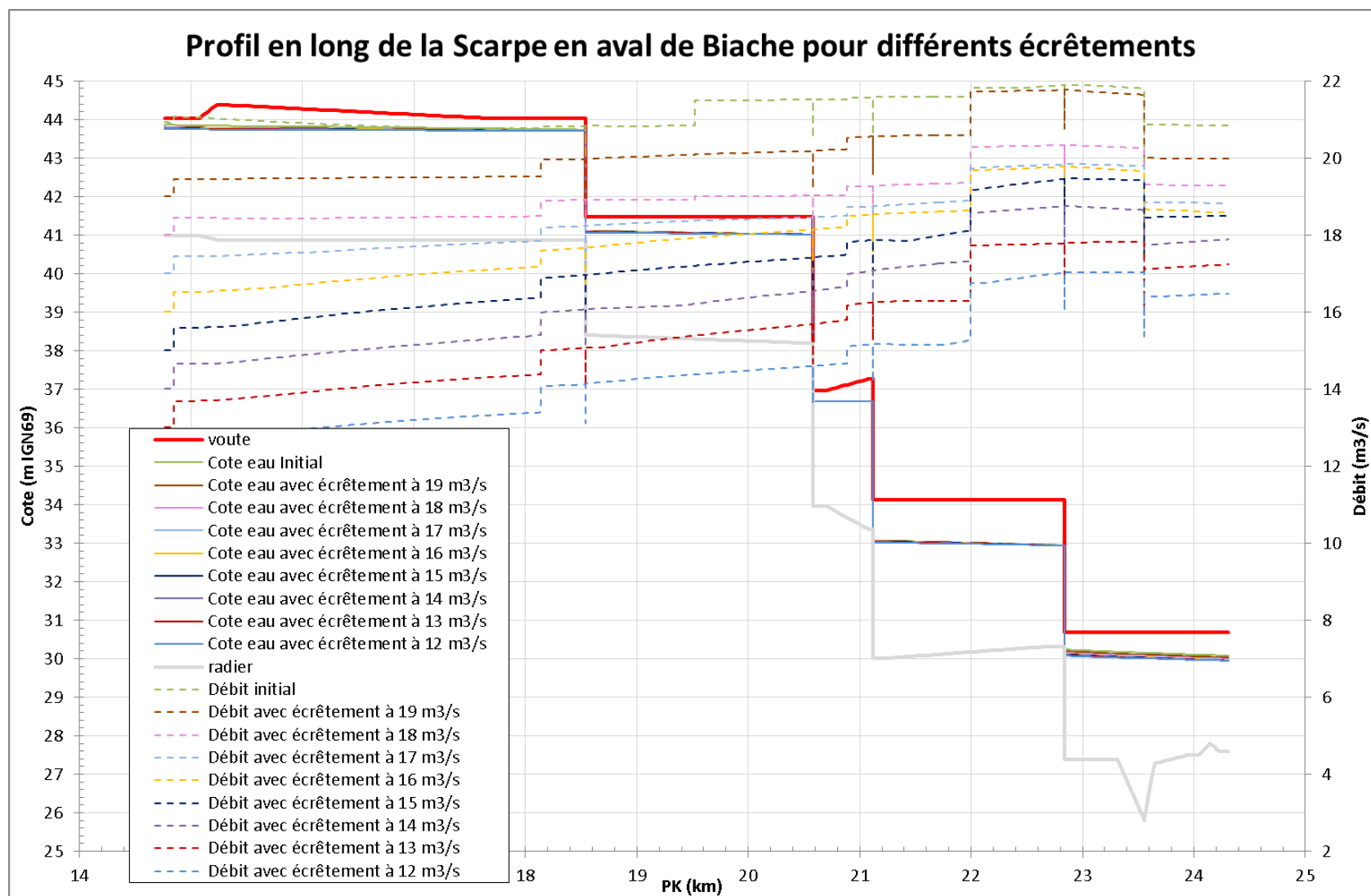


Figure 2-12 : Profil en long de la Scarpe en aval de Biache pour différents écrêtements

Pour un déstockage/remplissage du bief 4 à la cote PHEN, le profil en long du débit en aval du bief 4 est le suivant.

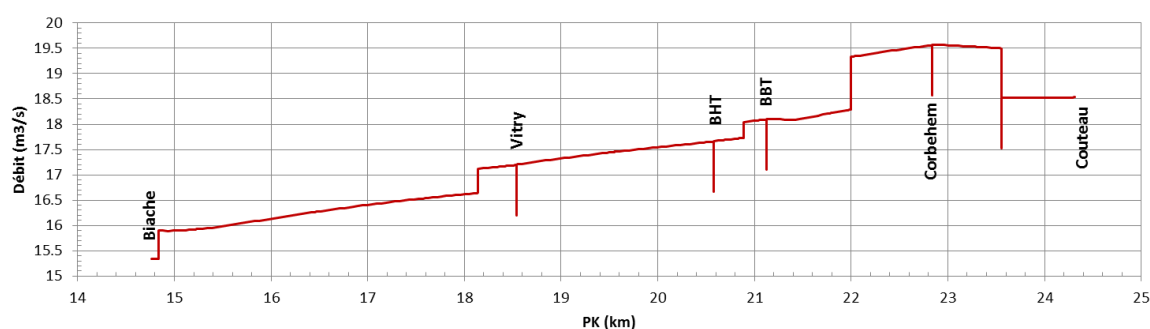


Figure 2-13 : Profil en long du débit dans la Scarpe en aval de Biache pour un écrêtement à 15,3 m³/s

Le tableau suivant permet de synthétiser les cotes obtenues en amont des écluses en aval de Biache pour les différents écrêtements testés.

					Crue juillet 2005 (Initial)	Simulation écrêtement à 12 m3/s		Simulation écrêtement à 13 m3/s		Simulation écrêtement à 14 m3/s		Simulation écrêtement à 15 m3/s	
Ecluse	Cote PBEN (m NGF)	Cote NNN (m NGF)	Cote PHEN (m NGF)	Cote débordement du bief (m NGF)	Cote amont (m IGN69)	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial
Vitry	43.49	43.69	43.99	44.04	43.739	43.696	-4	43.697	-4	43.697	-4	43.698	-4
Brebières HT	40.81	41.01	41.51	41.56	41.018	41.017	0	41.017	0	41.017	0	41.018	0
Brebières BT	36.37	36.57 (36.67)	36.92	36.97	36.679	36.678	0	36.678	0	36.678	0	36.678	0
Corbehem	32.73	32.93	33.43	33.48	32.946	32.94	-1	32.94	-1	32.94	-1	32.94	-1
Couteau	29.79	29.99 (29.94)	30.29	30.69	30.076	29.949	-13	29.949	-13	29.949	-13	29.949	-13

					Crue juillet 2005 (Initial)	Simulation écrêtement à 16 m3/s		Simulation écrêtement à 17 m3/s		Simulation écrêtement à 18 m3/s		Simulation écrêtement à 19 m3/s	
Ecluse	Cote PBEN (m NGF)	Cote NNN (m NGF)	Cote PHEN (m NGF)	Cote débordement du bief (m NGF)	Cote amont (m IGN69)	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial
Vitry	43.49	43.69	43.99	44.04	43.739	43.698	-4	43.698	-4	43.698	-4	43.698	-4
Brebières HT	40.81	41.01	41.51	41.56	41.018	41.018	0	41.018	0	41.018	0	41.018	0
Brebières BT	36.37	36.57 (36.67)	36.92	36.97	36.679	36.678	0	36.678	0	36.678	0	36.678	0
Corbehem	32.73	32.93	33.43	33.48	32.946	32.94	-1	32.94	-1	32.94	-1	32.94	-1
Couteau	29.79	29.99 (29.94)	30.29	30.69	30.076	29.95	-13	29.963	-11	29.989	-9	30.028	-5

Tableau 2-5 : Cotes obtenues en amont des écluses en aval de Biache pour les différents écrêtements testés

Les différents écrêtements permettent de diminuer la cote d'eau de -9 cm pour l'écrêtement à 19 m³/s à -13 cm pour l'écrêtement à 12 m³/s au niveau du bief des 4 canaux en amont de Douai.

Avec un remplissage optimal du bief 4 à la cote PHEN, l'écrêtement maximal est de 15,3 m³/s et les gains en niveau d'eau et les cotes au niveau des écluses amont (indiquées entre parenthèses) sont présentés sur la figure suivante.



Figure 2-14 : Gains en cm sur le niveau d'eau et cote en amont des écluses

2.3 ZONE D'ECRETEMENT SUPPLEMENTAIRE

En phase 1, un plan de situation des marais et autres zones d'expansion de crue potentielle a été présenté. La figure suivante en rappelle leur position et leur surface.

Il s'agit de zones identifiées dans l'étude de prédéfinition pour la restauration écologique de la Scarpe canalisée (CUA, 2010). Ces zones naturelles ne sont pas connectées au canal. Des études préalables sont donc nécessaires pour envisager leur fonctionnalité en termes d'expansion de crue : faisabilité, dimensionnement, coût...

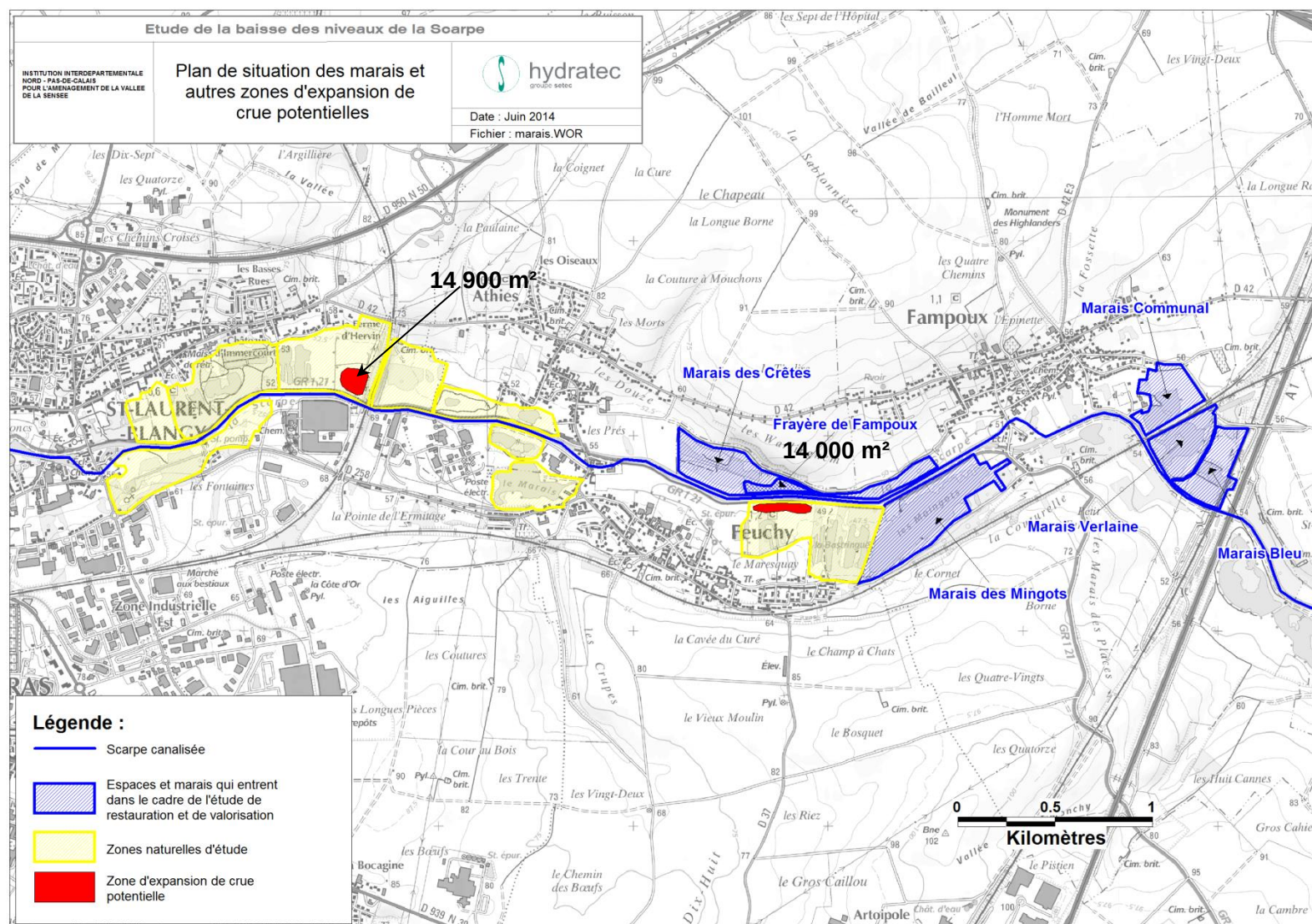


Figure 2-15 : Plan de situation des marais et autres zones d'expansion de crue « potentielles »

La frayère de Fampoux, qui est déconnectée du Marais des Crêtes, a été équipée d'un système de 2 vannes afin de permettre la reproduction du brochet. En fin d'année (fin novembre), la frayère est remplie d'eau avec la Scarpe au niveau NNN, puis les vannes sont fermées fin mars. Entre avril et juin, le brochet peut se reproduire et en juin les vannes sont ouvertes pour vidanger la frayère et permettre aux brochetons d'aller dans la Scarpe.

La végétation peut donc se développer jusqu'en décembre avec une fauche en septembre. Globalement, les vannes sont fermées du mois d'avril à fin novembre.

Les crues de la Scarpe étant surtout dues aux orages estivaux, cet espace pourrait être utilisé comme zone d'expansion de crue. Avec une profondeur de l'ordre de 30 cm et une superficie de 1,4 ha, le volume disponible est d'environ 4 200 m³ au niveau NNN et de 9 800 m³ au niveau PHEN. Les vannes étant fermées pendant la période orageuse, si le niveau de la Scarpe monte, il va y avoir déversement par-dessus la vanne fermée. Les figures suivantes montrent une des vannes et sa coupe type.

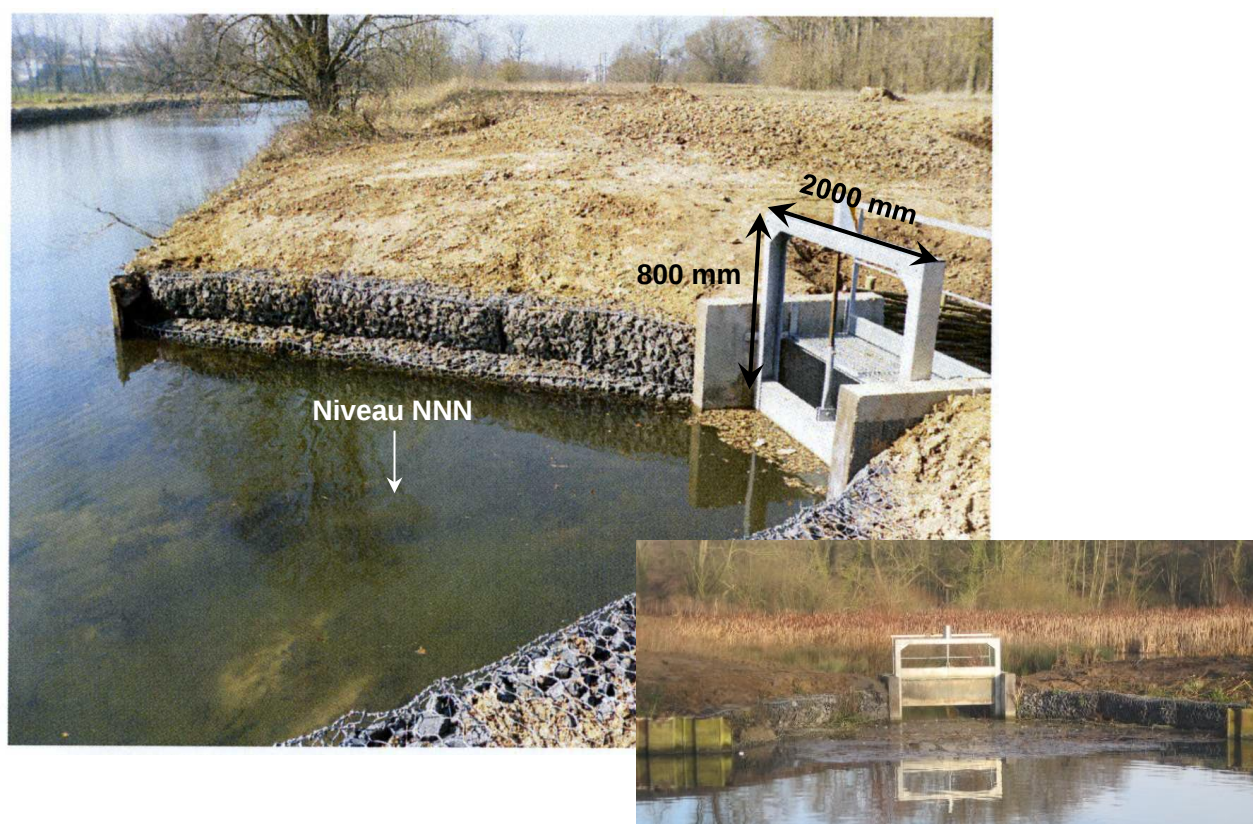


Figure 2-16 : Photographie d'une des vannes de la frayère de Fampoux

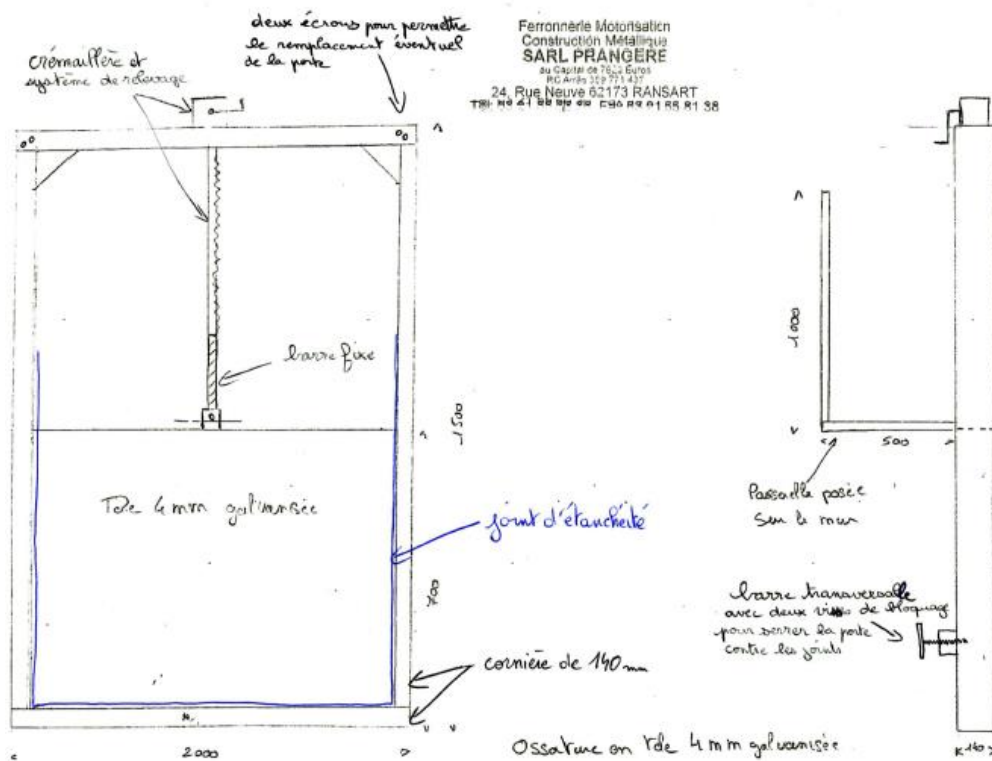


Figure 2-17 : Coupe-type d'une des vannes de la frayère de Fampoux

Les cotes altimétriques des vannes sont fournies par la CUA.

- Cote seuil : 48,49 m,
- PBEN : 48,79 m,
- NNN : 48,99 m,
- Surverse vanne fermée : 49,29 m,
- PHEN : 49,39 m.

La frayère est incluse dans la modélisation sous forme d'un casier. Le fond de la frayère est pris à la cote 48.69 m (niveau NNN – 30 cm), pour une superficie de 14 000 m².

Le modèle initial est donc modifié comme indiqué sur la figure suivante.

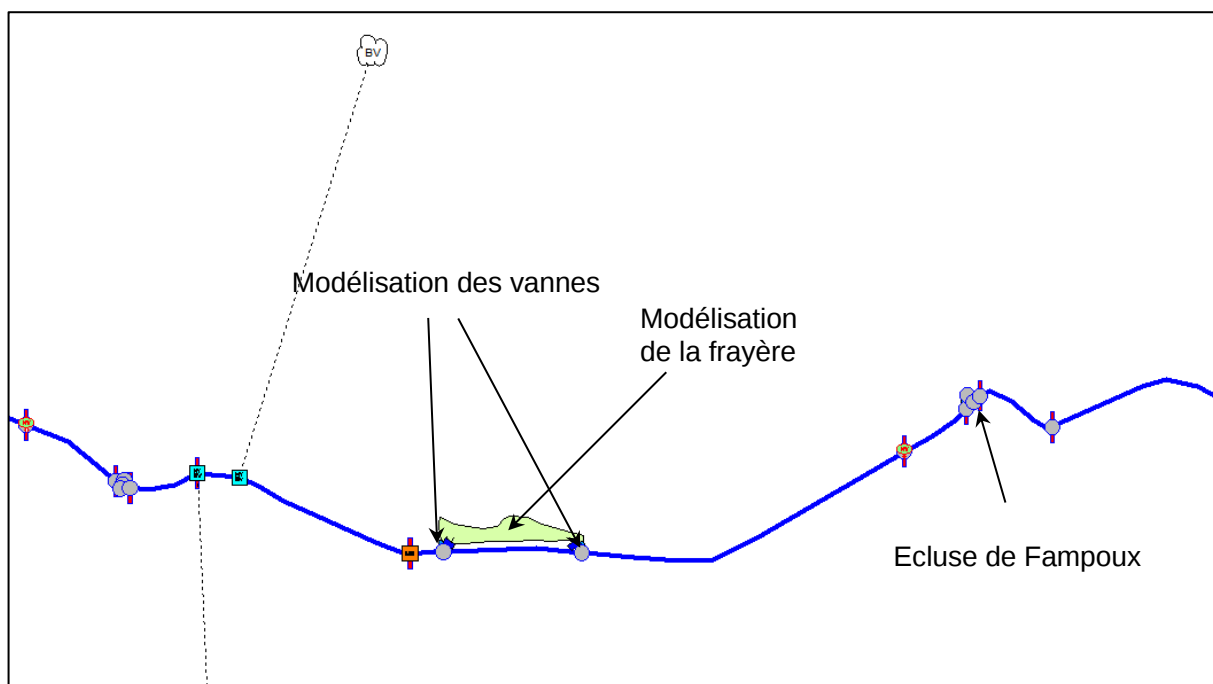


Figure 2-18 : Intégration de la Frayère de Fampoux dans la modélisation

Les vannes sont modélisées par une régulation en cote de type PID (Proportionnel Intégral Dérivé), auquel on ajoute une liaison type déversoir pour un éventuel débordement par-dessus les vannes.

Une première simulation est réalisée en maintenant les cotes amont des clapets des écluses au NNN et les vannes de la frayère fermées pour la crue type juillet 2005. Cette simulation est appelée « Initial ». La cote atteinte au niveau des vannes ne permet pas de surverser par-dessus les vannes fermées. La présence de la frayère est donc transparente lorsque les vannes sont fermées.

Une deuxième simulation est réalisée en ouvrant les vannes au moment où le clapet d'Athies, situé en amont de la frayère, est complètement abaissé et donc avec un débit de l'ordre de $16 \text{ m}^3/\text{s}$. Cette simulation est appelée « Initial + ouverture vannes frayère ».

Les hydrogrammes obtenus pour ces deux simulations sont présentés sur la figure suivante.

Le gain attendu en débit reste faible, de l'ordre de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$. Le volume stocké dans la frayère, issu des résultats du modèle (cumul des débits entrants après ouverture des vannes) est de l'ordre de $8\,000 \text{ m}^3$. Le faible volume de stockage disponible explique le relativement petit volume d'écêtement.

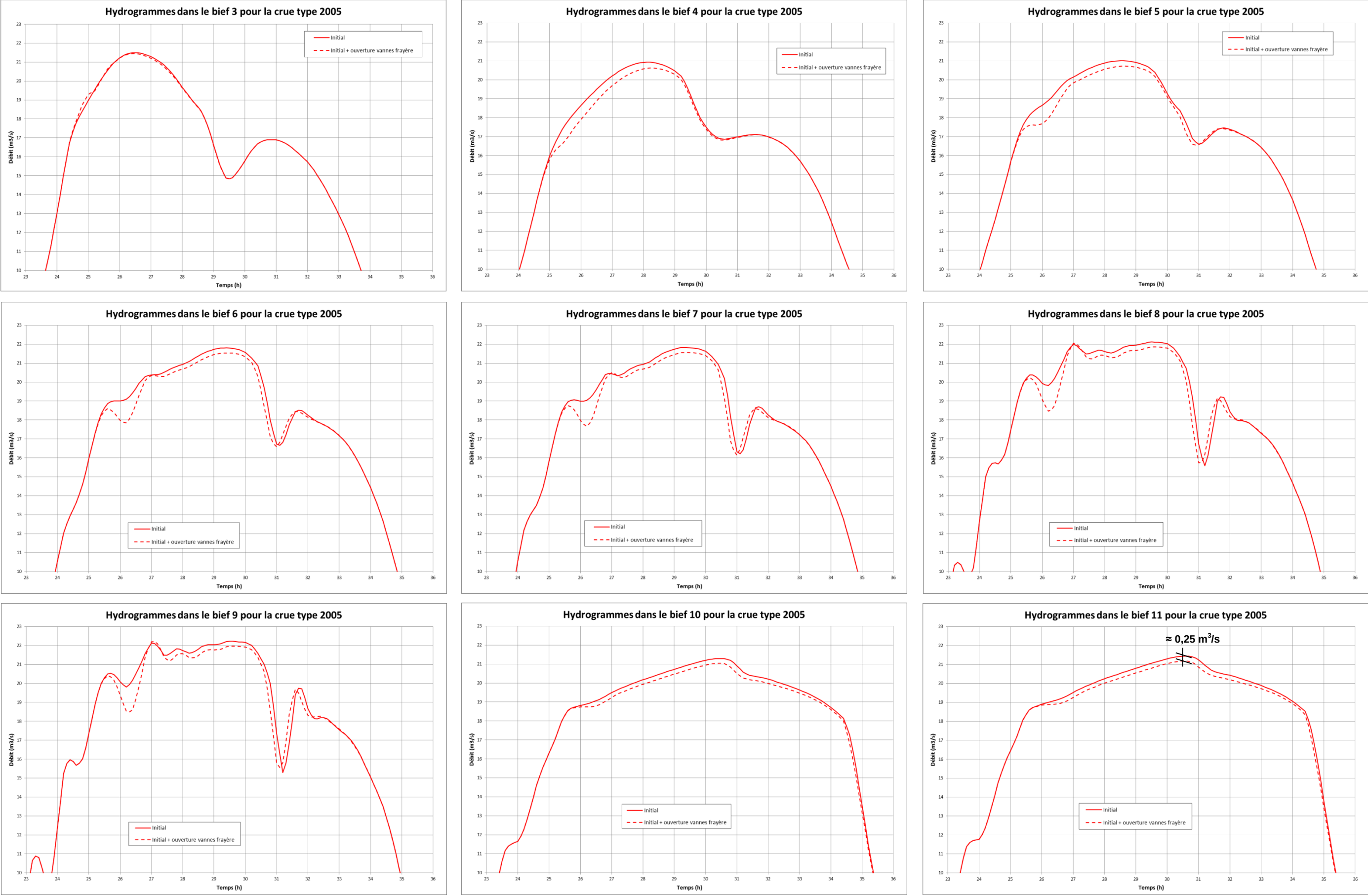


Figure 2-19 : Hydrogrammes avec et sans ouverture des vannes de la frayère de Fampoux

La figure suivante présente l'ouverture des 2 vannes de la frayère de Fampoux. La vanne amont reste ouverte plus longtemps car la cote d'eau amont dans la Scarpe est un peu plus importante que la cote d'eau au niveau de la vanne aval.

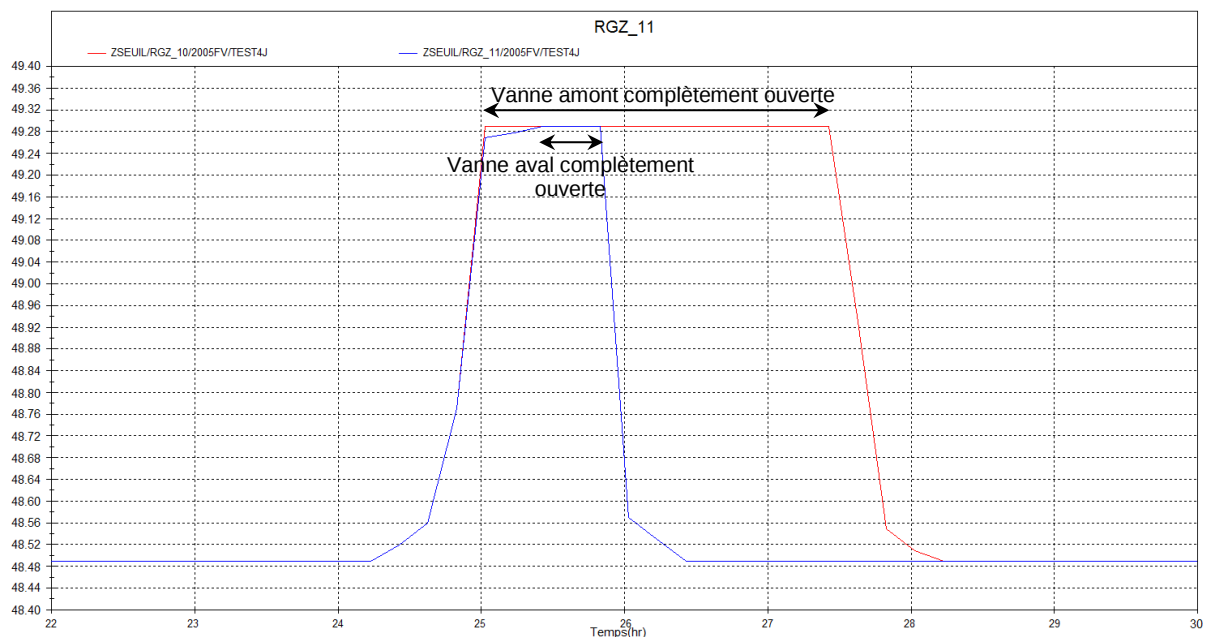


Figure 2-20 : Représentation de la course du seuil des 2 vannes de la frayère de Fampoux

La figure suivante présente l'ouverture de la vanne amont (courbe rouge), l'évolution de la cote dans la Scarpe canalisée au droit de la vanne (courbe bleue) et l'évolution de la cote de la frayère (courbe verte).

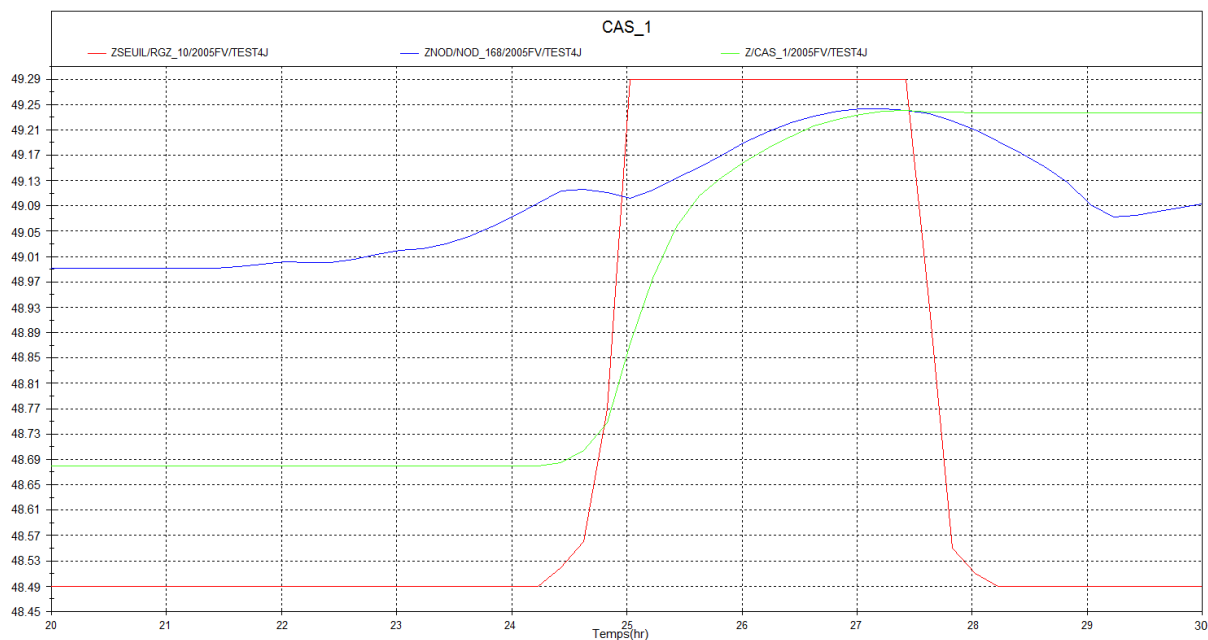


Figure 2-21 : Course du seuil de la vanne amont, cote d'eau dans la Scarpe et niveau dans la frayère

Lorsque la cote dans la frayère atteint la cote dans la Scarpe, la vanne se ferme, permettant de stocker l'eau dans la frayère, qui pourra être ensuite restitué dans la Scarpe après la crue.

La figure suivante permet également de comparer la course de la vanne aval, la cote dans la Scarpe et la cote dans la Frayère

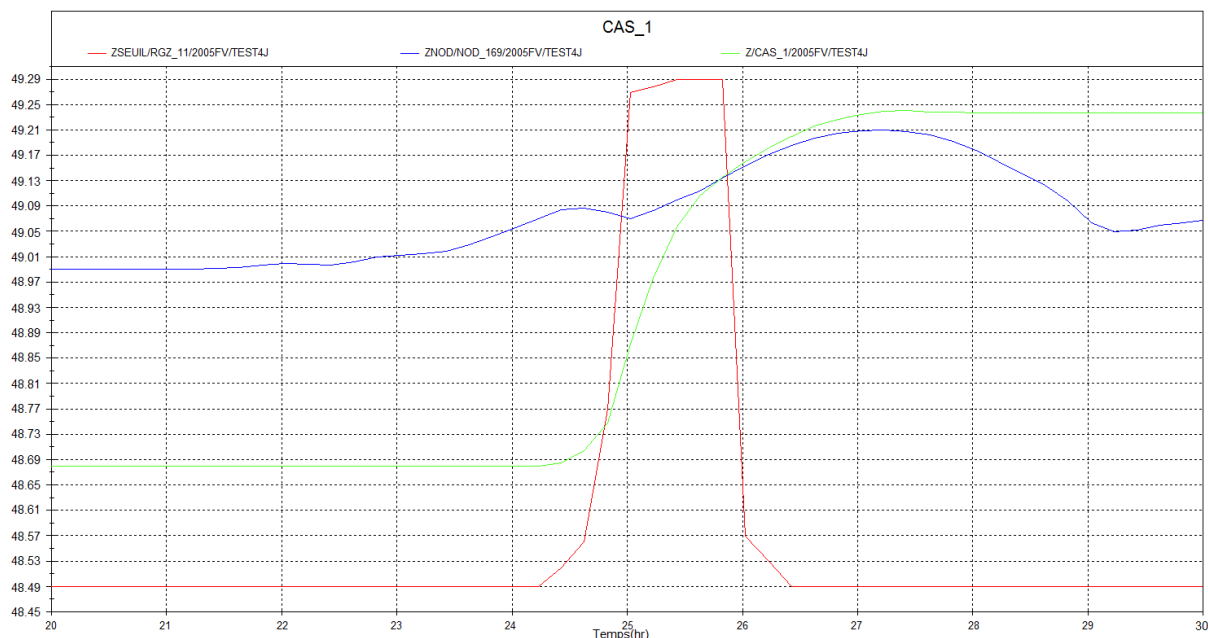


Figure 2-22 : Course du seuil de la vanne aval, cote d'eau dans la Scarpe et niveau dans la frayère

La vanne étant située plus en aval, la pente hydraulique de la Scarpe fait que la cote dans la frayère atteint plus tôt la cote dans la Scarpe, d'où une fermeture plus rapide de la vanne aval.

L'automatisation des vannes de la frayère n'apporte pas, à elle seule, une solution significative pour abaisser le débit d'une crue type 2005, le volume de la frayère étant limité.

2.4 TESTS AVEC ESSAI D'ANTICIPATION DE LA CRUE

La crue de juillet 2005 est arrivée très vite. On a vu, en phase 1, qu'on avait de 2 à 3 heures entre la pluie maximale à Arras et le débit maximal à Brebières.

Pour abaisser préventivement les niveaux dans les biefs, il faut tout de même un certain temps.

Deux tests sont réalisés avec le modèle :

- Le premier en abaissant le niveau de tous les biefs du NNN au PBEN au temps 20 h. La vitesse de descente du clapet est de 0,1 cm/s,
- Le deuxième en vidant le bief 4, qui est le bief le plus volumineux, en abaissant la régulation du NNN au niveau bas du clapet au temps 20 h.

Les hydrogrammes obtenus pour ces deux simulations sont présentés sur la figure page suivante en même temps que la simulation de la situation initiale (appelé « Initial », trait bleu).

Le premier test est appelé « Passage du NNN au PBEN » (trait vert), le deuxième test « Vidange BIEF 4 » (trait rouge).

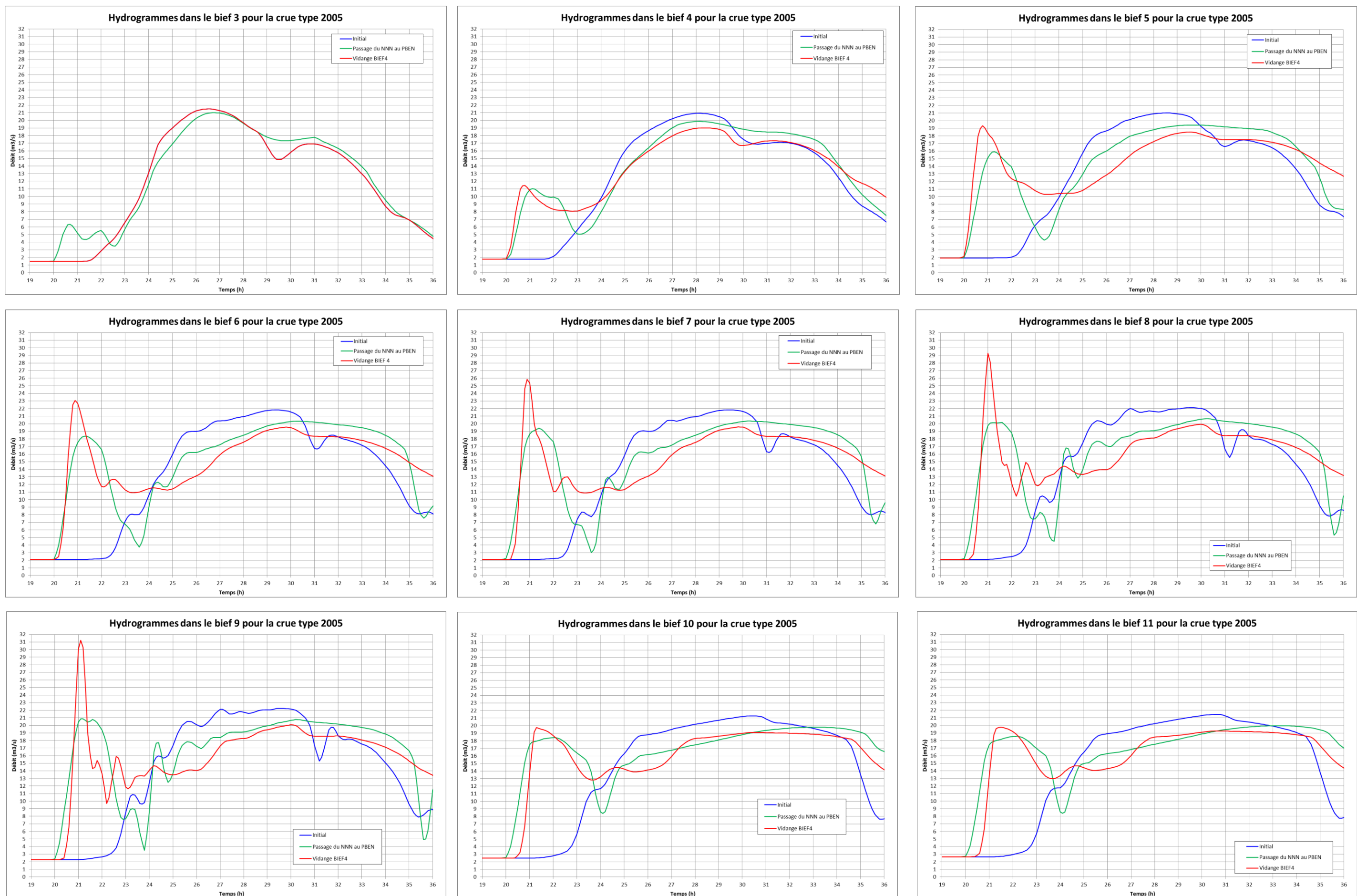


Figure 2-23 : Hydrogrammes pour les tests d'abaissement préventif des niveaux de la Scarpe

L'analyse de ces hydrogrammes amène les résultats suivants :

- La vidange préventive quel que soit sa forme (abaissement du NNN au PBEN ou vidange du bief 4) provoque une montée importante du débit difficilement soutenable pour la Scarpe canalisée,
- La pointe de débit due à la vidange préventive du bief 4 reste même supérieure à la pointe de la crue de 2005 au niveau du bief 11, ce qui conduit à envoyer un débit plus fort sur Douai,
- Pour le deuxième test, la baisse du débit au niveau du bief 11 n'est que de 1 à 2 m³/s,
- La propagation de la crue de juillet 2005 est ralentie avant Douai mais il y a une première pointe qui s'est créée du fait de la vidange.

Pour que la vidange ne génère pas de pointe de crue, il faudrait ralentir la descente des clapets.

Du coup, la baisse des niveaux de la Scarpe prendrait plus de temps. Or, le temps d'anticipation est très faible. Il apparaît donc impossible de faire un abaissement préventif des niveaux de la Scarpe pour un événement type juillet 2005.

2.5 TESTS AVEC ESSAI DE LISSAGE DU DEBIT DANS LA SCARPE

En phase 1, la détermination des débits maxima pouvant transiter dans les biefs via les clapets des écluses a montré que c'était l'écluse d'Athies qui avait la capacité la plus faible. Le débit maximal calculé au niveau NNN avec le clapet complètement abaissé donne un débit de 16,4 m³/s.

L'idée est donc de maintenir les clapets situés en aval pour ne faire passer que ce débit, le sur-débit se stockant automatiquement au-dessus du NNN. Pour cela, on calcule pour chaque clapet quelle est la valeur basse du clapet pour avoir un débit passant de 16,4 m³/s avec un niveau amont au NNN.

Le tableau suivant synthétise les calculs réalisés.

Ecluse	Ouvrage	Cote NNN (m NGF)	Cote basse clapet (m IGN69)	Largeur (m)	Hmax (m)	μ	Qmax (m ³ /s)
Athies	Clapet	50.85	49.32	4.9	1.53	0.4	16.4
Fampoux	Clapet	48.99	47.64	5.9	1.35	0.4	16.4
Biache	Clapet	46.28	44.78	5.02	1.50	0.4	16.4
Vitry	Clapet	43.69	42.31	5.7	1.38	0.4	16.4
Brebières HT	Clapet	41.01	39.64	5.8	1.37	0.4	16.4
Brebières BT	Clapet	36.67	35.20	5.2	1.47	0.4	16.4
Corbehem	Clapet	32.93	31.45	5.15	1.48	0.4	16.4
Couteaux	Clapet	29.94	28.51	5.41	1.43	0.4	16.4

Tableau 2-6 : Calcul de la cote basse des clapets en aval d'Athies pour avoir 16,4 m³/s au niveau NNN

Une première simulation est effectuée en modifiant la cote basse des clapets en aval d'Athies, elle est appelée « Limitation Q en aval d'Athies ».

Une seconde simulation est réalisée en reprenant la précédente et en ouvrant les vannes de la frayère lorsque le clapet d'Athies est complètement abaissé, elle est appelée

« Limitation Q en aval d'Athies + ouverture vannes frayère ». La figure suivante présente les hydrogrammes de ces 2 simulations ainsi que les deux simulations du § 2.3.

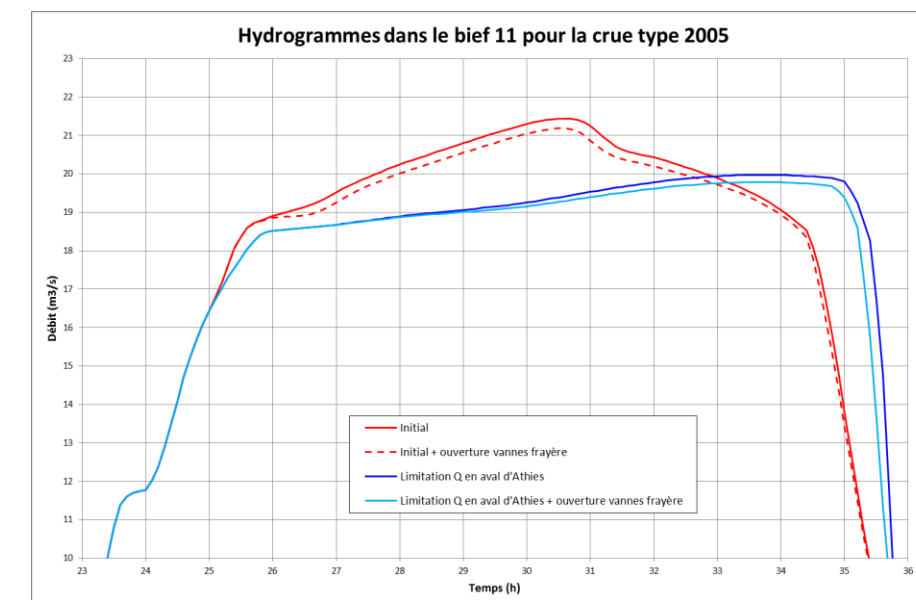
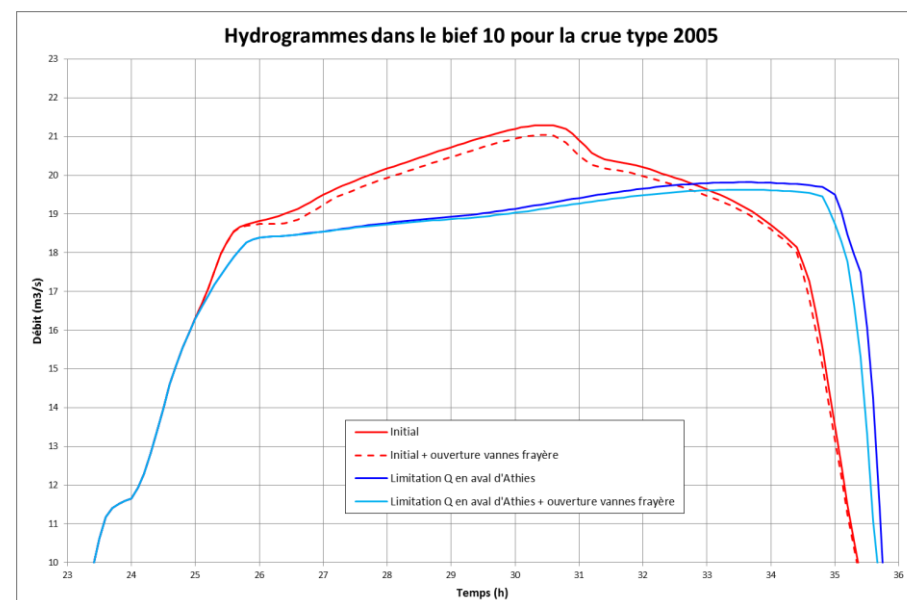
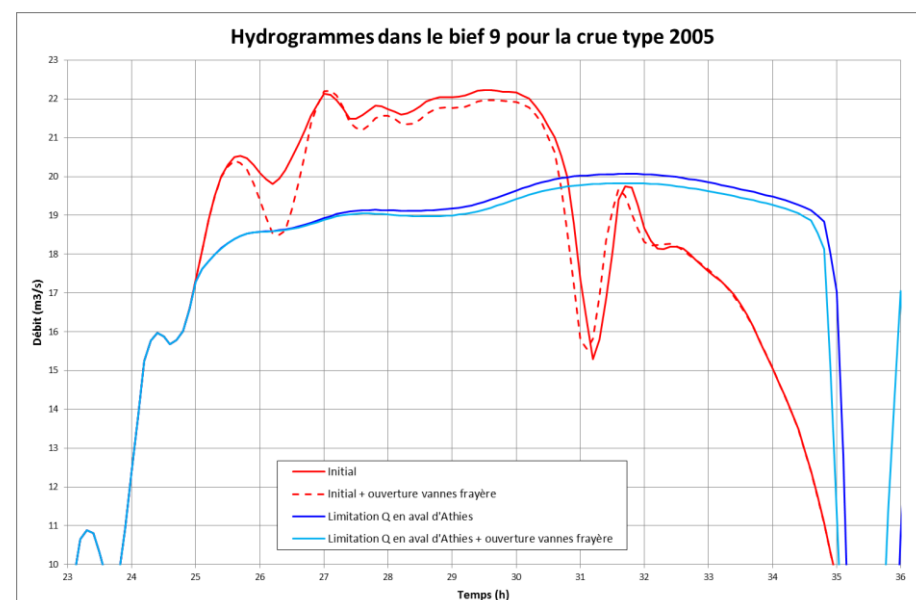
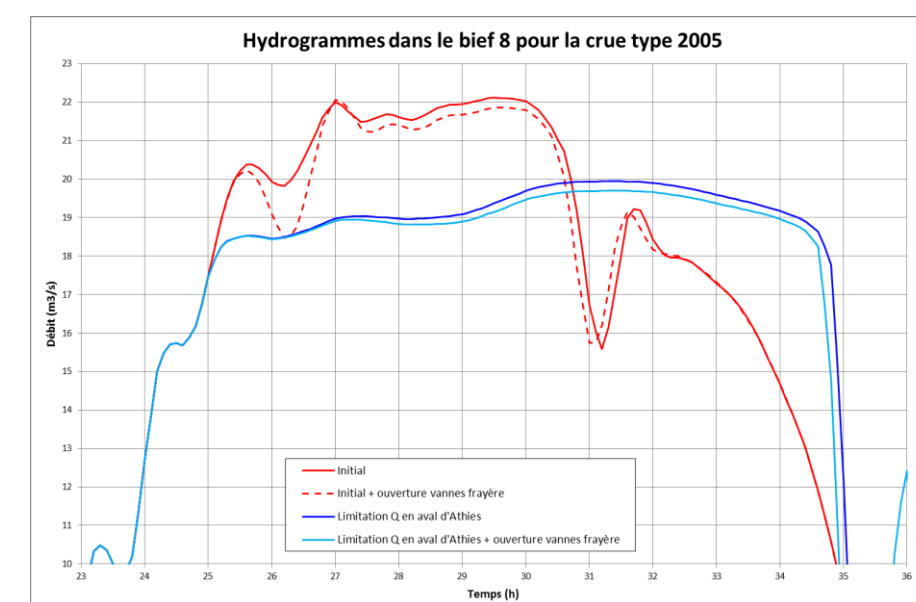
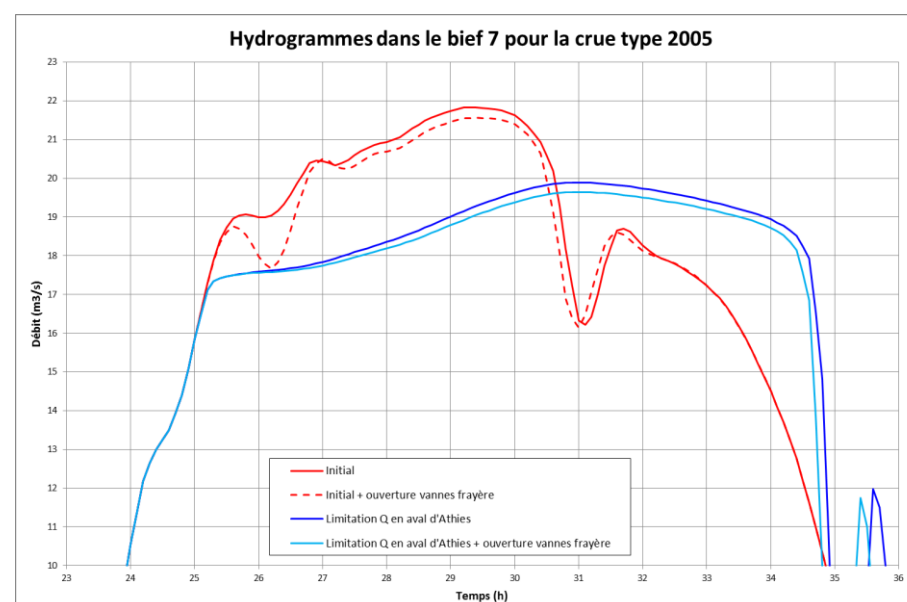
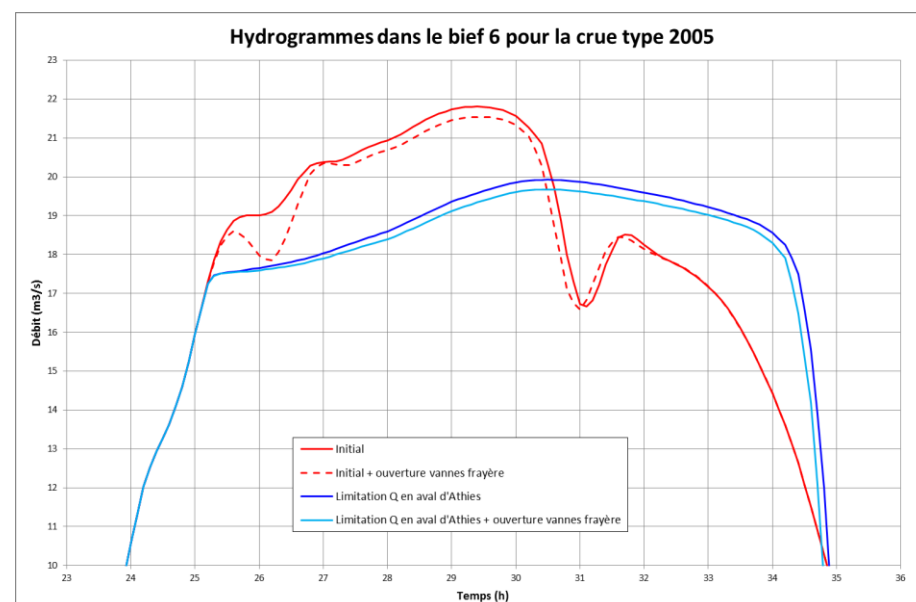
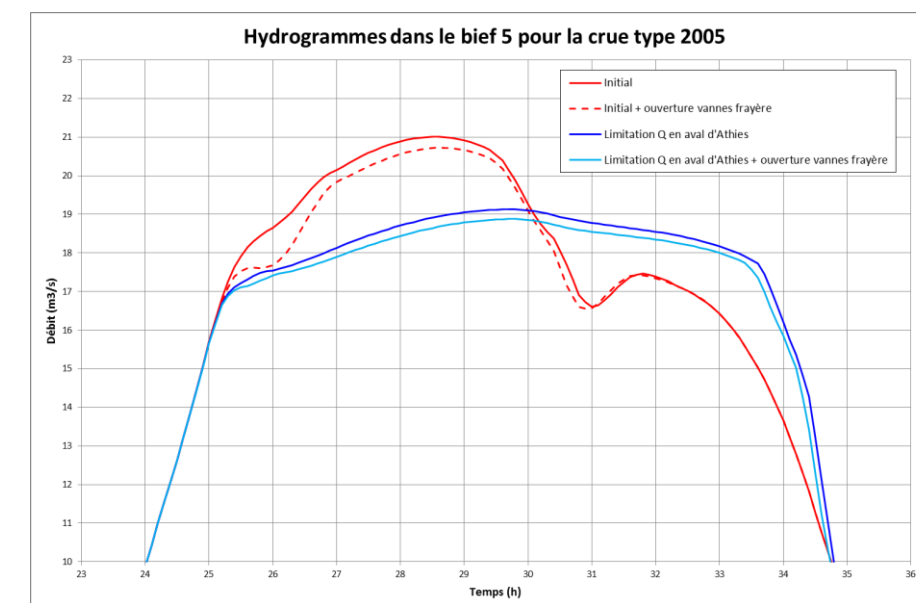
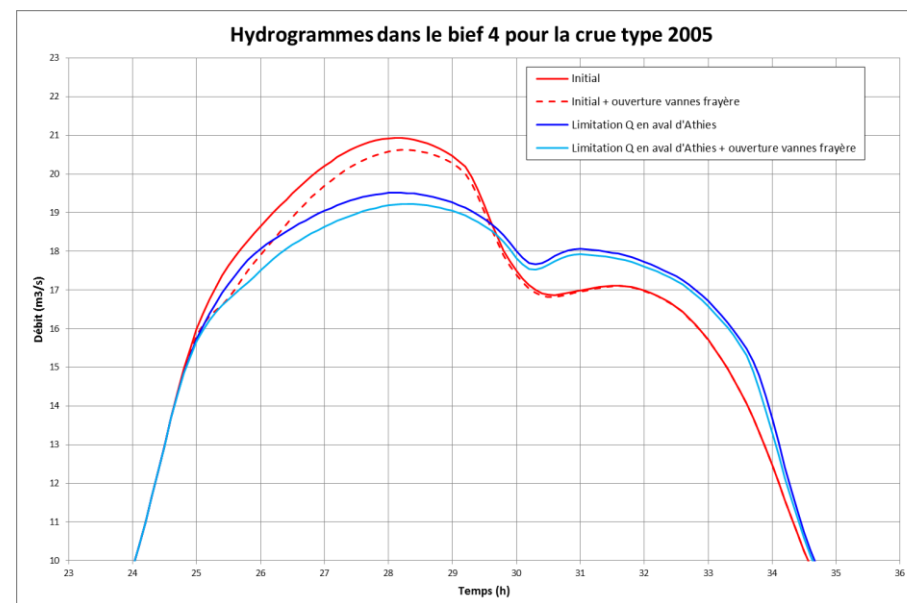
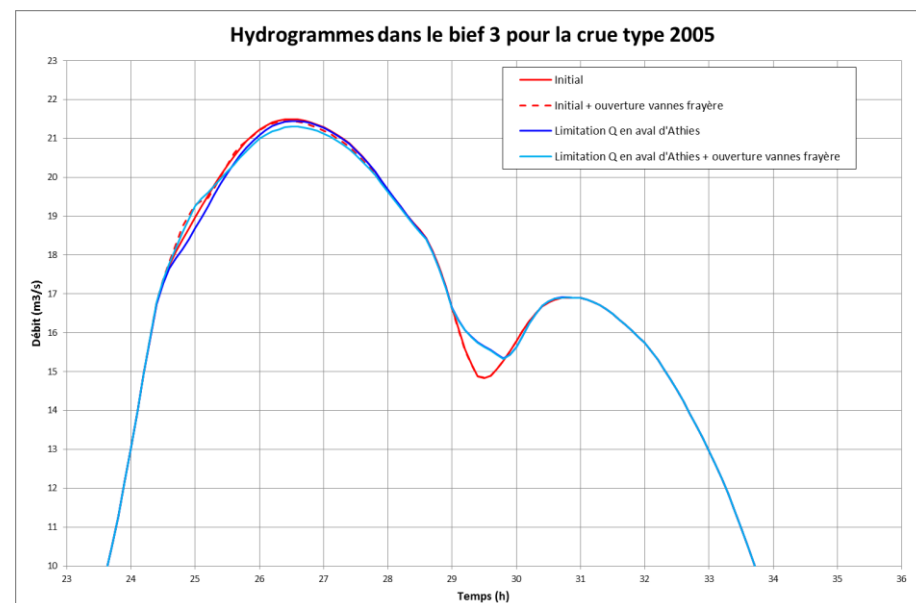


Figure 2-24 : Hydrogrammes avec et sans limitation du débit en aval d'Athies et avec et sans ouverture des vannes de la frayère de Fampoux

On constate que l'écrêtement du débit est relativement bien conservé tout le long de la Scarpe. La pointe de la crue est également retardée du fait du stockage qui se fait dans les différents biefs.

On atteint une baisse de débit d'environ $2 \text{ m}^3/\text{s}$ entre Biache et Corbehem qui s'amenuise à $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en amont de Couteau.

La simulation où on ajoute l'ouverture des vannes de la frayère améliore un peu plus la situation en diminuant très légèrement le débit, de l'ordre de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les figures pages suivantes présentent le profil en long de la Scarpe canalisée pour les différentes simulations. Les profils avec une échelle agrandie sont présentés en annexe 3.

Sur le premier profil, les courbes en trait plein représentent :

- les lignes d'eau maximales pour les différentes simulations,
- la cote de débordement (limite entre lit mineur et lit majeur),
- la cote de fond de la Scarpe,

et les cotes correspondantes sont à lire sur l'échelle de gauche.

Les courbes en trait pointillé représentent le débit pour les différentes simulations, les valeurs sont à lire sur l'échelle de droite.

Sur le deuxième profil, les courbes en trait plein représentent la différence de cote entre une simulation et l'état « Initial » pour la crue de juillet 2005, les valeurs sont exprimées en cm et sont à lire sur l'échelle de gauche. Les courbes en trait pointillé sont les mêmes que sur le profil précédent.

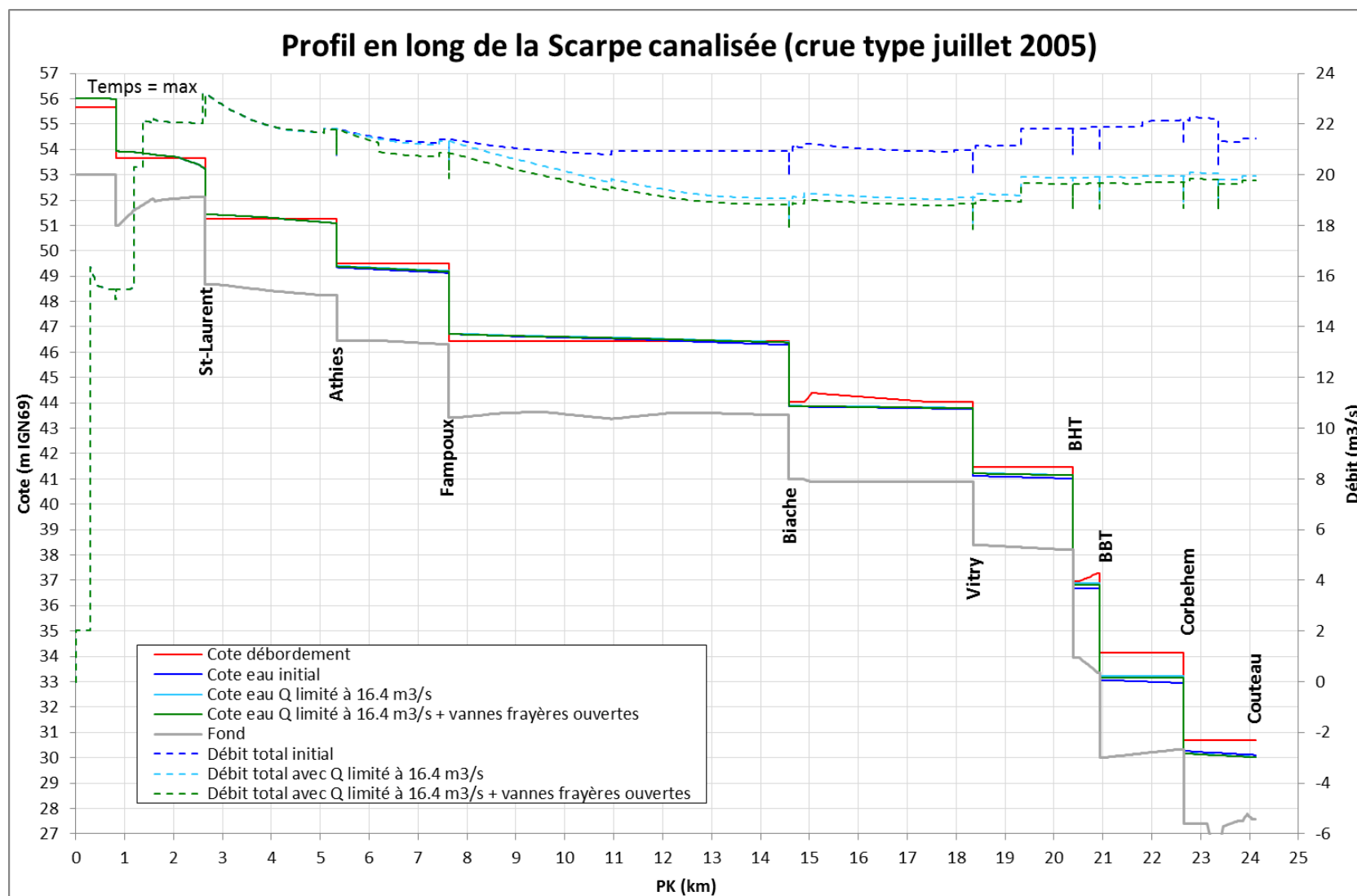


Figure 2-25 : Profil en long de la Scarpe pour différentes simulations

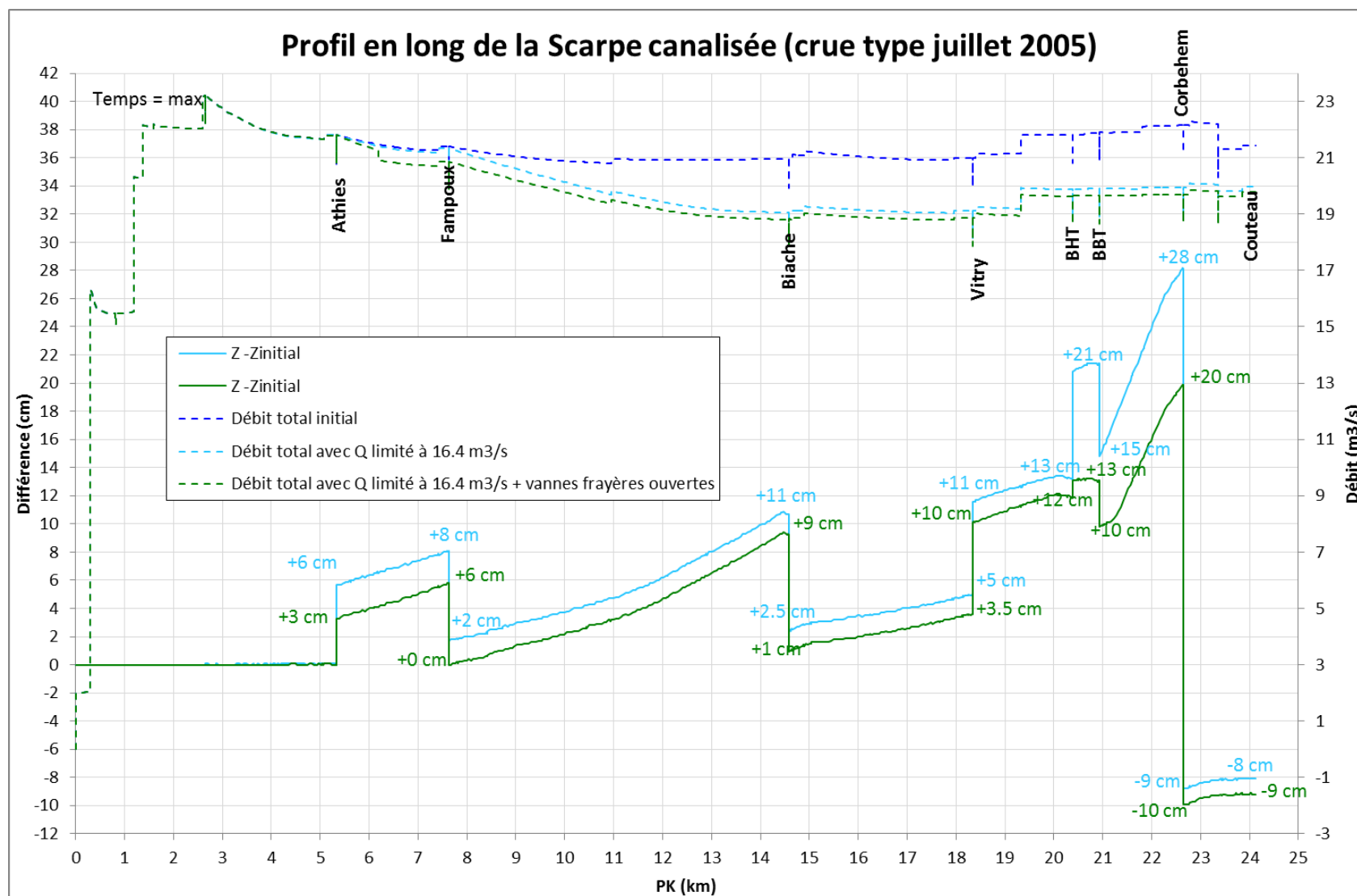


Figure 2-26 : Profil en long de la Scarpe avec différences de cote entre les simulations

Le tableau suivant reprend les cotes maximales obtenues en amont des écluses et vient compléter la lecture du profil en long.

					Crue juillet 2005 (Initial)	Simulation crue juillet 2005 + ouverture vannes	Simulation Q limité en aval Athies		Simulation Q limité en aval Athies + ouverture vannes		
Ecluse	Cote PBEN (m NGF)	Cote NNN (m NGF)	Cote PHEN (m NGF)	Cote débordement du bief (m NGF)	Cote amont (m IGN69)	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial
Athies	50.65	50.85	51.25	51.25	51.084	51.083	0	51.084	0	51.084	0
Fampoux	48.79	48.99	49.39	49.49	49.123	49.106	-2	49.204	8	49.181	6
Biache	46	46.2 (46.28)	46.4	46.44	46.288	46.288	0	46.395	11	46.38	9
Vitry	43.49	43.69	43.99	44.04	43.747	43.732	-2	43.797	5	43.783	4
Brebières HT	40.81	41.01	41.51	41.56	41.02	41.02	0	41.151	13	41.138	12
Brebières BT	36.37	36.57 (36.67)	36.92	36.97	36.681	36.681	0	36.895	21	36.812	13
Corbehem	32.73	32.93	33.43	33.48	32.949	32.949	0	33.23	28	33.148	20
Couteau	29.79	29.99 (29.94)	30.29	30.69	30.108	30.094	-1	30.027	-8	30.016	-9

Tableau 2-7 : Cotes et différences de cotes pour différentes simulations en amont des écluses

Pour toutes les simulations réalisées, les cotes maximales obtenues en amont des écluses restent en-dessous de la cote des PHEN. Le gain apporté au niveau du bief des 4 canaux est de -8 cm voire -9 cm en ajoutant l'ouverture des vannes de la frayère.

Le volume stocké peut être évalué à un total de 35 000 m³ dans la situation avec débit limité en aval d'Athies, comme indiqué dans le tableau suivant.

Bief	DH amont (cm)	DH aval (cm)	Surface bief (m ²)	Volume gagné (m ³)
Athies - Fampoux	6	8	55327	3 901
Fampoux - Biache	2	11	175788	11 163
Biache - Vitry	3	5	84295	3 161
Vitry - BHT	11	13	47858	5 767
BHT - BBT	21	21	11902	2 523
BBT - Corbehem	15	28	39034	8 412
Total :				34 926

Tableau 2-8 : Volume stocké dans les biefs en aval d'Athies avec la situation avec débit limité en aval d'Athies

2.6 TEST AVEC ABAISSEMENT AU PBEN PENDANT LA PERIODE ESTIVALE

Un dernier test est réalisé en supposant que les niveaux de consigne sont maintenus au PBEN (sur les biefs en amont de l'écluse de Corbehem) pendant la période critique orageuse. La crue de juillet 2005 est donc simulée avec les niveaux initiaux au PBEN dans la Scarpe.

Les résultats obtenus sont présentés sur le profil en long suivant, il s'agit des courbes intitulées « cote d'eau avec PBEN initial » et « débit total avec PBEN initial ».

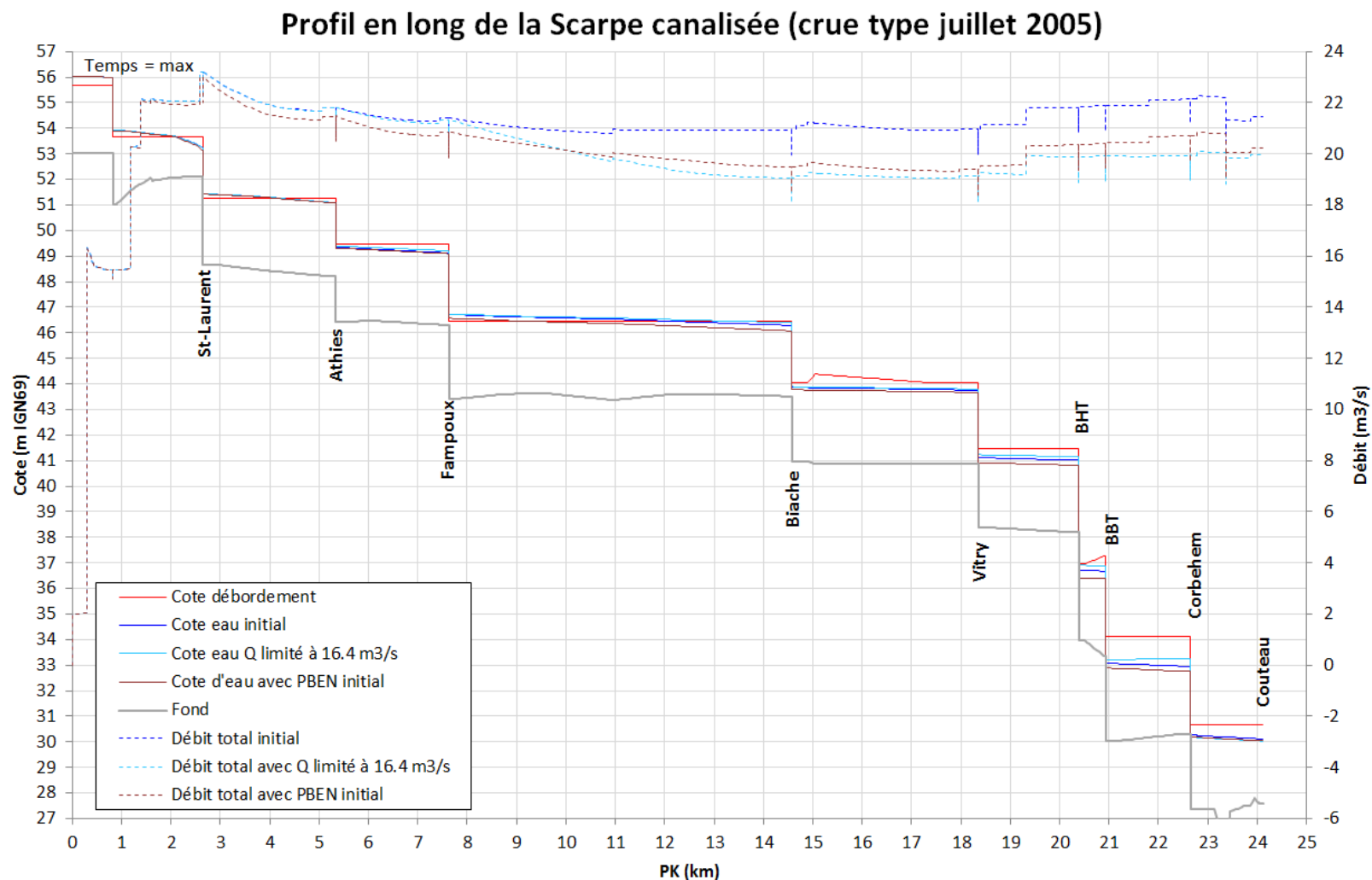


Figure 2-27 : Profil en long de la Scarpe pour différentes simulations (avec débit limité à 16,4 m³/s et avec niveaux de consignes au PBEN)

La baisse de débit par rapport à l'état initial est de l'ordre de 1,5 m³/s. Les cotes transitées dans la Scarpe canalisée sont forcément les plus basses de tous les tests réalisés puisque l'on part d'une situation initiale au PBEN, mais les débits sont un peu plus élevés que pour le test avec limitation du débit à 16,4 m³/s. Au niveau de Couteau, on obtient un débit un peu plus élevé et une cote plus haute d'un centimètre par rapport au test précédent.

Le tableau suivant synthétise les cotes maximales obtenues en amont des écluses.

					Crue juillet 2005 (Initial)	Simulation crue juillet 2005 avec PBEN initial	
Ecluse	Cote PBEN (m NGF)	Cote NNN (m NGF)	Cote PHEN (m NGF)	Cote débordement du bief (m NGF)	Cote amont (m IGN69)	Cote amont (m IGN69)	DH (cm) par rapport à initial
Athies	50.65	50.85	51.25	51.25	51.084	51.068	-2
Fampoux	48.79	48.99	49.39	49.49	49.123	49.094	-3
Biache	46	46.2 (46.28)	46.4	46.44	46.288	46.071	-22
Vitry	43.49	43.69	43.99	44.04	43.747	43.662	-9
Brebières HT	40.81	41.01	41.51	41.56	41.02	40.818	-20
Brebières BT	36.37	36.57 (36.67)	36.92	36.97	36.681	36.381	-30
Corbehem	32.73	32.93	33.43	33.48	32.949	32.764	-18
Couteau	29.79	29.99 (29.94)	30.29	30.69	30.108	30.041	-7

Tableau 2-9 : Cotes et différences de cotes en amont des écluses pour la simulation avec niveau PBEN initial

La mise au PBEN pendant la période des orages (donc l'été) est une solution mais présenterait cependant des inconvénients importants. En effet, une faible hauteur d'eau dans les différents biefs de la Scarpe canalisée entraînerait une **eutrophisation encore plus importante** qu'à l'heure actuelle où les niveaux sont maintenus au NNN.

De plus, il y aurait :

- Des contraintes potentielles sur la navigation et sur la base nautique,
- Des contraintes accrues d'entretien des biefs en terme de dévasement et de faucardage.

Cette solution est donc à proscrire.

3 CONCLUSION

La génération et la propagation relativement rapides des crues fortes de la Scarpe canalisée ainsi que l'existence en aval d'apports plutôt de type urbain arrivant peu de temps après la pluie dans le canal, empêchent de disposer de temps pour prévoir l'importance de la crue et réaliser une vidange partielle anticipée des biefs.

Quatre grands types de test ont été réalisés :

- 1) Une vidange anticipée soit du bief 4 soit par un abaissement de la cote de consigne du NNN au PBEN,
- 2) Un stockage au niveau du bief 4 (Fampoux – Biache) présentant le potentiel le plus important,
- 3) Une limitation du débit en aval d'Athies (cette écluse présentant le plus petit débit capable),
- 4) Utilisation des vannes de la frayère de Fampoux comme zone de stockage.

Test 1

Tout d'abord une vidange anticipée accélère la crue à l'aval (formation d'une première pointe de crue avant la crue proprement dite) ce qui est peu acceptable pour les riverains et sera délicat à valider dans un dossier réglementaire de type dossier Loi sur l'Eau.

Test 2

Une fois évacuée la possibilité de réaliser un creux en début de crue, l'étude montre qu'il existe un volume de rétention entre le niveau d'écoulement de la crue (cote qui permet de faire passer le débit écrêté souhaité) et la cote des PHEN du bief. Ce niveau peut être sollicité en décidant de ne pas descendre le clapet complètement une fois un débit plafond atteint.

L'évaluation de ce volume menée pour chaque bief et pour différents débits seuil montre que le bief 4 avec un seul ouvrage à réguler (écluse de Biache) est capable d'offrir un volume de rétention en ligne plus important que les autres (par exemple pour un écrêtement à 15,3 m³/s, le bief 4 offre un volume de 95 000 m³ alors que le second n'en offre que 27 500 m³).

Pour un écrêtement optimal à 15,3 m³/s, ce volume permet de limiter le débit de la crue type 2005 à 18,5 m³/s, ce qui offre un gain à l'aval du bief 4 de -6 m³/s et à l'aval du canal de -2,5 m³/s. Le gain diminue d'amont en aval du fait de la propagation et de l'arrivée des apports de type urbain, mais il existe et le débit maximal aval dure moins longtemps que pour la crue type 2005 (durée de sollicitation moins importante). En terme de cote, le niveau en amont de l'écluse de Couteau est diminuée de 13 cm.

Cependant, ce dispositif peut s'avérer dangereux car les canaux de VNF n'ont pas pour vocation de faire du surstockage (régulation par remontée du clapet).

Test 3

L'idée de bloquer la course des clapets en aval d'Athies (ouvrage présentant le plus petit débit capable) afin de limiter le débit en aval apparaît comme une solution assez efficace. Elle permet de ralentir la crue avant son arrivée dans Douai, de diminuer de l'ordre de 2 m³/s le débit maximal et de diminuer la cote d'eau de 8 cm au niveau du bief des 4 canaux. Cette gestion ne provoque ni débordement, ni dépassement des PHEN au passage de la crue de référence de juillet 2005, mais elle permet de stocker de l'ordre de 35 000 m³.

Test 4

L'utilisation des vannes de la frayère de Fampoux permettrait d'apporter un gain supplémentaire qui reste cependant très faible vis-à-vis du coût d'automatisation des vannes, la superficie de la frayère étant relativement petite. Le gain en débit est de l'ordre de 0,25 m³/s et la cote d'eau en amont de Couteau est abaissée d'un centimètre ce qui reste faible.

Test 5

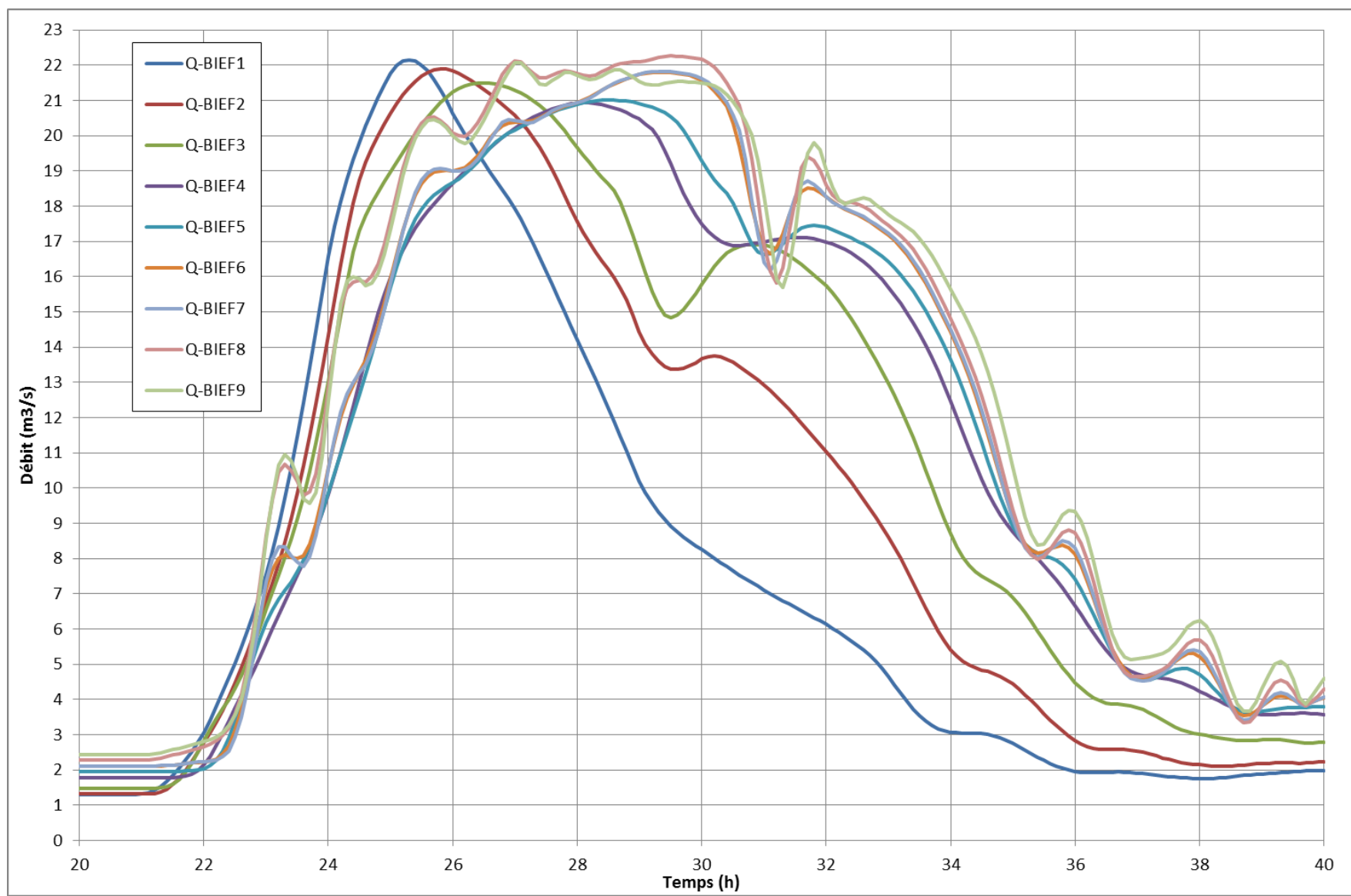
La solution qui consiste à baisser les niveaux de consigne des ouvrages pendant la période estivale (période des orages) a été écartée car elle engendre des effets néfastes sur la Scarpe canalisée (augmentation de l'eutrophisation, navigabilité diminuée, contraintes d'entretien supplémentaires...).



ANNEXES

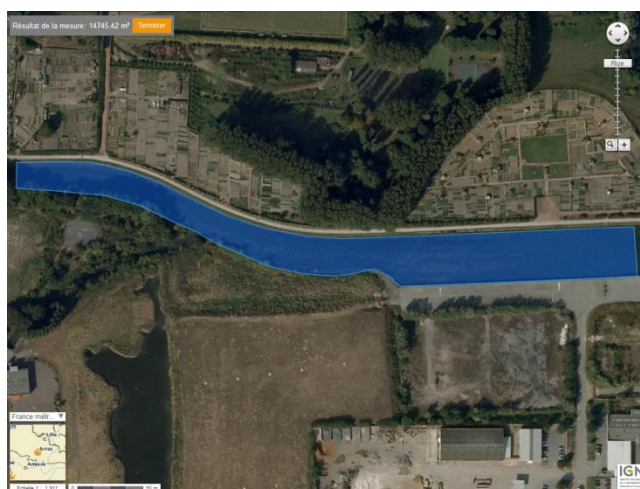
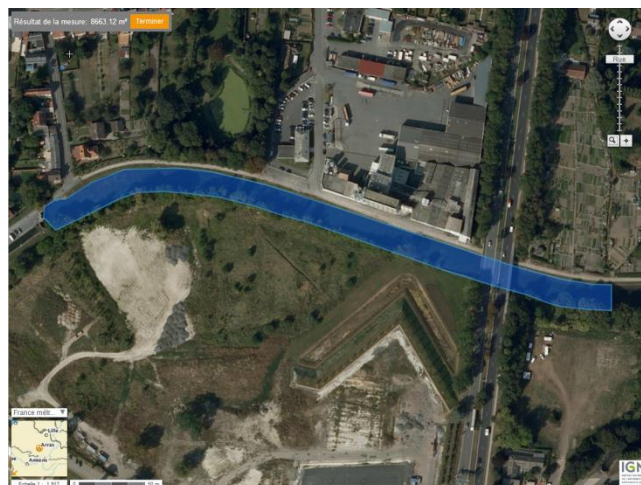
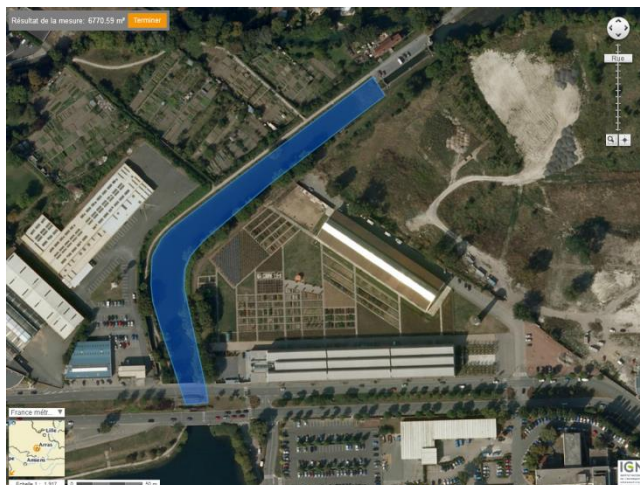
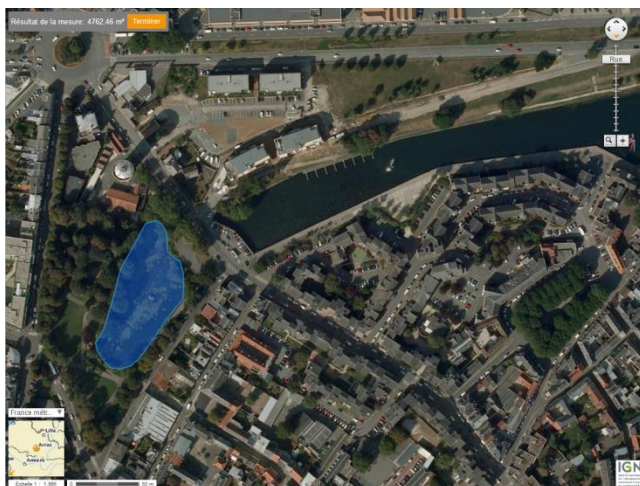
ANNEXE 1

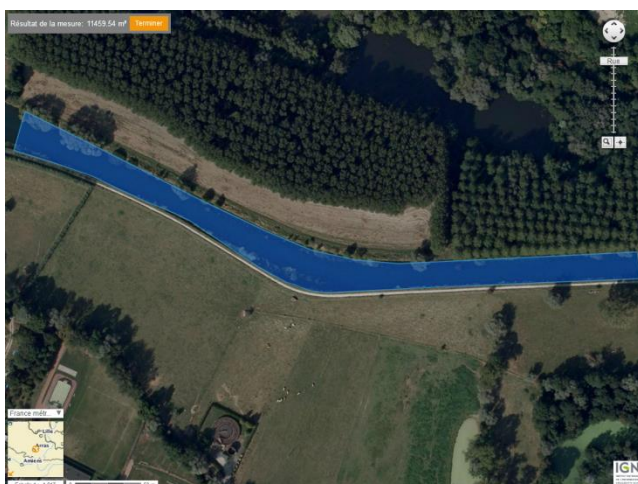
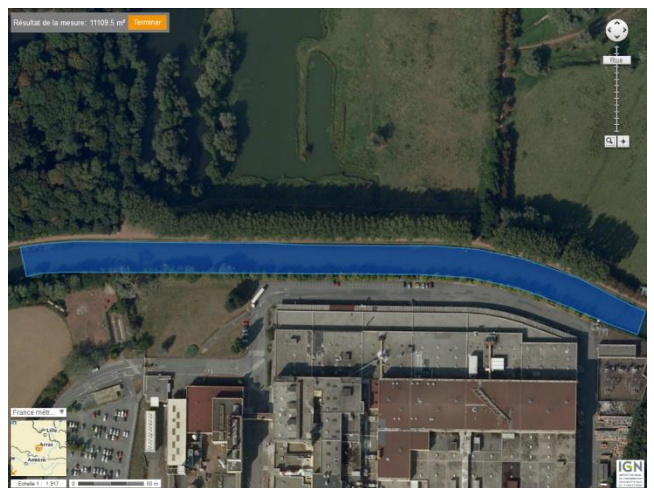
HYDROGRAMMES DE LA CRUE DE 2005

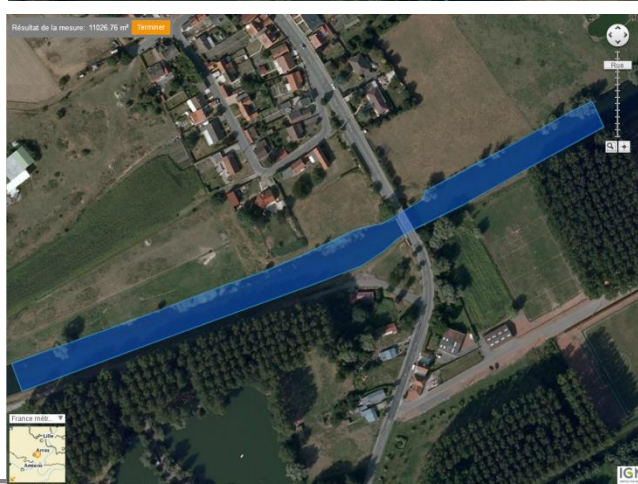
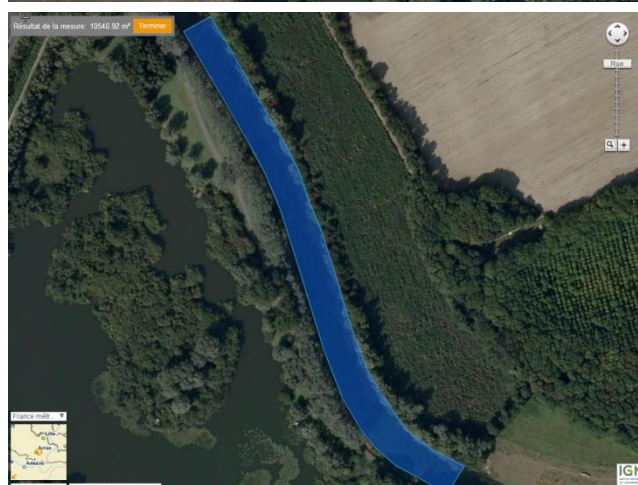
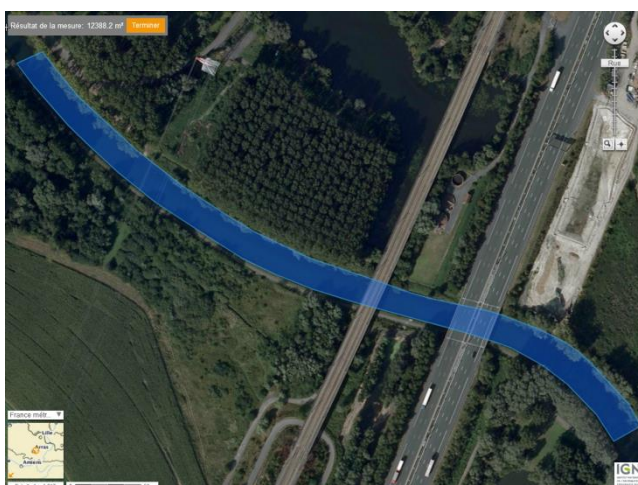
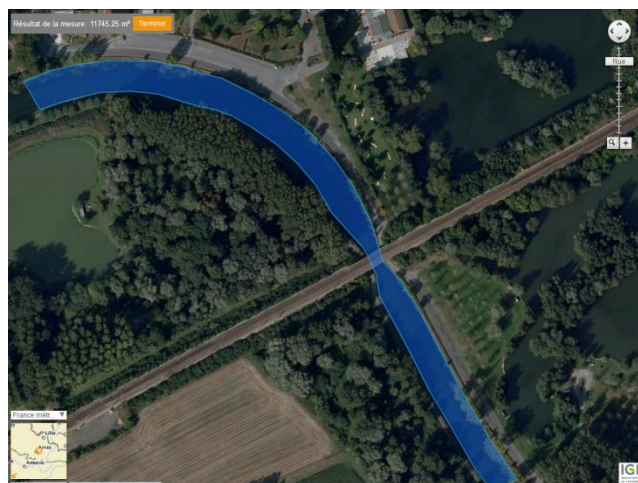
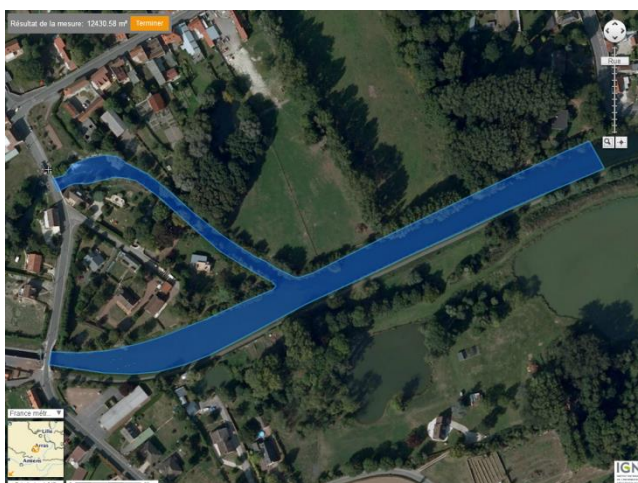
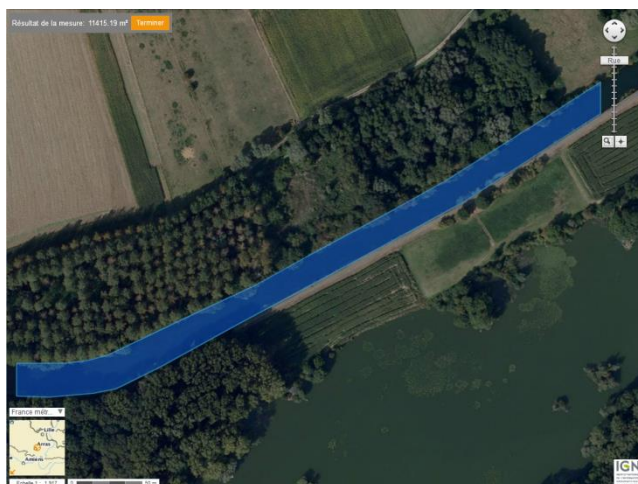


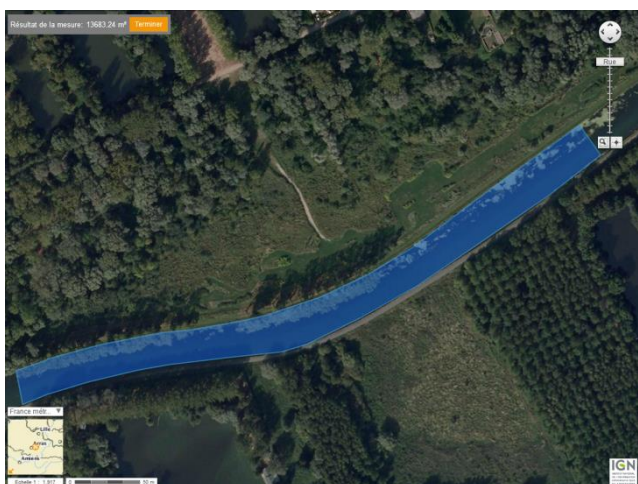
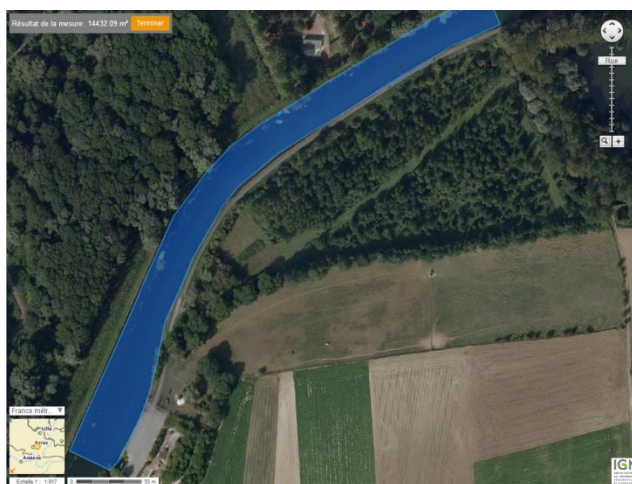
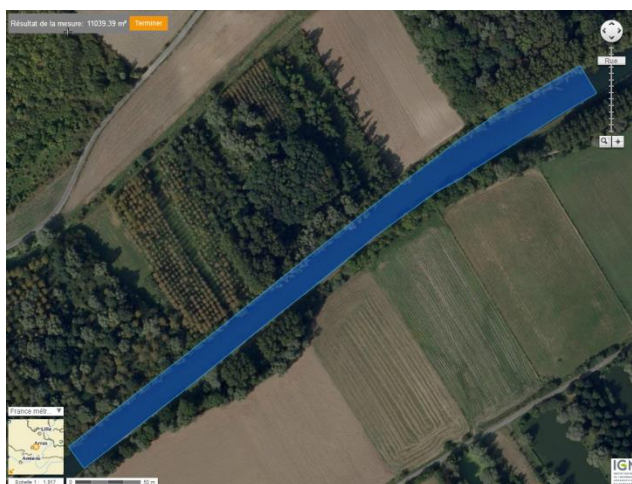
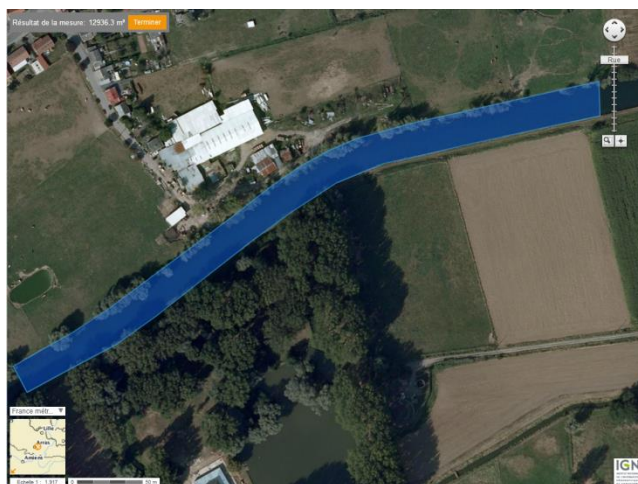
ANNEXE 2

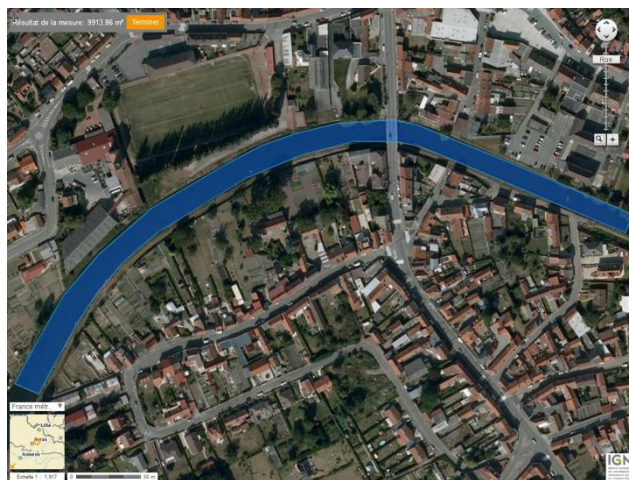
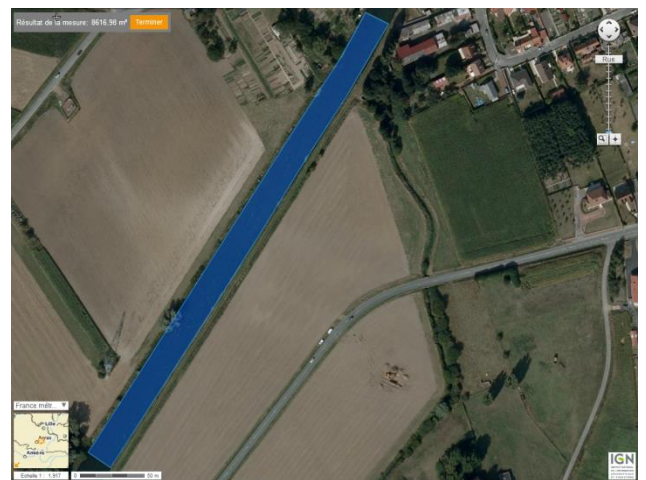
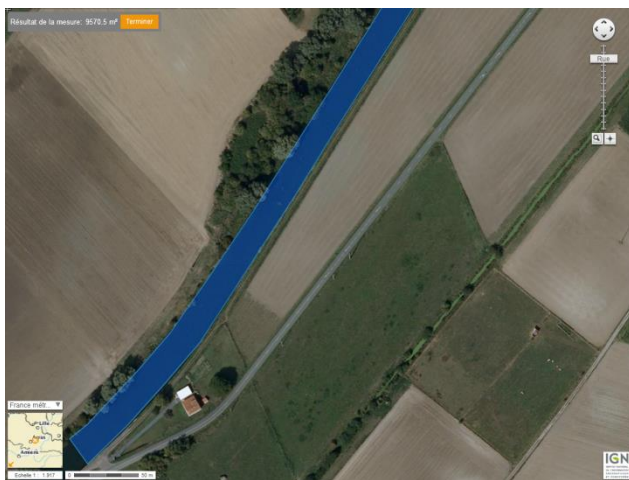
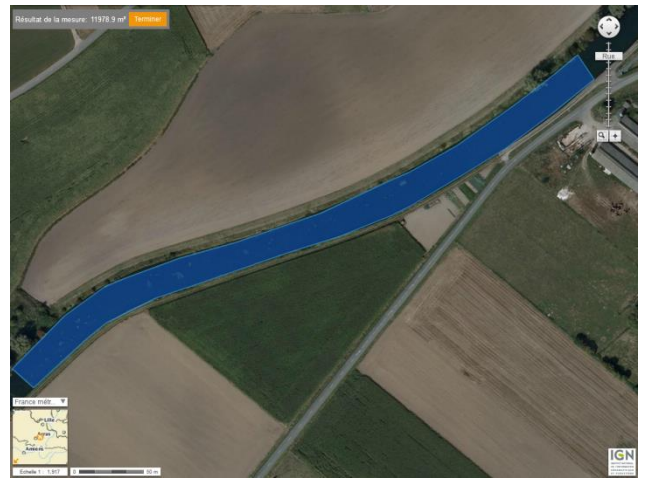
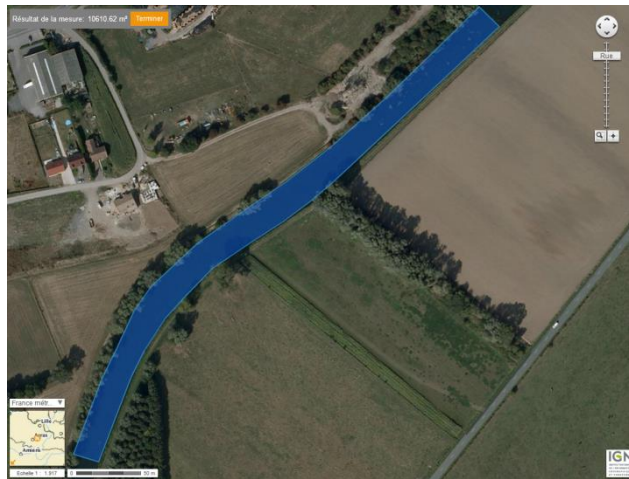
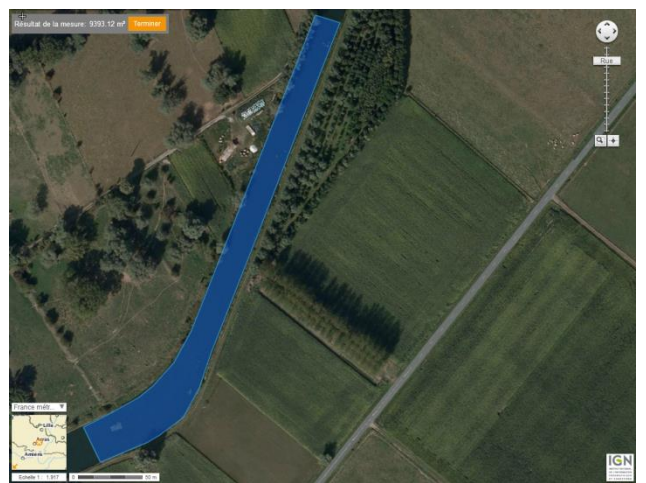
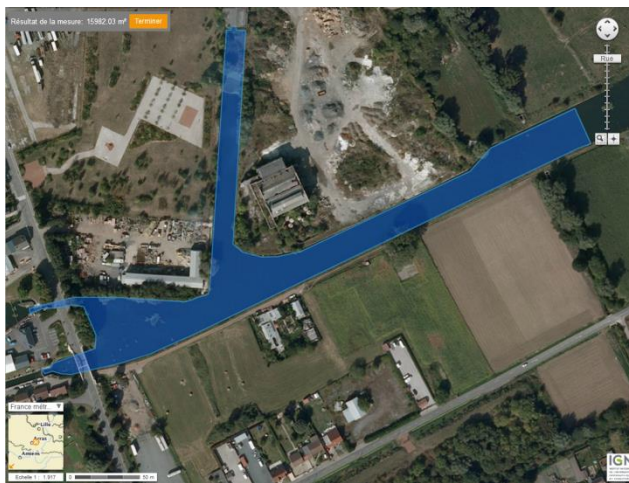
SURFACE DES DIFFERENTS BIEFS DE LA SCARPE CANALISEE

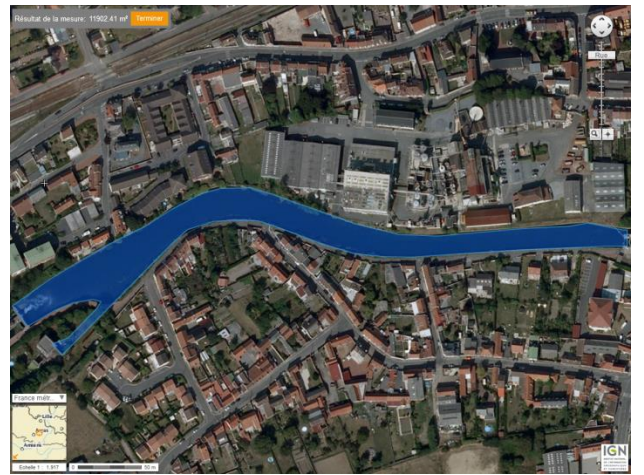
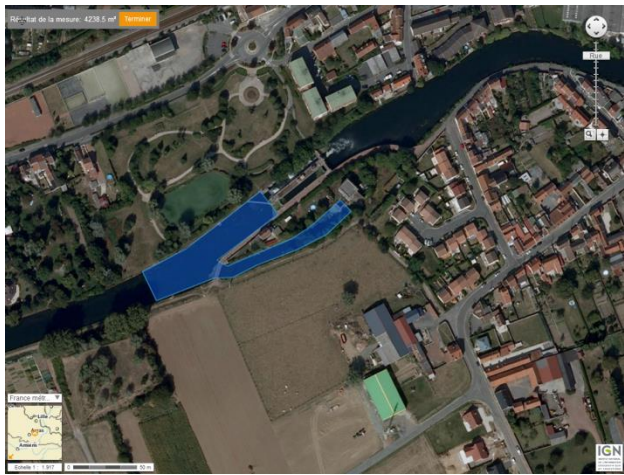
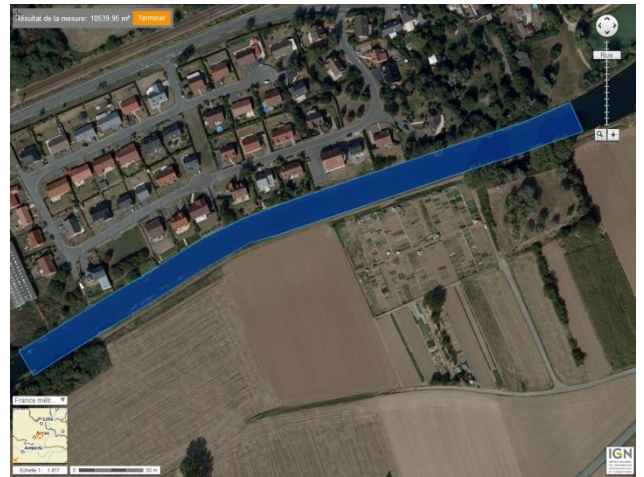
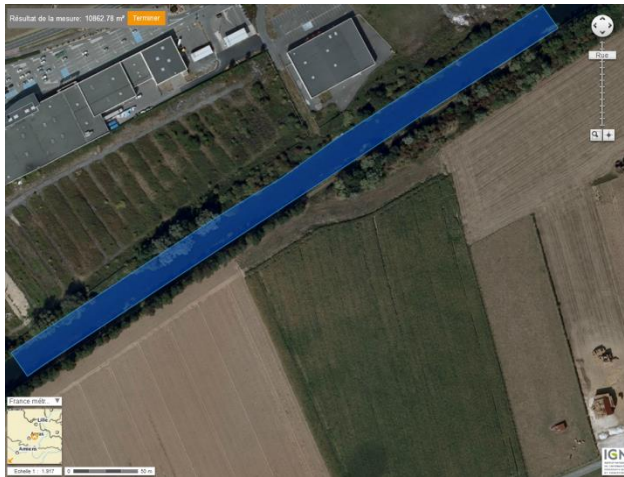
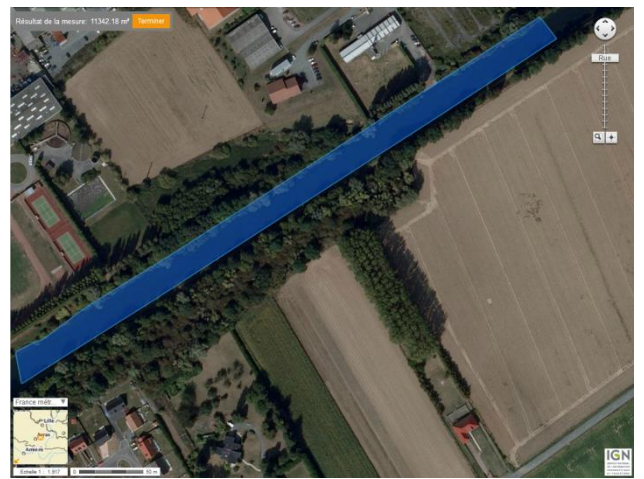
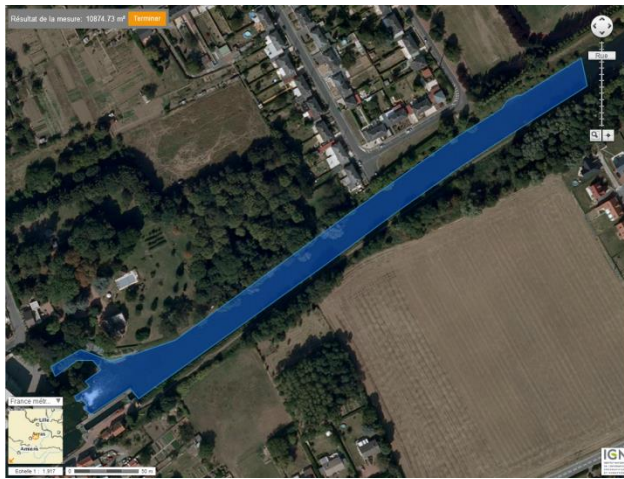


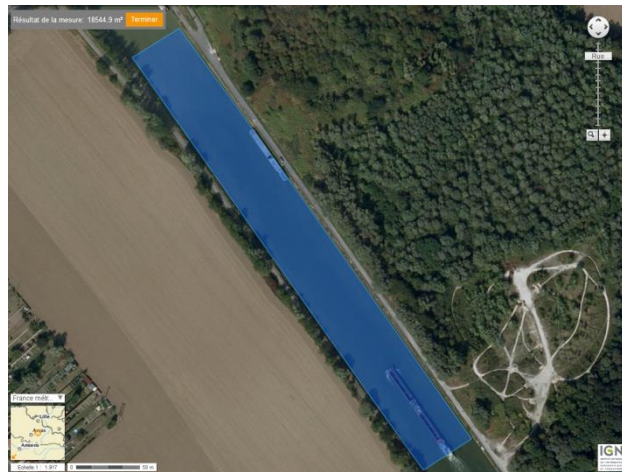
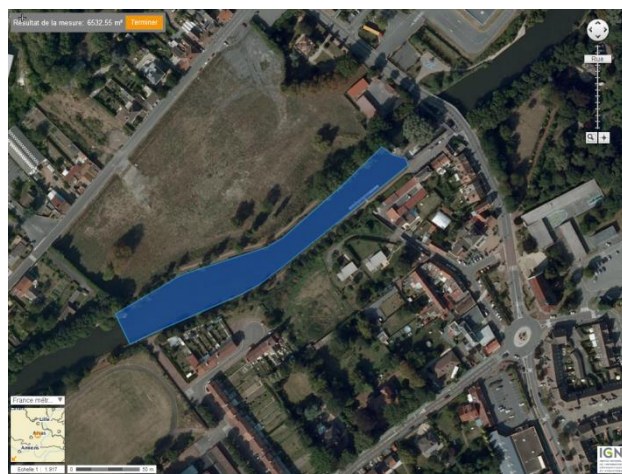
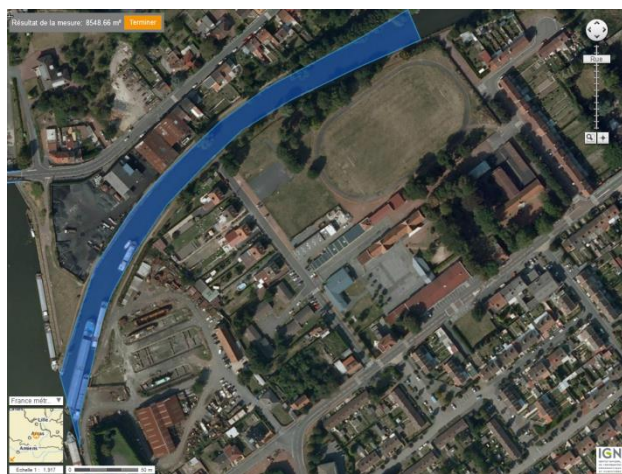


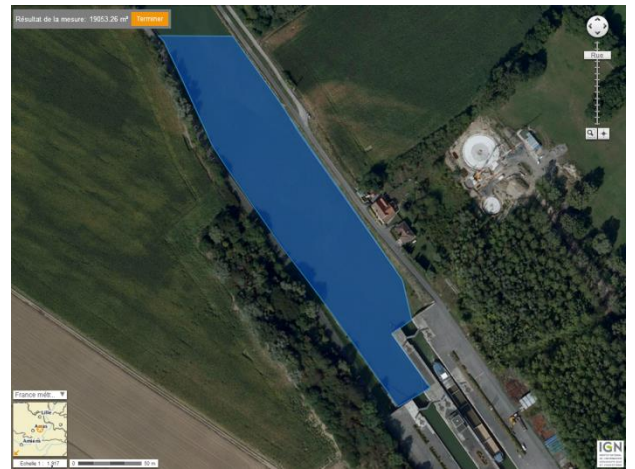
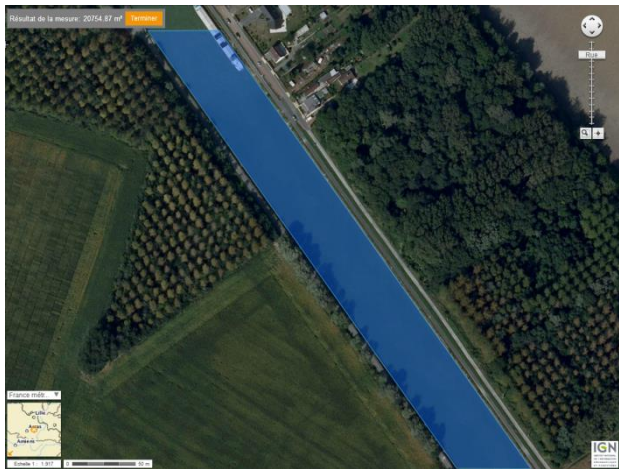
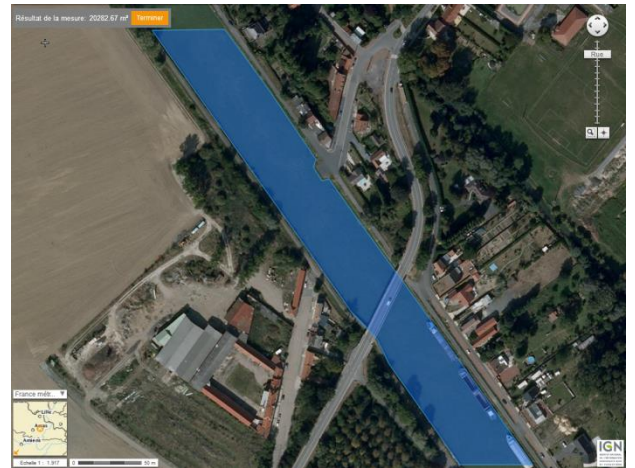
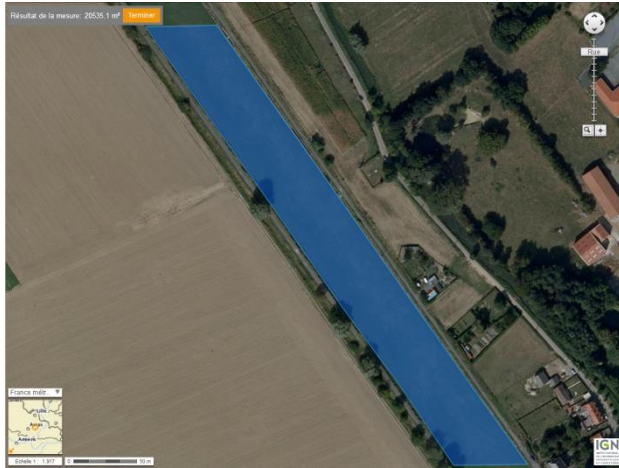
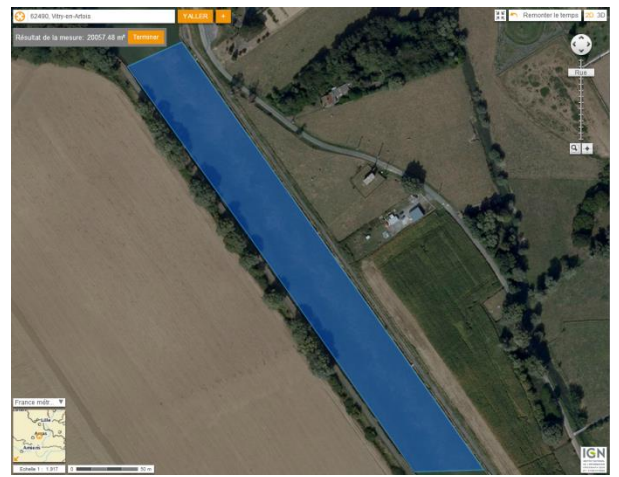






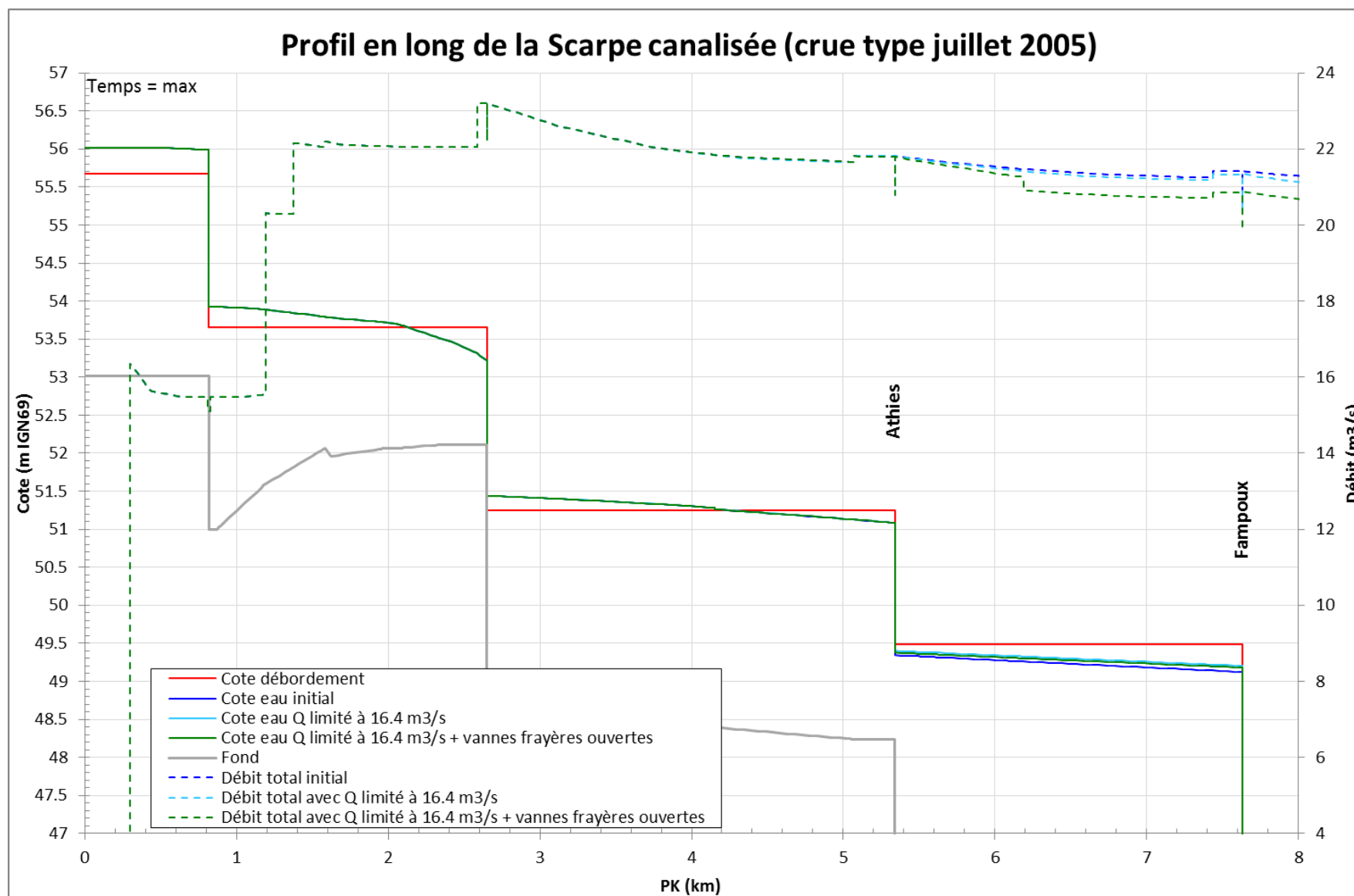






ANNEXE 3

PROFILS EN LONG DE LA SCARPE CANALISEE POUR DIFFERENTES SIMULATIONS



Profil en long de la Scarpe canalisée (crue type juillet 2005)

